

Valuation Engineer Journal

価値のエンジニアリング—測定し、規律を保ち、再現する。

第1巻・第1号・2026年夏



本号の内容

不動産鑑定における理論と実務の隔たり

Residual Constraint Approach (RCA) —枠組みと手順
earthUI・glmnetUI・mgcvUI —開かれたモデリング環境

基礎概念 (F0-F6) 異質財・特性空間・
ヘドニック価格関数・潜在価格・ヘドニック回帰・潜在変数

近時の裁判例 米国・欧州連合・ラテンアメリカ

Valuation Engineer Journal

第 1 卷 ・ 第 1 号
2026 年夏
ISSN 3143-5033

編集長 William Bert Craytor, SRA

目次

使命	2
編集後記	3
創刊号によせて	4
読者からの手紙	6
文通のおすすめ	7
論文	9
不動産鑑定における理論と実務の隔たり	10
Residual Constraint Approach (RCA) — 枠組みと手順	41
earthUI — earth (MARS) パッケージの対話的インターフェース	96
glmnetUI — glmnet (Lasso・Elastic Net) パッケージの対話的インターフェース	142
mgcvUI — mgcv (一般化加法モデル) パッケージの対話的インターフェース	179
基礎概念	218
概観 (F0)	219
異質財 (F1)	225
特性空間 (F2)	232
ヘドニック価格関数 (F3)	239
潜在価格 (F4)	245
ヘドニック回帰 (F5)	252
潜在変数 (F6)	260
近時の裁判例	267
近時の裁判例—米国 (R1)	268
近時の裁判例—欧州連合 (R2)	271
近時の裁判例—ラテンアメリカ (R3)	276

使命

Valuation Engineer Journal は、価値のエンジニアリングに関する厳密で実務に根ざした研究および事例研究を掲載します。すなわち、技術的な判断を経済的な帰結に結びつける手法、モデル、測定です。本誌は再現性、前提の明示、および叙述の明快さを重んじます。

編集後記

部門：編集部の言葉

創刊号に寄せて

(日本語版)

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor, SRA — 編集長

第 1 巻第 1 号 · 2026 年夏

発行日：2026 年 7 月 1 日

DOI: 10.67330/0tymfa32

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文は、クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス (CC BY 4.0) の条件に基づいて配布されるオープンアクセス論文である。

要旨。第 1 巻第 1 号の編集部の言葉。本誌が存在する理由、五編の論文と三つの部門がそれぞれ寄与するもの、そして参加への招きである。

キーワード：編集部の言葉、バリュエーション・エンジニアリング、創刊号

The Valuation Engineer Journal の創刊号によるこそ。

本誌は、一つの間隙のゆえに存在する。鑑定評価の理論は、鑑定評価とは市場行動を規律をもって測定することであると長らく述べてきた。にもかかわらず、日々の実務は依然として、手作業による取引事例の選定と、もっぱら判断のみによって推定される補正とに大きく依拠している。その一方で、市場が不動産の特性に対して実際にいくら支払っているのかを測定しうる統計的道具——ヘドニック回帰、現代的なスプラインモデル、交差検証を経た機械学習——は、数十年をかけて成熟しながら、現に行われている鑑定評価業務にはほとんど取り入れられてこなかった。バリュエーション・エンジニア (valuation engineer) とは、その間隙を埋める実務家に本誌が与える呼び名である。すなわち、資格に裏づけられた鑑定評価の専門的能力に、データ・エンジニアリング、統計学、そして再現可能なプロトコルを結び合わせた者を指す。

本号の五編の論文が、その作業の基盤を据える。巻頭の論文は理論と実務の間隙それ自体を検討し、この職業自身の基準が、日常の方法が提供する以上の測定をすでに要求していることを論じる。第二の論文は——そして本誌が意図するすべての中心にあるのは——残差制約アプローチ (Residual Constraint Approach) の完全な提示である。これは、測定しうるものは回帰の経路に測定させ、測定しえないものは明示的な残差の内訳へと規律づけ、さらに総額を制約することによって、判断が価値を精緻化することはできても決して創作することはできないようにするプロトコ

ルである。続く三編のソフトウェア論文は、earthUI と、罰則付き回帰および一般化加法モデルのための姉妹インターフェース——本誌が土台とする公開の道具立て——を記録する。これらは印刷の直前に単一のアプリケーションへ統合されており、その経緯は各論文に付された発行者注記が説明している。

三つの部門が論文に伴う。『基礎概念』(*Foundations*) は七編の短い項目 (F0–F6) をもって始まり、異質財から出発して特性空間、ヘドニック価格関数、潜在価格、ヘドニック回帰を経て、残差のうちに宿る潜在変数へと至る概念の連鎖をたどる。各項目はその学問的系譜を引用し、固有の DOI をもち、機械可読な Prolog による形式化をもって結ばれる——本誌が号を重ねながら、この分野の精確な共有語彙へと育てていこうとする知識ベースの出発点である。『最近の裁判例』(*Recent Court Decisions*) は、米国、欧州連合、ラテンアメリカの判決のうち鑑定評価実務に関わるものを概観する。法的環境もまた、この工学的問題の一部をなすからである。『編集部への手紙』(*Letters to the Editor*) は書簡の欄を開く。用いられることを目的とした方法は、その著者が予期しなかった仕方で試されるものであり、そうした知見——およびそれが呼び起こす異論——が収まるべき場所がここである。

本号のすべての項目は、CC BY 4.0 のもとで PDF と HTML の両形式によりオープンアクセスで公表され、Crossref DOI を付与され、Zenodo に独立して保存される。本誌は、鑑定評価者、経済学者、そして技術者のいずれからも、寄稿——論文、基礎概念の項目、書簡、そして異論——を求めている。

William Bert Craytor, SRA
編集長

読者からの手紙

部門：編集部への手紙

往復書簡への招待

(日本語版)

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor, SRA — 編集長

第 1 巻第 1 号 · 2026 年夏

発行日：2026 年 7 月 1 日

DOI: 10.67330/r55mw896

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文は、クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス (CC BY 4.0) の条件に基づいて配布されるオープンアクセス論文である。

要旨。編集長が読者からの手紙の欄を開く。本誌が読者から受け取ることをお願いするのは何か、そしてそれをどのように送ればよいのか。

キーワード：編集部への手紙、往復書簡、同僚による論評

語るだけの学術誌は、半分の学術誌にすぎない。本欄は、その残る半分のために存在する。

The Valuation Engineer Journal は、用いられることを目的とした方法を掲載する。そして、現に用いられる方法は、その著者が予期しなかった仕方です。残差制約アプローチ (Residual Constraint Approach) を適用し、ご自身の市場では機能しない手順を見いだされたのであれば、本誌はその手紙を求めている。『基礎概念』(Foundations) のいずれかの項目が、ある用語を実務の求めるところよりも狭く定義しているのであれば、本誌はその手紙を求めている。本誌が要約した裁判例が、当該法域の実務家には異なって読めるのであれば、その手紙もまた求めている。異論、追試、精緻化、そして単なる訂正のいずれも本欄の範囲に含まれる。実務からの短い報告——功を奏した技法、解決したデータ上の問題、他者に警告する価値のある失敗——もまた同様である。

守るべき原則は多くない。手紙は記名であること、簡潔であること（一頁が理想である）、そして具体的であること——取り上げる論文、節、あるいは項目を明示し、作業ファイル (workfile) に記すのと同じ仕方です。根拠を示していただきたい。分量と明確さのために編集することがあるが、その際は必ず執筆者の同意を得る。手紙は、本誌に載る他のすべてと同様に CC BY 4.0 のもとでオープンアクセスとして公表され、その業績が論じられた著者には、同じ号で応答する機会が与えられる。

手紙は、本誌のウェブサイト (journal.valuation-engineer.com) を通じて、あるいは編集長宛に直接お送りいただきたい。本誌が最初に受け取る

現実の手紙は、本誌が出版物であることを超えて一つの対話となる瞬間を告げるものとなろう——編集部はそれを心待ちにしている。

William Bert Craytor, SRA
編集長

論文

不動産の鑑定評価における理論と実務の乖離：機能、境界、緊張の構造的記述

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor

第 1 巻第 1 号 · 2026 年 5 月 21 日

発行日: 2026 年 7 月 1 日

DOI: [10.67330/x7pbf13](https://doi.org/10.67330/x7pbf13)

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文はオープンアクセス論文であり、[クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) の条件に従って配布される。

要旨. 不動産の鑑定評価 (real estate appraisal) は、重大な公益に関わる位置を占めている。しかし、過去および現在の条件の下での市場価値意見 (opinion of market value) を中心に据えるその公式理論 (doctrine) は、鑑定評価の成果物が現代の金融パイプラインにおいて実際にどのように用いられているかとの間で、緊張を強めつつある。本論文はその論証を五つの段階にわたって組み立て、各段階に明示的かつ質問可能な Prolog 知識ベース (knowledge base) を対置する。初めの二段階は鑑定評価が果たす社会的機能と経済的機能確立し、第三段階はその主たる最終成果物である市場価値意見を特定し、第四段階は計量的予測および金融的予測に対する鑑定評価の時間的・方法論的指向と、両者を隔てる規制上の境界とを検討する。これらは第五段階の中心的主張へと収斂する。すなわち、住宅ローン貸付において、融資比率 (loan-to-value ratio, LTV) によって縮尺された市場価値は、将来の競売価値 (foreclosure value) に対する暗黙の代理指標 (proxy) として機能しており、これは現在価値理論が認めていない将来志向的な用法である。多くの鑑定評価者 (appraiser) は、この担保評価上の役割を認識しておらず、その役割が要請するだけの将来の価値動向への慎重さをもって市場価値を扱っていない。本稿はまさにその問題を明るみに出し、さらなる研究を促すことを意図している。

キーワード: 不動産の鑑定評価, 市場価値, 鑑定評価理論, 知識表現, 鑑定評価基準, 競売価値

目次

1 社会的重要性	1
2 経済的重要性	6
3 鑑定評価の最終成果物としての市場価値推定が持つ重要性	10
4 鑑定評価活動の時間的指向	14
5 競売価値の代理指標としての市場価値 × 融資比率 (LTV)	20
6 結論	27

1 社会的重要性

不動産をはじめとする資産の鑑定評価は、買主、売主、貸手、保険者、投資家、裁判所、課税当局、そして一般公衆が、財産その他の富の移転、資金調達、課税、管理に関して、十分な情報に基づく公平な意思決定を行うことを助けることによって、社会的にも経済的にも不可欠

な機能を果たしている。質の高い鑑定評価は、証拠、分析、専門的判断に根ざした独立かつ十分に裏づけられた価値意見を提供することにより、市場の透明性、公衆の信頼、効率的な資本配分、そして金融機関の安定性に寄与する。(LaCour-Little and Malpezzi 2003; K'Akumu and Larsen 2024; Hendershott and Kane 1995; Lee, Peng, and Liao 2020)

これに対して、質の低い鑑定評価は、複数の時間軸にわたって重大な帰結をもたらさう。短期的には、不正確な鑑定評価は、過大な支払い、安売り、過重な課税、あるいは不適切な貸付判断を通じて、個々の買主や売主に直ちに金銭的損害を被らせることがある。中期的には、体系的な鑑定評価の欠陥は、市場シグナルを歪め、信用審査を損ない、投機的行動を助長し、不公平な課税や保険填補をもたらす、訴訟と取引上の不信を増大させう。長期的には、鑑定評価の質における恒常的な失敗は、市場と制度に対する信頼を掘り崩し、金融の不安定、資源の誤配分、近隣地域の衰退あるいは過剰投資、さらには家計、企業、地域社会に及ぶより広範な社会的不公平を招きかねない。(LaCour-Little and Malpezzi 2003; Mayer and Nothaft 2022)

不動産その他の資産は、個人、企業、公共の富の相当部分を占めることが多いため、鑑定評価の質は単なる私的・技術的関心事ではなく、経済的な強靱性、公正さ、そして長期的な公共善に結びついた、重大な公益の問題である。(Mayer and Nothaft 2022)

```
%% appraisal_social.pl
%%
%% A Prolog knowledge base encoding the social and public-interest role
%% of real estate and other asset appraisals. Companion to
%% appraisal_economics.pl, which covers the strictly economic axis.
%%
%% All domain-specific predicates are prefixed with `social_` so this
%% module can be loaded alongside appraisal_economics.pl (and any other
%% companion KBs) without name collisions, and so cross-KB rules can
%% mention both vocabularies unambiguously.
%%
%% Conceptual model:
%%   - Appraisals support social DECISION TYPES.
%%   - Each decision involves identifiable PARTIES.
%%   - Appraisal QUALITY (high / low) drives EFFECTS across time HORIZONS.
%%   - Emphasis: equity, public confidence, public interest.
%%
%% Author: generated for Bert Craytor, ValEngr / RCA context.

:- module(appraisal_social,
    [ social_horizon/1
    , social_party/1
    , social_decision_type/1
    , social_involves/2           % DecisionType, Party
    , social_effect/4             % Quality, Horizon, Domain, Effect
    , social_contribution/1
    , social_hallmark/1
    , social_equity_principle/1
    , social_public_interest_claim/1
    , social_positive_effect/3
    , social_negative_effect/3
    , social_horizon_summary/2
    , social_consequences_of_quality/2
    , social_parties_affected_by/2
    , social_public_harm/2
    , social_private_harm/2
    , social_appraisal_is_public_interest/0
    ]).
```

```

:- discontinuous social_effect/4.
:- discontinuous social_involves/2.

%% -----
%% 1. Time horizons
%% -----

social_horizon(short_term).
social_horizon(medium_term).
social_horizon(long_term).

%% -----
%% 2. Parties whose decisions depend on appraisals
%%
%% The opening sentence enumerates these explicitly.
%% -----

social_party(buyers).
social_party(sellers).
social_party(lenders).
social_party(insurers).
social_party(investors).
social_party(courts).
social_party(taxing_authorities).
social_party(general_public).

%% -----
%% 3. Types of decisions appraisals inform
%% -----

social_decision_type(property_transfer).
social_decision_type(financing).
social_decision_type(taxation).
social_decision_type(stewardship).
social_decision_type(insurance_coverage).
social_decision_type(adjudication).           % courts: condemnation, divorce, estate
social_decision_type(public_administration).

social_involves(property_transfer,    buyers).
social_involves(property_transfer,    sellers).
social_involves(financing,            lenders).
social_involves(financing,            buyers).
social_involves(taxation,             taxing_authorities).
social_involves(taxation,             general_public).
social_involves(stewardship,          investors).
social_involves(stewardship,          general_public).
social_involves(insurance_coverage,   insurers).
social_involves(insurance_coverage,   buyers).
social_involves(adjudication,         courts).
social_involves(public_administration, taxing_authorities).
social_involves(public_administration, general_public).

%% -----
%% 4. What high-quality appraisals contribute (second sentence)
%% -----

social_contribution(market_transparency).
social_contribution(public_confidence).

```

```

social_contribution(efficient_capital_allocation).
social_contribution(stability_of_financial_institutions).

%% Characteristics of a high-quality appraisal opinion of value.
social_hallmark(independence).
social_hallmark(well_supported).
social_hallmark(grounded_in_evidence).
social_hallmark(grounded_in_analysis).
social_hallmark(grounded_in_professional_judgment).

%% -----
%% 5. Effects of appraisal quality by horizon
%% -----

%% ---- SHORT TERM: high quality ----
social_effect(high, short_term, property_transfer, fair_pricing_for_parties).
social_effect(high, short_term, financing, appropriate_lending_decisions).
social_effect(high, short_term, taxation, accurate_individual_assessment).

%% ---- SHORT TERM: low quality ----
social_effect(low, short_term, property_transfer, buyer_overpayment).
social_effect(low, short_term, property_transfer, seller_underselling).
social_effect(low, short_term, taxation, excessive_individual_taxation).
social_effect(low, short_term, financing,
    ↳ inappropriate_lending_decisions).
social_effect(low, short_term, property_transfer,
    ↳ immediate_financial_harm_to_individuals).

%% ---- MEDIUM TERM: high quality ----
social_effect(high, medium_term, markets, clear_market_signals).
social_effect(high, medium_term, financing, sound_credit_underwriting).
social_effect(high, medium_term, taxation, equitable_tax_assessment).
social_effect(high, medium_term, insurance_coverage,
    ↳ equitable_insurance_coverage).
social_effect(high, medium_term, adjudication, reduced_litigation_pressure).

%% ---- MEDIUM TERM: low quality ----
social_effect(low, medium_term, markets, distorted_market_signals).
social_effect(low, medium_term, financing,
    ↳ impaired_credit_underwriting).
social_effect(low, medium_term, markets,
    ↳ encouragement_of_speculation).
social_effect(low, medium_term, taxation, inequitable_taxation).
social_effect(low, medium_term, insurance_coverage,
    ↳ inequitable_insurance_coverage).
social_effect(low, medium_term, adjudication, increased_litigation).
social_effect(low, medium_term, markets, transactional_distrust).

%% ---- LONG TERM: high quality ----
social_effect(high, long_term, institutions, public_confidence_in_institutions).
social_effect(high, long_term, markets, public_confidence_in_markets).
social_effect(high, long_term, institutions, financial_stability).
social_effect(high, long_term, communities, equitable_community_outcomes).
social_effect(high, long_term, public_interest, economic_resilience).
social_effect(high, long_term, public_interest, social_fairness).
social_effect(high, long_term, public_interest, long_term_public_good).

%% ---- LONG TERM: low quality ----

```

```

social_effect(low, long_term, markets, eroded_market_confidence).
social_effect(low, long_term, institutions, eroded_institutional_confidence).
social_effect(low, long_term, institutions, financial_instability).
social_effect(low, long_term, markets, resource_misallocation).
social_effect(low, long_term, communities, neighborhood_decline).
social_effect(low, long_term, communities, neighborhood_overinvestment).
social_effect(low, long_term, communities, social_inequities_for_households).
social_effect(low, long_term, communities, social_inequities_for_businesses).
social_effect(low, long_term, communities, social_inequities_for_communities).

%% -----
%% 6. Equity principles and public-interest claims
%% -----

social_equity_principle(informed_decisions).
social_equity_principle(equitable_decisions).
social_equity_principle(fair_treatment_of_parties).
social_equity_principle(independence_of_valuer).

social_public_interest_claim(
    'Real estate and other assets are a substantial portion of personal, corporate,
    ↪ and public wealth.').
social_public_interest_claim(
    'Appraisal quality is not merely a private technical concern.').
social_public_interest_claim(
    'Appraisal quality is tied to economic resilience.').
social_public_interest_claim(
    'Appraisal quality is tied to fairness.').
social_public_interest_claim(
    'Appraisal quality is tied to the long-term public good.').

%% Top-level conclusion of the passage.
social_appraisal_is_public_interest :-
    social_public_interest_claim(_).    % at least one such claim exists

%% -----
%% 7. Derived / query predicates
%% -----

social_positive_effect(Horizon, Domain, Effect) :-
    social_effect(high, Horizon, Domain, Effect).

social_negative_effect(Horizon, Domain, Effect) :-
    social_effect(low, Horizon, Domain, Effect).

social_horizon_summary(Horizon, Effects) :-
    findall(Quality-Effect,
        social_effect(Quality, Horizon, _Domain, Effect),
        Effects).

social_consequences_of_quality(Quality, List) :-
    findall(consequence(Horizon, Domain, Effect),
        social_effect(Quality, Horizon, Domain, Effect),
        List).

social_parties_affected_by(DecisionType, Parties) :-
    setof(P, social_involves(DecisionType, P), Parties).

```

```

% Harms that fall on the public rather than on transaction principals.
social_public_harm(Horizon, Effect) :-
    social_effect(low, Horizon, Domain, Effect),
    member(Domain, [markets, institutions, communities, public_interest,
        ↪ taxation]).

% Private (transaction-level) harms.
social_private_harm(Horizon, Effect) :-
    social_effect(low, Horizon, Domain, Effect),
    member(Domain, [property_transfer, financing, insurance_coverage]).

```

2 経済的重要性

不動産をはじめとする資産の鑑定評価は、信用市場、投資判断、租税制度、財務報告、保険引受、遺産管理、企業取引、そして公共政策の立案が効率的に機能することを支えることによって、根本的な経済的役割を果たしている。信頼に足る鑑定評価は、担保価値と市場価値についての信憑性ある尺度を確立する助けとなり、それによって資本が借手、貸手、投資家、政府、企業のあいだをより効率的に流れることを可能にする。(LaCour-Little and Malpezzi 2003; Ebrahim and Hussain 2010)

短期的には、正確な鑑定評価は取引上の不確実性を減らし、貸付判断を改善し、公正な交渉を促し、過大評価または過小評価から生じる直接的な金銭的損失を防ぐ助けとなる。中期的には、鑑定評価の質は、住宅ローンのリスク、投資配分、租税の公平、保険の十分性、そして市場参加者の価格形成行動に影響を与えることを通じて、より広範な市場の安定性と効率性を左右する。この期間における脆弱な、あるいは体系的に偏った鑑定評価は、資産バブルの膨張、貸付ポートフォリオの毀損、開発誘因の歪み、そして債務不履行リスクや訴訟リスクの増大を招きうる。(LaCour-Little and Malpezzi 2003; Hendershott and Kane 1992; Griffin and Maturana 2016)

長期的には、鑑定評価の質がもたらす経済的帰結の累積はいつそう重大なものとなり、資本形成の様式、インフラ投資、世代間の富の移転、公共歳入、住宅の取得可能性、そして金融システム全体の強靱性に影響を及ぼす。評価実務における欠陥が持続すれば、資本の慢性的な誤配分、銀行部門の不安定、投資家の信頼の低下、土地および生産資産の非効率な利用を招きうる一方、堅固な鑑定評価基準は、安定した市場、健全な経済計画、そして長期的な経済成長を支える助けとなる。(Ghent, Torous, and Valkanov 2019; Hendershott and Kane 1992; Ebrahim and Hussain 2010)

```

%% appraisal_economics.pl
%%
%% A Prolog knowledge base encoding the economic role of real estate
%% and other asset appraisals across short-, medium-, and long-term
%% horizons, including both the consequences of high-quality appraisal
%% practice and the consequences of weak or biased practice.
%%
%% All domain-specific predicates are prefixed with `economic_` so this
%% module can be loaded alongside appraisal_social.pl (and any other
%% companion KBs) without name collisions, and so cross-KB rules can
%% mention both vocabularies unambiguously.
%%
%% Conceptual model:
%%   - Appraisals support a set of economic FUNCTIONS.
%%   - Each function operates over one or more time HORIZONS.
%%   - Appraisal QUALITY (high / low) drives EFFECTS on those functions.
%%   - Effects are POSITIVE (benefits) when quality is high and
%%     NEGATIVE (harms) when quality is low/systematically biased.

```

```

%%
%% Author: generated for Bert Craytor, ValEngr / RCA context.

:- module(appraisal_economics,
    [ economic_horizon/1
      , economic_function/1
      , economic_supports/2
      , economic_effect/4
      ↪ Effect
      , economic_stakeholder/1
      , economic_benefits/2
      , economic_positive_effect/3
      , economic_negative_effect/3
      , economic_horizon_summary/2
      , economic_consequences_of_quality/2
      , economic_functions_at_horizon/2
      , economic_stakeholders_affected_by/2
      , economic_reliable_appraisals_improve/1
      , economic_appraisal_quality_matters_at/1
    ]).

:- discontiguous economic_effect/4.
:- discontiguous economic_supports/2.

%% -----
%% 1. Time horizons
%% -----

economic_horizon(short_term).
economic_horizon(medium_term).
economic_horizon(long_term).

%% -----
%% 2. Economic functions supported by appraisals
%% -----

economic_function(credit_markets).
economic_function(investment_decisions).
economic_function(taxation_systems).
economic_function(financial_reporting).
economic_function(insurance_underwriting).
economic_function(estate_administration).
economic_function(corporate_transactions).
economic_function(public_policy_planning).

%% -----
%% 3. Stakeholders whose decisions depend on appraisals
%% -----

economic_stakeholder(borrowers).
economic_stakeholder(lenders).
economic_stakeholder(investors).
economic_stakeholder(governments).
economic_stakeholder(businesses).
economic_stakeholder(insurers).
economic_stakeholder(taxpayers).
economic_stakeholder(homeowners).

```

```

%% Capital flows more efficiently when appraisals are reliable.
economic_benefits(borrowers,    credit_markets).
economic_benefits(lenders,      credit_markets).
economic_benefits(investors,    investment_decisions).
economic_benefits(governments,  taxation_systems).
economic_benefits(governments,  public_policy_planning).
economic_benefits(businesses,   corporate_transactions).
economic_benefits(businesses,   financial_reporting).
economic_benefits(insurers,     insurance_underwriting).
economic_benefits(taxpayers,    taxation_systems).
economic_benefits(homeowners,   credit_markets).

%% -----
%% 4. Which functions are most salient at each horizon
%% -----

economic_supports(credit_markets,    short_term).
economic_supports(investment_decisions, short_term).
economic_supports(corporate_transactions, short_term).

economic_supports(credit_markets,    medium_term).
economic_supports(investment_decisions, medium_term).
economic_supports(taxation_systems,   medium_term).
economic_supports(insurance_underwriting, medium_term).

economic_supports(credit_markets,    long_term).
economic_supports(taxation_systems,   long_term).
economic_supports(public_policy_planning, long_term).
economic_supports(financial_reporting, long_term).
economic_supports(estate_administration, long_term).

%% -----
%% 5. Effects of appraisal quality, by horizon and function
%% -----

%% ---- SHORT TERM: high quality ----
economic_effect(high, short_term, credit_markets,
    ↳ reduced_transactional_uncertainty).
economic_effect(high, short_term, credit_markets,
    ↳ improved_lending_decisions).
economic_effect(high, short_term, corporate_transactions, fair_negotiations).
economic_effect(high, short_term, investment_decisions,
    ↳ prevention_of_immediate_losses).

%% ---- SHORT TERM: low quality ----
economic_effect(low, short_term, credit_markets,
    ↳ transactional_uncertainty).
economic_effect(low, short_term, credit_markets, poor_lending_decisions).
economic_effect(low, short_term, investment_decisions,
    ↳ losses_from_overvaluation).
economic_effect(low, short_term, investment_decisions,
    ↳ losses_from_undervaluation).

%% ---- MEDIUM TERM: high quality ----
economic_effect(high, medium_term, credit_markets, stable_mortgage_risk).
economic_effect(high, medium_term, investment_decisions,
    ↳ efficient_investment_allocation).
economic_effect(high, medium_term, taxation_systems, tax_equity).

```

```

economic_effect(high, medium_term, insurance_underwriting,
↳ adequate_insurance_coverage).
economic_effect(high, medium_term, investment_decisions,
↳ rational_market_pricing).

%% ---- MEDIUM TERM: low quality ----
economic_effect(low, medium_term, investment_decisions, inflated_asset_bubbles).
economic_effect(low, medium_term, credit_markets,
↳ impaired_lending_portfolios).
economic_effect(low, medium_term, public_policy_planning,
↳ distorted_development_incentives).
economic_effect(low, medium_term, credit_markets, increased_default_risk).
economic_effect(low, medium_term, corporate_transactions,
↳ increased_litigation_risk).

%% ---- LONG TERM: high quality ----
economic_effect(high, long_term, investment_decisions, sound_capital_formation).
economic_effect(high, long_term, public_policy_planning,
↳ sound_infrastructure_investment).
economic_effect(high, long_term, estate_administration,
↳ orderly_intergenerational_wealth_transfer).
economic_effect(high, long_term, taxation_systems, stable_public_revenues).
economic_effect(high, long_term, public_policy_planning,
↳ supported_housing_affordability).
economic_effect(high, long_term, credit_markets,
↳ financial_system_resilience).
economic_effect(high, long_term, investment_decisions,
↳ long_term_economic_growth).

%% ---- LONG TERM: low quality ----
economic_effect(low, long_term, investment_decisions,
↳ chronic_capital_misallocation).
economic_effect(low, long_term, credit_markets, banking_instability).
economic_effect(low, long_term, investment_decisions,
↳ reduced_investor_confidence).
economic_effect(low, long_term, public_policy_planning, inefficient_land_use).
economic_effect(low, long_term, public_policy_planning,
↳ inefficient_productive_asset_use).

%% -----
%% 6. Derived / query predicates
%% -----

economic_positive_effect(Horizon, Function, Effect) :-
    economic_effect(high, Horizon, Function, Effect).

economic_negative_effect(Horizon, Function, Effect) :-
    economic_effect(low, Horizon, Function, Effect).

economic_horizon_summary(Horizon, Effects) :-
    findall(Quality-Effect,
        economic_effect(Quality, Horizon, _Function, Effect),
        Effects).

economic_consequences_of_quality(Quality, List) :-
    findall(consequence(Horizon, Function, Effect),
        economic_effect(Quality, Horizon, Function, Effect),
        List).

```

```

economic_functions_at_horizon(Horizon, Functions) :-
    setof(F, economic_supports(F, Horizon), Functions).

economic_stakeholders_affected_by(Function, Stakeholders) :-
    setof(S, economic_benefits(S, Function), Stakeholders).

%% Overall claim: reliable appraisals improve allocative efficiency.
economic_reliable_appraisals_improve(capital_flow_efficiency).
economic_reliable_appraisals_improve(market_stability).
economic_reliable_appraisals_improve(long_term_economic_growth).

%% Top-level qualitative claim: appraisal quality matters at every horizon.
economic_appraisal_quality_matters_at(Horizon) :-
    economic_horizon(Horizon),
    \+ \+ economic_effect(high, Horizon, _, _),
    \+ \+ economic_effect(low, Horizon, _, _).

```

3 鑑定評価の最終成果物としての市場価値推定が持つ重要性

市場価値の鑑定評価が担保リスク分析において重要な役割を果たすのは、それが、通常の市場条件の下で不動産または資産が実現しうる蓋然的な価格について専門的に導かれた推定を提供し、それによって、信用エクスポージャーと競売の帰結の可能性とを評価する貸手、投資家、担保分析者にとっての基礎的な基準点となるからである。(Agarwal, Ben-David, and Yao 2015) 競売価値または換価価値は、困窮した売却条件、短縮された売却期間、法的費用、物理的劣化、あるいは市場心理の悪化のために市場価値と大きく異なりうるが、それでも担保分析者は、ストレス下のシナリオにおける回収可能性を推定する出発点として、市場価値の鑑定評価にしばしば依拠する。(Campbell, Giglio, and Pathak 2011; Pennington-Cross 2006; Clauretie and Daneshvary 2009)

市場価値、ローン残高、融資比率、市場動向、不動産の状態、流動性、そして地域の需給条件のあいだの関係を分析することによって、担保分析者は、借手が債務不履行に陥った場合の損失の蓋然性と深刻度を評価する。(Qi and Yang 2009)

短期的には、正確な市場価値の鑑定評価は、貸手が慎重な引受判断を下し、適切な担保余裕を設定する助けとなる。中期的には、それは、経済循環をまたいで変化する担保の十分性を金融機関が評価する助けとなることによって、ポートフォリオのリスク管理、ローンの証券化、引当金の配分、そして規制遵守を支える。長期的には、一貫して信頼に足る鑑定評価実務は、過大なレバレッジ、担保保全の乏しい貸付、そして市場ストレス期に競売損失やより広範な経済的混乱を増幅させうる担保資産の体系的な価格誤りのリスクを減らすことによって、金融システムの安定に寄与する。(Eriksen et al. 2019)

```

%% appraisal_collateral.pl
%%
%% A Prolog knowledge base encoding the role of market value (MV)
%% appraisals in collateral risk analysis. Companion to
%% appraisal_economics.pl and appraisal_social.pl.
%%
%% Naming convention:
%% - Predicates that have direct counterparts in the companion KBs
%%   (horizon, effect, summary, consequences, etc.) are prefixed
%%   `collateral_` so this module can be loaded alongside the others
%%   without name collisions, and so bridge rules can mention each
%%   vocabulary unambiguously.
%% - Predicates that are unique to the collateral-analysis domain

```

```

%%      (value_basis, divergence_factor, risk_input, etc.) are NOT
%%      prefixed. They have no analogues in the other KBs and no
%%      collision risk, so the prefix would only add noise.

:- module(appraisal_collateral,
    [ collateral_horizon/1
      , collateral_analyst/1
      , collateral_effect/4                                % Quality, Horizon, Domain,
      ↪ Effect
      , collateral_positive_effect/3
      , collateral_negative_effect/3
      , collateral_horizon_summary/2
      , collateral_consequences_of_quality/2
      , value_basis/1
      , uses/2                                              % Analyst, ValueBasis
      , divergence_factor/1
      , stress_scenario/1
      , risk_input/1
      , risk_output/1
      , inputs_for/2
      , mv_is_benchmark_for/1
    ]).

:- discontinuous collateral_effect/4.
:- discontinuous uses/2.

%% -----
%% 1. Time horizons (namespaced -- parallel to economic_/social_)
%% -----

collateral_horizon(short_term).
collateral_horizon(medium_term).
collateral_horizon(long_term).

%% -----
%% 2. Who uses MV appraisals in collateral risk analysis
%% -----

collateral_analyst(lenders).
collateral_analyst(investors).
collateral_analyst(collateral_analysts).
collateral_analyst(portfolio_risk_managers).
collateral_analyst(regulators).
collateral_analyst(securitization_arrangers).

%% -----
%% 3. Value bases distinguished in the passage
%% -----

value_basis(market_value).          % "normal market conditions"
value_basis(foreclosure_value).      % distressed
value_basis(liquidation_value).      % distressed, accelerated

%% Which value bases each analyst type works with.
uses(lenders,          market_value).
uses(investors,        market_value).
uses(collateral_analysts, market_value).
uses(collateral_analysts, foreclosure_value).

```

```

uses(collateral_analysts,      liquidation_value).
uses(portfolio_risk_managers,  market_value).
uses(securitization_arrangers, market_value).
uses(regulators,              market_value).

%% Top-level claim of the opening sentence.
mv_is_benchmark_for(credit_exposure).
mv_is_benchmark_for(foreclosure_outcomes).
mv_is_benchmark_for(recovery_potential).

%% -----
%% 4. Why foreclosure / liquidation value diverges from MV
%% -----

divergence_factor(distressed_marketing_conditions).
divergence_factor(accelerated_sale_period).
divergence_factor(legal_costs).
divergence_factor(physical_deterioration).
divergence_factor(adverse_market_sentiment).

%% Stressed scenarios in which divergence factors apply.
stress_scenario(borrower_default).
stress_scenario(foreclosure).
stress_scenario(forced_liquidation).
stress_scenario(market_downturn).

%% -----
%% 5. Inputs the collateral analyst combines with MV, and the
%%    outputs they produce
%% -----

risk_input(market_value).
risk_input(loan_balance).
risk_input(loan_to_value_ratio).
risk_input(market_trends).
risk_input(property_condition).
risk_input(liquidity).
risk_input(local_supply_demand).

risk_output(likelihood_of_loss).
risk_output(severity_of_loss).
risk_output(recovery_estimate).
risk_output(loss_given_default).

%% inputs_for(+Output, -Inputs)
%% All risk inputs are used to produce each risk output.
inputs_for(Output, Inputs) :-
    risk_output(Output),
    setof(I, risk_input(I), Inputs).

%% -----
%% 6. Effects of appraisal quality by horizon
%% -----

%% ---- SHORT TERM: high quality ----
collateral_effect(high, short_term, underwriting, prudent_underwriting_decisions).
collateral_effect(high, short_term, underwriting, appropriate_collateral_margins).

```

```

%% ---- SHORT TERM: low quality ----
collateral_effect(low, short_term, underwriting,
↳ imprudent_underwriting_decisions).
collateral_effect(low, short_term, underwriting, inadequate_collateral_margins).
collateral_effect(low, short_term, underwriting, mispriced_credit_exposure).

%% ---- MEDIUM TERM: high quality ----
collateral_effect(high, medium_term, portfolio,
↳ effective_portfolio_risk_management).
collateral_effect(high, medium_term, portfolio, sound_loan_securitization).
collateral_effect(high, medium_term, portfolio, appropriate_reserve_allocation).
collateral_effect(high, medium_term, regulatory, regulatory_compliance).
collateral_effect(high, medium_term, portfolio,
↳ cycle_aware_collateral_evaluation).

%% ---- MEDIUM TERM: low quality ----
collateral_effect(low, medium_term, portfolio,
↳ weakened_portfolio_risk_management).
collateral_effect(low, medium_term, portfolio, mispriced_securitizations).
collateral_effect(low, medium_term, portfolio, inadequate_loss_reserves).
collateral_effect(low, medium_term, regulatory, regulatory_noncompliance_risk).
collateral_effect(low, medium_term, portfolio, misjudged_collateral_adequacy).

%% ---- LONG TERM: high quality ----
collateral_effect(high, long_term, system, financial_system_stability).
collateral_effect(high, long_term, system, restraint_on_excessive_leverage).
collateral_effect(high, long_term, system, well_secured_lending).
collateral_effect(high, long_term, system, accurate_systemic_collateral_pricing).
collateral_effect(high, long_term, system, dampened_foreclosure_amplification).

%% ---- LONG TERM: low quality ----
collateral_effect(low, long_term, system, financial_system_instability).
collateral_effect(low, long_term, system, excessive_leverage).
collateral_effect(low, long_term, system, poorly_secured_lending).
collateral_effect(low, long_term, system, systemic_collateral_mispricing).
collateral_effect(low, long_term, system, amplified_foreclosure_losses).
collateral_effect(low, long_term, system,
↳ amplified_economic_disruption_under_stress).

%% -----
%% 7. Derived / query predicates (namespaced)
%% -----

collateral_positive_effect(Horizon, Domain, Effect) :-
    collateral_effect(high, Horizon, Domain, Effect).

collateral_negative_effect(Horizon, Domain, Effect) :-
    collateral_effect(low, Horizon, Domain, Effect).

collateral_horizon_summary(Horizon, Effects) :-
    findall(Quality-Effect,
        collateral_effect(Quality, Horizon, _Domain, Effect),
        Effects).

collateral_consequences_of_quality(Quality, List) :-
    findall(consequence(Horizon, Domain, Effect),
        collateral_effect(Quality, Horizon, Domain, Effect),

```

List).

4 鑑定評価活動の時間的指向

鑑定評価者は一般に、長期にわたる確率的な予測ではなく、特定の価格時点 (effective date)—遡及的 (過去)、現在、あるいは定められた限定を付した将来—における一時点の市場価値意見を作成する。この時間的・方法論的な指向は、規制対象の鑑定評価実務と、計量分析者、財務分析者、投資分析者、経済学者の仕事とを分かち中心的な差異の一つである。(Quan and Quigley 1991)

大半の鑑定評価業務において、とりわけ専門的鑑定評価実務統一基準 (Uniform Standards of Professional Appraisal Practice, USPAP) や国際評価基準 (International Valuation Standards, IVS) のような基準の下での市場価値に関わる業務において、鑑定評価者は、一つの価格時点における観察可能な市場証拠、当時の市況、そして承認された方法論に錨を下ろした、調整済みの点推定値 (あるいは、許容される場合には狭い範囲) を作成する。USPAP は、価値の結論を特定の金額として、数値の範囲として、または基準値との関係として示すことを明示的に認めているが、それでも調整済みの意見は、当該時点に結びついた信頼に足る一点の価値指示であり続ける。(The Appraisal Foundation 2024; International Valuation Standards Council 2025)

鑑定評価者は、動向、需給、減価、還元利回りまたは割引率、吸収に関する市場参加者の合理的な期待を必然的に織り込むけれども、そうするのは価格時点における市場に裏づけられた価値を支えるためであって、投機的な変動を予測するためではない。将来時点の価値意見 (たとえば事業完成時の安定化価値) は、明示的な特別の想定または仮定条件を要し、市場から導かれた裏づけを伴った、定められた将来の価格時点に制約されたままである。

これに対し、計量分析者、財務分析者、投資分析者は、確率分布、モンテカルロ・シミュレーション、シナリオ分析、感度分析、あるいはバリュエーション・アット・リスク指標を用いて、複数の期間にわたる起こりうる結果の範囲を覆う推定を通じて不確実性に対処することが多い。彼らの関心はしばしば、一つの時点における単一の市場価値の点にではなく、期待される将来の成績、リスク調整後収益、あるいはさまざまな時間軸にわたる特定当事者にとっての投資価値に置かれる。(Hull 2018)

こうした仕事はまた、鑑定評価の免許が要求も証明もしていない技術的能力を前提とする。たとえば多変量適応回帰スプライン (MARS) モデルの当てはめは、標本内での良好な当てはまり (高い R^2) が過適合を代償として買われるのではなく、取り置いたデータにも引き継がれる (高い交差検証済み R^2) ようにモデルの複雑さを制御する判断を要し、それはさらに、基礎となるアルゴリズムの実務的な理解を前提とする。(Friedman 1991; Steurer, Hill, and Pfeifer 2021) こうした計量的な手練れに加えて、この仕事は、高度に構造化された概念を扱い、意味の細かな区別を見分け、なじみのない方法を自分のものにする概念的な能力に報いる。これらは資格ではなく技能である。免許を持つ鑑定評価者がそれらを備えていることもあれば、免許を持たない分析者がそれらを欠いていることもある。まさにそれゆえに、これらの技能それ自体が、ある業務が規制線のどちら側に落ちるかを決めることはないのである。

鑑定評価者もまた、割引キャッシュフロー分析における収益、空室、費用、復帰価値の予測や、開発事業あるいは訴訟の文脈における将来時点の価値の推定など、限定された将来志向の要素に携わることがある。これらの構成要素は、現在の市場証拠と、裏づけ可能性および裏づけのない投機の回避を重んじる専門職基準に根ざしているかぎり、鑑定評価の枠内にとどまる。(Diaz and Wolverton 1998; Gallimore 1996; Crosby, Lizieri, and McAllister 2010) 現代の鑑定評価実務は、とりわけ大量評価、自動評価モデル、ポートフォリオ業務において、統計的手法、シナリオの考慮、リスク分析をますます取り込んでいるが、それでも中核的な成果物は通例、一時点の市場価値意見であり続けている。(International Association of Assessing Officers 2017; Office of the Comptroller of the Currency and Board of Governors of the Federal Reserve System and Federal Deposit Insurance Corporation and National Credit

Union Administration and Consumer Financial Protection Bureau and Federal Housing Finance Agency 2024; Alexandrov, Goodman, and Neal 2023)

鑑定評価の実務は主として証拠に依拠するものであり、過去から現在にかけての（あるいは限定的に将来の）点推定に向けられているのに対し、財務分析および計量分析はより確率的・分布的であり、複数の時間軸にわたって明示的に将来を志向していると特徴づけることもできよう。(Geltner 1991) 鑑定評価者は“現在の証拠と定められた想定を前提として、指定された価格時点において最も裏づけの得られる市場価値の指示は何か”と問う。財務分析者および計量分析者はむしろ“将来のある期間にわたって、どのような結果の範囲が、どの程度の確率で生じそうか、そして資源はいかに配分されるべきか”と問うことが多い。

この境界は絶対的なものではなく、市場の複雑化とともに変容し続けている。それでもなお、目的（市場価値か投資価値か）、証拠上の要件、そして規制の枠組みにおいては、根本的な差異が存続している。

もっとも、実際に作用している線は、技能によってではなく法によって引かれている。決め手となる問いは、ある業務が鑑定評価者の免許を法的に必要とするものかどうか、ただそれだけである。計量分析者、財務分析者、経済学者、投資分析者、ポートフォリオ運用者、およびこれに類する専門職は、その仕事が規制対象の鑑定評価を構成しないかぎり、分布に基づく予測や範囲に基づく予測を含めて、不動産鑑定評価者の免許なしに、将来の資産価値を合法的に推定し、予測し、モデル化し、分析することができる。(Murphy 2012) 主要な区別は次の点にかかっている。

1. 価値の種類（たとえば市場価値の点推定値か、投資価値ないし確率的予測か）。
2. 時間的な焦点（特定の価格時点か、ある期間ないし時間軸か）。
3. 産出の形式（点あるいは狭い範囲か、完全な確率分布か）。
4. 意図された目的、およびその仕事が鑑定評価として表示されているかどうか。
5. USPAP のような基準への適合を要する、規制対象の貸付または法的文脈への関与。

この枠組みは、主として米国の 1989 年金融機関改革・再生・執行法 (FIRREA) のような銀行規制に由来するものであり、同法は、連邦に関連する取引について、信頼に足る独立した市場価値意見を確保しようとするものであった。(United States Congress 1989; K'Akumu and Larsen 2024) 高度な評価活動の多く—株式リサーチにおける目標株価、事業化調査、ポートフォリオのリスクモデリング、オプション価格の算定、予測分析—は、規制対象の鑑定評価機能ではなく投資、予測、助言の目的に資するものであるため、免許の対象外に置かれる。

```
%% appraisal_scope_regulation.pl
%%
%% Knowledge base for the boundary of regulated appraisal practice.
%%
%% TWO TIERS, deliberately kept separate:
%%
%% TIER 1 -- THE DEFINING TEST (regulation cluster). A task is a
%% regulated appraisal IFF it is one for which an appraiser's
%% license is legally required. requires_license/1 is that test;
%% it -- and only it -- decides regulated_appraisal/1 vs.
%% unregulated_valuation/1.
%%
%% TIER 2 -- DESCRIPTIVE TENDENCIES (scope cluster). How the two
%% populations -- `appraisal' and `quant_financial' -- typically
%% differ in approach, temporal scope, output form, and skill set.
%% These are CORRELATES, not the boundary: the populations overlap
%% (a licensed appraiser may do quant work; a quant may be
%% unlicensed), and nothing here determines licensure. No claim is
%% made about intelligence -- only about training and methodology.
%%
%% `temporal scope' and `approach' are DISTINCT axes: an approach has a
%% typical (defeasible) temporal mode, but the two are not the same
%% viewpoint -- which is why an appraiser using an AVM (appraisal
```

```

%% approach, distributional methods) is possible.

:- module(appraisal_scope_regulation,
  [ % --- TIER 1: the defining test (regulation) ---
    regulation_framework/1
  , regulation_framework_origin/2
  , regulation_distinguishing_factor/1
  , regulation_triggers_licensure/1
  , regulation_definition_of_appraisal/1
  , regulation_unlicensed_activity/2
  , regulation_licensed_activity/2
  , regulation_legal_exposure_condition/1
  , requires_license/1
  , exempt_from_appraisal_license/1
  , regulated_appraisal/1
  , unregulated_valuation/1
  , regulatory_asymmetry/2

    % --- TIER 2: descriptive tendencies (scope) ---
  , valuation_approach/1
  , scope_profession/1
  , scope_orientation/2
  , temporal_scope/1
  , temporal_mode/1
  , scope_temporal_focus/2
  , scope_output_form/2
  , scope_skill/1
  , scope_skill_demanded_by/2
  , scope_inputs_considered/2
  , scope_future_oriented_context/2
  , scope_professional_constraint/1
  , scope_contrast/4
  , scope_question/2
  , scope_convergence_area/1
  ]).

:- discontiguous regulation_unlicensed_activity/2.
:- discontiguous regulation_licensed_activity/2.
:- discontiguous scope_contrast/4.

%% =====
%% TIER 1 -- THE DEFINING TEST (the boundary)
%% =====

regulation_framework(firrea_1989).
regulation_framework(uspap).
regulation_framework(ivs).
regulation_framework(state_licensing).
regulation_framework(state_certification).

regulation_framework_origin(firrea_1989, savings_and_loan_crisis).
regulation_framework_origin(uspap, firrea_1989).
regulation_framework_origin(state_licensing, firrea_1989).

regulation_distinguishing_factor(kind_of_value).
regulation_distinguishing_factor(purpose_of_valuation).
regulation_distinguishing_factor(temporal_focus).
regulation_distinguishing_factor(output_form).

```

```

regulation_distinguishing_factor(represented_as_appraisal).
regulation_distinguishing_factor(federally_related_transaction_involvement).

regulation_triggers_licensure(federally_related_mortgage_transaction).
regulation_triggers_licensure(work_represented_as_appraisal).
regulation_triggers_licensure(work_meeting_state_appraisal_definition).
regulation_triggers_licensure(regulated_lending_transaction).

regulation_definition_of_appraisal(formal_opinion_of_value).
regulation_definition_of_appraisal(concerning_identified_real_property).
regulation_definition_of_appraisal(developed_per_recognized_methods).
regulation_definition_of_appraisal(for_compensation).

regulation_unlicensed_activity(equity_analyst,                stock_price_targets).
regulation_unlicensed_activity(investment_bank,
    ↪ enterprise_value_estimates).
regulation_unlicensed_activity(hedge_fund,
    ↪ commercial_real_estate_appreciation_forecasts).
regulation_unlicensed_activity(economist,
    ↪ housing_market_trend_projections).
regulation_unlicensed_activity(insurance_analyst,
    ↪ replacement_cost_estimates).
regulation_unlicensed_activity(developer,                    feasibility_studies).
regulation_unlicensed_activity(internal_corporate_analyst,
    ↪ asset_impairment_estimates).
regulation_unlicensed_activity(internal_corporate_analyst,
    ↪ portfolio_value_estimates).
regulation_unlicensed_activity(quantitative_analyst,
    ↪ predictive_valuation_models).
regulation_unlicensed_activity(avm_developer,
    ↪ algorithmic_residential_price_estimates).

regulation_licensed_activity(licensed_appraiser,
    ↪ market_value_for_federally_related_transaction).
regulation_licensed_activity(licensed_appraiser,
    ↪ formal_opinion_of_value_for_compensation).
regulation_licensed_activity(licensed_appraiser,
    ↪ appraisal_for_regulated_mortgage_lending).
regulation_licensed_activity(licensed_appraiser,
    ↪ appraisal_represented_as_such_under_state_law).

regulation_legal_exposure_condition(holding_self_out_as_licensed_appraiser).
regulation_legal_exposure_condition(preparing_appraisal_as_defined_by_state_law).
regulation_legal_exposure_condition(involved_in_transaction_requiring_licensed_app
    ↪raisal).

%% --- The test itself: does the TASK require an appraiser's license? ---
requires_license(Task) :-
    regulation_triggers_licensure(Task), !.
requires_license(Task) :-
    regulation_licensed_activity(_, Task), !.

exempt_from_appraisal_license(Task) :-
    regulation_unlicensed_activity(_, Task),
    \+ requires_license(Task).

:- dynamic activity_satisfies_definition/1.

```

```

activity_satisfies_definition(Task) :-
    regulation_licensed_activity(_, Task).

regulated_appraisal(Task) :-
    activity_satisfies_definition(Task),
    requires_license(Task).

unregulated_valuation(Task) :-
    regulation_unlicensed_activity(_, Task),
    \+ regulated_appraisal(Task).

%% Meta-tension: the regulatory asymmetry the passage closes on.
regulatory_asymmetry(current_market_value_for_lending,
    future_oriented_valuation_for_investment).
regulatory_asymmetry(heavily_regulated_appraisal_practice,
    lightly_regulated_quantitative_practice).
regulatory_asymmetry(consumer_and_lending_protection_focus,
    investment_advisory_focus).

regulatory_asymmetry_origin(banking_regulation).
regulatory_asymmetry_origin(consumer_protection).
regulatory_asymmetry_origin(legal_evidentiary_concerns).
regulatory_asymmetry_origin_disclaimer(
    'Not based on any exclusive claim that appraisers alone possess valuation
    ↪ expertise.').

%% =====
%% TIER 2 -- DESCRIPTIVE TENDENCIES (NOT the boundary)
%%
%% Overlapping populations; correlates of who typically lands on each
%% side. None of these determine licensure -- Tier 1 does.
%% =====

%% --- Axis: valuation approach (descriptive populations) ---
valuation_approach(appraisal).
valuation_approach(quant_financial).

scope_profession(appraiser).
scope_profession(quantitative_analyst).
scope_profession(financial_analyst).
scope_profession(investment_analyst).
scope_profession(portfolio_manager).
scope_profession(economist).
scope_profession(investment_strategist).
scope_profession(financial_forecaster).

scope_orientation(appraisal, evidentiary).
scope_orientation(quant_financial, probabilistic).

%% --- Axis: temporal scope (its OWN viewpoint, distinct from approach) ---
temporal_scope(retrospective).
temporal_scope(current).
temporal_scope(prospective_point).
temporal_scope(future_range_horizon).

temporal_mode(point_in_time).
temporal_mode(distribution_over_horizon).

```

```

%% Typical (defeasible) pairing of approach to temporal mode -- a LINK
%% between two distinct axes, not an identity.
scope_temporal_focus(appraisal, point_in_time).
scope_temporal_focus(quant_financial, distribution_over_horizon).

%% --- Axis: output form ---
scope_output_form(appraisal, point_estimate).
scope_output_form(appraisal, narrow_range).
scope_output_form(quant_financial, probability_distribution).
scope_output_form(quant_financial, range_of_outcomes).

%% --- Axis: skills / methodological toolkit (training, NOT intelligence) ---
scope_skill(mars_without_overfitting).
scope_skill(fit_vs_generalization_balance). % balancing  $R^2$  against  $CV-R^2$ 
scope_skill(algorithmic_understanding).
scope_skill(handling_structured_concepts).
scope_skill(discerning_fine_distinctions_in_meaning).
scope_skill(assimilating_new_methods).

%% Skills typically demanded by advanced quantitative valuation; an
%% appraisal license neither requires nor certifies them.
scope_skill_demanded_by(quant_financial, mars_without_overfitting).
scope_skill_demanded_by(quant_financial, fit_vs_generalization_balance).
scope_skill_demanded_by(quant_financial, algorithmic_understanding).
scope_skill_demanded_by(quant_financial, handling_structured_concepts).
scope_skill_demanded_by(quant_financial, discerning_fine_distinctions_in_meaning).
scope_skill_demanded_by(quant_financial, assimilating_new_methods).

%% --- Inputs the appraiser weighs to support a value at the effective date ---
scope_inputs_considered(appraisal, current_market_evidence).
scope_inputs_considered(appraisal, observable_transactions).
scope_inputs_considered(appraisal, prevailing_market_conditions).
scope_inputs_considered(appraisal, recognized_methodologies).
scope_inputs_considered(appraisal, market_trends).
scope_inputs_considered(appraisal, anticipated_supply_demand).
scope_inputs_considered(appraisal, depreciation).
scope_inputs_considered(appraisal, capitalization_rates).
scope_inputs_considered(appraisal, absorption_patterns).
scope_inputs_considered(appraisal, expectations_already_priced_in).

%% --- Bounded future-oriented contexts that remain within appraisal ---
scope_future_oriented_context(income_property, future_income_streams).
scope_future_oriented_context(income_property, vacancy_rates).
scope_future_oriented_context(income_property, expenses).
scope_future_oriented_context(income_property, reversion_values).
scope_future_oriented_context(income_property, dcf_analysis).
scope_future_oriented_context(development, prospective_stabilized_value).
scope_future_oriented_context(conservation, future_damages).
scope_future_oriented_context(environmental, future_damages).
scope_future_oriented_context(insurance, future_damages).
scope_future_oriented_context(litigation, future_damages).
scope_future_oriented_context(eminent_domain, future_damages).
scope_future_oriented_context(general, remaining_economic_life).
scope_future_oriented_context(general, anticipated_market_reactions).
scope_future_oriented_context(market_analysis, price_trend_direction).

%% --- Professional constraints on any future-oriented component ---
scope_professional_constraint(supportability).

```

```

scope_professional_constraint(market_evidence).
scope_professional_constraint(extraordinary_assumptions_or_hypothetical_conditions」
↳ _disclosed).
scope_professional_constraint(avoidance_of_unsupported_speculation).

%% --- Contrasts across the descriptive axes:
↳ scope_contrast(A,B,Dimension,Distinction) ---
scope_contrast(appraisal, quant_financial, orientation,
    evidentiary_vs_probabilistic).
scope_contrast(appraisal, quant_financial, temporal_mode,
    point_in_time_vs_distribution_over_horizon).
scope_contrast(appraisal, quant_financial, output_form,
    point_or_narrow_range_vs_probability_distribution).
scope_contrast(appraisal, quant_financial, purpose,
    market_value_vs_investment_worth).
scope_contrast(appraisal, quant_financial, skill_set,
    appraisal_licensing_toolkit_vs_advanced_statistical_toolkit).
scope_contrast(appraisal, quant_financial, typical_methods,
    sales_comparison_cost_income_vs_simulation_option_pricing_var).

%% --- The orienting question each population asks (verbatim from the passage) ---
scope_question(appraisal,
    'What is the most supportable market value indication as of the specified
    ↳ effective date, given current evidence and defined assumptions?').
scope_question(quant_financial,
    'What range of outcomes is likely over a future period, with what
    ↳ probabilities, and how should resources be allocated?').

%% --- Where the two converge (appraisal borrows distributional methods) ---
scope_convergence_area(complex_commercial_valuation).
scope_convergence_area(mass_appraisal).
scope_convergence_area(automated_valuation_models).
scope_convergence_area(institutional_portfolio_analysis).

```

5 競売価値の代理指標としての市場価値 × 融資比率 (LTV)

これまでの各節は、鑑定評価が何のためにあり、何を産み出し、その理論上および規制上の境界がどこにあるのかを述べてきた。本節は、それらの節が積み上げてきた緊張そのものに到達する。

住宅ローン貸付と担保分析の底流にあるより深い実務上の現実の一つは、住宅ローンの引受審査に用いられる市場価値の鑑定評価が、現実の経済的機能においては、将来のある保有期間にわたる担保回収可能性の期待値に対する暗黙の代理指標としてしばしば働いている、ということである。形式のうえでは、その鑑定評価は特定の価格時点における現在の市場価値の意見として構成されているにもかかわらず、である。(Foster and Van Order 1984; Kau et al. 1995; Deng, Quigley, and Van Order 2000)

80% という融資比率は恣意的なものではない。歴史的には、それは部分的に、次のものから貸手を守ることを意図したリスク緩衝として形づくられてきた。

- 中程度の市場の下落、
- 競売の費用、
- 換価処分に伴う値引き、
- 保有費用、
- 法的費用、
- 未収の利息、

- ・そして債務不履行後に担保を処分するのに要する期間中の不確実性。(Foote, Gerardi, and Willen 2008; Qi and Yang 2009)

この緩衝はまた、ローン額それ自体—市場価値と許容される融資比率との積—が、回収可能な競売価値についての貸手の実務上の推定値として読みうる理由でもある。ローンを市場価値の一部分に上限づけることは、事実上、強制売却の手取金がローン残高を下回らないという賭けだからである。もっとも、その差引き幅（ヘアカット）がどれほどであるべきかは、80% という丸い数字が示唆するよりもはるかに特定しがたい。競売ディスカウントの推定値は、市場によって、方法によって、時期によって大きく異なる。強制売却に関する、しばしば引用されるある研究は、それを比較可能な独立当事者間の価格より 27% ほど低い水準に置くが (Campbell, Giglio, and Pathak 2011)、不動産の状態、立地、そして選択の偏りを補正した他の分析は、それとは実質的に異なる大きさを報告している。(Pennington-Cross 2006; Clauretie and Daneshvary 2009)

これに対して、慣行的な 80% という閾値は、本質的に全国一律の単一のパラメータであり、きわめて異質な地域市場と、信用循環の相次ぐ局面とを通じて一様に適用される。それはいかなる特定の市場のディスカウントをも追跡しえず、したがって、市場価値から競売回収額への精密な写像ではなく、きわめて粗い、一律仕立ての近似として機能する。むしろそれは薄い緩衝である。20% の差引き幅は、当の研究が報告する 27% のディスカウントを下回っており、それゆえ慣行ローンの上限額は、上に列挙した処分費用を差し引く以前の段階ですでに、強制売却の総手取金を上回りうるのである。

借手の自己資本が薄すぎて緩衝をなしえない場合には、その代わりに住宅ローン保険が用いられる。これは政策の調整つまみとしてではなく、リスク配分上の取引として理解するのが最も適切である。すなわち、資産は乏しいが所得は安定しているという借手の一群が存在し、彼らに LTV80% を超えて貸し付けることの追加的な債務不履行リスクおよび損失リスクは、保険者によって予測され、引き受けられる—高 LTV の慣行ローンに付される民間住宅ローン保険を通じて私的に、あるいは連邦住宅局を通じて公的に。もっとも、その取引が日常的に成り立つ市場そのものが、連邦の住宅政策の産物である。慣行的な貸付を支配する政府支援機関は、そうした信用補完なしに LTV80% を超えるローンを購入することを、その設立根拠法によって禁じられている (United States Code 1970)。保険が終了する条件もまた、リスクの計算というよりは制度上の選択であり、制度によって大きく異なる。¹

そのため、鑑定評価者は公式には“現在の市場価値”を推定しているにもかかわらず、貸手は経済的には、その価値を将来志向のリスクという視角を通して解釈している。実質的に、貸手が問うているのはむしろ次のようなことである。

“この借手が予見しうる将来のいずれかの時点で債務不履行に陥ったとして、担保は、未償還の債務と競売に伴う損失とを賄うのになお十分でありそうか。”

これは本来的に将来志向の問いである。

これは、次の二つのあいだの意図的な概念的分離に立脚している。

- ・鑑定評価者の“現在の市場価値”意見、そして
- ・将来の担保毀損に対する予測上の緩衝としてその意見を用いる貸手の実務。

歴史的にも法的にも、規制当局が鑑定評価者を投機的な予測者にさせまいとしてきたのは、次の理由による。

- ・投機的な予測が過去の貸付危機の一因となったこと、
- ・裁判所が鑑定評価を観察可能な証拠に結びつけることを求めたこと、
- ・そして銀行規制当局が標準化された防御可能な評価実務を追求したこと。

¹慣行ローンにおいて借手が保険料を負担する民間住宅ローン保険は、1998 年住宅所有者保護法の下で、LTV78% で自動的に終了し、80% の時点で終了を請求することができる。(United States Congress 1998) 連邦住宅局の保険料はより厳格である。2013 年 6 月 3 日以後に実行され、当初の融資比率が 90% を超えるローン（たとえば頭金 3.5%）については、年次保険料がローンの存続期間を通じて課され続けるのに対し、90% 以下のローンは 11 年後に終了する。(U.S. Department of Housing and Urban Development 2013) それゆえ多くの FHA の借手は、LTV80% 近傍の慣行ローンへの借換えによってしか住宅ローン保険を外すことができない。

かくして鑑定評価の理論は、次のものへと向かって発展した。

- 現在価値、
- 現在の市場証拠、
- 定められた価格時点、
- そして制約された想定。

その一方で、貸手、投資家、担保分析者は、まさに同じ鑑定評価を、確率的な将来リスクの枠組みのなかで日常的に用いている。

実際のところ、住宅ローンの引受審査は、次のものを含む統合された体系である。

1. 現在の市場価値評価、
2. 将来のリスク推定、
3. 債務不履行の確率、
4. 競売の時期、
5. 換価処分時の損失の深刻度、
6. マクロ経済の見通し、
7. そしてポートフォリオのストレス分析。

鑑定評価者が形式のうえで主として寄与するのは項目 (1) であり、貸手はその結果を内部で他の項目と結合する。

この区別は実務においては曖昧になる。担保が将来にわたって十分な価値を保ちそうだと信じないかぎり貸手が融資を行わないのであれば、鑑定評価は間接的に、将来価値の保全モデルの一部として機能していることになる。たとえ鑑定評価基準が形式のうえではそのような記述を避けているとしても、である。

この緊張は、次のものによっていつそう際立つようになった。

- 自動評価モデル (AVM)、
- 機関投資家によるポートフォリオ分析、
- 証券化モデル、
- 機械学習による評価システム、
- バーゼル規制の資本モデリング、
- そして大規模な住宅ローンのストレステスト。

現代の担保分析は、不動産の価値を、単一点の静的な推定値としてではなく、時間を通じた確率的なものとしてますます扱うようになっていく。(Basel Committee on Banking Supervision 2017; Steurer, Hill, and Pfeifer 2021; Board of Governors of the Federal Reserve System 2021)

伝統的な鑑定評価規制は、歴史的な妥協を反映しているとも論じうる。

- 鑑定評価者は規律ある証拠に基づく現在価値の錨を提供し、
- その一方で金融機関が将来リスクの解釈について責任を負う、というものである。

その分離が現代の金融システムにおいてなお完全に整合的でありうるかは、正当な、そしてますます論議を呼びつつある問いである。

ここから、鑑定評価の実務それ自体に対する実践的な含意が導かれる。大半の鑑定評価者は、この担保評価上の役割を認識していない—市場価値を将来志向の緩衝として用いる貸手の実務は、鑑定評価業務の内側からはめったに見えないからである—。それゆえ彼らは、その役割が要請するだけの将来の価値動向への慎重さをもって、自らの市場価値の結論を扱ってはいない。現在価値の意見が実際にどのように消費されているかを認識することは、その乖離を埋めるための第一歩であり、本稿がさらなる研究のために開こうとしている領域である。

```
%% appraisal_proxy.pl
%%
%% A Prolog knowledge base encoding the thesis that market value
%% appraisals, while formally framed as present-value opinions, function
%% in practice as implicit proxies for future collateral recoverability
```

```

%% within mortgage underwriting and lender risk management.

:- module(appraisal_proxy,
  [ % --- central thesis ---
    proxy_thesis/1

    % --- LTV-as-buffer mechanism ---
    , proxy_ltv_buffer_against/1
    , proxy_historical_ltv_threshold/1

    % --- formal vs practical interpretation ---
    , proxy_formal_framing/1
    , proxy_practical_interpretation/1
    , proxy_underlying_question/1

    % --- the artificial separation ---
    , proxy_separation_party/2          % Party, Role
    , proxy_doctrine_practice_gap/2    % FormalSide, PracticalSide

    % --- historical compromise ---
    , proxy_historical_reason/1
    , proxy_doctrine_emphasis/1
    , proxy_routine_practical_use/1

    % --- modern intensifiers ---
    , proxy_modern_driver/1
    , proxy_modern_treatment/1

    % --- responsibility allocation ---
    , proxy_appraiser_responsibility/1
    , proxy_lender_responsibility/1

    % --- meta-claim about coherence ---
    , proxy_open_question/1

    % --- practical implication for appraisal practice ---
    , proxy_practical_implication/1
    , proxy_appraiser_blindspot/1
    , proxy_recommended_practice/1
    , proxy_further_work/1

    % --- underwriting system view ---
    , underwriting_component/2          % Number, Component
    , underwriting_responsibility/2     % Component, Party
  ]).

:- discontiguous proxy_thesis/1.
:- discontiguous underwriting_component/2.

%% =====
%% PART 1: THE CENTRAL THESIS
%% =====

proxy_thesis(
  'A market value appraisal used in mortgage underwriting often serves as an
  ↪ implicit proxy for expected collateral recoverability over a future holding
  ↪ period.').
proxy_thesis(

```

```

    'The appraisal is formally framed as a present-market-value opinion as of a
    ↪ specific effective date.').
proxy_thesis(
    'The lender economically interprets the appraisal through a forward-looking
    ↪ risk lens.').
proxy_thesis(
    'There is a deliberate conceptual separation between the appraiser's
    ↪ current-market-value opinion and the lender's use of it as a forecast
    ↪ buffer.').
proxy_thesis(
    'The appraisal indirectly functions as part of a future-value protection model,
    ↪ even though appraisal standards formally avoid describing it that way.').
proxy_thesis(
    'Whether the separation between appraisal doctrine and lender practice remains
    ↪ fully coherent in modern financial systems is an open and increasingly
    ↪ debated question.').

%% =====
%% PART 2: THE LTV-AS-BUFFER MECHANISM
%% =====

proxy_historical_ltv_threshold(eighty_percent).

proxy_ltv_buffer_against(moderate_market_declines).
proxy_ltv_buffer_against(foreclosure_expenses).
proxy_ltv_buffer_against(liquidation_discounts).
proxy_ltv_buffer_against(carrying_costs).
proxy_ltv_buffer_against(legal_expenses).
proxy_ltv_buffer_against(accrued_interest).
proxy_ltv_buffer_against(uncertainty_during_disposition).

%% =====
%% PART 3: FORMAL FRAMING VS. PRACTICAL INTERPRETATION
%% =====

proxy_formal_framing(present_market_value_opinion).
proxy_formal_framing(opinion_as_of_specific_effective_date).
proxy_formal_framing(grounded_in_current_market_evidence).

proxy_practical_interpretation(forward_looking_risk_lens).
proxy_practical_interpretation(forecast_buffer_against_future_impairment).
proxy_practical_interpretation(input_to_future_collateral_recoverability_estimate).

proxy_underlying_question(
    'If this borrower defaults sometime in the foreseeable future, is the
    ↪ collateral likely to remain sufficient to cover the outstanding debt and
    ↪ foreclosure-related losses?').

%% =====
%% PART 4: THE ARTIFICIAL SEPARATION
%% =====

proxy_separation_party(appraiser, opinion_of_current_market_value).
proxy_separation_party(lender, forecast_buffer_against_future_impairment).
proxy_separation_party(appraiser, evidence_based_present_value_anchor).
proxy_separation_party(lender, future_risk_interpretation).

proxy_doctrine_practice_gap(present_market_value_opinion,

```

```

        implicit_future_value_proxy).
proxy_doctrine_practice_gap(opinion_as_of_effective_date,
        forecast_over_foreseeable_holding_period).
proxy_doctrine_practice_gap(evidence_based_present_anchor,
        future_risk_buffer).
proxy_doctrine_practice_gap(static_single_point_estimate,
        probabilistic_value_over_time).

%% =====
%% PART 5: HISTORICAL COMPROMISE
%% =====

proxy_historical_reason(speculative_forecasting_contributed_to_past_crises).
proxy_historical_reason(courts_required_observable_evidence).
proxy_historical_reason(regulators_sought_standardized_defensible_practices).

proxy_doctrine_emphasis(present_value).
proxy_doctrine_emphasis(current_market_evidence).
proxy_doctrine_emphasis(defined_effective_dates).
proxy_doctrine_emphasis(constrained_assumptions).

proxy_routine_practical_use(lenders_use_in_probabilistic_future_risk_frameworks).
proxy_routine_practical_use(investors_use_in_probabilistic_future_risk_frameworks).
proxy_routine_practical_use(collateral_analysts_use_in_probabilistic_future_risk_f
↪ rameworks).

%% =====
%% PART 6: MODERN INTENSIFIERS
%% =====

proxy_modern_driver(avms).
proxy_modern_driver(institutional_portfolio_analytics).
proxy_modern_driver(securitization_models).
proxy_modern_driver(machine_learning_valuation_systems).
proxy_modern_driver(basel_capital_modeling).
proxy_modern_driver(large_scale_mortgage_stress_testing).

proxy_modern_treatment(probabilistic_over_time).
proxy_modern_treatment(distributional_rather_than_point_estimate).
proxy_modern_treatment(dynamic_rather_than_static).

%% =====
%% PART 7: ALLOCATION OF RESPONSIBILITY UNDER THE COMPROMISE
%% =====

proxy_appraiser_responsibility(disciplined_present_value_anchor).
proxy_appraiser_responsibility(evidence_based_valuation).
proxy_appraiser_responsibility(current_market_value_opinion).

proxy_lender_responsibility(future_risk_interpretation).
proxy_lender_responsibility(default_probability_estimation).
proxy_lender_responsibility(foreclosure_timing_estimation).
proxy_lender_responsibility(liquidation_severity_estimation).
proxy_lender_responsibility(portfolio_stress_analysis).
proxy_lender_responsibility(macroeconomic_expectation_integration).

%% =====
%% PART 8: OPEN QUESTION (META-CLAIM)

```

```

%% =====
proxy_open_question(
    'Whether the separation between disciplined present-value appraisal and
    ↪ lender-side future-risk interpretation remains fully coherent in modern
    ↪ financial systems.').
proxy_open_question(
    'Whether modern probabilistic-over-time collateral analytics make the
    ↪ formal/practical separation untenable in some sectors.').

%% =====
%% PART 9: THE INTEGRATED MORTGAGE UNDERWRITING SYSTEM
%% =====

underwriting_component(1, current_market_valuation).
underwriting_component(2, future_risk_estimation).
underwriting_component(3, default_probability).
underwriting_component(4, foreclosure_timing).
underwriting_component(5, liquidation_severity).
underwriting_component(6, macroeconomic_expectations).
underwriting_component(7, portfolio_stress_analysis).

underwriting_responsibility(current_market_valuation, appraiser).
underwriting_responsibility(future_risk_estimation, lender).
underwriting_responsibility(default_probability, lender).
underwriting_responsibility(foreclosure_timing, lender).
underwriting_responsibility(liquidation_severity, lender).
underwriting_responsibility(macroeconomic_expectations, lender).
underwriting_responsibility(portfolio_stress_analysis, lender).

%% =====
%% PART 10: PRACTICAL IMPLICATION FOR APPRAISAL PRACTICE
%% =====

proxy_practical_implication(
    'Most appraisers are not aware that market value functions, via the
    ↪ loan-to-value ratio, as a proxy for future foreclosure value.').
proxy_practical_implication(
    'The lender''s forward-looking use of market value is rarely visible from
    ↪ within the appraisal assignment.').
proxy_practical_implication(
    'Appraisers therefore do not treat market value conclusions with the caution
    ↪ toward future value trends that the collateral-valuation role warrants.').

proxy_appraiser_blindspot(collateral_valuation_role).
proxy_appraiser_blindspot(forward_looking_use_of_market_value).
proxy_appraiser_blindspot(market_value_as_ltv_proxy_for_foreclosure_value).

proxy_recommended_practice(recognize_how_present_value_opinion_is_consumed).
proxy_recommended_practice(treat_market_value_with_caution_re_future_trends).

proxy_further_work(closing_the_doctrine_practice_gap).
proxy_further_work(equipping_appraisers_for_the_collateral_valuation_perspective).

```

6 結論

先行する各知識ベースに符号化された五つの叙述は、単一の専門職を五つの相補的な視座から記述している。個別に取り出せば、それぞれの叙述は自己完結した説明として読める。すなわち、鑑定評価が担う社会的・公益的な利害、鑑定評価が支える経済的機能、担保リスク分析におけるその実務的役割、隣接する計量的作業から鑑定評価を隔てる規制上の境界、そしてその形式的な構成と実務上の用法とのあいだの緊張である。しかし、まとめて、しかも構造を Prolog によって明示化して受け取るならば、それらはより興味深いものを記述している—すなわち、公式の理論と経済的機能とが意図的に引き離されたまま保たれ、その内的整合性が、いまやその産出物に適用されている分析的道具によってますます試されている、一つの専門職の姿である。

初めの三つの知識ベースは共通のスキーマ effect(Quality, Horizon, Domain, Effect) を共有している。いずれも、鑑定評価の質を因果的な入力として構成し、その帰結が短期・中期・長期の時間軸にわたって伝播するものとして扱っており、異なるのはその帰結が読み取られる領域だけである。経済のレンズはそれを信用市場、投資配分、課税、資本形成を通して読み取り、社会のレンズはそれを公平、公衆の信頼、地域社会の帰結を通して読み取り、担保のレンズはそれを引受審査、ポートフォリオ管理、金融システムの安定を通して読み取る。このスキーマの共有は偶然ではない。それは三つの叙述すべてを貫く実質的な主張を反映している。すなわち、評価作業の質には帰結があり、その帰結は時間とともに拡大し、同一の根底的な失敗様態が、誰の利害を前景に置くに依りて異なった現れ方をする、という主張である。述語の引数側で共有される原子—とりわけ質と時間軸の語彙—が、三つの語彙を結合可能にしており、それによって、体系的な過大評価のような単一の失敗を、経済的な価格の誤り、社会的な不公平、担保の測定誤りを通じて同時に追跡することができる。

第四の知識ベースは語調を変える。それは鑑定評価の質がもたらす帰結を記述するのではなく、方法論的にも法的にも鑑定評価とは何であるかを記述する。その述語は因果的ではなく分類的であり、その推論機構は影響ではなく管轄についての問いに答える。この転換が必要なのは、初めの三つの叙述の帰結中心の構成が、評価される当の活動の定義を前提としており、しかもその定義自体が争われているからである。範囲に関する述語は、鑑定評価者が何をするか—狭く限界づけられた将来志向の構成要素を伴う、証拠に基づく現在価値の意見—を記録し、規制に関する述語は、その活動が免許を要する実務の内に入る条件を記録する。前向き連鎖の規則 (requires_license/1, exempt_from_appraisal_license/1, regulated_appraisal/1) は、ある評価作業が規制の外縁の内側に落ちるか外側に落ちるかを問うための仕組みを与える。それは、初めの三つの知識ベースがすでに答えられていると前提している問いである。

第五の知識ベースはテーゼを提出する。他の知識ベースが記述し、分類し、あるいは帰結を追跡するのに対して、代理指標の知識ベースは、現在価値の鑑定評価と将来価値の予測とのあいだの入念な理論上の分離—規制の知識ベースが記録しているまさにその分離—が、住宅ローン貸付における鑑定評価の現実の経済的機能と緊張関係にあると論じる。80% という融資比率の慣行、それが緩衝する七つの具体的なリスク、逐語的に記録された貸手の根底的な問い (“この借手が予見しうる将来のいずれかの時点で債務不履行に陥ったとして、担保はなお十分でありそうか...”)、そして七つの構成要素からなる統合的な引受審査の体系は、いずれも同一の主張を支えている。すなわち、鑑定評価は形式のうえでは現在価値の意見であり、経済的には将来価値の緩衝である、という主張である。この構図を生み出した歴史的な妥協—規律ある現在価値の錨としての鑑定評価者、将来リスクの解釈の場としての貸手—は、鑑定評価の免許制度が生まれた条件に対する防御可能な応答であった。しかし、当の叙述に列挙された現代の増幅要因 (AVM、機械学習による評価システム、バーゼル規制の資本モデリング、証券化の分析、大規模なストレステスト) は、不動産の価値を時間を通じた確率的なものとして扱う。それらの道具は、理論上分離された諸層を単一の計算パイプラインへと引き戻し、その結果、層と層のあいだの概念的分離を維持することはいっそう難しくなる。

その調和が達成可能か、そしていかなる条件の下でかは、代理指標の叙述がそれをもって閉じる問いである。知識ベースはそれに答えを与えない。しかしそれらは、答えるにあたっ

て関連する考慮事項についての、明示的で質問可能な記述を提供する。すなわち、時間軸と領域を横切る評価の質の帰結、どの帰結が規制対象の実務の内に落ちるかを決定する管轄上の境界、そしてその境界がいま圧力にさらされている構造的な理由である。その記述は、より具体的な議論—方法論について、基準の改革について、鑑定評価の実務と計量的評価というより広い体系との関係について—を築くことのできる土台である。

知識表現に関する覚書

明示的に記録しておくに値する構造的な様相が三つある。それらはいずれかの単一の叙述からではなく、符号化の作業そのものから浮かび上がったものである。

第一に、この知識ベースの一族は平坦ではない。五つのうち三つは一つのスキーマを共有し、一つはそのスキーマがいつ適用されるかを決定する管轄上の限定を与え、一つは形式的な構成と経済的機能とのあいだの乖離についてのテーゼを提出する。五つすべてを結合する橋渡しの層は、それらを同一の行列の五つの列として扱いはしない。それは初めの三つを帰結の記述として、第四をそれらの記述が作用する範囲の制約として、第五をその制約自体が圧力にさらされている箇所と同定として扱う。この非対称な構造は欠陥ではなく特質である。それは、記述的な主張、管轄に関する主張、批判的な主張が真に異なる認識論的役割を占める、専門職実務の実際の組織を映し出しているからである。

第二に、モジュールを区別する接頭辞の規律 (*economic_*, *social_*, *collateral_*, *scope_/regulation_*, *proxy_/underwriting_*) が実質的な働きをするのは、衝突の危険がある箇所においてのみである。モジュールをまたいで直接の対応物をもつ述語は接頭辞に値するが、単一の概念領域に固有の述語はそうではない。引数側で共有される値の語彙—質、時間軸、領域の原子—こそが、モジュール同士の意思疎通を可能にしているのであり、それらの値にまで接頭辞を付せば、その疎通は損なわれてしまう。そこから浮かび上がった様式は一般的である。述語には接頭辞を、引数には共有の原子を置き、述語が一つのレンズに固有である場合には、一律の接頭辞づけではなく選択的な接頭辞づけを行う、というものである。

第三に、代理指標の知識ベースが同定した中心的な緊張は、範囲・規制の知識ベースが同定した規制上の非対称と密接に関連しつつも、それとは区別される。両者は並行する二項述語—*regulatory_asymmetry/2* と *proxy_doctrine_practice_gap/2*—によって記録されており、同一の根底的な構図の異なる軸を記述するがゆえに、意図的に名を違えてある。規制上の非対称は、誰が、どれほど重く規制されるかに関わる。理論と実務の乖離は、鑑定評価者の産出物について形式的に何が語られるかと、それをもって経済的に何が行われるかに関わる。この二つの緊張は互いを強め合う。規制は鑑定評価者を現在価値の理論へと押しやり、経済的機能はその産出物を将来価値の用法へと引き寄せる。両者を合わせた像は、公式の自己記述を、自らの産出物が流れ込む分析パイプラインと調和させることがますます困難になっている、一つの専門職の姿である。

参考文献

- Agarwal, Sumit, Itzhak Ben-David, and Vincent Yao (2015). “Collateral Valuation and Borrower Financial Constraints: Evidence from the Residential Real Estate Market”. In: *Management Science* 61.9, pp. 2220–2240. DOI: [10.1287/mnsc.2014.2002](https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.2002).
- Alexandrov, Alexei, Laurie Goodman, and Michael Neal (Jan. 2023). *Reengineering the Appraisal Process: Better Leveraging Both Automated Valuation Models and Manual Appraisals*. Tech. rep. Urban Institute. URL: <https://www.urban.org/sites/default/files/2023-01/Reengineering%20the%20Appraisal%20Process.pdf>.
- Basel Committee on Banking Supervision (2017). *Basel III: Finalising Post-Crisis Reforms*. Standards d424. Bank for International Settlements. URL: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d424.pdf>.

- Board of Governors of the Federal Reserve System (Mar. 2021). *Dodd-Frank Act Stress Test 2021: Supervisory Stress Test Methodology*. Tech. rep. Board of Governors of the Federal Reserve System. URL: <https://www.federalreserve.gov/publications/files/2021-april-supervisory-stress-test-methodology.pdf>.
- Campbell, John Y., Stefano Giglio, and Parag Pathak (2011). “Forced Sales and House Prices”. In: *American Economic Review* 101.5, pp. 2108–2131. DOI: [10.1257/aer.101.5.2108](https://doi.org/10.1257/aer.101.5.2108).
- Clauretie, Terrence M. and Nasser Daneshvary (2009). “Estimating the House Foreclosure Discount Corrected for Spatial Price Interdependence and Endogeneity of Marketing Time”. In: *Real Estate Economics* 37.1, pp. 43–67. DOI: [10.1111/j.1540-6229.2009.00235.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-6229.2009.00235.x).
- Crosby, Neil, Colin M. Lizieri, and Patrick M. McAllister (2010). “Means, Motive and Opportunity? Disentangling Client Influence on Performance Measurement Appraisals”. In: *Journal of Property Research* 27.2, pp. 181–201. DOI: [10.1080/09599916.2010.499014](https://doi.org/10.1080/09599916.2010.499014).
- Deng, Yongheng, John M. Quigley, and Robert Van Order (2000). “Mortgage Terminations, Heterogeneity and the Exercise of Mortgage Options”. In: *Econometrica* 68.2, pp. 275–307. DOI: [10.1111/1468-0262.00110](https://doi.org/10.1111/1468-0262.00110).
- Diaz Julian, III and Marvin L. Wolverton (1998). “A Longitudinal Examination of the Appraisal Smoothing Hypothesis”. In: *Real Estate Economics* 26.2, pp. 349–358. DOI: [10.1111/1540-6229.00749](https://doi.org/10.1111/1540-6229.00749).
- Ebrahim, M. Shahid and Sikandar Hussain (2010). “Financial Development and Asset Valuation: The Special Case of Real Estate”. In: *Journal of Banking & Finance* 34.1, pp. 150–162. DOI: [10.1016/j.jbankfin.2009.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2009.07.011).
- Eriksen, Michael D. et al. (2019). “The Influence of Contract Prices and Relationships on Appraisal Bias”. In: *Journal of Urban Economics* 111, pp. 132–143. DOI: [10.1016/j.jue.2019.03.001](https://doi.org/10.1016/j.jue.2019.03.001).
- Foote, Christopher L., Kristopher Gerardi, and Paul S. Willen (2008). “Negative Equity and Foreclosure: Theory and Evidence”. In: *Journal of Urban Economics* 64.2, pp. 234–245. DOI: [10.1016/j.jue.2008.07.006](https://doi.org/10.1016/j.jue.2008.07.006).
- Foster, Chester and Robert Van Order (1984). “An Option-Based Model of Mortgage Default”. In: *Housing Finance Review* 3.4, pp. 351–372.
- Friedman, Jerome H. (1991). “Multivariate Adaptive Regression Splines”. In: *The Annals of Statistics* 19.1, pp. 1–67. DOI: [10.1214/aos/1176347963](https://doi.org/10.1214/aos/1176347963).
- Gallimore, Paul (1996). “Confirmation Bias in the Valuation Process: A Test for Corroborating Evidence”. In: *Journal of Property Research* 13.4, pp. 261–273. DOI: [10.1080/095999196368781](https://doi.org/10.1080/095999196368781).
- Geltner, David M. (1991). “Smoothing in Appraisal-Based Returns”. In: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4.3, pp. 327–345. DOI: [10.1007/BF00161933](https://doi.org/10.1007/BF00161933).
- Ghent, Andra C., Walter N. Torous, and Rossen I. Valkanov (2019). “Commercial Real Estate as an Asset Class”. In: *Annual Review of Financial Economics* 11, pp. 153–171. DOI: [10.1146/annurev-financial-110118-123121](https://doi.org/10.1146/annurev-financial-110118-123121).
- Griffin, John M. and Gonzalo Maturana (2016). “Who Facilitated Misreporting in Securitized Loans?” In: *The Review of Financial Studies* 29.2. Evidence of appraisal inflation and its consequences, pp. 384–419. DOI: [10.1093/rfs/hhv130](https://doi.org/10.1093/rfs/hhv130).
- Hendershott, Patric H. and Edward J. Kane (July 1992). *Office Market Values During the Past Decade: How Distorted Have Appraisals Been?* NBER Working Paper 4128. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=226786>. National Bureau of Economic Research. DOI: [10.3386/w4128](https://doi.org/10.3386/w4128). URL: <https://www.nber.org/papers/w4128>.
- (1995). “U.S. Office Market Values During the Past Decade: How Distorted Have Appraisals Been?” In: *Real Estate Economics* 23.2, pp. 101–116. DOI: [10.1111/1540-6229.00660](https://doi.org/10.1111/1540-6229.00660).
- Hull, John C. (2018). *Options, Futures, and Other Derivatives*. 10th ed. New York: Pearson. ISBN: 978-0-13-447208-9.

- International Association of Assessing Officers (2017). *Standard on Mass Appraisal of Real Property*. International Association of Assessing Officers, Kansas City, MO. URL: https://www.iaao.org/wp-content/uploads/Standard_on_Mass_Appraisal.pdf.
- International Valuation Standards Council (2025). *International Valuation Standards (IVS)*. International Valuation Standards Council, London. Published 31 January 2024; effective 31 January 2025. URL: <https://www.ivsc.org/>.
- K'Akumu, Owiti A. and James E. Larsen (2024). "A Primer on Regulations and the Practice of Residential Property Appraisal". In: *Journal of Real Estate Practice and Education*. Focus on regulatory and public interest aspects. DOI: [10.1080/15214842.2024.2377869](https://doi.org/10.1080/15214842.2024.2377869).
- Kau, James B. et al. (1995). "The Valuation at Origination of Fixed-Rate Mortgages with Default and Prepayment". In: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 11.1, pp. 5–36. DOI: [10.1007/BF01097934](https://doi.org/10.1007/BF01097934).
- LaCour-Little, Michael and Stephen Malpezzi (2003). "Appraisal Quality and Residential Mortgage Default: Evidence from Alaska". In: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 27.2, pp. 211–233. DOI: [10.1023/A:1024728420837](https://doi.org/10.1023/A:1024728420837).
- Lee, Ming-Hsiang, Chien-Wen Peng, and Hui-Fen Liao (2020). "An Analysis of Objectivity in the Real Estate Appraisal Process". In: *International Real Estate Review* 23.4, pp. 483–504.
- Mayer, Yanling G. and Frank E. Nothaft (2022). "Appraisal Overvaluation: Evidence of Price Adjustment Bias in Sales Comparisons". In: *Real Estate Economics* 50.3, pp. 862–881. DOI: [10.1111/1540-6229.12351](https://doi.org/10.1111/1540-6229.12351).
- Murphy, Edward V. (2012). *Regulation of Real Estate Appraisers*. CRS Report RS22953. Congressional Research Service. URL: <https://sgp.fas.org/crs/misc/RS22953.pdf>.
- Office of the Comptroller of the Currency and Board of Governors of the Federal Reserve System and Federal Deposit Insurance Corporation and National Credit Union Administration and Consumer Financial Protection Bureau and Federal Housing Finance Agency (2024). *Quality Control Standards for Automated Valuation Models*. Final Rule, 89 Fed. Reg. 64538 (Aug. 7, 2024). URL: <https://www.federalregister.gov/documents/2024/08/07/2024-16197/quality-control-standards-for-automated-valuation-models>.
- Pennington-Cross, Anthony (2006). "The Value of Foreclosed Property". In: *Journal of Real Estate Research* 28.2, pp. 193–214. DOI: [10.1080/10835547.2006.12091177](https://doi.org/10.1080/10835547.2006.12091177).
- Qi, Min and Xiaolong Yang (2009). "Loss Given Default of High Loan-to-Value Residential Mortgages". In: *Journal of Banking & Finance* 33.5, pp. 788–799. DOI: [10.1016/j.jbankfin.2008.09.010](https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2008.09.010).
- Quan, Daniel C. and John M. Quigley (1991). "Price Formation and the Appraisal Function in Real Estate Markets". In: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4.2, pp. 127–146. DOI: [10.1007/BF00173120](https://doi.org/10.1007/BF00173120).
- Steurer, Miriam, Robert J. Hill, and Norbert Pfeifer (2021). "Metrics for Evaluating the Performance of Machine Learning Based Automated Valuation Models". In: *Journal of Property Research* 38.2, pp. 99–129. DOI: [10.1080/09599916.2020.1858937](https://doi.org/10.1080/09599916.2020.1858937).
- The Appraisal Foundation (2024). *Uniform Standards of Professional Appraisal Practice (USPAP), 2024 Edition*. The Appraisal Foundation, Appraisal Standards Board, Washington, DC. Effective January 1, 2024. URL: <https://www.appraisalfoundation.org/>.
- U.S. Department of Housing and Urban Development (2013). *Revision of Federal Housing Administration Policies Concerning Cancellation of the Annual Mortgage Insurance Premium*. Mortgagee Letter 2013-04, Federal Housing Administration. Effective June 3, 2013; the annual MIP continues for the life of loans with original LTV above 90%, and for 11 years at or below 90%. URL: <https://www.hud.gov/sites/documents/13-04ml.pdf>.
- United States Code (1970). *Federal National Mortgage Association and Federal Home Loan Mortgage Corporation Charter Acts*. 12 U.S.C. § 1717(b)(2) (Fannie Mae) and 12 U.S.C. § 1454(a)(2) (Freddie Mac). Prohibit GSE purchase of conventional mortgages exceeding 80%

LTV absent credit enhancement (private mortgage insurance, seller recourse/repurchase, or a retained seller participation).

United States Congress (1989). *Financial Institutions Reform, Recovery, and Enforcement Act of 1989*. Pub. L. No. 101-73, 103 Stat. 183; Title XI codified at 12 U.S.C. §§ 3331–3356. URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-103/pdf/STATUTE-103-Pg183.pdf>.

— (1998). *Homeowners Protection Act of 1998*. Pub. L. No. 105-216, 112 Stat. 897; codified at 12 U.S.C. §§ 4901–4910. Automatic termination of borrower-paid private mortgage insurance at 78% LTV; cancellation may be requested at 80%.

残差制約アプローチ (RCA): 枠組みとプロトコル

2025 年 3 月 5 日に Zenodo で最初に公表された論文の改訂版の日本語訳。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor, SRA

第 1 巻第 1 号 · 2026 年夏号

発行日: 2026 年 7 月 1 日

DOI: [10.67330/kgebx46](https://doi.org/10.67330/kgebx46)

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文はオープンアクセス論文であり、[クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) の条件に従って配布される。

要旨. 従来の鑑定評価手法の重大な限界は、ペア売買分析のような旧来の手作業による技法に依存している点にある。これらの技法は、不動産の特性の価値寄与 (value contribution) を、あたかも存在しないかのように素通りしてしまう。従来の取引事例比較表には価値寄与の欄がなく、補正額の欄しかないのである。しかし実際には、価値寄与こそが、従来型の鑑定評価者による過大評価および過小評価を防ぐ数学的制約に不可欠な基礎を与える。

残差制約アプローチ (Residual Constraint Approach, RCA) は、多変量適応回帰スプライン (Multivariate Adaptive Regression Splines, MARS) と、特性の価値寄与に対する厳密な数学的制約とを併せて用いる多段階の評価過程を統合することにより、従来の取引事例比較法 (Sales Comparison Approach, SCA) を発展させる。とりわけ問題となるのは、測定されていない特性、すなわち美観、デザイン、状態、品質といった潜在変数であり、その価値は通常、従来型の鑑定評価者の主観的判断とバイアスに左右される。

RCA における数学的制約は、測定可能な不動産の特性が売却価格に及ぼす価値寄与を推定するために、MARS 回帰を専門的に適用することに依拠する。しかしこの推定は通常、実際の売却価格の約 80% を説明するにとどまり、デザイン、機能的効用、状態、品質のように主観的に評価される特性は含まれない。サンフランシスコ・ベイエリアでは、これらの主観的な構成要素を表す残差が不動産の総価値の平均およそ 20% を占める。この 80/20 という数値は、典型的なデータ条件下におけるサンフランシスコ・ベイエリアでの著者の経験を反映したものであり、市場を問わず不変の定数と読むべきではない。達成可能な R^2 がより低い市場において本枠組みが示す対応は、その限界を受け入れてより広い誤差範囲を報告することではなく、測定されていない価値決定要因を特定して測定することである — 沿岸地域における海までの距離、丘陵地の住宅地における標高、そして MLS データが提供しない場合に外部の情報源から収集する同種の変数がその例である。他の文脈では MARS の残差はしばしば推定誤差として扱われるが、不動産評価においては潜在変数の価値の間接的な尺度として機能する。当初は実用的でないように見えるかもしれないが、各構成要素の寄与の合計が残差に一致するかぎり、残差は最終的な評価結果に影響を与えることなく、意味のある記述的構成要素へ分解できることが証明によって示される。

この方法論は、著者による 20 年にわたる実証的な適用から生まれ、R および Python 環境での MARS の反復的な実装を通じて発展してきた。

キーワード: 不動産評価, 住宅鑑定評価, 残差制約アプローチ, MARS, 多変量適応回帰スプライン, 取引事例比較法, 残差分析, 潜在変数, 自動評価

目次

1 序論

2 背景	6
3 評価エンジニア	8
4 前提	9
5 RCA の作業手順	11
5.1 MARS 分析の種類	11
5.2 処理の作業手順	11
5.3 データの作業手順	12
5.3.1 MARS のためのデータ要件	12
5.3.2 プロトコル: 成約リスティング	13
5.4 プロジェクトのフォルダ構成	15
5.4.1 プロトコル: 複数回の MARS(earth) 実行	16
5.5 中核となる Excel ワークブック	18
5.6 バックアップ	18
6 ワークブックの表記法	19
6.1 記述次元	19
6.1.1 プロジェクト次元 (“a”)	20
6.1.2 実行バージョン次元 (“r”)	21
6.1.3 作業段階 (“w”)	21
6.1.4 Excel ワークブックのシート (“s”)	22
6.1.5 不動産リスティング (“p”) — MLSDData の行	22
6.1.6 MLS 変数 (“v”) — MLSDData の列	22
6.1.7 最終的な表記の例	23
6.1.8 正当化	23
6.1.9 行列は使わないのか	23
6.1.10 第一の単純化	24
6.1.11 第二の単純化	24
7 RCA 取引事例比較表	26
8 変数	29
8.1 変数の由来オントロジー	29
8.2 変数の用途オントロジー	30
8.3 2 次および 3 次の項	31
8.3.1 補正変数	32
8.3.2 集約変数	32

8.3.3	特殊な変数と表記法	33
8.3.4	残差の分解	33
9	RCA の中核となる証明	35
10	MARS モデル	36
10.1	モデル変数と交互作用の「 g 」関数	36
10.2	g 関数の添字づけ	36
10.3	グラフの次元	37
10.4	最終的なモデル式	37
10.5	モデルをグラフ化するのに必要な図の数	38
11	データの特性	41
11.1	残差の目的	41
11.2	近似的な回帰変数としての状態評価と品質評価	41
11.3	データの誤り	42
11.4	正確性とは何か	43
11.5	異常値としての対象不動産	45
11.6	予期しないデータに対処するうえでの CVR2 の重要性	45
12	残差	47
12.1	順位づけと採点	47
12.2	CQA-残差曲線	50
12.3	CQA 曲線の特性	50
12.3.1	CQA 曲線の構成要素の分析	50
12.3.2	市場の力学と社会的含意	51
12.4	対象不動産の残差	52
12.5	RCA の価値結論	52
12.5.1	一般的な考慮事項	52
12.5.2	検証、監査、苦情	52
13	結論	54

1 序論

本稿は、住宅その他の不動産の市場価値を正確に推定するための現代的アプローチについて、その論理的かつ数学的な基礎を提示する。この手法は、北カリフォルニアの住宅 — とりわけサンフランシスコ・ベイエリア周辺の地域社会にある住宅 — に多変量適応回帰スプライン (Multivariate Adaptive Regression Splines, MARS) ソフトウェアを適用してきた 20 年にわたる経験の中から生まれたものであり、評価の精度において大きな前進をもたらす。MARS は、

不動産の特性と価値との間の非線形な関係を巧みに捉え、同時に最も影響力の大きい変数を効率的に発見して優先順位づけすることにより、評価の質を高める。この能力により、鑑定評価者は新たな市場地域における価値の動態を、従来の手法で可能な速度をはるかに超える速さで解き明かすことができる。MARS は、本稿が提案する残差制約アプローチ (Residual Constraint Approach, RCA) の根幹をなす。RCA という名称は、その厳密な枠組みに由来する。

- RCA は、測定された特性と測定されていない特性の双方について、価値寄与 (value contribution) に厳格な制約を課す。
 1. MARS から導かれるすべての価値寄与は、残差を含めて、各取引事例の純売却価格に合計一致しなければならない。
 2. 残差は、それらの合計が当該取引事例の残差に等しいという条件の下で、値を割り当てた下位構成要素へと分解してよい。
- RCA は、美的な魅力、状態、品質といった主観的特性を推定する際のバイアスを、それらの合計価値を残差に結びつけることによって最小化する。この残差は、有能な評価エンジニア (Valuation Engineer) が MARS モデルを構築したときに正確に定量化される。

RCA は主として、主観的特性が市場価値に大きく影響する住宅不動産を対象として設計されているが、より広い資産評価への応用可能性も有している。米国の住宅不動産市場が推定 45 兆ドルの規模を有することを踏まえれば、正確な鑑定評価は決定的に重要である。ファニーメイ (Fannie Mae) は、標準的な鑑定評価が実際の売却価格から約 5% 乖離すると報告している。もっともこの数値はバイアスを覆い隠している。鑑定評価者はしばしば売却価格に合わせるよう圧力を受けるからである。さらに、鑑定評価の 60%–70% は再融資を目的とするもので — 比較可能な売却価格が存在しない —、RCA が提供するような精度の必要性は明白である。連邦準備制度理事会の 2012 年の分析は、2008 年の金融危機以前に行われた鑑定評価の 15%–20% が売却価格から $\pm 10\%$ を超えて乖離していたと推定した。この範囲は、不動産の種類と市場によって差はあるものの、今日の再融資目的の鑑定評価にはなお当てはまる可能性が高い。なぜ正確性が問題となるのか。ローン・トゥ・バリュー (LTV) の低い取引 — たとえば、信用力の高い買主が 100 万ドルの住宅に 50 万ドルの頭金を入れる場合 — では、貸手は差押えのリスクが小さいとみて鑑定評価を免除することがある。しかし鑑定評価を省いた買主は、過大な支払いをする危険を負い、購入後に初めて瑕疵に気づくことになりかねない。このことは、RCA のような堅牢な評価手法の価値を際立たせる。鑑定評価の正確性を定量化することは依然として困難である。研究者は「市場価値」からの乖離を直接測る指標を持たず、間接的な代理指標に頼らざるを得ない。主観的判断に根ざし、鑑定評価者の能力によって左右される従来の鑑定評価手法は、分析をいっそう複雑にする。用いられてきた方策には次のようなものがある。

1. Tzioumis (2016) は、11 州の 4,782 名の鑑定評価者による 259,436 件の鑑定評価を調査し、3 分の 1 が契約価格の 1% 以内に収まり、半数が契約価格を 1%–3% 上回り、少数が平均して 5% 上回っていることを見出した — 上方バイアスの存在を示唆する結果である。同研究は、鑑定評価者を「市場価値どおり」型 (契約価格に近い評価を行う型) と「市場価値超過」型 (一貫して高い評価を行う型) の二類型に分類した。
2. Krivorotov and LaCour-Little (2020) は、購入目的の鑑定評価の 90% が契約価格に一致するかこれを上回ることを見出し、「アンカーバイアス」 — 望ましいとされる価値に合わせようとする傾向 —、とりわけ再融資の文脈におけるそれを指摘した。

これらの研究は鑑定評価実務におけるバイアスを明らかにしており、そのバイアスは従来のツールの限界によって増幅されている。仮に鑑定評価者が一様に有能かつ中立であったならば、その評価額は収束するはずである。特定の集団による過大評価が持続していること自体が、構造的な問題の兆候である。

上に引用したバイアス研究と、それが指し示す構造的なパターンは、RCA が対処しようとしている従来の取引事例比較実務の、より深いところにある特徴を反映している。従来の方法論は、認識論的な地位を大きく異にする二つの経路の上で機能している。測定可能な特性の経路 — GLA、部屋数、敷地面積、築年数、位置 — においては、鑑定評価者はペア売買分析や取引事例に対する局所線形回帰を通じて、補正額を客観的に導出することが期待される。有能な鑑定評価者はこの作業を行っており、そうして得られる補正額は、少なくともデータに照らしておおむね防御可能である。もっともこの経路においてすら、従来の取引事例比較表が記録するのは補正額だけであって、価値寄与の欄はそもそも存在しない。また従来の補正額は価値寄与の差として計算されるわけでもない — それらはペア売買その他の手続から直接に推定されるのであって、その基礎にある価値寄与が計算されることはない。これに対し RCA では、あらゆる補正額が、当該特性についての対象不動産と取引事例の価値寄与の差である — その帰結を証明 II が厳密に述べる構造である。主観的特性の経路 — 状態、施工の品質、デザイン、機能的効用、美観 — においては、利用可能な裏づけ手続は乏しいものから貧弱なものまでにとどまる。主観的特性の補正は、直接の取引事例集合の外にある不動産のペア売買分析によって、あるいは同業者の一般的な実務への援用によって、あるいは当該市場における鑑定評価者自身の記録された経験への言及によって裏づけられうる。いずれも専門職基準には形式上適合している。しかしそのどれ一つとして、測定可能な経路が日常的に達成している統計的厳密さには及ばない。

その結果生じるのが、基準が要求するものと方法論が提供しうるものとの間の手続的な非対称性である。基準はあらゆる補正について、測定可能であれ主観的であれ、裏づけを要求する。方法論は一方の経路では堅牢な裏づけを提供するが、他方では、標本数 1 の逸話的なペア売買から、他の鑑定評価者が慣行的に用いている値の引用に至るまでの、より弱い手続の連続体を提供するにとどまる。眺望補正について入念なペア売買分析を行う誠実で有能な鑑定評価者は、根拠なく同業者の実務を引用する者よりも実質的に優れた裏づけを生み出す。しかし標準様式の上で二つの鑑定評価書を比較する審査者は、両者を容易には区別できない。様式が記録するのは補正額であって、その導出の厳密さではないからである。主観的特性についてより強力な手続が実務家に一般には利用可能でなかったがゆえに、方法論はこの非対称性を許容してきた。

RCA は双方の経路を改善するが、その改善の性質は根本的に異なる。測定可能な経路では、MARS 回帰が、ペア売買分析や通常の線形回帰では表現できない非線形の関係、変数間の交互作用、基底関数の構造を捉える。従来の取引事例比較表の 3 件から 9 件の取引事例ではなく、市場地域における適格な売買の全体 — 通常は数百件 — に対して当てはめられることにより、MARS から導かれる価値寄与は、客観的であると同時に、それが置き換える方法論よりも実質的に正確である。主観的な経路では、RCA は従来のいずれの裏づけ手続とも種類の異なることを行う。RCA は個々の主観的特性についての補正額を推定しようとはまったくしない。すべての主観的特性 — 潜在変数 — の寄与は、まとめて残差として現れる。すなわち、各取引事例の実際の純売却価格と MARS による予測価格との差であり、鑑定評価者の入力なしにデータから計算できる量である。その残差を、デザイン、機能的効用、眺望、状態、品質などの名前のついた構成要素へ分解する作業は、合計が残差に一致するよう制約されており、証明 II(第 9 節) により、この制約を満たす分解はいずれも同一の価値結論をもたらす。作業手順に残る判断は、取引事例の順位づけされた残差分布のなかで対象不動産をどこに位置づけるかであり、これは検証可能な順位表に照らして行われ、報告書に明示的に記録される。弱い RCA 鑑定評価はなおありうる — 経験の浅い VE は過適合した MARS モデルを作りうるし、対象不動産をありえない位置に置いたり、データ中の異常を見落としたりしうる — が、その弱さは、モデルと順位表を検分することによって審査者が特定できる種類の弱さであって、標準様式による審査では表に出てこない種類の弱さではない。

再融資の問題を離れても、鑑定評価者は所有者に対して正確な評価額を提供する義務を負う。誤りが数万ドルないし数十万ドルの損失を招きうる高額の購入においてはなおさらである。それにもかかわらず、多くの人は鑑定評価に 600–1,000 ドルを支出することをためらい、その付加価値を疑う。RCA のような先進的手法は、当初は資源集約的であるものの、より高い

精度を約束する。改良と経験の蓄積が進めば、その効率性 — そして採用 — は高まるはずである。

2 背景

著者の学問的背景は数学、計算機科学、統計学にある。職業上はソフトウェアエンジニアであり、鑑定評価と会計に副次的な経験を有する。2002 年以来断続的に鑑定評価を行い、2004 年ごろからは住宅不動産における補正額と価格趨勢を求めるために MARS を適用してきた。

MARS を用いて鑑定評価を行うことは、鑑定評価における「深い経験」にほかならない。MARS は、市場価値に寄与する変数と、それらの値の変化が売却価格に及ぼす影響との双方を、他のいかなる統計的手法よりも詳細に反映したモデルを生成する。したがって、MARS を用いて鑑定評価を行う者は、MARS モデルが生成する変数値と売却価格との因果関係を絶えず探究することになる。

透明性の観点から述べれば、RCA の方法論は次の特徴を備えた住宅地域に対して最もよく適合する。

1. 相互にかなり異なる不動産から成る複雑な近隣地域
 - ・ 古い住宅
 - ・ 改修の品質にばらつきがある
 - ・ 建築様式とデザインが多岐にわたる
 - ・ GLA、敷地面積、標高、眺望といった不動産の属性に変動がある。
2. 複雑な市場条件
 - ・ 急速に変化する市場条件
 - ・ 多様な種類の買主
3. 良質なデータ源: RCA のプロトコルはデータマイニングに基づいており、質の高いデータを豊富に必要とする。データの乏しい地域に用いることもできるが、それに要する時間と費用に見合わない場合がある。
4. 市場価値の正確な推定が求められること。RCA は多くの場合、 $\pm 1-2\%$ の精度を提供できるはずである。評価エンジニアの報告書は、最終的な価値結論の精度に関する条件について所見を述べるべきである。データや情報が不足している場合、あるいはデータマイニングによって市場の一貫したパターンが見出されていない場合、精度は損なわれるので、依頼者にその状況を伝えなければならない。具体的には、高い R^2 および CVR^2 (交差検証 R^2 。MLS データ集合を訓練用と検証用の区分に無作為に分割する操作を繰り返して算出する)、意味のある MARS モデル、そして順位づけされた残差における不動産の CQA(condition-quality-appeal、状態・品質・魅力) 特性の強いパターンが、価値結論の正確性と信頼性を評価する主たる手段である。

過去 20 年余にわたるこれらの RCA プロトコルの開発は、MLSListings Inc.(カリフォルニア州サニーバール) およびその他の MLS の利用可能性に依拠している。これらは現在 MLSListings を通じて利用でき、著者のデータ分析経験の 95% 以上を占める。著者の専門知識は、北カリフォルニアの主要 15 郡にわたる広範な鑑定評価業務に由来し、さらに副次的な 10 郡での経験がこれに加わる。

RCA の方法論は、次の二つの主要な基準を満たす市場において最も効果的である。

1. 質の高い鑑定評価データが豊富に利用できること

2. 次の特徴をもつ複雑で異質な住宅地域であること

- 多様な建築様式
- 程度の異なる改修
- 数十年にわたる開発の履歴

カリフォルニア州各郡における経験

本稿における記述は、以下の北カリフォルニア各郡において不動産を評価してきた経験に基づく。

San Mateo	Santa Clara	Marin	Napa	Monterey	Santa Rosa
Alameda	San Francisco	Contra Costa	Sacramento	El Dorado	San Joaquin
Stanislaus	Placer	Solano	Mendocino	Lake	Colusa
Merced	Nevada	San Benito	Santa Cruz	Sutter	Yuba

上記の地域は、本質的にシリコンバレーとその周辺の郡を含み、さらに外側へ広がってセントラルバレーやシエラ山麓を含むより農村的な地域にまで及ぶ。付言すべきは、著者が、米国内のあまり開発の進んでいない地域の多くの鑑定評価者が手にしうるものと比べて、常に豊富で相対的に正確なデータにアクセスできてきたということである。

用いている MLS データは RESO 認証を受けており、RCF(RESO Common Format) に準拠している。RCF 認証を受けているにもかかわらず、通常は副次的な重要性しかもたないデータが、一部の不動産について欠落していたり誤っていたりすることがある。これは当初の税務評価官の入力誤り、あるいはその後の販売エージェントによる MLS 入力誤りに起因する。こうした誤りはしばしば一定のパターンを示す。たとえば、当該特性が存在しない場合に単に入力しない、というものである。具体的には、カーポートがないときに「carport spaces」に 0 を入力せず、何も記入しないのである。カーポートが稀な地域では、分析者は、カーポートについて有用な補正額を得るために、データなしを 0 で置き換えることがある。R/earth その他の MARS 実装は欠測データを扱えるが、それをどう扱うかを決めるのは評価エンジニア (Valuation Engineer, VE) である。

MLSListings のデータは、フロリダからハワイに至る他の州の MLS から入手できる。これは、プロトコルとコードが異なる州でどの程度うまく機能するかを検証するのに役立つ。

3 評価エンジニア

定義 1: 評価エンジニア

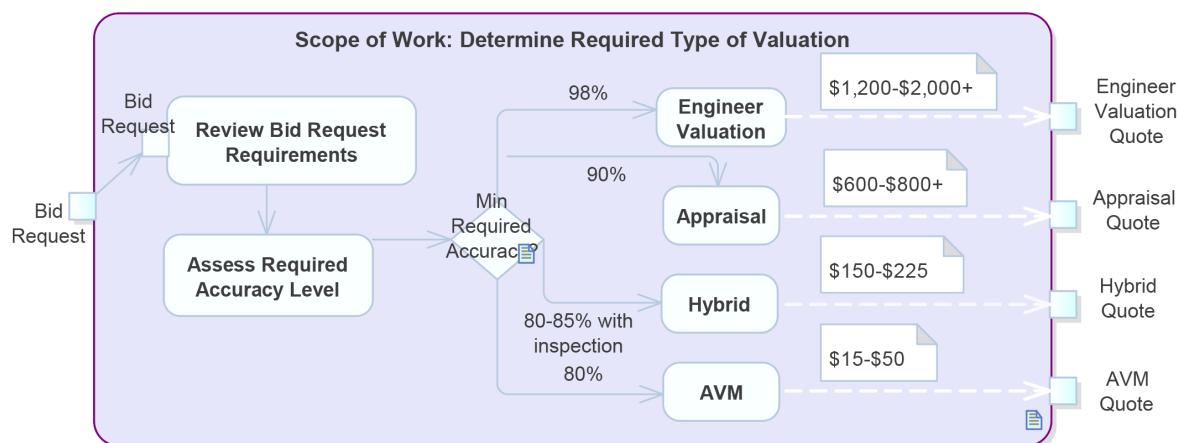
曖昧さを避けるため、「評価エンジニア」(Valuation Engineer、略して「VE」)という用語は、免許を有する鑑定評価者の専門的能力を備えるとともに、複雑な不動産の市場価値を確定するためにデータマイニング、統計学、プログラミング、詳細なプロトコル、および人工知能を活用する高度な知識、技能、経験を併せもつ個人を指すものとして用いる。また、評価は詐欺の可能性が確認されている以上、何らかの形の免許を必要とする業務であることも認識しておく必要がある。

貸手が通常提示する評価の選択肢は次のとおりである。

1. 自動評価モデル (Automated Valuation Models, AVM) — 最も費用の低い選択肢
2. ハイブリッド鑑定評価 — 免許を有する鑑定評価者の監督の下で無免許の調査員を用いるもの
3. 標準的な鑑定評価 — 免許を有する鑑定評価者が行うもの

鑑定評価業務の選択肢として通常考慮されていないのが、エンジニアレベルの鑑定評価である。これを行う技能を備えた鑑定評価者は単純に多くない。しかしそれには需要があつてしかるべきである。エンジニアレベルの鑑定評価は、RCA の方法論 (MARS と制約) を用いることにより、著しく高い精度を提供し、かなり良好な客観性をほぼ保証することができる。

新しい分譲地にある規格的な不動産については、標準的な鑑定評価で概ね足りる。しかし、30 年以上にわたる相当の改修履歴をもつ地域の古い住宅については、エンジニアによる評価が推奨される。両手法の選択は、不動産の特性と市場条件に基づく構造化された意思決定の手順に従うべきである。



4 前提

前提 1: 地理的範囲と不動産の種類

本稿の範囲は、主としてカリフォルニア州の大都市圏および都市部における戸建住宅とコンドミニアムに焦点を当てる。取引事例比較法は他の種類の不動産や他の地域にも適用されるが、農地、集合住宅、商業用不動産の評価においては収益還元法と原価法がより支配的な役割を果たすのが通常である。そうした場合、RCA のアプローチは修正を要するか、適用範囲が限られることがある。

前提 2: データの保存

CSV と Excel は MLS システムで広く用いられており、RCA のプログラムにデータを提供する主たる手段と想定する。ただし、ブローカーフィードを用いて SQL データベースへ継続的にデータを流し込むこともできる。バックアップと中間的な保存には SQL データベースがしばしば用いられ、なかでも大きな役割を果たすのが無償かつオープンソースの SQLite と PostgreSQL である。報告書の断片にはテキストファイルや RTF ファイルが、図表には PNG、JPG、TIFF ファイルが用いられる。なお、Microsoft の SQL Server も多くの利用者を有するが、無償版の「SQL Server Express」は制約が非常に大きく (たとえば CPU コアを 1 つしか使用できない)、他の版は商用利用に高額ライセンス料を要する。カリフォルニアの不動産データベースは非常に大きくなりうるし、結合 (join) には非常に時間がかかりうるので、大規模な結合には 8 コア以上、RAM 128GB の計算機が有用である。SQL データベースは、任意に境界を定めた地域内のすべての不動産を検索する必要がある場合にも重要である。したがって、たとえばクラスター分析によって近隣地域を定義したのであれば、何らかの SQL データベースを用いることになるだろう。しかし、データベースごとに地理情報を扱う組込み関数は異なるため、相互に互換性はない。RCA に関する一連の論考では、複雑な SQL 処理には PostgreSQL を、単純な処理には SQLite を前提とする。

前提 3: MARS 処理には「R/earth」を用いる。

2017 年まで、Salford Systems 社の MARS ソフトウェアは年間 270 ドルという手頃な解であった。しかし Minitab 社による Salford Systems 社の買収後、MARS は同社の SPM パッケージに組み込まれ、年間 16,000 ドルとなった — 多くの小規模事業者にとって手の届かない価格である。幸い、Stephen Milborrow が保守する R 言語の「earth」パッケージ (Milborrow 2024a) が発展し、Minitab の SPM MARS に匹敵するか、それを上回る機能を備えるに至った。earth パッケージにはさらに次の利点がある。無償で入手でき、R の包括的な統計エコシステムと切れ目なく統合され、Pandas を介して Python から利用できるため、さまざまな作業手順に対して優れた柔軟性をもたらす。MARS に関する議論は、R/earth の使用を具体的に前提とする。

前提 4: 表記法

CSV ファイルや Excel スプレッドシートといった外部の情報源に由来する生データは、標準的なラテン文字を用いて表す。これには、マルチプル・リスティング・サービス (MLS) の不動産データ、R/earth パッケージを用いた MARS(多変量適応回帰スプライン) の設定、およびプロジェクト固有のデータが含まれる。この表記法は、R または Python における対応するデータフレームの表現にも及ぶ。

これに対し、不動産の特性およびその種類や部分集合を論じる際には、精度と分析上の明晰さを高めるため、表記はギリシャ文字に移る。この数学的表記はより厳格に見えるかもしれないが、重要な目的に資する。すなわち、抽象的な不動産の特性を、その生データ表現から区別することである。約束事として、ギリシャ文字は一貫して不動産の特性を表し、ラテン文字はスプレッドシート上のデータ構造を示す。たとえば記号 M は、行に不動産を、列に対応する特性を配した MLS データ行列を表す。

前提 5: プログラミング言語

この分野では R と Python(Pandas 併用) が主要な言語であり、速度が重要な場合には C または C++ が用いられる。R/earth 自体は R と C で書かれている。

前提 6: 添字づけ

添字の付け方はプログラミング言語や数学によって異なり、混乱の元となりうる。

- 数学と R では添字は 1 から始まる。
- C、C#、C++、Python では 0 から始まる。

本稿では、一貫性と簡明さを保つため、すべての添字を (Python や C と同様に) 0 から始める。その仕組みは次のとおりである。

- リスト、行列、データフレームについて
 - 添字 0 は「対象不動産」(調査の中心となる不動産) のために予約する。
 - 例: 行が不動産である表において、行 0 は対象不動産であり、列 0 はすべての不動産の一意な識別子を保持する。
 - 実務上の助言: 対象不動産を先頭 (行 0) に置き、続いて売却日の新しいものから古いものへ順に並べ、通し番号 (0、1、2 など) を付す。
- 対象不動産が存在しない場合
 - データ構造が不動産を含まない場合 (たとえば変数や関数のみの場合)、添字 0 は用いず、添字は 1 から始める。
 - R 利用者への注意: R は 1 始まりの添字を用いるので、本稿の数式を R で実装する際には、0 始まりから 1 始まりへ調整するためにすべての添字に 1 を加えること。

5 RCA の作業手順

効果的な分析のためには、RCA の作業手順を理解することが不可欠である。この過程は、分析上の作業と意思決定点の構造化された連なりに従う。

5.1 MARS 分析の類型

MARS 分析の作業手順は、市場分析のみが必要なのか、それとも特定の不動産の評価ないし鑑定評価が求められるのかによって異なる。なお、特定の不動産の鑑定評価には、通常その市場地域の分析が必要となる。

- 市場分析: 郡、市、あるいは画定された地域といった広い範囲を対象とする。このアプローチは特定の対象不動産を扱わないため、価値結論を要しない。作業手順は、モデルの構築、検証、および裏づけとなる分析結果の作成を中心とする。最適なモデルが特定され記録された時点で過程は終了する。
- 単一不動産分析は、市場分析のすべての要素に加えて、特定の不動産の価値の決定を含む。これは従来の鑑定評価手法とは根本的に異なる。従来のアプローチでは、価値は通常 3 件から 9 件の取引事例を補正して加重平均を計算することによって導かれる。これに対し RCA は、主として次の二つの構成要素を通じて価値を決定する。
 1. MARS モデルによる予測価格
 2. 当該不動産に固有の残差の推定値 (および対応する CQA スコア)

RCA における取引事例比較表は、主として、変数ごとの寄与を示すことによって対象不動産と取引事例との価値の差を説明する役割を果たす。RCA の主要な利点はその安定性にある。依頼者が取引事例の選定について議論することはあっても、提示のためにどの取引事例を選ぶかにかかわらず価値結論は一貫している。すべての売買 (15 件であれ 600 件であれ) が同一のモデルによって補正されるからである。古い売買も現在の市場条件に自動的に補正されるが、一般には最近の売買のほうが望ましい。期間が長くなるほど測定されていない市場特性の重みが増すため、時間的な隔たりが大きくなるにつれてモデルが価格要因を捉える力は低下する。

5.2 処理の作業手順

全体的な処理の作業手順は、次の各段階として記述できる。

1. 業務範囲 (Scope of Work, SOW) の確定。
2. プロジェクトの初期フォルダとファイルの設定。
3. MLS データのダウンロード。必要な不動産レコード数と日付範囲の制限については、プロトコル 1.1–1.3 を参照。
4. 設定シートの記入: 回帰変数、交互作用、集約、計算。
5. MARS(R/earth) 回帰を実行して価格モデルを作成。
6. MARS モデルから不動産の価値寄与および残差 (純残差および残差/SF) を生成。
7. 残差/SF により不動産を順位づけ。
8. 各取引事例について CQA スコアを作成。

9. 不動産の全体的な魅力を真に表す品質順位が作成されているという前提の下で、順位表における全体的なパターンの傾向を検討し、対象不動産の最適な位置を見出して CQA スコアを付与する。
10. 対応する残差/SF を、残差/SF · (対象不動産の)GLA として対象不動産に割り当てる。
11. MARS による価格推定値と割り当てた残差を加算し、対象不動産の価値結論を得る。
12. 対象不動産の残差を、記述的な構成要素とその価値寄与へ分解する。
13. 取引事例についてモデルが生成した価値寄与および補正額、ならびにすべての小計と補正後売却価格を計算する。
14. 補正後売却価格は対象不動産の最終的な価値結論に一致する。
15. 取引事例比較表に載せる最も類似した 6–12 件の不動産を選定する。
16. 取引事例の残差総額を残差構成要素ごとの価値寄与に分解し、分解が完了した時点で残差の合計値を 0 とする。
17. すべての小計と取引事例比較表における取引事例の補正後売却価格を再計算する。値を確認する。
18. 取引事例比較表を報告書に取り込む。

RCA において、最終的な価値結論が取引事例比較表上の取引事例の価値から直接に導かれるのではないことに注意されたい。RCA の手法において、取引事例比較表は、対象不動産に類似して見える不動産が最終的な価値結論ないし対象不動産の評価額より高く、あるいは低く売れたのはなぜかを説明するためだけの道具となる。これは別の見方をしなければならない。すなわち、対象不動産の価値結論は MARS モデルによる価格推定値と、評価エンジニアが推定した残差に依存する。しかしこの二つの量は、R/earth 回帰に投入されたすべての不動産に大きく依存しており、その回帰が不動産の残差の順位表を作り、その順位表が対象不動産の CQA スコアを決め、評価エンジニアによる順位表上の位置づけを通じてその残差を決定したのである。取引事例比較表における補正額は、実のところ RCA が課す数学的制約によって決まる。残差の分解はある程度 VE の裁量に委ねられるものの、分解した価値寄与の合計は常に対応する残差に一致しなければならない。証明 2 から分かるように、残差構成要素の個々の値は VE の判断によって変わりうるが、ある不動産についてのそれらの合計は完全に制約されており、したがって VE が残差の分解をどのように変えようとも、当該不動産の補正後売却価格は変化しない。

5.3 データの作業手順

本稿では RCA 手法について高い水準の作業手順のみを提示することに留意されたい。RCA 分析の各段階および下位段階については、別の論考で立ち入って論じる。

5.3.1 MARS のためのデータ要件

売買取引の開始日と、鑑定評価または評価の価格時点に基づく終了日を指定する必要がある。これは通常、1 を超える各交互作用回数について必要となる回帰変数と交互作用の推定個数を考慮して決める。

5.3.2 プロトコル: 成約リスティング

プロトコル 1.1: 必要な MLS 成約リスティング件数の決定

本プロトコルは、MARS 回帰に投入する成約リスティングの推奨最小件数をどのように算出するかを述べる。まず概算を立て、1 次、2 次、場合によっては 3 次の実行によって MARS を走らせて初期モデルを生成し、次に以下の規則に照らして行数を検討し、さらに行数が必要かどうかを判断することになる。本プロトコルは説明変数が 100% 独立であることを前提としているが、不動産においてそのようなことはめったにない。たとえば GLA と部屋数は通常強く相関しており、GLA は敷地面積とも相関を示す可能性が高い。ここで問題となるのが「自由度 (Degrees of Freedom, DOF)」の計算である。真に独立な変数はそれぞれ自由度を 1 つもつ。しかし、いわゆる独立変数の間に従属関係がある場合、DOF を正確に計算するには本稿の範囲を超える分析が必要となる。変数間に共線性が存在する可能性が高いことから、以下の推定値はおそらく多めであることを念頭に置かれたい。

1. 1 次の項 (交互作用なし) については、変数 1 つあたり ~ 15 行という規則がよく機能する
2. 許容する 2 元交互作用 1 つにつき、およそ 15-30 件の不動産を加えるべきである
3. 高次の交互作用 (3 変数以上) については、それぞれ 30 件以上の不動産が必要である。

もともと、これは厳格な規則ではない。実際に必要な件数は次の要素に左右されうる。

- データの信号対雑音比
- モデル化しようとする関係の複雑さ
- 応答変数のばらつき
- データの品質

例:

次のような場合を考える。

- 主要な変数が 10 個
- 許容する 2 元交互作用が 5 個
- 許容する 3 元交互作用が 2 個

このとき、必要な売買件数の最小値は次のように計算できる。

$$\begin{aligned} N &= (10 \text{ 変数} * 15 \text{ 行/変数}) + \\ &\quad (5 \text{ 2 元交互作用} * 22 \text{ 行/2 元交互作用}) + \\ &\quad (2 \text{ 3 元交互作用} * 30 \text{ 行/3 元交互作用}) \\ &= 320 \text{ 行} \end{aligned}$$

あるいは、次の方法によってもよい。あるデータ集合に対して R/earth を実行した後、モデル中の基底関数の個数に 1 を加えた値を自由度の推定値として用い、これに 20-30 を乗じて必要な入力レコード数を得る。

プロトコル 1.2: 売買期間は買主の嗜好の変化が最小である範囲にとどめること

過去の不動産データを収集する際、市場の選好の変化を適切な変数によって捉えられるのであれば、厳格な期間の制限はない。市場における建築様式の変遷を扱うにあたっては、次の要点を考慮されたい。支配的な建築様式の変化 (たとえばカリフォルニア・ランチ様式から地中海様式への移行) は、次のものを用いてモデル化できる。

- 分譲地の識別子
- MLS エリアコード
- 建築時期の区分

しかし、こうした様式の変化を特定の変数によって十分に捉えられない場合には、重要な制約に直面する。すなわち、売買日は通常は市場条件の補正に用いられるが、これを同時に建築上の選好の統制にも用いると、この二つの異なる効果が交絡してしまう。そのような場合には、次のいずれかを採るのが望ましい。

1. データ収集の対象期間を、新しい建築様式が導入された後に限定する
2. 取引事例の選定を、同一の建築様式を共有する分譲地に限定する

これにより、時間の経過に伴う市場条件の適切な補正を可能にしつつ、不動産の特性の一貫性を保つことができる。あるいは、少なくともこの場合には、データから建築様式を抽出できるという前提の下で、この二つの変数の交互作用を考えることもできる。もっとも、そのような抽出が常に可能とは限らない。

プロトコル 1.3: 売買件数の少ない地域では最善を尽くすこと

売買データに対して MARS によるモデル化を行うには、意味のある分析のためにおよそ 15 件の取引が必要である。それより売買件数が少ない場合 (たとえば 5 件の不動産) には、各レコードを 2 回複製して 15 件という閾値に達させることができる。この方法における重要な留意点は次のとおりである。

1. 過適合を抑えるため、1 次の回帰のみを用いる
2. データ集合が限られすぎているため、交差検証は無視ないし省略する
3. このような状況では MARS がペア売買や標準的な線形回帰の手法を上回る可能性が高いものの、データの複製が不確実性の測定と統計的有意性の妥当性に影響することに留意する

長期的に最善の解決は、実際の売買を追加してデータ集合を拡張することである。しかし限られたデータで進めざるを得ない場合、データの複製は、統計上の限界を認識したうえでの実用的な暫定策となる。

5.4 プロジェクトのフォルダ構成

プロジェクトのフォルダ構成について論じておくのがよいだろう。市場分析と単一不動産鑑定評価とで別々のフォルダを設けるのが望ましい。この二つのフォルダはいずれも同様の下位フォルダ構成をもつ。

```

RCA_Projects/
├── MarketAnalysis/
│   ├── Burlingame_20240501/
│   ├── Pacifica_20240310/
│   ├── RedwoodCity_20240615/
│   └── ...
└── SingleFamily/
    ├── Pacific_Rosewood_123_20240510/
    │   ├── Code/
    │   │   ├── R/
    │   │   │   └── ...
    │   │   └── Python/
    │   │       └── ...
    │   └── Data/
    │       ├── MLS_Original.xlsx
    │       └── MLS/
    │           ├── VER202402510153248/
    │           │   ├── MLS.xlsx
    │           │   ├── MLS_Stage2.xlsx
    │           │   ├── MLS_Stage3.xlsx
    │           │   ├── MLS_Stage4.xlsx
    │           │   ├── MLS_Stage5.xlsx
    │           └── Documents/
    │               ├── LinearModels.pdf
    │               ├── Cum_Dist.pdf
    │               ├── Model.txt
    │               ├── PartContrib.pdf
    │               ├── Pairs.pdf
    │               ├── Residual1.png
    │               ├── Residual2.png
    │               ├── ResidualSF.png
    │               ├── Rpart.pdf
    │               ├── VariablesImp.pdf
    │               ├── VariableVsSP.pdf
    │               └── ...
    └── ...

```

第 1 段階の処理は、バージョンフォルダとその下位フォルダを作成する。この処理は MLS_Original.xlsx を複製する。このスプレッドシートは本来変更されるべきものではなく、特定の日に MLS からダウンロードした内容をそのまま反映するものであるが、期間の長いプロジェクトでは新たな MLS ダウンロードが必要になる可能性があるからである。次にこの段階は、設定パラメータを備えた拡張版 MLS.xlsx ワークブックの複製をバージョンフォルダに作成する。MARS の完全な実行ごとに作成されるバージョンフォルダは、いくつも存在しうる。

続く各段階は、ワークブックに対する列の追加、並べ替えその他の変更を生成し、鑑定評価が完了した時点で更新版を `MLS_Stage(N)` としてプロジェクトのデータフォルダに書き出す。繰り返すと、大本の `MLS.xlsx` は絶えず変化しており、バージョン複製は、変数の削除・追加その他の変更を伴う、元の `MLS` ワークブックの継続的な変異である。処理を行う R または Python のコードは、多くの場合 Data 配下の `MLS.xlsx` ワークブックからの入力で行われる。こうして、RCA 実行の各バージョンの背後にあるすべてのデータの複製を常に保持することになる。

バージョンは、これ以上の改善が不可能となるまで必要なだけ作成し、その時点で最良のバージョンを最終版として選択する。フォルダ名の末尾に「_Final」を付けて名称を変更すれば、ディレクトリを見たときに一目で分かる。興味深い、あるいは競合するモデルをもつ古いバージョンのいくつかは、通常は保存しておくべきである。各バージョンフォルダには、報告書に埋め込むことのできるテキスト、図、グラフの各ファイルが含まれる。最終的な `MLS_Stage5.xlsx` ワークブックには、報告書に必要なだけのシートが含まれる。とりわけ、ファニーメイの取引事例比較表に転記するためのスプレッドシートを備えることがある。また、集約の背後にある計算ないし内訳も必然的に含む。ここが、RCA のアプローチで最も時間を要する部分である — 難しい市場地域で完璧なモデルを見出そうとする格闘である。

取引事例比較表を再現するために必要なものはすべてバージョンフォルダに複製する必要がある。コードが頻繁に変更される場合には、使用した R または Python のコードもこれに含まれる。

5.4.1 プロトコル: 複数回の MARS(earth) 実行

プロトコル 2.1: 市場地域の価格要因を精密に調べるための過適合実行

earth の初期実行では、基礎にある価格要因を発見するために過適合を戦略的に用いるべきである。たとえば 800 件の売買で代表される市場地域に、作業場をもつ不動産が 3 件しか含まれていないことがあるが、そうした孤立した事例では作業場が最終的な売却価格に大きな影響を与えている可能性がある。前進パスのみの実行は過適合したモデルを生み、これらの作業場のおおよその価値寄与を示す。もっとも、800 件中 3 件しかない以上、作業場の項は後退パスで、また交差検証の下では確実に除去される。前進パスのみの実行が作業場に付与した値は書き留めておき、潜在変数分析に転記して、取引事例比較表に現れる作業場付きの不動産に用いることができる。このような過適合モデルは、後退パスの枝刈りや交差検証を伴う実行では除去されてしまう他の多くのデータの乏しい特性についても、詳細な推定値を与えてくれる。

こうした探索的な実行はそれぞれ独自のバージョンフォルダとして保存すること。記録された価値寄与は、後に残差を分解する際に VE が引用したくなる証拠である。もちろん、VE が最終的には枝刈りと交差検証に依拠して、回帰が一度も見えていない不動産 — たとえば後から現れる対象不動産 — に対してモデルを頑健にしなければならないことは理解しておく必要がある。過適合した実行はあくまで研究のための道具であって、決して最終モデルではない。

プロトコル 2.2: 異なる earth() パラメータによる複数回の交差検証実行

市場地域は構造も規模も異なるため、VE は通常、一連の実行を試みる必要がある。どの変数が価格に最も影響するかを理解するため、測定済みの変数の集合が価値の推定に十分な働きをしているか、それとも新たなデータ (水辺までの距離、標高、ショッピングセンターまでの距離など) を加える必要があるかを判断するため、そして非効率あるいは誤導的な交互作用を排しつつ新たな種類の交互作用を発見するためである。最終的に VE が求めるのは、訓練データにおける良好な R^2 と、検証データに対する可能な限り最良の CVR^2 である。そこに至るには、新たなデータの収集、既存データの精度の改善、あるいは市場地域の規模と性格に合わせた earth() パラメータの調整 (たとえば利用可能な自由度に応じた調整 — プロトコル 1.1 を参照) が必要となりうる。上に述べたプロジェクト構成が多数の実行バージョンフォルダを支えているのは、まさにこのためである。候補となる各モデルはそのパラメータと R^2/CVR^2 とともに保存されるので、実行を通じた軌跡を比較できる。 R^2 が上昇する一方で CVR^2 が停滞ないし低下するバージョンは、市場の信号ではなく雑音に当てはめているのであり、それを可視化するのがバージョンの履歴である。

プロトコル 2.3: 備考欄および記述的特性列の Prolog 展開

この機能はなお幾分実験的な段階にあるが、earthUI は現在、組込みの Prolog エンジン (vProlog) を備え、確定節文法 (Definite Clause Grammars, DCG) を用いて MLS の自由記述列 — とりわけ Public Remarks (公開備考)、さらにはエージェント備考や、部屋の特徴・既存構築物といったコンマ区切りの特性一覧 — を解析する。この展開は、「owned solar」「3 car garage」「40x50 workshop」といった語句を、回帰に投入できる通常の特性格列へと変える。こうして回収されたデータの乏しい特性は、潜在変数分析に直接供される (後出の、近似的な回帰変数としての状態・品質評価に関する節を参照。この機能自体は本号の earthUI 姉妹論文で解説している)。

テキストの展開は候補となる予測変数の集合を増大させ、そのために検証を目的とした複数回の earth/RCA 実行が必要となる。展開された列はモデルに入れたり外したりして試し、共線的である場合には導出された件数やブール値へ統合し、雑音ではなく市場の信号を担っていることを確認するために CVR^2 に照らして検証しなければならない。そうした実験の一つひとつを、プロトコル 2.1 および 2.2 とまったく同様に、独自の実行バージョンフォルダとして扱うこと。また、解析文法自体が開発途上にあるので、VE は抽出された列を原文に照らして点検したうえでモデルに用いるべきである。

5.5 中核となる Excel ワークブック

ほとんどの MLS サービスは不動産データを Excel の CSV ワークシートにダウンロードするので、データと各種の設定パラメータを保存する手段としては Excel がおそらく最も便利である。プロジェクトごとに MLS.xlsx という中核の Excel ワークブックが一つあり、その中に MLS からダウンロードした成約リスティングを格納する「MLSData」というシートと、いくつかの設定・パラメータシートが置かれる。

```
Workbook: MLS.xlsx/  
├─ Sheet: Project Data  
├─ Sheet: MLSData  
├─ Sheet: Regression Variables  
├─ Sheet: Calculations  
├─ Sheet: Allowed Interactions  
├─ Sheet: Aggregations  
└─ Sheet: (MARS run parameters)
```

元のデータは MLS_Original.xlsx といった名称のワークブックに保存する。これを別名で複製し、たとえば「MLS.xlsx」として、R または Python の RCA プログラムに読み込ませる。この二つのワークブックはいずれも Data フォルダの下に置く。さて Data/MLS.xlsx ワークブックは、変数の組合せ、MARS のパラメータ、その他の設定の変更を試しながら、おそらく何度も実行の反復を経ることになる。反復のたびに、VER_YYYYMMDDHHMMSS という形式で日時を名称とした新しい入出力フォルダが作られる。各フォルダには入力となる MLS.xlsx ワークブックの複製が置かれ、四つの処理段階 (第 2-5 段階) それぞれについて生成された Excel ワークブックのほか、出力されたテキスト文書、図、グラフが格納される。なお最終段階である第 5 段階には、依頼者の種別と SOW に応じて、報告書用の他の多くのシートが含まれうる。

5.6 バックアップ

新規のあるいは変更した Excel スプレッドシートをプロジェクトのバージョンフォルダに書き出す際、プロジェクトフォルダ内の SQLite または PostgreSQL データベースへバックアップを取ることもできる。データベースファイルは、その後の期間に検討や参照のために用いられる過程で意図せず破損する可能性が相対的に低い。

6 ワークブックの表記法

6.1 記述次元

ワークブック「M」には、おおよそ六つの記述次元がある。

1. 鑑定評価案件 “a”
2. 実行バージョン “r”
3. 作業段階 “w”
4. シート “s”
5. 不動産リスティング “p”
6. 変数集合 “v”

したがって、あるワークブック M の個々のセルは次のように記述できる。

$$r_* \underset{w_*}{W} \overset{a_*}{s_*} p_* v_* \quad (1)$$

(注: 「*」は何らかの有効な添字を意味する)

あるいは次のように書く。

$$r_k \underset{w_m}{W} \overset{a_g}{s_h} p_i v_j \quad (2)$$

$$\begin{aligned} i &= 1, \dots, n_p \\ j &= 1, \dots, n_v \\ k &= 1, \dots, n_r \\ m &= 1, \dots, n_m \\ g &= 1, \dots, n_g \\ h &= 1, \dots, n_h \end{aligned}$$

ここで:

- n_p = 行数 (シートによる)
- n_v = 列数 (シートによる)
- n_r = 実行バージョン数
- n_m = 作業段階数
- n_g = 分析プロジェクト数
- n_h = ワークブックのシート数

「W」は、六つの中核データシートから成る Excel ワークブック全体を指すことを理解されたい。各シートはそれぞれ独自の表をもち、対応する R または Python のプログラムを実行すると別々の内部データフレームに読み込まれる。R にも Python にも、名前を受け取ってそれがデータフレームのどの行あるいは列に属するかを見つける内部関数が備わっている。たとえば添字 v_j において $v = (\text{“GLA”, “LotSize”, “BathRms”, “BedRms”, ...})$ であり $j=0$ であれば、 $v_j = \text{“GLA”}$ となる。R でも Python でも、内部的に「GLA」をそれが格納されている列 — たとえば対応するデータフレームの第 15 列 — へ解決できる。したがって本稿では名前の配列に添字を付し、実行中のプログラムに名前を渡すと、プログラムがその名前を内部データフレームの実際の列番号または行番号へと再び索引づけする。やや複雑ではある。しかし厳密を期すためには、これが必要であり、また最も便利でもある。これは分析者の役割と開発者の役割との「責務の分離」である。もっとも実際には、評価エンジニア (VE) が両方の役割を担うこともありうる。なお、R でいう「data frame」は Python では「dataframe」と呼ばれる。

また、MARS の実行時パラメータシートは W の次元ではないことにも注意されたい。W は MARS に入力されるデータのバージョンに関わるものであり、MARS/earth がそのデータをどう扱うかを定めるパラメータとは別だからである。

明確を期するため、ワークブックについては、データワークブックの各シートが読み込まれる先である R または Python の内部データフレームにより直接対応する、複雑な多次元表記法を提示する。これは「重い」表記法である。しかし証明などに入る際には、扱う対象について前提を置くことで多くの荷物を捨て去ることになる。それでもこの表記法は、当初から作業手順とデータの全体像をよりよく把握するのに役立つ。

処理の対象となるワークブックの集合の表記法から始めよう。

6.1.1 プロジェクト次元 (“a”)

業務範囲 (SOW) が承認されたら、設定パラメータ、出力されるグラフ、図、スプレッドシート、報告書の断片を含む入出力データを保存するためのプロジェクトフォルダを設定する必要がある。VE はすべてのプロジェクトを整数のような単純な連番 ID で識別すべきである。そうすれば報告書が紛失した場合にもそれが明らかになる。プロジェクトが中止された場合には、当該プロジェクトフォルダ内で中止された旨を示す一貫した方法を設けるべきであり、決して削除してはならない。ここではプロジェクト ID が 0 から始まり 1 ずつ増加すると仮定するが、他の方式もありうる。さらに、有効なプロジェクト ID はすべて、処理プログラムによって作成される順序集合「a」に格納されるものと仮定する。

鑑定評価プロジェクトのデータはワークブックのプロジェクトワークシートに置かれるが、何らかの中央の SQL データベースに保存することもできる。

推奨されるプロジェクトの項目は次のとおりである。

1. ローカル ID(Local ID): 会社内で連番として生成される短い整数の ID。保存用の主キーとして好適であり、プロジェクトが増えるたびにデータベースが自動生成することもできる。
2. グローバル GUID(Global GUID): 必要であれば、次のサイトを用いて GUID(全世界的に一意な識別子) を作成できる。

<https://www.uuidgenerator.net/>

3. 不動産の所在地 (市場分析の場合) または住所
4. 鑑定評価の価格時点
5. 依頼日
6. 現地調査日
7. 当初報告書の日付
8. 第 1 回更新報告書の日付
9. 第 2 回更新報告書の日付
10. 第 3 回更新報告書の日付
11. 依頼者名
12. 依頼者住所
13. 貸手名
14. 貸手住所
15. 所有者名
16. 所有者住所
17.

プロジェクト ID の一覧の例:

```
a = ("1",
      "2",
      "...",
      "141",
      "142")
```

6.1.2 実行バージョン次元 (“r”)

作業手順の第二段階として、入力に対して MARS 回帰を実行する。モデルを改善するために各種のパラメータを変えながら、数回から多数回の実行を行うことになるだろう。実行のたびに、実行日時に基づく名称の新しいバージョンフォルダが出力用に作られる。たとえば次のようになる。

```
r = ("ver20241210_083124",
      "ver20241209_151130",
      "ver20241208_160944")
```

```
latest_version : r1 = "ver20241210_083124"
```

競合しうるモデルと出力をもつ有望なバージョンは、最終版が決まるまで、場合によっては何らかの有用性があるならそれ以降も保存しておくべきである。名称の末尾に「Final」を置いて、最終版であることを示すようにバージョンフォルダ名を変更してもよい。

6.1.3 作業段階 (“w”)

RCA の作業手順は通常、以下に列挙する五つの段階に分けられる。各段階は次の段階を始める前に正常に完了していなければならない。VE は、先へ進む前に結果を検討できるよう、ある段階の終わりで処理を停止できるべきである。市場地域はかなり複雑で、しばしば非常に個性的であるため、これが必要となる。新たな手法を要する異例の問題に遭遇することもある。VE は必要な変更を加えるため、さらには新たな手法を試すために、R や Python のコードに踏み込めなければならない。またそうした場合、取り組んでいる段階を何度も実行して、さまざまな手法を試したくなることもある。もっとも、VE は一つの命令ですべての段階を実行できるようであるべきでもある — ただしいくつかの但し書きが付く (たとえば 3 次の集約は、第 2 段階の先行実行を通じてすでに決定されていなければならない)。これは、各段階が完了した時点で、その内部データをすべてファイルないしデータベースに保存し、次の段階が前段階のデータをメモリに再読込することで、あたかも前段階がまだメモリ上にあるかのように開始できるようにすべきだ、ということを意味する。

各段階は次のとおりである。

```
w = ("stage1", — 設定
      "stage2", — MARS 処理
      "stage3", — 最終取引事例比較表
      "stage4", — 報告書用の断片
      "stage5") — 検討・整理
```

```
stage2 : w2 = "stage2"
```

6.1.4 Excel ワークブックのシート (“s”)

RCA の中核 Excel ワークブックには、それぞれが内部のデータフレームに対応づけられる次のシートがある。

```
s = (“MLSData”,
      “Regression Variables”,
      “Calculations”,
      “Interactions”,
      “Aggregations 1st & 3rd Degree”,
      “Aggregations 2nd Degree”)
```

2 次の集約を別のシートに置く理由は、それが対称表によって最も容易に定義できるからである。この表は交互作用のあらゆる組合せを示し、各組に対応する価値寄与と補正額を集約(加算)する集約変数を対ごとに指定できるようにする。3 次の集約についてはこれができない。3 次元の対称表が必要となるが、Excel ではそれが不可能だからである。さらに、20x20x20 の表は 8,000 セルを扱うことになる。3 次の項の名称は、1 次の集約を載せた表に単に列挙するほうが容易である。たとえば次のようにする。

変数	集約先
AboveGradeFinArea	GLA
BelowGradeFinArea	BGLA
UnfinArea	UBA
LotSize	LotSize
...	...
GLA__LotSize	GLA
GLA__DateOfSale	GLA
BathRms__DateOfSale	GLA
Lat__Long	Location
Lat__Long__GLA	Location
...	...

6.1.5 不動産リスティング (“p”) — MLSData の行

不動産リスティングは MLSData シートの行を構成する。第 4 段階に至るまで、他のシートには現れない。第 4 段階では、最終的に選定した取引事例をもって報告書用の断片が作成される。不動産 ID の一覧の例を示す。

```
p = (“MLS823211”, “MLS823456”, “MLS823542”, “MLS823721”, “...”)
```

6.1.6 MLS 変数 (“v”) — MLSData の列

変数の扱いについては後により詳しく述べる。ここでは、MLSData シートには通常さまざまな型の変数が 30–40 個あるが、MARS 回帰の説明変数として選ばれるのは通常 10–20 個にとどまり、と述べるだけで足りる。これらの変数は他のシートにも現れるが、多くの場合は MARS に投入しうるすべての変数の一覧としてである。変数一覧の例は次のとおりである。

```
v = (“GLA”, “SalePrice”, “BedRms”, “BathRms”, “GarageSF”, “...”)
```

6.1.7 最終的な表記の例

以上の表記を最後の例にまとめてみよう。上記の各一覧を用いて、次のようにおく。

$$\begin{matrix} r_1 \\ w_1 \end{matrix} W_{s_0}^{a_{141}} \begin{matrix} p_2 \\ v_0 \end{matrix} \quad (3)$$

ここでは 0 始まりの添字を用いているので、各一覧の先頭要素の添字は 0 であると想定されることに注意されたい。Python も 0 始まりの添字を用いるが、R は 1 始まりである。

したがって上式は、次のセルの値を指していることになる。

- 変数 v_0 すなわち列「GLA」
- 不動産 p_2 すなわち ID「MLS823542」
- シート s_0 すなわち「MLSDData」
- 作業段階 w_1 すなわち「stage2」
- バージョン r_1 すなわち
「ver20241209_151130」
- プロジェクト a_{141} すなわち「142」

上記の表記は、次のようにも書ける。

$$\begin{matrix} \text{"ver20241209_151130"} \\ \text{"stage2"} \end{matrix} W_{\text{"MLSDData"}}^{\text{"142"}} \begin{matrix} \text{"MLS823542"} \\ \text{"GLA"} \end{matrix} \quad (4)$$

6.1.8 正当化

「なぜ表記に単純な添字や数字を使わないのか」。この表記法には二つの要件がある。

1. 部分集合。たとえば分析者は一覧の部分集合、とりわけ変数の部分集合をしばしば選択する。MLSDData シートには 35–40 個の変数があるかもしれないが、ある実行で用いられるのはそのうち 10–20 個にすぎない。実行ごとに、VE は MARS/earth へ投入する変数を頻繁に変更する。
2. 反復。たとえば $i = 1, 2, \dots, n_1$
アルゴリズム、プロトコル、証明は通常、順序づけられた一覧のすべての項目を先頭から末尾まで反復できること、あるいは特定の項目を取り出せることを必要とする。

したがって、項目の部分集合ないし一覧を表す文字が必要であり、その文字は、一覧の項目にわたって反復し、データフレームの行や列に索引づけするための文字列を与えてくれる別の添字を伴っていなければならない。

6.1.9 行列は使わないのか

では線形代数の行列はどうか。行列は整数または実数のみを扱う。データ構造としての行列は R でも Python でも扱える。しかし MLS データで扱う変数の多くは「文字列」すなわち文字データである。数値のみの変数であっても、実数ではなく単なる名称であることが多い。

たとえばある都市の MLS エリアコードは (“660”, “661”, “662”, “663”, ..., “672”) かもしれない。earth の回帰では変数を「因子 (factor)」変数として指定でき、その場合、数値は順序をもたない単なる名称として扱われる。そうした場合、生成されるモデルは数列上を走る関数ではなく、各数値についての価値寄与を与えるにとどまる。他の例としては、状態についての “C1”、..., “C6”、品質についての “Q1”、..., “Q6” がある。

6.1.10 第一の単純化

中核となる Excel プロジェクトワークブックについての上記の表記は、全体を結びつけるうえでは有用だが、アルゴリズムや数学的証明を説明するために持ち歩くには重すぎる。込み入った作業を行う際には、所与のプロジェクト、バージョン、段階、シートの内部にいと仮定してよい。まだ暗黙になっていない場合にのみ、何を扱っているかを述べればよい。何を扱っているかを一度示してしまえば、上記の表記から実際に必要なのは次のものだけである。

$$M_{s_h}^{p_i v_j} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n_p \\ j = 1, 2, \dots, n_v \\ h = 1, 2, \dots, n_s \end{array} \quad (5)$$

ここで: n_p = 不動産の数
 n_v = 入力変数の数
 n_s = 入力シートの数

6.1.11 第二の単純化

添字を用いるよりも、各シートを、それが担う具体的な種類のデータフレームの名で呼び直すほうが便利である。シートごとに行と列の機能は異なる。そこで、W というデータフレームの集合を、次のように M、V、A、I、C の各データフレームへ分割する。

$$\diamond \text{ MLS データ} \quad M_{v_j}^{p_i} = W_0^{p_i v_j} \quad \begin{array}{l} i = 0, 1, \dots, n_p \\ j = 0, 1, \dots, n_v \end{array} \quad (6)$$

ここで: n_p = 不動産の数
 n_v = 入力変数の数

注: 対象不動産は既定により常に不動産一覧の先頭に置かれる

「MLSData」という Excel スプレッドシートおよび対応するデータフレームでは、第 1 行は常に対象不動産のために予約されている。この行が、その下にある他の MLS 掲載不動産とともに並べ替えられることはない。またこの行が MARS 回帰に説明データとして投入されることもなく、投入されるとすれば目的データ、すなわち被説明変数としてである。同じことが不動産の一覧にも当てはまる。特に断らないかぎり、すべての不動産一覧において添字 0 の先頭要素は常に対象不動産の ID であると想定する。

対象不動産のない市場地域についてモデルを作成することが課題である場合でも、第 1 行にはやはり何らかのダミーの不動産データが読み込まれる。こうすることで、プログラムを書くにも、アルゴリズムを定めるにも、証明を行うにも、はるかに便利になる。したがって、不動産の一覧を c で表すとすれば、 c_0 は対象不動産であり、 c_i 、 $i = 1, \dots, n_p$ は MARS/earth 回帰に投入される取引事例のリスティングである。

◇ 回帰変数の仕様

$$V_{s_j}^{v_i} = W_1^{v_i s_j} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n_v \\ j = 1, 2, \dots, n_s \end{array} \quad (7)$$

ここで: n_v = 利用可能な変数の数
 n_s = 仕様数の数

なお $n_s \leq n_v$ である。回帰への入力には通常、利用可能な変数の部分集合を選ぶからである。

◇ 計算

$$C_{c_j}^{v_i} = W_2^{v_i}_{c_j} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n_v \\ j = 1, 2, \dots, n_c \end{matrix} \quad (8)$$

ここで: n_v = 変数の数
 n_c = 計算仕様数の数

◇ 交互作用

$$I_{t_j}^{f_i} = W_3^{f_i}_{t_j} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n_f \\ j = 1, 2, \dots, n_t \end{matrix} \quad (9)$$

ここで: n_f = 起点となる変数の数
 n_t = 終点となる変数の数

データフレーム I は対称的なデータフレームであり、「起点 (from)」の行と「終点 (to)」の列に変数がアルファベット順に並ぶことに注意されたい。セルに「1」を記すと、対応する変数の組の間の交互作用が許容されることを示す。「0」であれば交互作用は許されない。2 次の交互作用については、可能な交互作用が一つしかないので比較的単純である。3 次の回帰では、3 変数すべての間に三つの対の交互作用が生じ、3 変数の交互作用項 (すなわち変数) を生成するには、その三つの対の交互作用がすべて許容されていなければならない。

◇ 集約

$$A_{v_j}^{v_i} = W_4^{v_i}_{v_j} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n_v \\ j = 1, 2, \dots, n_v \end{matrix} \quad (10)$$

ここで: n_v = 変数の数

7 RCA 取引事例比較表

RCA のプロトコルが、R/earth にアクセスして詳細な手順のすべてを実行できる R または Python のプログラムを必要とすることを念頭に置かれたい。この作業はデータ集約的であり、手作業でこなすことはとうてい不可能である。同時に、プログラムに不具合がないという前提の下で、必要な作業が正確に、人為的誤りなく行われることを担保するためにも、ソフトウェアが必要である。

また、この作業を行う VE にとっては、必要に応じてそうしたプログラムを改変できることが不可欠である。予期しない新たな市場地域、近隣地域、不動産、あるいはその他の新しい要求や問題に対処する場合はとりわけそうである。

RCA の処理においては、三種類の取引事例比較表がある。

1. RCA 処理用取引事例比較表。本稿では「MLSDData」と呼ぶ。これは非常に大きなデータフレームおよび対応するスプレッドシートであり、多くの中間的な詳細を含みうる。それらは最終的に集約の過程を経て、下記の RCA 取引事例比較表に至る。例を示すには大きすぎてここには載せられない。評価エンジニアは多くの場合、このスプレッドシートを自らの好みに合わせて調整することになる。そうした表の作成については、いずれ別稿を書く予定である。
2. RCA 最終取引事例比較表。GSE 以外の報告書で用いられるもので、表 2 のような体裁をとる。これはたとえばファニーメイの様式を模しており、読み手にある程度の親しみやすさを与える程度には似せてある。しかし、取引事例 1 件あたりの列数がファニーメイの表より多いことに注意されたい。各取引事例には「測定値」「補正額」の各列に並んで「価値寄与」の列があり、対象不動産にも同様の列がある — いずれもファニーメイの様式にはない列である。より簡略な形式としては表 1 もある。
3. GSE アップロード用取引事例比較表。Alamode のようなソフトウェアに取引事例比較表を取り込むために用いる。もっとも、鑑定評価様式ソフトウェアのすべてがスプレッドシートから取引事例比較表のデータを取り込む機能を備えているわけではないことに注意されたい。必要上、こうした表には価値寄与のための独立した列を設けることができない。ファニーメイのような GSE には価値寄与という概念自体がないからである。方策としては、GSE には要求どおりの様式を渡しつつ、それを RCA 取引事例比較表と、変数の集約に関する詳細などの裏づけ資料によって補強することである。

RCA 処理用取引事例比較表はファニーメイの取引事例比較表とは似ておらず、おおよそその転置、すなわち行と列を入れ替えたものである。各行はある不動産のデータを含み、各列はある不動産変数のデータを含む。不動産の行が数百から数千、列が 200 以上になることも珍しくない。第 1 行は変数名のために予約され、第 2 行は、市場分析のみを行う場合であっても対象不動産のために予約される。スプレッドシートをデータフレームに読み込むと、シートの第 1 行は names 属性となり、対象不動産の第 2 行がデータフレームの第 1 行となる。

RCA 取引事例比較表の列には、識別のための列があり、続いて一次変数、外部変数、合成変数が組み合わされて説明変数として MARS に投入される。MARS はこれらの変数のうち、売却価格 — 被説明変数ないし目的変数とも呼ばれる — に有意な影響を与えるとみなしたものを出力する。2 次の回帰では、これらの変数の対が新たな変数として得られることがある。3 次の回帰では、いわゆる説明変数として働く変数の三つ組が得られることもあるが、もちろんそれらは基礎となる変数と強く相関している。

表 1: RCA スプレッドシートの例: 縦方向レイアウト

対象不動産				事例 1			事例 2		
	測定値	価値寄与		測定値	価値寄与	補正額	測定値	価値寄与	補正額
売却価格				\$1,150,000			\$1,500,000		
基礎価値		\$500,000			\$500,000	\$0.00		\$500,000	\$0
		測定された特性			測定された特性			測定された特性	
居住面積	1,530	\$463,500		1,350	\$382,500	\$81,000	1,700	\$540,000	-\$76,500
敷地面積	6,000	\$200,000		6,500	\$220,000	-\$20,000	7,000	\$240,000	-\$40,000
築年数	53	\$63,600		57	\$68,400	-\$4,800	51	\$61,200	\$2,400
浴室数	2	\$15,000		3	\$30,000	-\$15,000	3	\$30,000	-\$15,000
寝室数	3	\$6,000		4	\$9,000	-\$3,000	4	\$9,000	-\$3,000
測定分合計		\$1,248,100.00			\$1,209,900.00	\$38,200		\$1,380,200.00	-\$132,100
		残差に係る特性			残差に係る特性			残差に係る特性	
残差	CQA 5.8	\$30,000		CQA 2.5	-\$59,900	\$89,900	CQA 8.2	\$119,800	-\$89,800
	残差の分解			残差の分解			残差の分解		
デザイン		7,000			-\$15,000	\$22,000		\$35,000	-\$28,000
状態		5,000			-\$8,000	\$13,000		\$20,000	-\$15,000
品質		8,000			-\$10,000	\$18,000		\$30,000	-\$22,000
機能的効用		5,000			-\$12,000	\$17,000		\$15,000	-\$10,000
付帯設備		5,000			-\$14,900	\$19,900		\$19,800	-\$14,800
小計		30,000			-\$59,900	\$89,900		119,800	-\$89,800
合計				合計			合計		
価値寄与合計		\$1,278,100.00			\$1,150,000.00			\$1,500,000.00	
補正後売却価格						\$1,278,100.00			\$1,278,100.00

8 変数

MARS を実行する入力側にあるのは、次の単純な変数だけである。

1. MLS スプレッドシートから読み込んだ不動産の特性。
2. MLS 変数を精緻化し、あるいは既存変数の変換を加えるために VE が作成した導出変数。たとえば VE は、売却日を「DaysOffMarket」(鑑定評価の価格時点から売却日を差し引いた値) へ変換することを好むかもしれない。
3. VE は、住宅ローン金利のような第三者の情報源からデータを取り込むことがある。あるいは、緯度、経度、標高のデータが MLS データに欠けている場合、他の情報源から取り込むことがある。これらの変数は「外部変数」と呼ぶ。

MARS の出力側では、次のいずれかの項の組合せから成る価格モデルを扱う。

1. 入力変数を一つだけ含み、その変数の価値寄与を与える式となっている項。これらは 1 次の項ないし (出力) 変数と呼ばれる。項そのものが価値寄与の値として扱われ、名前を与えられる。
2. 入力変数を二つ含み、その二変数の交互作用の価値寄与を与える式となっている項。これらは 2 次の項ないし (出力) 変数と呼ぶ。
3. 入力変数を三つ含み、その三変数間の交互作用の価値寄与を与える式となっている項。本稿ではこれらを 3 次の項ないし (出力) 変数と呼ぶことがある。

MARS の出力変数は、残差の価値寄与を含めて、いずれも価値寄与である。それらはさらに、補正額の計算やグラフの作成など、取引事例比較表の計算における変数として扱われる。

変数には、二つの基本的なオントロジーに分類されるさまざまな型がありうる。すなわち (1) 変数の由来、および (2) 変数の用途、つまり非残差か残差か、である。

8.1 変数の由来オントロジー

1. 1 次変数

- 1.1 MLS 回帰変数
- 1.2 外部回帰変数
- 1.3 導出回帰変数

2. 因子変数:

因子変数を扱うには、それを識別できる関数が必要である。因子変数は Excel のプロジェクト設定ワークブックで指定されるので、渡された変数が因子型に分類されている場合に真を返す関数を作成する。

3. 交互作用変数: 次数が 2 以上に設定されている場合、モデルの生成過程で MARS が作り出す変数である。ただし、解釈の難しさ、過適合の可能性、自由度への影響、そして頑健なモデルを保証するために必要となる不動産レコード数の増加を考えると、交互作用する変数は 3 個までが推奨の上限である。

- 3.1 2 次変数: よく見られるもので、GLA:BathRms、GLA:LotSize、DateOfSale:BathRms、Latitude_Longitude が好例である。

3.2 3 次変数: あまり見られない交互作用であり、慎重な扱いと過適合の可能性への注意を要する。

4. 残差分解変数

8.2 変数の用途オントロジー

1. MARS が生成する価値寄与

1.1 1 次変数

- 1.1.1. MLS 回帰変数
- 1.1.2. 外部回帰変数
- 1.1.3. 導出回帰変数

1.2 交互作用変数

- 1.2.1. 2 次変数
- 1.2.2. 3 次変数

1.3 残差分解変数

1.4 集約変数

2. エンジニアが生成する変数および値

2.1 残差分解変数

- 2.1.1. デザイン・美観
- 2.1.2. 造園
- 2.1.3. 機能的効用
- 2.1.4. 眺望
- 2.1.5. 状態
- 2.1.6. 品質
- 2.1.7. ...

これらの変数群には次節で表記法を与え、より詳しく説明する。

プロトコル 3.1: 因子変数

因子変数、あるいは単に因子は、交互作用を含むあらゆる項に現れうる。MARS 回帰とグラフ化にあたって特別な扱いを要するため、因子変数は重要である。

文字値をとる変数は必然的に因子であるが、数値変数については、MARS に因子として認識させるために因子変数として指定しなければならない。たとえば MLS のエリアはしばしば番号で識別される。とりわけサンフランシスコ・ベイエリアの近隣地域は、しばしば一意な整数で識別される。これらの値を因子として MARS に渡すと、MARS は、他の地域との関係を顧慮することなく、特定の地域がその境界内の不動産売買に対して平均してどれだけの価値を寄与しているかを見出そうとする。これに対し通常の変数では、変数値の変化に伴って価値寄与に何らかの連続性があると想定する。これは重要な区別である。さらに、これらの因子変数は非因子変数とともにモデルの項に現れることがあり、それがグラフ化を難しくする。具体的には、因子を含む単一変数の項をグラフ化する際には、そうした因子をすべてまとめ、その寄与が正か負かを示す棒グラフを描くにとどめる。

項の中で因子が他の変数とともに現れる場合、因子は常に一つの取りうる値とともに現れる。ある不動産について因子変数はただ一つの値しかとりえないからである。すなわち、ある地域の値が 662 であれば、定義上その地域が他の値をとることはありえない。これが分かりにくいとすれば、事態をさらに厄介にすることに、MARS が生成するモデルの中には因子に対応する単一の変数名が存在しない。MARS は入力として与えられた因子変数の語幹をとり、取りうる値を末尾に付した変数名で新しい列を作る。したがって、Excel スプレッドシートの単一の列、たとえば MlsArea に対して、取りうる値ごとに MlsArea660、MlsArea661 といった複数のデータフレーム列が作られる。MlsArea661 のような変数は、エリア 661 にある不動産については 1、それ以外については 0 という値をとる。そのうえで MARS は、それらの列をブール変数であるかのように回帰にかける。MARS が提供するモデルでは、この変形された名称が用いられる。

おそらく、これらのモデル上の名称を元の名称に戻したくなるだろう。簡潔で分かりやすいものを好む依頼者 (少なくとも可能なかぎり簡潔なもの) にとって、グラフがより理解しやすくなるからである。MlsArea661=1 と表示する代わりに、MlsArea=661 と表示することになる。そうすればグラフの見出しに「MLS エリア = 662 について」などと記すだけで項をグラフ化できる。こうして、M 個の因子変数を含む N 次の項は (N-M) 次の項としてグラフ化され、因子の次元は表題の中に消える。

一つの項に二つ以上の因子変数が存在しうるので、取りうる値の組合せごとにグラフが必要になる可能性が高いことに注意されたい。異なる値を三つとる変数 x と、異なる値を二つとる変数 y が、非因子変数 z とともに同じ項に現れる場合、 $2 \cdot 3 = 6$ 枚のグラフが必要となる。例としては「MlsArea」と「建築様式」の組合せがある。たとえばサンフランシスコのヴィクトリア様式住宅は、市内のどの地域にあるかによって価値が高くも低くもなりうる。幸い、ほとんどの地域では、価値の寄与要因としてモデルに用いるほど重要な建築様式は通常 1-3 種類にとどまる (建築様式自体は 6 種類以上あるかもしれないが)。

8.3 2 次および 3 次の項

2 次または 3 次の回帰では、出力モデルの項の一部に、それぞれ二つあるいは三つの変数が含まれることがある。たとえば次のようになる。

$$\text{BathRms_GLA} = -52 * \max(0, 1200 - \text{GLA}) * \max(0, \text{BathRms} - 1)$$

これらの項は、変数名をアルファベット順に並べ替え、必要に応じてアンダースコアで連結

して命名することに注意されたい。モデルが生成した変数名の三つ組についても、3 次の項として同様に扱う。たとえば「BathRms__GLA__LotSz」である。

これらの変数は第 3 段階で一次入力変数に加えられる。この段階で RCA のプログラムは、交互作用変数を含むすべての変数について、不動産ごとの寄与を計算する。

8.3.1 補正変数

RCA のプログラムは第 3 段階で、価値寄与の計算後、ある特性についての対象不動産の寄与から対応する取引事例の価値寄与を差し引くことにより、すべての変数と不動産についての補正額も計算する。

8.3.2 集約変数

集約変数は、変数の部分集合を置き換えるものとして定義され、それらの価値寄与と補正額をすべて加算して、報告書で用いる共通の変数にまとめる。たとえば、仕上げ済みおよび未仕上げの居住面積を、より細かな変数に分割していることがある。

1. 地上階の合法的な仕上げ済み面積
2. 地下階の合法的な仕上げ済み面積
3. 地上階の非合法的な仕上げ済み面積
4. 地下階の非合法的な仕上げ済み面積
5. 地上階の未仕上げ面積
6. 地下階の未仕上げ面積

そう、これが実際に意味をもつ地域が存在するのである。

MARS 回帰はこれらすべての変数を回帰にかけ、それらについての寄与と補正額を与えるモデルを生成する。しかし様式に従う報告書のためには、これらの異なる寄与をおそらくより少数の変数へまとめる、すなわち集約する必要がある。集約の詳細は附属資料に記載すべきである。より頻繁な例としては、交互作用の補正額を一次変数のいずれかの補正額へ集約することが挙げられる。たとえば、GLA_Lotsize の補正額を GLA に、あるいは LotSize に集約し、さらには集約シートの定めに従って両者に 50:50 で分割することもありうる。

8.3.3 特殊な変数と表記法

π_i	不動産 $i = 1, 2, \dots, n_p$ の実際の純売却価格。対象不動産については π_0 が価値結論を表す (証明 I を参照)
α_i	不動産 $i = 1, 2, \dots, n_p$ の補正後純売却価格
ρ_i	不動産 $i = 0, 1, \dots, n_p$ の MARS による推定純売却価格
β	モデルの基礎価値
$\varphi_{i,j}$	不動産 $i = 0, 1, \dots, n_p$ における回帰変数 $j = 1, 2, \dots, n_r$ の価値寄与
$\delta_{i,j}$	不動産 $i = 1, 2, \dots, n_p$ における回帰変数 $j = 1, 2, \dots, n_r$ の補正額
ϵ_i	不動産 $i = 0, 1, \dots, n_p$ の残差合計
$\epsilon_{i,c}$	不動産 $i = 0, 1, \dots, n_p$ における残差構成要素 c 、 $c = 1, 2, \dots, n_c$ の価値寄与
$\xi_{i,c}$	不動産 $i = 0, 1, \dots, n_p$ における残差構成要素 c 、 $c = 1, 2, \dots, n_c$ の補正額

ここで

n_p = 取引事例の数

n_r = 回帰変数の数

n_c = 残差分解変数の数

8.3.4 残差の分解

MARS 回帰がモデルを作成すると、MARS が選択した入力変数から推定売却価格が生成される。この値を対応する純売却価格から差し引いて、不動産ごとの残差を得る。さて RCA のプロトコルは、VE が最終的な取引事例 — 通常は 6–12 件のリスティング — を決めたなら、各リスティングを順に検討し、無作為なデータ誤りの可能性は措いたうえで、算出された残差を、価値に影響を与えると VE が考える最も可能性の高い特性 (潜在変数) へ分解しなければならない、と定める。たとえばある不動産について、次のような分解変数を立てることが考えられる。

1. デザイン
2. 機能的効用
3. 市場水準を超える／下回る売買

4. 状態
5. 品質

不動産ごとに残差分解変数は幾分異なるのが通常であり、それらを一つの順序集合にまとめる必要がある。

稀少な特性の寄与の推定。 価値をもつ特性のなかには、回帰の経路には稀すぎるものがある。780 件の売買のうち 3 件にしか存在しない作業場は防御可能な係数を得られず、前進パスは通常そうした変数をまったく素通りする。これらは残差に属する特性であり、その寄与は残差空間において推定できる。すなわち、当該特性を除いてモデルを当てはめ、次にモデルの残差を、除外した列に対して通常最小二乗法で回帰するのである。二値のフラグであれば係数は一括の寄与額 (同義であるが、フラグの立った売買における残差の平均的なずれ) であり、数値列であれば単位当たりの寄与額である。相関する複数の付帯設備を同時に推定する場合 (たとえば附属建物の床面積と作業場フラグを併せて推定する場合)、回帰は同じ金額を二つの分解行で二重に数えるのではなく、両者に配分する。おおむね 10 件未満の観測に支えられた推定値は示唆的なものにとどまり、減価償却後の原価やより広い標本 (たとえば公開備考から回収したフラグ) によって裏づけるべきである。最終的に割り当てられる値は、残差制約それ自体によって上限が画される。earthUI(v0.11 以降) はこの方法を *Residual Contribution*(残差寄与) タブとして直接実装しており、同時推定、売買ごとの残差の証拠、作業ファイル用の記録メモを備えている。

表記: 上表の表記を用いると、次の式が得られる。

$$\epsilon_i = \epsilon_{i,1} + \epsilon_{i,2} + \dots + \epsilon_{i,n_c} \quad (11)$$

ここで n_c は残差分解の構成要素の数である。

VE は自らの判断を用いて残差を所与の構成要素へ分解しなければならない。これでは最終的な価値結論にバイアスが入り込むと思われるかもしれない。しかしそうはならない。分解による補正額の合計が残差に一致するなら、それらが価値結論に影響しないことについて数学的な証明があるからである。分解の目的は価値を確定することではなく、他の不動産売買の残差と比較して当該残差がなぜその値なのかを説明することにある。エンジニアのバイアスが最終的な価値結論に影響しうる唯一の箇所は、対象不動産の残差の推定である。当然ながら、対象不動産には残差を計算するのに必要な実際の売却価格が存在しないからである。

不動産にはそれぞれ残差の価値寄与の集合があるが、それらをすべての不動産にわたる一つの集合 C へ統合する必要がある。

$$\begin{aligned} \text{ここで } A_i &= \{\{\epsilon_{i,c}\}_{c=1}^{n_c}\} \\ C &= \{x \mid x \in \bigcup_{i=0}^{n_p} A_i\} \end{aligned}$$

ここで $[\epsilon_{i,c}]$ は値 $\epsilon_{i,c}$ の変数名であり、 A_i はそのような変数の集合、 n_c は各 ϵ_i に含まれる値の数である。

したがって、対象不動産と取引事例のデータを別々の列に配置すると、各不動産についての回帰モデルの全変数の価値寄与の下に、対応する n_c 個の残差の価値寄与から成る集合 C が現れるはずである。

9 RCA の中核となる証明

次のようにおく。

$$\begin{aligned} n_p &= \text{不動産の数} \\ n_r &= \text{回帰変数の数} \\ n_c &= \text{残差構成要素変数の数} \end{aligned}$$

証明 I: いずれの取引事例の補正後売却価格も、推定された対象不動産の売却価格に等しい。

任意の取引事例 i について、補正後売却価格 α_i は、純売却価格 π_i に補正額を加えたものである。補正額とは、基礎価値、回帰変数 $j = 1, 2, \dots, n_r$ 、および残差について、対象不動産と取引事例の価値寄与の差である。実際の売買のない対象不動産については、純売却価格 π_0 を価値結論 $\beta + \varphi_{0,1} + \varphi_{0,2} + \dots + \varphi_{0,n_r} + \epsilon_0$ として定義する。このとき次が成り立つ。

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \pi_i + (\beta - \beta) + (\varphi_{0,1} - \varphi_{i,1}) \\ &\quad + (\varphi_{0,2} - \varphi_{i,2}) + \dots + \\ &\quad (\varphi_{0,n_r} - \varphi_{i,n_r}) \\ &\quad + (\epsilon_0 - \epsilon_i) \\ &= \pi_i + (\beta + \varphi_{0,1} + \varphi_{0,2} + \dots \\ &\quad + \varphi_{0,n_r} + \epsilon_0) \\ &\quad - (\beta + \varphi_{i,1} + \varphi_{i,2} + \dots + \\ &\quad \varphi_{i,n_r} + \epsilon_i) \\ &= \pi_i + \pi_0 - \pi_i \\ &= \pi_0 \end{aligned} \tag{12}$$

証明 II: 残差構成要素の価値寄与の合計が当該取引事例の残差に一致するという制約の下で残差の分解を変更しても、RCA プロトコルの最終的な価値結論には影響しない。

これはほとんど自明である。それでも、数式に思いを致さなければ見落としやすい。従来の鑑定評価者は価値寄与ではなく補正額に注目するからである。ここで打ち消し合うのは価値寄与のほうである — 数十年にわたる見落としであった。ある取引事例 k 、 $k > 0$ について、残差の補正額の合計は n_c 個の分解された残差構成要素の和に等しく、それはさらに価値寄与の差の和に等しく、それは対象不動産の残差合計から当該取引事例の残差合計を差し引いたものに等しい。しかもこれは、作られた残差構成要素の個数や、それらが何を表すかとは無関係である。残差構成要素の値の合計が対象不動産についても選ばれた取引事例についても残差合計に等しいかぎり、 ξ_k は変化しない。

$$\begin{aligned} \xi_k &= \xi_{k,1} + \xi_{k,2} + \dots + \xi_{k,n_c} \\ &= (\epsilon_{0,1} - \epsilon_{k,1}) + (\epsilon_{0,2} - \epsilon_{k,2}) + \dots + \\ &\quad (\epsilon_{0,n_c} - \epsilon_{k,n_c}) \\ &= (\epsilon_{0,1} + \epsilon_{0,2} + \dots + \epsilon_{0,n_c}) - \\ &\quad (\epsilon_{k,1} + \epsilon_{k,2} + \dots + \epsilon_{k,n_c}) \\ &= \epsilon_0 - \epsilon_k \end{aligned} \tag{13}$$

10 MARS モデル

10.1 モデル変数と交互作用の「 g 」関数

RCA 手法の中核をなす原則は、「説明的推論」がこのうえなく重要だということである。しかし残念ながら、さまざまな価値寄与の式について意味のあるグラフを提供することは、とりわけ交互作用や因子変数が用いられている場合には容易でない。したがって、これらのグラフを作成するための明確で厳格なプロトコルを示すことが不可欠と考えられる。以下でそれを行うが、このプロトコルはグラフを生成する R または Python のコードを書く開発者に向けたものであり、コーディングに関与しない読者にとっては表面的な関心にとどまるかもしれないことを了解されたい。

MARS が生成する価格モデルは、基礎定数に、それぞれ 1 個から 3 個の変数を含む項を加えた和である。これを分析するには、まずモデルを個々の項に分解する。次に、同一の変数の組を共有し、単一の交互作用を表す複数の項を、一つの交互作用の式にまとめる。回帰の最大次数を 3 と仮定する。基礎定数、 n_1 個の 1 次の式、 n_2 個の 2 次の交互作用の式、 n_3 個の 3 次の交互作用の式から成る 3 次の回帰モデルを考える。こうして、単一変数あるいは複数変数の交互作用から成る四つの異なる式の群が得られ、それぞれ次の二つの要素に応じて異なる方法でグラフ化される。(1) 因子変数 (カテゴリーカル変数) を含むかどうか、および (2) 含まれる相異なる変数の個数である。具体的には次のとおりである。

- 1 次の式 (変数 1 個) は 2 次元でグラフ化する。
- 2 次の式 (変数 2 個) は 3 次元でグラフ化する。
- 3 次の式 (変数 3 個) は 3 次元グラフの集合としてグラフ化する。
- 式が因子変数を含む場合、相異なる因子ごとにグラフの次元が一つ下がる (たとえば 1 変数が因子であれば 3 次元グラフは 2 次元になる)。

各関数 g の添字づけは、相異なる変数の個数と因子変数の有無を反映して、その関数をどうグラフ化すべきかを定めるのに必要な情報を与える。

10.2 g 関数の添字づけ

各関数 g は $f_{j,k} g_k^j$ と添字づけられる。ここで、

- $f_{j,k}$ は第一の添字 (g の前に置く上付き) である。
 - j は 0 から 3 までの値をとり、群を識別する。
 - * $j = 0$: 基礎定数 (通常の添字づけの例外)。
 - * $j = 1$: 1 次の式。
 - * $j = 2$: 2 次の式。
 - * $j = 3$: 3 次の式。
 - k は群内における特定の関数の添字である (たとえば群 j の最初の関数であれば $k = 1$)。
 - $f_{j,k}$ の値は、その関数に含まれる相異なる因子変数の個数を示す。
 - * $f_{j,k} = 0$: 因子変数なし。
 - * $f_{j,k} > 0$: 因子変数の個数 (たとえば 1、2、3)。
- g の後続の添字。

- g の後の上付き j (たとえば g^j) は、明確を期して群番号を繰り返す。
- g の後の下付き k (たとえば g_k) は $f_{j,k}$ の k と一致し、群内における関数を識別する。

f と g の添字は数値としては一致するが、その役割は異なる。 $f_{j,k}$ は因子変数の個数を数えるもので、グラフ化の判断に決定的であるのに対し、 g に付された j と k はその群と位置を定める。

10.3 グラフの次元

関数 $f_{j,k} g_k^j$ についてのグラフの次元 d は次のように計算される。

$$d = j - f_{j,k} \quad (14)$$

ここで、

- j は相異なる変数の個数 (定数の場合を除けば群番号) である。
- $f_{j,k}$ は因子変数の個数である。
- d はグラフ化すべき連続 (非因子) 変数の個数であり、最大次数が 3 であることから上限は 3 である。連続変数を d 個もつ関数は $d+1$ 次元で描かれる。すなわち $d=1$ なら 2 次元グラフ、 $d=2$ なら 3 次元グラフ (または 2 次元ヒートマップ)、 $d=3$ なら 3 次元グラフの集合となる。

たとえば次のようになる。

- $j=3$ (変数 3 個) かつ $f_{j,k}=0$ (因子変数なし) であれば $d=3-0=3$ となり、変数の一つを固定した 3 次元グラフの集合が必要となる。
- $j=3$ かつ $f_{j,k}=1$ (因子変数 1 個) であれば $d=3-1=2$ となり、モデルに現れる因子変数の値ごとに 3 次元グラフ (または 2 次元ヒートマップ) が必要となる。
- $j=0$ (定数) であれば単一の値にすぎないので、通常グラフ化は不要である。

$d=3$ の場合 (たとえば因子変数を含まない 3 次の式)、関数の全体を可視化するには複数の 3 次元グラフが必要となりうる。各グラフは一つの変数を異なる値に固定して、関数の挙動の一部を示す。

10.4 最終的なモデル式

MARS モデルは四つの式の群 (定数、1 次、2 次、3 次) に分解される。添字づけ $f_{j,k} g_k^j$ は次を教えてくれる。

- j : 群と変数の個数。
- $f_{j,k}$: 因子変数の個数。
- $d = j - f_{j,k}$: グラフの次元。

この構造は各 g 関数をどう可視化するかを導き、グラフ化の方法が式の複雑さと変数の型に対応することを保証する。

MARS モデルが与える売却価格の推定値 $\hat{P}$ は、次のように表せる。

$$\hat{P} = f_{0,1}g_1^0 + \sum_{q=1}^{n_1} f_{1,q}g_q^1(x_*)$$

$$+ \sum_{r=1}^{n_2} f_{2,r}g_r^2(x_*, y_*)$$

$$+ \sum_{s=1}^{n_3} f_{3,s}g_s^3(x_*, y_*, z_*) \quad (15)$$

$n_1 = 1$ 次の項の数
 $n_2 = 2$ 次の項の数
 $n_3 = 3$ 次の項の数

10.5 モデルをグラフ化するのに必要な図の数

モデル中のすべての関数を可視化するには何枚のグラフが必要か。その答えは、変数、それらの交互作用、そしてそれらが因子変数か非因子変数かによって決まる。

VE は R/earth 用の Excel 設定ファイルにおいて変数と交互作用を制限でき、それがどの交互作用を許容するかに影響する。実務上有用な方法は、R/earth にあらゆる交互作用を検討させ、売却価格の推定に有意な寄与をするものを選ばせたうえで、過適合や共線性といった問題がないかを点検することである。一部の交互作用は許容されず、それが高次の交互作用にも影響する (たとえば 3 次の交互作用において一つの対が除外されれば、その組合せ全体が除外される)。

因子変数の場合 (たとえば 12 個の値をもつ MLS エリアが GLA と交互作用する場合)、グラフ化はいっそう複雑になる。この場合、エリアごとに 1 枚、計 12 枚のグラフが必要となりうる。さらに建築様式のような別の因子 (6 個の値) が MLS エリアおよび GLA と交互作用すれば、最大 $12 \cdot 6 = 60$ 枚のグラフが必要になりかねない。もっとも R/earth がすべての組合せを有意と判定することはまれである。通常はモデルが特定するいくつかの主要な交互作用 (たとえば特定のエリアと様式) だけがグラフ化に値する。

必要なグラフ枚数の簡略な指針を示す。

1. 単一変数の関数 (非因子): 1 枚。
2. 単一変数の関数 (因子): すべての因子の値をまとめた棒グラフ 1 枚。
3. 基礎関数: グラフは不要。
4. 2 次の交互作用 (因子なし): 1 枚 (たとえば売却価格を色で表す 2 次元ヒートマップ)。
5. 2 次の交互作用 (因子 1 個): モデルに現れる因子の値ごとに 1 枚 (たとえば値が 2 個なら 2 枚)。
6. 2 次の交互作用 (因子 2 個): 因子の組合せの行列を示すグラフ 1 枚 (たとえば 3 エリア $\times$ 2 様式で 6 セル)。
7. 3 次の交互作用 (因子なし): 複数枚 (たとえば浴室数 = 1, 2, 3, 4 に対して 4 枚)。
8. 3 次の交互作用 (因子 1 個): モデルに現れる因子の値ごとに 1 枚。
9. 3 次の交互作用 (因子 2 個): モデルに現れる因子の値の組合せごとに 1 枚。
10. 3 次の交互作用 (因子 3 個): 相異なる値の数が最も少ない因子の値ごとに 1 枚とし、残る二つの因子については色の行列で価値寄与を表す。

より複雑な場合には、高度なグラフ化の技法が必要となりうる。

他にも、より洗練されたグラフを要する可能性がある。

MARS が生成した完全なモデルの例を [図 1](#) に示す。

11 データの特性

以下では MARS について論じる。MARS は受け取るデータに全面的に依存しており、そのデータの大半は何らかの MLS(マルチプル・リスティング・サービス) ないし税務評価官に由来する。ただし、データを保守・改善して利益を上乗せして販売する他のデータ提供者を経由することもある。地域によってはかなり信頼できるが、そうでない地域もある。重要な場面では、不動産の調査員が自ら観察と測定を行わなければならない、その正確性が問われる。評価エンジニアは、データが何を表しているのか、そして表すべきものをどれだけよく表しているのかを理解する必要がある。ここから一連の問題が生じる。

- ある変数が測定値であるかどうか分類するのか。
- 変数が測定値でないとすれば、他に何でありうるのか。
- 受け取るデータが正確でないとすれば、回帰はどうして有用でありうるのか。

MLS のリスティングサービスや税務評価官から回帰のために得るデータの大半は、測定値ないし個数を意味する数値データである。一部は真偽の論理値である。

11.1 残差の目的

残差は、回帰モデルに含まれていない変数がもたらす価値の間接的な尺度として機能する。ヘドニック分析の文献の用語でいえば、これら測定されていない特性は潜在変数である。すなわち、売却価格に影響を与えるが直接には測定されない変数であり、多くの場合それは客観的に測定する実際的な手段がないためである。したがってその値は推論されなければならない、実務上、潜在変数の値はしばしば主観的判断によって推定される — RCA においては、残差の順位表に係留された判断である。不動産を残差ないし平方フィート当たり残差によって並べることで、魅力の最も乏しいものから最も豊かなものまでの客観的な順位づけが得られる。この順位づけの手法は、地域市場を深く理解した熟練の分析者が MARS(多変量適応回帰スプライン) モデルを構築するかぎりにおいて有効である。これに加えて次の要件がある。

- データとモデルの品質: よく構成された回帰モデルと質の高いデータは、信頼できる残差の前提条件である。サンフランシスコ・ベイエリアにおいて、著者は R^2 が約 75–80%、交差検証 $R^2(CV R^2)$ が 55–70% のモデルを構築することを目標としている。
- 過適合を避け、 R^2 に上限を置く: サンフランシスコ・ベイエリアのような価格水準の高い地域の成熟した市場では、評価エンジニアは R^2 の上限をおよそ 80% に置くべきである。住宅の競争上の価値の多くはその主観的な魅力にあり、それは定量化できないため回帰モデルに直接組み込むことができないからである。 R^2 が 80% を大きく超える場合は過適合したモデルの兆候でありうるので、さらに精査すべきである。もっとも一言注意しておく、過適合なしに R^2 が 90% を超える市場地域も存在するし、鑑定評価の難しい地域では 50–60% かそれ以下が精一杯ということもある。
- 特定の地域における高い R^2 : ただし、分譲地その他の均質な住宅地域のように、不動産の同質性ゆえに高い R^2 が驚くほど普通に見られる地域もある。

11.2 近似的な回帰変数としての状態評価と品質評価

ファニーメイの状態評価および品質評価の尺度 (C1–C6 および Q1–Q6) については特に述べておく必要がある。これらの尺度は粗すぎて真に測定された特性として扱うことはでき

ず、また鑑定評価者が付与するものである以上、実質的には主観的な評価、すなわちそれ自体が潜在変数である。ここでは二つの水準を明示的に区別しておくのが有用である。回帰変数として用いる鑑定評価者の粗い評価、すなわち粗粒度の状態 (condition-coarse-grain、condition-1) および粗粒度の品質 (quality-coarse-grain、quality-1) と、残差から回収される細粒度の潜在変数、すなわち細粒度の状態 (condition-fine-grain、condition-2) および細粒度の品質 (quality-fine-grain、quality-2) である。VE は鑑定評価者の粗粒度の評価を近似として受け入れ、それらを回帰にかけて近似的な価値寄与を得ることができる。この価値寄与は、細粒度の潜在変数の初期値として有用である。これを行う場合のプロトコルは、この二つの粗粒度変数について回帰が推定した価値寄与をモデルの推定値から差し引き — 取引事例比較表の回帰部分にある測定された属性から外し —、それを残差に戻して加えることである。その後、それらは残差から取り除かれ、対応する細粒度の潜在変数 `res_condition1` および `res_quality1` に割り当てられる。次いで、MLS の公開備考 (public_remarks) および関連する文字列一覧から抽出した追加情報を用いて、これらの潜在変数の値に微細な調整を加える。最終的には、細粒度の価値寄与が粗粒度の価値寄与を置き換える。粗い評価は近似モデルのための足場にすぎず、状態と品質について最終的に報告される値は、残差から導かれた細粒度のものである。

11.3 データの誤り

ソーシャルメディア上の意見によれば、カリフォルニアのマルチプル・リスティング・サービス (MLS) のデータは、米国の他の多くの地域よりおおむね質が高い。一般に、MLS データは成熟した大都市圏のほとんどでは良質であることが期待でき、農村部ではより劣ると考えてよい。

さまざまな理由による誤りがときおりデータに含まれるが、十分なデータが存在するかぎり、これらの誤りは概ね相殺され、価格モデルで用いる平均値への影響は最小限にとどまるはずである。

しかし、特定の地域では系統的な偏りが生じうる。たとえば、多くの住宅が当初は完全な 2 階建てとして建てられたが、一部の買主には 2 階の部屋を取り払って 1 階の一室以上を吹き抜け天井にする選択肢が与えられ、その結果として居住面積 (GLA) が大幅に減少した、という近隣地域を考えてみよう。この変更は何らかの理由でその後も評価官の記録に反映されなかった。その結果、実測値が 2,000 平方フィートであるのに MLS には 2,400 平方フィートと表示されることがある。このような場合、MARS(多変量適応回帰スプライン) 回帰を行う前に MLS データを訂正すべきである。なお、取引事例についてこの情報を得るには、ある程度の調査の労を要することがある点に注意されたい。齟齬は将来の参照のために記録しておくべきである。

以上を踏まえれば、質の高い MLS 地域においては、残差に流れ込む誤りは、デザイン、状態、品質といった主観的で測定されていない特性の影響に比べればごくわずかであると考えて差し支えない。これは RCA 手法の精度を見積もるうえで重要な考慮点である。たとえば、ある市場地域の R^2 の値が 80% であれば、価格のおよそ 20% が CQA 残差に帰属する。したがって、残差の順位表における対象不動産の位置づけに $\pm 10\%$ の誤差があれば、それは最終的な価値結論において $\pm 10\% \cdot 20\% = \pm 2\%$ の誤差として伝播する。精度はこうして高めるのである。多くの場合、 $\pm 1\%$ を大きく下回る正確な価値推定が可能である。

したがって、MARS 回帰においてモデル化されていない変数の集合的な価値の間接的な指標として残差を扱うことは、系統的な測定の偏りがどこになぜ存在するかを見極めるだけの地域市場の経験の評価エンジニアが備えているかぎり、合理的である。この方法は、不動産データの限界と機微を認識しつつ、分析が実際の不動産価値を正確に反映することを確認なものにする。

適用例: シーランチにおける未測定の価値決定要因の測定

ある市場地域で達成可能な R^2 が、その市場の見かけの同質性から予想される水準を下回るとき、本枠組みの対応は、その限界を受け入れることではなく、欠けている変数を特定して測定することである。ソノマ郡のシーランチ (Sea Ranch) 地区がこれを端的に示している。

これは「受け入れるのではなく測定する」という対応の具体例である。ソノマ郡のシーランチ地区は沿岸の開発地であり、海までの距離が主要な価値決定要因である。他の特性を一定とすれば、断崖から数百フィートの住宅は、内陸へ 4 分の 1 マイル入った住宅とは大きく異なる価格をつける。この地区の MLS データには海までの距離が変数として記録されていない。入手可能な MLS 変数で当てはめた最初の MARS モデルは、市場の見かけの同質性から支えられるはずの水準より説明力が低く、残差の構造もデータ上に見える特性によって不動産を十分に順序づけていなかった — これは、市場が本当に雑音に満ちているのではなく、重要な決定要因がモデルから欠落していることの兆候である。

処方は直接の測定であった。著者は海岸線に対する不動産の配置を示す地区の地図を入手し、数百戸の住宅について海までの距離を測定した。測定した距離を変数として MLS データ集に加え、MARS 回帰をやり直した。新しい変数はモデルによって有意なものとして選択され、説明力は大幅に向上し、残差の順位表はその後、それまで順位表を汚染していた潜在的な海距離の信号ではなく、残る主観的特性 — 眺望、状態、品質 — に整合するパターンによって不動産を順序づけるようになった。標高についても、MLS 変数が欠けているか信頼できない丘陵地の近隣地域で同様の対処がなされてきた。

この方法論上の原則は一般的なものである。達成可能な R^2 が市場の見かけの同質性から支えられるべき水準を下回るとき、第一の仮説は、重要な変数がモデルから欠落しているというものであり、適切な対応は、それが何であるかを特定して測定値を直接収集することである。情報源としては、地区の地図、GIS データ、税務評価官の記録、建築部局の記録、衛星画像、現地調査がある。こうした測定作業の費用は現実のものだが限度がある。ある市場地域について一度その変数を収集すれば、その地域における将来の業務へ引き継ぐことができる。RCA が新しい変数をすっきりと取り込めるのは、どの変数が MARS 回帰に入るかについて本枠組みが中立だからである。すなわち、新しい変数が実際の信号を捉えているかどうかは残差の構造が VE に教えてくれ、価値寄与はそれに応じて調整される。

もう一方の対応 — 低い R^2 を受け入れてより広い誤差範囲を報告すること — は、欠けている決定要因が真に測定不能である場合 (買主固有の選好、一時的な市場の心理、個別の取引事情) には防御可能であるが、単に未収集であるにすぎない場合には防御できない。モデルが弱いとき、VE が最初になすべきは、欠けている信号が後者ではないかを問うことである。

11.4 正確性とは何か

評価が完全に正確であるためには、次のことが必要である。

1. 市場価値への適合: 対象不動産の仮定上の売買取引が、所与の市場価値の定義に 100% 従っていること。
2. 正確で頑健なモデルの構築: R^2 がおよそ 75–80%、 CVR^2 が立地に応じておよそ 55–70% の質の高い MARS モデルが構築されていること。
3. 良好なデータ誤り分析: 測定された変数について起こりうるデータ誤りがすべて把握され、抑え込まれており、残差への流出がほとんどないこと。
4. 系統的偏りの考慮: データにおける系統的な偏りが把握され、補正されていること。
5. 残差順位の分析: 残差の順位に並ぶ不動産が、最下位から最上位に向けて特性の合理的なパターンをたどることを確認すること。相続裁判所の売却、短期売却、競売

といった異常値は調査し、説明を加え、場合によっては除外すべきである。

6. 対象不動産の位置づけ: 残差の順位づけを十分に理解したうえで、対象不動産を正確に位置づけること。魅力が明らかに高い不動産と明らかに低い不動産を特定し、その間に対象不動産を置いて採点する。次いで、上位と下位の不動産の間の順位差を可能なかぎり狭める。
7. 説明的推論: 正確性のために説明的推論を犠牲にしてはならない。鑑定評価者は、対象不動産と取引事例との価値の差を、少なくとも通常理解力をもつ相手に説明できなければならない。たとえば、最適な R2 と CVR2 をもつ良好な MARS モデルは測定された特性の価値寄与を説明するために用いることができ、評価エンジニアによる残差の分解はその他の特性の価値寄与を説明するために用いることができる。
8. 過適合: 単独であれ組合せであれ、一件ないし数件の不動産を特定できてしまう特性を用いないことによって、モデルの過適合を避けること。とりわけ、その値がごく少数の不動産を指し示す因子変数の使用は避けるべきである。相当規模のデータ集合において近隣地域を識別する因子変数は適切だが、プールがごくわずかな地域でプール付き不動産を識別する因子変数は慎重に扱わなければならない。正確な GIS 座標、地番、住所のように個々の不動産を一意に特定する特性は、絶対に許されない。

回帰の R2 が 80% であれば、対象不動産の価値のおよそ 20% が残差に由来すると見込まれる。もっともこれは概算にすぎない。CQA-残差曲線から分かるように、残差の分布の大部分は CQA の下端と上端に集まる。CQA-残差曲線と CQA の低い側・高い側における傾きの急峻さからすれば、これらの領域では残差の推定の精度が落ちると予想されるかもしれない。しかしそれは、これらの領域における不動産の相対的な希少さと、隣り合う不動産の間に見られる魅力の差の大きさによって相殺される。したがって、中間域では $\pm 5\%$ の幅の影響を語りうるとしても、両端ではむしろ $\pm 2 - \pm 3\%$ というやや狭い幅を問題にすることになる。

RCA の精度を計算することは、CQA-残差曲線の非線形性のために一般にはやや難しい。しかし、妥当な残差の順位表があれば、個別の事案ごとに計算することは可能である。CQA スコアの範囲は 0.0 から 10.0 である。良好な MARS モデルがあれば、残差の順位表は魅力の最も乏しいものから最も豊かなものまでの明瞭なパターンを示すはずであり、全範囲の $\pm 5\%$ 以内、すなわち CQA スコアで ± 0.5 以内に評定することは難しくないはずである。回帰に 100 件の不動産が含まれているなら、それは対象不動産を 10 件の集団の中で正確に順位づけることに相当する。そこで、表 3 のバーリングゲームの売買データを参照し、VE が推定した CQA が 7.5、5.1、1.9 の各場合について、対象不動産の価値結論を 300 万ドルとして、およそその精度 (すなわち誤差) を計算してみよう。なお、表 3 は用いた数百件の不動産の一部の抜粋にすぎないので、必要に応じて (線形性を仮定して) 残差を補間する必要がある。念のため述べておくと、ここでは VE が各場合において、わずか 100 件の残差順位のうち ± 5 件の範囲内に対象不動産を順位づけられていると強く確信している、と仮定している。

CQA = 7.5 ± 0.5					
CQA	残差	絶対差	期待誤差	想定売却価格	誤差率
8.00	\$257,112				
7.50	\$197,113	\$59,999			
7.00	\$154,615	\$42,498	$\pm 51,249$	\$3,000,000	$\pm 1.71\%$

CQA = 5.1 ± 0.5					
CQA	残差	絶対差	期待誤差	想定売却価格	誤差率
5.60	\$50,911				
5.10	\$19,559	\$31,352			
4.60	-\$28,207	\$47,766	$\pm 39,559$	\$3,000,000	$\pm 1.32\%$

CQA= 1.9 ±0.5					
CQA	残差	絶対差	期待誤差	想定売却価格	誤差率
2.40	-\$228,411				
1.90	-\$276,381	\$47,970			
1.40	-\$326,938	\$50,557	±\$49,264	\$3,000,000	±1.64%

最後に、正確性を客観的に検証する唯一の方法は、厳格なプロトコル（本稿はその大枠を部分的に示唆するにとどまる）を確立し、その遵守を検証することである。実際の売却価格は市場の不完全性ゆえに市場価値から乖離しうるので、これが必要となる。鑑定評価とその後の売買を比較すれば、正確性についてある程度の示唆は得られる。しかし不動産市場の複雑さと不安定さゆえに、確立された基準とプロトコルに基づいて価値の推定を行うには、鑑定評価者ないし高度な資格を備えた評価エンジニアの専門的能力が必要となる。それらの基準とプロトコルは、有能な評価エンジニアが独立に作業してもほぼ同一の価値結論に至ることを保証するだけの厳格さを備えているべきである。良質なデータが得られる場合の大半において、これは達成可能な目標であるはずだ。

11.5 異常値としての対象不動産

不動産の市場価値を推定するには最近の売買取引の分析が必要である以上、最近の売買取引が、近代化や補修を経ていない古い対象不動産のさまざまな特性をうまく表しているのかを問うのは当然である。これはサンフランシスコ・ベイエリアにおいてとりわけ当てはまる。同地域では、最近の売買取引は通常、売却価格を高めるために改修を経た住宅だからである。したがって、取引事例の品質と状態の平均は、相当期間市場に出ていない古い住宅よりも一般に優れている。この価値の差は、対象不動産の残差の推定、言い換えればその CQA スコアによって捉えられるべきである。これは、対象不動産の評価におけるデータの品質と正確性に関わる重要な考慮点である。

11.6 予期しないデータに対処するうえでの CVR2 の重要性

MARS 回帰は、無作為に選ばれた不動産の部分集合 — 通常は MLS データ集合の 80% から 90% を占め、訓練集合と呼ばれる — に R/earth を適用する処理を何度も反復することに基づいている。残る 10%–20% の不動産は検証集合となる。この段階では、訓練データ集合から MARS モデルを作成し、それを用いて検証データ集合に含まれる不動産の売却価格を予測し、実際の売却価格と比較する。この方法論は、まだ観測されていない不動産の売却価格を予測できる頑健なモデルを構築するための最も効果的な方策として、データマイニングの実務家に認められている。

もっとも、CVR2 という指標の主たる有用性は、実際の市場地域の売買に関して回帰モデルが事実としてどれだけ正確かを反映する点にあるのではなく、指定された価格時点における仮定上の不動産売買についてモデルの予測能力を最適化する点にある。そうした不動産は訓練データ集合に含まれておらず、訓練集合にも検証集合にも見られない新奇あるいは予期しない特性の組合せを示すことがある。

こうした文脈のもとで、たとえば価格時点の 1 か月前に売り出されたとして、過去 15 年間改修されていない不動産の売却価格をどのように推定すればよいのか。強い CVR2 を示すモデルのほうが、この反復的な交差検証を経ていないモデルよりも、最も正確な推定を与える可能性が高い。また、データ集合に、改修・補修・近代化の程度が異なる取引事例が十分な件数含まれていることも決定的に重要である。

究極的には、取引事例のデータ集合においてさまざまな不動産の特性の価値寄与を正確に予測する頑健なモデルを手に行っているならば、そのモデルによる残差の順位表の中に新たな対

象不動産を効果的に位置づけることができる。この位置づけによって、当該不動産に適切な CQA スコアと残差を割り当てることが可能になる。

12 残差

「残差制約アプローチ」という名称が示すとおり、残差はこの方法論の中心にある。ここで残差とは、ある不動産の純売却価格と、回帰分析によって予測された売却価格との差を指す。

正の残差は、居住面積 (GLA) や敷地面積といった典型的な測定可能な属性に基づく推定価格よりも高く売れたことを示し、平均以上の魅力を備えている可能性を示唆する。負の残差は、より低く売れたことを示し、魅力が乏しいか、捉えられていない負の属性が存在する可能性を示唆する。

規模の大きい住宅ほど残差も大きくなりやすいことから、より標準化された比較のために GLA に基づく平方フィート当たり残差を用いることが考えられる。この問題のより立ち入った議論は別稿に譲る。

12.1 順位づけと採点

測定された変数について MARS(多変量適応回帰スプライン) モデルを作成した後、不動産ごとに残差を計算する。これらの残差は、観測された純売却価格とモデルによる予測売却価格との差を表す。残差/SF、すなわち残差を住宅の居住面積で除した値の列を追加すべきである。一般に、個々の不動産の残差は居住面積が大きいほど大きくなるという理解に基づく措置である。近隣地域によっては他の統計量のほうがうまく機能することもあるが、それは別の機会に論ずべき主題である。

前提 7: 「残差による順位づけ」

本稿における「残差による順位づけ」への言及は、残差による順位づけ、残差/SF による順位づけ、あるいは市場地域に最も適切と評価エンジニアが判断する残差の他の関数による順位づけを意味するものと解されたい。サンフランシスコ・ベイエリアにおける著者の経験によれば、とりわけ居住面積 (GLA) が異例に小さいか大きい対象不動産を扱う場合、残差/SF が一般に最も信頼できる。

次に、不動産を残差の最も小さい (負の大きい) ものから最も大きいものへと並べる。そのうえで各不動産について、0.0 から 10.0 の範囲をとる状態・品質・魅力 (Condition-Quality-Appeal, CQA) スコアを生成する。このスコアは次のように計算する。

CQA スコアは、全不動産の中における当該不動産の残差のパーセンタイル順位に対応する。具体的には、当該不動産より残差が低い不動産の割合を求め、それを 10 で除して算出する。たとえば、ある不動産の残差が全体の 50% の不動産の残差より高ければ、そのスコアは 5.0 となる。

端数処理の結果、残差が最も高い不動産が 10.0 のスコアを得ることがある。しかし論理的には、自らを含む 100% の不動産より高い残差をもつ不動産は存在しえないので、10.0 という満点は理論上ありえない。他方、最低点の 0.0 はありうる。少なくとも 1 件は、それより残差の低い不動産が存在しないからである。なお、比較対象の不動産が多い場合、端数処理により複数の不動産が 0.0 のスコアをとることもある。

したがって CQA スコアは、ある不動産の属性がモデルの想定にどれだけ合致しているかを直観的に測る尺度を与える。スコアが高いほどモデルの予測との整合がよいことを示す。

もっとも、CQA スコアが取引事例の魅力の間接的な指標たりうるのは、売買の条件がその市場価値に見合っている場合に限られることを認識しておく必要がある。残差の値に市場水準を超える、あるいは下回る要素が含まれていないかどうかを、当該売買取引について包括的な説明と徹底した調査を行って見極めるのは、評価エンジニアの責任である。市場水準を大きく超える、あるいは下回る売買は頻繁ではないが、強制売却、相続裁判所の手続、当事者

の無能力、通謀といった状況では生じうる。

表 3 は、MLS データの半ば現実的な抜粋を、残差および CQA スコアとともに、総額と平方フィート当たりの双方について示したものである。本研究で分析した不動産の総数はおよそ 600 件であった。回帰にかけた変数のいくつかは表示されていない点に留意されたい。言い換えれば、ここに示す残差は、売却日その他の変数の影響を MARS 回帰が考慮した後のものである。

表 3: 残差で並べ替えた取引事例

SalePrice	Estimated SP	Residual	CQA	Residual/SF	CQA SF	GLA	SaleDate
\$3,450,000	\$2,318,865	\$1,131,135	10	\$420.50	9.98	2,690	2021-04
\$4,360,757	\$3,399,922	\$960,835	9.9	\$290.28	9.82	3,310	2021-09
\$4,000,000	\$3,134,444	\$865,556	9.8	\$234.57	9.60	3,690	2020-11
\$5,850,000	\$5,150,966	\$699,034	9.7	\$109.91	8.35	6,360	2021-12
\$3,600,000	\$3,023,366	\$576,634	9.5	\$269.46	9.79	2,140	2022-06
\$4,425,000	\$3,987,873	\$437,127	9.2	\$127.44	8.68	3,430	2021-08
\$2,530,000	\$2,164,564	\$365,436	8.9	\$180.02	9.28	2,030	2019-12
\$4,250,000	\$3,884,719	\$365,281	8.8	\$87.18	7.91	4,190	2021-08
\$3,350,000	\$3,034,613	\$315,387	8.5	\$130.87	8.75	2,410	2021-09
\$3,800,000	\$3,522,028	\$277,972	8.2	\$77.43	7.72	3,590	2020-09
\$4,200,000	\$3,963,748	\$236,252	7.8	\$56.12	6.89	4,210	2021-01
\$2,900,000	\$2,702,887	\$197,113	7.5	\$89.19	7.92	2,210	2021-07
\$4,250,000	\$4,103,885	\$146,115	6.9	\$39.38	6.29	3,710	2022-08
\$5,000,000	\$4,864,958	\$135,042	6.8	\$28.25	5.85	4,780	2021-07
\$4,320,000	\$4,199,672	\$120,328	6.5	\$33.90	6.04	3,550	2022-07
\$2,600,000	\$2,479,904	\$120,096	6.5	\$60.96	7.00	1,970	2021-10
\$3,400,000	\$3,301,146	\$98,854	6.2	\$30.32	5.90	3,260	2021-06
\$2,000,000	\$1,901,987	\$98,013	6.2	\$73.14	7.54	1,340	2019-11
\$3,000,000	\$2,919,718	\$80,282	5.9	\$26.50	5.79	3,030	2020-05
\$6,750,000	\$6,699,089	\$50,911	5.6	\$7.75	5.20	6,570	2020-08
\$5,652,000	\$5,601,570	\$50,430	5.5	\$12.83	5.37	3,930	2022-05
\$2,600,000	\$2,579,082	\$20,918	5.2	\$10.51	5.33	1,990	2022-03
\$1,925,000	\$1,905,441	\$19,559	5.1	\$11.51	5.36	1,700	2021-01
\$3,200,000	\$3,209,500	-\$9,500	4.8	-\$3.21	4.88	2,960	2020-11
\$4,150,000	\$4,187,560	-\$37,560	4.5	-\$10.49	4.68	3,580	2021-04
\$2,700,000	\$2,776,510	-\$76,510	3.9	-\$23.61	4.14	3,240	2021-07
\$3,450,000	\$3,567,668	-\$117,668	3.4	-\$31.05	3.90	3,790	2020-09
\$1,975,000	\$2,109,255	-\$134,255	3.3	-\$55.48	3.24	2,420	2020-02
\$1,950,000	\$2,085,431	-\$135,431	3.2	-\$68.40	2.86	1,980	2021-02
\$3,695,000	\$3,859,154	-\$164,154	3.1	-\$47.04	3.56	3,490	2021-05
\$2,288,000	\$2,455,747	-\$167,747	2.9	-\$56.86	3.19	2,950	2020-06
\$2,635,000	\$2,802,781	-\$167,781	2.9	-\$56.87	3.18	2,950	2020-09
\$2,050,000	\$2,217,794	-\$167,794	2.9	-\$82.66	2.46	2,030	2021-07
\$1,550,000	\$1,731,804	-\$181,804	2.7	-\$130.79	1.32	1,390	2021-05
\$2,800,000	\$3,028,411	-\$228,411	2.4	-\$81.58	2.51	2,800	2021-02
\$3,700,000	\$3,976,381	-\$276,381	1.9	-\$76.99	2.62	3,590	2021-08
\$2,517,500	\$2,834,974	-\$317,474	1.5	-\$120.71	1.48	2,630	2019-11
\$2,550,000	\$2,905,330	-\$355,330	1.1	-\$115.74	1.64	3,070	2019-12
\$1,815,000	\$2,263,944	-\$448,944	0.7	-\$273.75	0.15	1,640	2021-11
\$3,711,000	\$4,683,454	-\$972,454	0	-\$226.68	0.37	4,290	2021-12
\$2,225,000	\$3,332,960	-\$1,107,960	0	-\$370.56	0.03	2,990	2021-08
\$3,550,000	\$4,746,489	-\$1,196,489	0	-\$274.42	0.14	4,360	2022-06

12.2 CQA-残差曲線

ある近隣地域について CQA を残差/SF に対してプロットすると、必ず 図 2 に示す CQA-残差特性曲線が得られる。この図は 2022 年頃のカリフォルニア州バーリングゲームのデータを表している。CQA スコアを残差の値に対してプロットしても一般に同様の曲線が観察されるが、著者は残差/SF を用いることを好む。対象不動産の居住面積 (GLA) との関係の中で CQA を位置づけるうえで適切だからである。残差/SF に GLA を乗ずれば、ある不動産の CQA を対応する残差の値へ変換できる。

評価エンジニアは、不動産の規模、具体的には居住面積 (GLA) が残差の大きさに大きく影響するかどうかを慎重に評価しなければならない。この判断は、不動産価値を計算する最も正確な方法を決めうるという点で決定的である。たとえば、高級な厨房設備や豪華な浴室設備は住宅の残差の価値を大きく高めうる。しかし、厨房と浴室の広さや配置が概ね一様な近隣地域では、こうした改良は GLA と強くは相関しないかもしれない。残差の価値への影響は、それらが占める空間よりも、それらが体现する品質によるところが大きいのである。

逆に、不動産の外観の印象 (curb appeal) を著しく高める高価な外構の特徴や資材は、不動産の規模とより直接的な関係をもちうる。規模の大きい住宅ほど、広範な造園、上質な屋根材、広々としたパティオといった手の込んだ外構を備えることができ、それが自然に不動産全体の魅力を、ひいては残差の価値を高める。

したがって評価エンジニアは、残差を分析する際にこうした力学を考慮することが不可欠である。質の高い設備や特徴が付加する内在的な価値を評価するだけでなく、それらの改良が不動産の物理的な規模とどのように相互作用するかを理解しなければならない。この包括的な方法によって、評価は不動産の質的属性と量的属性の双方を正確に反映することになる。

そこで、CQA-残差曲線と CQA-残差/SF 曲線の双方を描いて差異を検討することが推奨される。それは市場地域におけるパターンを示唆しうる。評価エンジニアは自らのプログラムに両方の残差を計算させ、何らかの加重平均をとって対象不動産に割り当てる残差を算出することもできる。それが大きな違いを生むこともあれば、生まないこともある。

12.3 CQA 曲線の特性

状態・品質・魅力 (CQA) 曲線は、ある地域における不動産価値が魅力、状態、市場の力学に応じてどのように変動するかを理解するための精緻なモデルを与える。このモデルは、不動産市場に影響を及ぼす経済的要因と物理的要因の相互作用を捉え、さまざまな市場区分にわたる不動産評価の機微に富んだ現実を映し出す。

12.3.1 CQA 曲線の構成要素の分析

1. 曲線の左側における指数的減衰:

CQA スコアがおおよそ 2 から 0 へ下がるにつれて、不動産は急速な劣化の特徴を示す。曲線のこの部分は指数的減衰関数によってよく表され、適切な維持管理と改修がなければ不動産がいかに急速に魅力と価値を失いうるかを浮き彫りにする。木部の腐朽、色褪せ、金属の錆といった物理的な劣化がこの低下を加速させ、とりわけ定期的な維持管理がなされていない住宅で顕著である。

2. 中間域における線形の上昇:

市場の大半は通常この区分に収まり、スコアがおおよそ 2 から 8 まで、魅力はほぼ線形に増加する。この部分は、おおむね標準的な水準で維持されているが、必ずしも例外的な品質や立地を備えているわけではない不動産を表す。標準的な仕様と全体的な状態に基づいて競争的に価格づけされる住宅が大半を占める、住宅市場の広い中間層を表すものである。

3. 曲線の右側における指数成長:

ここではスコア 8 から 10 にかけて曲線が指数的に上昇し、市場の魅力の高い側を映し出す。この区分の不動産は、優れた維持管理に投資するだけでなく、不動産の魅力と価値を大きく高める改良にも投資する富裕層に属することが多い。指数的な成長は、そうした高品質の不動産の希少性と、富裕な買主の間の強い需要を反映している。また、価格の低い住宅が魅力の点で非常に高い評価を得ることもあれば、大規模で高額な住宅が低い評価にとどまることもある点を理解されたい。こうした力学は MARS の熟達した使用によって明らかになるものであり、多くの鑑定評価者は通常これを見落とす。

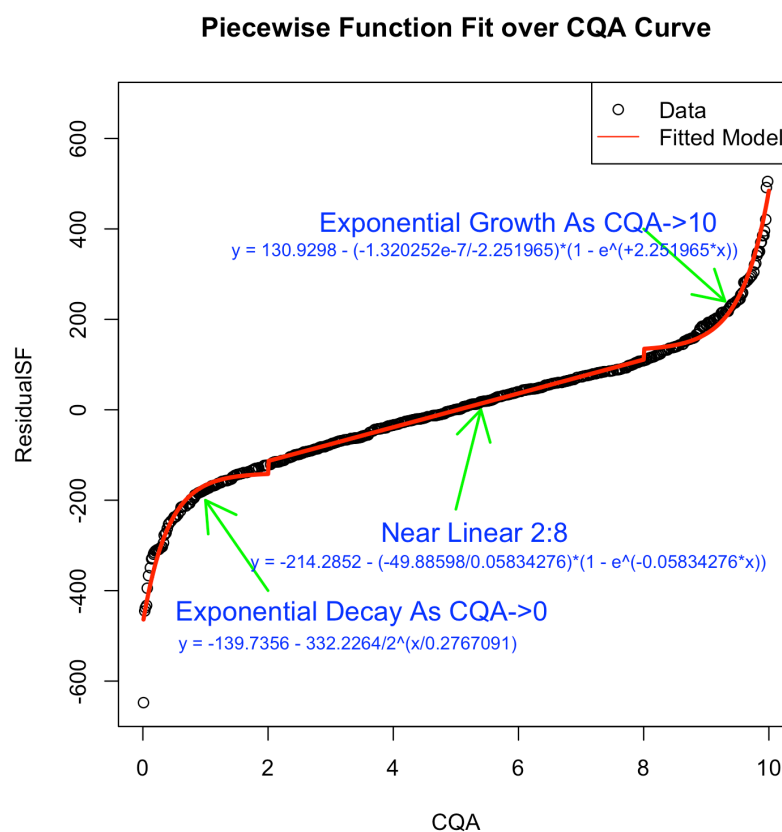
12.3.2 市場の力学と社会的含意

CQA 曲線は、地域ごとの相対的な富と経済的格差の物語を暗黙のうちに語っている。サンメイトオ郡のような地域では、バーリングゲームと、ヒルズボロ、ウッドサイド、アサートンといったより富裕な近隣地域との間の不動産価値の差が、著しい社会経済的な分断を示している。この格差は、不動産の維持管理から市場評価に至るまであらゆることに影響し、ひいては買主の属性や不動産市場の趨勢を左右する。

さらに、比較的富裕な個人が、自らが心地よく感じ、さまざまな理由で住みたいと考える中位層の近隣地域において高品質の住宅に投資する、という逸話は、不動産経済のもう一つの重要な側面 — 「過剰投資 (overbuilt)」の不動産という概念 — を際立たせる。そうした不動産は非常に魅力的ではあるものの、価格水準のより高い市場地域であれば得られたであろう価格を支払える買主を、地元では見つけられないことがある。

CQA-残差曲線は市場地域ごとに固有のものであり、分析にあたって見過ごしてはならない。

図 2: CQA-残差特性関数



12.4 対象不動産の残差

取引事例とは異なり、対象不動産には客観的に定まる残差が存在しない。それは評価エンジニア (VE) が推定しなければならない。この推定は残差制約アプローチ (RCA) のプロトコルにある程度の主観を持ち込むものであり、個人の判断が重要な役割を果たす決定的な局面を画する。

状態・品質・魅力 (CQA) スコアを推定するため、VE は順位づけされた不動産を丹念に分析し、順位表の中に識別可能なパターンを探す。この分析にはしばしば、各不動産に付された MLS の写真の詳細な検討が伴う。600 件といった大きなデータ集合について網羅的に検討することは現実的でない。そこで VE は実務的な推論を用いて、全体の順位表の中で対象不動産が占めるであろうおおよその位置を見定める。大規模な補修を要する不動産、いわゆる「要修繕物件 (fixers)」は概して下位に位置し、優れた改修と魅力を備えたものは上位に位置する傾向がある。

次に VE はより絞り込んだ手法をとり、順位表の中を「跳び移り」ながら、対象不動産の魅力に近い取引事例を特定する。範囲が狭まるにつれて、VE は不動産どうしの類似性、とりわけ品質、状態、意匠上の美観 (塗装、木工、石工、窓などの要素を含む)、機能的効用その他の関連する特徴により注意を払う。

重要なのは、VE の判断が根本において市場が形成した順位表に導かれているという点である。これにより、この過程の主観的要素は市場の現実に係留され、対象不動産の公正かつ正確な評価が目指される。

12.5 RCA の価値結論

12.5.1 一般的な考慮事項

CQA スコアの決定は、不動産の残差の推定値を確定するうえで重要である。両者は本質的に結びついているからである。CQA なしに不動産を評価することも可能ではあるが、この指標は、当該不動産が市場地域の他の不動産と比べてどこに位置するかを示すことで有益な文脈を与える。たとえば CQA スコア 3.2 は、その不動産が周辺の取引事例の 32% より魅力が高いことを示す。付与されたスコアに異議がある場合、異議を唱える者は順位表を参照し、写真による証拠その他の実質的なデータに基づいて提案する修正を正当化しなければならない。順位づけの仕組みが頑健であり、評価エンジニア (VE) がその枠組みの中に不動産を正確に位置づけているなら、大きな齟齬が生じることは考えにくい。

報告の段階では、通常、価値結論を裏づけるために最近の関連性の高い取引事例が 6 件から 12 件選定される。これらの取引事例と対象不動産との差異が分析され、変数ごとに補正が行われる。次にこれらの補正額を取引事例の純売却価格に適用して補正後売却価格を導く。数学的に示したとおり、これらの補正後価格は対象不動産の推定売却価格に収束するはずである。

12.5.2 検証、監査、苦情

対象不動産の推定残差が定まれば、すべての取引事例について残差の補正額を計算できる。これらの補正額は、関連すると判断された個別の CQA 変数に応じて VE がさらに手作業で分解を行う際の制約となる。強調しておくべきは、証明 II が確認するとおり、これらの詳細な分解は説明のためのものであり、最終的な評価には影響しないという点である。

鑑定評価の価値結論に不満をもつ利用者からの苦情に関しては、従来型の鑑定評価者は通常、価格の高いあるいは低いこの物件やあの物件がなぜ利用者の期待する価値への影響をもたないのかを説明するのに時間を空費しなければならない。RCA では、ありうるすべての取引事例 (通常 100-600 件) が価格結論とまさに同一の価値へ評価されるので、任意の不動産について

て補正額を示すのにほとんど労力を要しない。RCA の過程は、対象不動産の残差の採点を除いて、全体が自動化され客観的である。したがって RCA のもう一つの利点は、VE の主観的判断の不完全さに対する批判が主としてその一点に限られ、しかもそれを効果的かつ効率的に管理できることにある。また、 R^2 を約 80% と仮定すれば、対象不動産の残差の推定における $\pm 10\%$ の誤差が最終的な価値推定に及ぼす影響は $\pm 2\%$ の誤差にとどまる。

多くの場合、対象不動産は不動産の残差順位の中に非常にうまく収まるため、精度は $\pm 1\%$ 以内と見込むことができる。

推定残差と対象不動産の MARS による推定売却価格との和が、残差制約アプローチ (RCA) の価値結論と呼ばれる最終的な価値結論を与える。この手順は不動産評価に包括性と透明性をもたらし、評価の正確さと公正さに対する信頼を育む。

13 結論

残差制約アプローチは、三つの実質的な貢献をもつ枠組みである。第一に、少数の取引事例の集合ではなく市場全体に対してモデルを当てはめることから導かれる、構造的なアンカリング抑止の性質である (証明 I)。第二に、残差の分解が価値結論を乱すことなく説明のための層として機能することを可能にする不変性の結果である (証明 II およびそれに続く注記)。第三に、経験的な規則性 — CQA-残差特性曲線 — であり、これは市場地域を越えて、指数的・線形・指数的という特徴的な形で繰り返し現れるように見える。この枠組みの限界もまた同じく実質的である。残差の分解は不変ではあるが識別的ではなく、CQA の位置づけの手順は VE の判断に依拠しており、その判断はいまだ正式な評価者間一致の研究によって検証されておらず、精度に関する主張も代替手法との比較検証を待っている段階にある。

本稿が提示するのは枠組みとプロトコルである。本稿がいまだ提示していないが、現在進行中のより大きな研究計画が提示しつつあるのは、防御可能な既定値を備えたソフトウェアとしてこのプロトコルを実装する、実行可能で監査追跡が可能なパイプラインである。そのパイプライン — MARS の基底関数の段階を担う CRAN の earthUI パッケージ、それらの基底の上に正則化された構造モデルを構築する glmnetUI パッケージ、そして空間平滑化を担う mgcvUI パッケージ — は、本号の姉妹論文が扱う主題であり、方法としての RCA から成果物としての RCA への架け橋である。鑑定評価規制における教義と実務の乖離 (Craytor, 2026、本号) は、その架け橋がなぜ重要かを示している。すなわち、鑑定評価の産物は経済的には将来を見据えたリスク情報として消費されており、現在価値についての意見を監査可能かつ再現可能にする枠組みは、その将来志向の用途に誠実に向き合うための前提条件である。RCA は、このより大きな企ての一手にすぎない。それが企ての全体ではないし、本稿もそう主張するものではない。

参考文献

- Ambrose, Brent W. et al. (2025). “Do Appraiser and Borrower Race Affect Mortgage Collateral Valuation?” In: *Review of Finance*. DOI: [10.1093/rof/rfaf046](https://doi.org/10.1093/rof/rfaf046).
- Craytor, William Bert (2026). “The Doctrine–Practice Gap in Real Estate Appraisal: A Structured Account of Functions, Boundaries, and Tensions”. In: *Valuation Engineer Journal* 1.1.
- Friedman, Jerome H. (1991). “Multivariate Adaptive Regression Splines”. In: *The Annals of Statistics* 19.1, pp. 1–141.
- Hastie, Trevor, Robert Tibshirani, and Jerome H. Friedman (2017). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Second. Springer Series in Statistics. New York, NY: Springer. ISBN: 978-0-387-84857-0.
- James, Gareth et al. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer Texts in Statistics 103. New York: Springer. ISBN: 978-1-4614-7137-0.
- Krivorotov, George and Michael LaCour-Little (2020). “AVM versus Appraisal-Based Underwriting in Refinance Mortgages: The Trade-off Between Noise and Bias”. In: *SSRN Electronic Journal*. DOI: [10.2139/ssrn.3603327](https://doi.org/10.2139/ssrn.3603327).
- Kuhn, Max and Kjell Johnson (2016). *Applied Predictive Modeling*. Corrected at 5th printing. New York: Springer. ISBN: 978-1-4614-6848-6.
- Milborrow, Stephen (2024a). *Earth: Multivariate Adaptive Regression Splines*. R Package. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=earth>.
- (2024b). *Notes on the Earth Package*. Tech. rep. URL: <http://www.milbo.org/doc/earth-notes.pdf>.
- (2024c). *Variance Models in Earth*. Tech. rep. URL: <http://www.milbo.org/doc/earth-varmod.pdf>.

- Perry, Andre M., Jonathan Rothwell, and David Harshbarger (2018). *The Devaluation of Assets in Black Neighborhoods*. Tech. rep. Brookings Institution.
- Perry, Andre M., Jonathan Rothwell, J. Williamson, et al. (2024). *How Racial Bias in Appraisals Affects the Devaluation of Homes in Majority-Black Neighborhoods*. Tech. rep. Brookings Institution.
- Property Appraisal and Valuation Equity Task Force (2022). *Action Plan to Advance Property Appraisal and Valuation Equity*. Tech. rep. U.S. Department of Housing and Urban Development.
- Tzioumis, Konstantinos (2016). “Appraisers and Valuation Bias: An Empirical Analysis”. In: *Real Estate Economics* 45.3, pp. 679–712. DOI: [10.1111/1540-6229.12133](https://doi.org/10.1111/1540-6229.12133).
- Williamson, Jake and Mark Palim (2022). *Appraising the Appraisal: A Closer Look at Divergent Appraisal Values for Black and White Borrowers Refinancing Their Home*. Tech. rep. Fannie Mae.
- Zhang, Wengang (2020). *MARS Applications in Geotechnical Engineering Systems: Multi-Dimension with Big Data*. Singapore: Springer. ISBN: 978-981-13-7421-0.

earthUI: earth (MARS) パッケージのための対話型インターフェース

日本語訳。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor

第 1 巻第 1 号 · 2026 年夏号

発行日: 2026 年 7 月 1 日

DOI: [10.67330/7fj41b65](https://doi.org/10.67330/7fj41b65)

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文はオープンアクセス論文であり、[クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) の条件に従って配布される。

要旨. earthUI は、多変量適応回帰スプライン (MARS, multivariate adaptive regression splines) を実装した R `earth` パッケージのためのグラフィカルユーザインターフェース (graphical user interface) である。一般的な予測モデリング、不動産の鑑定評価、市場地域分析という三つの用途モードを提供し、データの取り込み、モデルの構成、当てはめ、そして `earth` の診断情報とグラフィック出力の解釈に至るまで利用者を導く。本論文は、earthUI のデータ形式要件、モデリングの作業手順、出力画面、および全機能のリファレンスを文書化する。

キーワード: MARS, 多変量適応回帰スプライン, `earth`, R, グラフィカルユーザインターフェース, 不動産評価

発行者注記 (2026 年 7 月): 本論文は earthUI 0.10.0 を対象としている。印刷直前に、earthUI 0.11.0 が姉妹アプリケーションである `glmnetUI` と `mgcvUI` (続く二編の論文で解説する) を統合し、MARS、エラスティックネット、GAM の作業手順を単一のアプリケーションにまとめた。ここで解説するインターフェースと作業手順は、この統合による変更を受けない。

目次

1	序論	4
1.1	earthUI とは何か	4
1.2	一つのパッケージ、三つのルーチン	4
1.3	三つの用途モード	4
1.4	不動産に固有の機能	5
1.5	earthUI と vProlog のインストール	5
1.6	使い始め方	6
2	MLS 入力データの要件	7
2.1	ファイル形式と構造	7
2.2	鑑定評価モードで必要となる列	7
2.3	特殊列の命名規約	8
2.4	データの品質と完全性	8
2.5	対象不動産の行の配置	9
3	一般用途モード	10
3.1	概要	10
3.2	サイドバーの作業手順	10
3.3	メインパネルのタブ	10
3.4	設定の永続化	11

3.5	ダークモード	11
3.6	ロケールと地域設定	11
3.6.1	対応国	12
3.6.2	用紙の上書き	12
3.6.3	既定値の保存	12
4	鑑定評価モード	14
4.1	対象不動産の行の取扱い	14
4.2	基準日と経過日数	14
4.3	特殊列の指定	14
4.4	残差寄与（希少特性の推定）	15
4.5	RCA 補正の概要	15
5	市場地域分析モード	17
5.1	鑑定評価モードとの相違	17
5.2	市場モードを用いるべき場面	17
6	変数の選択	18
6.1	目的変数	18
6.2	予測変数表	18
6.3	データ型の検出と上書き	18
6.4	Factor フラグと Linear フラグ	19
6.5	特殊列型リファレンス	19
6.6	複数の目的変数	20
7	パラメータの選択	21
7.1	基本パラメータ	21
7.2	前進パス	21
7.3	許容する交互作用	22
7.4	枝刈り	22
7.5	交差検証	22
7.6	部分集合フィルタ	23
7.7	パラメータの推奨値	23
7.7.1	前進パスのパラメータ	23
7.7.2	枝刈りのパラメータ	24
7.7.3	交差検証のパラメータ	24
7.7.4	分散モデル	25
7.7.5	Earth の出力ファイル	25
7.8	設定の既定値	25
8	Earth モデルの当てはめ	27
8.1	Fit ボタン	27
8.2	当てはめのモーダルとトレース出力	27
8.3	当てはめログ	27
9	データのダウンロード	28
9.1	出力の列	28
9.2	列の順序と Excel の書式	28
9.3	CQA の評点	29
9.4	並べ替えと対象不動産の行	29
9.5	mgcvUI への自動書き出し	29
9.6	glmnetUI への取り込み	30

9.6.1	主な利点	30
9.6.2	重要: 重みの列が一致していなければならない	30
9.6.3	作業手順	30
10	RCA の計算とダウンロード	31
10.1	RCA ダイアログを開く	31
10.2	CQA の評点の内挿	31
10.3	出力の列	31
10.4	RCA Adjustments タブ	32
11	取引事例比較表	33
11.1	概要と目的	33
11.2	取引事例選択のモジュール	33
11.3	表の配置	33
11.4	売買価格、譲歩額、純売買価格	34
11.5	まとめられた行 (位置、敷地、築年数)	34
11.6	モデル変数の行	34
11.7	CQA Residual の行と残差特性の行	34
11.8	補正後売買価格の数式	35
11.9	シートの保護と編集可能なセル	35
11.10	Excel での表の扱い方	35
12	レポートのダウンロード	36
12.1	Quarto レポートの生成	36
12.2	Quarto レポートの変換	36
12.3	レポートの内容	36
13	後処理モジュール: エラスティックネットと GAM	38
13.1	なぜ補強のための当てはめを行うのか	38
13.2	起動と共有される状態	38
13.3	エラスティックネットのルーチン	38
13.4	GAM のルーチン	38
13.5	実務上の作業手順	39
14	デモデータセット: Appraisal_1.csv	40
14.1	記述	40
14.2	列	41
14.3	推奨する手早い始め方	41
15	実験的機能: Prolog によるテキスト抽出と導出規則	43
15.1	何をするのか	43
15.2	要件: SWI-Prolog ではなく vProlog (Trealla)	43
15.3	有効化と実行	44
15.4	導出規則	44
15.5	版を付した有効データファイル	45
15.6	プログラムからの利用と同梱ファイル	45
15.7	関連する実験: 気候地域の事前情報	45
15.7.1	カリフォルニアを超えて: 法域パックと市場地域モジュール	45

1 序論

1.1 earthUI とは何か

earthUI は、多変量適応回帰スプライン (MARS, multivariate adaptive regression splines) を実装した R `earth` パッケージのためのグラフィカルユーザーインターフェースである (Friedman 1991)。モデリングエンジンは Stephen Milborrow の `earth` パッケージであり (Milborrow 2024)、Milborrow (n.d.[a]) および Milborrow (n.d.[b]) に詳細に文書化されている。earthUI はローカルの Shiny アプリケーションとして動作し、ログインもサーバもアカウントも存在しない。R から起動し、データセット (CSV または Excel) を取り込み、モデルを構成して、対話的に当てはめを行う。

本アプリケーションは、データの取り込み、変数の構成、モデルの当てはめ、診断プロット、変数重要度、モデル方程式、そして HTML、Word、PDF 形式でダウンロードできるレポートに至る、完全な作業手順を提供する。

1.2 一つのパッケージ、三つのルーチン

現行リリースの時点で、earthUI パッケージは二つの後処理モジュール (Post Processing Module) をも内包している。これらは以前のリリースでは `glmnetUI` と `mgcvUI` という別個のパッケージであった。earthUI をインストールすれば三つのルーチンがすべて導入され、それぞれが独自のローカル Shiny アプリケーションとして動作する。

- `earthUI::launch()` — 本論文で解説する `earth` (MARS) アプリケーションであり、ポート 7878 を使用する。`earth()` が中心的な評価エンジンである。
- `earthUI::launch_glmnet()` — エラスティックネットの後処理モジュール (ポート 7879) であり、`earth` モデルの基底関数を取り込み、ラッソ/エラスティックネット正則化のもとで再推定する (後述の “`glmnetUI Import`” を参照)。
- `earthUI::launch_mgcv()` — GAM の後処理モジュール (ポート 7880) であり、`earth` モデルのノット位置を `mgcv` の平滑化項の出発点として用いる (後述の “`mgcvUI Auto-Export`” を参照)。

三つのルーチンは、一つのプロジェクトツリー、一つの設定データベース、そして支援基盤の一つの複製を共有する。したがって、あるアプリケーションで開いたプロジェクトは、ただちに他のアプリケーションでも利用できる。`glmnet` ルーチンと `mgcv` ルーチンは、競合する作業手順ではなく、`earth` モデルの価値結論を裏づける証拠である。意図されている進め方は、まず `earth` モデルを当てはめて洗練させ、その後、裏づけが必要になったときに同じプロジェクトに対してモジュールを実行するというものである。

1.3 三つの用途モード

earthUI は作業をプロジェクトという単位で組織する。プロジェクトとは、入力ファイル、出力物、設定を固定された場所にまとめて保持する、名前を与えられた実体である。すべてのプロジェクトは **Purpose** (用途) をもち、これはプロジェクト作成時に新規プロジェクトウィザードで選択する。モードは三つである。

- **General** (一般) — あらゆる種類の母集団またはデータセットに対する Earth 回帰。既定のモードである。領域固有の追加機能をもたない、完全な MARS モデリングの作業手順を提供する。
- **For Appraisal** (鑑定評価用) — 不動産の鑑定評価に合わせた Earth 回帰。対象不動産の取扱い、特殊列の指定、残差制約アプローチ (RCA, Residual Constraint Approach)、取引事例比較表の生成など、単一不動産の評価に固有の機能を追加する。
- **Market Area Analysis** (市場地域分析) — 市場地域の研究に合わせた Earth 回帰。単一の対象不動産を評価するのではなく、画定された市場内の不動産群を分析するための機能を追加する。

三つのモードのいずれにおいても、中核のモデリングエンジンは同一であり、利用者は常に Earth (MARS) モデルを当てはめている。用途の設定は、どの追加ツールとインターフェース要素が利用可能になるかを制御するにすぎない。

用途はプロジェクトごとに固定される。プロジェクトの用途は、その国、州、郡、市とともに、プロジェクト作成の時点で確定する。別のプロジェクトに切り替えると、earthUI は清浄な既定状態に戻り（取り込んだデータ、モデル結果、タブ、変数構成、earth のパラメータはすべて消去される）、続いてそのプロジェクトの用途について保存された構成を復元する。

1.4 不動産に固有の機能

For Appraisal または **Market Area Analysis** を選択すると、earthUI は不動産分析のために設計されたいくつかの機能を有効にする。

- **特殊列の指定** — 各予測変数には、contract_date、dom、concessions、latitude、longitude、living_area、lot_size、actual_age、effective_age、area、site_dimensions、display_only といった特殊な役割を付与できる。これらの指定は、当てはめ、出力、取引事例比較表の生成において当該列がどのように扱われるかを制御する。完全なリファレンスは第 6 章を参照せよ。
- **緯度と経度の丸め** — 緯度または経度として指定された列は、過適合を防ぐために自動的に小数点以下 3 桁に丸められる。
- **Sale Age 列** — ある列が contract_date として指定され、かつ基準日 (Effective Date) が与えられている場合、earthUI は sale_age 列（売買日と基準日との間の日数）を計算し、これを予測変数として代置する。
- **RCA 計算（鑑定評価モード専用）** — 鑑定評価モードでは、モデルを当てはめた後に earthUI が残差制約アプローチ (RCA) の出力を計算できる。これは取引事例ごとの補正、純補正／総補正の要約、および対象不動産の補正後売買価格を生成する。
- **取引事例比較表（鑑定評価モード専用）** — 取引事例の補正、残差特性の内訳、補正後売買価格に関する数式を備えた複数シートの Excel ワークブックを生成する。第 11 章を参照せよ。

ヒント: General 用途モードは、金融、科学、工学、不動産のいずれのデータセットにも通用する。鑑定評価モードと市場モードは、不動産の専門家のための便宜的な機能を加えるにすぎない。

1.5 earthUI と vProlog のインストール

earthUI は CRAN で公開されているので、標準的なインストールは R の一行で済む。

```
install.packages("earthUI")
```

本論文は現行リリースを解説している。読者がこれを読む時点で CRAN がなお旧版を配布している場合には、開発版を GitHub からインストールできる（subdir に注意されたい。パッケージはリポジトリの pkg/ フォルダに置かれている）。

```
remotes::install_github("wcraytor/earthUI", subdir = "pkg")
```

vProlog (任意)。実験的な備考欄処理機能（本論文の末尾近くの “Prolog Text Extraction” を参照）は、自己完結型の組込み Prolog エンジンである vProlog パッケージを用いる。これは意図的に必須の依存関係とはされていない。earthUI は vProlog なしでもインストールでき、動作もする。Prolog 関連の機能は、vProlog が存在するようになるまで単に無効のままである。vProlog は著者の r-universe リポジトリを通じて配布されており、Windows と macOS 向けのビルド済みバイナリが提供される（コンパイラ環境は不要である）。

```
install.packages("vProlog",  
  repos = c("https://wcraytor.r-universe.dev",  
    getOption("repos")))
```

システムへの Prolog (SWI-Prolog その他) の導入は一切必要ない。Trealla エンジン
はパッケージ自体に組み込まれているからである。本論文のそれ以外の内容は、vProlog なし
でも成立する。

1.6 使い始め方

earthUI を使うには、次のようにする。

1. 上述のとおり CRAN からパッケージをインストールする。
2. **アプリケーションを起動する**。R で `earthUI::launch()` を実行するか、コマンドラインから `Rscript -e 'earthUI::launch()'` を実行する。アプリはウェブブラウザ上のポート 7878 で開く。ブラウザで `http://localhost:7878` に移動して直接アクセスすることもできる。(後処理モジュールも同じ方法で起動する。`launch_glmnet()` はポート 7879、`launch_mgcv()` はポート 7880 である。)
3. サイドバーのセクション 1 で**プロジェクトを作成または開く**。新規プロジェクトウィザードは、プロジェクト名、Purpose (General、For Appraisal、Market Area Analysis のいずれか)、所在地 (国、州、郡、市)、および任意で初期データファイルを受け取る。データファイルはプロジェクトの `in/` フォルダにコピーされる。
4. セクション 2 で**データを取り込む**。ここには、有効なプロジェクトの `in/` フォルダにある CSV ファイルと Excel ファイルが一覧表示される。Finder や Explorer から手動で追加したファイルは、更新 (Refresh) をクリックすると現れる。
5. **変数を構成する** — 目的変数と予測変数を選び、データ型を設定し、必要に応じて特殊列の役割を割り当てる。
6. **Earth パラメータを設定する** — `degree`、`nprune`、部分集合フィルタ、その他の `earth()` 引数を指定する。
7. **モデルを当てはめる** — “Fit Earth Model” をクリックし、メインパネルで結果を確認する。
8. **書き出す** — 予測値を Excel としてダウンロードし、Quarto レポート一式を生成し、あるいは (鑑定評価モードでは) RCA 補正と取引事例比較表を計算する。

設定はプロジェクトデータベースにサーバ側で保存され、プロジェクトと用途をキーとする。保存はセクション 3 およびセクション 4 の “Save current as default” ボタンによって行う (第 3 章 “Settings Persistence” を参照)。

2 MLS 入力データの要件

不動産の鑑定評価および市場分析の作業手順では、入力データは通常、複数リスティングサービス (MLS, Multiple Listing Service) からの書き出しに由来する。本章では、想定されるファイル構造と、earthUI が利用できる列について解説する。

2.1 ファイル形式と構造

earthUI は CSV と Excel (.xlsx、.xls) のファイルを受け付ける。取り込みの際、列名は自動的に snake_case に変換される。たとえば “Living SqFt” は living_sqft に、“Contract Date” は contract_date に、“Sale Price” は sale_price になる。この正規化により、作業手順の全体を通じて一貫した列参照が保証される。取り込み時に用いる CSV の区切り文字と小数点記号は、ロケール設定によって決まる（第 3 章 “Locale & Regional Settings” を参照）。

データファイルは、1 不動産につき 1 行、1 属性につき 1 列の平坦な表でなければならない。ファイルの最初の行には列見出しが含まれている必要がある。

2.2 鑑定評価モードで必要となる列

earthUI はどのような列の組合せでも動作するが、完全な鑑定評価の作業手順（RCA 補正と取引事例比較表）は、MLS の書き出しに以下の列があると効果を発揮する。

列	特殊型	用途
Sale Price	(目的変数)	モデルの応答変数
Contract Date	contract_date	sale_age（基準日からの日数）の計算に用いる
Listing Date	listing_date	DOM 列がない場合に、契約日と併せて DOM を計算するために用いる
Days on Market	dom	市場滞留日数。取引事例比較表に表示される
Concessions	concessions	売買時の譲歩。取引事例比較表では Net SP = Sale Price – Concessions となる
Living Area (SF)	living_area	平方フィート当たり残差 (residual_sf、cqa_sf) を有効にする
Lot Size	lot_size	取引事例比較表の “Site Size Dimensions” 行にまとめられる
Site Dimensions	site_dimensions	取引事例比較表で敷地面積とまとめられる
Latitude	latitude	小数点以下 3 桁に丸められる。近接性の計算と Location グループに用いる
Longitude	longitude	小数点以下 3 桁に丸められる。近接性の計算と Location グループに用いる
Area ID	area	取引事例比較表の “Loc: Long Lat Area” 行にまとめられる
Actual Age	actual_age	取引事例比較表の “Actual Age Effective Age” 行にまとめられる
Effective Age	effective_age	取引事例比較表で実際の築年数とまとめられる
Parcel Number	(なし)	取引事例比較表の APN 行に表示される
Listing ID	(なし)	取引事例比較表の APN 行に表示される
Address	display_only	取引事例比較表の Address 行に表示される。モデルからは除外される

表計算ソフトの列名は外国語であってもよい。“特殊” な名称が英語であるのは、R のプログラムがそれらを特別に扱えるようにするためである。それ以外の場合、与えられた列名

は回帰モデル、グラフ、そして（鑑定評価を行う場合は）中間取引事例比較表にそのまま現れる。

すべての列が必須というわけではない。earthUI は適応的であり、ある列が欠けていれば、対応する機能が単に省かれるだけである。たとえば `concessions` 列が指定されていなければ、取引事例比較表の Net SP 行には譲歩額を控除しない売買価格が表示される。ただし、不動産の価格モデルにおいては、許容できる当てはまりを得るために、いくつかの列が強く推奨される。

1. **Sale Age** — 契約による売買の日付と、鑑定評価または分析の基準日との間の日数。複数年にわたる売買履歴を、とりわけ 5 年を超える期間について用いる場合、`sale_age` は売買価格の推定において中心的な役割を果たすことが多い。実際、その重要性はしばしば大きく、これがなければ earthUI がモデルをまったく提示できないこともある。
2. **Living Area** — “Living Sqft”、“GLA”（総居住面積）などの名称でも呼ばれる。これも売買価格を左右する主要な決定要因の一つである。
3. **Total Bath Count** — フルバス、1/4 バス、ハーフバス、3/4 バスの合計数。たとえばフルバス 2 つとハーフバス 1 つであれば 2.5 となる。
4. **Garage Bays** または **Garage Area** — ガレージの収容台数、またはガレージの平方フィート数。
5. **Lot Size** — 不動産の土地面積。通常は平方フィートまたはエーカーで表す。
6. **Longitude**、**Latitude**、および利用できる場合は **Area ID**。これらに対する補正は、取引事例比較表では単一の Location 補正としてまとめられる。

2.3 特殊列の命名規約

earthUI は列を、その列名によってではなく、**特殊型の指定**によって識別する。MLS の書き出しにおいて列にどのような名前を付けてもかまわない。重要なのは、変数構成表（第 6 章）で正しい特殊型を割り当てることである。

たとえば、利用している MLS は居住面積を “GLA”、“Living SqFt”、“liv_area”、“gross_living_area” などとして書き出すかもしれない。取り込み後（snake_case に変換される）、Special のドロップダウンで `living_area` と指定すればよい。そうすれば、earthUI は元の名称にかかわらず、その列を平方フィート当たり残差の計算と取引事例比較表のグループ化に用いる。

2.4 データの品質と完全性

- **欠測値 (NA)**: 予測変数または目的変数の列に NA を含む行は、当てはめの前に自動的に除去される。`na.action` は内部的に常に `na.fail` に設定されており、NA の除去は `earth()` の呼出しに先立って処理される。
- **日付列**: 日付は R が解釈できる形式（たとえば 2025-06-15、06/15/2025、June 15, 2025）であるべきである。earthUI は、値の 80% 以上が正しく解釈できる場合に、その列を日付列として自動検出する。2 桁の年（たとえば 06/15/25）は最も近い該当年として読まれるので、近年の MLS の書き出しは正しく解釈される。4 桁の年は常に文字どおりに受け取られる。
- **数値列**: 売買価格、居住面積、敷地面積、譲歩額などの項目は数値でなければならない。MLS が通貨記号や桁区切りを伴って価格を書き出す場合（たとえば “\$350,000” や “350.000,00”）、取り込みの前にこれらを整える必要があるかもしれない。
- **因子列**: 地区 ID、様式、状態といったカテゴリ変数は、扱える範囲の個数の異なる値を含むべきである。earthUI は因子を自動検出するが、その検出結果は上書きできる。

ヒント: 取り込み後は予測変数表の T/F/NA 列を確認せよ。各列の真／偽／NA の件数が示される。欠測値が 30% を超える列は赤で強調される。NA の多い列を除外するか、取り込み前にデータを整えることを検討されたい。

2.5 対象不動産の行の配置

Appraisal（鑑定評価）モードでは、第 1 行が対象不動産でなければならない。残りのすべての行は取引事例である。対象不動産の売買価格は空欄 (NA) のままでもよく、任意の値を入れてもよい。いずれにせよ、earthUI は当てはめの間これを NA として扱う。

Market Area Analysis（市場地域分析）モードでは、第 1 行に対象不動産を置くことは任意であり、自動的に除外される行はない。対象不動産の行（あるいは他の任意の行）を当てはめから外したい場合は、指定した重み列でその行に 0 の値を与えるか、部分集合フィルタを用いる。

General（一般）モードでは、行の特別な取扱いはなく、すべての行が等しく扱われる。

3 一般用途モード

3.1 概要

一般用途 (General Purpose) モードは、earthUI を起動したときの既定である。これは不動産に限らず、あらゆるデータセットに対して完全な MARS モデリングの作業手順を提供する。科学データ、財務分析、工学研究、あるいは変数間の非線形な関係や交互作用を探索したい任意の回帰問題に、earthUI を用いることができる。

General モードでは、インターフェースは不動産に固有の機能（特殊列、sale age、座標の丸め、RCA）を省く。サイドバーは、変数の選択、パラメータの構成、モデルの当てはめ、書き出しに集中できるよう簡素化される。

3.2 サイドバーの作業手順

サイドバーは番号付きの折りたたみ可能なセクションに整理されており、プロジェクトの選択から書き出しまでを案内する。

1. Project — 既存のプロジェクトを選ぶか、新規プロジェクトウィザードで新しいものを作成する。ウィザードは用途、国、行政上の所在地（いずれも作成後は変更不可）を受け取る。有効なプロジェクトによって、入力ファイルをどこから読み、すべての出力をどこへ書くかが決まる。出力フォルダを指定する別個の入力欄は存在しない。

2. Import Data — 有効なプロジェクトの in/ フォルダから CSV または Excel のファイルを選ぶ。Refresh リンクは、手動で追加されたファイルを探すためにフォルダを再走査する。複数のシートをもつ Excel ファイルの場合には、シート選択欄が現れる。列名は自動的に snake_case に変換される。

3. Variable Configuration — 目的変数の選択欄（複数の目的変数に対応）、基準日 (Effective Date)、そして Include、Factor、Linear、Latent のチェックボックスを備えた予測変数表。詳細は第 6 章を参照せよ。

4. Earth Call Parameters — earth() 関数へのすべての引数、すなわち degree、penalty、nk、枝刈りの方法、交差検証などである。パラメータの完全なリファレンスは第 7 章を参照せよ。

Execute Prolog Processing — セクション 4 とセクション 5 の間に置かれた、番号のない任意のセクションであり、設定で実験的な Prolog 機能を有効にしない限り無効である。第 15 章を参照せよ。

5. Fit Earth Model — 乱数シードの入力欄と、モデルを非同期に実行するボタン。当てはめの詳細は第 8 章を参照せよ。

6. Download Estimated Target Variable(s) & Residuals — （鑑定評価モードと市場モードでは “Download Estimated Sale Prices & Residuals” と表示される）予測値、残差、CQA スコア、g 関数ごとの寄与を Excel ファイルとして書き出す。第 9 章を参照せよ。

7–8. RCA Adjustments と Sales Grid — 鑑定評価モード専用。第 10 章および第 11 章を参照せよ。

9. Generate Quarto Report — 自己完結型の Quarto レポート一式（.qmd のソースと付随資源）をプロジェクトの出力フォルダに書き出す。鑑定評価モード以外では番号は 7 となる。第 12 章を参照せよ。

10. Convert Quarto Report — 任意の .qmd ファイルを HTML、Word、PDF に変換する。第 12 章を参照せよ。

3.3 メインパネルのタブ

当てはめの後、メインパネルは 10 個のタブを提供する。

タブ	内容
Data	取り込んだデータのプレビュー。鑑定評価モードでは、対象不動産の表と取引事例の表に分かれる。
Equation	当てはめたモデルの方程式を LaTeX/MathJax で表示し、各基底関数とその係数を示す。
Summary	主要な指標 (R^2 、GRSq、GCV、RSS、 $CV R^2$) と係数の表。
Variable Importance	予測変数の重要度スコアの棒グラフと順位表。
Contribution	g 関数の寄与プロット。ドロップダウンから g 関数を選ぶ。1 変数の予測変数は折れ線プロットを、2 変数の交互作用 ($\text{degree} \geq 2$) は 3 次元の透視図と等高線プロットを表示する。
Correlation	予測変数間の相関のヒートマップ。
Diagnostics	3 つのプロット、すなわち残差対当てはめ値、正規 Q-Q、実測値対予測値。
RCA Adjustments	(鑑定評価モード専用) 取引事例全体にわたる Residual Adj %、Net Adj %、Gross Adj % のヒストグラム。ステップ 7 (Calculate RCA Adjustments) の完了後に表示される。
Residual Contribution	モデルの残差を、モデルが一度も用いなかった列に対してまとめて回帰することにより、希少なまたは除外された特性の市場寄与を推定する (subsection 4.4 を参照)。
ANOVA	各基底関数の RSS への寄与を示す ANOVA 分解表。
Earth Output	'earth::summary()' からの生のテキスト出力であり、枝刈りパスの詳細を含む。

3.4 設定の永続化

earthUI は構成をサーバ側のプロジェクトデータベース (regProj のルートにある projects.sqlite) に、プロジェクトと用途をキーとして保存する。保存はボタン駆動である。セクション 3 の “Save current as default” ボタンは目的変数、基準日、予測変数の構成を保存し、セクション 4 のボタンは earth の呼出しパラメータと Allowed Interactions 行列を保存する。各ボタンは自らの担当分だけを更新するので、互いを壊し合うことがなく、**当てはめによる自動保存は行われない**。したがって、保存済みの既定値を上書きすることなく自由に試行できる。一つのプロジェクトに属する複数の入力ファイル (小さな検証用抽出、完全なデータセット) は一つの構成を共有する。設定はプロジェクトツリーの中に置かれているので、regProj フォルダを同期、バックアップ、共有する際には設定も一緒に移動する。

3.5 ダークモード

右上隅の月／太陽のアイコンをクリックすると、明るいテーマと暗いテーマを切り替えられる。テーマの選好はローカルストレージに保存され、セッションをまたいで維持される。

3.6 ロケールと地域設定

earthUI は、国を基礎とするロケール体系を通じて、国際的な数値、日付、CSV の書式規約に対応する。上部メニューバーの **Settings** (歯車) メニューにある **Country** ドロップダウンで、対応する 31 か国のプリセットを選択する。各プリセットは以下を構成する。

- **CSV の区切り文字** — 米国／英国／日本ではコンマ (,)、コンマを小数点記号として用いる欧州の大半ではセミコロン (;)。
- **小数点記号** — ピリオド (.) またはコンマ (,)。
- **桁区切り** — コンマ (米国／英国／日本)、ピリオド (ドイツ／イタリア／スペイン)、空白 (フィンランド／フランス／ポーランド／バルト三国／ウクライナ／ロシア)、ま

たはアポストロフィ（スイス）。

- **日付書式** — MM/DD/YYYY（米国）、DD/MM/YYYY（欧州の大半）、または YYYY-MM-DD（スウェーデン／リトアニア／日本／カナダ）。
- **用紙サイズ** — レター（米国／カナダ／メキシコ）または A4（それ以外のすべて）。

3.6.1 対応国

国	CSV 区切り	小数点	桁区切り	日付	用紙	
米国、カナダ (csv)	,	.	,	MDY/YMD	レター	
英国、アイルランド、豪州、NZ	,	.	,	DMY	A4	
ドイツ、オーストリア、ベルギー、オランダ、イタリア、スペイン、ポルトガル、デンマーク、ブラジル	;	,	.	DMY	A4	
フランス、ポーランド、チェコ、ノルウェー、ラトビア、エストニア	;	,	(空白)	DMY	A4	
フィンランド、スウェーデン	;	,	(空白)	DMY/YMD	A4	
スイス	;	,	,	DMY	A4	
ウクライナ、ロシア	;	,	(空白)	DMY	A4	
トルコ	;	,	.	DMY	A4	
日本、韓国	,	.	,	YMD	A4	
メキシコ	,	.	,	DMY	レター	
リトアニア	;	,	(空白)	YMD	A4	

3.6.2 用紙の上書き

国の選択欄の下にある **Paper** ドロップダウン（レターまたは A4）により、国を切り替えることなくレポートの用紙サイズを上書きできる。CSV の区切り文字、小数点記号、日付書式の順序は、選択した国のプリセットに従う。国を変更すると、用紙の上書きはその国の既定値に戻る。

3.6.3 既定値の保存

設定メニューで **Save** をクリックすると、ロケールの選好が全体設定として保存される。これらの既定値は、どのプロジェクトを開くかにかかわらず、以後のすべてのセッションに適用される。プロジェクトごとの設定（目的変数、予測変数、パラメータ）はプロジェクトデータベースに別途保存される。ロケールの既定値は、利用者単位の SQLite データベースを介してすべてのプロジェクトにわたって保持される。この 2 階層の仕組みは、複数国のデータを扱う監査法人のような組織のために設計されている。最も多く扱う国を既定として設定し、必要に応じて調整すればよい。

ヒント: プロットの軸と傾きのラベルにおける数値の書式は、ロケールに自動的に適応する。ドイツのロケールは桁区切りにピリオドを用い (200.000)、フィンランドは空白を (200 000)、スイスはアポストロフィを用いる (200'000)。通貨記号は表示されない。earthUI は通貨に依存しないからである。

4 鑑定評価モード

Purpose として **For Appraisal** を選択すると、earthUI は単一不動産の評価に向けて自らを構成する。第 3 章で解説した機能はすべて引き続き利用できる。本章では、鑑定評価に固有の追加事項のみを扱う。

4.1 対象不動産の行の取扱い

鑑定評価モードでは、データセットの第 1 行が対象不動産であり、残りのすべての行は取引事例である。入力ファイルはそれに従って整理されていなければならない（第 2 章を参照）。対象不動産の売買価格は空欄のままでよく、任意の値を入れてもよい。earthUI は当てはめの間、これを自動的に NA として扱う。

取り込みの後、Data タブは二つの部分に分かれる。**Subject Property**（第 1 行）と **Comparable Sales**（第 2 行以降）である。第 1 行は常にモデルの当てはめから除外され、“Skipping row 1 (subject). Fitting on N rows.” という通知がこれを確認する。当てはめの後も、モデルは対象不動産の行に対する予測値を生成し、出力では `est_<target>` として示される。

4.2 基準日と経過日数

Effective Date（基準日）の入力欄は、どの用途モードでも変数構成のセクションに現れる（既定値は当日の日付である）。鑑定評価に限らず、一般分析や市場分析にも基準日はある。ただしこれが実際に用いられるのは鑑定評価モードと市場モードだけである。そこでは、Special 列のドロップダウンでいずれかの列を `contract_date` と指定すると、earthUI は `sale_age` 列、すなわち各売買の契約日と基準日との間の整数日数を計算する。この列は、予測変数として元の日付列に取って代わる。

契約日を指定した後、初めて Fit をクリックしたとき、earthUI は `sale_age` 列を作成し、それを組み込むためにもう一度 Fit をクリックするよう通知する。

4.3 特殊列の指定

鑑定評価モードと市場モードでは、変数構成表の各予測変数に **Special** のドロップダウンが現れる。特殊型の完全な一覧と、その効果は次のとおりである。

特殊型	効果
no	既定。特別な取扱いをしない
contract_date	基準日からの sale_age の自動計算を起動する
listing_date	dom 列がない場合に、契約日と併せて DOM を計算するために用いる
dom	市場滞留日数の列を識別する。取引事例比較表に表示される
concessions	売買時の譲歩を識別する。取引事例比較表の Net SP の算式 (Sale Price – Concessions) に用いる
latitude	値を小数点以下 3 桁に丸める。ハーバーサイン距離による近接性と、取引事例比較表の Location グループに用いる
longitude	値を小数点以下 3 桁に丸める。ハーバーサイン距離による近接性と、取引事例比較表の Location グループに用いる
area	取引事例比較表の "Loc: Long Lat Area" 行にまとめられる
living_area	ダウンロード出力において平方フィート当たり残差 (residual_sf、cqa_sf) を有効にする
lot_size	取引事例比較表の "Site Size Dimensions" 行にまとめられる
site_dimensions	取引事例比較表で敷地面積とまとめられる
actual_age	取引事例比較表の "Actual Age Effective Age" 行にまとめられる
effective_age	取引事例比較表で実際の築年数とまとめられる
display_only	書き出しには含まれるがモデルの当てはめからは除外される列 (複数指定可)
remarks	(実験的) 任意の Prolog 処理段階によって特性列へと解析される自由記述の備考列 (複数指定可)。第 15 章を参照
list	(実験的) 任意の Prolog 処理段階によってワンホットの TRUE/FALSE 列に分割される、コンマ区切りの列 (複数指定可)。第 15 章を参照

一つの特異型につき指定できる列は一つだけである (display_only、remarks、list を除く)。ある特異型を第 2 の列に割り当てると、第 1 の列からは自動的に解除される。変数名の隣には、割り当てられた特異型を示す小さな青いバッジが現れる。

4.4 残差寄与 (希少特性の推定)

回帰の経路に乗せるにはあまりに希少な特性、たとえばごく少数の売買にしか現れない工房のようなものは、RCA の残差層に属する。**Residual Contribution** タブは、当てはめたモデルの残差を、モデルが一度も用いなかった列に対して最小二乗法で回帰することにより、それらの市場寄与を推定する。複数の列を選ぶとそれらは同時に推定されるので、相関のある付帯設備 (たとえば outbuilding_sqft と pr_has_workshop) は、寄与を二重に数えるのではなく分け合うことになる。二値のフラグは一括額の推定値をもたらす、フラグの立った各売買の残差を証拠として列挙する。数値列は単位当たりの寄与をもたらす。報告される標準誤差は 1 標準誤差であり、通常の有意性の目安は $t \geq 2$ である。支持する観測が 10 件に満たない項には、生成される作業ファイルの注記に自動的に CAUTION が付され、その注記は方法、推定値、留保事項をレポート用に一段落で文書化する。候補の一覧から除外されるのは、モデルが実際に用いた予測変数だけである。当てはめに供されながら前進パスで一度も選ばれなかった希少なフラグは、依然として候補たりうる。モデルはその価値をまったく吸収していないからである。

4.5 RCA 補正の概要

Calculate RCA Adjustments & Download ボタン (サイドバーのセクション 7。鑑定評価モードで当てはめの後にのみ表示される) は、対象不動産に対する各取引事例の、市場から導かれた補正を計算する。RCA の完全な作業手順は第 10 章で解説する。

RCA 補正を計算した後、**Generate Sales Grid & Download** ボタン（サイドバーのセクション 8）が利用可能になる。取引事例比較表の作業手順は第 11 章で解説する。

ヒント: 対象不動産に与える *CQA* スコアは、残差分布のどれだけを対象不動産に帰属させるかを制御する。*5.00* のスコアは、対象不動産を取引事例の中央値に置く。

5 市場地域分析モード

Purpose として **Market Area Analysis** を選択すると、earthUI は鑑定評価モードと同じ不動産固有の機能（特殊列、経過日数、座標の丸め）を提供するが、単一の対象不動産を評価するのではなく、不動産の集団を分析することに向けられる。

5.1 鑑定評価モードとの相違

- **対象不動産の自動的な除外がない** — 鑑定評価モードとは異なり、市場モードは第 1 行を当てはめから自動的に除外しない。すべての行が含まれる。対象不動産の行を当てはめから外したい場合は、指定した重み列でその行に 0 の値を与えるか（デモデータセットのように）、部分集合フィルタを用いる。
- **RCA と取引事例比較表のセクションがない** — “Calculate RCA Adjustments & Download” と “Generate Sales Grid & Download” の各段階は利用できない。市場モードは、取引事例ごとの補正ではなく、モデルの当てはめと出力に焦点を置く。
- **サイドバーの番号付け** — RCA と取引事例比較表の段階がないため、Generate Quarto Report のセクションは 9 ではなく 7 の番号を与えられる（Convert Quarto Report のセクションは 10 のままである）。

5.2 市場モードを用いるべき場面

市場地域分析モードが適しているのは、次のような場合である。

- 価値の決定要因を理解するために、近隣地域や市場地域についての回帰モデルを構築するとき
- 床面積、築年数、敷地面積、位置といった変数が、不動産の集団にわたって売買価格にどう影響するかを分析するとき
- 市場条件の分析や近隣地域の画定のための裏づけを準備するとき
- 第 1 行に対象不動産を含むデータセットを扱いつつ、それを当てはめに含めるか除外するかを選ぶようにしておきたいとき

ヒント：市場モードは、特殊列の機能（経過日数、座標の丸め）は使いたいけど RCA 補正の作業手順は必要ないという、一般的な不動産回帰にも有用である。

6 変数の選択

サイドバーのセクション 3、すなわち **Variable Configuration**（変数構成）は、どの列がモデルに参加し、それらがどう扱われるかを選ぶ場所である。

6.1 目的変数

セクション 3 の冒頭にある **Target (response) variable(s)** のドロップダウンには、データセットのすべての列が並ぶ。標準的な単一応答のモデルであれば 1 列を、多重応答のモデルであれば複数列を選択する。複数の目的変数を選択すると、モデルは `earth(cbind(y1, y2, ...) ~ .)` を用いてすべての応答を同時に当てはめる。

目的変数として選択された列は、予測変数の一覧から自動的に除外される。

6.2 予測変数表

目的変数の選択欄の下に、残りのすべての列を次の項目とともに列挙する表が置かれる。

列	説明
Variable	列名（切り詰められている場合は完全な名称がツールチップに表示される）。その前に $\times$ / $+$ の切替が置かれる（後述）。鑑定評価モードと市場モードでは、青いバッジが割り当てられた特殊型を示す。
Type	データ型のドロップダウン。numeric、integer、character、logical、factor、Date、POSIXct
Include	チェックボックス。この列を予測変数としてモデルに含める
Factor	チェックボックス。この列をカテゴリ変数として扱う
Linear	チェックボックス。線形の項としてのみ入れることを強制する（ヒンジ関数を作らない）
Latent	チェックボックス。この列をモデルから完全に外す（earth からも、glmnetUI / mgcvUI へ書き出されるデータからも除外される）。潜在変数の作業のために取り置くためのものである
Special	ドロップダウン（鑑定評価モードと市場モードのみ）。後述の特殊列型リファレンスを参照
T/F/NA	列ごとの三つの件数。論理型では TRUE/FALSE/NA、数値型では $\neq 0$ / $= 0$ / NA である。欠測値が 30% を超える場合は赤で表示される

表の上のヒント行が略号を説明する。“Type = column data type, Inc = include as predictor, Factor = treat as categorical, Linear = linear-only (no hinges), Special = column role (e.g. contract_date).”

削除ではなく緩やかな無効化。各変数名の隣にある $\times$ の切替は、その行を灰色にし、データから列を取り除くことなくモデルから外す。切替は緑の $+$ に変わり、列を再び有効にする。列が破壊されることは決してない。

6.3 データ型の検出と上書き

earthUI は取り込み時にデータ型を自動的に検出する。数値、整数、論理、因子、日付の各列が認識される。日付のように見える文字列の列（値の 80% 以上が一般的な日付書式として解釈できるもの）は Date に分類される。

Type のドロップダウンを変更すれば、いかなる検出結果も上書きできる。列を **character** または **factor** に変更すると、Factor のチェックボックスが自動的に入る。型の変更は、その列が **earth()** 関数にどう渡されるかに影響する。

6.4 Factor フラグと Linear フラグ

- **Factor** — チェックすると、その列はカテゴリ変数として扱われる。これは、連続的な測定値ではなく離散的な群を表す **style**、**area_id**、**grade** のような列に適している。因子の列は指示（ダミー）変数としてモデルに入る。
- **Linear** — チェックすると、その列は線形にモデルに入ることを強制され、ヒンジ関数（区分線形関数）は作られない。ある変数が目的変数と厳密に線形の関係にあると分かっている場合に有用である。

6.5 特殊列型リファレンス

鑑定評価モードと市場モードでは、**Special** のドロップダウンが以下の選択肢を提供する。各型は多くとも一つの列に割り当てられる（複数を許す **display_only**、**remarks**、**list** を除く）。

日付と時刻の型:

- **contract_date** — **sale_age** の自動計算を起動する。元の日付列は、売買日と基準日との間の日数を測る整数列に置き換えられる。
- **listing_date** — 明示的な **dom** 列が指定されていない場合に、市場滞留日数を計算するための代替として用いられる（DOM = 契約日 - 掲載日）。
- **dom** — 市場滞留日数の列を識別する。取引事例比較表の APN 行および Date of Sale 行に表示される。

金額の型:

- **concessions** — 売買時の譲歩（売主による負担、買主への誘因など）を識別する。取引事例比較表で純売買価格を計算するために用いる。Net SP = Sale Price - Concessions である。

規模と位置の型:

- **latitude** — 過適合を防ぐため、値は自動的に小数点以下 3 桁に丸められる。ハーバーサイン距離による近接性の計算（対象不動産から各取引事例までの距離）に用いられ、取引事例比較表の Location 行にまとめられる。
- **longitude** — 緯度と同じ丸めの扱いを受ける。近接性と Location グループに用いられる。
- **area** — 通常は近隣地域または地区の識別子である。取引事例比較表の “Loc: Long | Lat | Area” 行で緯度・経度とまとめられる。
- **living_area** — ダウンロード出力において平方フィート当たり残差の計算 (**residual_sf** と **cqa_sf**) を有効にする。
- **lot_size** — 取引事例比較表の “Site Size | Dimensions” 行にまとめられる。
- **site_dimensions** — 取引事例比較表で敷地面積とまとめられる（たとえば “75x120”）。

築年数の型:

- **actual_age** — 取引事例比較表の “Actual Age | Effective Age” 行にまとめられる。
- **effective_age** — 取引事例比較表で実際の築年数とまとめられる。

表示の型:

- **display_only** — その列は Excel への書き出しには含まれるが、モデルの当てはめからは完全に除外される。住所欄、MLS 番号、地番 ID、その他、予測変数とすべきでない参照用データに用いる。複数の列にこの指定を与えることができる。

テキスト抽出の型（実験的）:

- **remarks** — 任意の Prolog 処理段階によって特性列へと解析される自由記述の列（たとえば `public_remarks`）。その機能を設定で有効にするまでは何もしない。複数の列を指定できる。第 15 章を参照。
- **list** — 同じ処理段階によってワンホットの `<col>_<value>` TRUE/FALSE 列に分割される、コンマ区切りの列（たとえば `existing_structures`）。複数の列を指定できる。第 15 章を参照。

6.6 複数の目的変数

二つ以上の目的変数を選択すると、多重応答の Earth モデルが当てはめられる。複数の目的変数を選択した場合には、次のようになる。

- モデルは基底関数を目的変数間で共有しながら、すべての応答を同時に予測する
- **wp (response weights)** ボタンが有効になり、各目的変数に数値の重みを割り当てられるようになる
- 分散モデル (`varmod.method`) は無効になる（多重応答では対応していない）
- 結果のタブには、応答ごとの指標、方程式、診断プロットが表示される

ヒント: `display_only` と指定された列はデータセットに残り、*Excel* への書き出しにも現れるが、予測変数表からは完全に除外される。*ID* 列、住所、その他の参照用の項目に用いるとよい。

7 パラメータの選択

サイドバーのセクション 4、すなわち **Earth Call Parameters** は、`earth()` 関数が受け取るすべての引数への入口を提供する。各パラメータには青いヘルプアイコン (?) が付いており、ツールチップで説明が表示される。パラメータは折りたたみ可能な小節に整理されている。

7.1 基本パラメータ

パラメータ	既定値	説明
subset	(空)	行のフィルタ式。後述の “Subset Filtering” を参照。
weights	NULL	事例（行）の重みを与える列の選択欄。数値列のみが列挙される。
wp	NULL	多目的変数モデルにおける応答の重み。ボタンを押すと、目的変数ごとに一つの数値入力欄をもつダイアログが開く（既定はいずれも 1.0）。
keepxy	off	x、y、subset、weights をモデルオブジェクトに保持する。
trace	0	当てはめ出力のトレース水準（0 から 5 まで）。
glm	none	任意の GLM ファミリー。 gaussian、binomial、poisson のいずれか。
degree	1	交互作用の最大次数。degree を ≥ 2 に設定すると交差検証が自動的に有効になり、Allowed Interactions 行列が現れる。
penalty	2	ノット当たりの GCV ペナルティ。値を大きくするとより単純なモデルになる。

7.2 前進パス

パラメータ	既定値	説明
nk	自動	枝刈り前の最大項数。読み込んだデータに対する推奨値が自動的に入力される（後述の “Recommended Parameter Values” を参照）。
thresh	0.001	前進段階の閾値。値を小さくするとより多くの項が許される。
minspan	自動	ノット間の最小間隔。推奨値が自動的に入力される。負の値は予測変数当たりの最大ノット数を設定する。

パラメータ	既定値	説明
endspan	自動	端の間隔、すなわちノットからデータの端までの最小距離。推奨値が自動的に入力される。
newvar.penalty	0	新しい変数を導入することへのペナルティ（既存の予測変数の再利用を促す）。
fast.k	20	高速 MARS アルゴリズムにおいて考慮する親項の数。
fast.beta	1	高速 MARS の経年係数を制御する。

7.3 許容する交互作用

degree を 2 以上に設定すると、基本パラメータの下に交互作用行列が現れる。これは予測変数の対ごとに一つのチェックボックスを配した上三角の格子である。チェックの入った枠は、その二つの予測変数が交互作用してよいことを意味し、チェックを外すとその特定の交互作用が禁じられる。

予測変数名（行または列のラベル）をクリックすると、その変数に関するすべての交互作用が一括して切り替わる。上部の **Allow All** と **Clear All** のチェックボックスが一括操作を提供する。行列は固定見出しを用いるので、スクロールしても列と行のラベルは見えたとままである。

情報の通知が次のように注意を促す。“Interaction terms increase the risk of overfitting. Cross-validation has been enabled (10-fold).”

7.4 枝刈り

パラメータ	既定値	説明
pmethod	backward	枝刈りの方法。backward、none、exhaustive、forward、seqrep、cv のいずれか。
nprune	NULL	枝刈り後の最大項数。自動選択させるには空欄のままにする。

7.5 交差検証

パラメータ	既定値	説明
nfold	10	交差検証の分割数。0 に設定すると CV を無効にする。
ncross	20	交差検証の反復回数。
stratify	on	各分割が同様の応答の分布をもつよう、CV の標本を層化する。

degree が ≥ 2 のとき、交互作用による過適合を防ぐ助けとして、交差検証が自動的に有効になる（**nfold** が 10 に設定される）。

7.6 部分集合フィルタ

subset のテキスト入力欄は、モデルの当てはめにどの行を用いるかを絞り込む R 式を受け取る。式を直接入力してもよいし（たとえば `sale_age < 365 & area_id == 460`）、**Build filter...** ボタンで視覚的に組み立ててもよい。

Build Filter ダイアログ — “Build filter...” をクリックすると、案内付きのダイアログが開く。条件の各行は、列のドロップダウン、演算子（`<`、`>`、`<=`、`>=`、`==`、`!=`）、および列の型に応じて変わる値の入力欄をもつ。数値には数値入力欄、日付には日付選択欄、文字列／因子の列には一意な値のドロップダウンが与えられる。条件は **AND(&)** または **OR(|)** の連結子で結ばれる。下部のプレビューが式と、該当する行数を示す。**Apply** をクリックすると、その式がテキスト入力欄に挿入される。

日付の列は、手書きの式では `as.Date("...")` または `as.POSIXct("...")` で包まなければならない。Build Filter のダイアログはこれを自動的に処理する。

部分集合フィルタは非破壊的である。除外された行もデータセットに残り、Excel への書き出しでは予測値を受け取る。

ヒント: **AND** と組み合わせる際には、**OR** 条件を括弧でまとめよ。括弧がなければ $A \& B / C$ は $(A \& B) / C$ と評価され、意図したものとは異なるかもしれない。

7.7 パラメータの推奨値

earthUI は、セクション 4 の主要なパラメータの下に推奨値を表示する。これらの推奨値は、当てはめに用いる行数 n と選択された予測変数の数 p に応じて反動的に更新される。算式は Friedman の MARS 論文、earth の内部アルゴリズム、および経験的な検証から導かれている。**nk**、**minspan**、**endspan** の各欄は、データの読み込みとともに推奨値があらかじめ入力される。手作業による編集はそのまま保持される。

7.7.1 前進パスのパラメータ

nk (枝刈り前の最大項数) :

$$nk = \min(100, \max(21, 2p + 1, \lfloor n/10 \rfloor))$$

n	$p=5$	$p=10$
30	21	21
50	21	21
100	21	21
200	21	21
500	50	50
1000	100	100
1500	100	100

earth の既定値 $\min(200, \max(20, 2p)) + 1$ はデータセットの大きさを考慮しておらず、大きなデータセットには小さすぎることがあり、前進パスがすべての予測変数を十分に探索する前にこれを制約してしまう。 $\lfloor n/10 \rfloor$ の項は、観測 10 件当たりおよそ 1 項を許すもので、過剰なパラメータ化を避けるための標準的な経験則である。上限の 100 は、収獲逡減を防ぐ。

minspan (ノット間の最小観測数) :

$$\text{minspan} = \min(16, \lfloor 5 + n/50 \rfloor)$$

endspan (データの境界からの最小観測数) :

$$\text{endspan} = \min(16, \lfloor 5 + n/28 \rfloor)$$

n	minspan	endspan
30	5	6
50	6	6
100	7	8
200	9	12
300	11	15
500	15	16
1500	16	16

earth が自動計算する minspan は Friedman の式 43、すなわち $\lfloor (-\ln(-\ln 0.95) + \ln(p \cdot n)) / (2.5 \ln 2) \rfloor$ を用いる。これは $\ln(np)$ に比例して増えるため、大きなデータセットに対しては増加が遅すぎる。 $n=1500$ では ≈ 7 にしかならず、連続的な予測変数一つ当たりおよそ 245 か所のノット候補が生じる。これは多すぎて、前進パスが雑音に当てはまることを許してしまう。推奨の算式は、大きな n に対しては予測変数一つ当たりおよそ 100 か所の候補を目標としつつ、小さな n に対しては（十分に検証されている）earth の自動計算に委ねる。endspan は minspan よりわずかに大きく設定され、境界に対する追加の保護を与える。これは、データの裾が薄い場合（不動産ではよくあることである）に役立つ。

penalty（ノット当たりの GCV ペナルティ）：

$$\text{penalty} = \begin{cases} 3 & \text{if degree} > 1 \\ 2 & \text{if degree} = 1 \end{cases}$$

これは earth 自身の既定であり、加法モデルでは 2、交互作用モデルでは 3 である（大きい方のペナルティは、探索空間が広いことを補償する）。

newvar.penalty（新しい予測変数を導入することへのペナルティ）：

推奨値は、予測変数どうしに相関がある場合（たとえば居住面積と寝室数、浴室数、敷地面積）に **0.1** である。これは前進パスを、相関のある代替変数を新たに導入するよりも、すでにモデルにある予測変数を再利用する方向へ偏らせる。その仕組みは次のとおりである。新しい予測変数の RSS の改善は $1/(1 + \text{penalty})$ 倍される。 $\text{newvar.penalty} = 0.1$ であれば、新しい変数は既存の変数にもう一つノットを置く場合よりも、少なくとも 10% 多く RSS を改善しなければならない。これにより、最終的な係数の推定値に影響を与えることなく（選択の後にペナルティは取り除かれる）、より少ない予測変数からなる、より単純なモデルが得られる。予測変数どうしに相関がなければ 0 のままにしておく。なお、earth は 0 でない **newvar.penalty** と事例の重みとの併用に対応していない。重みの列が指定されている場合、earthUI はこの入力欄を無効にする（0 を強制する）。

7.7.2 枝刈りのパラメータ

pmethod: 推奨値は **backward** である。既定の GCV に基づく後退枝刈りは決定論的であり、同じデータからは常に同じモデルが得られ、乱数シードに依存しない。これは再現可能性にとって重要であり、とりわけ鑑定評価の業務では重要である。cv の方法は枝刈りに交差検証を用いるため、シードへの依存が生じる。

nprune: 推奨は **空欄のままにすること (NULL)** である。最適な項数は GCV に選ばせる。**nprune** を設定すると、GCV の判断を上書きする厳格な上限を課することになる。

7.7.3 交差検証のパラメータ

nfold（CV の分割数）：標本の大きさの帯域ごとの推奨値は次のとおりである。

n (当てはめに用いる行数)	nfold
0-299	5
300-399	6
400-499	7
500-599	8
600-699	9
700+	10

分割を増やせば、各分割はより多くのデータで訓練される（偏りの小さい推定となる）が、取り置く検証用の分割は小さくなる。上の表は、標本が大きくなるにつれて標準的な 10 分割へと段階的に上げつつ、各検証用分割が分割ごとの指標を安定させるのに十分な大きさ（およそ 50 行以上）を保ち、小さな標本に対しては 5 分割に戻す。小標本では CVR^2 の推定はなお雑音を含むので、分散を平均化するために `ncross` を上げるとよい（たとえば 15-20）。上限を 10 としているのは、分割を一つ増やすごとに `earth` の完全な当てはめが一回増える一方で、診断上の利得はごくわずかであることを反映している。`pmethod = "backward"` の場合、交差検証はモデルに影響しない。診断のための CVR^2 を計算し、分散モデルのための残差を提供するだけである。

`ncross` (CV の反復回数) : 標本の大きさの帯域ごとの推奨値は次のとおりである。

n (当てはめに用いる行数)	ncross
0-199	20
200-399	16
400-699	12
700-1199	10
1200-2999	7
3000+	5

反復は分割の当たり外れを平均化して CVR^2 を安定させる。標本が大きければ、一度の交差検証だけですでにより安定しているので、必要な反復は少なく済む。反復された交差検証の残差は、分散モデルにも供給される。

7.7.4 分散モデル

`varmod.method`: 推奨値は `lm` であり、これは Milborrow の既定でもある。予測区間のための頑健な線形分散モデルである（ばらつきは雑音を含む残差から推定されるので、単純なモデルの方がよく一般化する）。手元のデータで `lm` が収束しない場合には、`rlm` または `const`（等分散を仮定し、常に収束する）を試すか、`earth`（非線形なばらつきにも対応する）に戻すとよい。`nfold > 1` と `ncross > 1` を必要とする。

7.7.5 Earth の出力ファイル

当てはめに成功するたびに、`earthUI` は `<filename>_earth_output_<timestamp>.txt` を出力フォルダに書き出す。このファイルには、モデルの項、要約統計量 (R^2 、 $GRSq$ 、 $CVRSq$)、分散モデルの詳細、そしてトレースログが含まれる。当てはめ一回につき一つのファイルが作られるので、パラメータの構成を比較するための累積的な記録となる。

7.8 設定の既定値

セクション 4 の上部にあるラジオボタンが、どの既定値を読み込むかを制御する。

- **Use last settings for input file** — この特定のファイルで前回用いた設定を復元する

- **Use default settings** — 保存した独自の既定値を適用する
- **Earth defaults** — すべてのパラメータを出荷時の値に戻す

セクション 4 の下部にある **Save current as default** をクリックすると、現在の earth パラメータと Allowed Interactions 行列が保存される。セクション 3 の対応するボタンは、目的変数、基準日、予測変数の構成を保存する。いずれもプロジェクトと用途ごとに、プロジェクトデータベースに保存される。

8 Earth モデルの当てはめ

8.1 Fit ボタン

サイドバーのセクション 5 には、**Fit Earth Model** ボタンと **Random seed** (乱数シード) の入力欄が置かれている。シードは交差検証の分割の割当てを再現可能にする。ドロップダウンは直近に用いた 10 個のシードを呼び出し、用いたシードは当てはめの後に Earth Output タブに記録される。当てはめの前に、earthUI は構成を検証する。目的変数が選択されており、少なくとも一つの予測変数が含まれていなければならない。鑑定評価モードと市場モードでは、緯度と経度の列が丸められ、経過日数が基準日と契約日 (指定されている場合) から計算される。

8.2 当てはめのモーダルとトレース出力

Fit をクリックすると、暗いモーダルの覆いが現れ、そこには次のものが含まれる。

- **見出し** — “Fitting Earth Model” の文字と、経過秒数を数えるタイマー、および背景で進行中の当てはめを取り消す **Abort** ボタン
- **トレースログ** — スクロールできる等幅のテキスト領域であり、earth() 関数からの実時間の出力、すなわちデータセットの情報、前進パスの進行、交差検証の分割、完了時刻を表示する
- **色分け** — 既定の行は緑、交差検証の行は黄、エラーは赤

earthUI は `callr::r_bg()` を用いてモデルを非同期に当てはめる。これは計算を別の R プロセスで実行するものである。これにより、長時間を要する当てはめの間もアプリケーションは応答性を保つ。300 ミリ秒ごとの監視処理が背景プロセスからの出力を読み取り、トレースログへ流し込む。

当てはめが完了すると “Done in X.Xs” の表示が現れ、モーダルに閉じるボタン (X) が追加され、背景の覆いが取り除かれるので、結果のタブを必要に応じて描画できるようになる。その後、見えている出力の描画が終わるとモーダルは自動的に消える。それより早く閉じることもできる。

成功すると、Fit ボタンに緑のチェックマークが添えられる。エラーが生じた場合には、エラーメッセージがトレースログに表示され、通知が現れる。

8.3 当てはめログ

当てはめは成功・失敗を問わず、そのつど出力フォルダにログファイルを書き出す。

- **ファイル名:** `<datafile>_earth_log_<YYYYMMDD_HHMMSS>.txt`
- **内容:** タイムスタンプ、当てはめ処理からのすべてのトレース出力、およびエラーメッセージ
- **場所:** 有効なプロジェクトの出力フォルダ

ヒント: `callr` が導入されていない場合、`earthUI` は単純な進捗バーを伴う同期的な当てはめに戻る。トレース出力を完全に活用するには `callr` を導入されたい。

9 データのダウンロード

当てはめの後、サイドバーのセクション 6 は、予測値と診断情報を含む Excel ファイルをダウンロードする。このセクションの表題は、一般モードでは “Download Estimated Target Variable(s) & Residuals”、鑑定評価モードと市場モードでは “Download Estimated Sale Prices & Residuals” である。この出力は、ステップ 7(RCA) において対象不動産に CQA (Condition-Quality-Appeal) の評点を与えるために用いる。出力は `residual_sf` と `cqa_sf` で並べ替えられており、対象不動産が順位のどこに位置するかを判断しやすくしている。モデルの品質が良ければ、回帰に入らなかった残差的な特性に基づいて、不動産は魅力の最も低いものから最も高いものへと順位付けられるはずである。中央の値はおおよそ 0 となり、下半分は負の値、上半分は正の値となるはずである。品質の最も劣る住宅、すなわち “fixers” (要修繕物件) は順位の低位近くに、最も良好な住宅は上位に見いだされるはずである。担保権実行、ショートセール、検認（相続に関わる）売買、転職その他の事情による急ぎの売買といった変則的な事例については、通常は例外が生じる。変則的な事例を調べると、たいていは価格の変則性について適切な理由が明らかになる。

ボタンの表示は用途モードに応じて変わる。

- ・ 一般／市場: **Download Output (Excel)**
- ・ 鑑定評価: **Download Intermediate Output (Excel)**

ファイル名の形式は `<datafile>_modified_<YYYYMMDD_HHMMSS>.xlsx` である。

9.1 出力の列

各目的変数について、次の列が付加される。

列	説明
<code>est_<target></code>	モデルの予測値。たとえば <code>est_sale_price</code> (小数点以下 1 桁)
<code>residual</code>	実測値から予測値を引いたもの (小数点以下 1 桁)
<code>cqa</code>	Condition-Quality-Appeal の評点 (小数点以下 2 桁、範囲は 0-10)
<code>residual_sf</code>	残差を居住面積で割ったもの (居住面積が指定されている場合。小数点以下 1 桁)
<code>cqa_sf</code>	<code>residual_sf</code> による順位から計算した CQA (小数点以下 2 桁)
<code><variable>_contribution</code>	g 関数ごとの寄与の値 (小数点以下 1 桁。g 関数一つにつき 1 列)
<code>basis</code>	切片の寄与の値。すべての不動産で同じ (小数点以下 1 桁)
<code>calc_residual</code>	実測値から (<code>basis</code> + すべての寄与) を引いたもの。検算用の列 (小数点以下 1 桁)

多目的変数のモデルでは、各目的変数の列を区別するために `_<i>` の接尾辞が加えられる。

9.2 列の順序と Excel の書式

順位付けの列は出力ファイルの最も左の位置に、`residual_sf`、`cqa_sf`、`residual`、`cqa` の順で置かれる。これにより、並べ替えられた一覧を見渡して、対象不動産が CQA の分布のどこに落ちるかを容易に評価できる。

これらの列には Excel の数値書式が適用される。

列	書式	例
<code>residual_sf</code>	数値、小数点以下 2 桁	12.34
<code>cqa_sf</code>	数値、小数点以下 2 桁	7.25
<code>residual</code>	数値、小数点以下 0 桁	15,200
<code>cqa</code>	数値、小数点以下 2 桁	6.80

9.3 CQA の評点

CQA (Condition-Quality-Appeal) の評点は、各行の残差を他のすべての残差に対して順位付ける。ある行の CQA は、それより符号付き残差の小さい行の割合を 10 倍したものである。これにより 0-10 の尺度が得られ、その意味は次のとおりである。

- **高い CQA** ($\approx 9-10$) — その不動産はモデルの予測を大きく上回る価格で売れた (大きな正の残差)
- **低い CQA** ($\approx 0-1$) — その不動産は予測を大きく下回る価格で売れた (大きな負の残差)
- **CQA ≈ 5** — 残差がすべての残差の中央値の近くにある

`living_area` 列が指定されている場合、`cqa_sf` は平方フィート当たり残差に基づく同様の順位付けを提供する。

9.4 並べ替えと対象不動産の行

鑑定評価モードと市場モードでは、取引事例の行は `residual_sf` の降順 (居住面積が指定されていないならば `residual` の降順) で並べ替えられる。対象不動産の行 (第 1 行) は 1 番目の位置にとどまり、並べ替えられない。一般モードでは、行は元の順序のまま書き出される。

この並べ替えは、最も左に置かれた順位付けの列と相まって、鑑定評価者が取引事例を、最も過大に予測されたものから最も過小に予測されたものへと素早く見渡し、対象不動産に与えた CQA の評点とその分布のどこに落ちるかを評価することを可能にする。

予測用データの因子の水準は、`predict()` を呼ぶ前に訓練データのそれに揃えられる。未知の因子水準をもつ行は NA の予測値となる。

ヒント: `calc_residual` の列は常に (丸めの範囲内で) `residual` と一致するはずである。両者が大きく異なる場合は、調べる価値のある計算上の問題を示している。

9.5 mgcvUI への自動書き出し

`degree` が ≤ 2 で当てはめに成功するたびに、`earthUI` は結果オブジェクトの全体を `.rds` ファイルとして自動的にプロジェクトの出力フォルダに保存する。ファイル名は `<datafile>_earthUI_result_<YYYYMMDD_HHMMSS>.rds` の形式に従う。

このファイルは、`earthUI` パッケージに含まれ `earthUI::launch_mgcv()` で起動する `mgcv` の後処理モジュールが、`readRDS()` によって読み込むことができる。GAM のルーチンは、`earth` モデルのノット位置と基底関数を GAM の平滑化項の出発点として用い、MARS から GAM へのモデリングの滑らかな移行を可能にする。

`degree` が 2 を超えるモデルは飛ばされる。`mgcvUI` は 2 変数の交互作用にしか対応していないからである。`earthUI` を Trilogy モード (Trilogy のインターフェースから) で起動した場合には、追加の **Lock Model Output** セクションが現れ、特定の当てはめの `.rds` を、その予測変数の基底と共有の CQA 設定とともに、`glmnetUI` と `mgcvUI` が取り込む正典の `earth` モデルとして固定できる。

9.6 glmnetUI への取り込み

GAM のルーチンのために保存されたのと同じ `.rds` ファイルは、エラスティックネットの後処理モジュールにも取り込むことができる。これも同じく `earthUI` パッケージに含まれ、`earthUI::launch_glmnet()` で起動する。`glmnet` のアプリケーションでは、**Section 2: Import from earthUI** に進み、Browse ボタンで `.rds` ファイルを選択する。

`glmnetUI` は標準的な `earth::model.matrix()` の方式を用いる。すなわち、`earth` モデルの基底関数（ヒンジ、交互作用、線形項）が、`glmnet` の計画行列の列となる。次に `glmnet` がこれらの基底の列に対して正則化回帰を行い、ラッソ／エラスティックネットによってそれらを選択し縮小する。これにより、`earth` の適応的な基底の構成と `glmnet` の正則化とが組み合わせられる。

9.6.1 主な利点

- **解釈できる交互作用:** `earth` のヒンジに基づく交互作用（3 変数の項を含む）は明確な幾何学的意味をもつ。これは、法廷や監査の場で説明することが難しい `glmnet` 本来の交差積による交互作用とは対照的である。
- **自動的な非線形性:** `earth` のヒンジ関数は、生の予測変数を用いた標準的な `glmnet` モデルでは捉え損なう非線形の関係性を捉える。
- **変数の選択:** `glmnet` は `earth` の基底をさらに刈り込み、寄与しないヒンジ項を落とすことができる。

9.6.2 重要: 重みの列が一致していなければならない

警告

`earthUI` が重みの列を用いている場合（たとえば重みを 0 として対象不動産の行を除外している場合）、`glmnetUI` の変数構成でも同じ重みの列を指定しなければならない。重みの設定が異なると、行数が揃わず、`earth` の基底を `glmnet` のモデル行列に付加できない。

9.6.3 作業手順

1. `earthUI` で `earth` モデルを当てはめる（degree は任意）。
2. `.rds` の結果ファイルがプロジェクトの出力フォルダに自動的に保存される。
3. `glmnetUI` で **Section 2: Import from earthUI** を開き、`.rds` ファイルを選ぶ。
4. 両方のアプリケーションで同じデータファイルと同じ重みの列が用いられていることを確認する。
5. セクション 5 で `glmnet` のパラメータを構成する（`earthUI` からの取り込みが有効な場合、交互作用行列は自動的に無効になる）。
6. **Fit Model** をクリックする。`earth` の基底の列が、Equation、Coefficients、Contributions の各タブに現れる。

10 RCA の計算とダウンロード

Calculate RCA Adjustments & Download ボタンはサイドバーのセクション 7 に現れ、鑑定評価モードでモデルを当てはめた後にのみ表示される。RCA (Residual Constraint Approach、残差制約アプローチ) は、対象不動産に対する取引事例ごとの、市場から導かれた補正を生成する。

10.1 RCA ダイアログを開く

このボタンをクリックすると、次のものを備えた小さなモーダルダイアログが開く。

- **Score type** — **CQA** または **CQA per SF** を選ぶラジオボタン (SF の選択肢は `living_area` 列が指定されている場合にのみ利用できる)。“CQA per SF”を選んだ場合、対象不動産に与えた CQA の評点に基づき、その残差の評点は、当該 CQA_SF の評点に対応する `residual_sf` に居住面積を乗じたものとなる。
- **CQA value** — 対象不動産の CQA の評点 (0.00–10.00) の入力欄。この評点は、取引事例の品質の分布のどこに対象不動産が落ちると考えるかを表す。
- **Generate** ボタン — RCA の出力を計算し、Excel としてダウンロードする。有効な評点が入力されるまでボタンは無効のままである。

10.2 CQA の評点の内挿

Generate をクリックすると、earthUI は取引事例の CQA と残差の対から、対象不動産の残差を内挿する。

1. 取引事例の CQA の評点と残差が、CQA の昇順に並べ替えられる
2. 線形内挿 (`stats::approx()`) が、入力された CQA の値を残差へと写像する
3. CQA per SF を用いている場合には、平方フィート当たり残差に対象不動産の居住面積を乗じて、総残差へと戻される
4. 対象不動産の推定価値が、モデルの予測値 + 内挿された残差として計算される

10.3 出力の列

RCA の Excel ファイル (`<datafile>_adjusted_<YYYYMMDD_HHMMSS>.xlsx`) には、中間出力のすべての列に加えて、次の列が含まれる。

列	説明
<code>subject_value</code>	モデルの予測値 + 内挿された残差 (第 1 行のみ)
<code>subject_cqa</code>	入力した CQA の評点 (第 1 行のみ)
<code><variable>_adjustment</code>	対象不動産の寄与から取引事例の寄与を引いたもの (g 関数ごと)
<code>residual_adjustment</code>	対象不動産の残差から取引事例の残差を引いたもの
<code>net_adjustments</code>	すべての補正の合計 (寄与 + 残差)
<code>gross_adjustments</code>	すべての補正の絶対値の合計
<code>residual_pct</code>	取引事例の売買価格に対する残差補正の割合
<code>net_adj_pct</code>	取引事例の売買価格に対する純補正の割合
<code>gross_adj_pct</code>	取引事例の売買価格に対する総補正の割合
<code>adjusted_sale_price</code>	取引事例の売買価格 + 純補正

補正の列は、各取引事例について、モデルがその差異をどの変数にどれだけ帰属させているかを示す。`adjusted_sale_price` は、モデルから導かれたすべての補正を適用した後の取引事例の売買価格であり、これら補正後売買価格の集合は、対象不動産の推定価値の周りに集まるはずである。

10.4 RCA Adjustments タブ

RCA の出力が計算されると、メインパネルの **RCA Adjustments** タブが、取引事例全体にわたる Residual Adj %、Net Adj %、Gross Adj % の分布のヒストグラムを表示し（多目的変数のモデルでは目的変数ごとに一組）、補正がどれほど密に集まっているかを視覚的に手早く点検できるようにする。

ヒント: 5.00 の CQA の評点は、対象不動産を取引事例の中央値に置く。5 を超える評点は対象不動産が平均を上回る品質であることを、5 を下回る評点は平均を下回ることを示す。

11 取引事例比較表

11.1 概要と目的

取引事例比較表 (Sales Comparison Grid) は、鑑定評価モードで RCA 補正を計算した後に生成される Excel ワークブックである（サイドバーのセクション 8）。これは対象不動産と、選択された取引事例とを、構造化された表の形式で並べて示し、各取引事例の補正と補正後売買価格を自動的に計算する Excel の数式を備えている。

この表は鑑定評価者の作業ファイルのために設計されている。Earth モデルから導かれた回帰による補正と、鑑定評価者が CQA の残差を特定の不動産の特性に配分できる編集可能なセルとを組み合わせるものである。出力のファイル名は SalesGrid_<YYYYMMDD_HHMMSS>.xlsx である。

11.2 取引事例選択のモデル

“Generate Sales Grid & Download” をクリックすると、どの取引事例を含めるかを選ぶモーダルダイアログが開く。

- **推奨される取引事例**にはあらかじめチェックが入っている。これは総補正の割合が売買価格の 25% を下回る取引事例であり、経過日数の昇順（直近の売買が先）に並べられ、30 件を上限とする。
- **追加の取引事例**はその下に列挙され、既定ではチェックが入っていない。これらは総補正が 25% 以上のものであるが、なお選択の対象とできる（最大 50 件が表示され、総補正の割合の昇順に並ぶ）。
- 選択できるのは最大 **30 件の取引事例**であり、最大 **10 枚のシート**（1 シートにつき 3 件）が生成される。

選択を確定すると、選ばれた取引事例は総補正の割合の昇順に並べ替えられるので、最も類似した取引事例がシート 1 に現れる。

11.3 表の配置

各シートは、対象不動産と 3 件の取引事例を取める 20 列の配置をもつ。各主体に対する列は次のとおりである。

主体	列（主体ごとに 5 列）
対象不動産	ラベル、事実値 1、事実値 2、事実値 3、価値寄与 (VC)
各取引事例	事実値 1、事実値 2、事実値 3、価値寄与 (VC)、補正

上から下への行は次のとおりである。

1. **表題** — シート名（たとえば “Intermediate Sales Comparable Grid — Sheet 1 of 3”）
2. **見出し** — “Subject” および住所を伴う取引事例の列見出し
3. **Address** — 不動産の完全な住所
4. **APN | MLS# | DOM | Subj.Prox** — 地番、リスティング ID、市場滞留日数、および対象不動産からのハーバーサイン距離（マイル）
5. **Sales Price | Concess. | Net SP** — 売買価格、譲歩額、および純売買価格の数式
6. **Regression Features** の見出し行
7. **BASE VALUE** — モデルの切片
8. **Date of Sale | OffMkt | OnMkt** — 契約日、経過日数、DOM
9. **まとめられた行（条件付き）** — Location、Site Size、Age の各グループ
10. **モデル変数の行** — 予測変数ごとに 1 行（まとめられた変数を除く）
11. **空白の区切り行**

12. **Residual Features** の見出し行
13. **CQA|Residual** — CQA の評点+残りの残差の数式
14. **残差特性の行** — 名称の付いた行と、鑑定評価者が記入するための空白行
15. **Total VC / Net Adjustment**
16. **Net Adjustment %**
17. **Gross Adjustment %**
18. **Adjusted Sale Price** — 数式の行
19. 著作権の脚注

11.4 売買価格、譲歩額、純売買価格

第 5 行は各取引事例について三つの値を示す。

- **Sale Price** — データにおけるその取引事例の売買価格
- **Concessions** — concessions と指定された列の値（指定がなければ 0）
- **Net SP** — Excel の数式。Sale Price – Concessions

対象不動産の列は、売買価格については（それが未知であるため）“N/A”を示し、譲歩額は利用できる場合にその値を示す。

11.5 まとめられた行（位置、敷地、築年数）

特定の特殊型が指定され、かつそれらの変数がモデルに現れる場合、earthUI は関連する変数をまとめた行を作る。

Loc: Long | Lat | Area — longitude、latitude、area のいずれかがモデルにあるときに現れる。構成する各変数の事実値、まとめられた価値寄与（個々の VC の合計）、そして取引事例については補正（対象不動産のまとめられた VC – 取引事例のまとめられた VC）を示す。VC のセルは薄い青の背景で装飾される。

Site Size | Dimensions — lot_size または site_dimensions がモデルにあるときに現れる。Location グループと同じ構造である。

Actual Age | Effective Age — actual_age または effective_age がモデルにあるときに現れる。同じ構造である。

まとめられた行に取り込まれた変数は、下方の個々のモデル変数の行からは除外される。これにより、補正の合計における二重計上が防がれる。

11.6 モデル変数の行

まとめられた行の下（まとめられた行がなければ BASE VALUE のすぐ下）に、残りのモデルの予測変数ごとに 1 行が置かれ、次のものを示す。

- 対象不動産と各取引事例の**事実値**（実際のデータの値）
- **価値寄与 (VC)** — その行における予測値への g 関数の寄与
- **補正**（取引事例のみ）— 対象不動産の VC から取引事例の VC を引いたもの

11.7 CQA|Residual の行と残差特性の行

CQA|Residual の行は、各不動産の CQA の評点を示すとともに、**残りの残差**、すなわち特定の特性にまだ配分されていない残差の部分を求める数式を含む。その数式は次のとおりである。

$$\text{Remaining Residual} = \text{Total Residual} - \sum (\text{Residual Feature VCs below})$$

その下には**残差特性の行**がある。名称の付いた 5 行（Location、View/Appeal、Condition、Quality、Other）に加えて、空白の 6 行である。これらは、モデルが捉えていない特性に

ついて鑑定評価者が価値寄与を入力するセルである。鑑定評価者が値を記入するにつれて、Remaining Residual の数式の値は自動的に減っていく。

各取引事例について、補正の列には数式が入っている。対象不動産の特性の VC – 取引事例の特性の VC である。

11.8 補正後売買価格の数式

Adjusted Sale Price の行には Excel の数式が入っている。

- **対象不動産:** BASE VALUE から最後の残差特性の行までの、すべての価値寄与のセルの合計。これは、対象不動産に対するモデルの総予測に、鑑定評価者が配分した残差特性を加えたものを表す。
- **取引事例:** Net SP に、最初のまとめられた行または変数の行から最後の残差特性の行までの、すべての補正のセルの合計を加えたもの。これにより、回帰から導かれた補正と鑑定評価者が入力した補正のすべてを適用した後の、その取引事例の売買価格が得られる。

11.9 シートの保護と編集可能なセル

各シートは、数式とデータが誤って変更されるのを防ぐために**保護されている**。保護によって固定されるのは次のものである。

- すべての数式のセル（Net SP、残りの残差、補正、補正後売買価格など）
- すべてのデータのセル（住所、売買価格、事実値、モデルから得た価値寄与）
- ラベルと見出し

固定されていない（編集できる）唯一のセルは、残差特性の価値寄与の入力欄、すなわち CQA|Residual の行の下にある、鑑定評価者が内訳を入力するセルである。これらは編集可能であることを示すために、薄い黄色の背景で装飾されている。

11.10 Excel での表の扱い方

1. Excel または互換の表計算ソフトで**ファイルを開く**。
2. **回帰による補正を確認する** — モデルから導かれた補正はあらかじめ入力され、固定されている。
3. **残差を配分する** — 残差特性の行（黄色のセル）に、残りの残差のうちどれだけが各特性（Location、View、Condition、Quality など）に帰属すると判断するかを入力する。配分するにつれて Remaining Residual の値は減っていく。
4. **補正後売買価格を確認する** — この数式は、残差特性の値を入力するにつれて自動的に更新される。
5. **複数のシート** — 取引事例を 3 件より多く選んだ場合は、シート間を移動する。各シートには左の列に同じ対象不動産があり、それぞれ異なる 3 件の取引事例が並ぶ。

ヒント: 目標は、Remaining Residual がほぼ零になるまで、CQA の残差を特性の各行に配分することである。これにより、各取引事例の回帰による推定値と実際の売買価格との差異を説明できることが示される。

12 レポートのダウンロード

モデルを当てはめた後、レポートの生成は Quarto による二段階の作業手順となる。**Generate Quarto Report**（鑑定評価モードではサイドバーのセクション 9、それ以外では 7）が自己完結型のレポート一式を書き出し、**Convert Quarto Report**（セクション 10）がそれを、あるいは他の任意の Quarto ファイルを、最終的な形式へと描画する。

12.1 Quarto レポートの生成

Generate Quarto Report をクリックすると、プロジェクトの出力フォルダの下に `<base>_qmd/` に、自己完結型の Quarto 一式が書き出される。そこには、値の入った `.qmd` のソース、あらかじめ生成されたすべてのプロットの資源（PNG と PDF）、レポートのデータ、および Word の参照テンプレートが含まれる。この段階では描画は行われない。この一式は手作業で編集することも、Quarto の `include` によって他の Quarto ソースと組み合わせることも、`quarto preview` で単独でプレビューすることもできる。

12.2 Quarto レポートの変換

セクション 10 はファイル選択欄（既定では現在のプロジェクトで最も新しく生成された一式を指すが、任意の `.qmd` ファイルを選ぶこともできる）と、形式のチェックボックスを提供する。

- **HTML** — KaTeX による数式の描画、埋め込まれた画像、目次を備えた `.html` ファイル。Flatly Bootstrap のテーマと Roboto Condensed のフォントを用いる。
- **Word** — 編集と配布に適した `.docx` ファイル。目次とページ番号を含み、体裁を統一するために独自の参照テンプレートを用いる。
- **PDF** — 専門的な品質の出力のために LuaLaTeX で組版される。用紙サイズはロケール設定（レターまたは A4）に従う。大きな交互作用行列のための横向きのページを含み、Roboto Condensed と、数式のための Latin Modern Math を用いる。PDF の選択肢は、LaTeX の環境が検出された場合にのみ提供される。

Convert をクリックすると、選択した形式が描画される。描画は背景で実行される。モールドダイアログが経過時間と Quarto の進行を表示する間も、アプリケーションは応答性を保つ。完了時には通知がファイルの場所を知らせる。

すべての操作（モデルの当てはめ、データのダウンロード、RCA の計算、取引事例比較表の生成、レポートの描画）は、開始・終了のタイムスタンプと経過時間とともに、出力フォルダの `<datafile>_earthui_log.txt` に記録され、問題の切り分けと性能の監視に用いられる。

12.3 レポートの内容

生成されるレポートには、常に次の各節が含まれる。

1. **データセットの記述** — 観測数、目的変数、用いた予測変数、カテゴリ型の予測変数
2. **モデルの仕様** — degree、交差検証の有無、項の数、モデル内の予測変数
3. **許容した交互作用**（degree が ≥ 2 の場合のみ） — チェックマークを付した交互作用行列。出力の形式に合わせて整形される
4. **結果の要約** — R^2 、GRSq、GCV、RSS、および（交差検証を有効にした場合は） $CV R^2$
5. **モデルの方程式** — 完全な Earth モデルの方程式を LaTeX の記法で示したもの
6. **係数と基底関数** — すべての項、その係数、およびそれらを定義する基底関数の表
7. **変数重要度** — 予測変数の重要度スコアの棒グラフと順位表
8. **g 関数の寄与** — 各 g 関数のプロット。1 変数の項には折れ線プロット、2 変数の交互作用には 3 次元の透視図と等高線プロット
9. **相関行列** — 予測変数間の相関のヒートマップ

10. **診断** — 残差対当てはめ値、正規 Q-Q、実測値対予測値の各プロット
11. **ANOVA 分解** — 各基底関数の RSS への寄与を示す表
12. **Earth の出力** — `earth::summary()` からの生のテキスト出力。枝刈りパスの詳細を含む

多重応答のモデルでは、第 4 節から第 8 節までと第 10 節が、目的変数ごとに繰り返される。

ヒント: レポートには *quarto* の R パッケージと *Quarto* の導入が必要である。*PDF* 出力にはさらに *LaTeX* の環境が導入されていなければならない (たとえば `tinytex::install_tinytex()` による)。そうでなければ *PDF* のチェックボックスは表示されない。

13 後処理モジュール: エラスティックネットと GAM

earthUI パッケージは二つの後処理モジュールを同梱している。glmnet の上に構築されたエラスティックネットのルーチンと、mgcv の上に構築された GAM のルーチンである。それぞれについては本号の個別の論文が詳しく扱う。本節では、earthUI の作業手順においてそれらが何のためにあるのか、そして三つのルーチンがどう協働するのかを説明する。

13.1 なぜ補強のための当てはめを行うのか

価値の結論を生み出すのは earth モデルである。後処理モジュールは、それを裏づけるために存在する。すなわち、方法論的に異なるエンジンによって、同じプロジェクトのデータに当てはめられた、同一の対象不動産についての二つの追加の推定である。earth の基底のエラスティックネットによる再推定と、独立した GAM の平滑化とが実質的に同じ価値に到達するとき、鑑定評価者の結論はもはや単一のモデルの仮定に依存しない。これは審査や訴訟の場面で意味のある利点である。両者が一致しないとき、その不一致自体が診断的であり、たいいていはデータの薄さ、柔軟すぎる項、あるいは見直す価値のある外れ値の取引事例を指し示している。いずれのモジュールも earth モデルに優越しない。それらは補強の証拠であり、あえて重み付けを与えずに提示される。

13.2 起動と共有される状態

各ルーチンは、それぞれ別個のローカル Shiny アプリケーションである。

- earthUI::launch_glmnet() — エラスティックネットのアプリケーション。ポート 7879。
- earthUI::launch_mgcv() — GAM のアプリケーション。ポート 7880。

三つのアプリケーションはいずれも同じプロジェクトツリーと同じ設定データベースを読むので、earthUI で開いているプロジェクトはただちにモジュールでも利用できる。earthUI がそのプロジェクトのために保存する引継ぎ項目、すなわち応答（目的変数）、基準日、RCA における対象不動産の CQA の種別と値、および居住面積の指定も同様である。これらを入力し直す必要はない。モジュールがそれらを読み取るので、同じ値が三つの当てはめのすべてを貫いて流れる。

13.3 エラスティックネットのルーチン

glmnet のルーチンは、earth モデルの基底関数、すなわちそのヒンジ、交互作用、線形項を計画行列の列として取り込み、ラッソ／エラスティックネット正則化のもとで再推定する（仕組みと重みの列に関する留保については、前述の“glmnetUI Import”を参照）。その結果は、earth の解釈可能で幾何学的に意味のある項を保ちつつ、正則化装置に、値打ちのない項を縮小または削除させる。詳細は本号の glmnetUI の論文を参照されたい。

13.4 GAM のルーチン

mgcv のルーチンは逆の方向をとる。earth の基底を再利用するのではなく、earth モデルのノット位置を出発点として、新たに罰則付き平滑化項を当てはめる（前述の“mgcvUI Auto-Export”を参照）。GAM は異なる平滑化の枠組みのもとで関数形を導き直すので、earth モデルとの一致は、こだまではなく真に独立した裏づけとなる。degree が ≤ 2 の earth モデルに対応する。詳細は本号の mgcvUI の論文を参照されたい。

13.5 実務上の作業手順

1. まず earthUI で **earth** モデルを当てはめて洗練させ、満足のいくものにする。当てはめに成功するたびに (degree が ≤ 2 の場合)、モジュールが取り込む .rds が自動的に書き出される。
2. 同じプロジェクトに対して **glmnet** と **mgcv** のルーチンを開き、earth の結果を取り込んで当てはめる。一度に一つのルーチンで作業せよ。当てはめは長時間を要し、ルーチンどうしは共有のプロジェクトを介して連携するので、理にかなった進め方は並行ではなく逐次である。
3. 自由に反復せよ。各アプリケーションは、行き来する間も自らの結果を保持し、その途中でレポートを生成することを強いられることはない。
4. 三つの結果のすべてに満足したときに初めて、各ルーチンに戻ってその Quarto レポートを生成する。各手法は自らの当てはめと価値の結論をプロジェクトの三部作の記録に登録するので、三つのレポートは一つの比較実行に遡って辿ることができる。

ヒント: モジュールはどの段階でも任意である。earthUI 自体の作業手順、すなわち当てはめ、RCA、取引事例比較表、レポートは、それらがなくとも完結している。結論に裏づけが求められるとき、たとえば難しい対象不動産、データの薄い市場区分、審査を受ける可能性の高い業務の場合に、これらを用いるとよい。

14 デモデータセット: Appraisal_1.csv

earthUI には、鑑定評価の作業手順を試すためのデモ用 MLS データセットが含まれている。プログラムから読み込むには次のようにする。

```
demo_file <- system.file("extdata", "Appraisal_1.csv", package = "earthUI")  
df <- import_data(demo_file)
```

あるいは Shiny アプリでは、これをプロジェクトの in/ フォルダに複製し（またはプロジェクト作成時に初期データファイルとして添付し）、セクション 2(Import Data) で選択する。

14.1 記述

このファイルには、模擬的な MLS の書き出しによる 1,501 件の住宅の売買と、第 1 行の 1 件の対象不動産（合わせて 1,502 行）が含まれている。データは、規模、築年数、位置の幅をもつ複数地区の市場における戸建住宅の売買を表している。

これは実在のデータではないが、北カリフォルニアの現実的な近隣地域に基づいている。識別情報はすべて改変または除去してある。

14.2 列

列	型	特殊型	説明
weight	numeric	—	観測の重み (0 = 当てはめから除外)
id	numeric	display_only	内部レコード ID
property_id	numeric	display_only	MLS の物件識別子
listing_id	character	display_only	MLS のリスティング番号
parcel_number	character	display_only	郡査定官の地番 (APN)
street_address	character	display_only	不動産の住所
city_name	character	display_only	市
postal_code	character	display_only	郵便番号
county_name	character	display_only	郡
contract_date	Date	contract_date	売買の契約日 (sale_age を計算する)
sale_age	numeric	—	契約日から基準日までの日数 (計算済み)
coe_date	Date	display_only	エスクロー完了日
listing_status	character	display_only	リスティングの状態 (たとえば”Sold”)
sale_price	numeric	(目的変数)	売買価格。応答変数
rent	numeric	—	月額賃料 (多目的変数モデル用)
list_price	numeric	display_only	売出価格
original_list_price	numeric	display_only	当初の売出価格
living_sqft	numeric	living_area	平方フィートによる総居住面積
beds_total	integer	—	寝室の数
baths_total	numeric	—	浴室の合計数 (たとえば 2.5 = フル 2 + ハーフ 1)
lot_size	numeric	lot_size	平方フィートによる敷地面積
area_id	integer	area	MLS の地区識別子
area_text	character	display_only	地区名
age	numeric	actual_age	年による築年数
year_built	integer	display_only	建築年
latitude	numeric	latitude	緯度 (モデル用に小数点以下 3 桁に丸められる)
longitude	numeric	longitude	経度 (モデル用に小数点以下 3 桁に丸められる)
latitude6	numeric	display_only	完全精度の緯度
longitude6	numeric	display_only	完全精度の経度
garage_spaces	integer	—	ガレージの収容台数
fp_count	integer	—	暖炉の数
no_of_stories	numeric	—	階数
style	character	—	建築様式
view	character	—	眺望の種別 (たとえば”Neighborhood”、”Hills”)
days_on_market	integer	dom	市場滞留日数
listing_date	Date	listing_date	掲載日
sale_concessions	numeric	concessions	売主による譲歩

14.3 推奨する手早い始め方

1. earthUI を起動する: `earthUI::launch()`
2. 新規プロジェクトウィザードで Purpose を **For Appraisal** とするプロジェクトを作成し、Appraisal_1.csv を初期データファイルとして添付する
3. セクション 2(Import Data) で Appraisal_1.csv を選択する
4. 目的変数として `sale_price` を選択する
5. 上の表のとおり特殊型を割り当てる
6. 予測変数として次を含める。`sale_age`、`living_sqft`、`baths_total`、`lot_size`、`area_id` (因子として)、`age`、`latitude`、`longitude`、`garage_spaces`
7. `degree` を 1 に設定し、**Fit Earth Model** をクリックする
8. 中間出力をダウンロードし (ステップ 6)、CQA の順位を確認する
9. CQA の評点を ~5.00 として RCA 補正を計算する (ステップ 7)
10. 取引事例比較表を生成する (ステップ 8)

ヒント: デモデータセットは、自前の *MLS* データを取り込む前に *earthUI* のすべての機能を試すのに適している。上に挙げた推奨の予測変数からは、通常 R^2 が 0.85 を超えるモデルが得られる。

15 実験的機能: Prolog によるテキスト抽出と導出規則

バージョン 0.10.0 は、MLS の書き出しの記述的なテキスト列から、モデルに用いられる特性を抽出するための任意の、そして真に実験的な機能を導入した。対象は何よりもまず “Public Remarks” (一般向け備考) の列であるが、仲介業者の備考や、室内の設備や既存の構築物といったコンマ区切りの特性一覧の列も含まれる。抽出のエンジンは Prolog であり、とりわけ **確定節文法 (DCG, Definite Clause Grammars)** である。備考のテキストの中に “move in ready”、“3 car garage”、“owned solar” といった語句を認識する規則は、Prolog の文法規則として書かれている。

この機能はなお開発中である。今日でも抽出のために部分的に用いることはできる。同梱の文法はすでに有用な一群の特性を認識する。しかし、それを自らの MLS の語彙に合わせるには、Prolog を、とりわけ DCG を読み書きできなければならない。それが自分に当てはまらないのであれば、本章はまるごと読み飛ばしてよい。この機能は既定では無効であり、earthUI のそれ以外の部分は、これがなくともまったく同じように働く。

警告

これは活発に開発中の実験的な機能である。その抽出文法は完全でもなければ、実務の鑑定評価業務のために検証されてもいない。抽出された列は、モデルにおいて依拠する前に、必ず原文のテキストと突き合わせて確認しなければならない。この機能を有効に用いるには、Prolog と DCG に関する実用的な知識が必要である。この機能が行うことはすべて付加的かつ可逆的である。何かの不都合に働いたなら、設定の切替を無効にして通常どおり作業を続けられればよい。

15.1 何をするのか

MLS のリスティングは、自由記述のテキストと区切り付きの一覧の項目の中に、価値に関わる情報を数多く抱えている。この任意の処理段階は、二つの特殊列の役割 (第 6 章) を介して、そのテキストを回帰が利用できる普通の列へと変える。

- **remarks の列**は、Prolog の DCG 文法によって解析され、抽出された属性ごとに 1 列の特性列となる。列の接頭辞は、元の列の名称の頭文字から作られる。public_remarks からは pr_* の列が、agent_remark からは ar_* が生じる、といった具合である。
- **list の列** (たとえば existing_structures = "Shed, Workshop") は、ワンホットの <col>_<value> TRUE/FALSE 列に分割される。この部分は純粋な R であり、Prolog をまったく必要としない。

同梱の文法 (inst/prolog/mls_remarks.pl) は、現在のところ、とりわけ次のものを抽出する。1-5 の condition_score を伴う段階付けされた状態の等級、眺望のフラグと眺望の種類、台所と浴室の改装のフラグ、硬材その他の床材、改良の一覧とその件数、ガレージの収容台数とガレージ面積、プール、スパ、その他の屋外設備、暖炉の数、“40x50” のような寸法から解析した大きさを伴う付属建物 (物置、納屋、工房、カシタ、来客用住居、犬舎など)、RV の駐車場と収納、太陽光発電の所有か賃借かの別、蓄電池、敷地面積 (エーカーから平方フィートへの換算を含む)、対象と結び付いた売買の文脈における金額 (値下げ、HOA の管理費、太陽光のリースまたはその清算、Mello-Roos)、位置の手がかり、そして [-1, 1] の範囲の長所／懸念の感情スコアである。

15.2 要件: SWI-Prolog ではなく vProlog (Trealla)

備考の解析は **vProlog** の R パッケージ、すなわち自己完結型の Trealla Prolog エンジンの上で動く。これは CRAN にはない。本論文の冒頭の “earthUI と vProlog のインストール” に示したとおり、著者の r-universe リポジトリから導入する (Windows と macOS 向けのビルド済みバイナリがあり、ソースは github.com/wcraytor/vProlog にある)。システムへの

Prolog (SWI-Prolog その他) の導入は必要でもなければ、用いられもしない。vProlog がない場合、備考の解析は注記とともに飛ばされるが、list の分割はなお実行される。補助関数 vProlog_available() は、エンジンと同梱の文法の双方が存在するかどうかを報告する。

15.3 有効化と実行

1. **Settings** (歯車) を開き、**Enable Prolog / list column processing** にチェックを入れる。この切替は既定では無効であり、“advanced feature — for users with Prolog expertise” の注記を伴い、プロジェクトごとに記憶され、Project Information のダイアログに表示される。
2. 予測変数表で、該当する列の **Special** の役割を **remarks** または **list** に設定する（それぞれの役割は複数の列がもちうる）。
3. サイドバーのセクション 4 とセクション 5 の間にある **Execute Prolog Processing** のセクションを用いる。そこには二つの段階がある。

1. **Expand lists & remarks** — 各 **remarks** 列に対して DCG 文法を実行し、各 **list** 列をワンホットに分割する。展開は 漸進的である。前回の実行以降に指定された列だけが処理され、指定されたものがすべて展開済みになるとボタンは無効になる。進捗バーが解析の進行を示す。

2. **Execute derivation rules** — 展開された列に対して、利用者自身の Prolog の **derive/2** 規則を適用する（後述）。規則は実行の前に構文検査と試験実行による検証を受ける。

15.4 導出規則

各データ行について、earthUI はその行の列を **cell(Name, Value)** の事実として主張し、利用者の **derive(Col, Val)** 規則のすべての解を収集する。異なる Col のそれぞれが新しい列となり、列ごとに 最初に見つかった値が採用されるので、代替の節を後に続けることができる。補助述語 (**count_true/2**, **count_false/2**, **count_true_prefix/2**, **cell_or/3**, **is_na/1**) が集計と NA の取扱いを支え、**drop/1** の事実は規則の実行後に列を破棄する。たとえば次のようになる。

```
% Merge a collinear cluster of solar flags into one boolean.
derive(solar_any, B) :-
    ( cell(pr_has_solar, true)
      ; cell(pr_solar_owned, true)
      ; cell(pr_has_battery, true) ) -> B = true ; B = false.

% Count amenities instead of OR-ing them (numeric column).
derive(amenity_count, N) :- count_true_prefix(pr_has_, N).

% Threshold -> boolean, with a fallback clause.
derive(big_outbuilding, true) :- cell(pr_outbuilding_sqft, S), S >= 1000.
derive(big_outbuilding, false).

% Discard a raw granular column once consolidated.
drop(pr_price_solar_lease).
```

規則はプロジェクトごとの <project>_rules.pl ファイルに置かれ、十分に注釈の付いたテンプレートを種として作られる。編集は **Edit derivation rules...** から、浮動して移動できるコードエディタで行い、これはサイドバーに固定することもできる。**Check** ボタンは、規則を実行することなく検証する（構文の走査、読み込みの確認、およびデータの第 1 行に対する試験実行）。

15.5 版を付した有効データファイル

いずれの段階の後も、拡張されたデータフレームはプロジェクトの入力フォルダに `<original_name>_<YYMMDD_HHMMSS>.xlsx` として書き出され、そのプロジェクトの有効なデータファイルとなる。プロジェクトを開き直せば拡張済みのデータが読み込まれるので、展開が再計算されることはなく、`glmnetUI` と `mgcvUI` が取り込むのも同じファイルである。備考の元の列は自動的にモデルから外される。生成された列は予測変数として自動的に含まれることはない。テキストの解析は多くの列を生みうるので、(まだ) 回帰に入れたくないものは **Latent** の印を付けるか、`×` で無効にせよ (第 6 章)。

15.6 プログラムからの利用と同梱ファイル

この一連の処理はすべて、一括処理のために公開されている `execute_prolog_processing(df, remarks_cols, list_cols, rules_text)` が各パスを統括し、その基礎には `remarks_to_columns_()`、`split_list_column_()`、`apply_user_rules_()`、`validate_rules_()` がある。`inst/prolog/` の下に同梱された Prolog のソースは、`mls_remarks.pl` (DCG 文法と特性の集計)、`mls_analyze.pl` (一括解析のためのファイル入出力の駆動部)、`mls_rules.pl` (導出規則から利用できる補助述語)、および `climate_regions_ca.pl` (後述) である。

15.7 関連する実験: 気候地域の事前情報

これに付随する実験的な機能は、データの薄い特性、すなわちごく少数の取引事例にしか現れないために回帰が推定できない特性 (たとえば気化式冷却機) を扱う。三つの R の補助関数、すなわち `climate_region_for()`、`market_area_profile()`、`climate_feature_priors()` は、プロジェクトの所在地 (郡+市) を、買い手に認識される七つのカリフォルニアの気候地域 (カリフォルニアエネルギー委員会の 16 の建築気候帯を実務的に縮約したもの) のいずれかに分類し、地域ごとに空調と冷房の設備 (暖房、エアコン、気化式冷却機、全館換気扇、濾過装置) についての順序尺度の寄与価値の事前情報を返す。Prolog のモジュール `climate_regions_ca.pl` は、導出規則の内部で用いるために同じ分類を写している。両者は一つの正典となる R のソースから生成されるので、乖離しえない。この事前情報は、特性の評価に示唆を与え、推定された係数の妥当性を点検する役割を果たすことを意図している。地域の割当て (とりわけ複数の地域にまたがる郡について) は、鑑定評価者が確認すべきである。

15.7.1 カリフォルニアを超えて: 法域パックと市場地域モジュール

カリフォルニアは最初の法域であって、境界ではない。`earthUI` は国際的に用いられており、気候の事前情報に関する知識は法域パック (jurisdiction pack) として再構成されつつある。これは自己完結した、データの形をとる事実の表 (帯域の定義、行政単位の割当て、特性の事前情報) であり、プロジェクト体系の国および行政階層のコードをキーとする。したがって一つのパックが、米国の州を、ドイツの州 (Land) を、あるいは小さな国そのものを記述できる。これに付随する市場地域モジュールの層が、名前を与えられた市場地域について、その地域の語彙と精緻化された事前情報を捉える。

いずれも、バリュエーション・エンジニアと鑑定評価者が現場で、自らの言語で作成することを想定して設計されている。そして現実的には、LLM の支援を得ての作成である。世界に Prolog のプログラムは多くないので、現場で作られる成果物はあえてプログラムではなく表とされている。パックの形式は、完全な作例 (カリフォルニアそのもの) を伴う文書化されたスキーマであり、これはまさに、Claude のような助手が、ある市場の平易な言葉による記述から妥当なパックを起草できるようにするためである。`earthUI` はパックから基礎となる Prolog を生成し、パックを有効にできるようになる前には、妨げとなる検証器 (スキーマ、網羅性、参照整合性、試験実行の各検査) を通過しなければならない。現場で作成されたすべてのパックには、記録上の作成者、日付、および引用された典拠という来歴が必須として

付される。これにより、起草の道具ではなく責任ある専門家が知識の背後に立ち、レポートは用いたパックとその版を正確に引用できる。

ヒント: 実務的な進め方は次のとおりである。備考を展開し、細かな `pr_*` のフラグを `derive/2` 規則によって少数の導出された件数や真偽値へとまとめ、まとめた元のフラグを `drop/1` で落とし、導出された列だけを予測変数の候補として残す。こうすれば予測変数の一覧は短く保たれ、多重共線性も扱いやすい程度にとどまる。

参考文献

- Friedman, Jerome H. (1991). “Multivariate Adaptive Regression Splines”. In: *The Annals of Statistics* 19.1, pp. 1–141. DOI: [10.1214/aos/1176347963](https://doi.org/10.1214/aos/1176347963).
- Milborrow, Stephen (Oct. 1, 2024). *earth: Multivariate Adaptive Regression Splines*. R package. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=earth>.
- (n.d.[a]). *Notes on the earth Package*. URL: <http://www.milbo.org/doc/earth-notes.pdf>.
- (n.d.[b]). *Variance Models in earth*. URL: <http://www.milbo.org/doc/earth-varmod.pdf>.

glmnetUI: glmnet (ラッソおよびエラスティックネット) パッケージのための対話型インターフェース

日本語訳。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor

第 1 巻第 1 号 · 2026 年夏号

発行日: 2026 年 7 月 1 日

DOI: [10.67330/ja8s2k39](https://doi.org/10.67330/ja8s2k39)

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文はオープンアクセス論文であり、[クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) の条件に従って配布される。

要旨. glmnetUI は、R glmnet パッケージのためのグラフィカルユーザインターフェース (graphical user interface) である。glmnet は、ラッソ、リッジ、エラスティックネットの罰則によって正則化された一般化線形モデルを当てはめる。glmnetUI は、一般的な予測モデリング、不動産の鑑定評価、市場地域分析という三つの用途モードを提供し、データの取り込み、モデルの構成、交差検証による当てはめ、係数経路、そしてダウンロードできるレポートに至るまで利用者を導く。本論文は、glmnetUI のデータ形式要件、モデリングの作業手順、出力画面、および全機能のリファレンスを文書化する。

キーワード: ラッソ, リッジ回帰, エラスティックネット, 正則化回帰, glmnet, R, グラフィカルユーザインターフェース, 不動産評価

発行者注記 (2026 年 7 月): 印刷直前に、glmnetUI は earthUI (バージョン 0.11.0 以降) へ統合され、ここで解説するエラスティックネットの作業手順は、MARS および GAM の作業手順とともに earthUI が提供するようになった。glmnetUI は最終リリース版 (0.5.0) の形で <https://github.com/wcraytor/glmnetUI> において引き続き入手可能であり、今後の開発は earthUI において継続される。本論文はリリースされた状態の glmnetUI を対象としている。

目次

1	序論	3
1.1	沿革と背景	3
1.1.1	ラッソ	3
1.1.2	リッジ回帰とエラスティックネット	4
1.1.3	glmnet パッケージ	4
1.1.4	MARS (earth) および GAM (mgcv) との比較	4
1.1.5	推奨される作業手順	5
1.2	glmnetUI とは何か	6
1.3	三つの用途モード	6
1.4	不動産に固有の機能	6
1.5	使い始める	7
2	MLS 入力データの要件	8
2.1	ファイル形式と構造	8
2.2	鑑定評価モードで必要な列	8
2.3	特殊列の命名規約	9
2.4	データの品質と完全性	9
2.5	対象行の配置	9

3 一般用途モード	11
3.1 概観	11
3.1.1 第 1 行を飛ばす	11
3.1.2 用途ごとの設定	11
3.2 サイドバーの作業手順	11
3.3 プロジェクト	12
3.4 earthUI からの取り込み (任意)	12
3.5 主パネルのタブ	13
3.6 設定の保持	13
3.7 ダークモード	14
3.8 ロケールと地域の設定	14
3.8.1 既定値の保存	14
4 鑑定評価モード	15
4.1 対象行の取扱い	15
4.2 基準日と経過日数	15
4.3 特殊列の指定	15
4.4 RCA 補正の概観	15
5 市場地域分析モード	16
5.1 鑑定評価モードとの相違	16
5.2 市場モードを用いる場面	16
6 変数の選択	17
6.1 目的変数	17
6.2 予測変数の表	17
6.3 データ型の検出と上書き	17
6.4 期待される符号とその強制	17
6.5 特殊列型のリファレンス	18
7 パラメータの選択	19
7.1 Alpha (混合パラメータ)	19
7.2 Lambda の選択	19
7.3 Family	19
7.4 Standardize	20
7.5 符号制約	20
7.6 緩和ラッソ	20
7.7 乱数の種	20
7.8 交互作用行列	20
7.9 主効果からの遮断 (交互作用のみ)	21
7.10 上級パラメータ	21
7.11 設定の既定値	21
8 モデルの当てはめ	23
8.1 当てはめのボタン	23
8.2 当てはめの際に起こること	23
9 結果のタブ	24
9.1 Data Preview	24
9.2 Equation	24
9.3 Correlation	24
9.4 Summary	24

9.5	Coefficients	24
9.6	Variable Importance	25
9.7	Contributions	25
9.8	ANOVA	25
9.9	Diagnostics	25
9.10	Glmnet Output	26
9.11	Report	26
10	データのダウンロード	27
10.1	出力の列	27
10.2	CQA の評点	27
11	RCA の計算とダウンロード	28
11.1	RCA の対話窓を開く	28
11.2	CQA の評点の内挿	28
11.3	出力の列	28
12	取引事例比較表	29
12.1	取引事例の選択の対話窓	29
12.2	ブックの構成	29
12.3	シートの保護と残余の升目	29
13	レポートのダウンロード	30
13.1	二段階の Quarto の作業手順	30
13.2	レポートの形式	30
13.3	レポートの内容	30
14	earthUI との比較	32
14.1	主要な相違	32
14.2	共通する機能	32
14.3	どちらを用いるか	32
15	デモデータセット: Appraisal_1.csv	34
15.1	記述	34
15.2	列	34
15.3	推奨される手早い開始	34
16	システム要件と問題解決	36
16.1	対応するプラットフォーム	36
16.2	任意の依存関係	36
16.3	プラットフォームごとの注記	36
16.4	機能の穏やかな縮退	36
16.5	問題解決	36

1 序論

1.1 沿革と背景

1.1.1 ラッソ

ラッソ (Lasso, Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) は、1996 年に Robert Tibshirani によって導入された。この名称はカウボーイの投げ縄 (lasso) ——拘束し、かつ選

択する縄——に意図的にかけたものである。Tibshirani がこの名を選んだのは、この手法が文字どおり係数を「投げ縄で捕らえ」、その絶対値を拘束し、一部を厳密にゼロへ引き寄せることによって、どの変数をモデルに残すかを選択するからである。

Tibshirani の着想は、最小二乗の目的関数に L_1 罰則（係数の絶対値の和）を加えることであった。リッジ回帰 (Hoerl & Kennard, 1970) の L_2 罰則が係数をゼロへ向けて縮小するもののゼロには到達しないのに対し、 L_1 罰則は多くの係数が厳密にゼロとなる疎な解を生む。これによりラッソは、正則化の手法であると同時に変数選択の手法ともなる。

1.1.2 リッジ回帰とエラスティックネット

リッジ回帰は、1970 年に Arthur Hoerl と Robert Kennard によって提案された。これは L_2 罰則（係数の二乗和）を加えるもので、すべての係数を比例的に縮小しつつ、すべての変数をモデルに残す。リッジは予測変数どうしが相関している場合（多重共線性）に有効であるが、モデルを単純化はしない。

エラスティックネットは、2005 年に Hui Zou と Trevor Hastie によって導入され、両方の罰則を結合する。混合パラメータ α がその配合を制御する。 $\alpha = 1$ は純粋なラッソ、 $\alpha = 0$ は純粋なリッジであり、その中間の値は両者の折衷を与える。エラスティックネットはラッソの限界を克服する。予測変数どうしが強く相関している場合、ラッソはそのうち一つを選んで残りを無視する傾向があるのに対し、エラスティックネットは相関する予測変数をまとめて扱う。

1.1.3 glmnet パッケージ

R パッケージ glmnet は、スタンフォード大学の Jerome Friedman、Trevor Hastie、Robert Tibshirani によって開発された。これは、きわめて効率的な座標降下アルゴリズムを用いて一般化線形モデルのエラスティックネット正則化を実装しており (Friedman, Hastie, and Tibshirani 2010)、その後 Cox 比例ハザードモデル (Simon et al. 2011) およびすべての一般化線形モデルの族 (Tay, Narasimhan, and Hastie 2023) へ拡張された。本パッケージは、ガウス型（線形）、二項型（ロジスティック）、ポアソン型、その他の GLM の族を扱う。

glmnet の主な機能は次のとおりである。

- ・ **正則化経路:** 一度の走査でラムダ値の格子全体にわたってモデルを当てはめる。各ラムダで別個に当てはめるよりもはるかに高速である。
- ・ **交差検証:** `cv.glmnet()` が k 分割交差検証によって最適な正則化の強さを自動的に選択する。
- ・ **係数の境界:** 個々の係数に上限と下限（符号制約）を設けることができる。
- ・ **緩和ラッソ:** 選択された変数について、罰則を弱めるか課さずに再推定し、偏りを減らす。

1.1.4 MARS (earth) および GAM (mgcv) との比較

earth アプリケーションとその二つの後処理モジュール (glmnet と mgcv) は、異なるモデリングエンジンを用いる。次の表に主要な相違点を要約する。

機能	glmnet (エラスティックネット)	earth (MARS)	mgcv (GAM)
モデルの型	線形 (正則化つき)	区分線形 (適応スプライン)	滑らかな非線形 (罰則つきスプライン)
非線形性	交互作用または基底展開を通じてのみ	データ駆動のノットをもつヒンジ関数によって自動的に	平滑化関数 (薄板、三次など) によって自動的に
変数選択	L_1 罰則 (ラッソ) により組み込み	GCV による枝刈りを伴う前進/後退の逐次選択により組み込み	二重罰則による縮小 (select=TRUE) で任意に
交互作用	対ごとの積 (解釈が難しい)	ヒンジに基づく積 (解釈可能、次数 3 まで)	テンソル積平滑化 (te(), ti())
解釈可能性	係数は線形の重みであり、個別に説明しやすい	g 関数に変数ごとの区分線形な部分効果を示す	滑らかな部分効果曲線であり、きわめて直観的
適する場面	高次元データ、変数選択、小標本	非線形性と交互作用の自動的な検出	滑らかな非線形の関係、柔軟なモデリング
RCA 補正	変数ごとの線形な補正	g 関数による区分線形な補正	部分効果による滑らかな補正
過適合の制御	交差検証されたラムダ	GCV に基づく枝刈り	REML / GCV による平滑化パラメータの推定

MARS (多変量適応回帰スプライン, Multivariate Adaptive Regression Splines) は、1991 年に Jerome Friedman によって導入された。ヒンジ関数 $\max(0, x - k)$ とそのノット位置をデータから適応的に選択することによって、区分線形なモデルを構築する。R の実装は Stephen Milborrow による **earth** パッケージである。MARS は、利用者が指定せずとも非線形の関係や交互作用を自動的に発見する点に優れている。その g 関数 (変数ごとにまとめた基底項) は、きわめて解釈しやすい部分効果曲線を提供する。

GAM (一般化加法モデル, Generalized Additive Models) は、Hastie と Tibshirani (1990) によって定式化された。Simon Wood による R の実装 **mgcv** は、REML または GCV による平滑度の自動選択を備えた罰則つき回帰スプラインを提供する。GAM は、可視化と説明が直観的に行える滑らかな部分効果曲線を生成する。**earthUI** がノット位置を **mgcvUI** へ書き出すと、**earth** 由来のノットが GAM の平滑化項の出発点となり、MARS の適応的なノット配置と GAM の滑らかな推定とが結合される。

1.1.5 推奨される作業手順

不動産の鑑定評価や、解釈可能で防御可能なモデルを要する類似の応用については、次のようにするとよい。

1. **earthUI から始める**。データの中の重要な変数、非線形の関係、交互作用を発見する。**earth** の自動的な基底選択と g 関数は、優れた初期の洞察を与える。
2. **mgcvUI で洗練する**。より滑らかな部分効果を望む場合に用いる。**earthUI** のノットを **mgcvUI** へ取り込めば、区分線形のモデルから平滑なモデルへ切れ目なく移行できる。
3. **glmnetUI を用いる**。積極的な変数選択 (ラッソ) が必要な場合、予測変数の個数が観測値の個数に近づくかそれを超える場合、あるいは防御可能性のために正則化を施した純粋に線形なモデルを望む場合に用いる。

1.2 glmnetUI とは何か

glmnetUI は、R glmnet パッケージのためのグラフィカルユーザインターフェースである。ローカルの Shiny アプリケーションとして動作し、ログインもサーバもアカウントも存在しない。R から起動し、データセット (CSV または Excel) を取り込み、モデルを構成して、対話的に当てはめを行う。

現行リリースの時点で、glmnetUI はもはや別個にインストールされるパッケージではない。エラスティックネットの後処理モジュール (Post Processing Module) として earthUI パッケージの内部に同梱されており、`earthUI::launch_glmnet()` で起動する。アプリケーション自体——および本論文で解説する事柄のすべて——は変わっておらず、異なるのはインストールと起動コマンドだけである。三つのルーチン (`earth`、`glmnet`、`mgcv`) は、一つのプロジェクトツリー、一つの設定データベース、そして支援基盤の一つの複製を共有する。

本アプリケーションは、データの取り込み、変数の構成、モデルの当てはめ、診断プロット、変数重要度、モデル方程式、そして Word、PDF、HTML 形式でダウンロードできるレポートに至る、完全な作業手順を提供する。

エラスティックネット回帰は、二つの正則化手法を結合する。

- リッジ回帰 ($\alpha = 0$) : すべての係数を比例的にゼロへ向けて縮小する。すべての変数が関連していると考える場合に適する。
- ラッソ回帰 ($\alpha = 1$) : 係数を厳密にゼロまで縮小でき、変数選択を自動的に行う。より単純で解釈しやすいモデルを生む。
- エラスティックネット ($0 < \alpha < 1$) : 両方の手法を配合したものである。予測変数どうしが相関している場合に有用である。

1.3 三つの用途モード

すべての glmnetUI プロジェクトは **Purpose** (用途) をもち、これはプロジェクトの作成時に選択する (第 1 節、*Project*)。作動中のプロジェクトの用途が、どのツールとインターフェース要素が現れるかを決定する。別のモードで作業するには、その用途をもつプロジェクトを作成するか開く。モードは三つである。

- **General** (一般) — あらゆる種類の母集団またはデータセットに対するエラスティックネット回帰。既定のモードである。領域固有の追加機能をもたない、完全な正則化回帰の作業手順を提供する。
- **For Appraisal** (鑑定評価用) — 不動産の鑑定評価に合わせたエラスティックネット回帰。対象不動産の取扱い、特殊列の指定、残差制約アプローチ (RCA, Residual Constraint Approach) など、単一不動産の評価に固有の機能を追加する。
- **Market Area Analysis** (市場地域分析) — 市場地域の研究に合わせたエラスティックネット回帰。画定された市場内の不動産群を分析するための機能を追加し、対象行を任意に除外できる。

三つのモードのいずれにおいても、中核のモデリングエンジンは同一であり、利用者は常にエラスティックネット (glmnet) モデルを当てはめている。用途の設定は、どの追加ツールとインターフェース要素が利用可能になるかを制御する。

1.4 不動産に固有の機能

For Appraisal または **Market Area Analysis** のいずれかを選択すると、glmnetUI は不動産分析のために設計されたいくつかの機能を有効にする。

- **特殊列の指定** — 各予測変数には、`contract_date`、`dom`、`concessions`、`latitude`、`longitude`、`living_area`、`lot_size`、`actual_age`、`effective_age`、`area`、`site_dimensions`、`display_only` といった特殊な役割を付与できる。これらの指定は、当てはめと出力において当該列がどのように扱われるかを制御する。

- **緯度と経度の丸め** — 緯度または経度として指定された列は、過適合を防ぐために自動的に小数点以下 3 桁に丸められる。
- **Sale Age 列** — ある列が `contract_date` として指定され、かつ基準日 (Effective Date) が与えられている場合、`glmnetUI` は `sale_age` 列 (売買日と基準日との間の日数) を計算し、これを予測変数として代置する。
- **RCA 計算 (鑑定評価モード専用)** — 鑑定評価モードでは、モデルを当てはめた後に `glmnetUI` が残差制約アプローチ (RCA) の出力を計算できる。これは取引事例ごとの補正、純補正／総補正の要約、および対象不動産の補正後売買価格を生成する。

ヒント: *General* 用途モードは、金融、科学、工学、不動産を問わず、あらゆるデータセットに対して機能する。鑑定評価モードと市場モードは、不動産の専門家のための便宜的な機能を加えるにすぎない。

1.5 使い始める

`glmnetUI` を利用するには、次のようにする。

1. R で **earthUI** をインストールする: `install.packages("earthUI")` — `glmnet` ルーチンはこれに含まれる。(開発版と任意の構成要素については、本号の `earthUI` 論文の “Installing earthUI and vProlog” を参照せよ。)
2. **アプリケーションを起動する**: R で `earthUI::launch_glmnet()` を実行する。アプリはポート 7879 でウェブブラウザ上に開く。ブラウザで `http://localhost:7879` に移動して直接アクセスすることもできる。アプリは最後に使用した用途モードを記憶し、自動的に復元する。
3. サイドバーの第 1 節で**プロジェクトを作成または開く**。プロジェクトは用途と作業地 (国、州、郡、市) およびその入出力フォルダを設定する。プロジェクトは共有の `regProj` ルートの下に保存され、姉妹アプリである `earthUI` および `mgcvUI` と共有される。異なる用途のプロジェクトを開くことが、モードを切り替える方法である。
4. 第 2 節で、作動中のプロジェクトの入力フォルダから CSV または Excel ファイルを選択して**データを取り込む**。当該フォルダにファイルを追加し、**Refresh** をクリックして一覧に表示させる。
5. **earthUI から取り込む (任意)** — 第 3 節では、`earthUI` の結果 `.rds` ファイルを取り込み、`earth` のヒンジ基底関数を `glmnet` の正則化とともに用いることができる。`earthUI` の結果がない場合はこの手順を飛ばす。
6. **変数を構成する** — 目的変数と予測変数を選び、データ型と期待される符号を設定し、特殊列の役割を割り当てる。
7. **`glmnet` のパラメータを設定する** — `alpha`、`lambda`、`family`、符号制約、交互作用、その他の選択肢を設定する。
8. **モデルを当てはめる** — “Fit Glmnet Model” をクリックし、主パネルで結果を確認する。
9. **書き出す** — 予測値を Excel としてダウンロードし、Quarto レポートを生成・変換し、または (鑑定評価モードでは) RCA 補正と取引事例比較表を計算する。

設定はブラウザのローカルストレージに自動的に保持され、同じ入力ファイルを読み込み直したときに復元される。

2 MLS 入力データの要件

不動産の鑑定評価および市場分析の作業手順においては、入力データは通常、複数不動産情報サービス (MLS, Multiple Listing Service) からの書き出しに由来する。本章では、想定されるファイル構造と、glmnetUI が利用できる列について述べる。

2.1 ファイル形式と構造

glmnetUI は CSV および Excel (.xlsx, .xls) のファイルを受け付ける。取り込みの際、列名は自動的に snake_case へ変換される。たとえば “Living SqFt” は living_sqft に、“Contract Date” は contract_date に、“Sale Price” は sale_price になる。この正規化により、作業手順の全体を通じて列の参照が一貫したものとなる。取り込み時に用いられる CSV の区切り文字と小数点記号は、ロケールの設定によって決まる（第 3 章 “Locale & Regional Settings” を参照）。

データファイルは、不動産ごとに 1 行、属性ごとに 1 列をもつ平坦な表でなければならない。ファイルの第 1 行は列見出しを含む必要がある。

2.2 鑑定評価モードで必要な列

glmnetUI は任意の列の組合せで動作するが、完全な鑑定評価の作業手順は次の列があると効果を発揮する。

列	特殊型	用途
Sale Price	(目的変数)	モデルの応答変数
Contract Date	contract_date	sale_age (基準日からの日数) の計算に用いる
Listing Date	listing_date	DOM の列がない場合、契約日と併せて DOM を計算するのに用いる
Days on Market	dom	市場滞留日数。書き出しに表示される
Concessions	concessions	売買時の譲歩。純売買価格 = 売買価格 - 譲歩
Living Area (SF)	living_area	平方フィート当たりの残差 (residual_sf、cqa_sf) を可能にする
Lot Size	lot_size	敷地面積の列
Site Dimensions	site_dimensions	敷地面積とまとめて扱われる
Latitude	latitude	小数点以下 3 桁に丸められる
Longitude	longitude	小数点以下 3 桁に丸められる
Area ID	area	市場地域／近隣地域の識別子
Actual Age	actual_age	不動産の実際の経過年数
Effective Age	effective_age	不動産の有効経過年数
Address	display_only	書き出しには表示され、モデルからは除外される

表計算ファイルの列名は外国語であってもよい。「特殊」な名称が英語であるのは、R のプログラムがそれらに特別な扱いを与えられるようにするためである。それ以外の場合、与えられた列名がそのまま回帰モデル、グラフ、そして鑑定評価を行うのであれば出力レポートに現れる。

すべての列が必須というわけではない。glmnetUI は適応的であり、ある列が存在しなければ、対応する機能が単に省かれるだけである。ただし、不動産の価格モデルにおいては、受け入れられる当てはまりを得るために、いくつかの列が強く推奨される。

1. **Sale Age** (経過日数) — 契約による売買の日と、鑑定評価または分析の基準日との間の日数である。複数年にわたる売買履歴を、とりわけ 5 年を超える期間について用いる場合、sale_age は売買価格の推定においてしばしば中心的な役割を果たす。

2. **Living Area** (居住面積) — “Living Sqft”、“GLA” (総居住面積) などの名称でも呼ばれる。これも売買価格の主要な決定要因である。
3. **Total Bath Count** (浴室数の合計) — フルバス、4 分の 1 バス、ハーフバス、4 分の 3 バスの合計数である。たとえばフルバス二つとハーフバス一つであれば 2.5 という値になる。
4. **Garage Bays** (車庫の台数) または **Garage Area** (車庫面積) — 車庫の駐車区画数、または車庫の平方フィート数である。
5. **Lot Size** (敷地面積) — 不動産の土地面積であり、通常は平方フィートまたはエーカーで表される。
6. **Longitude, Latitude** (経度・緯度)、そして利用可能であれば **Area ID** (地域識別子)。これらの位置に関する変数は、地理的な価格変動をモデルが説明するのを助ける。

2.3 特殊列の命名規約

glmnetUI は列を、その列名ではなく**特殊型の指定**によって識別する。MLS の書き出しにおいて列には任意の名前を付けてよい。重要なのは、変数構成の表 (第 6 章) で正しい特殊型を割り当てることである。

たとえば、利用する MLS は居住面積を “GLA”、“Living SqFt”、“liv_area”、“gross_living_area” のいずれかとして書き出すかもしれない。取り込み (このとき snake_case になる) の後、Special のドロップダウンでそれを **living_area** と指定するだけでよい。そうすれば glmnetUI は、元の名称がどうであれ、それを平方フィート当たりの残差の計算に用いる。

2.4 データの品質と完全性

- **欠測値 (NA):** いずれかの予測変数または目的変数の列に NA の値をもつ行は、当てはめの前に自動的に取り除かれる。
- **日付の列:** 一般的な日付形式に合致する文字型の列は、取り込み時に自動的に解析される。4 桁の年が検出されない場合には、2 桁の年の形式が優先される。
- **数値の列:** 売買価格、居住面積、敷地面積、譲歩などの項目は数値でなければならない。利用する MLS が通貨記号や桁区切りを伴って価格を書き出す場合 (たとえば “\$350,000” や “350.000,00”)、取り込みの前にこれらを整えておく必要があるかもしれない。
- **因子の列:** 文字型、TRUE/FALSE、および R の因子型の列は、自動的にカテゴリカルとして扱われる。回帰はそれらを因子としてしか扱えないからである。**数値の列** (たとえば数値の地域コードや様式コード) が因子になるのは、その **Factor** のチェックボックスに印を付けたときに限られる。glmnetUI は数値の取りうる範囲からカテゴリカルであることを推測することは決してないため、bath_count のような離散的な数値の予測変数は連続量のままとなる。Special の役割は因子とするか否かの判断とは独立である。

ヒント: 取り込みの後、予測変数の表の NA 列を確認せよ。欠測値の多い列は行が落とされる原因となりうる。NA の多い列を除外するか、取り込みの前にデータを整えることを検討せよ。

2.5 対象行の配置

Appraisal (鑑定評価) モードでは、**第 1 行が対象不動産でなければならない**。残りの行はすべて取引事例である。対象行はモデルの当てはめから除外される。当てはめの後も、モデルは対象行についての予測値を生成する。

Market Area Analysis (市場地域分析) モードでは、対象を第 1 行に置くことは任意である。

General（一般）モードでは、行に対する特別な扱いはなく、すべての行が等しく扱われる。

3 一般用途モード

3.1 概観

一般用途 (General Purpose) モードは、glmnetUI を起動したときの既定である。これは、不動産に限らずあらゆるデータセットに対して、完全なエラスティックネット回帰の作業手順を提供する。glmnetUI は、科学的なデータ、金融の分析、工学の研究、その他任意の回帰の問題に用いることができる。

General モードでは、インターフェースは不動産に固有の機能（特殊列、経過日数、座標の丸め、RCA）を省く。サイドバーは、変数の選択、パラメータの構成、モデルの当てはめ、書き出しに焦点を絞って簡素化される。

3.1.1 第 1 行を飛ばす

General または Market のプロジェクトを開くと、サイドバーの最上部に **Skip first row**（第 1 行を飛ばす）のチェックボックスが現れる。印を付けると、第 1 行はモデルの当てはめから除外される。これは、第 1 行がモデルに影響を与えるべきでない対象または参照の観測値を含む場合に有用である。Appraisal モードでは、第 1 行（対象不動産）は常に自動的に除外される。

3.1.2 用途ごとの設定

設定（予測変数の選択、モデルのパラメータ、交互作用）は、入力ファイルと用途モードの組合せごとに別々に保存される。General、Appraisal、Market の各モードを切り替えても、それぞれのモードの設定は独立に保たれる。

3.2 サイドバーの作業手順

サイドバーは番号付きの折りたたみ可能な節に整理されており、プロジェクトの選択からレポートの書き出しまで利用者を導く。ほとんどの節は作動中のプロジェクトを開いてはじめて現れ、いくつかはプロジェクトの用途に固有である。出力フォルダは作動中のプロジェクトから導かれるため、出力フォルダ用の独立した入力欄は存在しない。

1. Project (プロジェクト) — プロジェクトを作成または開く。プロジェクトは用途と作業地（国、州、郡、市）およびその入力フォルダ（<os>_in/）と出力フォルダを設定する。プロジェクトは共有の regProj ルート（既定では ~/regProj、環境変数 REGPROJ_ROOT で上書き可能）の下に保存され、姉妹アプリである earthUI および mgcvUI と共有されるため、三つすべてのモデルが並んで存在する。切り替えるには **Close Project** をクリックする。

2. Import Data (データの取り込み) — 作動中のプロジェクトの入力フォルダから CSV または Excel ファイルを選択する。Finder または Explorer でフォルダにファイルを追加し、**Refresh** をクリックして一覧に表示させる。複数のシートをもつ Excel ファイルの場合は、シートの選択欄が現れる。列名は自動的に snake_case へ変換される。

3. Import from earthUI (optional) (earthUI からの取り込み・任意) — earthUI の結果 .rds ファイルを取り込み、earth のヒンジ基底関数を glmnet のエラスティックネット正則化とともに用いる。参照ボタンは第 2 節のファイル選択欄と揃った意匠になっている。この手順は任意であり、取り込む earthUI の結果がなければ飛ばしてよい。

4. Variable Configuration (変数の構成) — 目的変数の選択欄、Include、Factor、Force のチェックボックスを備えた予測変数の表、および Sign のドロップダウン。Special 列（契約日、座標などを指定するためのもの）は Appraisal モードと Market モードにのみ現れる。詳細は第 6 章を参照せよ。

5. glmnet Call Parameters (glmnet 呼出しのパラメータ) — モデルの構成のすべて。alpha、lambda、family、standardize、符号制約、緩和ラッソ、乱数の種、交互作用行列、お

よび上級パラメータ (lambda.min.ratio、nlambda、CV の損失指標、収束の閾値、最大反復回数、切片)。完全なパラメータのリファレンスは第 7 章を参照せよ。

6. Fit Glmnet Model (glmnet モデルの当てはめ) — モデルを実行するボタンである。結果は右側のタブに現れる。

7. Download Output (出力のダウンロード) — 予測値、残差、CQA の評点、変数ごとの寄与を Excel ファイルとしてプロジェクトの出力フォルダへ書き出す。モデルを当てはめた後、すべての用途モードで利用できる。

8. Calculate RCA Adjustments & Download (RCA 補正の計算とダウンロード) — 取引事例ごとに変数別の RCA 補正を計算し、CQA によって対象の残差を内挿する。Appraisal モードと Market モードでのみ、当てはめの後に現れる。第 11 章を参照せよ。

9. Generate Sales Grid & Download (取引事例比較表の生成とダウンロード) — 中間段階の取引事例比較表を生成し、総補正率によって取引事例を順位付けする。Appraisal モードでのみ、RCA 補正を計算した後に現れる。第 12 章を参照せよ。

10. Generate Quarto Report (Quarto レポートの生成) — すべてのプロットと表を含む自己完結的な Quarto (.qmd) レポート一式を、プロジェクトの出力フォルダへ書き出す。モデルを当てはめた後に利用できる。

11. Convert Quarto Report (Quarto レポートの変換) — 生成された .qmd 一式を HTML、Word、または PDF へ描画する。PDF には LaTeX の導入が必要であり、検出されない場合は PDF の選択肢が隠される。第 13 章を参照せよ。

Market モードと General モードでは、鑑定評価専用の隠された手順が飛ばされ、二つのレポートの節はそれに応じて番号を付け直される。

3.3 プロジェクト

glmnetUI は作業を、共有の regProj ルートフォルダ (earthUI および mgcvUI が用いるのと同じツリー) の下の **プロジェクト** という単位で組織する。各プロジェクトは入力フォルダ (<os>_in) と、エンジンごとの出力フォルダ (たとえば <os>_out_glmnet) をもつ。

プロジェクトを作成するには、第 1 節で + New... をクリックし、次を与える。

- **Purpose** (用途) — General、Appraisal、Market Area のいずれか。
- **Location** (所在) — プロジェクトの政治的・行政的な階層。記入する階層の組は選んだ国によって異なるため、外国の命名慣行が自動的に支援される。米国のプロジェクトは州／郡／市を用い、フランスのものは地域圏／県／コミューンを、日本のものは都道府県／市区／地区を用いる、といった具合である。
- **Project Name** (プロジェクト名) — 短い名札であり、8 文字 (英字、数字、_、-) までに限られる。

アプリは入力された名前をそのまま用いるのではなく、所在のコードと作成の日時を前に付けて、一意で時刻印を伴うフォルダ名を組み立てる。その形式は <country>_<admin level codes>_<YYYYMMDD-HHMMSS>_<your name> であり、たとえば burl という名の米国のプロジェクトは us_ca_081_burlin_20260604-131500_burl となる。8 文字の制限は入力する部分にのみ適用される。時刻印の接頭辞が付くのは新たに作成されたプロジェクトだけであり、すでにディスク上にあるプロジェクトは元の名前を保ち、変わらず完全に利用できる。

3.4 earthUI からの取り込み (任意)

サイドバーの第 3 節 **Import from earthUI** では、earthUI の結果 .rds ファイルを取り込むことができる。これにより glmnetUI は、earth のヒンジ基底関数 (区分線形の項) を glmnet のエラスティックネット正則化とともに用いることができ、earth の自動的な非線形性の検出と、glmnet の変数選択および係数の制約とを結合できる。

earthUI の結果を取り込むと、glmnet の当てはめを駆動するのは Include のチェックボックスではなく earth モデルの予測変数となる。glmnet が earth の基底展開の上で当てはめを行うからである。変数構成の表はこれを明示する。Include と Type は固定され、earth モ

デルが用いなかった予測変数の行は無効化され、予測変数の組が earth モデルに由来する旨の注記が示される。**Force** と **Sign** は earth の予測変数について編集可能なままである。これらは当てはめの時点でお earth の基底に適用されるからである。

参照ボタンは第 2 節のファイル選択欄と揃った意匠になっている。この手順はまったくの任意であり、earthUI の結果ファイルがなければ第 3 節を飛ばして第 4 節へ進めばよい。

3.5 主パネルのタブ

当てはめの後、主パネルは次のタブを提供する。

タブ	内容
Data Preview	取り込んだデータの下見。鑑定評価モードでは、対象不動産と取引事例の二つの表に分かれる。
Equation	当てはめられたモデルの方程式を LaTeX / MathJax で表示し、ゼロでない各係数と交互作用項を示す。
Correlation	数値型の予測変数の相関のヒートマップ（当てはめの前でも利用できる）。
Summary	主要な指標 (R^2 、自由度調整済み R^2 、 GR^2 、 $CV R^2$ 、RMSE、MAE) と鑑定評価の指標 (COD、PRD、中央値比率)。
Coefficients	ゼロでない係数の表。符号違反の警告を伴う。
Variable Importance	予測変数の重要度 ($ \beta \times sd(x)$) の棒グラフと順位表。利用できる場合は対話的な plotly のホバー表示を伴う。
Contributions	変数ごとの部分効果のプロット。傾きの表示を伴う。数値型の予測変数には散布図と当てはめ線、因子には箱ひげ図、交互作用には 3 次元の曲面・散布図・ヒートマップ。
ANOVA	分散分解の表。変数ごとの平方和、モデル平方和に占める割合、係数。
Diagnostics	四つのプロット。係数経路、CV 誤差、実測値対予測値、残差対当てはめ値。
Glmnet Output	生のモデル出力。用いた乱数の種、モデルの表示、選択されたラムダ、lambda.min / 1se、gamma（緩和ラッソの場合）、および係数ベクトルの全体。
Report	レポートの構成と書き出しの入力欄。
RCA Adjustments	RCA 分析の結果（鑑定評価モードで、計算の後）。

3.6 設定の保持

glmnetUI は、入力ファイル名を鍵として、構成をブラウザのローカルストレージへ自動的に保存する。同じファイルを読み込み直すと、目的変数の選択、予測変数のチェックボックス、データ型、期待される符号、glmnet のパラメータ、交互作用行列といった設定がすべて復元される。最後に使用した用途モードも全体として保持され、アプリを再起動したときに復元される。三つの選択肢が用意されている。

- **Use last settings for input file** — この特定のファイルについて保存された設定を復元する
- **Use default settings** — 保存された全体の既定値を適用する
- **glmnet defaults** — 工場出荷時の既定値（ $\alpha = 1$ 、CV の lambda.1se、10 分割、gaussian、standardize は有効）に戻す

Save current as default のボタンは、現在の設定のすべてを全体の既定値として保存する。

3.7 ダークモード

右上隅の月／太陽のアイコンをクリックすると、明るい主題と暗い主題とを切り替えられる。主題の選好はローカルストレージに保存され、セッションをまたいで保持される。すべての UI 要素（表、プロット、カード、ボタン）が CSS 変数を介して選択された主題に適応する。

3.8 ロケールと地域の設定

glmnetUI は、国を基礎とするロケールの仕組みを通じて、数値と CSV の国際的な書式の慣行に対応する。タイトルバーの **Settings** のドロップダウンは、対応する 31 か国について **Country** と **Paper** の選択欄を提供する。各既定値は次を構成する。

- **CSV の区切り文字** — 米国・英国・日本ではコンマ (,)、コンマを小数点記号として用いる欧州の大部分ではセミコロン (;)。
- **小数点記号** — ピリオド (.) またはコンマ (,)。
- **桁区切り** — コンマ (米国・英国・日本)、ピリオド (ドイツ・イタリア・スペイン)、空白 (フィンランド・フランス・ポーランド・バルト三国・ウクライナ・ロシア)、またはアポストロフィ (スイス)。
- **用紙寸法** — Letter (米国・カナダ・メキシコ) または A4 (それ以外のすべて)。

3.8.1 既定値の保存

Save as my default をクリックすると、ロケールの選好が全体として保存される。これらの既定値は、どのデータファイルを読み込むかにかかわらず、今後のすべてのセッションに適用される。

ヒント: プロットの軸と傾きの表示における数値の書式は、ロケールに自動的に適応する。ドイツのロケールは桁区切りにピリオドを用い (200.000)、フィンランドは空白を (200 000)、スイスはアポストロフィを用いる (200'000)。通貨記号は表示されない。glmnetUI は通貨に依存しない。

4 鑑定評価モード

用途として **For Appraisal** を選択すると、glmnetUI は単一不動産の評価のために自らを構成する。第 3 章で述べた機能はすべて引き続き利用でき、本章では鑑定評価に固有の追加分のみを扱う。

4.1 対象行の取扱い

鑑定評価モードでは、データセットの第 1 行が対象不動産であり、残りの行はすべて取引事例である。入力ファイルはそれに従って整えておかなければならない（第 2 章を参照）。対象の売買価格は空欄のままでも、任意の値を入れてもよい。glmnetUI は当てはめの際、これを自動的に NA として扱う。

取り込みの後、Data Preview のタブは二つの部分に分かれる。**Subject Property**（第 1 行）と **Comparable Sales**（第 2 行以降）である。第 1 行は常にモデルの当てはめから除外される。当てはめの後も、モデルは対象行についての予測値を生成する。

4.2 基準日と経過日数

鑑定評価モードと市場モードでは、変数構成の節に **Effective Date**（基準日）の入力欄が現れる（既定は当日の日付である）。Special 列のドロップダウンで、ある列を `contract_date` と指定すると、glmnetUI は `sale_age` 列——各売買の契約日と基準日との間の整数の日数——を計算する。この列は予測変数として追加される。

基準日が変わると、`sale_age` は自動的に再計算される。

4.3 特殊列の指定

鑑定評価モードと市場モードでは、変数構成の表の各予測変数について **Special** のドロップダウンが現れる。特殊型とその効果の完全なリファレンスは第 6 章を参照せよ。

4.4 RCA 補正の概観

Calculate RCA Adjustments & Download のボタン（サイドバー第 8 節。Appraisal モードと Market モードで当てはめの後に表示される）は、対象に対する各取引事例の、市場から導かれた補正を計算する。RCA の作業手順の全体は第 11 章で述べる。

ヒント: 対象に与える *CQA* の評点は、残差の分布のどれだけを対象に帰属させるかを制御する。*5.00* の評点は、対象を取引事例の中央値の位置に置く。

5 市場地域分析モード

用途として **Market Area Analysis** を選択すると、glmnetUI は鑑定評価モードと同じ不動産固有の機能（特殊列、経過日数、座標の丸め）を提供するが、単一の対象を評価するのではなく、不動産の一群を分析することに向けられる。

5.1 鑑定評価モードとの相違

- 対象行の取扱いが柔軟である — 市場モードでは、第 1 行が自動的に対象不動産として扱われることはない。
- 取引事例比較表がない — “Calculate RCA Adjustments & Download” の手順（第 8 節）は市場モードでも利用できるが、取引事例比較表の手順（第 9 節）は鑑定評価専用である。

5.2 市場モードを用いる場面

市場地域分析モードは、次のような場合に適している。

- 価値の要因を理解するために、近隣地域または市場地域についての回帰モデルを構築する場合
- 平方フィート数、経過年数、敷地面積、位置といった変数が、不動産の一群にわたって売買価格にどのように影響するかを分析する場合
- 市況分析または近隣地域の画定のための裏づけを準備する場合
- 特殊列の機能（経過日数、座標の丸め）は用いたい、RCA 補正の作業手順は必要としないデータセットを扱う場合

ヒント: 市場モードは、特殊列の機能は用いたい、RCA 補正の作業手順は必要としない、一般的な不動産の回帰にも有用である。

6 変数の選択

サイドバーの第 4 節 **Variable Configuration** は、どの列がモデルに参加するか、またそれらがどのように扱われるかを選ぶ場所である。

6.1 目的変数

第 4 節の最上部にある **Target (response) variable** のドロップダウンは、データセットのすべての列を列挙する。応答変数として一つの列（たとえば売買価格）を選択する。目的変数の列は予測変数の一覧から自動的に除外される。

6.2 予測変数の表

目的変数の選択欄の下に、残りのすべての列を次の項目とともに列挙する表がある。

項目	説明
Variable	列名
Type	データ型のドロップダウン: numeric、integer、character、Date、POSIXct
Include	チェックボックス — この列を予測変数としてモデルに含める
Factor	チェックボックス — この変数をカテゴリカルな因子として扱う（モデル行列にダミー列を作る）
Force	チェックボックス — モデルに強制的に入れる（罰則係数 = 0 であり、ラッソによって落とされない）
Special	ドロップダウン（鑑定評価／市場モード専用） — 後掲の特殊列型のリファレンスを参照
Sign	期待される係数の符号: 正、負、いずれでもよい
NAs	欠測値の個数

6.3 データ型の検出と上書き

glmnetUI は取り込み時にデータ型を自動的に検出する。数値型、整数型、日付型の列が認識される。日付らしく見える（一般的な日付形式の型に合致する）文字型の列は **Date** に分類される。

Type のドロップダウンを変えれば、どの検出結果も上書きできる。型を変えると、その列がモデル行列においてどのように符号化されるかが変わる。

文字型、TRUE/FALSE、および R の因子型の列は、自動的にカテゴリカルとして扱われる。数値の列が因子になるのは、その **Factor** のチェックボックスに印を付けたときに限られる。glmnetUI は数値の取りうる範囲からカテゴリカルであることを推測することは決してないため、浴室数のような離散的な数値の予測変数は、こちらが指定しない限り連続量のままとなる。Factor の設定は localStorage を介して保持される。

6.4 期待される符号とその強制

各予測変数について、**Sign** のドロップダウンは、その係数が正、負、いずれの向きでもよい、のどれであると期待するかを指定する。当てはめ後は、次のようになる。

- 期待に反する符号をもつ係数は **Coefficients** の表で印が付けられる
- 符号の警告が **Summary** のタブに現れる

glmnet のパラメータ (第 7 章) で **Enforce Sign Constraints** のチェックボックスを有効にすると、モデルは期待される符号に合致する係数を生成するよう強制される。これは glmnet の `upper.limits` および `lower.limits` によって実装されている。

6.5 特殊列型のリファレンス

鑑定評価モードと市場モードでは、**Special** のドロップダウンが次の選択肢を提供する。

重み:

- `weight` — 観測値の重みの列 (すべてのモードで利用できる。一つだけ許される。重みが 0 の行は当てはめから除外される)

日付と時刻の型:

- `contract_date` — 基準日からの `sale_age` の自動計算を起動する
- `listing_date` — 市場滞留日数を計算する際の代替として用いる
- `dom` — 市場滞留日数の列を指し示す
- `sale_age` — 既存の経過日数の列を指定する。これにより、glmnetUI に `contract_date` から計算させるのではなく、任意の列を経過日数として用いることができる

金額の型:

- `concessions` — 売買時の譲歩 (売主の負担、買主への誘因など) を指し示す

取引の型:

- `sale_type` — 売買／取引の種別の列を指し示す

規模と位置の型:

- `latitude` — 値は自動的に小数点以下 3 桁に丸められる
- `longitude` — 緯度と同じ丸めの扱いを受ける
- `area` — 市場地域または近隣地域の識別子 (たとえば `area_id`、`neighborhood`、`market_area`)
- `living_area` — 平方フィート当たりの残差の計算 (`residual_sf` と `cqa_sf`) を可能にする
- `lot_size` — 敷地面積の列
- `site_dimensions` — 敷地面積とまとめて扱われる (たとえば “75x120”)

経過年数の型:

- `actual_age` — 不動産の実際の経過年数の列
- `effective_age` — 不動産の有効経過年数

表示の型:

- `display_only` — 当該列は Excel の書き出しには含まれるが、モデルの当てはめからは完全に除外される。住所の項目、MLS 番号、地番、その他の参照用のデータに用いる。複数の列にこの指定を与えることができる。

ヒント: `display_only` として指定された列はデータセットに残り、Excel の書き出しに現れるが、予測変数の表からは完全に除外される。識別子の列、住所、その他の参照用の項目に用いよ。

7 パラメータの選択

サイドバーの第 5 節 **glmnet Call Parameters** は、エラスティックネットモデルのすべての構成の選択肢へのアクセスを提供する。各パラメータには、説明の吹き出しを伴う青い補助アイコン (?) が付いている。

7.1 Alpha (混合パラメータ)

alpha のパラメータは正則化の種類を制御する。

alpha の値	種類	挙動
0	リッジ	すべての係数を比例的に縮小し、いずれもゼロにはしない
1	ラッソ	係数を厳密にゼロにできる (変数選択)
0 から 1	エラスティックネット	リッジとラッソの配合

alpha の選択方法は二つ用意されている。

- **Fixed** (固定) — スライダーで単一の alpha の値を設定する (既定: 1.0)
- **Grid Search** (格子探索) — 複数の alpha の値を試し、CV 誤差の最も小さいものを選ぶ。範囲と値の個数を構成する。

7.2 Lambda の選択

lambda は正則化の強さを制御する。

方法	説明
Cross-validation (交差検証)	推奨される。k 分割 CV を用いて多数の lambda の値を試す。
Manual (手動)	理由があるならば特定の lambda の値を入力する。

交差検証を用いる場合、lambda の選び方は二つある。

- **lambda.1se** (既定) — 最小値から 1 標準誤差の範囲内で最大の lambda である。より単純で、より強く正則化されたモデルを生む。鑑定評価の業務には推奨される。
- **lambda.min** — 交差検証誤差を最小にする lambda である。最もよく当てはまるが、より複雑になりうるモデルを生む。

Number of CV Folds のパラメータは、交差検証のためにデータをどのように分割するかを制御する (既定: 10 分割)。

7.3 Family

応答変数の分布族を選ぶ。

族	用いる場面
gaussian	連続な応答 (たとえば売買価格)。最も一般的。
binomial	二値の結果 (たとえば売却済／未売却)。
poisson	計数データ (たとえば売買の件数)。

7.4 Standardize

印を付けると（既定）、当てはめの前にすべての予測変数が平均 0、標準偏差 1 をもつよう尺度変換される。これにより、元の尺度がどうであれ罰則がすべての予測変数を等しく扱うことが保証される。係数は元の尺度に戻して返される。通常は有効のままにしておくべきである。

7.5 符号制約

Enforce Sign Constraints を有効にすると、係数は変数の表（第 6 章）で設定した期待される符号に合致するよう制約される。

- ・「正」の符号は係数を ≥ 0 に強制する
- ・「負」の符号は係数を ≤ 0 に強制する
- ・「いずれでもよい」に設定された変数は制約されない

これは `glmnet()` の `upper.limits` および `lower.limits` のパラメータによって実装されている。

7.6 緩和ラッソ

通常のラッソは、変数選択と係数の推定の双方に同じ罰則を用いるため、重要な係数をゼロへ向けて過度に縮小することがある。**緩和ラッソ**はこれらの段階を分ける。

1. まず、ラッソによって変数を選択する（どの係数が生き残るかを罰則が決める）
2. 次に、生き残った変数を、より弱い罰則で、あるいは罰則なしで再推定し、偏りの少ない推定値を得る

Gamma のスライダーは緩和の度合いを制御する。

Gamma	効果
0	完全に緩和（OLS による再推定であり、縮小はまったくない）
1	緩和なし（通常の <code>glmnet</code> と同じ）
中間	緩和された当てはめと罰則付きの当てはめを配合する

交差検証を用いると、`gamma` は最適な性能が得られるよう自動的に選ばれる。

7.7 乱数の種

無作為な整数があらかじめ入力された **Random seed** のテキスト入力欄は、交差検証の分割の割当てを再現可能にする。当てはめの前に `set.seed()` が呼ばれ、用いられた種は `Glmnet Output` のタブと当てはめの状態表示に示される。当てはめのたびに新しい種が自動生成される（R の乱数生成器ではなく、システムの時刻を用いる）。現在のファイルについて最後に用いられた 5 つの種は、容易に呼び戻せるようクリック可能なリンクとして示される。種の履歴は新しいファイルを読み込むと消去される。

7.8 交互作用行列

対話的な上三角の行列によって、どの変数の対に交互作用を許すかを制御できる。各升目にはチェックボックスがあり、印が付いていれば交互作用項 `x1:x2` がモデル行列に含まれる。

- ・ **Allow All** — すべての交互作用の対に印を付ける
- ・ **Clear All** — すべての対の印を外す（新しいファイルの既定はすべて印なしである）
- ・ **変数名をクリックする** — その変数に関するすべての交互作用を切り替える

交互作用の選択は入力ファイルごとにブラウザの localStorage へ保存され、同じファイルを読み込み直したときに復元される。

いずれかの交互作用が有効になっていると、書き出されるレポートに **Enabled Interactions** の行列（両軸に予測変数を並べ、 $x1:x2$ の積の項が含まれた箇所に印を付ける）が含まれる。これは横向きに描画され、earthUI の Allowed Interactions の行列と対応している。ただし、有効にした項であっても、ラッソがその係数をゼロへ縮小している場合がある点に注意せよ。

ヒント: 予測変数が多い場合、ラッソは不要な交互作用項を自動的にゼロにする。“Allow All” から始めてモデルに選ばせるのは、理にかなった進め方である。

警告

glmnet の交互作用を有効にすると、法廷や監査の場において解釈し説明することが難しい補正が生じうる。交互作用は慎重に用い、得られた補正が妥当であることを検証せよ。

7.9 主効果からの遮断（交互作用のみ）

交互作用行列の変数名を右クリックすると、その変数が主効果としてモデルに入るのを遮断できる。変数名の後に太字の “1” の印が現れる。遮断されると、次のようになる。

- ・ 当該変数は主たる式の項から取り除かれる
- ・ 当該変数は交互作用項 ($x1:x2$) にはなお現れうる
- ・ 再び右クリックすれば遮断を解除できる
- ・ この状態は入力ファイルごとに localStorage を介して保持される

典型的な用例は次のとおりである。不動産の規模に応じて増減すべき時点修正をモデル化する場合、sale_age を主効果から遮断し、living_area との交互作用においてのみ許す。こうすると、平坦な sale_age の係数の代わりに sale_age:living_area という交互作用項が生じ、時間による価格上昇率が住宅の規模によって変わるようになる。

7.10 上級パラメータ

glmnet Call Parameters の最下部にある折りたたみ可能な “Advanced” の節は、追加の設定を露出させる。これらは分別のある既定値を用いているが、法廷や監査のためにモデルの設定をすべて文書化できるよう、表示されている。

- ・ **Lambda Min Ratio** — 正則化経路における最小の lambda と最大の lambda との比。既定: 0.00001。小さなデータセット（観測値が 50 未満）では、より大きな値（たとえば 0.01）が性能を改善することがある。
- ・ **Number of Lambda Values** — 経路における lambda の値の個数。既定: 100。
- ・ **CV Loss Metric** — 交差検証の損失関数。MSE (gaussian の既定)、MAE (外れ値に頑健)、または Deviance。
- ・ **Convergence Threshold** — 座標降下法の収束の閾値。既定: $1e-07$ 。
- ・ **Max Iterations** — 座標降下法の最大反復回数。既定: 100,000。収束の警告が現れる場合は増やすこと。
- ・ **Fit Intercept** — 切片（定数）の項を含める。既定: 有効。切片は鑑定評価の RCA における「基礎価値」である。

7.11 設定の既定値

ファイルを読み込んだときにパラメータをどのように初期化するかを、三つの選択肢が制御する。

- **Use last settings for input file** — このファイルで前回用いたのとまったく同じ設定を復元する
- **Use default settings** — 保存された全体の既定値を適用する
- **glmnet defaults** — 工場出荷時の設定 ($\alpha = 1$ 、CV の λ_{1se} 、10 分割、gaussian、standardize は有効) に戻す

Save current as default をクリックすると、現在の設定のすべてが、今後のファイルのための全体の既定値として保存される。

8 モデルの当てはめ

8.1 当てはめのボタン

サイドバーの第 6 節には **Fit Glmnet Model** のボタンがある。これをクリックすると、現在の構成でモデルが実行される。

8.2 当てはめの際に起こること

Fit をクリックすると、glmnetUI は次を行う。

1. **データを準備する** — NA をもつ行を取り除き、(指定されていれば) 重みを適用し、(鑑定評価モードでは) 対象行を除外し、因子の変数をダミー列として符号化する。
2. **モデル行列を組み立てる** — 交互作用行列で許された交互作用項を含む計画行列を作る。
3. **制約を適用する** — 符号の強制が有効であれば、係数に `upper.limits` と `lower.limits` を設定する。
4. **交差検証を実行する** — CV が選択されていれば、`cv.glmnet()` を呼んで最適な `lambda` を求める。緩和ラッソが有効であれば、`cv.glmnet(..., relax = TRUE)` を呼ぶ。
5. **最終のモデルを当てはめる** — 当てはめられたモデル、係数、予測値、残差を保存する。
6. **すべての結果タブを更新する** — Summary、Coefficients、Equation、Variable Importance、Contributions、ANOVA、Diagnostics が埋められる。

Fit ボタンの下の状態表示は、観測値の個数、除外された行、選択された `lambda` を示す。

9 結果のタブ

9.1 Data Preview

取り込んだデータを対話的な DataTable として示す。鑑定評価モードと市場モードでは、下見は二つの表に分かれる。**Subject Property** (第 1 行) と **Comparable Sales** (第 2 行以降) である。

各升目は 1 行に保たれ、列幅で切り詰められるため、幅の広い自由記述の項目 (不動産の備考など) が行をページの下方へ引き伸ばすことはない。任意の升目をダブルクリックすると、切り詰められていない内容の全体を示す小窓が開く。

9.2 Equation

当てはめられたモデルの方程式を、MathJax を介して LaTeX で描画して表示する。ゼロでない係数のすべてを、適切な数学的書式で示す。

- 正の係数は + の符号を伴って示される
- 負の係数は - の符号を伴って示される
- 交互作用項は $x_1 \times x_2$ として表示される
- 数値は桁区切りと適切な小数桁で整形される

9.3 Correlation

数値型の予測変数のすべてと応答変数との間のピアソンの相関を示す、ヒートマップの行列である。データの取り込み直後から利用でき、モデルの当てはめを要しない。

- 色の階調: 青 (-1) → 白 (0) → 赤 (+1)
- 各升目に相関の値が印字される
- 文字と軸の大きさは変数の個数に応じて適応する
- 当てはめの前に多重共線性を見つけるのに有用である

9.4 Summary

モデルの当てはまりの統計量がカードとして表示される。

- R^2 — 説明された分散の割合
- $\text{Adj } R^2$ — 予測変数の個数について調整したもの
- GR^2 — 選択された lambda における glmnet の逸脱度比から求めた一般化 R^2
- $\text{CV } R^2$ — 交差検証の R^2 (CV を用いる場合)
- RMSE — 二乗平均平方根誤差
- MAE — 平均絶対誤差

鑑定評価モードと市場モードでは、次の追加のカードが示される。

- **Median Ratio** — (予測値/実測値) の中央値
- **COD** — 分散係数 (Coefficient of Dispersion。小さいほどよい)
- **PRD** — 価格関連格差 (Price-Related Differential)

訓練時の R^2 が CV の R^2 を 0.1 より大きく上回ると、**過適合**の警告が現れる。

カードの下には、便宜のため、符号の警告を伴う係数の表が Coefficients のタブと重ねて示される。

9.5 Coefficients

ゼロでないすべての係数の表であり、次を示す。

- 変数名

- 係数の値
- 期待される符号（変数の構成による）
- 係数の向きが期待に合致しない場合の符号の警告の印

9.6 Variable Importance

各予測変数についての標準化された係数の大きさ $|\beta| \times \text{sd}(x)$ であり、因子の変数についてはダミー列にわたって集約される。二つの表示様式がある。

- **対話的な plotly** (plotly パッケージが導入されている場合)：正確な重要度、係数、相対的な百分率を示すホバーの吹き出しを伴う横棒グラフ。
- **静的な ggplot2** (代替)：桁区切りで整形された軸の目盛を伴う横棒グラフ。

グラフの下では、DataTable が Variable、Importance、Coefficient、Relative % を示す。

9.7 Contributions

各予測変数がモデルの予測値に与える寄与を示す、変数ごとの部分効果のプロットである。ドロップダウンから変数を選ぶ。

数値型の予測変数の場合：当該変数の x 値とその寄与 ($\beta \times x$) との散布図であり、赤い線分と傾きの表示を伴う。傾きの表示は単位当たりの限界効果（たとえば +1,234.56/unit）を示し、緯度・経度のように値域の狭い変数については適応的な単位（たとえば +0.12/0.001）を用いる。副題には切片（基礎）の値が示される。

因子の変数の場合：因子の水準ごとの寄与の値の分布を示す箱ひげ図である。

二変数の交互作用の場合：三つの図が積み重ねて示される。すなわち、結合された寄与の 3 次元曲面プロット（利用できる場合は対話的な plotly、そうでなければ静的な persp()）、寄与によって点を色分けした散布図、そして両変数の値域にわたる平均の寄与のヒートマップである。

9.8 ANOVA

各予測変数について次を示す分散分解の表である。

- **SS** — 平方和: $\sum (\text{contribution}_j - \overline{\text{contribution}})^2$
- **% of Model SS** — モデルの全平方和に占める百分率
- **Coefficient** — その予測変数についての支配的な係数

切片の行と TOTAL MODEL の行を含む。交互作用の項 (“:” を含むもの) は別の群として示される。

9.9 Diagnostics

大きな文字（基準の大きさ 16pt）、15 個の軸目盛、桁区切りで整形された表示（指数表記は用いない）を伴う、四つの診断プロットである。

1. **Coefficient Path** (係数経路) — $\log(\lambda)$ が増加するにつれてすべての係数がどのように変化するかを示す。線は変数によって色分けされる。正則化経路と変数選択を可視化するのに役立つ。
2. **CV Error** (CV 誤差) — $\log(\lambda)$ の関数としての交差検証誤差である。点は CV 誤差の平均を示し、誤差棒は ± 1 標準誤差を示す。破線の縦線が $\lambda_{\min}$ (青) と λ_{1se} (緑) を示す。
3. **Actual vs Predicted** (実測値対予測値) — 観測値と予測値の散布図である。点は 45 度の破線の基準線の周りに集まるはずである。散らばりが大きいほど予測の誤差が大きいことを示す。

4. **Residuals vs Fitted** (残差対当てはめ値) — 残差と当てはめ値の散布図である。ゼロの線 (破線) の周りに無作為な散らばりを示すはずである。何らかの型が見えるときは、モデルの定式化の誤り (たとえば非線形性、不等分散) が示唆される。

各プロットには、150 DPI で保存するための **Download PNG** のボタンが付いている。

9.10 Glmnet Output

生のモデル出力であり、用いた乱数の種、モデルの表示、選択された λ 、 $\lambda_{\min}$ / λ_{1se} 、 γ (緩和ラッソが有効な場合)、および係数ベクトルの全体を示す。

9.11 Report

レポートの項目 (鑑定評価者名、不動産の所在、レポートの日付、ファイル番号) を構成し、当該タブから直接 Word (.docx) または PDF へ書き出す。Quarto に基づくレポートの作業手順の全体 (HTML、Word、PDF) については第 13 章を参照せよ。

10 データのダウンロード

当てはめの後、**Download Output (Excel)** のボタン（サイドバー第 7 節。すべての用途モードで利用できる）は、予測値と診断情報を含む Excel ファイルをプロジェクトの出力フォルダへ書き出す。この節の見出しは、鑑定評価モードと市場モードでは “Download Estimated Sale Prices & Residuals”、General モードでは “Download Estimated Target Variable(s) & Residuals” と表示される。

10.1 出力の列

列	説明
est_<target>	モデルの予測値（たとえば est_sale_price）
residual	実測値 - 予測値
cqa	CQA (Condition-Quality-Appeal) の評点（0-10 の尺度）
residual_sf	残差／居住面積（living_area が指定されている場合）
cqa_sf	residual_sf による順位付けから計算した CQA
<var>_contribution	予測値に対する変数ごとの寄与
basis	切片の値（すべての行で同一）

正常に完了すると、ダウンロードのボタンに白いチェック印が現れる。

10.2 CQA の評点

CQA は、各行の残差を他のすべての残差に照らして 0-10 の尺度で順位付けする。

- **高い CQA（およそ 9-10）**：予測値よりはるかに高く売れた。状態・品質・訴求力が優れている可能性が高い
- **低い CQA（およそ 0-1）**：予測値よりはるかに低く売れた。状態が劣るか、困窮売買である可能性が高い
- **CQA がおよそ 5**：中央値に近い

鑑定評価モードと市場モードでは、living_area の列が指定されている場合、行は residual_sf の降順に並べられる。

11 RCA の計算とダウンロード

RCA（残差制約アプローチ, Residual Constraint Approach）の作業手順は、モデルを当てはめた後、**Appraisal** モードと **Market Area Analysis** モードで利用できる。これに続く取引事例比較表（第 12 章）は鑑定評価専用である。

11.1 RCA の対話窓を開く

サイドバー第 8 節の **Calculate RCA Adjustments & Download** のボタンをクリックし、次を選ぶ。

- **CQA** または **CQA per SF** の評点の種類。“CQA per SF” を選ぶと、対象の残差が居住面積によって尺度変換される。
- 対象の CQA の評点を入力する（0.00–9.99、既定は 5.00）

11.2 CQA の評点の内挿

1. 取引事例の CQA の評点と残差が並べ替えられる
2. 線形の内挿によって、入力した CQA の値が一つの残差へ写される
3. 対象の価値 = モデルの予測値 + 内挿された残差

11.3 出力の列

列	説明
subject_value	モデルの予測値 + 内挿された残差
<var>_adjustment	対象の寄与 – 取引事例の寄与
residual_adjustment	対象の残差 – 取引事例の残差
net_adjustments	すべての補正の和
gross_adjustments	補正の絶対値の和
adjusted_sale_price	取引事例の売買価格 + 純補正

計算が正常に済むと、ボタンに白いチェック印が現れる。

12 取引事例比較表

取引事例比較表は、RCA 補正を計算した後（手順 8）、**Appraisal** モードでのみ利用できる。これは、鑑定評価報告書に収めるのに適した、書式の整った Excel のブックを生成する。

12.1 取引事例の選択の対話窓

サイドバー第 9 節の **Generate Sales Grid & Download** のボタンをクリックすると、RCA の出力に含まれるすべての取引事例を列挙するモーダルの対話窓が開く。取引事例は二つの群に分けられる。

- **Recommended comps**（推奨される取引事例。あらかじめ印が付く）：総補正が売買価格の 25% 未満のものであり、経過日数の順（最も新しいものが先）に並ぶ。
- **Other comps**（その他の取引事例。既定では印が付かない）：残りの取引事例であり、経過日数の順に並ぶ。

最大 30 件の取引事例を選び、**Generate Sales Grid** をクリックしてブックを作成する。

12.2 ブックの構成

生成されるブックは最大 10 枚のシートを含み、各シートは 3 件の取引事例を並べて保持する。

- **見出しの行**: 対象と取引事例の所在、売買価格、売買日、市場滞留日数
- **まとめられた行**: 位置（緯度、経度、地域）、敷地の規模（敷地面積、敷地の寸法）、経過年数（実際の経過年数、有効経過年数）を、群の見出しと下位の項目とともに示す
- **モデル変数の行**: ゼロでないモデルの係数ごとに 1 行を設け、対象の寄与、取引事例の寄与、補正率を示す
- **残余の特性の行**: モデルが捉えていない特性（たとえば状態、品質、眺望）について鑑定評価者が入力するための、空欄で施錠されていない升目
- **要約の行**: 純補正率、総補正率、補正後売買価格を、Excel の生きた数式とともに示す

12.3 シートの保護と残余の升目

各シートは誤った編集を防ぐためにパスワードで保護されるが、残余の特性の値の升目は明示的に施錠が解かれている。これにより、数式によって駆動される補正の計算を保ちながら、鑑定評価者はモデルに含まれない特性の値を入力できる。

13 レポートのダウンロード

13.1 二段階の Quarto の作業手順

サイドバーからのレポートの書き出しは、二段階の Quarto の作業手順である。

1. **Generate Quarto Report** (サイドバー第 10 節) — 自己完結的な Quarto の一式 (.qmd の原稿に加えてプロット、report_data.rds、reference.docx) を、プロジェクトの glmnet 出力フォルダへ書き出す。
2. **Convert Quarto Report** (サイドバー第 11 節) — .qmd ファイルを、選んだ出力形式へ描画する。経路は最後に生成された一式が既定となるが、任意の .qmd を参照して選ぶこともできる。

13.2 レポートの形式

変換の段階では三つの形式が利用できる。

- **HTML** — 自己完結的な HTML 文書である。pandoc 以外の追加のソフトウェアを要さず、すべてのプラットフォームで機能する。既定として推奨される。
- **Word (.docx)** — 書式の整った文書である。編集と配布に適する。すべてのプラットフォームで機能する。
- **PDF** — Quarto と LaTeX を介して生成される。用紙寸法はロケールの設定 (Letter または A4) に従う。**LaTeX の導入が必要である** (システム要件の付録を参照)。LaTeX が検出されない場合、PDF の選択肢は形式のチェックボックスから自動的に隠される。

レポートは、利用できる場合は Quarto を用いて生成され、利用できない場合は rmarkdown が代替となる。Report のタブは、さらに Word への書き出しと PDF への書き出しのボタンを直接提供する。

13.3 レポートの内容

レポートはすべてのタブの内容を含む。

- データセットの記述 (ファイル名、観測値の個数、応答変数、予測変数、用途)
- モデルの仕様 (alpha、lambda、family、standardize、緩和ラッソの有無、ゼロでない係数)
- 結果の要約 (R^2 、自由度調整済み R^2 、一般化 R^2 、CV R^2 、RMSE、MAE)
- モデルの方程式 (LaTeX で描画)
- 係数の表
- 変数重要度 (棒グラフと表)
- Contributions のタブに対応する、変数ごとの寄与のプロット:
 - **数値型の予測変数:** 線形の当てはめ線を伴う散布図
 - **因子の変数:** 水準ごとの箱ひげ図
 - **交互作用:** 寄与によって色分けした散布図、平均の寄与のヒートマップ、および静的な 3 次元曲面の一葉 (persp)
- Enabled Interactions の行列 (いずれかの交互作用が有効な場合) — 両軸に予測変数を並べ、 $x_1:x_2$ の積の項が含まれた箇所に印を付けたものであり、横向きに描画される
- 相関行列のヒートマップ
- ANOVA による分解の表
- 診断のプロット:
 - 係数経路
 - 交差検証誤差
 - 実測値対予測値

- 残差対当てはめ値
- 正規 Q-Q プロット
- モデルの出力

すべての軸の表示と色の凡例は、桁区切りで整形された数値を用いる（指数表記は用いない）。

レポートが正常に生成されると、レポートのボタンに白いチェック印が現れる。また、レポートを描画している間は経過時間の計時が表示される。

14 earthUI との比較

earth アプリケーションとその glmnet 後処理モジュールは、回帰モデリングのための一つの道具立てである。両者は同じデータ形式、特殊列の型、RCA の作業手順、デモデータセットを共有するが、モデリングエンジンは異なる。

14.1 主要な相違

機能	glmnetUI	earthUI
手法	エラスティックネット (glmnet)	MARS / Earth (earth)
変数選択	ラッソの罰則により自動的に	前進／後退の枝刈りにより自動的に
係数の関係	線形の効果のみ	区分線形（ヒンジ関数）
交互作用	交互作用行列による対ごとのもの	次数 3 まで
係数の符号	制約によって強制できる	直接には強制できない
緩和した当てはめ	緩和ラッソが利用できる	該当なし
alpha の調整	格子探索が利用できる	該当なし（混合パラメータがない）
取引事例比較表	利用できる（手順 9）	利用できる（手順 8）
g 関数のプロット	該当なし	まとめられた項の可視化
レポートの形式	HTML、Word、PDF	HTML、Word、PDF

14.2 共通する機能

いずれの道具も次を提供する。

- snake_case への列名の変換を伴う CSV および Excel の取り込み
- CSV の区切り文字、小数点記号、用紙寸法を含む 31 か国のロケールへの対応
- 特殊列の指定（contract_date、living_area、area、latitude、longitude など）
- 基準日からの sale_age の自動計算
- 暗い主題と明るい主題の切替え
- localStorage を介した設定の保持
- 相関のヒートマップ、変数重要度、寄与、ANOVA、診断
- CQA の評点付けと RCA 補正の作業手順
- 取引事例の選択と書式の整った Excel 出力を伴う取引事例比較表
- 同じデモデータセット（Appraisal_1.csv）との互換性

14.3 どちらを用いるか

- **glmnetUI を用いる** — 自動的な変数選択を備えた、単純で解釈しやすい線形モデルを望む場合。エラスティックネットは、予測変数が多く、その中から最も重要なものをモデルに選ばせたい場合にとりわけ適している。
- **earthUI を用いる** — 非線形の関係进行期する場合（たとえば、居住面積が価格に及ぼす効果が規模によって変わる場合）や、閾値の効果を捉えるためにヒンジ関数を必要とする場合。Earth モデルは高次の交互作用（次数 2 および 3）も捉えうる。earthUI はさらに、glmnetUI には対応物のない、Prolog / DCG に基づく備考抽出の実験的な機能を提供する。

- **両方を用いる** — 同じデータについて線形モデルと非線形モデルを比較する場合。両者が同程度の R^2 の値を生むならば、解釈可能性のためにより単純な glmnet のモデルが好まれるかもしれない。

15 デモデータセット: Appraisal_1.csv

15.1 記述

デモデータセットは glmnetUI に同梱されている（また earthUI と共有されている）。次のようにして所在を突き止める。

```
demo_file <- system.file("extdata", "Appraisal_1.csv", package = "glmnetUI")
```

このファイルは、模擬的な MLS の書き出しに由来する 1,502 件の住宅の売買（加えて第 1 行に 1 件の対象不動産）を含む。データは、規模、経過年数、位置の幅をもつ複数地域の市場における一戸建て住宅の売買を表している。

これは実在のデータではないが、北カリフォルニアの現実的な近隣地域に基づいている。識別につながる情報はすべて改変または削除されている。

15.2 列

列	型	特殊型	説明
weight	numeric	weight	観測値の重み（0 = 当てはめから除外）
id	numeric	display_only	内部の記録識別子
property_id	numeric	display_only	MLS の不動産識別子
listing_id	character	display_only	MLS の登録番号
parcel_number	character	display_only	郡評価官の地番 (APN)
street_address	character	display_only	不動産の所在
city_name	character	display_only	市
postal_code	character	display_only	郵便番号
county_name	character	display_only	郡
contract_date	Date	contract_date	売買契約日（sale_age を計算する）
sale_age	numeric	—	契約日から基準日までの日数
sale_price	numeric	(目的変数)	売買価格 — 応答変数
living_sqft	numeric	living_area	総居住面積（平方フィート）
beds_total	integer	—	寝室の数
baths_total	numeric	—	浴室数の合計（たとえば 2.5 = フル 2 + ハーフ 1）
lot_size	numeric	lot_size	敷地面積（平方フィート）
area_id	integer	area	MLS の地域識別子
age	numeric	actual_age	不動産の経過年数
latitude	numeric	latitude	緯度（モデル用に小数点以下 3 桁に丸められる）
longitude	numeric	longitude	経度（モデル用に小数点以下 3 桁に丸められる）
garage_spaces	integer	—	車庫の台数
days_on_market	integer	dom	市場滞留日数
listing_date	Date	listing_date	登録日
sale_concessions	numeric	concessions	売主の譲歩

15.3 推奨される手早い開始

1. glmnet ルーチンを起動する: `earthUI::launch_glmnet()`
2. 用途を **For Appraisal** として新しいプロジェクトを作成する（第 1 節）

3. Appraisal_1.csv をプロジェクトの入力フォルダに置き、第 2 節でそれを選択する
(必要ならば **Refresh** をクリックする)
4. 目的変数として **sale_price** を選ぶ
5. 上の表のとおりに特殊型を割り当てる
6. 予測変数として次を含める: **sale_age**、**living_sqft**、**baths_total**、**lot_size**、**area_id**
(因子として)、**age**、**latitude**、**longitude**、**garage_spaces**
7. $\alpha = 1$ (ラッソ) と CV の **lambda.1se** のままにする
8. **Fit Glmnet Model** をクリックする
9. **Summary**、**Coefficients**、**Diagnostics** のタブを確認する
10. 出力をダウンロードし (手順 7)、CQA の順位付けを確認する
11. CQA の評点をおよそ 5.00 として RCA 補正を計算する (手順 8)
12. 推奨される取引事例を用いて取引事例比較表を生成する (手順 9)

16 システム要件と問題解決

16.1 対応するプラットフォーム

glmnetUI は **macOS**、**Windows**、**Linux** で動作する。RStudio Desktop (2023.06 以降) が強く推奨される。レポートに必要な **pandoc** が同梱されるからである。

16.2 任意の依存関係

- **LaTeX** (TinyTeX、MiKTeX、または MacTeX) : PDF レポートの生成にのみ必要である。検出されない場合、PDF の選択肢は自動的に隠される。次でインストールする: `tinytex::install_tinytex()`
- **sysfonts + showtext**: プロット用の Roboto Condensed フォント。利用できないか接続がない場合は、自動的にシステムのサンセリフ体に戻る。
- **earth** ($\geq 5.3.0$) : earthUI からの取り込みの経路にのみ必要である。

16.3 プラットフォームごとの注記

macOS: 問題が最も少ない。PDF のために TinyTeX をインストールする: `tinytex::install_tinytex()`

Windows: RStudio とともに良好に動作する。企業内の、あるいは制限のかかった機器では一時ディレクトリに制約がある場合がある。その場合アプリはコンソールに警告を出す、設定の保持なしで動作を続ける。

Linux: システムのライブラリが必要になる場合がある: `sudo apt install libcurl4-openssl-dev libssl-dev libxml2-dev libsqlite3-dev libfontconfig-dev`

16.4 機能の穏やかな縮退

欠けている構成要素	挙動
LaTeX がない	PDF の選択肢が隠される。HTML と Word は引き続き利用できる。
接続がない／フォントの読み込みに失敗	システムのサンセリフ体が用いられる。コンソールに記録が残る。
RSQLite がない／読み取り専用のファイルシステム	設定が保持されない。アプリは正常に動作する。
一時ディレクトリに書き込めない	レポートの生成が明確な誤りとともに失敗する。TMPDIR を書き込める場所に設定せよ。

16.5 問題解決

“PDF option not available”: R で `tinytex::install_tinytex()` を実行し、アプリを再起動する。

“Settings will not persist”: 利用者データのディレクトリの権限を確認する (macOS: `~/Library/Application Support/R/glmnetUI/`、Linux: `~/.local/share/R/glmnetUI/`、Windows: `%APPDATA%/R/data/glmnetUI/`)。

ポート 7879 がすでに使用されている: `lsof -ti:7879 | xargs kill` (macOS / Linux) または `Stop-Process -Id (Get-NetTCPConnection -LocalPort 7879).OwningProcess` (Windows PowerShell) を実行する。

参考文献

- Friedman, Jerome, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani (2010). “Regularization Paths for Generalized Linear Models via Coordinate Descent”. In: *Journal of Statistical Software* 33.1, pp. 1–22. DOI: [10.18637/jss.v033.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v033.i01).
- Simon, Noah et al. (2011). “Regularization Paths for Cox’s Proportional Hazards Model via Coordinate Descent”. In: *Journal of Statistical Software* 39.5, pp. 1–13. DOI: [10.18637/jss.v039.i05](https://doi.org/10.18637/jss.v039.i05).
- Tay, J. Kenneth, Balasubramanian Narasimhan, and Trevor Hastie (2023). “Elastic Net Regularization Paths for All Generalized Linear Models”. In: *Journal of Statistical Software* 106.1, pp. 1–31. DOI: [10.18637/jss.v106.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v106.i01).

mgcvUI: mgcv (一般化加法モデル) パッケージのための 対話型インターフェース

日本語訳。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

William Bert Craytor

第 1 巻第 1 号 · 2026 年夏号

発行日: 2026 年 7 月 1 日

DOI: [10.67330/xtv1pa25](https://doi.org/10.67330/xtv1pa25)

© 2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net.

本論文はオープンアクセス論文であり、[クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンス \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) の条件に従って配布される。

要旨. mgcvUI は、R mgcv パッケージのためのグラフィカルユーザインターフェース (graphical user interface) である。mgcv は、自動的な平滑度選択 (smoothness selection) を備えた罰則付き回帰スプライン (penalized regression spline) によって一般化加法モデル (GAM, generalized additive model) を当てはめる。mgcvUI は、一般的な予測モデリング、不動産の鑑定評価、市場地域分析 (market-area analysis) という三つの用途モードを提供し、データの取り込み、平滑化項 (smooth term) の指定、モデルの当てはめ、診断プロットと効果プロットの確認、そしてレポートのダウンロードに至るまで利用者を導く。本論文は、mgcvUI のデータ形式要件、モデリングの作業手順、出力画面、および全機能のリファレンスを文書化する。

キーワード: 一般化加法モデル, GAM, 罰則付きスプライン, 平滑化, mgcv, R, グラフィカルユーザインターフェース, 不動産評価

発行者注記 (2026 年 7 月): 印刷直前に、mgcvUI は earthUI (バージョン 0.11.0 以降) に統合され、本論文で解説する GAM の作業手順は、MARS およびエラスティックネットの作業手順とともに earthUI から提供されるようになった。mgcvUI は最終リリースの形態 (0.3.0) で <https://github.com/wcraytor/mgcvUI> に引き続き公開されており、今後の開発は earthUI において続けられる。本論文は、リリースされた状態の mgcvUI を対象としている。

目次

1	序論	4
1.1	沿革と背景	4
1.1.1	一般化加法モデル	4
1.1.2	mgcv パッケージ	4
1.1.3	MARS (earth) およびエラスティックネット (glmnet) との比較	5
1.1.4	earthUI-mgcvUI パイプライン	5
1.1.5	推奨される作業手順	6
1.2	mgcvUI とは何か	6
1.3	三つの用途モード	6
1.4	不動産に固有の機能	7
1.5	使い始める	7
2	MLS 入力データの要件	9
2.1	ファイル形式と構造	9
2.2	鑑定評価モードに必要な列	9
2.3	特殊列の命名規約	10
2.4	データの品質と完全性	10
2.5	対象行の配置	10

3	General 用途モード	11
3.1	概観	11
3.2	サイドバーの作業手順	11
3.3	earthUI からの取り込み (任意)	12
3.4	主パネルのタブ	12
3.5	設定の保存	13
3.6	ダークモード	13
3.7	ロケールと地域の設定	13
4	鑑定評価モード	15
4.1	対象行の取扱い	15
4.2	基準日と経過日数	15
4.3	特殊列の指定	15
4.4	RCA 補正の概観	15
5	市場地域分析モード	16
5.1	鑑定評価モードとの相違点	16
5.2	市場モードを用いる場面	16
6	変数の選択	17
6.1	目的変数	17
6.2	応答変換	17
6.3	予測変数表	17
6.4	データ型の検出と上書き	18
6.5	特殊列型のリファレンス	18
7	パラメータの選択	19
7.1	パラメータのプリセット	19
7.2	Family (分布族)	19
7.3	Method (推定法)	19
7.4	Gamma (平滑化乗数)	20
7.5	交差検証	20
7.6	Select (縮小)	20
7.7	既定の基底	20
7.8	既定の k (基底次元)	20
7.9	テンソルの型	21
7.10	許可する交互作用	21
7.11	因子別平滑化項の交互作用	21
7.12	高度なパラメータ	21
8	モデルの当てはめ	22
8.1	当てはめボタン	22
8.2	当てはめの際に起こること	22
8.3	背景での当てはめと進捗	22
9	結果のタブ	23
9.1	Data	23
9.2	Equation	23
9.3	Summary	23
9.4	Variable Importance	23
9.5	寄与プロット	24
9.5.1	一変量の平滑化項 — $s(x)$	24

9.5.2	因子別平滑化項 — $s(x, \text{by} = \text{factor})$	24
9.5.3	交互作用項 — $ti(x_1, x_2)$ および $te(x_1, x_2)$	24
9.5.4	パラメトリック項 — 線形および因子	24
9.6	Correlation	24
9.7	Diagnostics	24
9.8	RCA Adjustments	24
9.9	Anova	25
9.10	Mgev Output	25
9.11	Sign Check	25
9.12	Concurvity	25
9.13	Basis Check	25
10	データのダウンロード	26
10.1	出力の列	26
10.2	CQA スコア	26
11	RCA の計算とダウンロード	27
11.1	RCA ダイアログを開く	27
11.2	CQA スコアの内挿	27
11.3	出力の列	27
12	取引事例比較表	28
12.1	取引事例選択ダイアログ	28
12.2	ワークブックの構成	28
12.3	シートの保護と残余的なセル	28
13	レポートのダウンロード	29
13.1	第 1 段階: Quarto レポートの生成	29
13.2	第 2 段階: Quarto レポートの変換	29
13.3	レポートの内容	29
14	モデル関数の書き出し	31
14.1	R 関数	31
14.2	Python 関数	31
14.3	C++ ヘッダ	31
14.4	SQLite データベース	31
15	earthUI および glmnetUI との比較	32
15.1	主要な相違点	32
15.2	共通する機能	32
15.3	推奨される作業手順	32
16	デモ用データセット: Appraisal_1.csv	34
16.1	説明	34
16.2	列	34
16.3	推奨される手早い始め方	35
17	システム要件と問題解決	36
17.1	対応プラットフォーム	36
17.2	R のバージョン	36
17.3	必要な R パッケージ	36
17.4	任意の依存関係	37
17.5	プラットフォーム固有の注意事項	37

17.5.1	macOS	37
17.5.2	Windows	37
17.5.3	Linux	37
17.6	機能の穏やかな縮退	38
17.7	問題解決	38
17.7.1	“PDF option is not available”	38
17.7.2	“Settings will not persist”	38
17.7.3	“Diagnostics plot unavailable”	39
17.7.4	“Report error: number of items to replace...”	39
17.7.5	ポート 7880 が使用中	39
17.7.6	Linux でパッケージの導入が失敗する	39

1 序論

1.1 沿革と背景

1.1.1 一般化加法モデル

一般化加法モデル (GAM, generalized additive models) は、Trevor Hastie と Robert Tibshirani が 1990 年の著書において定式化した。GAM は、線形モデルの各線形項 $\beta_j x_j$ を平滑関数 $f_j(x_j)$ で置き換えることにより線形モデルを拡張する。すなわちモデルは次の形になる。

$$y = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \cdots + f_p(x_p) + \varepsilon$$

各 f_j は、罰則付き回帰スプラインを用いてデータから推定される。平滑関数により、利用者があらかじめ関数形を指定することなく、非線形の関係を捉えることが可能になる。罰則は各平滑化項のうねり具合を制御し、実在するパターンを追跡するのに十分な柔軟性を保ちながら過適合を防ぐ。

1.1.2 mgcv パッケージ

R パッケージ mgcv (Mixed GAM Computation Vehicle) は、バース大学の Simon Wood が開発した (Wood 2017)。2001 年に最初に公開され、現在では GAM の標準的な R 実装であり、すべての R インストールに同梱されている。その基礎となる方法は、安定した複数平滑化パラメータの推定 (Wood 2004)、薄板回帰スプライン (Wood 2003)、高速かつ安定な REML 推定 (Wood 2011)、および一般の平滑モデル選択 (Wood, Pya, and Säfken 2016) を扱う一連の論文に記述されている。主要な機能は以下のとおりである。

- **自動的な平滑度選択:** 各項の平滑化パラメータは、REML (制限付き最尤法, Restricted Maximum Likelihood)、GCV (一般化交差検証, Generalized Cross-Validation)、または ML (最尤法, Maximum Likelihood) を用いて、モデルの当てはめの一部として推定される。
- **複数の基底の型:** 薄板回帰スプライン (tp)、三次回帰スプライン (cr)、P スプライン (ps)、B スプライン (bs) があり、それぞれ性質が異なる。
- **テンソル積平滑化項:** `te()` と `ti()` により、次元の呪いを招くことなく変数間の平滑な交互作用を捉える。
- **変数選択:** `select = TRUE` オプションは追加の罰則を課し、平滑化項をゼロまで縮小しうるため、事実上の変数選択となる。
- **コンカービティ (concurvity) 診断:** 平滑化項における多重共線性の類似物を測る。

1.1.3 MARS (earth) およびエラスティックネット (glmnet) との比較

earth アプリケーションとその二つの後処理モジュール (Post Processing Module) (glmnet と mgcv) は、異なるモデリングエンジンを用いる。以下の表に主要な相違点をまとめる。

項目	mgcv (GAM)	earth (MARS)	glmnet (エラスティックネット)
モデルの型	平滑な非線形 (罰則付きスプライン)	区分線形 (適応スプライン)	線形 (正則化つき)
非線形性	平滑関数 (薄板、三次など) により自動的に	データ駆動のノットをもつヒンジ関数により自動的に	交互作用または基底展開を通じてのみ
変数選択	二重罰則による縮小で任意に選択可 (select=TRUE)	GCV による枝刈りを伴う前進/後退逐次法として内蔵	L_1 罰則 (ラッソ) として内蔵
交互作用	テンソル積平滑化項 (te(), ti())	ヒンジ関数の積 (解積可能、次数 3 まで)	対ごとの交差積 (解積が困難)
解釈可能性	平滑な偏効果曲線であり、きわめて直観的	g 関数が変数ごとの区分線形な偏効果を示す	係数が線形の重みであり、個別に説明しやすい
適する用途	平滑な非線形関係、柔軟なモデリング	非線形性と交互作用の自動的な検出	高次元データ、変数選択、小標本
RCA 補正	偏効果による平滑な補正	g 関数による区分線形な補正	変数ごとの線形な補正
過適合の制御	REML/GCV による平滑化パラメータの推定	GCV に基づく枝刈り	交差検証されたラムダ

MARS (多変量適応回帰スプライン, Multivariate Adaptive Regression Splines) は、1991 年に Jerome Friedman が導入した。これは、ヒンジ関数とそのノット位置をデータから適応的に選択することにより区分線形モデルを構築する。R 実装は Stephen Milborrow による earth パッケージである。

エラスティックネット回帰は、Friedman、Hastie、Tibshirani (2010) による glmnet パッケージに実装されており、ラッソ (L_1) とリッジ (L_2) の罰則を組み合わせ、変数選択と係数の縮小を同時に行う。

1.1.4 earthUI–mgcvUI パイプライン

earthUI の自動的なノット発見と mgcvUI の平滑推定を組み合わせると、強力な作業手順が得られる。earthUI が .rds 結果ファイルを書き出し、mgcvUI がそれを取り込むと、次のことが起こる。

1. **earth がノットを発見する** — MARS は各変数についてデータ駆動のヒンジ位置 (変化点) を見いだす。
2. **mgcvUI がそれを錨として用いる** — earth のノットは GAM における三次回帰スプライン (cr 基底) の基礎となり、データの実際の構造を反映したノット位置から平滑化項を出発させる。
3. **mgcv が当てはめを洗練する** — 罰則付きスプライン推定が earth の区分線形な当てはめを平滑化し、earth が発見した全体的な形状を保ちながら平滑な偏効果曲線を生成する。

このパイプラインは探索的なモデリング (earth) と検証的なモデリング (GAM) とを橋渡しし、両者の長所を併せもつ。

1.1.5 推奨される作業手順

不動産の鑑定評価をはじめ、解釈可能で防御可能なモデルを要する用途では、次の順序を推奨する。

1. **まず earthUI から始める。** データの中の重要な変数、非線形の関係、交互作用を発見するためである。earth の自動的な基底選択と g 関数は、優れた初期の洞察を与える。
2. **より平滑な偏効果が欲しければ mgcvUI で洗練する。** earthUI のノットを mgcvUI に取り込めば、区分線形なモデルから平滑なモデルへ滞りなく移行できる。
3. **glmnetUI を用いるのは、積極的な変数選択（ラッソ）が必要なとき、予測変数の数が観測数に近づくか上回るとき、あるいは防御可能性のために正則化された純粋な線形モデルが欲しいときである。**

1.2 mgcvUI とは何か

mgcvUI は、R の mgcv パッケージのためのグラフィカルユーザーインターフェースである。ローカルの Shiny アプリケーションとして動作し、ログインもサーバもアカウントも存在しない。R から起動し、データセット（CSV または Excel）を取り込み、モデルを構成して、対話的に GAM の当てはめを行う。

現行リリースの時点で、mgcvUI はもはや別個にインストールされるパッケージではない。earthUI パッケージの内部に GAM 後処理モジュールとして同梱されており、`earthUI::launch_mgcv()` で起動する。アプリケーション自体は—そして本論文で述べる事柄はすべて—変わっていない。異なるのはインストールと起動コマンドだけである。三つのルーチン (earth、glmnet、mgcv) は、一つのプロジェクトツリー、一つの設定データベース、そして支援基盤の一つの複製を共有する。

本アプリケーションは、データの取り込み、平滑化項の指定を含む変数の構成、背景処理によるモデルの当てはめ、診断プロット、平滑な偏効果曲線、そして Word、PDF、HTML 形式でダウンロードできるレポートに至る、完全な作業手順を提供する。

一般化加法モデルは、各予測変数について線形の関係 βx を平滑関数 $f(x)$ で置き換える。これが意味するところは次のとおりである。

- **関数形を指定する必要がない** — 各関係の形状はデータが定める。
- **平滑な偏効果** — 各予測変数の寄与は直線ではなく平滑な曲線となるため、ある変数がある値の違いに応じて応答にどう影響するかを容易に見て取れる。
- **自動的な平滑度選択** — mgcv は、当てはめと過適合とを釣り合わせながら、各曲線をどれだけうねらせるべきかを REML または GCV によって定める。

1.3 三つの用途モード

すべてのプロジェクトは**用途** (purpose) をもつ。これはサイドバーの第 1 節 (**Project**) でプロジェクトを作成する際に選択し、以後は固定される。有効なプロジェクトの用途によって、どのツールと インターフェース要素が現れるかが決まる。別のモードで作業したいときは、その用途をもつプロジェクトを作成するか開けばよい。モードは三つである。

- **General** (一般) — あらゆる種類の母集団またはデータセットに対する GAM 回帰。既定のモードである。領域固有の追加機能をもたない、完全な GAM の作業手順を提供する。
- **For Appraisal** (鑑定評価用) — 不動産の鑑定評価に合わせた GAM 回帰。対象不動産の取扱い、特殊列の指定、残差制約アプローチ (RCA, Residual Constraint Approach) など、単一不動産の評価に固有の機能を追加する。
- **Market Area Analysis** (市場地域分析) — 市場地域の研究に合わせた GAM 回帰。画定された市場内の不動産群を分析するための機能を追加し、対象行の取扱いも任意に利用できる。

三つのモードのいずれにおいても、中核のモデリングエンジンは同一であり、利用者は常に `mgcv::gam()` によって GAM を当てはめている。用途の設定は、どの追加ツールとインターフェース要素が利用可能になるかを制御するにすぎない。

1.4 不動産に固有の機能

For Appraisal または Market Area Analysis を選択すると、mgcvUI は不動産分析のために設計されたいくつかの機能を有効にする。

- **特殊列の指定** — 各予測変数には、`contract_date`、`dom`、`concessions`、`latitude`、`longitude`、`living_area`、`lot_size`、`actual_age`、`effective_age`、`area`、`site_dimensions`、`display_only` といった特殊な役割を付与できる。これらの指定は、当てはめと出力において当該列がどのように扱われるかを制御する。
- **Sale Age 列** — ある列が `contract_date` として指定され、かつ基準日 (Effective Date) が与えられている場合、mgcvUI は `sale_age` 列 (売買日と基準日との間の日数) を計算し、これを予測変数として代置する。
- **RCA 計算 (鑑定評価モード専用)** — 鑑定評価モードでは、モデルを当てはめた後に mgcvUI が残差制約アプローチ (RCA) の出力を計算できる。これは取引事例ごとの補正、純補正/総補正の要約、および対象不動産の補正後売買価格を生成する。

ヒント: General 用途モードは、金融、科学、工学、不動産のいずれのデータセットにも通用する。鑑定評価モードと市場モードは、不動産の専門家のための便宜的な機能を加えるにすぎない。

1.5 使い始める

mgcvUI を使うには次のようにする。

1. R で **earthUI をインストールする**: `install.packages("earthUI")` — mgcv ルーチンはこれに含まれている。(開発版と任意の構成要素については、本号の earthUI 論文中の “Installing earthUI and vProlog” を参照せよ。)
2. **アプリケーションを起動する**: R で `earthUI::launch_mgcv()` を実行する。アプリケーションはポート 7880 でウェブブラウザに開く。
3. サイドバーの第 1 節で**プロジェクトを作成または開く**。プロジェクトは用途 (General、For Appraisal、Market Area Analysis) と作業地 (国、州、郡、市)、およびその入出力フォルダを定める。プロジェクトは共有された `regProj` ルートの下に保存され、姉妹アプリケーションである earthUI および glmnetUI と共有される。モードを切り替えるには、異なる用途のプロジェクトを開けばよい。
4. 第 2 節で、有効なプロジェクトの入力フォルダから CSV または Excel ファイルを選んで**データを取り込む**。当該フォルダにファイルを追加した後、**Refresh** をクリックして一覧に表示させる。
5. **earthUI から取り込む (任意)** — 第 3 節では、earthUI の結果 `.rds` ファイルを取り込み、earth が発見したノットで GAM を初期化できる。earthUI の結果がない場合はこの手順を飛ばしてよい。
6. **変数を構成する** — 目的変数と予測変数を選び、データ型を設定し、特殊列の役割を割り当て、変数を因子または線形として指定する。
7. **mgcv のパラメータを設定する** — `family`、`method`、`gamma`、基底の型、`k`、テンソルの型、交互作用、その他のオプションである。
8. **モデルを当てはめる** — “Fit Mgcvm GAM Model” をクリックし、主パネルで結果を確認する。
9. **書き出す** — 予測値を Excel としてダウンロードし、Quarto レポートを生成して変換し、あるいは (鑑定評価モードでは) RCA 補正と取引事例比較表を計算する。

設定は SQLite データベースに自動的に保存され、同じ入力ファイルを再度読み込んだときに復元される。

2 MLS 入力データの要件

不動産の鑑定評価および市場分析の作業手順では、入力データは通常、マルチプル・リスティング・サービス (MLS) からの書き出しである。本章では、想定されるファイル構造と、mgcvUI が利用できる列について述べる。

2.1 ファイル形式と構造

mgcvUI は CSV および Excel (.xlsx, .xls) ファイルを受け付ける。取り込みの際、列名は自動的に snake_case に変換される。たとえば “Living SqFt” は living_sqft に、“Contract Date” は contract_date に、“Sale Price” は sale_price になる。この正規化によって、作業手順の全体を通じて列の参照が一貫したものになる。取り込みの際に用いられる CSV の区切り記号と小数点記号は、ロケール設定によって定まる（第 3 章 “Locale & Regional Settings” を参照）。

データファイルは、1 不動産につき 1 行、1 属性につき 1 列の平坦な表であるべきである。ファイルの第 1 行には列見出しが必要である。

2.2 鑑定評価モードで必要な列

mgcvUI はどのような列の組み合わせでも動作するが、鑑定評価の完全な作業手順は、以下の列があることによって効果を発揮する。

列	特殊型	用途
Sale Price	(目的変数)	モデルの応答変数
Contract Date	contract_date	sale_age (基準日からの日数) の計算に用いる
Listing Date	listing_date	DOM 列がない場合、契約日と併せて DOM を計算するのに用いる
Days on Market	dom	市場滞留日数。書き出しに表示される
Concessions	concessions	売買時の譲歩。純売買価格 = 売買価格 - 譲歩
Living Area (SF)	living_area	平方フィート当たり残差 (residual_sf, cqa_sf) を可能にする
Lot Size	lot_size	敷地規模の列
Site Dimensions	site_dimensions	敷地規模と同じ群に扱われる
Latitude	latitude	小数点以下 3 桁に丸められる
Longitude	longitude	小数点以下 3 桁に丸められる
Area ID	area	市場地域／近隣の識別子
Actual Age	actual_age	不動産の実際経過年数
Effective Age	effective_age	不動産の有効経過年数
Address	display_only	書き出しに表示され、モデルからは除外される

表計算ソフトの列名は外国語であってもよい。“特殊” な名称が英語であるのは、R のプログラムがそれらに特別な扱いを与えられるようにするためである。それ以外の場合、与えられた列名がそのまま回帰モデル、グラフ、そして鑑定評価を行うならば出力レポートに現れる。

すべての列が必須なわけではない。mgcvUI は適応的であり、ある列が欠けていれば、対応する機能が単に省かれるだけである。ただし、不動産の価格モデルについては、いくつかの列を強く推奨する。

1. **Sale Age** — 契約売買日と基準日との間の日数。複数年にわたる売買履歴を用いる場合、sale_age はしばしば中心的な役割を果たす。
2. **Living Area** — “Living Sqft”、“GLA” (総居住面積) といった名称でも呼ばれる。

3. **Total Bath Count** — フル、4 分の 1、2 分の 1、4 分の 3 の各浴室を合計した数。
4. **Garage Bays** または **Garage Area** — 車庫の台数または面積。
5. **Lot Size** — 当該不動産の土地面積。
6. 地理的な価格変動のための **Longitude**、**Latitude**、および利用できるならば **Area ID**。

2.3 特殊列の命名規約

mgcvUI は列を、その列名ではなく**特殊型の指定**によって識別する。MLS の書き出しにおいて列にはどのような名前を付けてもよい。重要なのは、変数構成表（第 6 章）において正しい特殊型を割り当てることである。

2.4 データの品質と完全性

- **欠測値 (NA)**: 予測変数または目的変数の列に NA を含む行は、当てはめの前に自動的に除去される。mgcvUI はデータをモデルで用いる列だけに絞込むため、使用しない列の NA は行の脱落を引き起こさない。
- **数値列**: 売買価格、居住面積、敷地規模などの項目は数値でなければならない。
- **因子列**: テキスト列、TRUE/FALSE 列、および R の factor 列は自動的に質的変数として扱われ、因子としてのみモデルに入りうる。**数値**の列（たとえば数値の地域コードや様式コード）が因子になるのは、その **Factor** チェックボックスを選択したときだけである。mgcvUI は数値の値域から質的性を推測することは決してないため、bath_count のような離散的な数値の予測変数は連続量（平滑化される）のままとなる。Special の役割は因子の判断とは独立である。

ヒント: 取り込み後は予測変数表の NA 列を確認せよ。欠測値の多い列は行の脱落を招きうる。NA が $\geq 50\%$ の列は赤で強調され、自動的に除外される。

2.5 対象行の配置

Appraisal（鑑定評価）モードでは、**第 1 行が対象不動産でなければならない**。残りの行はすべて比較対象となる取引事例である。対象行はモデルの当てはめから除外される。当てはめの後も、モデルは対象行についての予測値を生成する。

Market Area Analysis（市場地域分析）モードでは、対象を第 1 行に置くことは任意である。

General（一般）モードでは特別な行の扱いはなく、すべての行が同等に扱われる。

3 General 用途モード

3.1 概観

General Purpose (一般用途) モードは、mgcvUI を起動したときの既定である。これは不動産に限らず、あらゆるデータセットに対して完全な GAM の作業手順を提供する。科学データ、財務分析、工学的研究、あるいは平滑な非線形関係が見込まれるあらゆる回帰問題に mgcvUI を用いることができる。

General モードでは、インターフェースは不動産に固有の機能 (特殊列、経過日数、RCA) を省く。サイドバーは、変数選択、パラメータ構成、モデルの当てはめ、書き出しに焦点を絞って簡素化される。

3.2 サイドバーの作業手順

サイドバーは、番号を付された折りたたみ可能な節に整理されており、プロジェクトの選択からレポートの書き出しまで利用者を導く。ほとんどの節は有効なプロジェクトを開いてはじめて現れ、いくつかはプロジェクトの用途に固有である。出力フォルダは有効なプロジェクトから導かれるので、出力フォルダの独立した入力欄は存在しない。

1. Project — プロジェクトを作成または開く。プロジェクトは用途と作業地 (国、州、郡、市)、およびその入力フォルダ (`<os>_in/`) と出力フォルダを定める。プロジェクトは共有された `regProj` ルート (既定は `~/regProj`。REGPROJ_ROOT 環境変数または Settings のドロップダウンで変更できる) の下に保存され、姉妹アプリケーションである earthUI および glmnetUI と共有されるため、三つすべてのモデルが並んで存在する。切り替えるには **Close Project** をクリックする。

2. Import Data — 有効なプロジェクトの入力フォルダから CSV または Excel ファイルを選ぶ。Finder / エクスプローラでフォルダにファイルを追加し、**Refresh** をクリックして一覧に表示させる。複数のシートをもつ Excel ファイルでは、シート選択欄が現れる。列名は自動的に `snake_case` に変換される。

3. Import from earthUI (optional) — earthUI の結果 `.rds` ファイルを取り込み、earth が発見したノット位置で GAM を初期化する (併せて変数の選択も初期化される)。この手順は任意であり、取り込むべき earthUI の結果がなければ飛ばしてよい。

4. Variable Configuration — 目的変数の選択欄、応答変換 (`none`, `log`, `log10`)、および Include、Factor、Linear のチェックボックスをもつ予測変数表である。Special 列は鑑定評価モードと市場モードでのみ現れる。詳細は第 6 章を参照せよ。

5. Mgcvc Call Parameters — モデル構成のすべてである。パラメータのプリセット、family、method、gamma、交差検証、select、基底の型、k、テンソルの型、交互作用の行列、および高度なパラメータを含む。パラメータの完全なリファレンスは第 7 章を参照せよ。

6. Fit Mgcvc GAM Model — モデルを実行するボタンである。結果は右側のタブに現れる。

7. Download Output — 予測値、残差、CQA スコア、および変数ごとの寄与を、Excel ファイルとしてプロジェクトの出力フォルダに書き出す。モデルを当てはめた後は、いずれの用途モードでも利用できる。

8. Calculate RCA Adjustments & Download — 各取引事例について変数ごとの RCA 補正を計算し、対象の残差を CQA によって内挿する。鑑定評価モードと市場モードで、当てはめの後にのみ現れる。

9. Generate Sales Grid & Download — 取引事例比較表を生成し、総補正率によって取引事例を推奨する。鑑定評価モードでのみ現れる。

10. Generate Quarto Report — すべてのプロットと表を含む自己完結的な Quarto (`.qmd`) レポート一式を、プロジェクトの出力フォルダに書き出す。モデルを当てはめた後に利用できる。

11. Convert Quarto Report — 生成された .qmd 一式を HTML、Word、または PDF に変換する。PDF には LaTeX の導入が必要であり、検出されない場合は PDF の選択肢は表示されない。第 13 章を参照せよ。

用途に固有の手順は他のモードでは省かれ（残りの手順は番号が振り直される）。市場モードでは取引事例比較表の手順がなく、General モードでは RCA と取引事例比較表の双方の手順がない。

3.3 earthUI からの取り込み（任意）

サイドバーの第 3 節 — **Import from earthUI** — では、earthUI の結果 .rds ファイルを取り込むことができる。これにより earth-mgcv パイプラインが可能になる。すなわち、earth のデータ駆動のノット位置が GAM の平滑化項の錨点となるのである。

earthUI の結果を取り込むと、mgcvUI は次のことを行う。

- 目的変数、決定係数、項の数、変数ごとのノット位置を示す要約を表示する。
- “Earth Pipeline” パラメータプリセット（三次回帰スプライン基底、 $\gamma = 1.4$ ）を自動的に選択する。
- 目的変数を earth の目的変数に一致させる。
- earth の予測変数について Include をあらかじめ選択する。
- earth の質的変数について Factor を、earth の線形の予測変数について Linear をあらかじめ選択する。
- earth が検出した交互作用をあらかじめ設定する（交互作用の行列で黄色に強調され、手動での変更は禁じられる）。
- earth のノットを CSV ファイルとしてダウンロードする **Export Knots CSV** ボタンを提供する。

すると変数構成表には、変数の選択 (Include, Linear, Factor) とスプラインのノットが earth モデルから初期化された旨の注記が現れる。glmnetUI では glmnet の当てはめが earth の基底に束縛されるのに対し、mgcvUI は利用者の現在の選択から GAM を当てはめる。earth は出発点を与えるにすぎず、どの制御も編集可能なままである。

Clear ボタンは、取り込んだ earth のデータを削除し、単独動作のモードに戻す。

3.4 主パネルのタブ

データを取り込むと、主パネルは以下のタブを提供する（モデルに依存するタブは当てはめの後に内容が満たされる）。

タブ	内容
Data	取り込んだデータの対話的な DataTable。鑑定評価モードと市場モードでは、対象不動産の表と比較取引事例の表に分かれる。
Equation	MathJax で描画された GAM の完全な式と、平滑関数の定義の表。
Summary	主要な指標 (R^2 、 $CV R^2$ 、Dev. Explained、AIC、n、平滑化項の数) と、平滑化項／パラメトリック項の表。
Variable Importance	F 統計量 (平滑化項) と $ t $ 値 (パラメトリック項) の横棒グラフ、および順位付けした表。
Contribution	信頼帯と earth のノット標識を伴う、対話的な plotly の平滑な偏効果曲線。
Correlation	数値の予測変数間の相関のヒートマップ (当てはめの前でも利用できる)。
Diagnostics	残差対当てはめ値、Q-Q プロット、ヒストグラム、応答対当てはめ値 (gratia による)。実測値対予測値の散布図。
RCA Adjustments	RCA 分析のヒストグラム (鑑定評価／市場モードで、計算の後)。
Anova	パラメトリック項と平滑化項を統合した分散分析表。
MgcV Output	生のテキスト。所要時間、式、モデルの要約、family、コンカービティ。
Sign Check	earth と GAM の方向の整合性の検査 (earth を取り込んだ場合)。
Concurvity	全体および対ごとのコンカービティ行列を色分けして表示。
Basis Check	gam.check() による基底次元の妥当性の検定。

3.5 設定の保存

mgcvUI は、入力ファイル名を鍵として構成を SQLite データベースに自動的に保存する。同じファイルを再度読み込むと、目的変数の選択、予測変数のチェックボックス、データ型、mgcv のパラメータ、交互作用の行列といった設定がすべて復元される。用途は大域的な設定ではなく有効なプロジェクトの属性であり、最後に用いた入力ファイルはプロジェクトごとに記憶され、プロジェクトを再び開いたときに自動的に読み込まれる。

3.6 ダークモード

右上隅の月／太陽のアイコンをクリックすると、Nord Light と Nord Dark のテーマを切り替えられる。テーマの設定は localStorage に保存され、セッションをまたいで持続する。すべての UI 要素が選択されたテーマに適応する。

3.7 ロケールと地域の設定

mgcvUI は、国に基づくロケールの仕組みによって、数値と CSV の書式に関する国際的な慣行に対応する。タイトルバーの **Settings** ドロップダウンは、30 を超える対応国について **Country** と **Paper** の選択欄を提供する。各プリセットは次の項目を設定する。

- **CSV の区切り記号** — 米国／英国／日本ではコンマ (,)、欧州の大半ではセミコロン (;)。
- **小数点記号** — ピリオド (.) またはコンマ (,)。
- **桁区切り記号** — コンマ (米国／英国／日本)、ピリオド (ドイツ／イタリア／スペイン)、空白 (フィンランド／フランス／ポーランド／バルト諸国)、アポストロフィ (スイス)。
- **用紙寸法** — Letter (米国／カナダ／メキシコ) または A4 (それ以外のすべて)。

Save をクリックするとロケールの設定が大域的に保存される。Import Data の節にも、異なる慣行を用いる単発の取り込みのために、ファイルごとの **Locale** 選択欄がある。同じ

Settings ドロップダウンには **regProj root folder** の欄もあり、mgcvUI、earthUI、glmnetUI が共有するプロジェクトツリーの位置を変更できる。

ヒント: プロットの軸と傾きのラベルにおける数値の書式は、ロケールに自動的に適応する。ドイツのロケールは桁区切りにピリオドを用い (200.000)、フィンランドは空白を (200 000)、スイスはアポストロフィを用いる (200'000)。通貨記号は表示されない。mgcvUI は通貨に依存しないからである。

4 鑑定評価モード

有効なプロジェクトの用途が **For Appraisal** である場合、mgcvUI は単一不動産の評価に向けて自らを構成する。第 3 章で述べた機能はすべて利用できる。本章では鑑定評価に固有の追加事項のみを扱う。

4.1 対象行の取扱い

鑑定評価モードでは、データセットの第 1 行が対象不動産であり、残りの行はすべて比較取引事例である。入力ファイルはそうのように整理されていなければならない（第 2 章を参照）。対象の売買価格は空欄のままだでも、任意の値を入れてもよい。mgcvUI は当てはめの際にこれを自動的に NA として扱う。

当てはめの後、モデルは対象行についての予測値を生成する。これが RCA 補正の作業手順の基礎となる。

4.2 基準日と経過日数

鑑定評価モードと市場モードでは、変数構成の節に **Effective Date**（基準日）の欄が現れる（既定は当日の日付）。Special ドロップダウンである列を `contract_date` と指定すると、mgcvUI は `sale_age` 列 — 各売買の契約日と基準日との間の整数日数 — を計算する。この列が予測変数として追加される。

基準日を変更すると、`sale_age` は自動的に再計算される。

4.3 特殊列の指定

鑑定評価モードと市場モードでは、変数構成表の各予測変数に対して **Special** ドロップダウンが現れる。特殊型とその効果の完全なリファレンスは第 6 章を参照せよ。

4.4 RCA 補正の概観

Calculate RCA Adjustments & Download ボタン（鑑定評価モードと市場モードで当てはめの後に表示される）は、対象に対する各取引事例の市場から導かれた補正を計算する。RCA の完全な作業手順は第 11 章に述べる。

ヒント: 対象不動産に与える *CQA* スコアは、残差分布のどれだけを対象不動産に帰属させるかを制御する。5.00 のスコアは、対象不動産を取引事例の中央値に置く。

5 市場地域分析モード

有効なプロジェクトの用途が **Market Area Analysis** である場合、mgcvUI は鑑定評価モードと同じ不動産に固有の機能（特殊列、経過日数）を提供するが、単一の対象を評価するのではなく不動産群を分析することに向けられている。

5.1 鑑定評価モードとの相違点

- 対象行の取扱いが柔軟である — 市場モードでは、第 1 行が自動的に対象不動産として扱われることはない。
- 取引事例比較表がない — “Generate Sales Grid & Download” の手順は利用できない。

5.2 市場モードを用いる場面

市場地域分析モードが適するのは、次のような場合である。

- 非線形の価値要因を理解するために、近隣または市場地域について GAM モデルを構築するとき
- 面積、築年数、敷地規模、位置といった変数が不動産群の売買価格にどう影響するかを分析するとき
- 市況分析または近隣の画定のための裏づけを準備するとき
- 特殊列の機能（経過日数）は使いたいが取引事例比較表の作業手順は必要ないデータセットを扱うとき

ヒント: 市場モードは、特殊列の機能は使いたい但し単一不動産の評価の作業手順は必要ないという、一般的な不動産回帰にも有用である。

6 変数の選択

サイドバーの第 4 節 — **Variable Configuration** — は、どの列をモデルに参加させ、それらをどう扱うかを選ぶ場所である。

6.1 目的変数

第 4 節の最上部にある **Target (response) variable** ドロップダウンには、データセット中のすべての数値列が並ぶ。応答変数として一つの列（たとえば売買価格）を選ぶ。目的変数の列は予測変数の一覧から自動的に除外される。

6.2 応答変換

目的変数の選択欄の下にある **Response Transform** ドロップダウンは、三つの選択肢を提供する。

- **None (raw)** — 応答をそのまま用いる。予測変数と応答との関係が元の尺度でほぼ加法的である場合に適する。
- **Log (natural)** — 当てはめの前に自然対数変換を施す。逆変換したとき、補正は絶対額 (\$) ではなく比率 (%) になる。売買価格にはとりわけ有用である。\$10,000 の補正は価格水準が異なればまったく異なる意味をもつからである。
- **Log10** — 底 10 の対数変換を施す。

ヒント: 対数変換は時点修正を絶対額 (\$) ではなく比率 (%) にする。広い価格帯にわたる不動産モデルでは、対数変換がしばしばより素直な残差をもたらす。

対数変換を選択した場合、応答の値のうち ≤ 0 のものは自動的に除去される。出力（予測値、寄与、残差）はすべて自動的に元の尺度へ逆変換される。

6.3 予測変数表

目的変数の選択欄の下には、残りのすべての列を並べたスクロール可能な表がある。チェックボックスの列は、簡潔さのために縦向きに回転した見出しを用いる。列の順序は次のとおりである。

列	説明
Variable	列名（等幅フォント、長い場合は省略記号で切り詰め）。枠線付きのセル。
Type	データ型のドロップダウン。numeric, integer, character, factor, logical, Date, POSIXct。枠線付きのドロップダウン。
Include	チェックボックス — この列を予測変数としてモデルに含める。縦向きの見出し。
Factor	チェックボックス — 質的な因子として扱う（水準ごとに別個の係数を作る）。縦向きの見出し。
Linear	チェックボックス — 線形関係を強制する（平滑化項ではなく βx のみ）。縦向きの見出し。
Special	ドロップダウン（鑑定評価／市場モードのみ） — 後述の特殊列型リファレンスを参照。枠線付きのドロップダウン。
NAs	欠測値の数と割合を色分けして表示。赤 ($\geq 50\%$)、橙 ($\geq 20\%$)、灰 (> 0)。枠線付きのセル。

因子・平滑化項・線形の別: 既定では、含められた数値変数は平滑化項 $f(x)$ を得る。**Factor** を選択すると質的な項（水準ごとに一つの係数）が作られる。**Linear** を選択すると、

平滑化項の代わりに単純な線形項 βx が作られる。Factor と Linear の双方を指定した変数は Factor として扱われる。

6.4 データ型の検出と上書き

mgcvUI は取り込みの際にデータ型を自動的に検出する。numeric、integer、logical、factor、および日付の列が認識される。**Type** ドロップダウンを変更すれば、どの検出結果も上書きできる。型を変更すると、その列がモデルの中でどう扱われるかが変わる。

6.5 特殊列型のリファレンス

鑑定評価モードと市場モードでは、**Special** ドロップダウンが以下の選択肢を提供する。

重み付け:

- **weight** — 観測の重みの列（一つのみ指定可。重みが 0 の行は当てはめから除外される）

日付と時刻の型:

- **contract_date** — 基準日からの **sale_age** の自動計算を起動する
- **sale_age** — あらかじめ計算された経過日数の列（基準日からの日数）を示し、そのまま用いられる
- **listing_date** — 市場滞留日数を計算する際の代替として用いられる
- **dom** — 市場滞留日数の列を示す

レコードの種別:

- **sale_type** — 対象と比較取引事例とを区別するレコード種別の列を示す

金額の型:

- **concessions** — 売買時の譲歩（売主の与信、買主への誘因など）を示す

規模と位置の型:

- **latitude** — 値が自動的に小数点以下 3 桁に丸められる
- **longitude** — 緯度と同じ丸めの扱いを受ける
- **area** — 市場地域または近隣の識別子
- **living_area** — 平方フィート当たり残差の計算 (**residual_sf** および **cqa_sf**) を可能にする
- **lot_size** — 敷地規模の列
- **site_dimensions** — 敷地規模と同じ群に扱われる

築年数の型:

- **actual_age** — 不動産の実際経過年数の列
- **effective_age** — 不動産の有効経過年数

表示の型:

- **display_only** — 当該列は Excel への書き出しには含まれるが、モデルの当てはめからは完全に除外される。住所の項目、MLS 番号、地番 ID、その他の参照用データに用いる。

ヒント: **display_only** と指定された列はデータセットに残り、*Excel* への書き出しにも現れるが、予測変数表からは完全に除外される。*ID* 列、住所、その他の参照用の項目に用いるとよい。

7 パラメータの選択

サイドバーの第 5 節 — **Mgcv Call Parameters** — は、GAM の構成オプションのすべてへの入口である。各パラメータには青い補助アイコン (?) が付いており、ツールチップで説明が表示される。

7.1 パラメータのプリセット

最上部のドロップダウンは、よくある作業手順に対して妥当な既定値を設定する二つのプリセットを提供する。

プリセット	基底	設定
Standalone (discovery)	tp (薄板)	k = auto (10), gamma = 1.2, select = TRUE
Earth Pipeline (refinement)	cr (三次回帰)	k = auto (10), gamma = 1.4, select = TRUE

earthUI のノットを取り込むと、**Earth Pipeline** プリセットが自動的に選択される。earth のノットを統合するには三次回帰スプライン (cr) 基底が必要である。この基底のみが正確なノット位置の指定を許すからである。

7.2 Family (分布族)

応答変数の分布族を選ぶ。

Family	用途
gaussian	連続的な応答 (たとえば売買価格)。最も一般的である。
Gamma	分散が平均に比例する正の連続的な応答。
poisson	計数データ (たとえば売買件数)。
binomial	二値の結果。
inverse.gaussian	強く右に歪んだ正のデータ。

7.3 Method (推定法)

平滑化パラメータの推定法である。

Method	説明
REML	制限付き最尤法 (既定、推奨)。過適合に対して最も頑健である。
GCV.Cp	一般化交差検証。やや複雑なモデルを選ぶ傾向がある。
ML	最尤法。REML に似るが、平滑化が不足しうる。
P-REML	ピアソン型の REML の変種。
P-ML	ピアソン型の ML の変種。
GACV.Cp	一般化近似交差検証。

7.4 Gamma (平滑化乗数)

gamma パラメータは平滑化の規準における有効自由度に乘じられ、より平滑（うねりの少ない）当てはめを促す。既定は 1.2 である。

値	効果
1.0	標準的な平滑化
1.2–1.4	既定よりやや平滑（推奨）
2.0+	はるかに平滑。雑音の多いデータや小標本に適する

gamma の値を大きくすると複雑さへの罰則が重くなり、過適合を防ぐ。Earth Pipeline プリセットは、earth のノットを洗練する際の追加的な平滑化のために 1.4 を用いる。

7.5 交差検証

これを選択すると（既定）、mgcvUI は当てはめの後に 10 分割交差検証を実行して CV 決定係数を計算する。これは標本外の予測力についての率直な推定値を与える。

7.6 Select (縮小)

これを選択すると（既定）、各平滑化項に追加の罰則が課され、その項をゼロまで縮小しうる。これにより自動的な変数選択が可能になり、重要でない平滑化項は事実上モデルから取り除かれる。gam() における select = TRUE として実装されている。

7.7 既定の基底

平滑化項に用いるスプライン基底関数の型である。

基底	正式名称	説明
tp	薄板回帰スプライン	既定。等方的（ノット位置の指定が不要）。汎用の選択として良好である。
cr	三次回帰スプライン	ノット位置の明示的な指定を許す。earth のノットの統合に必要である。
ps	P スプライン	差分罰則をもつ等間隔の B スプライン基底。計算効率が高い。
bs	B スプライン	柔軟な B スプライン基底。

7.8 既定の k (基底次元)

基底次元 k は各平滑化項の最大のうねり具合を制御する。値 0（既定）は“自動”を意味し、mgcvUI は $k = 10$ または earth のノットの数のうち適切なほうを用いる。

- 小さい k (3–5): きわめて平滑な曲線で、ほぼ線形になる。
- 中程度の k (8–15): 適度な柔軟性（通常はこれで足りる）。
- 大きい k (20 以上): きわめて柔軟である。強い正則化がなければ過適合の危険がある。

ヒント: Summary タブの有効自由度 (EDF) は、各平滑化項が実際に何自由度を用いているかを示す。EDF が $k - 1$ に近ければ基底が小さすぎるおそれがあるので、 k を増やすとよい。EDF が k よりはるかに小さければ、その平滑化項は十分に罰則が効いている。

7.9 テンソルの型

連続変数どうしの交互作用については、二つのテンソル積の型が利用できる。

型	関数	説明
ti	ti(x1, x2)	テンソル交互作用。交互作用の効果のみをモデル化し、主効果は一変量の $s()$ 項が別途扱う。解釈可能性の点で望ましい。
te	te(x1, x2)	テンソル積。主効果を含む同時効果の全体をモデル化する。RCA 補正のために分解することは難しい。

7.10 許可する交互作用

折りたたみ可能な **Allowed Interactions** の節は、含められたすべての平滑（非線形かつ非因子）予測変数について、上三角のチェックボックス行列を表示する。各チェックボックスは、対応する変数対の間のテンソル積平滑化項を有効にする。

- **Allow All / Clear All** — 一括切替のボタン。
- **変数名をクリック** — その変数についてのすべての交互作用を切り替える。
- **変数名を右クリック** — “Block from main effect” — その変数を交互作用専用（一変量の平滑化項をもたない）として指定する。

earthUI のノットを取り込むと、earth が検出した交互作用があらかじめ選択され、変更が禁じられる（黄色の背景で強調される）。earth モデルが $\text{degree} = 1$ （交互作用なし）を用いていた場合は、その旨の情報が表示される。

Warning

テンソル交互作用を有効にすると、モデルの複雑さは大幅に増す。交互作用は、それを裏づける領域知識または earth が検出した証拠があるときに用いよ。結果として得られる補正が合理的で説明可能であることを検証されたい。

7.11 因子別平滑化項の交互作用

因子変数と平滑変数の双方が含まれている場合、別個の **Factor-by-Smooth Interactions** 行列が現れる。各チェックボックスは $s(x, \text{by} = \text{factor})$ 項を作る。これは因子の水準ごとに別個の平滑曲線を与えるものである。

7.12 高度なパラメータ

折りたたみ可能な “Advanced” の節では、追加の設定を扱える。

- **Optimizer** — 平滑化パラメータ推定のアルゴリズム。outer/newton（既定）、outer/bfgs、または efs（拡張 Fellner-Schall 法）。
- **Scale** — 尺度パラメータ。0（既定）はデータからの推定を意味する。尺度が固定されたモデルでは既知の値を設定する。
- **Discrete covariate method** — 大きなデータセットのための離散化による高速な当てはめ ($\text{discrete} = \text{TRUE}$)。
- **Threads** — 並列スレッドの数 (1–32)。discrete = TRUE のときにのみ効果がある。

8 モデルの当てはめ

8.1 当てはめボタン

サイドバーの第 6 節には **Fit Mgcgv GAM Model** ボタンがある。これをクリックすると、現在の構成でモデルが実行される。

8.2 当てはめの際に起こること

Fit をクリックすると、mgcvUI は次のことを行う。

1. **構成を検証する** — 少なくとも一つの予測変数と、少なくとも 10 行の完全な行があるかを確認する。完全な行が 50% に満たない場合は警告する (NA の大半を生じさせている列を列挙する)。
2. **データを準備する** — モデルに関係する列だけに絞り込み、NA を含む行を除去し、(指定されていれば) 重みを適用し、(鑑定評価モードでは) 対象行を除外し、応答変換を施す。
3. **GAM の式を構築する** — 数値の予測変数について平滑化項 $s(x, bs="cr", k=10)$ を、質的変数について因子項を、Linear と指定された変数について線形項を、選択された交互作用についてテンソル積を構成する。earth のノットは cr 基底の項に明示的なノット位置として埋め込まれる。
4. **境界的な場合を処理する** — 定数の変数を除去し、二値の予測変数を因子に変換し、 k を一意な値の数から 1 を引いた値で上限し、より多くのノットが必要な場合は earth のノットをデータの分位点で補う。
5. **GAM を当てはめる** — 構成した式、family、method、gamma、select、その他のパラメータとともに `mgcv::gam()` を呼び出す。
6. **交差検証を実行する** (有効な場合) — 10 分割の交差検証によって標本外の決定係数を計算する。
7. **すべての結果タブを更新する** — Summary、Equation、寄与プロット、Diagnostics、その他すべてのタブの内容が満たされる。

8.3 背景での当てはめと進捗

callr パッケージが利用できる場合、モデルの当てはめは背景のプロセスで実行されるため、アプリケーションは応答性を保つ。暗色テーマの端末風の進捗表示が次の情報を示す。

- 経過した秒／分を表示するタイマー。
- 色分けされた追跡ログ: 状態は青、交差検証の分割の進捗は黄、誤りは赤、結果は緑である。
- 必要に応じて当てはめの処理を打ち切る **Abort** ボタン。
- 完了後に現れる **Close** ボタン。

callr が利用できない場合、当てはめは同期的に実行される (当てはめが完了するまでアプリケーションは応答しなくなる)。

当てはめに成功すると、Fit ボタンに白いチェック印が現れ、状態行に “R-sq = X, CV R-sq = X, Dev = X%, AIC = X, n = X.” と表示される。

9 結果のタブ

9.1 Data

取り込んだデータを、横スクロールが可能で 1 ページ 15 行の対話的な DataTable として表示する。鑑定評価モードと市場モードでは、このタブは **Subject Property** の表（第 1 行）と **Comparable Sales** の表（残りの行）に分かれる。General モードでは単一の表が表示される。

各セルは 1 行に収められ、列幅に合わせて切り詰められるので、幅の広い自由記述の項目（不動産の備考など）が行をページの下方向へ引き伸ばすことはない。シングルクリックで行を選択し、**任意のセルをダブルクリック**すると、切り詰められていない完全な内容がポップアップで表示される。

9.2 Equation

当てはめられた GAM モデルを二つの部分に分けて表示する。

モデルの式（MathJax で描画される）：

- 左辺には、適切な変換 ($\log$, $\log_{10}$) とリンク関数を伴う応答が示される。
- 右辺には、切片の値、 $f_i(\text{variable})$ としての平滑化項、変数ごとにまとめられ水準数を付した因子項、および係数の値を伴う線形項が示される。
- family と method は式の上に表示される。

Smooth Function Definitions の表:

- 項の式の文字列（たとえば `s(living_sqft, bs="cr", k=8)`）
- 変数名
- 型 (s, te, ti, または linear)
- 基底関数の型
- k の値
- earth のノット位置（取り込んだ場合）

9.3 Summary

上部に六つの指標カードが並ぶ。

- **R-squared** — 説明された逸脱度の割合
- **CV R-squared** — 交差検証による決定係数（交差検証が有効な場合）
- **Dev. Explained %** — 説明された逸脱度の百分率
- **AIC** — 赤池情報量規準
- **n** — 用いられた観測の数
- **Smooths** — 平滑化項の数

カードの下には次の表がある。

- **Smooth Terms** の表 — 項、EDF（有効自由度）、Ref.df、F 統計量、p 値
- **Parametric Terms** の表 — 項、推定値、標準誤差、t 値、p 値

9.4 Variable Importance

モデルの各項の相対的な重要度を示す横棒グラフである。

- **平滑化項**: F 統計量で順位付け（青の棒）
- **パラメトリック項**: $|t|$ 値で順位付け（緑の棒）

グラフの下に DataTable には、項、型、EDF、統計量、p 値が、統計量の降順で並べて示される。

9.5 寄与プロット

予測値に寄与するモデルの各項には、対話的な **plotly** の寄与プロットがあり、枠線付きのカードに表示される。このタブはすべての項の型についてプロットを示す。

9.5.1 一変量の平滑化項 — $s(x)$

- 95% 信頼帯を伴う青い線
- 偏残差を示す灰色の散布点（対数変換していないモデルの場合）
- earth のノット位置における赤い破線の垂直線（earth を取り込んだ場合）
- ホバー時のツールチップ: 変数の値、寄与 (\$)、95% 信頼区間、変化率（単位当たりの傾き）

対数変換したモデルでは、y 軸は $\bar{y} \times (e^{f(x)} - 1)$ という式によって金額の寄与へ逆変換されるため、曲線を直接に金額として解釈できる。

緯度・経度の変数については、傾きは 0.001 度当たりで示される。

9.5.2 因子別平滑化項 — $s(x, \text{by} = \text{factor})$

因子の水準ごとに 1 本の色分けされた線を、単一のプロットに重ねて描く。ある予測変数の効果が群（たとえば異なる近隣）によってどう変わるかを見るのに有用である。

9.5.3 交互作用項 — $ti(x_1, x_2)$ および $te(x_1, x_2)$

2 次元の寄与曲面を示すヒートマップである。色の尺度は赤（負）→ 白（ゼロ）→ 青（正）である。ホバーすると双方の変数の値と寄与の量が表示される。

9.5.4 パラメトリック項 — 線形および因子

- 数値の線形項: データ点の散布図に当てはめられた直線を重ねる
- 因子項: 因子の水準ごとの平均寄与を示す棒グラフ

9.6 Correlation

すべての数値の予測変数間のピアソン相関を示すヒートマップ行列である。データを取り込んだ直後から利用でき、モデルの当てはめを必要としない。

- 色の勾配: 青 (-1) → 白 (0) → 赤 (+1)
- 各セルに相関の値が印字される
- 当てはめの前にコンカービティ（多重共線性の平滑版の類似物）を見いだすのに有用である

9.7 Diagnostics

二組の診断用の図がある。

診断パネル (`gratia::appraise` による): 四つのプロット — 残差対当てはめ値、Q-Q プロット、残差のヒストグラム、応答対当てはめ値である。

実測値対予測値の散布図: 観測値と予測値を、45 度の破線の基準線とともに示す。対数変換したモデルでは、値は元の尺度へ逆変換される。

9.8 RCA Adjustments

RCA の計算の後に表示される三つのヒストグラムである（鑑定評価／市場モード専用）。

- **Residual Adjustment %** — 売買価格に対する百分率としての残差補正の分布
- **Net Adjustment %** — 純補正の分布

- **Gross Adjustment %** — 総補正の分布

各ヒストグラムは副題に平均、中央値、標準偏差を示し、平均と中央値には破線の基準線を引く。

9.9 Anova

GAM の要約からパラメトリック項と平滑化項を統合した分散分析表である。項、型（パラメトリックまたは平滑）、および関連するすべての統計量を示す。

9.10 Mgcvc Output

次の内容を示す生のテキスト出力である。

- 当てはめの所要時間
- GAM の式
- モデルの print 出力
- `summary(model)` の完全な出力
- `family` とリンク関数
- 全体のコンカービティの尺度

9.11 Sign Check

earthUI のノットを取り込んだ場合、このタブは earth モデルにおける各変数の方向と GAM におけるその方向とを比較する。

- **earth_direction**: 増加、減少、または混在（ヒンジ関数の符号に基づく）
- **gam_direction**: 増加、減少、または混在（100 点の格子上での平滑化項の導関数から推定）
- **consistent**: TRUE/FALSE
- **warning**: 不一致があればその記述

状態行には “All directions consistent”、または不一致のある変数の数が表示される。

9.12 Concurvity

コンカービティは多重共線性の平滑版の類似物である。このタブは次を示す。

- **Overall Concurvity** の表: worst / observed / estimate の各尺度を行に、平滑化項ごとを列にとる。色分けは白 (<0.5)、黄 (0.5–0.8)、赤 (>0.8) である。
- **Pairwise Concurvity** の表: 同じ色分けによる最悪の場合の対ごとの行列。

“worst” の行の値が ~0.8 を超えていれば、その平滑化項は他の平滑化項によってよく近似できることを意味し、冗長であることを示唆する。

9.13 Basis Check

`mgcv::gam.check()` の出力であり、各平滑化項について基底次元の妥当性を検定する。ある平滑化項の k が小さすぎる場合、この検定は低い p 値でそれを指摘し、 k を増やすべきことを示唆する。

10 データのダウンロード

当てはめの後、**Download Output (Excel)** ボタン（サイドバー第 7 節）は、予測値と診断を含む Excel ファイルを、有効なプロジェクトの mgcv 出力フォルダに書き出す。

10.1 出力の列

列	説明
basis	逆変換した切片の値（全行で同一）
<var>_contribution	平滑化項ごとの予測への寄与。対数モデルでは金額へ比例配分される。
est_<target>	モデルの予測値（たとえば est_sale_price）。該当する場合は対数尺度から逆変換される
residual	実測値 − 予測値
calc_residual	検証用: 実測値 − 寄与の総和（逆変換後）
cqa	Condition-Quality-Appeal (CQA) スコア（0-10 の尺度）
residual_sf	残差／居住面積（living_area が指定されている場合）
cqa_sf	residual_sf による順位付けから算出した CQA

鑑定評価モードでは、第 1 行(対象)の residual/cqa/cqa_sf は NA に設定される。living_area 列が指定されている場合、行は residual_sf の降順に並べられる。

正常に完了すると、ダウンロードボタンに白いチェック印が現れる。

10.2 CQA スコア

CQA は、各行の残差を他のすべての行と比べて 0-10 の尺度で順位付けする。

- **高い CQA (〜9-10):** 予測よりはるかに高く売れた — 状態・品質・訴求力が優れている可能性が高い
- **低い CQA (〜0-1):** 予測よりはるかに低く売れた — 状態が劣るか、困窮売買である可能性が高い
- **CQA が 〜5:** 中央値の近くにある

11 RCA の計算とダウンロード

RCA（残差制約アプローチ, Residual Constraint Approach）の作業手順は、モデルを当てはめた後、**Appraisal モード**と **Market Area Analysis モード**で利用できる。対象不動産は第 1 行になければならない。

11.1 RCA ダイアログを開く

サイドバー第 8 節の **Calculate RCA Adjustments & Download** ボタンをクリックする。次の項目をもつモーダルダイアログが現れる。

- **Score type:** CQA または CQA per SF (living_area が指定されている場合)。per-SF の選択肢は、対象の残差を居住面積で尺度調整する。
- **Subject CQA Score:** 0.00 から 10.00 までの値を受け付ける。この欄は空欄で始まる。earthUI のモデルを取り込んでいる場合、earthUI で用いたスコアの型と値が、共有されたプロジェクト設定から引き継がれる。

Generate をクリックすると計算とダウンロードが行われる。Excel ファイルは有効なプロジェクトの mgcv 出力フォルダ (<os>_out_mgcv) に書き出される。

11.2 CQA スコアの内挿

1. 取引事例の CQA スコアと残差が並べ替えられる
2. 線形内挿 (approx()) が、与えられた CQA の値を残差に対応づける
3. 対象の価値 = モデルの予測値 + 内挿された残差
4. 重みが 0 の行は、対象と同じ残差をもつものとして扱われる

11.3 出力の列

列	説明
subject_value	モデルの予測値 + 内挿された残差
subject_cqa	利用者が入力した CQA スコア
<var>_adjustment	対象の寄与 - 取引事例の寄与 (金額)
residual_adjustment	対象の残差 - 取引事例の残差
net_adjustments	すべての補正の総和
gross_adjustments	補正の絶対値の総和
residual_adj_pct	売買価格に対する残差補正の%
net_adj_pct	売買価格に対する純補正の%
gross_adj_pct	売買価格に対する総補正の%
adjusted_sale_price	実際の売買価格 + 純補正

計算が正常に終わると、ボタンに白いチェック印が現れる。

12 取引事例比較表

取引事例比較表は、RCA 補正を計算した後、**Appraisal** モードでのみ利用できる。鑑定評価報告書に組み込むのに適した、書式の整った Excel のワークブックを生成する。

12.1 取引事例選択ダイアログ

Generate Sales Grid & Download ボタンをクリックすると、すべての比較取引事例を列挙するモーダルダイアログが開く。取引事例は二つの群に分けられる。

- **Recommended comps**（あらかじめ選択済み）：総補正が売買価格の $< 25\%$ であるもので、経過日数の順（最も新しいものから）に並ぶ。最大 30 件である。
- **Other comps**（既定では未選択）：残りの取引事例で、総補正率の順に並ぶ。

取引事例を選び、**Generate Sales Grid** をクリックしてワークブックを作成する。

必須の特殊型: `contract_date` と `living_area` を指定していなければならない。**推奨される特殊型**: `latitude`、`longitude`、`lot_size` — これらがなくとも比較表は機能するが、いくつかの項目は空欄になる。

12.2 ワークブックの構成

生成されるワークブックは複数のシートを含み、各シートには 3 件の取引事例が並べて収められる。

- **見出しの行**: 対象と取引事例の住所、売買価格、売買日、市場滞留日数
- **群にまとめられた行**: 位置（緯度、経度、地域）、敷地規模（敷地面積、敷地寸法）、築年数（実際経過年数、有効経過年数）を、群の見出しと下位項目とともに示す
- **モデル変数の行**: 平滑化項ごとに 1 行を設け、対象の寄与、取引事例の寄与、補正額を示す
- **残余的な特性の行**: モデルが捉えていない特性（状態、品質、眺望など）について鑑定評価者が入力するための、空欄で施錠されていないセル
- **要約の行**: 純補正%、総補正%、補正後売買価格を、Excel の生きた数式とともに示す

12.3 シートの保護と残余的なセル

各シートは誤った編集を防ぐために保護されているが、残余的な特性の値のセルは明示的に施錠を解いてある。これにより、鑑定評価者は数式に基づく補正の計算を保ちながら、モデルにない特性の値を入力できる。

13 レポートのダウンロード

レポートの生成は二段階の Quarto の作業手順であり、以前のリリースの一段階のレポートに代わるものである。

13.1 第 1 段階: Quarto レポートの生成

Generate Quarto Report ボタン (モデルを当てはめた後に利用できる) は、自己完結的な .qmd 一式を有効なプロジェクトの mgcv 出力フォルダに書き出す。この一式には、Quarto のソース、あらかじめ描画されたプロットのファイル (PNG および PDF)、すべての表とモデルのメタデータを取めた report_data.rds のペイロード、そして Word 出力のためのスタイルテンプレート reference.docx が含まれる。一式は自己完結的であるから、描画の前に .qmd のソースを編集したり、他の Quarto 文書と組み合わせたりできる。

プロットは一式の生成時にあらかじめ描画される。個々のプロットが失敗した場合は代替の画像が書き出され、一式の残りは通常どおり生成される。

13.2 第 2 段階: Quarto レポートの変換

Convert Quarto Report の節は、quarto::quarto_render() によって .qmd ファイルを一つ以上の出力形式に描画する。既定では最後に生成された一式が対象となるが、**Browse** ボタンによって任意の .qmd ファイルを選択できる。三つの形式が利用できる。

- **HTML** — 自己完結的な HTML 文書。追加のソフトウェアなしにすべてのプラットフォームで機能する。既定として推奨される。
- **Word (.docx)** — 同梱の reference.docx スタイルテンプレートで描画される。編集と配布に適する。
- **PDF** — LaTeX の導入を必要とする (後述のシステム要件を参照)。LaTeX が検出されない場合、PDF の選択肢は形式のチェックボックスから自動的に隠される。

旧来の一段階の描画関数 render_gam_report() と export_gam_docx() は、プログラムからの利用のために引き続き提供されている。

13.3 レポートの内容

生成されるレポートには次のものが含まれる。

- **データセットとモデル:** データファイル、標本の大きさ、family、method、および当てはめに関する情報
- **結果の要約:** R^2 、 $CV R^2$ 、説明された逸脱度、AIC、および関連する当てはめの指標
- **モデルの式:** 平滑化項を f_i の記法で、線形項を明示的な係数で表したモデルの式、および平滑関数の定義。長い式は PDF では複数行に折り返される。
- **要約の表:** 平滑化項 (EDF, F, p 値) およびパラメトリック項 (推定値、標準誤差、t、p 値)
- **有効な交互作用:** モデルに含まれるテンソル項と因子別平滑化項の交互作用の行列 (交互作用が存在する場合にのみ表示される)
- **変数重要度:** F 統計量 (平滑化項) または $|t|$ (パラメトリック項) で順位付けした棒グラフ
- **平滑な効果** (すべての項の型について) :
 - 一変量の平滑化項のプロット (対話的プロットの静的な ggplot2 版)
 - 因子別平滑化項の多線プロット
 - 交互作用のヒートマップ (t_i 項および t_e 項)
 - パラメトリック項のプロット (数値は散布図、因子は棒グラフ)
- **予測変数間の相関のヒートマップ**

- **診断:** 残差の診断、および実測値対予測値の散布図
- **mgcv の要約:** 当てはめたモデルの完全なテキスト出力
- **記法の付録:** レポートで用いる価値寄与関数の記法を説明する、番号を付さない末尾の節

生成が正常に終わると、Generate Quarto Report ボタンに白いチェック印が現れる。

14 モデル関数の書き出し

mgcvUI は、当てはめた GAM の平滑関数を、複数の言語の自立したコードとして書き出すことができる。各平滑化項は 200 点の格子上で評価され、線形内挿を伴う参照表として書き出されるため、mgcv に一切依存することなく R 以外の環境でモデルを利用できる。

現行リリースでは、関数の書き出しはプログラムから行う。書き出しの補助関数は、(fit_gam() が生成した) 当てはめ結果のオブジェクトを受け取り、以下に述べるファイルを書き出す。

- generate_r_code()、generate_python_code()、generate_cpp_code() — 言語ごとのソースファイル
- export_functions_sqlite() — SQLite の参照表データベース
- export_functions_zip() — 四つの形式の任意の組み合わせを zip 書庫にまとめる

14.1 R 関数

ファイル: gam_functions.R

- 応答変数、 R^2 、 $CV R^2$ 、および式を記した冒頭のコメント。
- INTERCEPT 定数。
- 平滑変数ごとに、あらかじめ計算された x/y のベクトルをもつ approxfun()。
- 線形項の係数を名前付きの定数として。
- 用法: 切片、各 g_var(value)、各 coef_var * value を合計する。

14.2 Python 関数

ファイル: gam_functions.py

- numpy の読み込み。
- INTERCEPT 定数。
- 変数ごとに _x_var と _fx_var の配列、および np.interp() を用いる g_var(x) 関数。
- 線形項の係数を COEF_* 定数として。

14.3 C++ ヘッダ

ファイル: gam_functions.hpp

- #pragma once を用いるヘッダのみの実装。
- gam_functions 名前空間。
- std::lower_bound を用いる interp() 補助関数。
- 変数ごとに、静的な const 配列をもつインライン関数。
- 線形項の係数を constexpr double として。

14.4 SQLite データベース

ファイル: gam_functions.sqlite

- 表 smooth_grids: 列は (variable, x, fx) であり、200 点の参照表である。
- 表 model_info: response, r_squared, cv_rsqr, dev_explained, aic, n_obs, family, method, formula。
- 表 linear_terms: variable, coefficient。
- 表 intercept: 切片の値。

15 earthUI および glmnetUI との比較

earth アプリケーションとその後処理モジュールは、回帰モデリングのための一つのツール群である。これらは同じデータ形式、特殊列型、RCA の作業手順、デモ用データセットを共有するが、モデリングエンジンは異なる。

15.1 主要な相違点

項目	mgcvUI	earthUI	glmnetUI
手法	GAM (mgcv)	MARS/Earth (earth)	エラスティックネット (glmnet)
関係	平滑な非線形	区分線形	線形
変数選択	select=TRUE による縮小	逐次的な枝刈り	ラッソ罰則
交互作用	テンソル積 (te/ti)	ヒンジ関数の積 (次数 2-3)	対ごとの積
偏効果	信頼区間を伴う平滑曲線	g 関数 (区分的)	線形の傾き
earth パイプライン	earth からノットを取り込む	ノットの供給元	ヒンジ基底を取り込む
コードの書き出し	R, Python, C++, SQLite	R, Python, C++, SQLite	—
レポートの形式	Word, PDF, HTML	Word, PDF, HTML	Word, PDF, HTML

earthUI のみがある特徴として一つ挙げておくべきものがある。earthUI には、自由記述の MLS 備考から構造化された不動産の属性を抽出する、実験的な Prolog/DCG の機能が含まれている。

15.2 共通する機能

三つのツールはいずれも次のものを提供する。

- 共有された regProj プロジェクトツリー (既定は ~/regProj)。プロジェクト、入力ファイル、手法ごとの出力が姉妹アプリケーション間で共有される
- snake_case への列名変換を伴う CSV および Excel の取り込み
- CSV の区切り記号、小数点記号、用紙寸法を含む 30 を超える国のロケールへの対応
- 特殊列の指定 (contract_date, living_area, area, latitude, longitude など)
- 基準日からの sale_age の自動計算
- ダーク／ライトモードの切替 (Nord テーマ)
- 設定の保存 (SQLite および／または localStorage)
- 相関のヒートマップ、変数重要度、診断
- CQA の採点と RCA 補正の作業手順
- 取引事例の選択と書式の整った Excel 出力を伴う取引事例比較表
- 同じデモ用データセット (Appraisal_1.csv) との互換性

15.3 推奨される作業手順

- まず earthUI から始める。重要な変数、非線形の関係、交互作用を発見するためである。earth の自動的なモデル構築は最良の出発点を与える。
- より平滑な偏効果が欲しければ mgcvUI で洗練する。earthUI のノットを取り込めば滞りなく移行できる。

- **glmnetUI** を用いるのは、積極的な変数選択または係数の符号制約を伴う純粋な線形モデルが必要なときである。
- **三つすべてを同じデータで比較する**。非線形モデルの追加的な複雑さが正当化されるかを評価するためである。

16 デモ用データセット: Appraisal_1.csv

16.1 説明

デモ用データセットは earthUI および glmnetUI と共有されている。これは mgcvUI のソースの demo_mls/ フォルダにある。earthUI が導入されている場合は次のようにして得られる。

```
demo_file <- system.file("extdata", "Appraisal_1.csv", package = "earthUI")
```

このファイルは、模擬的な MLS の書き出しによるおよそ 1,500 件の住宅の売買記録を含み、第 1 行が対象不動産、残りの行が比較取引事例である。データは、規模、築年数、位置がさまざまな複数地域の市場における戸建住宅の売買を表している。

これは実在のデータではないが、北カリフォルニアの現実的な近隣に基づいている。識別に関わる情報はすべて改変または除去されている。

16.2 列

列	型	特殊型	説明
sale_type	character	sale_type	対象と比較取引事例とを区別するレコード種別のコード
weight	numeric	weight	観測の重み (0 = 当てはめから除外)
id	numeric	display_only	内部のレコード ID
property_id	numeric	display_only	MLS の不動産識別子
listing_id	character	display_only	MLS の登録番号
parcel_number	character	display_only	郡評価官の地番 (APN)
street_address	character	display_only	不動産の住所
city_name	character	display_only	市
postal_code	character	display_only	郵便番号
county_name	character	display_only	郡
contract_date	Date	contract_date	売買契約日 (sale_age を計算する)
sale_age	numeric	—	契約日から基準日までの日数 (計算済み)
coe_date	Date	display_only	エスクロー完了日
listing_status	character	display_only	登録の状態 (たとえば “Sold”)
sale_price	numeric	(目的変数)	売買価格 — 応答変数
rent	numeric	—	月額賃料 (複数の目的変数のモデル用)
list_price	numeric	display_only	登録価格
original_list_price	numeric	display_only	当初の登録価格
living_sqft	numeric	living_area	総居住面積 (平方フィート)
ppsf	numeric	display_only	平方フィート当たり価格
beds_total	integer	—	寝室の数
baths_total	numeric	—	浴室の合計数 (たとえば 2.5 = フル 2 + ハーフ 1)
lot_size	numeric	lot_size	敷地面積 (平方フィート)
area_id	integer	area	MLS の地域識別子
area_text	character	display_only	地域名
age	numeric	actual_age	不動産の経過年数
year_built	integer	display_only	建築年
latitude	numeric	latitude	緯度 (モデル用に小数点以下 3 桁に丸められる)
longitude	numeric	longitude	経度 (モデル用に小数点以下 3 桁に丸められる)
latitude6	numeric	display_only	完全な精度の緯度
longitude6	numeric	display_only	完全な精度の経度
garage_spaces	integer	—	車庫の台数
fp_count	integer	—	暖炉の数
no_of_stories	numeric	—	階数
style	character	—	建築様式
view	character	—	眺望の種別 (たとえば “Neighborhood”、“Hills”)
days_on_market	integer	dom	市場滞留日数

列	型	特殊型	説明
listing_date	Date	listing_date	登録日
sale_concessions	numeric	concessions	売主の譲歩

16.3 推奨される手早い始め方

1. mgcv ルーチンを起動する: `earthUI::launch_mgcv()`
2. 用途を **For Appraisal** として新しいプロジェクトを作成する (第 1 節)
3. `Appraisal_1.csv` をプロジェクトの入力フォルダに置き、第 2 節でそれを選択する (必要なら **Refresh** をクリックする)
4. 目的変数として `sale_price` を選ぶ
5. 比率による補正が欲しければ、任意で Response Transform を **Log (natural)** に設定する
6. 上の表に示したとおりに特殊型を割り当てる
7. 予測変数として次を含める: `sale_age`、`living_sqft`、`baths_total`、`lot_size`、`area_id` (因子として)、`age`、`latitude`、`longitude`、`garage_spaces`
8. 既定のままにする: REML、`gamma = 1.2`、`tp` 基底、`k = auto`、`select = TRUE`
9. **Fit MgcV GAM Model** をクリックする
10. Summary、Contribution (平滑化項のプロット)、Diagnostics の各タブを確認する
11. 出力をダウンロードし (第 7 段階)、CQA の順位付けを確認する
12. CQA スコアを ~5.00 として RCA 補正を計算する (第 8 段階)
13. 推奨される取引事例で取引事例比較表を生成する (第 9 段階)

17 システム要件と問題解決

17.1 対応プラットフォーム

mgcvUI は **macOS**、**Windows**、**Linux** で動作する。本アプリケーションは macOS と RStudio で開発され、主にその環境で試験されている。プラットフォームに固有の注意事項は以下に示す。

17.2 R のバージョン

R $\geq 4.1.0$ が必要である。RStudio Desktop (2023.06 以降) を強く推奨する。これは **Quarto** と **pandoc** (レポートの描画に必要) を同梱しており、アプリケーションを起動するのに便利な環境を提供するからである。

17.3 必要な R パッケージ

以下のパッケージは依存関係として自動的に導入される。

パッケージ	用途
shiny	ウェブアプリケーションの枠組み
mgcv	GAM モデルの当てはめ
valengrCore	鑑定評価の共有基盤 (特殊な役割、earthUI からの引継ぎ)
ggplot2, plotly	静的および対話的な寄与プロット
gratia	平滑化項の抽出と診断
DT	対話的なデータ表
quarto, rmarkdown	Quarto レポートの生成と描画
readxl	Excel ファイルの取り込み
shinyFiles	ファイルとフォルダの選択画面
RSQLite, DBI	設定とプロジェクトのデータベース (SQLite)
jsonlite	変数の状態の直列化

17.4 任意の依存関係

構成要素	必要になる場面
LaTeX (TinyTeX, MiKTeX, または MacTeX)	PDF レポートの生成のみ。LaTeX の導入が検出されない場合、PDF の選択肢は形式のドロップダウンから自動的に隠される。導入は次のとおり: <code>tinytex::install_tinytex()</code>
sysfonts + showtext	ggplot2 のプロットに用いる Roboto Condensed フォント。利用できないかオフラインの場合、アプリケーションは自動的にシステムのサンセリフフォントに退避する。
earth ($\geq 5.3.0$)	earthUI の取り込みパイプラインにのみ必要。単独での利用には不要である。
callr	背景でのモデルの当てはめ（アプリケーションの応答性を保つ）。これがなければ当てはめは同期的に実行される。
writexl, openxlsx	Excel のダウンロード（モデル出力、RCA、取引事例比較表）。欠けている場合、アプリケーションが導入を促す。
bslib	Bootstrap 5 のテーマ設定（Nord Light/Dark）。
officer	旧来のプログラムからの Word 書き出し（ <code>export_gam_docx()</code> ）。

17.5 プラットフォーム固有の注意事項

17.5.1 macOS

問題が最も少ない。システムライブラリには Homebrew を推奨する。PDF レポートが必要な場合は次のようにする。

```
# In R:
install.packages("tinytex")
tinytex::install_tinytex()
```

17.5.2 Windows

RStudio Desktop で良好に動作する。主な注意事項は次のとおりである。

- **企業内の制限された端末:** 一時ディレクトリまたは利用者データのディレクトリが制限されている場合、設定の保存とレポートの生成が失敗しうる。アプリケーションは R のコンソールに警告を表示するが、保存機能を伴わずに動作を続ける。
- **LaTeX:** R から TinyTeX を導入する（上の macOS と同じコマンド）か、miktex.org から MiKTeX を導入する。
- **長いファイルパス:** Windows には 260 文字のパス長の制限がある。作業ディレクトリのパスは短く保つこと。

17.5.3 Linux

ディストリビューションによる差が最も大きい。Ubuntu / Debian の利用者は、R パッケージをコンパイルする前にシステムライブラリを必要とする場合がある。

```
sudo apt install libcurl4-openssl-dev libssl-dev \
  libxml2-dev libsqlite3-dev libfontconfig1-dev
```

PDF レポートについては、`tinytex::install_tinytex()` を実行するか、システムのパッケージ管理から `texlive-full` を導入する。

表示装置をもたないサーバでは、`plotly` の対話的プロットはレポートにおいて静的な代替として描画される。Shiny アプリケーション自体はウェブブラウザからの接続を必要とする。

17.6 機能の穏やかな縮退

`mgcvUI` は、任意の構成要素が欠けていても動作するように設計されている。

欠けている構成要素	挙動
LaTeX がない	レポート形式のドロップダウンから PDF の選択肢が隠される。HTML と Word は引き続き利用できる。
インターネットがない／フォントの取得に失敗	Roboto Condensed フォントがシステムのサンセリフに置き換えられる。コンソールにメッセージが記録される。
SQLite がない／ファイルシステムが読み取り専用	設定はセッション間で保存されない。コンソールに警告が表示される。それ以外は通常どおり動作する。
<code>gratia::appraise</code> が失敗	Diagnostics タブとレポートに代替のメッセージが表示される。代わりにコンソールで <code>mgcv::gam.check()</code> を用いる。
一時ディレクトリに書き込めない	レポートの生成が明確な誤りのメッセージとともに失敗する。TMPDIR 環境変数を書き込み可能な場所に設定して解決する。

17.7 問題解決

17.7.1 “PDF option is not available”

LaTeX の導入が検出されていない。R で次を実行する。

```
install.packages("tinytex")
tinytex::install_tinytex()
```

その後アプリケーションを再起動する。PDF の選択肢が現れる。

17.7.2 “Settings will not persist”

SQLite データベースのディレクトリを作成できないか、書き込めない。次の場所の権限を確認せよ。

- macOS/Linux: `~/Library/Application Support/R/mgcvUI/` または `~/.local/share/R/mgcvUI/`
- Windows: `%APPDATA%/R/data/mgcvUI/`

17.7.3 “Diagnostics plot unavailable”

`gratia::appraise()` 関数は、複雑なモデル（多数のテンソル交互作用、標準的でない分布族）に対して時折失敗する。これは上流の既知の問題である。回避策として、R のコンソールで `mgcv::gam.check(model)` を実行すれば診断プロットを直接に見ることができる。

17.7.4 “Report error: number of items to replace...”

これは `gratia` パッケージに関係する、以前のバージョンにおける既知の問題であった。最新版の `mgcvUI` が導入されていることを確認せよ。現行版はこの誤りを捕捉し、診断の節を代替の表示に置き換えてレポートを生成する。

17.7.5 ポート 7880 が使用中

(以前のセッションの影響で) ポート 7880 が占有されているためにアプリケーションが起動しない場合は、次を実行する。

```
# macOS/Linux:
```

```
lsof -ti:7880 | xargs kill
```

```
# Windows (PowerShell):
```

```
Stop-Process -Id (Get-NetTCPConnection -LocalPort 7880).OwningProcess
```

17.7.6 Linux でパッケージの導入が失敗する

システムライブラリが欠けている。上の Linux の節に挙げた開発用ヘッダを導入し、`install.packages()` を再度試みよ。

参考文献

- Wood, S. N. (2003). “Thin-plate regression splines”. In: *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 65.1, pp. 95–114. DOI: [10.1111/1467-9868.00374](https://doi.org/10.1111/1467-9868.00374).
- (2004). “Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models”. In: *Journal of the American Statistical Association* 99.467, pp. 673–686. DOI: [10.1198/016214504000000980](https://doi.org/10.1198/016214504000000980).
- (2011). “Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models”. In: *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73.1, pp. 3–36. DOI: [10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x).
- (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. 2nd ed. Chapman and Hall/CRC.
- Wood, S. N., N. Pya, and B. Säfken (2016). “Smoothing parameter and model selection for general smooth models (with discussion)”. In: *Journal of the American Statistical Association* 111, pp. 1548–1575. DOI: [10.1080/01621459.2016.1180986](https://doi.org/10.1080/01621459.2016.1180986).

基礎概念

概観

(日本語版)

基礎概念 (*Foundations*) • *The Valuation Engineer*

Bert Craytor, 編集長 • 2026年 8月 3日

バージョン 1.0.0

DOI: [10.67330/82vssv81](https://doi.org/10.67330/82vssv81)

本稿は日本語訳である。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が確認した。正本は英語版である。

『基礎概念』(*Foundations*) は、現代の鑑定評価方法論の基礎をなす概念について、精確で引用に堪える記述を公刊するものである。各項目は、実務にあたる鑑定評価者が出会う用語を — ときには別の名で、ときにはそれと気づかぬまま出会う用語を — 取り上げ、その形式的な文脈のうちに位置づける。すなわち、その概念がどこに由来し、技術的に何を意味し、実務のどの場面に現れ、そしてなぜ防御可能性 (defensibility) にとって重要であるのかを明らかにする。

創刊号はヘドニック体系の六つの中核概念を確立するものであり、各項目が先行する項目の語彙の上に積み上がるように配列されている。この順序は、『異質財』(*Heterogeneous Good*、そもそも鑑定評価方法論を必要とさせる不動産の性質) から出発し、『特性空間』(*Characteristics Space*) および『ヘドニック価格関数』(*Hedonic Price Function*、不動産が体現する属性の束を組織する形式的装置) を経て、『潜在価格』(*Implicit Price*) と『ヘドニック回帰』(*Hedonic Regression*、市場証拠から各属性の限界寄与を復元する方法) に至り、最後に『潜在変数』(*Latent Variable*、あらゆるヘドニック・モデルにおいて復元されずに残る残差信号が実際には何を表しているのか) に到達する。

カリフォルニア州パシフィカ (Pacifica) の近隣地域から採った八つの比較事例という単一の通貫例題が、六項目すべてを貫き、本号の教育上の導きの糸をなしている。

なぜこの六概念か、なぜこの順序か

六項目の選定は恣意的なものではない。各概念は現代のヘドニック方法論の荷重を支える構造材であり、いずれも日常の鑑定評価実務において実際に会うものであり、かつ誤解されたまま、あるいは名を与えられぬまま用いられる頻度が十分に高いため、引用可能な形に整えておくことに実務的な価値がある。

配列の順序は概念間の依存関係によって定まる。異質財が根である。それは不動産 (さらに中古車、労働市場、その他いくつかの財) が備える性質、すなわちヘドニック体系全体を必要とさせるまさにその性質に名を与える。特性空間は異質財をベクトルとして表現するための形式的装置であり、それなくしては、それ以上のことを精確に語ることはできない。ヘドニック価格関数は、特性空間の点を価格へ写像する均衡上の対象である。潜在価格はその偏微分係数であり、取引事例比較法のグリッドにおけるあらゆる補正は、鑑定評価者がそう呼ぶか否かにかかわらず、これらの限界寄与についての主張として読むことができる。ヘドニック回帰は、観測された取引から潜在価格を復元する経験的推定量であり、理論がデータ分析へと転じるのがまさにこの項目である。潜在変数は、回帰の残差が始まるところを引き継ぐ。観測されなかった属性の効果が、捨ててよい雑音としてではなく、構造をもつ信号として残差のうちに生き残るのである。

この順序に沿って読み進める読者は、「そもそもなぜ鑑定評価方法論は存在するのか」から「当てはめたモデルの残差をわれわれはどう受け取るべきか」に至る一本の連続した糸を手にすることになるであろう。筆者の経験に照らせば、大多数の鑑定評価者は、この道のりを長年の実務を通じて断片的にしか通過していない。

通貫例題

カリフォルニア州パシフィカの住宅系比較事例八件からなる単一のデータセットが、六項目すべてを貫いている。

比較事例	GLA(sf)	敷地 (sf)	眺望	状態	取引価格
A	1,650	9,000	有	良好	\$1,425,000
B	1,650	7,200	無	良好	\$1,280,000
C	1,850	7,500	無	良好	\$1,407,500
D	1,450	7,000	無	良好	\$1,155,000
E	1,700	8,000	有	優良	\$1,470,000
F	1,550	7,100	無	普通	\$1,177,500
G	1,700	10,500	無	良好	\$1,392,500
H	1,600	7,300	無	良好	\$1,312,500

この例題は、手計算で辿れるだけの小ささと、各概念を余さず練習できるだけの豊かさとを兼ね備えるよう意図して設計されている。項目 001 は、比較事例 A と B のあいだの \$145,000 の差を、単一のペア売買の観測値のうちに絡み合った二つの特性 (眺望と敷地) の結合寄与として検討する。項目 002 は、八つの比較事例すべてを四次元の特性空間内の点として置き、素朴な距離尺度がそれらの順位を誤らせることを示す。項目 003 は、この近隣地域におけるヘドニック価格関数の関数形を一つ提案する。項目 004 は潜在価格を解析的に復元し、当初の A 対 B の差を、眺望と敷地による \$127,039 の寄与と、説明されない \$18,000 とに分解する。項目 005 は R においてモデルを正式に当てはめ、標準誤差と残差を含む完全な `lm()` 出力を報告する。項目 006 は、モデルが説明しえない唯一の残差 — 比較事例 H における +\$46,455 の偏差 — を検討し、これを、筆者が他所で展開した残差制約アプローチ (Residual Constraint Approach) の方法論の基礎にある潜在変数的枠組みへと接続する。

このデータセットは、本号のリポジトリの `shared/data/pacifica_comps.csv` において利用可能であり、計算を再現したい読者はこれを用いることができる。

本号の読み方

ヘドニック方法論に初めて触れる読者は、六項目を順に読むべきである。項目間の依存関係は実在する。各項目は先行する項目で確立された語彙を前提としており、飛ばし読みは、項目それ自体では予め手当てのしようがない混乱を招く。

ヘドニック回帰にすでに触れたことのある読者は — 上級の統計学講義を履修した者、自動評価モデル (AVM) を扱った者、大量評価の文献を読んだ者など、大多数の鑑定評価者がこれに当たる — 本号を復習および参照資料として用いることができる。各項目は単独で引用できるように執筆されている。本誌の他所で公表された論文が潜在価格に言及する際には、概念を改めて導出する代わりに、DOI によって項目 004 へ接続すればよい。

残差制約アプローチの方法論に特に関心のある読者は、まず項目 006 を読んで潜在変数的枠組みを理解し、次に項目 003–005 に立ち戻って RCA が拡張するヘドニック装置を確認し、続いて項目 001–002 においてそのすべてが立脚する基礎的な語彙を押さえるのがよい。

何が鑑定評価の補正を防御可能なものにするのかという問いに関心のある読者であれば、各項目の「なぜ防御可能性にとって重要か」の節のみを順に読んでも、それが補正に基づく評価の方法論的な位置づけに関する一篇の短い論考に相当することに気づくであろう。その論考は本号のどこにも明示的に組み立てられてはいないが、あらゆる項目の潜在的な主題である。

編集方針

『基礎概念』は教科書のための紙面ではない。各項目は一度に読み通せる程度に短く、すでに鑑定評価実務に習熟した読者を想定して執筆され、網羅的な解説ではなく概念の精確な定式化を提示するように設計されている。その目的は、本誌の他の論文が引用しうる安定した参照点を提供することにある。

各項目は編集部の査読を経ており、当該分野の専門家による招待論評を伴うことがある。項目はクリエイティブ・コモンズ表示 (Creative Commons Attribution) ライセンスのもとで公開され、Crossref(正式な引用先) および Zenodo(版ごとの保存) を通じてそれぞれ DOI を付与される。各項目は時とともにさらに研ぎ澄まされることがある。小規模な改訂は Zenodo の版を更新し、大規模な改訂は変更内容を記した編集注記とともに両方の DOI を更新する。Crossref DOI はつねに最新版へ解決され、特定の過去の版は Zenodo を通じて指定することができる。

今後の号では、『基礎概念』の語彙を隣接する領域へと拡張していく。空間的依存、条件付き期待値、内生性、欠落変数バイアス、識別、そして代理変数と潜在変数とを区別する形式的装置などがそれである。取り上げるべき概念についての提案はつねに歓迎するので、編集長宛にお寄せいただきたい。

本号の六項目:

1. 異質財 (Heterogeneous Good) — そもそもなぜ鑑定評価方法論が存在しなければならないのか。
2. 特性空間 (Characteristics Space) — 束としての属性のベクトル表現。
3. ヘドニック価格関数 (Hedonic Price Function) — 特性から価格への均衡写像。
4. 潜在価格 (Implicit Price) — 各特性の限界的な市場価格。
5. ヘドニック回帰 (Hedonic Regression) — 観測された取引から関数を推定すること、完全な R の実例つき。
6. 潜在変数 (Latent Variable) — 残差から構造化された信号を復元すること。

参考文献。

- Court, A. T. (1939). Hedonic Price Indexes with Automotive Examples. In *The Dynamics of Automobile Demand*. General Motors Corporation.
- Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132–157.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.
- Craytor, B. (2025). Residual Constraint Approach: Framework & Protocol. Zenodo. [doi:10.5281/zenodo.14787917](https://doi.org/10.5281/zenodo.14787917)

付録:Prolog による形式化

以下の機械可読な付属ファイル (000-overview.pl) は、本誌の Prolog 知識ベースにおいて本項目を形式化したものである。このファイルは本文とともに閲覧可能な Prolog ギャレーとしても公開される。

```
%% 000-overview.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Overview
%% Title: Overview
```

```

%% Author: Bert Craytor, Editor
%% Piece ID: foundations_overview
%% Kind: editorial_piece (not a concept; sits outside the dep graph)
%%
%% The Overview is an editorial piece, not a defined concept. Its .pl
%% companion records the issue's structure (which entries appear in
%% what reading order), the running example, and the reader pathways
%% the editor proposes for readers with different backgrounds.

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====

:- use_module('../tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(foundations_overview, "Overview", foundations_editorial,
%      "Editorial overview of a Foundations issue. Frames the concepts
%      covered, situates them within appraisal practice, and is not
%      itself a defined concept in the dependency graph.",
%      published, 'dictionary-2026.1').
%
% Plus the six concept terms covered by this issue (heterogeneous_good,
% characteristics_space, hedonic_price_function, implicit_price,
% hedonic_regression, latent_variable).
% -----

:- use_terms([ foundations_overview,
                heterogeneous_good, characteristics_space,
                hedonic_price_function, implicit_price,
                hedonic_regression, latent_variable,
                residual_constraint_approach ]).
:- use_relations([depends_on/2]).

% =====
% PIECE METADATA
% =====

article_piece(foundations_overview).
article_kind(overview).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.overview').

% =====
% ISSUE STRUCTURE: the six concept entries in dependency-ordered sequence
% =====
%
% The published reading order. Each entry assumes vocabulary established
% in the previous ones. This is the same as queries:reading_order/1
% derived from the depends_on graph; recording it here lets readers and
% downstream tools query the issue's structure without invoking the
% topological-sort machinery.

issue_entry(1, heterogeneous_good).
issue_entry(2, characteristics_space).
issue_entry(3, hedonic_price_function).
issue_entry(4, implicit_price).
issue_entry(5, hedonic_regression).

```

```

issue_entry(6, latent_variable).

% Each entry's one-line theme as stated in the Overview's closing list.
entry_theme(heterogeneous_good,
  "Why valuation methodology must exist at all.").
entry_theme(characteristics_space,
  "The vector representation of bundle attributes.").
entry_theme(hedonic_price_function,
  "The equilibrium mapping from characteristics to prices.").
entry_theme(implicit_price,
  "The marginal market price of each characteristic.").
entry_theme(hedonic_regression,
  "Estimating the function from observed transactions, with a full R worked example
↪.").
entry_theme(latent_variable,
  "Recovering structured signal from residuals.").

% =====
% THE RUNNING EXAMPLE
% =====
%
% A single dataset of 8 Pacifica residential comparables runs through
% all six entries. The data lives in kb/pacifica_comps.pl and is
% consulted by each entry that uses it. The Overview's role here is
% only to point at it.

running_example_dataset(pacifica_comps).
running_example_n_comps(8).
running_example_location(pacifica_california).

% Which entries exercise the dataset.
:- consult('../..kb/pacifica_comps').

% =====
% READER PATHWAYS
% =====
%
% The editor proposes four pathways through the issue, calibrated to
% the reader's background. These are advisory orderings; the canonical
% reading order is issue_entry/2 above.

reader_pathway(new_to_hedonic_methodology,
  "Read entries 1-6 in order. Dependencies are real and skipping invites confusion
↪.",
  [heterogeneous_good, characteristics_space, hedonic_price_function,
  implicit_price, hedonic_regression, latent_variable]).

reader_pathway(prior_exposure_to_hedonic_regression,
  "Use as a refresher and atomic reference. Read in any order.",
  [hedonic_regression, hedonic_price_function, implicit_price,
  characteristics_space, heterogeneous_good, latent_variable]).

reader_pathway(interested_in_rca_methodology,
  "Read 006 first for the framing, then 003-005, then 001-002.",
  [latent_variable, hedonic_price_function, implicit_price,
  hedonic_regression, heterogeneous_good, characteristics_space]).

reader_pathway(interested_in_adjustment_defensibility,
  "Read the 'Why it matters for defensibility' sections in entry order. Forms an

```

```

    ↪ implicit short essay.",
    [heterogeneous_good, characteristics_space, hedonic_price_function,
     implicit_price, hedonic_regression, latent_variable])).

% =====
% EDITORIAL POSTURE
% =====

editorial_posture(
    "Foundations is not a textbook department. Each entry is short, written for an
    ↪ audience already fluent in appraisal practice, and designed to give a precise
    ↪ formulation rather than a comprehensive exposition.").

publication_model(
    [ license(cc_by),
      crossref_doi(canonical_citation),
      zenodo_doi(versioned_archive),
      revision_policy("Minor revisions bump Zenodo version; major revisions bump both
    ↪ DOIs with editorial note.") ] ).

% =====
% FUTURE DIRECTIONS
% =====
%
% Concepts the editor flags as deserving treatment in future Foundations
% issues. Recorded here so the journal's planning is machine-queryable.

future_topic(spatial_dependence).
future_topic(conditional_expectation).
future_topic(endogeneity).
future_topic(omitted_variable_bias_extended).
future_topic(identification).
future_topic(proxy_vs_latent_variable).

```

異質財

(日本語版)

基礎概念 (Foundations) • The Valuation Engineer

Bert Craytor • 2026年 8月 3日

版 1.0.0

DOI: [10.67330/slscsv65](https://doi.org/10.67330/slscsv65)

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

形式的定義。 異質財 (heterogeneous good) とは、各々が買い手の個別に価値づける特性の異なる束であり、かつその特性が別個に取引されることもないために、相互に代替できない財のことである。

直観的な捉え方。 同質財 (homogeneous good) とは、どの個体であっても構わない財である。WTI 原油一バレル、二等黄トウモロコシブッシュェル、電力網から供給される一キロワット時、ある銘柄の株式一株がこれにあたる。これらの財の背後にある等級基準や規格は、まさに個々の個体を相互に代替可能にするために存在し、それゆえ価格は特定の個体ではなく分類全体に対して付けられる。これに対して異質財とは、どの個体であるかが問題になる財である。あの住宅ではなくこの住宅、隣にある中古車ではなくこの中古車、というわけである。

技術的な意味である財を異質たらしめる特徴は二つある。第一に、買い手は市場の個体ごとに異なる、複数の区別可能な属性を重視する。第二に、それらの属性は当該財の生産技術によって一つに束ねられており、個別に購入することができない。総居住面積 200 平方フィートだけを買うことはできない。学区を土地から切り離して取得することもできない。特性は束ねられた状態で到来し、市場は特性そのものではなく束全体に価格を付ける。

不動産は異質財の典型であり、その性質をとりわけ強く示す。位置に関する特性は完全に複製不可能である。二つの画地が同一の位置を占めることはできないため、いかなる不動産も、市場の他のすべての不動産から自らを区別する属性 (自らの座標) を少なくとも一つは有する。物理的、法的、環境的な属性がその上に変動の次元をさらに重ね、全体として見れば各不動産に固有のベクトルを形づくる。

鑑定評価者が遭遇する場面。 取引事例比較法における補正はすべて、対象不動産と比較事例とが異質財であるという事実の暗黙の承認である。仮に不動産が同質であったなら、取引価格はすでに直接比較可能であり、グリッド (grid) は不要であろう。グリッドとは、束の構成の差異を補正することによって、異なる束の価格を突き合わせようとする試みである。グリッドが行わないことも指摘しておく価値がある。グリッドは取引価格を個々の特性の価値寄与分へと分解することは決してない。伝統的なグリッドに価値寄与分の欄はなく、あるのは特性ごとに直接推定された補正額だけである。

原価法は、束をその構成要素 — 基礎、躯体、仕上げ、減価修正 — から再構成し、それぞれに価格を付けることによって異質性を扱う。収益還元法は、束を単一のキャッシュフロー・プロファイルへと抽象化し、還元利回りと割引率が束の水準の異質性を市場から導かれた乗数の中へ吸収することによって、これを扱う。三つの鑑定評価手法はいずれも、不動産が異質財であるという根底の事実に対する方法論的な応答である。それらが分かれるのは、その事実をいかに切り抜けるかであって、それに向き合うか否かにあるのではない。

鑑定評価者は、比較事例の選定、ペア売買分析 (paired-sales analysis)、「同種のもののどうしの比較」について考えるたびに、非公式にも異質性と向き合っている。可能な限り多くの属性において類似する比較事例を探そうとする本能は、異質性に対する実務家の応答である。対象不動産

と比較事例との間の束の距離を最小化すれば、束のうち観測されない部分が取引価格の差に寄与する度合いが小さくなるからである。

なぜ防御可能性に関わるのか。 不動産の異質性こそ、鑑定評価の方法論が一つの分野として存在しなければならない理由である。仮に不動産が相互に代替可能であったなら、市場価値は提示価格から直接観測できるはずであり、鑑定評価は照合 (lookup) に還元されるであろう。そうではないからこそ、価値は関連はするが同一ではない不動産の価格から推論されなければならない、推論の各段階はいずれも正当化を要する方法論的選択となる。

異質性を形式的に承認することは、USPAP および基準規則 (Standards Rule) 上の防御可能性が懸かっているいくつかの実務上の論点を明確にする。比較事例の選定とは、そこから復元される潜在価格が一般化できる程度に対象不動産に近い、特性空間上の個体を選ぶことである。補正の妥当性は、その基礎にある潜在価格が市場の証拠によって裏づけられるか否かに依存する。手法間の試算価格の調整は、この不動産の異質性をどの手法が最も信頼できる形で切り抜けるかについての鑑定評価者の判断を反映する。これらの防御可能性の問いはいずれも、「異質財」を根底にある条件として名指した途端に、より鋭いものとなる。

鑑定実務の計算例。 カリフォルニア州パシフィカ (Pacifica) の同一近隣地域における最近の二件の取引は次のとおりである。

属性	比較事例 A	比較事例 B
GLA(sf)	1,650	1,650
寝室/浴室	3 / 2	3 / 2
敷地 (sf)	9,000	7,200
眺望	有	無
取引価格	\$1,425,000	\$1,280,000

同質財の枠組みで見れば、この二つは同一の不動産である。GLA が同じで、部屋数が同じで、同じ近隣地域にある。異質財の枠組みで見れば、この二つは異なる束であり、買い手が個別に価値づける二つの特性 (敷地と眺望) において異なる。\$145,000 の価格差はその二つの属性の結合寄与分であり、一組のペアの中に二つの潜在価格が絡み合っているのである。

潜在価格を個別に復元するには、より多くのペアが、理想的には一度に一つの属性だけに変化するペアが必要である。眺望の有無と敷地の大小の組合せにわたる三、四件の追加取引があれば、潜在価格を別々に識別し始めることができる。十分な数の比較事例にわたって十分な変動があれば、ヘドニック回帰がこの分離を形式的に遂行する。変動が限られる場合、鑑定評価者はブラケットティングによるペア売買推論に制約され、その信頼性は束どうしが特性空間においてどれほど近いかに明示的に左右される。

この例は、なぜ異質性が根底の条件なのかを示している。「同一の」二棟の住宅ですら同一ではなく、鑑定評価の方法論的な装置は、まさにその両者の隔たりを扱うために存在するのである。

参考文献.

- Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132–157.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.

相互参照: 特性空間 (*characteristics space*); ヘドニック価格関数 (*hedonic price function*); 潜在価格 (*implicit price*).

附録: Prolog による形式化

以下の機械可読な付属ファイル (001-heterogeneous-good.pl) は、本誌の Prolog 知識ベースにおいて本項目を形式化したものである。このファイルは、本文とともに閲覧可能な Prolog ゲラとしても発行される。

```
%% 001-heterogeneous-good.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Article 001
%% Title: Heterogeneous Good
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: heterogeneous_good
%% Version: 0.1.0-draft
%%
%% This file is the Prolog galley for the article: it encodes the
%% article's main claims, worked example, and inference rules in a form
%% that other Prolog code in the journal can consult, query, and verify
%% against. Read alongside the entry.tex / entry.pdf prose.

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====
%
% The journal-wide dictionary is the source of truth for term definitions
% and relation schemas. The use_module below pulls those facts in at
% runtime; the comments that follow reproduce the relevant entries so a
% reader skimming this file in isolation can see what's been imported.

:- use_module('../tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(heterogeneous_good, "Heterogeneous Good", economic_theory,
%     "Heterogeneous goods are goods that are not interchangeable
%     because each is a distinct bundle of characteristics that buyers
%     value separately, and whose characteristics are not separately
%     traded.", published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(characteristics_space, "Characteristics Space", economic_theory,
%     "The characteristics space of a class of heterogeneous goods is
%     the vector space whose coordinates index the attributes that
%     buyers value, and in which each good is represented by the
%     vector of its attribute levels.", published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(implicit_price, "Implicit Price", economic_theory,
%     "The implicit price of a characteristic is the partial derivative
%     of the hedonic price function with respect to that characteristic,
%     evaluated at a point in the characteristics space; it represents
%     the marginal market price of an incremental unit of the
%     characteristic, holding all other characteristics fixed.",
%     published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(hedonic_price_function, ...).
%
% relation(depends_on, 2, "depends on", [foundations_concept, foundations_concept],
%     foundations_methodology, "...", accepted, 'dictionary-2026.1').
% relation(related, 2, ...).
%
% These facts are NOT declared in this file; the use_module above is
```

```

% what makes them available at runtime.
% -----

:- use_terms([ % Foundations concepts (terms/foundations.pl)
               heterogeneous_good, characteristics_space, implicit_price,
               hedonic_price_function,
               % Practice terms (terms/valuation-practice.pl)
               real_estate, homogeneous_good,
               sales_comparison_approach, cost_approach, income_approach,
               comp_selection, paired_sales_analysis, adjustment,
               reconciliation, uspap, standards_rule ]).
:- use_relations([related/2, depends_on/2]).

% =====
% ARTICLE SUBJECT
% =====

article_concept(heterogeneous_good).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.001').

% =====
% ARTICLE-LOCAL VOCABULARY
% =====
%
% Terms the article needs that are NOT yet in the dictionary, and that
% the editor decided are too narrow to promote. These are field names
% for the worked-example property records — not concepts in the
% journal's ontology.

local_term(gla_sqft).
local_term(bedrooms).
local_term(baths).
local_term(lot_sqft).
local_term(view).

% =====
% FORMAL DEFINITION (restated as Prolog rule)
% =====
%
% From the formal definition: a good is heterogeneous IF buyers care
% about multiple distinguishable attributes that vary across items in
% the market, AND those attributes are bundled by production rather
% than separately traded.

%! heterogeneous(?Good) is nondet.
%
% True when Good satisfies both bundling criteria. The two predicates
% buyers_value_multiple_attributes/1 and attributes_bundled_by_production/1
% must be asserted for specific goods elsewhere; here they characterize
% the formal definition itself.

heterogeneous(Good) :-
    buyers_value_multiple_attributes(Good),
    attributes_bundled_by_production(Good).

% =====
% INTUITIVE FRAMING — CONTRASTS WITH HOMOGENEOUS GOODS
% =====

```

```

% Canonical examples of homogeneous goods cited in the article.
canonical_homogeneous_example(wti_crude).
canonical_homogeneous_example(no_2_yellow_corn).
canonical_homogeneous_example(kilowatt_hour).
canonical_homogeneous_example(common_stock_share).

% Their distinguishing feature: grading or specification standards make
% individual items interchangeable.
interchangeable_via_grading(wti_crude).
interchangeable_via_grading(no_2_yellow_corn).
interchangeable_via_specification(kilowatt_hour).
interchangeable_via_specification(common_stock_share).

% Canonical heterogeneous goods.
canonical_heterogeneous_example(real_estate).
canonical_heterogeneous_example(used_car).
canonical_heterogeneous_example(unique_machinery).

% Why real estate exhibits heterogeneity unusually strongly:
% locational characteristics are perfectly non-replicable.
buyers_value_multiple_attributes(real_estate).
attributes_bundled_by_production(real_estate).
non_replicable_attribute(real_estate, location).

% =====
% APPRAISER ENCOUNTERS
% =====
%
% The three classical valuation approaches are all methodological
% responses to heterogeneity. They differ in HOW they navigate the
% bundle, not in WHETHER they confront it.

valuation_approach(sales_comparison_approach).
valuation_approach(cost_approach).
valuation_approach(income_approach).

responds_to_heterogeneity(sales_comparison_approach,
    "Reconciles the prices of distinct bundles by adjusting for composition
    ↳ differences; the grid records only adjustments, estimated directly, and never
    ↳ decomposes a price into feature value contributions.").
responds_to_heterogeneity(cost_approach,
    "Reconstructs the bundle from priced components: foundation, framing, finishes,
    ↳ depreciation.").
responds_to_heterogeneity(income_approach,
    "Abstracts the bundle into a single cash-flow profile; cap/yield rates absorb
    ↳ heterogeneity.").

% Practitioner-level encounters with heterogeneity.
practitioner_response_to_heterogeneity(comp_selection,
    "Minimize bundle distance between subject and comp in characteristics space.").
practitioner_response_to_heterogeneity(paired_sales_analysis,
    "Isolate an attribute's contribution by holding other attributes constant.").
practitioner_response_to_heterogeneity(adjustment,
    "Quantify the price impact of one differing attribute at a time.").

% =====
% DEFENSIBILITY
% =====

```

```

%
% Why naming "heterogeneous good" sharpens USPAP defensibility questions.

defensibility_consequence(comp_selection,
    "Comps must be close enough in characteristics space that recovered implicit
    ↪ prices generalize.").
defensibility_consequence(adjustment,
    "Each adjustment must be supportable from market evidence of the implicit price."
    ↪ .
defensibility_consequence(reconciliation,
    "Choice among approaches reflects which best navigates THIS property's
    ↪ heterogeneity.").

% Root claim: valuation methodology exists as a discipline BECAUSE
% real estate is heterogeneous. If it were homogeneous, value would be
% directly observable from posted prices.
root_claim(
    "Valuation methodology exists as a discipline because real estate is heterogeneous
    ↪; in the homogeneous case, value would be directly observable.").

% =====
% WORKED EXAMPLE — PACIFICA COMPS
% =====
%
% Two recent sales in the same Pacifica, California neighborhood. The
% example demonstrates that even "identical" houses are not identical:
% the $145,000 price spread is the joint contribution of differences in
% lot size and view, two implicit prices entangled in a single pair.

% The 8-comp Pacifica dataset is shared across entries 001-006 and
% lives in kb/pacifica_comps.pl. Consulting it here brings property/1,
% in_market/2, attribute_value/3, and sale_price/2 into this article's
% namespace.
:- consult('../..'/kb/pacifica_comps').

% --- Derived facts from the example -----

% The attributes that differ between the two comps.
differing_attribute(comp_a, comp_b, lot_sqft).
differing_attribute(comp_a, comp_b, view).

% The price differential and what it's attributable to.
price_differential(comp_a, comp_b, 145000).
attributed_to(price_differential(comp_a, comp_b, 145000),
    [implicit_price_of(lot_sqft), implicit_price_of(view)]).

% --- Article's argument about identification -----

% A single pair cannot separately identify the two implicit prices —
% they are entangled in the single $145K observation.
joint_identification_only(price_differential(comp_a, comp_b, 145000),
    [lot_sqft, view]).

% Separate identification requires more pairs varying one attribute at
% a time. With sufficient variation, hedonic regression performs the
% disentanglement formally; with limited variation, the appraiser uses
% bracketed paired-sales reasoning, whose reliability depends on how
% close the bundles are in characteristics space.
identification_strategy(few_pairs,

```

```

    "Bracketed paired-sales reasoning. Reliability depends on bundle proximity in
    ↪ characteristics space.").
identification_strategy(many_pairs_with_variation,
    "Hedonic regression (see hedonic_regression).").

```

```

% =====
% INFERENCE RULES
% =====

```

```

%! comparable(?A, ?B) is nondet.
%
% A and B are comparable when they are distinct properties in the same
% market. This is the operational definition of "comp" used implicitly
% in the article.

```

```

comparable(A, B) :-
    property(A),
    property(B),
    A \== B,
    in_market(A, M),
    in_market(B, M).

```

```

%! attribute_difference(?A, ?B, ?Attr, ?DA, ?DB) is nondet.
%
% A and B differ on Attr, with DA the value at A and DB the value at B.
% Use this to enumerate the dimensions on which two comps actually vary.

```

```

attribute_difference(A, B, Attr, DA, DB) :-
    comparable(A, B),
    attribute_value(A, Attr, DA),
    attribute_value(B, Attr, DB),
    DA \== DB.

```

```

%! identifiable_implicit_price(?Attr) is nondet.
%
% An attribute's implicit price is identifiable from the observed comps
% if there exists at least one pair of comparables differing ONLY in
% that attribute. With our two-comp example this fails for lot_sqft AND
% view (both differ in the same pair), which is exactly the article's
% point.

```

```

identifiable_implicit_price(Attr) :-
    comparable(A, B),
    findall(X, attribute_difference(A, B, X, _, _), Diffs),
    Diffs == [Attr].

```

```

% =====
% CROSS-REFERENCES
% =====

```

```

% Concepts the article cross-references (corresponding to the
% \foundationsref{} macros in entry.tex).

```

```

cross_reference(characteristics_space).
cross_reference(hedonic_price_function).
cross_reference(implicit_price).

```

特性空間

(日本語版)

基礎概念 (Foundations) • The Valuation Engineer

Bert Craytor • 2026年 8月 3日

版 1.0.0

DOI: [10.67330/3yyymh010](https://doi.org/10.67330/3yyymh010)

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

形式的定義。 ある異質財の類における特性空間とは、買い手が価値を認める属性を座標として並べたベクトル空間であり、その中で各財は自らの属性水準からなるベクトルとして表現される。

直観的な把握。 前項では、異質財とは他と区別される特性の束であることを確認した。次に自然に生じる問いは、そうした束をいかにして形式的に記述し比較するか、である。ランカスター (Lancaster, 1966) に由来する答えは、各財を、買い手が関心を寄せる特性を軸とするベクトル空間上の一点として扱うことである。

この表現において、パシフィカの住宅不動産はもはや「パーク・パシフィカにある一軒の家」ではなく、総居住面積、敷地面積、眺望、状態、学区、海岸までの距離などに対応する座標をもつベクトルである。これらの属性値をすべて共有する二つの不動産は特性空間の同一の点を占め、いずれか一つでも属性が異なる不動産は異なる点を占める。この空間の幾何は、二つの不動産がどれほど近いのか、あるいはどれほど異なるかを、買い手が区別を行うすべての次元を捉える仕方で符号化する。

空間の次元数は、研究対象となる市場においてどの属性が意味をもつかに依存する。典型的な住宅の鑑定評価であれば、関連する空間はおよそ十数個の次元をもつであろう。すなわち、物的な次元 (GLA、敷地、寝室数、浴室数、築年数、品等、状態)、位置的な次元 (学区、眺望、利便施設または嫌悪施設への近接性)、そして法的・経済的な次元 (用途地域、地役権) である。商業用不動産の鑑定評価であれば、関連する次元はキャッシュフローに関わる属性 (賃貸借の構造、テナントの信用力、稼働率) へと移るが、その根底にある幾何学的な発想は同一である。

特性空間が有用であるのは、質的な実務家の直観 (「これらの取引事例は対象不動産と類似している」) を量的な主張 (「これらの取引事例は特性空間において対象不動産に近い」) へと変換するからである。ひとたび距離が定義されれば、取引事例比較法におけるあらゆる判断は、空間内の位置についての言明として検討することができる。

鑑定評価者が出会う場面。 鑑定評価者は、そう名指すことなく、絶えず特性空間の中で作業している。取引事例比較表の各行は一本の座標軸であり、各取引事例は座標値の行ベクトルであり、各補正は他を固定したまま一本の軸に沿って移動しようとする試みである。

本号を通じて用いる八件のパシフィカの取引事例が、この構成を直接に示している。各取引事例は、GLA、敷地面積、眺望、状態が張る四次元の特性空間の一点である。

事例	GLA (sf)	敷地 (sf)	眺望	状態	取引価格
A	1,650	9,000	有	良好	\$1,425,000
B	1,650	7,200	無	良好	\$1,280,000
C	1,850	7,500	無	良好	\$1,407,500
D	1,450	7,000	無	良好	\$1,155,000
E	1,700	8,000	有	優良	\$1,470,000
F	1,550	7,100	無	普通	\$1,177,500
G	1,700	10,500	無	良好	\$1,392,500
H	1,600	7,300	無	良好	\$1,312,500

前項の取引事例 A と B が最初の二行であり、残る六件は本号の以降の部分で活用する形で例を拡張したものである。

各取引事例は $\mathbb{R}^4$ の一点である。

- 取引事例 A は (1650, 9000, 1, 2) に位置する。
- 取引事例 B は (1650, 7200, 0, 2) に位置する。
- 取引事例 G は (1700, 10500, 0, 2) に位置する。

眺望と状態の座標は数値として符号化されている（眺望は {0, 1}、状態は {1, 2, 3}）。価格は特性空間の座標ではなく、その空間内における位置の関数である。

なぜ防御可能性 (defensibility) にとって重要か。 特性空間という枠組みは、取引事例の選択が実際には何であるのかを明確にする。取引事例とは単に「類似した不動産」ではなく、特性空間の当該領域において対象不動産に近い一点である。取引事例が空間上で対象不動産に近いほど、必要となる補正は小さくなり、得られる試算価格の信頼性は高まる。

この捉え直しは、非形式的な比較表が覆い隠してしまういくつかの実務上の問題を露わにする。

- どの次元が重要か。軸の選択はモデル化上の決定である。「眺望」を軸に含めることが意味をもつのは、市場が眺望に対して独立に価格を付けている場合に限られ、「風水の方位」を含めることが意味をもつのも、ある市場セグメントがそれに価格を付けている場合に限られる。防御可能な鑑定評価は、軸上の値だけでなく、軸そのものを弁証することを要求する。
- いかなる距離尺度を適用するか。二つの取引事例の価格が \$200,000 異なるのは、両者が特性空間において遠く離れているためであり得るが、距離の計算には各軸に対する尺度調整が必要である。変換を施さないユークリッド距離は、GLA の 1 平方フィートと敷地の 1 平方フィートを同等に扱うが、市場はそうには扱わない。
- 取引事例は価格関数が安定的に振る舞う領域にあるか。対象不動産が特性空間の標本の乏しい隅に位置しているならば、それに近い取引事例は存在せず、価格の試算は必然的に外挿とならざるを得ない。

鑑定評価の演習例。 八件のパシフィカの取引事例は、四次元の特性空間の比較的まとまった領域を占めている。(1,700, 7,500, 1, 2) に位置する仮想の対象不動産 — 1,700 sf、敷地 7,500 sf、眺望あり、良好な状態 — に対して、どの取引事例が「最も近い」という問いを考えてみよう。

軸の尺度を調整しないまま素朴にユークリッド距離を用いると、敷地の次元の値 (7,000–10,500) が眺望 (0–1) や状態 (1–3) よりも数値として遥かに大きいため、敷地の次元が計算を支配する。対象不動産までの距離は次のとおりである。

事例	距離 (尺度未調整ユークリッド)	備考
A	1,501	眺望は一致、敷地が支配的
B	308	眺望が相違、敷地は近い
C	230	眺望が相違、敷地は近い
D	559	眺望が相違、GLA に差
E	502	眺望は一致、状態が相違
F	422	眺望も状態も相違
G	3,000	眺望が相違、敷地が大きく乖離
H	224	眺望が相違、全体で最も近い

素の距離で見れば、取引事例 H が最近傍である。しかし取引事例 H には眺望がなく、対象不動産にはある。素朴な尺度は我々を誤導したのである。敷地の次元の数値的な規模が範疇的な眺望の次元を押しつけてしまったが、価格に対してより大きく効くのは眺望の方である。

防御可能な距離尺度であれば、各軸をその潜在価格によって — おおよそ、その軸の一単位の変動が何ドルの価値をもつかによって — 尺度調整するであろう。軸を潜在価格で調整すれば、眺望 (~\$100,000 程度) はもはや敷地 (1 平方フィート当たり ~\$25) に押し潰されることはない。そのとき、対象不動産と眺望が一致する取引事例 A が、適切な主たる取引事例として浮かび上がる。

これこそが、以降の項で展開される潜在価格の装置が提供するものである。すなわち、「近さ」を幾何学的な当て推量から市場に由来する計算へと変える、特性空間の原理に基づいた尺度調整である。

参考文献。

Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132–157.

Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.

相互参照： 異質財 (*heterogeneous good*) ; ヘドニック価格関数 (*hedonic price function*) ; 潜在価格 (*implicit price*) .

付録：Prolog による形式化

以下の機械可読な補助ファイル (002-characteristics-space.pl) は、本誌の Prolog 知識ベースにおいて本項目を形式化したものである。このファイルは本文とともに閲覧可能な Prolog ゲラとしても公開される。

```
%% 002-characteristics-space.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Article 002
%% Title: Characteristics Space
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: characteristics_space
%% Version: 0.1.0-draft

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====
```

```

:- use_module('.././../././tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(characteristics_space, "Characteristics Space", economic_theory,
%      "The characteristics space of a class of heterogeneous goods is
%      the vector space whose coordinates index the attributes that
%      buyers value, and in which each good is represented by the
%      vector of its attribute levels.", published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(heterogeneous_good, ...).
% term(hedonic_price_function, ...).
% term(implicit_price, ...).
%
% generalized_by(characteristics_space, lancaster_1966).
% depends_on(characteristics_space, heterogeneous_good).
% -----

:- use_terms([ characteristics_space, heterogeneous_good,
                hedonic_price_function, implicit_price,
                comp_selection, sales_comparison_approach,
                real_estate ]).
:- use_relations([related/2, depends_on/2, generalized_by/2]).

% =====
% ARTICLE SUBJECT
% =====

article_concept(characteristics_space).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.002').

% =====
% LOCAL VOCABULARY
% =====
%
% Narrow article-local field names + the dimensions of the worked
% example's characteristics space.

local_term(dimension).
local_term(coordinate).
local_term(euclidean_distance).
local_term(distance_metric).
local_term(nearest_neighbor).

% =====
% FORMAL ATTRIBUTION
% =====

% The construction is due to Lancaster (1966), as noted in citations.
attributed_construction(characteristics_space, lancaster_1966).

% =====
% THE ARTICLE'S CLAIM ABOUT REPRESENTATION
% =====
%
% A heterogeneous good becomes a point in a vector space. Each axis is
% a characteristic buyers value; each good is the vector of its
% attribute levels.

```

```

representation_of(heterogeneous_good, point_in_vector_space).

% Examples of dimensions relevant to residential appraisal.
residential_dimension(gla_sqft).
residential_dimension(lot_sqft).
residential_dimension(view).
residential_dimension(cond).
residential_dimension(bedrooms).
residential_dimension(baths).
residential_dimension(age).
residential_dimension(quality).
residential_dimension(school_district).
residential_dimension(distance_to_amenity).
residential_dimension(zoning).

% Examples of dimensions relevant to commercial appraisal — included
% to make the article's point that the dimensions shift with market.
commercial_dimension(lease_structure).
commercial_dimension(tenant_quality).
commercial_dimension(occupancy).
commercial_dimension(cash_flow_profile).

% =====
% APPRAISER ENCOUNTERS
% =====
%
% Mapping appraisal practice onto the characteristics-space framework.

practice_to_space_correspondence(
    sales_comparison_grid_line, coordinate_axis,
    "A grid line is an axis.").
practice_to_space_correspondence(
    comp_row, row_vector,
    "A comp is a vector of coordinate values.").
practice_to_space_correspondence(
    adjustment, movement_along_axis,
    "An adjustment moves along one axis holding others fixed.").

% =====
% WORKED EXAMPLE
% =====
%
% The 8 Pacifica comps are points in a 4D characteristics space spanned
% by GLA, lot_sqft, view, cond_numeric. Bring in the shared dataset.

:- consult('../..kb/pacifica_comps').

% Axes of the chosen space for this article's analysis.
axis(gla_sqft).
axis(lot_sqft).
axis(view).
axis(cond_numeric).

% Numeric encoding for non-numeric axes.
encode(view, no, 0).
encode(view, yes, 1).
encode(cond_numeric, 1, 1).
encode(cond_numeric, 2, 2).

```

```

encode(cond_numeric, 3, 3).

%! coord(?Property, ?Axis, ?Numeric) is nondet.
%
% Numeric coordinate of Property along Axis. Handles symbolic attribute
% values by encoding them.

coord(P, A, N) :-
    attribute_value(P, A, V),
    ( number(V) -> N = V ; encode(A, V, N) ).

%! point(?Property, -Vector) is det.
%
% Vector representation of Property in the 4D characteristics space.

point(P, [GLA, Lot, View, Cond]) :-
    coord(P, gla_sqft, GLA),
    coord(P, lot_sqft, Lot),
    coord(P, view, View),
    coord(P, cond_numeric, Cond).

% =====
% THE HYPOTHETICAL SUBJECT
% =====
%
% The article tests distance metrics against this hypothetical property.

hypothetical_subject(subject).
attribute_value(subject, gla_sqft, 1700).
attribute_value(subject, lot_sqft, 7500).
attribute_value(subject, view, yes).
attribute_value(subject, cond_numeric, 2).

% =====
% NAIVE EUCLIDEAN DISTANCE (the article's straw distance metric)
% =====
%
% Computes the unscaled Euclidean distance between Property and the
% hypothetical subject. Used to demonstrate that unscaled distances
% mislead: the lot dimension dominates because its numeric range is
% much larger than view (0..1) or cond (1..3).

naive_distance_to_subject(P, D) :-
    point(P, V_P),
    point(subject, V_S),
    sum_of_squares(V_P, V_S, S),
    D is sqrt(S).

sum_of_squares([], [], 0).
sum_of_squares([X|Xs], [Y|Ys], S) :-
    sum_of_squares(Xs, Ys, S0),
    D is X - Y,
    S is S0 + D * D.

% =====
% THE ARTICLE'S CENTRAL OBSERVATION
% =====
%
% Under naive Euclidean distance, Comp H is the nearest neighbor. But

```

```

% Comp H has no view and the subject does; view matters more to price
% than the naive metric admits. The fix (developed in entries 003-005)
% is to scale each axis by its implicit price.

claim(naive_metric_misleads,
    "Unscaled Euclidean distance crowds out small-range axes (like view) under large-
    ↪ range axes (like lot_sqft). A market-defensible distance scales each axis by its
    ↪ implicit price.").

% =====
% DEFENSIBILITY QUESTIONS RAISED
% =====
%
% Three questions the characteristics-space framing makes explicit.

defensibility_question(which_dimensions,
    "The choice of axes is a modeling decision. Defending an appraisal requires
    ↪ defending the axes, not just the values on them.").
defensibility_question(distance_metric,
    "Untransformed Euclidean distance treats one sqft of GLA as equivalent to one sqft
    ↪ of lot, which the market does not. Distance requires a scaling per axis.").
defensibility_question(extrapolation_region,
    "If the subject sits in a sparsely-sampled corner of the space, no comp is truly
    ↪ close and the indication is extrapolative.").

% =====
% INFERENCE RULES
% =====

%! same_point(?A, ?B) is nondet.
%
% Two properties occupy the same point in the characteristics space.
% (Doesn't occur in the running example, but the article notes that it
% would if all coordinates matched.)

same_point(A, B) :-
    point(A, V),
    point(B, V),
    A \== B.

%! nearest_neighbor_by_naive_distance(-P) is semidet.
%
% The comp closest to the subject under the naive Euclidean metric.
% Used to illustrate the article's point that the naive metric chooses
% Comp H, not Comp A.

nearest_neighbor_by_naive_distance(P) :-
    findall(D-Q,
        ( property(Q), Q \== subject, naive_distance_to_subject(Q, D) ),
        Pairs),
    keysort(Pairs, [_P|_]).

% =====
% CROSS-REFERENCES
% =====

cross_reference(heterogeneous_good).
cross_reference(hedonic_price_function).
cross_reference(implicit_price).

```

ヘドニック価格関数

(日本語版)

基礎概念 (Foundations) • The Valuation Engineer

Bert Craytor • 2026年 8月 3日

版 1.0.0

DOI: [10.67330/9x1a0489](https://doi.org/10.67330/9x1a0489)

日本語訳。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

形式的定義。 ヘドニック価格関数 (hedonic price function) とは、異質財の特性空間上の点から取引価格への均衡写像であり、競争市場における買い手の付け値関数と売り手の提示関数の包絡線として形成されるものである。

直感的な理解。 これで二つの材料がそろった。異質財（特性の束）と、特性空間（各々の束が一つの点となるベクトル空間）である。ヘドニック価格関数はこの二つを結び付ける。それは、特性空間の各点 $\mathbf{z}$ に価格を割り当てる関数 $p(\mathbf{z})$ であり、そのような属性の組合せをもつ束に対して市場がいくら支払うのかを教えてくれる。

ローゼン (Rosen, 1974) の中心的な洞察は、 $p(\mathbf{z})$ が特定の買い手や売り手によって選ばれるものではないという点にある。それは市場均衡から立ち現れる。各買い手は、自らの選好と所得を前提として、任意の束に対して支払う用意のある最大額を表す付け値関数 (bid function) をもつ。各売り手は、自らの費用と代替機会を前提として、受け入れうる最低額を表す提示関数 (offer function) をもつ。ヘドニック価格関数はこれらの付け値と提示の包絡線であり、買い手と売り手実際に取引する境界線である。

不動産についていえば、 $p(\mathbf{z})$ は次の問いに対する答えである。特性の束を完全に指定したとすれば、市場はそれに対してどのような価格を生み出すのか。その答えは恣意的ではない。それは、市場内のすべての買い手の選好の総体と、すべての売り手の費用および代替機会の総体とを、買い手と束との均衡的な対応付けを介して反映したものである。

ヘドニック価格関数は、ヘドニック分析の中心的な理論的対象である。潜在価格はその偏導関数である。ヘドニック回帰はその経験的推定である。取引事例比較における補正の防御可能性は、究極的にはこの関数に関する主張へと帰着する。

鑑定評価者が出会う場面。 鑑定評価者は、ここでも多くの場合それに名前を与えないまま、 $p(\mathbf{z})$ について絶えず考えを巡らせている。実務上のいくつかの活動は、ヘドニック価格関数に対する暗黙の操作にほかならない。

取引事例比較法における補正。 対象不動産には眺望があり比較事例 B にはないという理由で、鑑定評価者が比較事例 B を \$100,000 上方に補正するとき、その鑑定評価者は $p(\mathbf{z})$ に関する主張を行っている。すなわち、他のすべての特性を固定したまま眺望の特性が 0 から 1 へ動けば、関数の値が \$100,000 だけ増加するという主張である。これは眺望の次元における p の局所的な傾きについての言明である。

各手法間の調整。 原価法は、複製された束の構成要素費用を合計することによって、下から価値の試算値を組み立てる。収益還元法はキャッシュフローから価値を導くが、均衡においてキャッシュフローは、類似のキャッシュフローを生む束の価格を反映している。取引事例比較法は、類似の束について観察された取引から価格を直接読み取る。よく機能している市場であれば、三つの手法はいずれも $p(\mathbf{z})$ の同一の点へ収束するはずである。結果が食い違うとき、鑑定評価者は、対象不動産が特性空間において占める位置について、どの手法がこの関数を最も信頼できる形で測定したのかを判断しなければならない。

市場分析と時点修正。ヘドニック価格関数は、供給、需要、金融、期待の変化に伴って時間とともに移動する。年 6 パーセントの上昇率という主張は、 $p(\mathbf{z})$ が全体としてどのように移動したのかについての主張である。眺望プレミアムのある不動産が眺望のない不動産よりも速く上昇したという知見は、この関数が特性空間全体にわたって一様でない形で移動したという主張である。

なぜ防御可能性にとって重要か。ヘドニック価格関数を明示的に名指すことによって、いくつかの根本的な防御可能性の問題が明確になる。

その関数は存在するのか。ローゼンの枠組みは、均衡関数が意味をもつだけの十分な取引がある競争市場を前提としている。取引の薄い市場、急速に変化する市場、あるいは特異な買い手層をもつ下位市場では、その関数は十分に定義されないか、不安定でありうる。そのような市場で業務を行う鑑定評価者は、自らの推論の装置が脆弱な理論的基盤の上で作動していることを認めるべきである。

その関数はどこでも同一なのか。ローゼンの枠組みが導くのは、市場セグメントごとに一つの関数であって、全体に通用する単一の関数ではない。パシフィカとサンフランシスコは、異なるヘドニック関数をもつ別個の市場であり、戸建住宅とコンドミニウムは同一の都市の内部にあっても別個の下位市場である。市場セグメントを混同する鑑定評価者は、単一の関数が両者にまたがると暗黙のうちに仮定しているのであり、その仮定はたいてい誤りである。

p はどのような関数形をとるのか。その関数は線形である必要も、対数線形である必要も、その他の特定の形をとる必要もない。ローゼンが示したのは p が付け値と提示の包絡線であるということだけであって、その形状を特定したわけではない。経験的には、 p は非線形性（寝室を一つ加えることの限界価値は GLA に対して一定でないことが多い）、交互作用（眺望プレミアムは敷地の向きに依存する）、閾値効果（一定の品質水準に達しない台所は、その状態評点に不釣り合いなほど大きな減価を受けうる）を示す。防御可能な推定のためには、市場から裏付けられる関数形を用いるか、データからその形状を復元しうる柔軟な推定量を用いるかのいずれかが必要である。

鑑定評価実務の例題。研究対象であるパシフィカの近隣地域については、次の項目で十分に扱う単純な加法的関数形を用いることにする。

$$p(\mathbf{z}) = \beta_0 + \beta_{\text{GLA}} z_{\text{GLA}} + \beta_{\text{lot}} z_{\text{lot}} + \beta_{\text{view}} z_{\text{view}} + \beta_{\text{cond}} z_{\text{cond}}.$$

この形には二つの強い仮定が埋め込まれている。各特性の寄与がその水準に対して線形であるという仮定と、特性どうしが交互作用しないという仮定である。いずれの仮定も検定可能であり、しばしば破られるが、ここでは出発点として採用する。

本号の通し例である八つの比較事例について、以降の項目における分析は、次のような関数を与える β の値を推定することになる。

パラメータ	推定値
β_0 (切片)	\$80,777
β_{GLA} (sf あたり)	\$575
β_{lot} (sf あたり)	\$22.70
β_{view} (有無)	\$86,179
β_{cond} (1 段階あたり)	\$49,824

加法的な形に代入すれば、この関数は 4 次元の特性空間の任意の点について価格を予測する。比較事例 A の座標を代入すれば、観察された \$1,425,000 に近い予測価格が得られ、(1700, 7500, 1, 2) という仮設の対象不動産を代入すれば、その不動産についての価値の試算値が得られる。

この項目の要点は、これらの具体的な数値ではなく、概念上の一步にある。その関数は、我々が推定する以前に、原理的に存在している。関数は市場の性質である。我々の推定は、それを復元しようとする試みである。その復元は部分的であったり、偏りを含んでいたり、雑音に満ちていたりするのであって、続く三つの項目は、その復元をいかに責任をもって行うかについてのものである。

参考文献.

- Court, A. T. (1939). Hedonic Price Indexes with Automotive Examples. In *The Dynamics of Automobile Demand*. General Motors Corporation.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.
- Triplett, J. E. (2006). *Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes*. OECD Publishing.

相互参照: 異質財 (*heterogeneous good*); 特性空間 (*characteristics space*); 潜在価格 (*implicit price*); ヘドニック回帰 (*hedonic regression*).

付録: Prolog による形式化

以下の機械可読な付属ファイル (003-hedonic-price-function.pl) は、本誌の Prolog ナレッジベースにおける本項目の形式化である。このファイルは本文とともに閲覧可能な Prolog ゲラとしても公表される。

```
%% 003-hedonic-price-function.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Article 003
%% Title: Hedonic Price Function
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: hedonic_price_function
%% Version: 0.1.0-draft

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====

:- use_module('../tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(hedonic_price_function, "Hedonic Price Function", economic_theory,
% "The hedonic price function is the equilibrium mapping from
% points in the characteristics space of a heterogeneous good to
% transaction prices, formed as the envelope of buyer bid
% functions and seller offer functions in a competitive market.",
% published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(bid_function, "Bid Function", economic_theory, ...).
% term(offer_function, "Offer Function", economic_theory, ...).
% term(sales_comparison_approach, ...).
% term(cost_approach, ...).
% term(income_approach, ...).
%
% formalized_by(hedonic_price_function, rosen_1974).
% depends_on(hedonic_price_function, heterogeneous_good).
```

```

% depends_on(hedonic_price_function, characteristics_space).
% -----

:- use_terms([ hedonic_price_function, heterogeneous_good,
               characteristics_space, implicit_price, hedonic_regression,
               bid_function, offer_function,
               sales_comparison_approach, cost_approach, income_approach,
               adjustment, reconciliation ]).
:- use_relations([related/2, depends_on/2, formalized_by/2]).

% =====
% ARTICLE SUBJECT
% =====

article_concept(hedonic_price_function).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.003').

% =====
% LOCAL VOCABULARY
% =====

local_term(equilibrium).
local_term(envelope).
local_term(functional_form).
local_term(market_segment).
local_term(linearity).
local_term(separability).
local_term(time_adjustment).
local_term(coefficient).
local_term(intercept).

% =====
% FORMAL ATTRIBUTION
% =====

attributed_formalization(hedonic_price_function, rosen_1974).

% =====
% CONSTRUCTION: ENVELOPE OF BID AND OFFER FUNCTIONS
% =====
%
% The Rosen (1974) construction:  $p(z)$  is the envelope of buyer bid
% functions and seller offer functions.

primitive_of_construction(bid_function, buyer).
primitive_of_construction(offer_function, seller).

constructed_as_envelope_of(hedonic_price_function,
                           [bid_function, offer_function]).

emerges_from(hedonic_price_function, market_equilibrium).

% Property that flows from the construction: the function is not
% chosen by any single market participant.
property(hedonic_price_function, not_set_by_individual_participant).
property(hedonic_price_function, equilibrium_object).
property(hedonic_price_function, defined_per_market_segment).

```

```
% =====
% APPRAISER ENCOUNTERS — IMPLICIT MANIPULATIONS OF p(z)
% =====

implicit_manipulation_of_hedonic(
    adjustment,
    sales_comparison_approach,
    "Asserts a local slope of p in the relevant characteristic dimension.").
implicit_manipulation_of_hedonic(
    reconciliation,
    multi_approach_valuation,
    "Three approaches should converge on the same point of p; divergence requires
    ↪ editorial judgment.").
implicit_manipulation_of_hedonic(
    time_adjustment,
    market_analysis,
    "p shifts over time; appreciation rates are statements about that shift.").

% =====
% DEFENSIBILITY QUESTIONS
% =====
%
% The article names three questions the hedonic-price-function framing
% sharpens.

defensibility_question(function_existence,
    "In thin or rapidly-changing markets, the equilibrium function may be poorly
    ↪ defined; the inferential machinery operates on a shaky foundation.").
defensibility_question(segment_specificity,
    "One function per market segment, not one function globally. Conflating segments
    ↪ is usually wrong.").
defensibility_question(functional_form,
    "Rosen showed only that p is an envelope, not its shape. Empirically nonlinear
    ↪ with interactions and thresholds; estimation requires defending the form.").

% =====
% WORKED EXAMPLE: ADDITIVE LINEAR SPECIFICATION
% =====
%
% For the Pacifica neighborhood, the article adopts the additive linear
% specification:
% 
$$p(z) = \beta_0 + \beta_{\text{gla}} * z_{\text{gla}} + \beta_{\text{lot}} * z_{\text{lot}} + \beta_{\text{view}} * z_{\text{view}} + \beta_{\text{cond}} * z_{\text{cond}}$$

%
% The next entry (004) takes the coefficients as implicit prices; entry
% 005 estimates them by hedonic regression.

:- consult('../..kb/pacifica_comps').

specification_form(additive_linear).
specification_assumption(linearity_in_levels,
    "Contribution of each characteristic is linear in its level.").
specification_assumption(no_interactions,
    "Characteristics do not interact in the price function.").
specification_caveat(
    "Both assumptions are testable and frequently violated; adopted here as a starting
    ↪ point.").

% Coefficient values reported in the article (estimated in entry 005,
% asserted here so this entry's worked example can be queried).
```

```

coefficient(intercept,      80777.07).
coefficient(beta_gla,      574.93).
coefficient(beta_lot,      22.70).
coefficient(beta_view,     86179.03).
coefficient(beta_cond,     49824.33).

%! predicted_price(?Property, -Predicted) is det.
%
% The fitted additive-linear hedonic price function applied to a
% property's characteristics. Symbolic view/cond are mapped to {0,1}
% and {1,2,3} respectively.

predicted_price(P, Predicted) :-
    coord(P, gla_sqft, GLA),
    coord(P, lot_sqft, Lot),
    coord(P, view, View),
    coord(P, cond_numeric, Cond),
    coefficient(intercept, B0),
    coefficient(beta_gla, Bg),
    coefficient(beta_lot, Bl),
    coefficient(beta_view, Bv),
    coefficient(beta_cond, Bc),
    Predicted is B0 + Bg * GLA + Bl * Lot + Bv * View + Bc * Cond.

coord(P, A, N) :-
    attribute_value(P, A, V),
    ( number(V) -> N = V
    ; A == view, V == yes -> N = 1
    ; A == view, V == no  -> N = 0
    ; V = N
    ).

% =====
% THE CENTRAL CONCEPTUAL MOVE
% =====
%
% The function exists, in principle, before estimation. The function is
% a property of the market; estimation is recovery.

claim(function_precedes_estimation,
    "The hedonic price function is a property of the market and exists conceptually
    ⇨ prior to any specific fitted model. Estimation is recovery, and recovery may be
    ⇨ partial, biased, or noisy.").

% =====
% CROSS-REFERENCES
% =====

cross_reference(heterogeneous_good).
cross_reference(characteristics_space).
cross_reference(implicit_price).
cross_reference(hedonic_regression).

```

潜在価格

(日本語版)

基礎概念 (Foundations) • The Valuation Engineer

Bert Craytor • 2026年 8月 3日

版 1.0.0

DOI: [10.67330/md6wke17](https://doi.org/10.67330/md6wke17)

日本語訳。人工知能の支援を受けて翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

形式的定義。 ある特性の潜在価格 (implicit price) とは、ヘドニック価格関数を当該特性について偏微分した値を特性空間上の一点で評価したものであり、他のすべての特性を固定したうえで当該特性が一単位増加するときの限界市場価格を表す。

直観的な理解。 ヘドニック価格関数 $p(\mathbf{z})$ は、各々の束 (バンドル) に一つの価格を与える。しかし鑑定実務における問いの多くは、束全体の価格ではなく、束を構成する特定の要素の価格に関するものである。眺望にはどれほどの価値があるのか。100 平方フィートを追加すれば価格はいくら増えるのか。状態が「良好」であるか「優良」であるかの差は、どれだけ寄与するのか。

潜在価格はこれらの問いに答える。この用語はローゼン (Rosen, 1974) に由来する。彼は、差別化された財の観測価格とその特性とが相まって「一組の潜在価格すなわち『ヘドニック』価格を定義する」ことを示した。ランカスター (Lancaster, 1966) は、財を特性の束とみなすという基礎にある見方を提供した。各特性 z_i について、潜在価格とは、他のすべての特性を固定したまま z_i が変化するとき $p(\mathbf{z})$ が変化する割合である。

$$\pi_i(\mathbf{z}) = \frac{\partial p(\mathbf{z})}{\partial z_i}.$$

潜在価格の単位は、特性一単位あたりのドルである。GLA 1 平方フィートあたりのドル、敷地 1 平方フィートあたりのドル、状態 1 段階あたりのドルがそれにあたる。眺望のような二値特性であれば、潜在価格とは、眺望なし (0) から眺望あり (1) へ移ることに対して支払われるプレミアムの全額である。

「潜在」という語は中心的な事実を捉えている。これらの価格は揭示されない。「GLA 1 平方フィート」を \$575 で売ろうと申し出る者はいない。その価格は、現に揭示されている均衡束価格のなかに潜んでおり、ヘドニックの装置はまさにそれを取り出すために存在する。

潜在価格は、ヘドニックの枠組みが鑑定にもたらす実質的な産出物である。取引事例比較法のグリッドにおける補正は、原理的には、潜在価格に特性の差を乗じた推定値である。あらゆる補正は、特性空間上の当該地点における π_i の値をめぐる賭けである。

鑑定評価者が出会う場面。 取引事例比較法の補正グリッドは、鑑定評価者がそう名づけないとしても、潜在価格の適用を並べた表である。「対象不動産より GLA が 200 sf 小さいため +\$10,000」として比較事例を補正するグリッド項目は、特性空間の当該位置における GLA の潜在価格が 1 平方フィートあたり \$50 であると主張している。「劣る眺望について \$100,000」と補正する項目は、二値の眺望特性の潜在価格が \$100,000 であると主張している。取引事例比較法全体の防御可能性は、これらの潜在価格を市場から裏づけられるか否かにかかっている。ただし実務においては、鑑定評価者は補正額を——対をなす売買事例から、経験から、あるいは同業者の慣行から——直接に推定するのであって、その基礎にある価値寄与分を計算することはない。伝統的なグリッドは補正額そのものしか記録しない。潜在価格という読み方は、それらの補正が何を主張しているかについての解釈であって、それがどのように導かれたかについての記述ではない。

この命名はまた、ペア売買分析 (paired-sales analysis) がなぜ補正額導出の基礎的技法であるのかを明らかにする。ちょうど一つの特性においてのみ異なる二つの比較事例は、その特性の潜在価格の直接的な推定値を与える。価格の差を特性の差で除せばよい。ペア売買分析の信頼性は、二つの比較事例が特性空間において真に十分近く、そこから復元された潜在価格が対象不動産に一般化できるか否かにかかっている。

実務にとって重要な潜在価格の性質が三つある。

局所的である。 1,650 sf の点における GLA の潜在価格は、2,500 sf の点におけるそれと必ずしも同じではない。ヘドニック価格関数は一般に非線形であるから、その偏導関数は特性空間上の位置に応じて変化する。1,500 sf のペア売買分析から導かれた補正額が、3,000 sf の対象不動産に必ず当てはまるとは限らない。

条件付きである。 海浜部の下位市場における眺望の潜在価格は、内陸の下位市場におけるそれと同じではない。偏導関数は他の特性を固定したうえで取られるが、その値は、他の特性がどこに固定されているかに依存する。

市場依存的である。 潜在価格は均衡価格であるから、取引時点における買い手層の選好を反映する。特性それ自体が変わらなくとも、市場が動けば潜在価格は変わりうる。時点修正とは、昨日の潜在価格が今日のそれではないかもしれないという事実を暗黙裡に認めるものにほかならない。

なぜ防御可能性に関わるのか。 潜在価格という捉え方は、非公式なグリッドが覆い隠しかねない補正の防御可能性の問題を明るみに出す。

特性空間のどこにいるのか。 潜在価格が防御可能であるのは、対象不動産の特性空間上の位置の近くで推定された場合に限られる。内陸の比較事例から導いた眺望プレミアムを海浜部の対象不動産に適用することは、関数の挙動が未知である特性空間の領域を越えて外挿することにほかならない。

局所的な幾何はどうなっているか。 二つの特性が交互作用するならば——たとえば敷地が広いほど眺望の価値が大きければ——それらを別々に加法的に扱うことは定式化の誤りである。眺望の潜在価格は敷地面積に依存するのであり、交互作用を無視した補正は、関数の実際の構造を過小に捉えることになる。

潜在価格はどのように復元されたのか。 ペア売買分析、回帰係数、業界の経験則、そして「専門家としての判断」は、いずれも同一の量——潜在価格——を指し示すが、その認識論的な地位は大きく異なる。鑑定評価者の防御可能性は、各補正に用いた潜在価格がどの出所から得られたものかを明示することにかかっている。

鑑定実務の演習例。 前項で採用した加法的な定式化のもとでのパシフィカの通し例では、潜在価格は線形関数の係数そのものである。

$$\pi_{\text{GLA}} = \beta_{\text{GLA}}, \quad \pi_{\text{lot}} = \beta_{\text{lot}}, \quad \pi_{\text{view}} = \beta_{\text{view}}, \quad \pi_{\text{cond}} = \beta_{\text{cond}}.$$

項目 003 で推定した係数を用いると、次のようになる。

特性	潜在価格	単位
GLA	\$575	sf あたり
敷地	\$22.70	sf あたり
眺望	\$86,179	有無あたり
状態	\$49,824	1 段階あたり

これらの潜在価格は一つのペア売買分析を含意する。項目 001 における比較事例 A と比較事例 B の差に立ち戻ろう。

- 比較事例 A には眺望がある ($\Delta z_{\text{view}} = +1$)。寄与分は +\$86,179。

- 比較事例 A は敷地が 1,800 sf 大きい ($\Delta z_{\text{lot}} = +1,800$)。寄与分は $1,800 \times \$22.70 = +\$40,860$ 。
- 他のすべての特性は同一である。
- 予測される価格差： $\$86,179 + \$40,860 = \$127,039$ 。

観測された価格差は \$145,000 であった。潜在価格による分解はそのうち約 \$127,000 を説明し、残る \$18,000 は小規模なデータセットにおける標本変動を（そしてより一般的には、潜在変数 (latent variable) の項目で扱うことになる種類の未観測要因を）反映している。

実務上、指摘しておくべき点が二つある。第一に、線形性の仮定は実際に働いている。 $p(\mathbf{z})$ が非線形であれば、同じ物理的な敷地の差であっても、広い敷地におけるよりも狭い敷地におけるほうが大きな価値をもちうるのであり、上の加法的分解には偏りが生じることになる。第二に、敷地 1 平方フィートあたり \$22.70 という潜在価格は、追加的な 1 平方フィートの限界価値であって、敷地全体の価値ではない。9,000 sf の敷地が束の価格に寄与する総額は $9,000 \times \$22.70 = \$204,300$ であるが、1 平方フィートを追加しても束の価格は \$22.70 しか上昇しない。

限界と総額とのこの区別は、日常の鑑定用語において少なからぬ混乱の源となっており、潜在価格を明示的に名づけることから得られる最も重要な概念的成果の一つである。

参考文献。

- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.
- Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132–157.
- Freeman, A. M., III (1979). Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues. *Scandinavian Journal of Economics*, 81(2), 154–173.
- Taylor, L. O. (2003). The Hedonic Method. In *A Primer on Nonmarket Valuation* (pp. 331–393). Kluwer Academic Publishers.
- Palmquist, R. B. (2005). Property Value Models. In *Handbook of Environmental Economics* (Vol. 2, pp. 763–819). North-Holland.
- Triplett, J. E. (2006). *Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes*. OECD Publishing.

相互参照：異質財 (*heterogeneous good*) ; 特性空間 (*characteristics space*) ; ヘドニック価格関数 (*hedonic price function*) ; ヘドニック回帰 (*hedonic regression*)。

附録：Prolog による形式化

以下の機械可読な付属ファイル (004-implicit-price.pl) は、本誌の Prolog 知識ベースにおいて本項目を形式化したものである。このファイルは、本文とともに閲覧可能な Prolog ゲラとしても公表される。

```
%% 004-implicit-price.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Article 004
%% Title: Implicit Price
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: implicit_price
%% Version: 0.1.0-draft

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====
```

```

:- use_module('.././../././tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(implicit_price, "Implicit Price", economic_theory,
%      "The implicit price of a characteristic is the partial
%      derivative of the hedonic price function with respect to that
%      characteristic, evaluated at a point in the characteristics
%      space; it represents the marginal market price of an
%      incremental unit of the characteristic, holding all other
%      characteristics fixed.", published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(hedonic_price_function, ...).
% term(paired_sales_analysis, ...).
% term(adjustment, ...).
%
% formalized_by(implicit_price, rosen_1974).
% depends_on(implicit_price, hedonic_price_function).
% -----

:- use_terms([ implicit_price, hedonic_price_function, characteristics_space,
               heterogeneous_good, hedonic_regression,
               sales_comparison_approach, paired_sales_analysis, adjustment,
               comp_selection ]).
:- use_relations([related/2, depends_on/2, formalized_by/2]).

% Provenance: the term originates with Rosen (1974).
formalized_by(implicit_price, rosen_1974).

% =====
% ARTICLE SUBJECT
% =====

article_concept(implicit_price).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.004').

% =====
% LOCAL VOCABULARY
% =====

local_term(partial_derivative).
local_term(marginal).
local_term(total).
local_term(locality).
local_term(conditionality).
local_term(market_dependence).

% =====
% IMPLICIT PRICE AS PARTIAL DERIVATIVE
% =====
%
%  $\pi_i(z) = \partial p(z) / \partial z_i$ 

implicit_price_definition(
    "Implicit price of characteristic i at point z = partial derivative of p with
    ↪ respect to z_i, evaluated at z.").

unit_of_implicit_price(continuous, "dollars per unit of the characteristic").

```

```

unit_of_implicit_price(binary,      "the full premium between the two states").

% =====
% THREE PROPERTIES OF IMPLICIT PRICES (per the article)
% =====

property_of_implicit_prices(local,
    "The implicit price of GLA at 1,650 sf is not necessarily the same as at 2,500 sf.
    ↪ p is generally nonlinear; partial derivatives vary with location.").
property_of_implicit_prices(conditional,
    "Implicit price depends on where the OTHER characteristics are held fixed. View
    ↪ premium on a beachfront submarket differs from inland.").
property_of_implicit_prices(market_dependent,
    "Implicit prices are equilibrium prices reflecting the current buyer pool. Market
    ↪ shifts change implicit prices even when characteristics do not.").

% =====
% IMPLICIT-PRICE / ADJUSTMENT EQUIVALENCE
% =====
%
% Every adjustment in a sales-comparison grid can be READ as asserting an
% implicit price applied to a characteristic difference. This is an
% interpretation of what the adjustment asserts, not a description of how
% traditional adjustments are derived in practice.

adjustment_as_implicit_price_application(
    "Interpretation: adjustment magnitude = (implicit price of attribute at relevant
    ↪ point) * (characteristic difference between comp and subject) --- what the
    ↪ adjustment asserts, not how it is derived.").

adjustment_derivation_in_practice(
    "Traditional adjustments are estimated directly --- from matched pairs, experience
    ↪, or peer practice --- without computing the underlying value contributions; the
    ↪ traditional grid records only the adjustments themselves.").

% =====
% LINEAR-FORM IMPLICIT PRICES (from entry 003's adopted specification)
% =====
%
% Under the additive linear specification, implicit prices ARE the
% regression coefficients. The article reproduces them:

:- consult(' ../.. /kb/pacifica_comps').

% Implicit price per characteristic, as inherited from the additive
% form of p adopted in entry 003.
implicit_price_of(gla_sqft, 575.00, "per square foot").
implicit_price_of(lot_sqft, 22.70, "per square foot").
implicit_price_of(view, 86179.03, "per yes/no").
implicit_price_of(cond, 49824.33, "per step on the ordinal scale").

% =====
% PAIRED-SALES DECOMPOSITION: COMP A vs COMP B
% =====
%
% Returns to the article-001 paired comparison and decomposes it using
% implicit prices.
%
% Comp A and Comp B share GLA, bedrooms, baths, condition.

```

```

% They differ in: view (+1) and lot_sqft (+1800).
% Predicted differential = 86179 + 40860 = 127039.
% Observed differential = 145000.
% Unexplained          = 17961 (~$18,000).

paired_sales_decomposition(comp_a, comp_b,
    [ contribution(view,      86179),
      contribution(lot_sqft,  40860) ],
    127039,
    145000,
    17961).

% Derived from the data + coefficients (for the linter to type-check
% against the dataset rather than the hand-computed values).
contribution_for_pair(A, B, Attr, Contribution) :-
    coord(A, Attr, VA),
    coord(B, Attr, VB),
    Diff is VA - VB,
    Diff =\= 0,
    implicit_price_of(Attr, Pi, _),
    Contribution is Diff * Pi.

% Tiny coord helper for symbolic view/cond values.
coord(P, A, N) :-
    attribute_value(P, A, V),
    ( number(V) -> N = V
    ; A == view, V == yes -> N = 1
    ; A == view, V == no  -> N = 0
    ; V = N
    ).

% =====
% MARGINAL vs TOTAL CONTRIBUTION
% =====
%
% The article emphasizes the distinction. The implicit price of lot is
% $22.70 per square foot (marginal); the TOTAL contribution of Comp A's
% 9,000-sf lot is 9,000 * 22.70 = $204,300.

distinction(marginal_vs_total,
    "Implicit price is MARGINAL ($22.70 per additional sqft of lot). Total
    ↪ contribution of a 9,000-sf lot is 9,000 * $22.70 = $204,300. Confusing them is a
    ↪ common source of error in everyday appraisal language.").

%! total_contribution(?Property, ?Attribute, -Total) is det.
%
% Total dollar contribution of a characteristic to a property's bundle
% price under the linear specification.

total_contribution(P, A, Total) :-
    coord(P, A, V),
    implicit_price_of(A, Pi, _),
    Total is V * Pi.

% =====
% DEFENSIBILITY QUESTIONS RAISED
% =====

defensibility_question(location_in_space,

```

```
"An implicit price is defensible only when estimated near the subject's location
↳ in characteristics space; a view premium from inland comps applied to a beachfront
↳ subject extrapolates into unknown territory.").
defensibility_question(local_geometry,
    "If view interacts with lot size, treating them as additively separable
    ↳ misspecifies the function. The implicit price of view depends on lot.").
defensibility_question(epistemic_provenance,
    "Paired-sales analysis, regression coefficient, industry rule, and professional
    ↳ judgment all point to the same quantity but have different epistemic standing.
    ↳ Defensibility requires declaring the source.").

% =====
% CROSS-REFERENCES
% =====

cross_reference(heterogeneous_good).
cross_reference(characteristics_space).
cross_reference(hedonic_price_function).
cross_reference(hedonic_regression).
```

ヘドニック回帰

(日本語版)

基礎概念 (Foundations) • The Valuation Engineer

Bert Craytor • 2026年 8月 3日

版 1.0.0

DOI: [10.67330/ams1t139](https://doi.org/10.67330/ams1t139)

日本語訳。人工知能の支援を得て翻訳し、編集部が確認した。英語版を正本とする。

形式的定義。 ヘドニック回帰 (hedonic regression) とは、異質財市場における観測された取引からヘドニック価格関数を推定することであり、モデルに含まれる特性の潜在価格について経験的な推定値を与えるものである。

直観的理解。 これまでの項目では、ヘドニック価格関数とその潜在価格を理論的な対象として記述してきた。関数は原理的には存在するが、実際に観測できるのは有限個の取引、すなわち取引された財の組合せと、その取引された価格だけである。ヘドニック回帰は、この両者を結ぶ経験的な橋渡しである。

設定は単純である。各取引は (z_i, p_i) という組を与える。すなわち、取引された財の特性ベクトルと、その売買価格である。これらの組の集まりは、(観測されない) ヘドニック価格関数から得られた一つの標本である。回帰は、その標本に関数形を当てはめ、関数の特徴づけるパラメータを推定する。パラメータが推定されれば、当てはめられた関数の偏導関数が潜在価格の推定値を与える。

回帰を実行する前に、三つのモデル化上の選択を行わなければならない。

1. どの特性をモデルに含めるか。この選択が、推定される関数の次元を決める。関連する特性を欠落させると、その効果は相関する被包含特性の係数へと漏れ出す (欠落変数バイアス)。
2. どのような関数形か。線形、対数線形、両対数、多項式、基底展開、セミパラメトリック、機械学習などがある。この選択は、推定された関数を取りうる形状と、復元しうる潜在価格のパターンとを制約する。
3. どのような推定量か。OLS、一般化最小二乗法、ロバスト M 推定量、分位点回帰、空間計量経済学的推定量、罰則付き回帰などがある。この選択は、推定量が何を最適化しているのか、そしてその推測をどのような仮定が支えているのかを決める。

いずれの選択も方法論的に実質的であり、それぞれが防御可能性に帰結を残す。

鑑定評価者が出会う場面。 ヘドニック回帰は大量評価 (mass appraisal) の基礎であり、大半の自動評価モデル (AVM) のエンジンである。郡の課税評価官が毎年 10 万筆の土地を再評価するとき、その仕事を担っているのは直近の取引に対するヘドニック回帰である。Zillow や Redfin が自動推定値を示すとき、それを生み出しているのはヘドニック型のモデルである (OLS ではなく決定木アンサンブルであることが多いが、概念的には依然としてヘドニック推定量である)。貸し手の流通市場向け AVM がある不動産について借換えの可否を判定するときにも、同じ仕組みが関与している。

個別不動産の鑑定評価もまた、ますますヘドニック回帰に依拠するようになっていく。最終的な価格の判定が取引事例比較法から得られる場合であってもそうである。近隣の標本に対する回帰から推定された潜在価格は、鑑定評価者の直観や経験則的な百分率よりもはるかに防御可能な形で、補正の大きさを裏づけることができる。回帰係数は、グリッドに適用される補正について、意見ではなく証拠となる。

なぜ防御可能性にとって重要か。 回帰に基づく推定は、ペア売買分析とは異なる防御可能性の特性を持つ。利点は次のとおりである。回帰は一度に二件ずつではなく、利用可能なすべての取引を用いる。他の多くの特性を同時に制御しながら、一つの特性の効果を分離できる。そして、それぞれの潜在価格の不確実性を定量化する標準誤差を生み出す。その代償は次のとおりである。回帰は、真の価格関数と一致しないかもしれない関数形を課す。ペア売買分析よりも多くのデータを要する。そして、その結果は標本と定式化の選択に敏感でありうる。

回帰に基づく鑑定評価では、いくつかの防御可能性上の問いが繰り返し現れる。

標本は適切か。 回帰は、標本が属する市場セグメントと期間においてヘドニック関数がどのように働くかを推定する。内陸の取引で推定した回帰を海岸沿いの対象不動産に適用することは、統計量がどれほど整って見えようとも、防御可能性の失敗である。

定式化は適切か。 線形の定式化は強い仮定である。真の関数がある閾値を超えたところでGLA に対して収穫逨減を示すのであれば、線形の当てはめはその領域で潜在価格を誤って推定することになる。診断、残差プロット、代替的な定式化は、防御可能な作業手順の一部である。

標準誤差は何を意味するか。 標準誤差は、想定された定式化のもとでの標本変動を捉える。それは定式化の誤り、欠落変数バイアス、標本選択の問題を捉えない。誤った定式化における小さな標準誤差は、正しい定式化における大きな標準誤差よりも危険である。

結果は他の手法と三角測量的に整合するか。 防御可能な回帰に基づく潜在価格は、ペア売買分析が示唆するもの、原価法の構成要素原価が含ま意するもの、そしてその市場に精通した鑑定評価者が信じるものと整合していなければならない。これら三つのすべてと食い違う回帰係数は、公表せよという合図ではなく、調査せよという招待である。

鑑定評価実務の例題。 ここで、八つのパシフィカ比較事例に対してヘドニック回帰の装置全体を動かすことができる。データセットは `shared/data/pacifica_comps.csv` にある。

R コード：

```
comps <- read.csv("shared/data/pacifica_comps.csv")
fit <- lm(price ~ gla + lot + view + cond, data = comps)
summary(fit)
```

出力：

```
Call:
lm(formula = price ~ gla + lot + view + cond, data = comps)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17995   -8243   -5433   -1409   46455

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  80777.07   164509.35    0.491   0.6571
gla           574.93     109.76    5.238   0.0135 *
lot           22.70      10.38    2.187   0.1165
view        86179.03   31342.97    2.750   0.0708 .
cond       49824.33    27761.27    1.795   0.1706
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 30481 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9707, Adjusted R-squared:  0.9317
F-statistic: 24.86 on 4 and 3 DF, p-value: 0.01231
```

解釈。 当てはめられたモデルは、ヘドニック価格関数を次のように推定する。

$$\hat{p}(\mathbf{z}) = 80,777 + 575 z_{\text{GLA}} + 22.70 z_{\text{lot}} + 86,179 z_{\text{view}} + 49,824 z_{\text{cond}}.$$

各係数は、対応する特性について推定された潜在価格である。GLA は 1 平方フィートあたり \$575 を寄与し（標準誤差が最も狭く、有意性が最も強い）、眺望はパシフィカの不動産に約 \$86,000 を寄与する。状態が一単位上がる（たとえば「良好」から「優良」へ移ること）は、およそ \$50,000 の価値がある。

いくつかの留保がただちに見て取れる。

標本はきわめて小さい。観測値八つに対して説明変数が四つであるため、残差自由度は三つしかない。標準誤差はそれに応じて広く、敷地・眺望・状態の p 値は、経済的にもっともらしいにもかかわらず、慣行的な 0.05 の閾値に達しない。これは小標本による人為的結果であって、これらの特性が重要でないことの証拠ではない。比較事例が 8 件ではなく 80 件であれば、 p 値は劇的に小さくなるであろう。

全体としての当てはまりは強い。自由度調整済み $R^2 = 0.93$ とモデルの p 値 0.012 は、含まれた特性が標本内の価格変動の大部分を共同で説明していることを示す。強い結合的当てはまりと弱い個別的有意性との組合せは多重共線性の教科書的な兆候であり、ここではそれは構造的である。GLA、敷地、状態が標本の中で共変しているからである。

一つの残差が際立っている。最大残差は +\$46,455 であり、比較事例 H に対応する。他の七つの残差はすべて $\pm \$18,000$ の帯の中に収まる。比較事例 H の何かが、当てはめられた関数によって捉えられていない。モデルはその価格を、次に大きい残差のほぼ三倍にあたる大きさで、系統的に過小予測しているのである。

この外れ値としての残差は雑音ではない。それは、比較事例 H の観測されない特性が、含まれた変数では復元しえない仕方であるという信号である。潜在変数の項目が取り上げるのは、まさにこの問いである。

ペア売買推論との照合。項目 004 のペア売買分析は、眺望と敷地だけから比較事例 A と B の間に \$127,039 の差を予測した。回帰の潜在価格はそれと同一である（その計算の出所がまさにこの潜在価格だからである）。回帰はペア売買の論理を八つの比較事例すべてに同時に一般化するが、この標本規模では本質的に新しいものを生まない。ペア分析を追認しつつ、ペア売買推論では得られない標準誤差を報告するにとどまる。

参考文献。

- Court, A. T. (1939). Hedonic Price Indexes with Automotive Examples. In *The Dynamics of Automobile Demand*. General Motors Corporation.
- Griliches, Z. (1961). Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change. In *The Price Statistics of the Federal Government*. National Bureau of Economic Research.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.
- Triplett, J. E. (2006). *Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes*. OECD Publishing.

相互参照：異質財 (*heterogeneous good*); 特性空間 (*characteristics space*); ヘドニック価格関数 (*hedonic price function*); 潜在価格 (*implicit price*); 潜在変数 (*latent variable*)。

付録：Prolog による形式化

以下の機械可読な補助ファイル (005-hedonic-regression.pl) は、本誌の Prolog 知識ベースにおけるこの項目の形式化である。このファイルは本文とともに、閲覧可能な Prolog ガレーとしても発行される。

```
%% 005-hedonic-regression.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Article 005
```

```

%% Title: Hedonic Regression
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: hedonic_regression
%% Version: 0.1.0-draft

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====

:- use_module('../tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(hedonic_regression, "Hedonic Regression", econometric_method,
%      "Hedonic regression is the estimation of the hedonic price
%      function from observed transactions in a heterogeneous-goods
%      market, yielding empirical estimates of the implicit prices of
%      the characteristics that enter the model.",
%      published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(mass_appraisal, ...).
% term(automated_valuation_model, ...). % synonym: avm
% term(omitted_variable_bias, ...).
% term(multicollinearity, ...).
% term(residual, ...).
% term(ordinary_least_squares, ...).
%
% introduced_by(hedonic_regression, court_1939).
% introduced_by(hedonic_regression, griliches_1961).
% formalized_by(hedonic_regression, rosen_1974).
% depends_on(hedonic_regression, hedonic_price_function).
% depends_on(hedonic_regression, implicit_price).
% -----

:- use_terms([ hedonic_regression, hedonic_price_function, implicit_price,
               characteristics_space, heterogeneous_good, latent_variable,
               mass_appraisal, automated_valuation_model,
               omitted_variable_bias, multicollinearity, residual,
               ordinary_least_squares,
               sales_comparison_approach, paired_sales_analysis, adjustment ]).
:- use_relations([related/2, depends_on/2,
                  introduced_by/2, formalized_by/2]).

% =====
% ARTICLE SUBJECT
% =====

article_concept(hedonic_regression).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.005').

% =====
% LOCAL VOCABULARY
% =====

local_term(specification).
local_term(coefficient).
local_term(standard_error).
local_term(p_value).

```

```

local_term(r_squared).
local_term(adjusted_r_squared).
local_term(residual_standard_error).
local_term(degrees_of_freedom).
local_term(f_statistic).
local_term(significance_level).
local_term(diagnostic).

% =====
% THE EMPIRICAL BRIDGE
% =====
%
% Hedonic regression is the bridge from theoretical  $p(z)$  to a sample of
% observed  $(z_i, p_i)$  pairs.

setup_of_regression(
    each_transaction_supplies_pair("(z_i, p_i): characteristics vector and sale price
    ↪"),
    sample_from("the unobserved hedonic price function"),
    fits("a functional form to that sample, estimating parameters")).

% =====
% THREE MODELING CHOICES (per the article)
% =====

modeling_choice(which_characteristics,
    "Determines the dimensions of the estimated function. Omission causes
    ↪ omitted_variable_bias.").
modeling_choice(functional_form,
    "Constrains what shape the estimated function can take. Linear, log-linear,
    ↪ polynomial, basis-expanded, semiparametric, ML.").
modeling_choice(estimator,
    "OLS, GLS, robust, quantile, spatial, penalized. Determines optimization criterion
    ↪ and inference assumptions.").

% =====
% PRACTICE CONTEXTS WHERE REGRESSION IS THE ENGINE
% =====

regression_engine_context(mass_appraisal,
    "Assessor revaluation of 100,000 parcels annually.").
regression_engine_context(automated_valuation_model,
    "Zillow/Redfin/lender AVMs; tree ensembles are conceptually hedonic estimators.").
regression_engine_context(single_property_appraisal,
    "Regression coefficients support adjustments more defensibly than appraiser
    ↪ intuition.").

% =====
% DEFENSIBILITY PROFILE: REGRESSION vs PAIRED-SALES
% =====

advantage_over_paired_sales(uses_all_data,
    "Regression uses all available sales rather than two at a time.").
advantage_over_paired_sales(simultaneous_control,
    "Isolates one characteristic while controlling for many others.").
advantage_over_paired_sales(quantified_uncertainty,
    "Produces standard errors quantifying uncertainty in each implicit price.").

tradeoff(functional_form_constraint,

```

```

    "Regression imposes a form that may not match the true price function.").
tradeoff(data_requirement,
    "Requires more observations than paired-sales analysis.").
tradeoff(sample_specification_sensitivity,
    "Results can be sensitive to the choice of sample and specification.").

% =====
% RECURRING DEFENSIBILITY QUESTIONS
% =====

defensibility_question(sample_appropriateness,
    "The regression estimates the function for the sample's market segment and time
    ↪ period; mismatch is a defensibility failure regardless of statistical fit.").
defensibility_question(specification_appropriateness,
    "Linear is a strong assumption; diagnostics, residual plots, and alternative
    ↪ specifications belong in the defensible workflow.").
defensibility_question(standard_error_interpretation,
    "Standard errors capture sampling variability under the assumed specification, NOT
    ↪ misspecification, omitted-variable bias, or sample selection.").
defensibility_question(triangulation,
    "Regression coefficients should be consistent with paired-sales, cost components,
    ↪ and local appraiser opinion; isolated coefficients are an invitation to
    ↪ investigate.").

% =====
% WORKED EXAMPLE: lm(price ~ gla + lot + view + cond)
% =====

:- consult('../..kb/pacifica_comps').

% The fitted model.
fit_call("lm(formula = price ~ gla + lot + view + cond, data = comps)").
fit_estimator(ordinary_least_squares).
fit_software(r_lm).

% Fitted coefficients, with standard errors and significance from
% the R output reproduced in the article.
fitted_coefficient(intercept, 80777.07, 164509.35, 0.491, 0.6571, ' ').
fitted_coefficient(gla, 574.93, 109.76, 5.238, 0.0135, '*').
fitted_coefficient(lot, 22.70, 10.38, 2.187, 0.1165, ' ').
fitted_coefficient(view, 86179.03, 31342.97, 2.750, 0.0708, '.').
fitted_coefficient(cond, 49824.33, 27761.27, 1.795, 0.1706, ' ').

% Diagnostics from the R output.
residual_summary(min, -17995).
residual_summary(q1, -8243).
residual_summary(median, -5433).
residual_summary(q3, -1409).
residual_summary(max, 46455).

model_summary(residual_standard_error, 30481).
model_summary(degrees_of_freedom, 3).
model_summary(r_squared, 0.9707).
model_summary(adjusted_r_squared, 0.9317).
model_summary(f_statistic, 24.86).
model_summary(model_p_value, 0.01231).

% =====
% INTERPRETIVE CAVEATS FROM THE ARTICLE

```

```
% =====
caveat(tiny_sample,
    "n=8, four predictors, three residual df. Standard errors are correspondingly wide
    ↪; lot/view/cond fail to reach the 0.05 threshold despite economic plausibility.
    ↪Small-sample artifact.").

caveat(structural_multicollinearity,
    "Adj R^2 = 0.93 with model p = 0.012 indicates strong joint fit; weak individual
    ↪significance is a textbook multicollinearity signature. Here GLA, lot, and
    ↪condition covary in the sample.").

caveat(comp_h_residual,
    "Comp H's residual is +$46,455; the other seven fall within +/- $18,000. The model
    ↪systematically under-predicts Comp H by ~3x the next-largest residual. NOT noise.
    ↪Signal of an unobserved characteristic.").

% =====
% RELATING TO PAIRED-SALES (entry 004)
% =====
%
% The regression's implicit prices ARE the values used in entry 004's
% paired-sales decomposition of A vs B. The regression generalizes that
% logic to all 8 comps simultaneously while reporting standard errors
% that paired-sales reasoning cannot produce.

confirms_paired_sales_from(entry_004,
    "A vs B differential of $127,039 from view and lot alone — coefficients are the
    ↪same; regression confirms the paired analysis while adding standard errors.").

% =====
% RESIDUAL OF COMP H POINTS FORWARD TO ENTRY 006
% =====

points_forward_to(latent_variable,
    "Comp H's anomalous +$46,455 residual is the signal that an unobserved
    ↪characteristic is contributing to price. Entry 006 takes up the question.").

% =====
% PREDICTED PRICES FROM THE FITTED MODEL
% =====
%
% Computes predicted price from the fitted coefficients. The residual
% for each comp is sale_price - predicted_price.

predicted_price(P, Predicted) :-
    coord(P, gla_sqft, GLA),
    coord(P, lot_sqft, Lot),
    coord(P, view, View),
    coord(P, cond_numeric, Cond),
    fitted_coefficient(intercept, B0, _, _, _, _),
    fitted_coefficient(gla, Bg, _, _, _, _),
    fitted_coefficient(lot, Bl, _, _, _, _),
    fitted_coefficient(view, Bv, _, _, _, _),
    fitted_coefficient(cond, Bc, _, _, _, _),
    Predicted is B0 + Bg * GLA + Bl * Lot + Bv * View + Bc * Cond.

residual_of(P, R) :-
    sale_price(P, Observed),
```

```
predicted_price(P, Predicted),
R is Observed - Predicted.

coord(P, A, N) :-
    attribute_value(P, A, V),
    ( number(V) -> N = V
    ; A == view, V == yes -> N = 1
    ; A == view, V == no -> N = 0
    ; V = N
    ).

% =====
% CROSS-REFERENCES
% =====

cross_reference(heterogeneous_good).
cross_reference(characteristics_space).
cross_reference(hedonic_price_function).
cross_reference(implicit_price).
cross_reference(latent_variable).
```

潜在変数

(日本語版)

基礎概念 (Foundations) • The Valuation Engineer

Bert Craytor • 2026年 8月 3日

版 1.0.0

DOI: [10.67330/11n3g168](https://doi.org/10.67330/11n3g168)

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。正本は英語版である。

形式的定義。 潜在変数 (latent variable) とは、観測される結果に影響を与える未観測の属性であり、その値を直接測定することはできず、観測可能な変数への効果から推論しなければならない変数である。

直観的な理解。 先行する五つの項目は、特性ベクトル $\mathbf{z}$ をあたかも完全に測定できるかのように扱ってきた。GLA、敷地、眺望、状態などがすべてデータの列として手に入る、という前提である。しかし実際には、完全な特性ベクトルなど存在しない。ある属性は測定が困難であるためにデータに含まれず (内装仕上げの質、動線の流れ、微視的な立地と方位)、ある属性は標準的なデータ供給に存在しないためにデータに含まれず (MLS の記録は採光の質、遮音性能、最近の無許可の改良を捉えない)、また、ある属性はまだ関連性が認識されていないためにデータに含まれない (分析を経て初めて価格を予測すると判明する近隣水準の特徴)。

このように観測されていないが関連のある属性が潜在変数である。それらは存在し、価格に影響を与えるが、我々の回帰の列には現れない。測定されていないからといって、その効果が消えるわけではない。効果はモデルの残差に蓄積し、含まれている変数の視点からは「雑音」として現れるが、背後にあるデータ生成過程の視点からは、実は構造をもった信号である。

潜在変数は、理想化されたヘドニックの枠組みと、雑然とした鑑定評価データの現実とを架橋するものである。それを明示的に認めることは、モデルの不確実性、残差の構造、そして観測可能な特性が説明しうる範囲の限界について誠実に推論するための前提条件である。

鑑定評価者が出会う場面。 鑑定評価者は、繰り返し現れる三つの文脈で潜在変数に出会う。

品質と状態の調整。 鑑定評価の範疇としての「品質」と「状態」は、それ自体が多次元の潜在的構成概念を単一の順序尺度へ圧縮しようとする試みである。UAD 3.6 における C3 の状態等級は、不動産の繰り延べられた維持修繕、仕上げの摩耗、機械設備の経年、そして外観の印象 — 四つから十に及ぶ背後の属性 — を一つの数値に要約することを意図している。単一の数値による要約は潜在的構成概念の代理変数であり、その代理変数が個々の事案において背後の真実をどれほどよく捉えているかについての判断は、鑑定評価者の技量に属する。

比較表において説明されない残差。 調整済みの三つの比較事例が価値を指し示しながら、予想以上に食い違うとき、その不一致は情報を含んでいる。それがすべて標本の雑音であることは稀であり、多くの場合、鑑定評価者がまだ特定も調整もしていない属性を反映している。その残差的な食い違いを調べること — 「なぜこの比較事例は他よりも \$50,000 高い値を指し示すのか」 — は、鑑定評価者が非公式に行う潜在変数の推論である。

誰にも見えない最近の改良。 ある不動産は、キッチンの改装、屋根の葺き替え、あるいは許可を得た ADU の増築を経ていながら、それがまだ MLS や課税評価のデータに反映されていないことがある。鑑定評価者の視点からは、その改良は現地では観測できるがデータには存在しない。回帰の視点からは、その改良は潜在的である。鑑定評価者は現地での観察とデータに基づく指示値とを調整しなければならず、両者はその潜在属性の真の寄与へ収斂すべきである。

防御可能性にとってなぜ重要か。 潜在変数は、項目 005 の加法的線形モデルが直接には扱っていないいくつかの防御可能性上の論点をもたらす。

欠落変数バイアス。潜在変数が観測変数と相関している場合、その効果は観測変数の係数へ漏れ出す。最近売却されたパシフィカの住宅がキッチンに改装している傾向があり（潜在属性）、住宅売買の契約日がデータに含まれているならば、売却からの経過期間（すなわち `sale_age`、「売却後経過日数」）の係数は、キッチン改装の効果の一部を吸収することになる。`sale_age` の推定された潜在価格としての寄与は偏りを帯びる — それは `sale_age` に加えて、測定されていないキッチン改装の状態の一部を反映するからである。防御可能な鑑定評価は、観測変数の係数がモデルから欠けているものに条件づけられていることを認める。

残差の解釈。標準的な回帰理論は、残差を平均ゼロのガウス雑音として扱う。潜在変数の視点は、残差を雑音と信号の混合として扱う。一部は標本変動であり、一部は未観測の属性の累積的な効果である。どちらがどちらであるかを見分けることは、方法論上の実質的な課題である。立地、売却日、担当鑑定評価者、その他いかなる観測可能な変数とも相関する残差は、対応する潜在変数を部分的に復元しうることを示唆する。

モデル選択。観測変数をさらに加えることは欠落変数バイアスに対する自明な処方であるが、最も重要な潜在変数は、しばしばモデルへ追加することが最も難しいもの（状態の細粒度、最近の改良の品質、近隣の微視的效果）である。防御可能な対応は、モデルが決してそれらを捉えないと認め、変数を無理に押し込むのではなく、説明されない分散を残差へ配分することである場合もある。

鑑定評価実務の例題。項目 005 の回帰は、比較事例 H について異例の残差を生んだ。他の七つの残差が $\pm \$18,000$ の帯に収まったのに対し、モデルは比較事例 H の価格を \$46,455 だけ過小に予測した。比較事例 H の観測された特性 — GLA 1,600、敷地 7,300、眺望なし、状態は「良好」 — は、それを標本のまさに中央に位置づける。観測可能なプロファイルのうち、異常に高い価格を予告するものは何もない。それにもかかわらず、その不動産はモデルが示す額より \$46,455 高く売れた。

自然な仮説は、比較事例 H が価格に寄与しながらデータには現れない潜在属性をもつ、というものである。本号のためのデータセットの構築において、まさにそれが事実である。比較事例 H は最近キッチンの改装を経ており、それが束の価値におよそ \$60,000 を加えている。この改装は回帰の変数一覧になかったため、その寄与は係数ではなく残差に蓄積した。推定された残差 (\$46,455) が真の潜在的寄与 (\$60,000) よりやや小さいのは、回帰が潜在効果のわずかな部分を他の係数へ分散させ、相関する次元でそれらを上方に偏らせるからである。

ここから三つの実務的な帰結が導かれる。

外れ値としての残差を誤差ではなく証拠として扱うこと。比較事例 H の残差に対する最初の適切な対応は、それを外れ値として除外することではなく、その不動産の何が過小予測を説明するのかを調べることである。この場合、現地調査または建築許可記録の検索が改装を明らかにするであろう。モデルの失敗には診断上の価値がある。

他の係数もわずかに偏っていることを認識すること。眺望、状態、敷地の係数は、比較事例 H の観測された特性との相関を通じて改装効果のごく一部を吸収している。 $n = 8$ においてそのバイアスは小さく、比較事例と共変量が増えればさらに縮小するが、ゼロではない。

残差は全体として復元可能な構造を担っている。これが、著者が展開した残差制約アプローチ (Residual Constraint Approach, RCA) 方法論の実質的な主張である (Craytor, 2025)。住宅の鑑定評価データにおいて、残差は体系的に iid のガウス雑音ではない。残差は未観測の属性 — 状態の細粒度、品質の細粒度、機能的効用、その他の潜在的構成概念 — による構造化された寄与を反映しており、残差そのものを捨て去るのではなく、モデル化すべき潜在変数の信号として扱うことによって部分的に復元しうる。

RCA が状態と品質を扱う方法は、この二層構造を実行可能なものにする。鑑定評価者の順序等級 — 上で論じた粗粒度の代理変数であり、状態-1 (状態・粗粒度) および品質-1 (品質・粗粒度) と表しうるもの — は、それ自体を潜在変数として扱っても差し支えないほど粗いが、それでも回帰変数として投入し、おおよその潜在価格としての寄与を得ることができる。次いでプロ

トコルは、そうして推定された寄与分を、取引事例比較表の回帰分析部分における測定された属性の外へ移して残差へ戻し、そこからそれを細粒度の潜在変数である状態-2（状態・細粒度）および品質-2（品質・細粒度）へ再配分し、MLS の公開備考欄のような追加的証拠に照らして精緻化する。粗粒度の等級は初期の価値配分を与え、細粒度の潜在変数が復元可能な構造を担う。最終的には、細粒度の価値寄与が粗粒度の価値寄与を置き換える。

ここに示した単一の比較事例による例示は、RCA の直観の最も単純な事例である。データがより多く、モデル化がより豊かになれば、残差の中の構造は識別可能な潜在因子へと分割することができ、各因子は標準的なヘドニクの定式化が到達しえない仕方でも束の市場価格に寄与する。潜在変数は制御して取り除くべき厄介物ではない。それは防御可能な評価モデリングの次の最前線である。

参考文献.

- Spearman, C. (1904). "General Intelligence," Objectively Determined and Measured. *American Journal of Psychology*, 15(2), 201–292.
- Bollen, K. A. (2002). Latent Variables in Psychology and the Social Sciences. *Annual Review of Psychology*, 53, 605–634.
- Craytor, B. (2025). Residual Constraint Approach: Framework & Protocol. Zenodo. [doi:10.5281/zenodo.14787917](https://doi.org/10.5281/zenodo.14787917)

相互参照： 特性空間 (*characteristics space*) ; ヘドニク価格関数 (*hedonic price function*) ; 潜在価格 (*implicit price*) ; ヘドニク回帰 (*hedonic regression*) .

付録：Prolog による形式化

以下の機械可読な付属ファイル (006-latent-variable.pl) は、本誌の Prolog 知識ベースにおける本項目の形式化である。このファイルは本文とともに閲覧可能な Prolog ゲラとしても公開される。

```
%% 006-latent-variable.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 1, Article 006
%% Title: Latent Variable
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: latent_variable
%% Version: 0.1.0-draft

% =====
% DICTIONARY IMPORT
% =====

:- use_module('../tools/dictionary/dictionary').
:- dictionary_release('dictionary-2026.1').

% --- From the dictionary (loaded via :- use_module above) -----
% term(latent_variable, "Latent Variable", measurement_theory,
% "A latent variable is an unobserved attribute that influences
% observed outcomes, whose value must be inferred from its
% effects on observable variables rather than measured directly.",
% published, 'dictionary-2026.1').
%
% term(residual, ...).
% term(omitted_variable_bias, ...).
% term(proxy_variable, ...).
% term(residual_constraint_approach, ...). % synonym: rca
```

```

%
% introduced_by(latent_variable, spearman_1904).
% formalized_by(latent_variable, bollen_2002).
% introduced_by(residual_constraint_approach, craytor_2025).
% depends_on(latent_variable, characteristics_space).
% -----

:- use_terms([ latent_variable, residual, omitted_variable_bias,
               proxy_variable, residual_constraint_approach,
               characteristics_space, hedonic_price_function,
               implicit_price, hedonic_regression ]).
:- use_relations([related/2, depends_on/2,
                  introduced_by/2, formalized_by/2]).

% =====
% ARTICLE SUBJECT
% =====

article_concept(latent_variable).
article_issue(volume(1), number(1), year(2026)).
article_id('foundations.2026.006').

% =====
% LOCAL VOCABULARY
% =====

local_term(unobserved).
local_term(noise).
local_term(signal).
local_term(structured_signal).
local_term(uad_3_6).
local_term(c3_condition_rating).
local_term(mls).
local_term(permit_records).
local_term(neighborhood_micro_effect).

% =====
% THE CENTRAL CLAIM
% =====

claim(latent_variables_accumulate_in_residuals,
      "Unobserved-but-relevant attributes do not vanish when omitted from the model;
      ↪ their effects accumulate in the residual, appearing as noise from the model's
      ↪ perspective but as structured signal from the data-generating process's
      ↪ perspective.").

claim(residuals_are_mixture,
      "Standard regression theory treats residuals as iid Gaussian noise; the latent-
      ↪ variable view treats them as a mixture of sampling noise AND signal from
      ↪ unobserved attributes.").

% =====
% THREE CONTEXTS WHERE APPRAISERS ENCOUNTER LATENT VARIABLES
% =====

appraiser_encounter(quality_and_condition_proxies,
                    "UAD 3.6 'C3 condition' is a single ordinal scale collapsing a multi-dimensional
                    ↪ construct (deferred maintenance, finish wear, mechanical-systems age, presentation
                    ↪). The rating is a proxy_variable for a latent construct.").

```

```

appraiser_encounter(unexplained_grid_disagreement,
    "When three adjusted comps disagree by more than expected, the disagreement is
    ↪ rarely all sampling noise; usually reflects an attribute not yet identified or
    ↪ adjusted for.").

appraiser_encounter(unobserved_recent_improvement,
    "A recent remodel, roof replacement, or permitted ADU buildout may be observable
    ↪ in person but not in MLS/assessor data — observable to the appraiser but latent
    ↪ to the regression.").

% =====
% DEFENSIBILITY ISSUES
% =====

defensibility_issue(omitted_variable_bias,
    "If a latent variable is correlated with an observed variable, its effect leaks
    ↪ into the observed variable's coefficient. Observed-variable coefficients are
    ↪ conditional on what is missing from the model.").

defensibility_issue(residual_interpretation,
    "Treat residuals as a mixture, not pure noise. A residual that correlates with
    ↪ location, sale date, appraiser identity, or any other observable suggests the
    ↪ latent variable can be partially recovered.").

defensibility_issue(model_selection_limits,
    "The latent variables that matter most are often hardest to add (condition fine-
    ↪ grain, quality, micro-locational effects). Sometimes the defensible response is to
    ↪ allocate the unexplained variance to the residual rather than force-fit
    ↪ additional variables.").

% =====
% WORKED EXAMPLE: COMP H'S ANOMALOUS RESIDUAL
% =====

:- consult('../..kb/pacifica_comps').

% Comp H's regression residual from entry 005.
comp_h_residual_dollars(46455).

% The latent attribute revealed by investigation.
comp_h_latent_attribute(kitchen_remodel).
comp_h_latent_attribute_value_estimate(60000).

% Why the estimated residual is smaller than the latent attribute's
% true contribution: regression spreads small portions of the latent
% effect across correlated coefficients, biasing them upward.
residual_smaller_than_truth_explanation(
    "Regression spreads small portions of the latent effect across the other
    ↪ coefficients via correlations, biasing them slightly upward in correlated
    ↪ dimensions.").

% =====
% THREE OPERATIONAL CONSEQUENCES
% =====

operational_consequence(outlier_residual_is_evidence,
    "The first response to Comp H's residual is to investigate, not to drop. An in-
    ↪ person inspection or permit search reveals the remodel; the model's failure has

```

```

    ↪ diagnostic value.")).

operational_consequence(other_coefficients_slightly_biased,
    "View, condition, and lot coefficients absorbed small fractions of the remodel
    ↪ effect via correlations with Comp H's observed characteristics. Bias is small at n
    ↪ =8 but not zero.")).

operational_consequence(residuals_carry_recoverable_structure,
    "Residuals in residential appraisal data are systematically not iid Gaussian. They
    ↪ reflect structured contributions of unobserved attributes that can be partially
    ↪ recovered: this is the Residual Constraint Approach intuition.")).

% =====
% CONNECTION TO RESIDUAL CONSTRAINT APPROACH (RCA)
% =====
%
% The single-comp illustration here is the simplest case of the RCA
% intuition. With richer modeling, residual structure is partitioned
% into recognizable latent factors.

framework_reference(residual_constraint_approach, craytor_2025).

rca_intuition(
    "Treat the residual itself as a latent-variable signal to be modeled rather than
    ↪ discarded. Latent variables are not a nuisance to be controlled away; they are the
    ↪ next frontier of defensible valuation modeling.")).

rca_factor_examples(
    [condition_fine_grain, quality_fine_grain, functional_utility]).

% Two-level condition/quality structure (RCA protocol; mirrors the prose).
rating_levels(condition, condition_coarse_grain, condition_fine_grain).
rating_levels(quality, quality_coarse_grain, quality_fine_grain).

coarse_to_fine_grain_protocol(
    "Regress on the appraiser's coarse-grain C1-C6/Q1-Q6 ratings to obtain approximate
    ↪ value contributions; move those contributions out of the measured attributes back
    ↪ into the residual; reassign them to the fine-grain latent variables and refine
    ↪ against MLS public remarks. In the end, the fine-grain value contribution replaces
    ↪ the coarse-grain value contribution.")).

% =====
% INFERENCE RULE: anomalous-residual detection
% =====
%
% A property's residual is "anomalous" if its magnitude exceeds the
% typical residual band reported in entry 005 (+/- $18,000 for the other
% seven comps). Useful for flagging properties whose hedonic prediction
% suggests a latent attribute warrants investigation.

typical_residual_band(18000).

anomalous_residual(P, R) :-
    comp_h_residual_dollars(R0), % stand-in: this entry references the
                                % residual computed in entry 005; future
                                % integration would pull from there.
    P == comp_h,
    R = R0.

```

```
% =====  
% CROSS-REFERENCES  
% =====  
  
cross_reference(characteristics_space).  
cross_reference(hedonic_price_function).  
cross_reference(implicit_price).  
cross_reference(hedonic_regression).
```

近時の裁判例

最近の裁判例——米国

最近の裁判例 • *The Valuation Engineer*

William Bert Craytor • 第 1 巻第 1 号 • 2026 年夏 • (日本語版)

DOI: 10.67330/fz34f711

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

管轄別の判例要旨

California (カリフォルニア州)

The Retail Property Trust v. Orange County Assessment Appeals Board No. 1. California Court of Appeal (カリフォルニア州控訴裁判所)、2026 年 4 月判決。

控訴裁判所は、COVID-19 パンデミック期間中に発せられた政府命令が課した立入り制限について、California Revenue and Taxation Code section 170 (カリフォルニア州歳入税法第 170 条) に基づく財産税 (property tax) の課税評価額の減額を受けられるかを審理した。原告であるショッピングセンターは、パンデミック期間中の立入り制限が第 170 条にいう不動産に対する「損害」 (damage) に当たるから、課税評価額の減額を受ける資格があると主張した。

鑑定評価者への示唆。第 170 条にいう「損害」についての本判決の解釈は、公衆衛生上の命令であれ、インフラ事業であれ、その他立入りに影響を及ぼす政府の行為であれ、外部要因による不動産の効用の減少を理由とする今後の減額請求のあり方を左右することになる。立入り制限が商業用不動産の価値に及ぼす影響について意見を求められた鑑定評価者は、効用の制限が——物理的な毀損とは区別されるものとして——課税評価額の減額との関係で補償の対象となる損害に当たるかについての裁判所の論理を検討すべきである。

Colorado (コロラド州)

Cheroutes v. Rocket Mortgage & Solidifi. U.S. District Court, D. Colorado (米国コロラド州連邦地方裁判所)。係属中、2026 年に進行状況の更新あり。

本件の訴状は、2021 年に Denver (デンバー) 所在の 2 世帯住宅について行われた鑑定評価に関し、Fair Housing Act (公正住宅法) に違反する鑑定評価バイアス (appraisal bias) があったと主張する。当該不動産は約 \$640,000 と評価されたが、これは前年の鑑定評価額を \$220,000 以上下回る金額である。先に連邦裁判官は、被告らによる訴え却下の申立て (motion to dismiss) を退け、貸付機関および鑑定評価管理会社 (AMC) は独立の受託鑑定評価者 (fee appraiser) の行為について責任を負わないという理屈で責任を否認することは許されず、Rocket Mortgage および鑑定評価管理会社 Solidifi は当該主張について防御しなければならないと判示した。本件は 2026 年に証拠開示手続 (discovery) の段階にある。

鑑定評価者への示唆。本件は、受託鑑定評価者の行為について鑑定評価管理会社および貸付機関が Fair Housing Act に基づく責任を負うかを検証する、現時点で最も主要な事件である。裁判所が最終的に本案において鑑定評価管理会社と貸付機関の責任を認めるならば、鑑定評価に起因する公正住宅上の請求にさらされる当事者の範囲は大きく広がり、鑑定評価管理会社と鑑定評価者との間の業務委託契約にも波及する可能性が高い。

Florida（フロリダ州）

住宅ローン借入人に課される AMC 手数料を争うフロリダ州のクラスアクション。 2026 年 1 月 2 日提訴。

本件訴状は、鑑定評価管理会社が住宅ローンの借入人に課する手数料を争い、受託鑑定評価者に支払われる報酬と決済時に借入人に課される金額との間の上乗せ額が連邦法の定める限度を超え、かつその開示も不十分であると主張する。本件は、Dodd-Frank（ドッド・フランク法）の「慣行的かつ合理的な」報酬要件（12 U.S.C. § 1639e）と、Truth in Lending Act（貸付真実法）および Real Estate Settlement Procedures Act（不動産決済手続法）に基づく消費者向け開示制度とが交錯する地点に位置する。

鑑定評価者への示唆。本訴訟は鑑定評価管理会社の報酬構造を検証するものであり、クラスとして認定され本案について判断が示された場合には、業界全体の開示実務を組み替えうる。その帰結は、鑑定評価管理会社が支払う額と借入人に課される額との差額を司法審査にさらすことにより、鑑定評価管理会社を通じて業務を行う受託鑑定評価者の報酬決定環境に間接的な影響を及ぼしうる。

Georgia（ジョージア州）

Green Rock 保全地役権事件群。 United States Tax Court（米国租税裁判所）、*Tax Notes*2026 年 3 月 2 日号で論評された各判決。

租税裁判所は、ジョージア州 Piedmont（ピードモント）地域の隣接する画地（Green Rock Property および Green Rock South）に設定された保全地役権（conservation easement）を評価するにあたり、最有効使用（highest and best use）テストの各要件を順に検討した。申立人側の専門家は、地役権設定前の当該不動産の最有効使用は花崗岩採石場の操業であると主張し、割引キャッシュフロー分析を用いて、地役権設定前の公正市場価値（fair market value）を約 \$13.75 million、地役権設定後の価値を \$180,000 と推定した。

裁判所はテストの各要件について留保を示した。法的許容性については、採石作業を許容する用途地域指定の変更（rezoning）が合理的に見込まれるとは認めず、とりわけ Green Rock Property についての用途地域区分の変更が、新たな保全地役権の鑑定評価が依頼された直後に取得されていた点を指摘した——裁判所はこの時間的順序を信用し難いとした。物理的可能性については、裁判所は、Piedmont 地域に採掘可能な花崗岩が一般に存在することが知られているにもかかわらず、申立人の地質学的証拠は Harman Road 画地において採算の見込める採石場を開発しうることを立証するには不十分であると判断した。裁判所はさらに、法的許容性と物理的可能性が認められると仮定しても、分析の残りの要件が充足されない限り、それだけでは決定的とはならないと判示した。

鑑定評価者への示唆。本判決は、4 要件からなる最有効使用テストを規律ある形で順次適用した実例である。これは、*Ranch Springs, LLC v. Commissioner*, 164 T.C. No. 6 (2025) および *Beaverdam Creek Holdings, LLC v. Commissioner*, T.C. Memo. 2025-53 において確立された立場——提案された用途の一般的な実現可能性が周辺地域について文書で裏づけられている場合であっても、租税裁判所は投機的な最有効使用の主張を受け入れないという立場——を補強するものである。地役権の鑑定評価を作成する鑑定評価者は、地域単位の、あるいは類推によって支えられた実現可能性に依拠するのではなく、各要件について当該画地に固有の証拠を用意すべきであり、また、鑑定評価の依頼と同時期に取得された用途地域の変更のような時間的パターンは司法の懐疑を招きうるため、とりわけ慎重であるべきである。

Maryland（メリーランド州）

Baltimore 市による Pimlico Race Course（ピムリコ競馬場）の取得。 取用手段、2025–2026 年係属中。

Baltimore 市が取用権（*eminent domain*）により Pimlico Race Course を取得した事案は、特殊用途施設における継続事業価値（*going-concern value*）と不動産の価値との関係について、正当な補償（*just compensation*）をめぐる問題を提起する。Pimlico の営業はその物的施設と機能的に分離することができないため、通常の不動産についての取引事例比較分析は有用性が限られ、収益還元法による評価は競馬営業が継続するとの仮定に大きく依存する。

鑑定評価者への示唆。競馬場、映画撮影所、テーマパーク、マリナー、および一部の医療施設や宿泊施設のように、営業と不動産とが機能的に分離できない単一目的施設の評価を依頼される鑑定評価者にとって、本手続は注視に値する。訴訟手続から導かれる方法論は、今後の取用事件において正当な補償の算定が継続事業価値の増分をどのように扱うかに影響を及ぼす可能性が高い。

鑑定評価者に対する連邦公正住宅法上の請求

Braxton v. Bank of America. 2026 年 4 月提訴。

ある住宅所有者が、Bank of America（バンク・オブ・アメリカ）および Virginia（バージニア州）に所在する鑑定評価者を相手取り、Fair Housing Act（公正住宅法）に違反する人種差別があったと主張して提訴した。原告は、鑑定評価の現場に自身と賃借人らが居合わせており、鑑定評価者の行動が人種的敵意を示していたと主張する。本件は、Maryland 連邦地方裁判所の *Connolly/Mott v. loanDepot* 事件やカリフォルニア州 Marin County（マリナー郡）の *Austin v. Miller* 事件をはじめとする先行の鑑定評価バイアス訴訟が形づくってきた類型、すなわち個人原告が鑑定評価者、鑑定評価管理会社および貸付機関を相手取って Fair Housing Act 上の請求を行うという類型を引き継ぐものである。

鑑定評価者への示唆。個々の鑑定評価者を相手取る鑑定評価バイアス事件の提訴が続いていることに加え、差別的影響（*disparate impact*）法理の執行における連邦レベルの後退が重なり、責任リスクの地形が変化したことがうかがわれる。すなわち、鑑定評価バイアス責任の主たる源泉は、いまや連邦機関ではなく、私人である原告および州レベルの公正住宅執行機関である。鑑定評価者は、取引事例の選択、補正額の導出、および最終的な評価額の調整が事後の審査に対して独立に防御可能であることを確保するため、文書化の実務を点検すべきであり、また、現地調査の場での発言や行動それ自体が原告の主張の事実的基礎となる場合が少なくないことを認識すべきである。

最近の裁判例 — 欧州連合

最近の裁判例 • *The Valuation Engineer*

William Bert Craytor • 第 1 巻第 1 号 • 2026 年夏

DOI: 10.67330/rlynly02

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

範囲と出典

本概観は、可能な限り公開された一次資料に依拠している — とりわけ欧州連合司法裁判所の公式判例データベース (curia.europa.eu)、欧州人権裁判所の HUDOC、連邦財政裁判所 (Bundesfinanzhof) の公刊裁判例 (bundesfinanzhof.de)、ドイツ連邦憲法裁判所 (bverfg.de)、フランス判例については Légifrance、および英国の Upper Tribunal (Lands Chamber) — ならびに専門誌および学術誌における二次的論評である。各国語による裁判例は原文で読み、英語で記述した。事件名は原綴りおよび発音区別符号をそのまま保持する。

有料購読制の法情報データベース (juris.de、beck-online、Westlaw UK、Lamy、Aranzadi) は使用していない。最高裁判所より下級の国内裁判所の裁判例は選択的に取り上げており、先例的または方法論的な重要性が明らかなものを優先した。本稿に掲げる判例引用は、実務またはさらなる公表において依拠する前に、当該裁判所の公式判例集と照合して確認されるべきである。

本基準回は、Germany (ドイツ)、France (フランス)、United Kingdom (英国) を主要な国別法域として扱う。Italy (イタリア)、Spain (スペイン)、Netherlands (オランダ) および北欧諸国は今回では個別に取り上げていないが、資料が蓄積され次第、以降の四半期回に追加される。Switzerland (スイス) は欧州連合の域外にあるが、スイスの評価基準が欧州の実務全般に及ぼす方法論的影響が大きいため、今後の回で取り上げる予定である。

欧州の規制環境

欧州連合レベルにおける二つの規制動向は、それ自体は裁判例ではないものの、鑑定評価者の業務環境に実質的な影響を及ぼす。

EU AI Act と自動評価モデル。 Regulation (EU) 2024/1689 (EU AI Act、欧州連合人工知能規則) は 2024 年に発効し、高リスク AI システムに適用される規定は 2026 年 8 月までに段階的に施行される。2026 年 5 月 19 日、欧州委員会は高リスク AI システムの分類に関する指針草案を利害関係者の意見聴取のために公表した。AI Act 附属書 III は、自然人に関する信用力評価を、高リスクと推定される八つの利用事例類型の一つとして掲げており、委員会の指針草案はこの類型を詳細に展開している。抵当貸付の実行、抵当貸付ポートフォリオの監視、および保険引受に用いられる自動評価モデル (AVM) は、当該貸付の信用力評価と機能的に分離しえないため、欧州連合内の信用機関または保険者が運用する AVM は、大半の構成において高リスク AI システムに分類されることになる。遵守に伴う帰結には、義務的なリスク管理システム、データガバナンス統制、最低 6 か月のログ保存を伴う自動ログ記録、運用者がシステムの決定を理解し覆すことを可能にする人的監督の仕組み、および市販後モニタリングの義務が含まれる。

鑑定評価者への含意。欧州の鑑定評価者は、貸手である顧客が運用する AVM 支援の業務フローについて、文書化および説明可能性の要件が大幅に強化されることを予期すべきである。鑑定評

価者がモデルの入力値、較正データ、または AVM 出力に対する人的監督としての検証を提供する場合、それらの活動自体が、貸手の高リスク AI 遵守態勢を構成する要素となる。

建物エネルギー性能指令（改正）。 Directive (EU) 2024/1275、すなわち改正建物エネルギー性能指令（Energy Performance of Buildings Directive, EPBD）は、2024 年 5 月 8 日に官報に掲載され、2024 年 5 月 28 日に発効した。加盟国の国内法化期限は 2026 年 5 月 29 日である。改正 EPBD は、他の規定のなかでも、加盟国に対し、非住宅建物ストックのうち性能の最も低い 16 パーセントおよび住宅ストックのうち性能の最も低い 43 パーセントの改修を優先することを求め、最低エネルギー性能基準（MEPS）を設定し、2028 年から新築の公共建築物に、2030 年からすべての新築建築物にゼロエミッション建築物であることを要求し、さらに 2030 年から新築建築物についてライフサイクル全体の炭素評価を義務づける。

鑑定評価者への含意。改正 EPBD は、複数の経路を通じて不動産の評価に影響を及ぼす。最低エネルギー性能の閾値は規制遵守に起因する新たな種類の陳腐化を生じさせ、エネルギー性能証明書（EPC）の等級は住宅ストックと商業ストックの双方において価格を左右する重要な要因となり、遵守のための改修費用は原価法および残存経済的耐用年数の控除に反映されなければならない。鑑定評価者はまた、Mortgage Credit Directive（住宅ローン信用指令）の適用を受ける貸手が、担保評価において EPC 等級および MEPS に関連する資本的支出の要件を明示的に扱うことをますます求めるようになることを予期すべきである。

今後の回に向けた覚書

本基準回に続く四半期ごとの回は、変動に焦点を当てる。すなわち、新たな裁判例、ここで確認した係属中の事案の処理（とりわけドイツ連邦憲法裁判所による 1 BvR 472/26 の処理）、および改正 EPBD を国内法に転換する加盟国の実施立法である。スイスの法制度、イタリアおよびスペインの最高裁判例の取扱い、ならびにフランスの *Conseil constitutionnel*（憲法院）に関する動向は、資料が蓄積され次第追加される。

法域別の判例要約

Court of Justice of the European Union（欧州連合司法裁判所）

GR Real (Case C-351/23). Court of Justice of the European Union（欧州連合司法裁判所）、2025 年 6 月 24 日判決。

司法裁判所は、スロバキアの裁判所からの先決付託について判断した。本件は、潜在的に不公正な契約条項を争う訴訟がなお係属している状態で、消費者が競売により家族の住居を失った裁判外の抵当権実行手続に由来する。裁判所は、Directive 93/13/EEC（不公正契約条項指令）に基づく消費者保護の保障は、抵当に供された住居が裁判外の実行手続によって売却される前に、契約条項の公正性に関する実効的な司法審査が可能となるよう国内の手続規範が定められることを要求するものであり、当該審査が完了する前に売却が不可逆的に進行することを認める手続は同指令と両立しない、と判示した。

鑑定評価者への含意。本判決は直接に評価を扱う事件ではないが、抵当担保の評価が委嘱され使用される手続的環境を組み替えるものである。裁判外の実行手続を有する複数の加盟国（とりわけ Slovakia（スロバキア）、Czech Republic（チェコ）、Hungary（ハンガリー）およびバルト三国）において、実際上の効果は、実行競売の手続を遅らせ、貸手の担保評価が依拠される期間を延ばすことにある。これらの法域において実行を目的とする担保評価を作成する鑑定評価者は、

評価報告書が従前よりも長い期間にわたり使用されうること、および当初の価格時点と最終的な売却との間の市場変動に照らして検証されうることを予期すべきである。

European Court of Human Rights (欧州人権裁判所)

Baku (バクー) の建物取壊し事件 (Azerbaijan、アゼルバイジャン)、2025 年 7 月判決。
European Court of Human Rights (欧州人権裁判所)、第 1 追加議定書第 1 条。

欧州人権裁判所は、当局が地震の危険を援用して命じた Baku 所在の建物の取壊しおよび収用に関連して、財産の平穏な享有の権利の侵害を認定した。ストラスブールの裁判所は、国内当局が補償を決定するにあたり、申立人らが提出した評価報告書を排斥する十分な理由を示さず、裁判所自らが委嘱した鑑定意見の金額のみを正当な根拠なく採用したと判断した。裁判所は、財産的損害につき合計 €75,000、非財産的損害につき €3,000、訴訟費用につき €1,055 の支払を命じた。

鑑定評価者への含意。本判決は、収用手続において国内裁判所が対立する評価証拠に理由を付した検討を加えなければならない、また申立人の評価報告書を排斥して裁判所委嘱の鑑定意見を採用すること自体にも理由が示されなければならないとする第 1 追加議定書第 1 条の判例の流れを補強する。収用および正当補償の領域で業務を行う欧州の鑑定評価者にとって、本件は、評価報告書の文書上の防御可能性 — 取引事例の選択、補正の導出、および試算価格の調整を支える明示的な論拠 — が、当該報告書が国家に対する請求を裏づけるために提出される場合には、それ自体が基本権の問題となることを浮き彫りにする。

France (フランス)

Cour de cassation, Chambre commerciale, 19 June 2024, n° 22-24.169. (フランス破毀院商事部。2025 年に至るまで専門的論評において取り上げられている。)

破毀院は、相続税上の *valeur vénale* (ヴァルール・ヴェナル、市場価値) をめぐる争訟の文脈において、課税原因事実 (被相続人 *de cujus* の死亡) の後に行われた相続不動産の売買は、相続人が当初申告した *valeur vénale* を下方に修正するために用いることはできず、これは事後の売買価格が著しく低く、かつ当該売買が死亡後数か月以内に行われた場合であっても同様であると判示した。本判決は、相続税上の *valeur vénale* が課税原因事実の時点を基準として決定され、同一不動産の事後の取引を参照して修正されることはないという原則を適用したものである。

鑑定評価者への含意。本判決は、フランスの相続税実務における厳格な価格時点の規律を確認し、価値に関する遡及的な証拠としての事後売買の関連性を制限する。フランスの相続税評価を作成する鑑定評価者は、価格時点またはそれ以前の取引に基づく網羅的な取引事例証拠を整えるべきであり、対象不動産自体の事後売買を裏づけ証拠として提示すべきではない。同じ論理は、贈与税 (*droits de donation*、ドロワ・ド・ドナシオン) および富裕税 (*IFI*) の領域にも及ぶ可能性が高い。

Cour de cassation, 3^e Chambre civile, 8 January 2026, n° 23-22.803. 和解的 (非司法的) 鑑定報告書。

破毀院第三民事部は、フランスの民事手続における和解的 (非司法的) 鑑定報告書の法的価値を再定義する判断を示した。本判決は、調停および和解による紛争解決を民事手続の原則とした 2025 年 7 月 18 日の *décret* (デクレ、政令) による、より広範な手続改革に続くものである。裁判所は、一方当事者の契約上の委嘱によって作成された和解的鑑定報告書であっても、対審の原則および鑑定人の独立性と方法論に対する裁判所の評価に服することを条件として、証拠として採用され、証明力を認められうることを明らかにした。

鑑定評価者への含意。本判決は、裁判所選任の司法鑑定人 (*experts judiciaires*、エクスペール・ジュディシエール) の枠組みの外で作成された *expertises immobilières* (エクスペルティーズ・イモビリエール、不動産の鑑定) の証拠法上の地位を、報告書が専門職の方法論上の基準を遵守し、かつ鑑定人の独立性が文書によって裏づけられることを条件として強化する。相続、離婚または商事の紛争において争われる評価に従事するフランスの鑑定評価者にとって、本判決は、依頼者の委嘱による報告書が後続の訴訟において引用され依拠されるための、より強固な基盤を作り出す。それだけに、独立性 (依頼者との従属関係、経済的な利害関係または親族関係の不存在) を文書化し、専門職基準の定める方法を適用することに格別の注意を払うことが、相応に重要となる。

Germany (ドイツ)

Bundesfinanzhof, 2025 年 11 月 12 日判決 (II R 25/24, II R 31/24, II R 3/25)。Grundsteuer Bundesmodell (グルントシュトイアー連邦モデル) 三部作 — 改正財産税評価制度の合憲性。
ドイツ連邦財政裁判所 (*Bundesfinanzhof*, BFH) 第二部は、三件の並行する上告手続において、2025 年 1 月 1 日から施行された改正財産税 (*Grundsteuer*、グルントシュトイアー) の目的上、ドイツの 11 の州において住宅用不動産の評価に適用されるいわゆる *Bundesmodell* (連邦モデル) のもとでの収益還元による評価方法 (*Ertragswertverfahren*、エルトラークスヴェルトフェアファレン) に関する規定が合憲であると判示した。原告らは、North Rhine-Westphalia (ノルトライン・ヴェストファーレン)、Saxony (ザクセン) および Berlin (ベルリン) の集合住宅所有者であり、画一的な評価規定が一般的平等原則 (基本法第 3 条第 1 項) に違反し、体系的に不正確な価額を生じさせることを理由として、自らに対する課税評価を争った。

BFH は、立法者が概念的に市場価値志向に従う (*konzeptionell einer Verkehrswertorientierung folgt*) 評価制度を創設したのであり、それは評価対象の全体にわたって平均的に、通常取引価値 (*gemeiner Wert*、ゲマイナー・ヴェルト) の帯域内において「客観的に現実的な不動産価額」に近似するよう設計されていると判示した。裁判所は、立法者が、評価制度の目的と当該制度に必然的に伴う不均衡とを較量するにあたって自らに許された裁量の範囲を超えていないこと、および自動化された定期的な更新を通じて新たな「評価の滞留」を回避することに大きな比重を置いたことが憲法上許容されることを認めた。BFH はまた、納税者が、2024 年 5 月 27 日付の従前の BFH の *Beschlüsse* (ベシュリュッセ、決定) (II B 78/23 および II B 79/23) によって確立されたところに従い、§ 198 BewG (評価法第 198 条) に基づく適格な鑑定評価を通じてより低い通常取引価値 (*gemeiner Wert*) を立証する選択肢を保持することを強調したが、その低い価額は、公的に選任された不動産の鑑定評価者が承認された評価方法を適用して作成した鑑定評価報告書によって裏づけられなければならないという制限を伴う。

Bund der Steuerzahler Deutschland (ドイツ納税者連盟) および *Haus & Grund Deutschland* (ドイツ住宅・土地所有者協会) が支援する憲法異議 (*Verfassungsbeschwerde*、フェアファッスングスベシュヴェルデ) が、現在、事件番号 1 BvR 472/26 として連邦憲法裁判所 (*Bundesverfassungsgericht*) に係属している。

鑑定評価者への含意。本三部作は、本概観の対象期間におけるドイツの不動産評価に関する最も重要な判例である。鑑定評価者にとっての主たる実務上の帰結は、*Bundesmodell* のもとで算定された *Grundsteuerwert* (グルントシュトイアーヴェルト、財産税評価額) が対象不動産の実際の市場価値を上回ると見られる事案において、§ 198 BewG による「より低い価額」の鑑定評価 (*Verkehrswertgutachten zum Nachweis des niedrigeren gemeinen Werts*) に対する需要が高まることである。BFH がこの経路を明示的に是認する一方で *Bundesmodell* 自体には一般に敬讓を示した結果、鑑定評価報告書は、体系的な過大評価から個々の納税者を救済する実効的な仕組みとなった。鑑定評価者は、そのような報告書の受託が持続的に増加することを予期し、ImmoWertV

2021（不動産評価令 2021）の方法論および § 198 BewG の要件への適合を確保すべきである。BVerfG に係属中の憲法異議（1 BvR 472/26）は、この枠組みにさらなる変更が生じるかを見極めるうえで重要であり注視を要するものであって、次の四半期回の主要な主題となることが見込まれる。

Bundesfinanzhof, 2025 年 10 月 7 日判決, IX R 26/24. 土地と建物との間の売買代金の配分（*Kaufpreisaufteilung*、カウフプライスアウフタイルング）。 住宅用の賃貸不動産の減価償却（*Absetzung für Abnutzung*, AfA）の基礎価額が問題となった所得税事件において、連邦財政裁判所第九部は、契約上の売買代金を、減価償却の対象とならない土地部分（*Grund und Boden*）と減価償却の対象となる建物部分（*Gebäude*）とに配分する方法論を扱った。原告らは、対象不動産の具体的な所在地について基礎となる資料が信頼しうる形で文書化されていないことを理由として、原審が *Bodenrichtwerte*（ボーデンリヒトヴェルテ、公示される標準的な土地の価額）に依拠したことを争った。

鑑定評価者への含意。本判決は、売買代金の配分について ImmoWertV が承認された評価原則の淵源であることを確認する BFH の判例の流れ（とりわけ上記の 2025 年 11 月 12 日 BFH II R 25/24、およびそれ以前の 2022 年 9 月 20 日 BFH IX R 12/21）を継承するものである。本件はまた、*Bodenrichtwerte* の基礎となる資料の重要性を示している。すなわち、*Gutachterausschüsse*（グータハターアウスシュッセ、鑑定評価委員会）が具体的な所在地について十分な取引事例の資料を有していない場合、*Bodenrichtwert* は資料の質を理由として争われうる。売買代金の配分または減価償却の基礎価額に関する意見を作成する鑑定評価者にとって、これは、*Bodenrichtwert* の資料基盤 — その基礎となる *Kaufpreissammlung*（カウフプライスザムルング、売買価格の集積資料）を含む — を文書化することが、防御可能な分析の一部となることを意味する。

United Kingdom（英国）

***Mehrunnisa Alikhan Ahmed Khan v Wolverhampton City Council*. Upper Tribunal (Lands Chamber)（上級審判所土地部）、2025 年。**

Upper Tribunal (Lands Chamber) は、強制買収に対する補償を算定するための適正な価格時点が、一般帰属宣言（*general vesting declaration*, GVD）に基づいて不動産が取得機関に帰属する日であることを確認した。審判所は、同時代の評価と遡及的な評価との関係にも触れた。本件では、GVD の直後に地方当局が行った当初の評価は £150,000 であったのに対し、所有者の通知から 3 か月後を帰属日と仮定して審判手続中の 2025 年に作成された第二の評価は £120,000 であった。審判所は、法律上の価格時点を確認したにもかかわらず、GVD がされた日より時間的に近接して算定された金額を採用し、その結果、申立人に対してより高額の支払がされることとなった。

鑑定評価者への含意。本判決は、強制買収の領域で業務を行う英国の鑑定評価者にとって方法論的に示唆に富む。法律上の価格時点は帰属日であるものの、同一の法律上の価格時点について数年後に作成された遡及的な評価よりも同時代の評価を審判所が選好したことは、同時代の市場証拠が、帰属日それ自体においては形式的には採用しえないものであったとしても、実際上の比重を有することを示している。鑑定評価者は、GVD に近接して作成された評価報告書が一次的な記録として機能しうるよう、十分な裏づけ証拠とともに文書化されることを確保すべきであり、後の審判手続が遡及的な再構成よりも同時代の報告書に優先して依拠しうることを予期すべきである。

最近の裁判例 — ラテンアメリカ

(日本語版)

最近の裁判例 • *The Valuation Engineer*

William Bert Craytor • 第 1 巻第 1 号 • 2026 年夏

DOI: 10.67330/ywghzg47

日本語訳。人工知能の支援により翻訳し、編集部が校閲した。英語版が正本である。

範囲と出典

本概観は、入手可能な場合には公開された一次資料に依拠している—とりわけ米州人権裁判所 (Inter-American Court of Human Rights) の判例データベース (corteidh.or.cr)、ブラジル連邦最高裁判所 (Supremo Tribunal Federal、STF) および上級司法裁判所 (Superior Tribunal de Justiça、STJ) のポータル (portal.stf.jus.br、stj.jus.br)、メキシコの *Semanario Judicial de la Federación* (セマナリオ・フディシアル・デ・ラ・フェデラシオン、連邦司法週報、sjfsemanal.scjn.gob.mx)、アルゼンチンの *Corte Suprema de Justicia de la Nación* (国家最高裁判所、csjn.gov.ar)、チリの *Poder Judicial* (司法府) ポータル (poderjudicial.cl) および *Diario Constitucional*、ならびにコロンビアの *Corte Constitucional* (憲法裁判所、corteconstitucional.gov.co) である—さらに、専門誌および学術誌における二次的な論評も参照した。スペイン語およびポルトガル語による判決は原文で読み、英語で叙述した。事件名は原綴りおよび発音区別符号をそのまま維持する。

購読契約を要する法情報データベース (vLex、La Ley、Thomson Reuters Proview Latin America) は使用していない。最高裁判所より下級の国内裁判所の判決は選択的に扱い、先例的または方法論的な重要性が明白な判決を優先した。本稿に掲げる判例の引用は、実務上または更なる公表のために依拠するに先立ち、当該裁判所の公式判例集と照合して確認すべきである。

この基準となる回では、Argentina (アルゼンチン)、Brazil (ブラジル)、Chile (チリ)、Colombia (コロンビア)、Mexico (メキシコ) を主要な国別管轄として扱う。Peru (ペルー)、Venezuela (ベネズエラ)、Ecuador (エクアドル)、Bolivia (ボリビア)、Paraguay (パラグアイ)、Uruguay (ウルグアイ) および中米・カリブ海の各管轄は本回では個別に扱わないが、資料の蓄積に応じて以後の四半期ごとの回で追加する予定である。ベネズエラの財産返還および対キューバ制裁に関連する評価業務については、その方法論上の特異性と国境を越える実務との関連性に鑑み、今後の回で扱うこととする。

地域的文脈

欧州連合の概観とは異なり、このラテンアメリカの概観には、EU AI Act および改正建築物エネルギー性能指令が体现するような超国家的規制の層に直接対応するものが存在しない。ラテンアメリカにおける不動産の鑑定評価規制は圧倒的に国家単位であり、主要な超国家的影響は、米州人権条約第 21 条 (財産権) に関する米州人権裁判所の基本権法理と、財務報告の目的で域内の大半の管轄が採用した国際財務報告基準 (とりわけ IFRS 第 13 号「公正価値測定」) である。もっとも、二つの方法論的主題が域内の判例全体を貫いており、ここで言及するに値する。

先住民の共同体財産の評価。 ラテンアメリカの鑑定評価実務において最も特徴的な方法論上の課題は、返還、収用および補償の文脈における先住民およびアフリカ系子孫の共同体財産の評価

である。米州人権裁判所の判例は、先住民の共同体財産が個人の私有財産と同一の地位において憲法上保護される旨を一貫して判示してきたが、そのような財産をいかなる方法で評価するか—通常は独立当事者間の比較可能な取引が存在せず、財産が共同で保有されて譲渡不能であり、当該領域の文化的・精神的意義がその価値に不可分に結びついている状況において—は、なお十分に発展していない。2025 年末の時点で、先住民に有利な米州人権裁判所の判決 24 件が未履行または部分的履行にとどまっており、その複数は、未解決の評価方法論に左右される補償額の算定を含んでいる。

収用補償におけるインフレーション、通貨および物価連動。 域内のいくつかの管轄、とりわけアルゼンチンでは、評価方法論および補償額の算定が、高いインフレーション、外貨建ての *tasaciones* (タサシオネス、鑑定評価) および複雑な物価連動制度に対応することを要する。アルゼンチン最高裁判所は、当初外貨で表示された収用補償を人為的な等価レートで自国通貨に換算することは許されず、評価は補償の時点における当該不動産の実質的な経済価値を反映しなければならない旨を判示している。同様の問題は、ベネズエラにおいて (財産返還および制裁関連の評価との関連で)、またブラジルにおいても高インフレーション期には周期的に生ずる。域内の複数の管轄にまたがって業務を行う鑑定評価者にとって、こうしたインフレーションおよび通貨の考慮は、欧州にも合衆国にも対応物のない仕方では評価方法論と不可分に結びついている。

次回以降の回に向けた覚書

この基準回に続く四半期ごとの回では、変動に焦点を当てる。すなわち、米州人権裁判所の新たな判決、本稿で指摘した係属中の事案の処理、2027 年の運用開始に向けたコロンビアの *Jurisdicción Agraria y Rural* (フリスディクション・アグラリア・イ・ルラル、農地・農村管轄) の実施の進展、そして IFRS 第 13 号の公正価値測定実務に関する各国の動向である。ペルー、ベネズエラ、エクアドルおよび中米の各管轄は、資料の蓄積に応じて追加する。とりわけ先住民の共同体財産の評価に関する方法論の発展に注目する。この領域では、米州人権裁判所の実体的判示が、鑑定評価者および補償当局が利用しうる実務的な評価方法論を先行してしまっているからである。

管轄別の判例要旨

Inter-American Court of Human Rights (米州人権裁判所)

Maya Q'eqchi' Agua Caliente vs. Guatemala および *Comunidad Garífuna de San Juan y sus Miembros vs. Honduras*。Inter-American Court of Human Rights (米州人権裁判所)、2024 年判決。2025 年までの域内判例において論じられている。

米州人権裁判所は、同時期の二つの判決において、先住民およびアフリカ系子孫の共同体に帰属する祖先伝来の領域について、その境界を画定し、権原を付与し、その剥奪を防止すべき Guatemala (グアテマラ) および Honduras (ホンジュラス) の義務につき判断した。Maya Q'eqchi' Agua Caliente 共同体は、45 年に及ぶ行政上および司法上の手続を経てようやく自らの領域に対する確定的な財産権原を取得した。ホンジュラスの San Juan の Garífuna 共同体は、祖先伝来の沿岸地の剥奪が継続する状況に置かれていた。いずれの判決も、先住民の共同体財産を承認し、境界を画定し、保護すべき米州人権条約第 21 条 (財産権) 上の国家の義務を扱ったものである。域内の論者は、これらの判決における米州人権裁判所の返還の枠組みが従前の判決よりもいくぶん制限的であり、とりわけ先住民の権利主張を知らないまま重複する権利を取得した「善意の第三者」(*terceros inocentes*、テルセロス・イノセンテス) の取扱いにおいてそうであると指摘している。

鑑定評価者への示唆。これらの判決は、先住民およびアフリカ系子孫の共同体財産が米州体系の全体を通じて憲法上保護されること、および返還または補償の文脈におけるそのような財産の評価が、方法論上の補完なしに通常の独立当事者間の比較可能な取引事例（通常は存在しない）に依拠することはできないことを再確認するものである。先住民の財産返還の文脈で委嘱を受ける鑑定評価者は、評価が三つの別個の要素を統合しなければならないことを予期すべきである。すなわち、当該地域における物理的特性の比較可能な土地の基礎となる市場価値、先住民による利用に帰せられる機会費用および改良、そして米州人権裁判所の判例が財産権の補償されうる一側面として扱う、当該領域の非経済的な文化的・精神的意義である。第三の要素に関する方法論はなお十分に発展しておらず、米州人権裁判所の論証における継続的な主題となっている。

Mapuche / Consejo de Todas las Tierras vs. Chile. Inter-American Court of Human Rights (米州人権裁判所)、2024 年判決 (2025 年の判例において論じられている)。

米州人権裁判所は、Consejo de Todas las Tierras (コンセホ・デ・トダス・ラス・ティエラス、全土地評議会) による領域回復運動 (1989–1992 年) との関連において、および先住民の領域に関する主張に対する反テロリズム法の適用との関連において、Mapuche (マプチェ) 民族の構成員 135 名に対する人権侵害を理由にチリ国家を断罪した。本判決は *Norín Catrimán and others vs. Chile* (2014 年) の法理を拡張し、領域に関する主張との関連における先住民の自決権を明示的に承認するものである。

鑑定評価者への示唆。本件の主要な判示は、評価方法論そのものよりも刑事手続上の保障に関わるものであるが、領域と結びついた先住民の自決権の承認は、チリの先住民領域の返還およびこれに関連する文脈における評価業務に影響を及ぼす手続的な層を生じさせる。そのような文脈で委嘱を受ける鑑定評価者は、方法論が適切な協議の過程を組み込み、自らの領域の価値がいかに性格づけられるかについての共同体の自決権を尊重するものとなるようにすべきである。

Argentina (アルゼンチン)

Tribunal de Tasaciones de la Nación に関するアルゼンチンの法理。 2025 年までの判例により定着している。

アルゼンチン国家最高裁判所 (Corte Suprema de Justicia de la Nación, CSJN) および下級の連邦裁判所は、収用および *expropiación inversa* (エクスプロピアション・インベルサ。所有者の側から提起される収用手続) の事案において Tribunal de Tasaciones de la Nación (トリブナル・デ・タサシオネス・デ・ラ・ナシオン、国家鑑定評価審判所、TTN) が行った評価をめぐる法理を発展させ続けてきた。確立した CSJN の法理 (Fallos 313:82。2024–2025 年まで繰り返し適用されている) は、TTN の評価が、当該審判所の構成員の技術的能力、その評価が拠って立つ証拠的基礎、および実務の統一性を理由として推定的な重みを有し、TTN の評価から離れるには明白な誤りまたは遺漏の立証を要するとする。2024–2025 年にこの法理を適用した連邦裁判所—*Sosa v. Entidad Binacional Yacyretá* (2024 年 6 月。Yacyretá [ヤシレタ] 水力発電貯水池に由来する *expropiación inversa* 事件) における Juzgado Federal de Oberá (オベラ連邦裁判所) を含む—は、補償の実効的な基準点として TTN の評価に依拠し続けている。

鑑定評価者への示唆。アルゼンチンの鑑定評価者にとっての実務上の帰結は、TTN の評価に反対して提出される私的な鑑定評価報告書が相当の立証責任を負うということである。TTN の評価を排斥しまたは修正するためには、私的な報告書は、単に代替的な評価結論を示すのではなく、TTN の作業における方法論上の誤りまたは遺漏を立証しなければならない。そのような報告書を作成する鑑定評価者は、価格差の大きさのみを争うのではなく、TTN による取引事例の選定、補正率の導出、および地域市場の状況の取扱いに方法論的批判を集中すべきである。

外貨建ての *tasaciones* と補償の等価性。当初外貨で表示された収用補償をアルゼンチン・ペソに人為的な 1 対 1 の等価で換算することは許されないとする CSJN の法理は、2025 年に至るまで有効に維持されている。この法理は、インフレーションまたは通貨政策のゆえに補償の時点における当該不動産の実質的な経済価値を反映しない補償から、収用された所有者を保護するものである。この原則は、長期にわたる収用手続との関連で 2024–2025 年にも周期的に再確認されている。

鑑定評価者への示唆。相当なインフレーションまたは通貨政策の変更を伴う期間にまたがる収用事案の評価を作成するアルゼンチンの鑑定評価者は、評価の通貨基準を明示的に文書化し、価格時点と将来の支払予定時点との間に適用すべき物価連動の方法論を検討すべきである。インフレーションおよび通貨リスクを扱わない報告書は、CSJN の補償法理を適用する裁判所を説得しがたいであろう。

Brazil (ブラジル)

Supremo Tribunal Federal, RE 922.144 (一般的波及効 Tema 865)。 Supremo Tribunal Federal (ブラジル連邦最高裁判所、STF)、2024 年判決。2025 年も適用が継続している。

STF は、*desapropriação* (デザプロプリアサン、収用) 手続における補償が、連邦憲法第 100 条が定める連邦の *precatório* (プレカトーリオ、確定判決に基づく国庫債務の支払命令) 制度と憲法上両立する旨を判示した。具体的には、公共機関が *imissão provisória na posse* (イミサン・プロヴィゾーリア・ナ・ポッセ、暫定的な占有移転) のために当初供託した価額と、司法鑑定によって最終的に確定された価額との差額は、即時の補充供託としてではなく *precatório* 制度を通じて支払われなければならない。本判決は、*justa, prévia e em dinheiro* (正当かつ事前の、金銭による) 補償という憲法上の命令 (第 5 条第 24 号) と、*precatório* 制度の秩序ある支払要件とを衡量したものである。

鑑定評価者への示唆。本判決は、収用機関のために活動する鑑定評価者が作成する当初供託額の評価に直接の実務的帰結をもたらす。当初供託における過小評価分は後に *precatório* 制度を通じて (相当の遅延を伴いうる形で) 支払われることになるため、原告側には当初評価が過小であると争う構造的な誘因がある。当初供託額の評価を作成する鑑定評価者は、当初供託額と最終的な司法判断との間の差額が STF の判例および Decreto-Lei 3.365/1941 (法律命令第 3.365/1941 号) の枠組みの下で補償利息 (*juros compensatórios*、ジュロス・コンペンサトórios) の対象となることを見越して、その後の司法鑑定に対して評価を防御できるよう、方法論をとりわけ慎重に文書化すべきである。

Superior Tribunal de Justiça, REsp 2.129.162 (反復争点 Tema)。 Superior Tribunal de Justiça (ブラジル上級司法裁判所、STJ)、2025 年 5 月判決。

STJ は、収用機関が *desapropriação* の訴えを取り下げた場合の弁護士報酬に関する反復的争点を解決した。同裁判所は、取下げ事案における報酬が、*Código de Processo Civil* (コーディゴ・ジ・プロセスソ・シヴィル、民事訴訟法典) の一般的な手続規定ではなく、Decreto-Lei 3.365/1941 第 27 条第 1 項の枠組みに従わなければならないことを確立した。本判決は、配電線のための行政上の地役権を求めた Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais、ミナスジェライス電力公社) の訴えに由来する。

鑑定評価者への示唆。本判決は方法論ではなく手続に関するものであるが、行政上の地役権および *desapropriação* の事案における鑑定評価者の受任の構造に示唆を有する。そのような手続において鑑定人 (*peritos judiciais*、ペリトス・ジュジシアイス) として選任される鑑定評価者は、

報酬の取決めが一般的な手続規定ではなく、適用される法律命令の枠組みを参照して文書化されるようにすべきである。

Superior Tribunal de Justiça, *juros compensatórios* に関する法理。 2025 年も適用が継続している。

STJ は、*desapropriação* の事案における補償利息 (*juros compensatórios*) が、収用された不動産の権原に関する司法判断の後にはじめて *incidem* (発生する) とする法理を維持してきた。この利息は、当初供託額と最終的な補償額との差額に対し、歴史的に確立された年 12 パーセントの利率 (STF の *Súmula* 618 [スムラ第 618 号]) で適用され、最終的な補償が支払われる前に占有を先行して喪失することについて、収用された所有者を補償する機能を有する。

鑑定評価者への示唆。ブラジルの鑑定評価者は、司法鑑定において自らが認定する評価の差—公共機関の当初供託額と鑑定された市場価値との差—が、補償利息の算定の基礎となることを予期すべきである。したがってその差の経済的意義は、とりわけ手続が長期化する場合には、名目上の差が示唆するよりも大きい。

Chile (チリ)

Corte Suprema, Rol N° 31.423-2025。 Corte Suprema (チリ最高裁判所)、2025 年 9 月判決。

チリ最高裁判所は、Decree-Law N° 2.186 (法律命令第 2.186 号) 第 12 条に基づく特別収用手続において、不動産開発業者 (*inmobiliaria*、インモビリアリア) が国庫 (*Fisco de Chile*、フィスコ・デ・チレ) を相手方として提起した破棄上告を棄却した。原告は、専門家委員会 (*Comisión de Peritos*、コミシオン・デ・ペリトス) が定めた評価額が当該不動産の最有効使用 (*mayor y mejor uso*、マヨル・イ・メホル・ウソ) および既存の建築物ならびに付帯工作物の価値を反映していないと主張し、さらに、将来の賃料収入を生じさせたはずの既存の賃貸借契約を理由として逸失利益 (*lucro cesante*、ルクロ・セサンテ) の補償を求めていた。同裁判所は、原告の主張が、評価を規律する法規範の真の侵害ではなく原審の証拠評価に対する不同意にとどまること、および専門家委員会の証拠を書証および人証と併せて援用した原審の論証が十分に基礎づけられていることを判示した。

鑑定評価者への示唆。本判決は、収用手続における専門家委員会の評価に対してチリ最高裁判所の法理が相当の敬讓を与えること、および方法論上の不同意のみを理由とする評価結論の破棄審査の範囲が限られていることを示している。チリの収用事案において対抗評価を作成する鑑定評価者は、代替的な評価の論証よりも委員会の作業における立証可能な方法論上の誤りに焦点を当てておくべきであり、既存の賃貸借関係に基づく *lucro cesante* の主張が相当の立証要件に直面することを認識すべきである。

Corte Suprema (Coquimbo (コキンボ) 収用事件)。 Corte Suprema (チリ最高裁判所)、2025 年 7 月 17 日判決。

チリ最高裁判所は、Coquimbo の収用事案において補償額を (私的な鑑定評価者の報告書に基づき) UF 2,969.75 に引き上げた控訴審の判断を、(*Conservador de Bienes Raíces* [コンセルバドル・デ・ビエネス・ライセス、不動産登記所] の登記された売買に基づく) 国家側の主張額 UF 2,349.07 に対して是認した。同裁判所は、控訴審が、人証および近隣不動産に関する追加の鑑定評価報告書と併せて考慮したうえで私的な鑑定評価者の報告書に依拠したことは *sana crítica* (サナ・クリティカ、合理的な証拠評価) の許された行使であり、破棄審査はそのような証拠評価を改めて争うことにまでは及ばないと強調した。

鑑定評価者への示唆。Coquimbo 判決は Rol N° 31.423-2025 の対をなすものである。開発業者が争う場合には委員会の評価が是認される一方で、適切な方法論上の論証と補強証拠によって支えられる場合には、私的な鑑定評価者のより高い評価もまた是認されうる。チリの鑑定評価者にとっての実務上の教訓は、私的な鑑定評価の方法論と文書上の裏づけが決定的であること、および登記された売買の証拠のみでは、追加の取引事例と文脈上の証拠を援用してよく裏づけられた私的な鑑定評価を排斥するには十分でないことである。

Tribunal Constitucional (憲法裁判所)、2025 年 10 月。 租税法典に基づく *bienes raíces* (ビエネス・ライセス、不動産) の *tasación* (タサシオン、鑑定評価)。

チリ憲法裁判所は、*impuesto territorial* (インプエスト・テリトリアル、不動産税) の目的における不動産 (*bienes raíces*) の *tasación* を規律する Código Tributario (コーディゴ・トリブタリオ、租税法典) の規定に対する違憲の主張を排斥した。反対意見の裁判官は、問題とされた規範が、執行を受ける当事者が *tasación* に異議を申し立てるための仕組みを十分に設けておらず、合理的かつ正当な手続という憲法上の保障を損なうと主張した。

鑑定評価者への示唆。本判決はチリの不動産税に関する既存の行政的 *tasación* の枠組みを維持するものであるが、反対意見の論証は、将来の憲法上または行政法上の争訟において再び問題となりうる現行の枠組みの脆弱性を指摘している。不動産税に関する紛争との関連で評価を作成するチリの鑑定評価者は、納税者の異議申立ての仕組みを改善するための行政上の改革がありうると思われるため、判決後の政策環境を注視すべきである。

Colombia (コロンビア)

Corte Constitucional, Jurisdicción Agraria y Rural の承認。 Corte Constitucional (コロンビア憲法裁判所)、2025 年決定。

コロンビア憲法裁判所は、コロンビアの司法部門の内部に農村の土地に関する専門的管轄である新たな Jurisdicción Agraria y Rural を創設する立法についての違憲審査を通過させた。同裁判所は、改革の対象、司法部門への統合、専門的裁判所および法廷の創設、ならびに予算に関する事項を定める中心的な条項を承認した。新たな管轄は 2027 年に業務を開始する予定であり、土地返還をめぐる紛争、農地の財産をめぐる紛争、および 2016 年の和平合意の実施に由来する事案を解決するよう設計されている。承認の時点において、61,000 ヘクタールを超える面積に関わる農地紛争が既存の行政および司法の制度に係属している。

鑑定評価者への示唆。新たな管轄は、コロンビアにおける土地返還手続および農村不動産の事案に由来する評価紛争の主要な裁判機関となる。返還の文脈で業務を行うコロンビアの鑑定評価者 (Unidad de Restitución de Tierras [ウニダー・デ・レステイトウシオン・デ・ティエラス、土地返還庁] および Instituto Geográfico Agustín Codazzi [インスティトゥト・ヘオグラフィコ・アグスティン・コダシ、国立地理院] のために働く者を含む) は、新たな裁判所が独自の評価判例を形成し、方法論上の基準が現在の行政主導の枠組みから変化しうることを予期すべきである。実務家は、2027 年の運用開始と新たな裁判所の初期の事件処理の展開を注視すべきである。

土地返還のための既存の IGAC に基づく評価の枠組み。 2025 年も適用が継続している。

コロンビアの土地返還実務は、返還および代替補償の文脈における補償の主要な基礎として、Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) が作成する *avalúo comercial* (アバルーオ・コメルシアル、市場価格に基づく鑑定評価) に依拠し続けており、必要な場合には Lonjas de Propiedad Raíz (ロンハス・デ・プロピエダー・ライス、不動産業協会) が作成する *avalúo* によって補完される。この枠組みは、(履行の手続的要件に関する) 憲法裁判所の 2018 年 SU-034 決定、および

(現物補償の状況における IGAC の評価と個々の受益者の選好との関係に関する) 2024 年 T-120 決定を含むその後の決定において明確化されている。

鑑定評価者への示唆。コロンビアの土地返還に携わる鑑定評価者にとって、この制度的枠組みは IGAC の評価を補償額算定の実効的な中心に据えるものであり、Lonja de Propiedad Raíz の avalúo は補完的または争訟解決の手段として機能する。今後の Jurisdicción Agraria y Rural はこの制度的構造を変更する可能性があり、IGAC の評価と Lonja の評価との相対的な重みは、新たな裁判所によって発展させられる可能性が高い争点の一つである。

Mexico (メキシコ)

Suprema Corte de Justicia de la Nación、avalúo と価格との差額に対する ISR の納税義務。 Suprema Corte de Justicia de la Nación (メキシコ最高裁判所)、2026 年初めに公表された決定。

メキシコ最高裁判所 (SCJN) の大法廷は、Ley del Impuesto sobre la Renta (レイ・デル・インプエスト・ソブレ・ラ・レンタ、所得税法、ISR) 第 125 条、第 130 条第 4 号および第 132 条を合憲と宣言した。これらの条項は、不動産の取得に係る avalúo (アバルーオ、鑑定評価額) が契約上の購入価格を 10 パーセント超えて上回る場合に、その差額を購入者の合算所得として扱い、したがって ISR の課税対象とする旨を定める。同裁判所は、市場価値を実質的に下回る価格で財産を取得することは購入者の財産に客観的な増加をもたらし、したがって課税対象となる経済的利益を適切に構成するとの論拠により、この規定が課税における比例性および衡平という憲法上の原則に違反しないと判示した。

鑑定評価者への示唆。本決定は、メキシコの不動産取引およびこれを支える鑑定評価実務に相当の実務的帰結をもたらす。corredores públicos (コレドール・プブリコス、公認仲介人) その他の認可を受けた専門家が行う avalúo は、その額が契約価格を 10 パーセント超えて上回る場合、いまや購入者にとって直接の租税上の帰結を有する。鑑定評価者は、取引に関わる avalúo の方法論に対する審査が強まること、および取引事例の基礎をとりわけ厳密に文書化した avalúo への需要が増すことを予期すべきである。本決定はまた、方法論上の選択がいまや購入者の納税義務に影響を及ぼしうる以上、代替的な評価手法のいずれを選択するかという方法論上の選択の帰結を暗黙のうちに高めるものである。

Suprema Corte de Justicia de la Nación、Amparo en revisión 391/2024。 メキシコ最高裁判所第二法廷、2025 年 6 月 25 日判決。

メキシコ最高裁判所第二法廷は、鉱区およびこれに関連する付随的権利 (一時的占有、地役権、水利権の優先、賃貸借の更新条項) の取用に関する法的枠組みに影響を及ぼす命令 (Decreto) に対して鉱業会社が提起した違憲の主張について判断した。同裁判所は、問題とされた規定が取得された権利ではなく将来の権利についての単なる期待に関わるものであるから、遡及効禁止の原則に違反しないと判示した。

鑑定評価者への示唆。本判決は、メキシコにおける鉱業権および鉱山不動産の評価にとって重要である。鉱区の延長に関する権利および関連する規定を、取得された権利ではなく「単なる期待」と性格づけた同裁判所の態度は、鉱業権益の評価およびその評価における規制リスクの査定に影響を及ぼす。メキシコにおいて鉱山不動産または関連する権利の評価を作成する鑑定評価者は、評価の規制リスクの側面を明示的に扱うべきであり、条件付きの価値や延長の可否に左右される価値を、完全に確定したものであるかのように取り扱うことを避けるべきである。