

Discussion Paper Series



**住宅市場と金融システム・経済の関係を
分析するモデルの構築及び当該モデルに
基づくマクロ・プルーデンス政策の分析**

小畑 崇弘

DP 2025-7

2025 年 10 月



金融庁金融研究センター

Financial Research Center (FSA Institute)
Financial Services Agency
Government of Japan



金融庁金融研究センターが刊行している論文等はホームページからダウンロードできます。

<https://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>

本ディスカッションペーパーの内容や意見は、全て執筆者の個人的見解であり、金融庁あるいは金融研究センターの公式見解を示すものではありません。

住宅市場と金融システム・経済の関係を分析する モデルの構築及び当該モデルに基づく マクロ・プルーデンス政策の分析

小畑 崇弘*

概 要

2024 年 3 月の日本銀行によるゼロ金利解除などを受けて、長らく低位安定推移していた国内金利に上昇傾向がみられるようになった。金利上昇が大きく影響する市場として住宅市場がある。住宅市場において、金利上昇がもたらす住宅ローン利用者への悪影響を緩和するためのマクロ・プルーデンス規制があるが、日本国内では金利の低位安定が続いたことから実証的にその効果を分析することが難しい。そこで本稿では、日本の住宅市場を対象に、エージェントベースモデル（ABM：Agent-based Model）を用いて分析モデルを構築し、金利上昇シナリオを基にしたシミュレーションを通して住宅関連の貸出に関する規制の影響・効果を分析する。具体的には、日本国内で住宅取引が特に集中している東京都の住宅市場を模したモデルを想定し、まずベースとなる住宅市場 ABM を構築したのちに可能な限り東京都の関連データに基づいてキャリブレーションを行って分析モデルを準備した。そのうえで、複数の金利上昇シナリオを基にしたシミュレーション等を実行して、実際の住宅ローン支払額増加に一定期間猶予を設ける施策等（いわゆる 5 年ルール、125%ルール）の効果を分析した。分析結果の一部からは施策の有効性が確認できたものの、分析モデルや手法には課題も残った。

キーワード：住宅市場、マクロ・プルーデンス政策の検討、エージェントベースモデル

* 大東文化大学経済学部講師（金融庁金融研究センター専門研究員）

本稿の執筆に当たっては、金融庁宮本孝男氏に有益な御意見をいただいた。

なお、本稿は、筆者の個人的な見解であり、金融庁及び金融研究センターの公式見解ではない。

1. はじめに

日本銀行による 2023 年 7 月のイールドカーブコントロールの運用柔軟化や 2024 年 3 月のゼロ金利解除などを受けて、約 20 年ぶりに国内長期金利の継続的な上昇がみられ、今後もさらなる金利上昇が見込まれる状況になっている。金利上昇が大きく影響する市場の一つに住宅市場がある。住宅関連の貸出は銀行の貸出の中で大きな比重を占め、また住宅関連の債務は家計の債務の中で大きな比重を占めていることから、金利変動が住宅市場を通して経済に与える影響は大きく、その影響を緩和する効果を期待できる各種規制の研究は重要である。

本研究ではエージェントベースモデル（Agent-Based Model, ABM）を用いて分析モデルを構築する。ABM は、自律的行動主体であるエージェントによって構成される人工的社会を構築し、エージェントが行動を通してエージェント間およびエージェントと環境間とで相互作用することによって生じる創発的現象を分析することで、単純な行動ルールに基づくエージェントの行動のボトムアップによって生じるマクロなシステムの複雑な振舞いを解明することを目指す研究手法である。ABM の特徴の一つとしてモデリングの柔軟性があり、経済モデルとの関連でいえば、エージェントの限定合理性や不均一性を容易に導入することができる。住宅市場の取引参加者の中心となる家計は収入や投資選好など多様性を有している。図 1 は家計調査による世帯分布、図 2 は国内の金融資産保有世帯を対象とした金融商品選択基準に関するアンケート結果であり、これらのデータからも家計の多様性が確認できる。また住宅市場で取引される住宅は等価なものはないと言われている。取引対象である住宅や取引参加者の多様性を保つことは重要と考えられ、その点で柔軟なモデル設定が出来る ABM は有効な分析手法と言える。

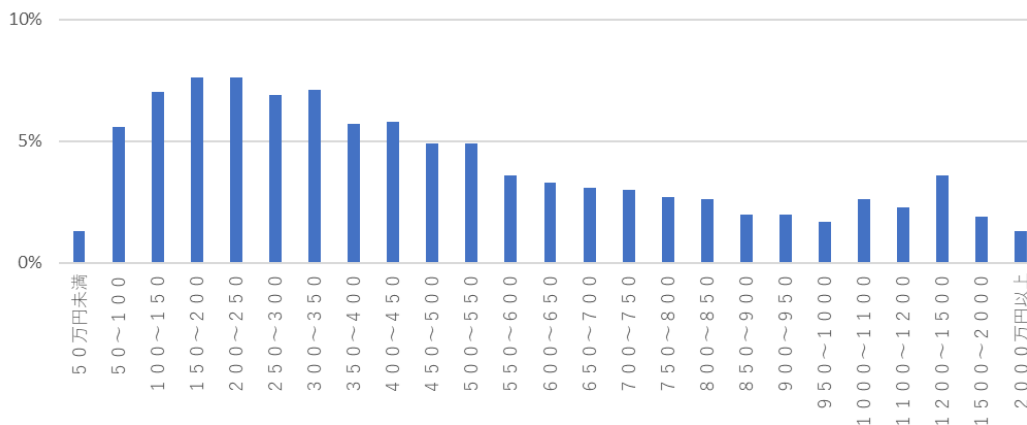


図 1 所得金額階級別にみた世帯数の相対度数分布

（資料）令和 5 年国民生活基礎調査

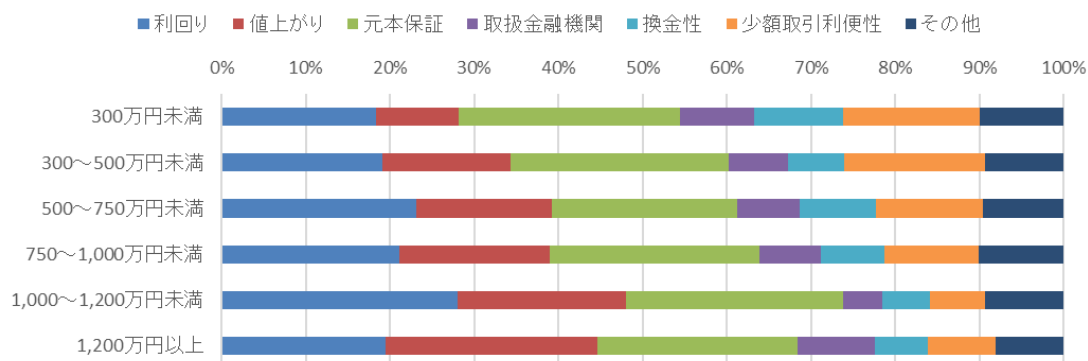


図2 金融商品の選択基準（金融資産保有世帯）

（資料）家計の金融行動に関する世論調査〔二人以上世帯調査〕（令和5年）

住宅市場分析のために構築された既存の ABM には、そのモデル構成要素の点からみて、経済の主要な主体を網羅するマクロ経済型 ABM と、住宅市場に密接に関係する主体だけをモデル構築の対象とするセクター特化型 ABM とに大まかに分類できる。前者のアプローチは経済の好不調を内生的に表現できるとともに、主体間の相互作用をより精緻に表現できるなどの利点がある反面、モデルが大型化しモデル構築や実行の難易度が高くなる傾向がある。一方、後者のアプローチは、モデル構築対象から外れる領域との相互作用は行えず、また外生的に与える必要のある要素が増える半面、分析したい内容を絞り込むためモデルを精緻化しやすい等の利点もある。本研究では、研究の端緒として、まずは相対的に規模の小さいセクター特化型 ABM を構築した。構築した住宅市場 ABM は、国内で最も住宅取引の盛んな東京都を想定したモデルとした。そのうえで構築したモデルを活用して住宅市場に関するマクロ・プルーデンス規制（特に国内住宅市場に特徴的な規制といわれる 5 年ルール、125%ルール）について分析した。分析においては、両ルールが金利上昇による影響緩和を企図したものであることを踏まえ、ベースとなるシミュレーションに加え、金利上昇シナリオを基にしたシミュレーションを実行して規制の効果を分析し、一部の分析からはこれらルールの有効性を確認した。

本稿の構成は次のとおり。第 2 章では住宅市場の分析に ABM を用いた先行研究について紹介する。第 3 章では、本稿で構築したモデルの仕組みを説明する。なお、モデルパラメータ等のモデル詳細は補論に記載したので適宜参照されたい。第 4 章では、構築したモデルによるシミュレーション実行結果の確認および構築モデルの妥当性を検証する。第 5 章では金利上昇シナリオに沿ったシミュレーション等を通して、住宅市場のマクロ・プルーデンス規制について分析する。第 6 章はまとめ、第 7 章は補論である。

2. 先行研究

本章では住宅市場分析に ABM を用いた研究の主要なものを取り上げてみていく。

Geanakoplos et al. (2012)はワシントン DC の住宅関連データや人口動態データを基にした住宅市場特化型 ABM を構築して住宅価格の変動要因を分析し、住宅価格の急変動の主要因が loan-to-value (LTV) 比率の変化にあることや LTV 比率を固定すれば住宅価格は安定した動きになることをモデルのシミュレーションを通して確認した。Axtell et al. (2014) もワシントン DC の住宅市場を対象に家計の支出や購買行動をより精緻化し、実在する家計や住戸数に対して 10 分の 1 のスケールの住宅市場 ABM を構築して、LTV 比率を抑制することで住宅価格の変動を抑えられることを確認した。Baptista et al. (2016)は英国住宅市場におけるマクロ・ブルーデンス政策の影響を分析した研究で、英国中銀のスタッフとの共同で行われた。Baptista et al. (2016)のモデルは本稿で構築したモデルの土台になっているためモデル構成に少し詳しく記載するが、当モデルは家計、銀行（住宅ローン提供者）、中央銀行の三種類のエージェントで構成され、家計はさらに賃貸居住者、初回住宅購入者、持ち家保有者、複数物件所有者（賃貸収入を得る目的で非居住用住宅を所有）の四種類に細分化される。各家計は年齢や収入、債務額などの属性をもち、その値は家計ごとに異なる。家計は住宅購入の際に銀行から住宅ローンを借り入れる。住宅ローン市場は中央銀行によるマクロ・ブルーデンス政策による規制の影響を受ける。また住宅取引メカニズムとして、複数の売り手と買い手がそれぞれ希望価格を提示し、互いの条件が合えば取引が成立するダブルオークションシステムを取り入れた。分析の結果、複数物件所有者の割合が増えると住宅価格の変動が大きくなることや、loan-to-income (LTI) 規制を導入することで住宅価格変動を抑制できることを報告した。Carro et al. (2023)は、取引市場における発注者の評価視点の細分化（持ち家購入層なら住宅品質と価格、賃貸物件購入層なら賃貸利回り等）や動的な賃貸市場の導入等によって Baptista et al. (2016)の提案モデルを改良し、LTV 規制や LTI 規制の影響を中心に分析した。

3. モデル

本章では構築した住宅市場 ABM（以降、本モデルと呼ぶ）について説明する。本モデルは東京都の住宅市場を想定してモデルパラメータの設定を行った。モデルパラメータ等の各部の詳細については補論で説明しているので適宜参照されたい。本モデルは Baptista et al. (2016)の提案したモデル、およびその改良版である Carro et al. (2023)の提案モデルを土台にしており、当該論文のモデル説明箇所も参考になる。

本モデルは i) 家計、ii) 商業銀行、iii) 中央銀行の 3 種類のエージェントが存在する。また個々の住宅は行動主体ではないものの、本稿ではエージェントとして扱う。エージェント数は家計が 5,000 体（但し、シミュレーション実行中は死亡により多少の変動がある）、商業銀行と中央銀行は 1 体ずつ、住宅は 5,628 体¹である。この中で家計が主要な行動主体であり、住宅

¹ 住宅の数は東京都令和 5 年住宅・土地統計調査の表 1 総住宅数、総世帯数、世帯人員、1 世帯当たり住宅数及び 1 世帯当たり人員を参考に設定。

の売買や賃貸を通して他の家計と相互作用する。また住宅ローンを通して商業銀行とやり取りを行う。商業銀行は住宅ローンの審査や供給、需要に応じたローン金利の増減を管理する。中央銀行は、本モデルにおいては政策金利を管理する役割しかもたない。住宅は魅力度を表す品質をもち、品質はシミュレーションを通して変化しない（すなわち、住宅の品質は経年劣化しない）。住宅数もシミュレーションを通して不変である。品質が不変の点については、参考にした先行研究のモデルで採用されている設定であり、また本モデルで想定する東京都の住宅市場では住宅価値における土地と建物の占める割合のうち土地の寄与が大きく、住宅の広さやロケーションが住宅価値の主要な構成要素であることから、本モデルにおいても品質不変の設定は妥当と判断した。

本モデルが備える取引市場としては、住宅売買市場と賃貸市場の二種類がある。二つの市場の注文処理プロセスは同様で、両市場ともダブルオークションシステムを採用している。市場参加者である各家計は住居の確保状況に応じて、持ち家、賃貸、social の3種類の居住状態の属性をもつ²。また家計の一定割合はBTL（Buy to let）属性をもつ³。social は、本モデルで焦点を当てている持ち家と賃貸という二種類の居住状態以外を表し、購入用または賃貸用の住宅を探す間の一時的かつ無償の住居である。具体的には、親との同居や住宅外での生活、その他の社会給付などが挙げられる。重要な点として、各家計が social を選択することは決してなく、他の形態の住居を確保できなかった場合に割り当てられる。BTL 属性は居住用住宅の他に賃貸用住宅を所有できるかどうかを示す。家計の居住状態や BTL 属性によって参加できる取引市場や発注可能な注文が異なる。

ここまで説明した本モデルの全体像を図3に示す。本モデルによるシミュレーション処理の流れや各エージェントおよび各取引市場の説明は次節以降で行う。なお、モデル各部の詳細については補論も合わせて参照されたい。

² 家計エージェントの持ち家と賃貸の初期設定は概ね6：4となるように設定。東京都における世帯の持ち家・賃貸比率を参考にした。

³ BTL フラグの発生確率は Carro et. At(2023)のデータおよび令和5年住宅・土地統計調査の9 現住居以外の住宅の所有状況を参考に設定。

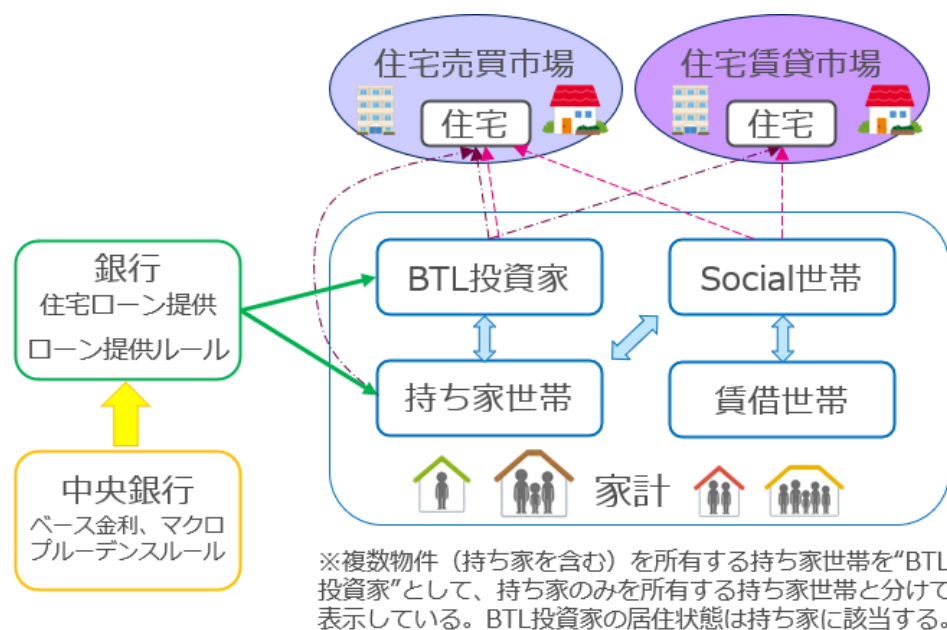


図3 本モデルの全体イメージ

3. 1 本モデルの1ステップの処理の流れ

本モデルはシミュレーション開始時にモデル設定の初期化を行い、その後は1ステップが実社会の1ヵ月という想定でステップ数を重ねていく。モデル設定の初期化では家計の年齢や住宅品質など生成する個々のエージェントの属性値割り当て等を行うが、処理内容は本章の次節以降や補論にて説明する。一ステップにおける処理の流れは、表1のように各イベントを順々に実行していく。

表 1 本モデルのシミュレーションにおける一ステップ内のイベントの流れ

発生順	イベント内容
1	家計の人口動態（demographic）更新 - 各家計について年齢を進め、死亡判定を行う。 - 死亡家計があれば、相続人にあたる新規家計を生成して相続処理を行う。
2	家計の収入・資産・支出の更新 - 生存家計ごとに賃貸収入や住宅関連支出、可処分所得、金融資産などを更新。 - 10 歳刻みの年齢変化があった場合、収入額や目標貯蓄額を更新。
3	住宅ローン返済回数・賃貸期間の更新 - 住宅ローンの残存返済回数や賃貸期間を更新。
4	家計の破綻処理 - 破綻家計を抽出して破綻処理を行う。
5	住宅ローン変動金利の見直し - 半年（6 ステップ）ごとに、変動金利型住宅ローンについて金利を見直し。 - 見直し対象は残存期間が 6 ステップ以上の変動金利型住宅ローン。
6	家計の住宅売買・賃貸判断 - 生存家計ごとに、住宅の売買・賃貸の意思決定を行い、住宅市場または賃貸市場にオーダーを発注する。
7	売買市場における注文マッチング処理 - 売買市場での注文のマッチングおよび成約処理を行う。 - 不成立注文の整理。
8	賃貸市場における注文マッチング処理 - 賃貸市場でも、住宅市場と同様に、注文のマッチングおよび成約処理を行う。 - 不成立注文の整理。
9	住宅市場関連指数の更新 - 住宅価格指数、住宅品質ごとの平均価格などを更新。
10	銀行の金利スプレッドの更新 - 住宅ローン需要に応じて銀行の住宅ローン金利スプレッドを更新。
11	各種指標の集計処理 - 家計エージェントの年齢分布や収入分布、LTV などのローン指標といった各種指標を集計。

3. 2 家計

3. 2. 1 家計の収入と支出

家計エージェントがもつ主要な属性として年齢、収入パーセンタイル、および賃貸用住居を保有できるかを表す BTL (Buy to let) フラグがある。この三つの属性は、家計エージェント

が新規に生成される場合に確率的に値が割り振られ、エージェントが死亡するまで不変である。年齢は 20 歳から 95 歳までの範囲を取り、家計エージェントが新規設定される際に実データの分布⁴に近づくように割り振られる。各家計の年齢は 1 ステップ進むごとに 1/12 歳だけ増える。収入パーセンタイルは 0 から 1 の一様分布によって値が割り振られ、年収額は 100 万円から 3,000 万円の間に 10 歳刻みの年齢階級ごとに準備した出現分布表⁵に基づいて収入パーセンタイルに応じた金額が設定される。多くの場合、年収額は 50 歳代までは増加し、60 歳代で減少に転じ、70 歳代以降は年金暮らしを想定した金額まで低下する。この設定方法から分かるように家計エージェントの年収額は 10 歳台ごとに変化する。BTL フラグは年収額が多いほど、割り振られる確率が高くなり、新規エージェント生成時に割り振られてその後は不変である。

年収額を基に賃貸収入を加味した総収入や、課税額等を控除した金額（ここでは Net income と呼ぶ）の計算は次の通り。

$$\text{総収入} = \frac{\text{年収額}}{12} + \text{各月の賃貸収入} \quad (1)$$

$$\text{Net Income} = \max \left[\left(\frac{\text{年収額}}{12} + \text{各月の賃貸収入} \right) \times (1 - \text{所得税}), \text{政府の公的収入支援} \right] \times (1 - \text{ENCFR}) \quad (2)$$

ここで所得税は一律 20%⁶、政府の公的収入支援は月額 10 万円⁷と設定している。ENCFR (Essential non-housing consumption fraction rate) は非住宅関連必須消費割合を表し 0.66⁸と設定した。

$$\text{可処分所得} = \text{Net Income} - \text{住宅コスト} \quad (3)$$

住宅コストは住宅ローン返済額、または賃貸料が該当する。

$$\text{選択的消費} = \max \left[0, \min \left\{ \text{可処分所得} + \frac{\text{貯蓄額} - \text{目標貯蓄額}}{2}, \text{可処分所得} \times 0.17 \right\} \right] \quad (4)$$

目標貯蓄額は年収額と貯蓄性向によって決まる。貯蓄性向は [0, 1] の一様分布により設定。

$$\text{当ステップの貯蓄額} = \text{前ステップでの貯蓄額} + \text{可処分所得} - \text{選択的消費} \quad (5)$$

可処分所得から選択的消費を控除した金額が各ステップでの貯蓄額になる。

貯蓄額の多寡は、住宅購入時の頭金額の設定に影響を与える。なお、当モデルの家計エージェントの消費の最終目的は貯蓄に振り向ける金額を決定することにある。

3. 2. 2 家計の意思決定

⁴ 年齢分布は“令和 2 年国勢調査 人口等基本集計の第 4 3 - 2 表、地域名：13000_東京都”を参考に設定。

⁵ 年収の出現分布表は、令和 4 年国民生活基礎調査の“所得・貯蓄の表番号 27、市部_大都市の世帯数【世帯数 1 万対】”と“2 所得票 第 0 2 6 表、世帯数、世帯主の年齢（10 歳階級）・所得金額階級別”のデータを基に設定。

⁶ 国内世帯の平均年収額約 600 万円が該当する所得税率に設定。

⁷ 国内における公的な生活保護金額は現実には月額 15 万円だが、本モデルにおける賃料設定との兼ね合いから月額 10 万円と設定。

⁸ 家計調査 家計収支編 第 2 - 4 表における世帯平均の消費支出内訳を参考に設定。

家計エージェントは居住状態に応じて住居に関する意思決定を行う。居住状態は social、賃貸、持ち家の三種類がある。

居住状態が social の家計は住居を確保するために賃貸利用か住宅購入かの意思決定を行う。意思決定の流れは次の通り、

①希望住宅購入価格 $p'_{desired}$ を計算。

$$p_{desired} = \min(\alpha y^{\beta} e^{\varepsilon}, p_{max}) \quad (6)$$

$$p'_{desired} = \min(p_{desired}, \overline{p_{Qmax}}) \quad (7)$$

ここで y は総収入、 α と β は希望住宅購入価格調整のモデルパラメータ、 ε は正規分布に従う乱数で $\varepsilon \sim N(-0.0177, 0.4104)$ 、 p_{max} は借入可能な最大金額、 $\overline{p_{Qmax}}$ は最高品質の住戸の平均売買価格を示す。

②取引対象住戸の住宅品質 Q (住宅品質は 1 から 20 の整数で表され、数値が大きいほど品質が高いことを意味する) を入手する。

③住宅品質 Q の住宅について、次の二種類の住宅コストを試算する。

$$\text{賃貸コスト} : 12r_Q(1 + \lambda) \quad (8)$$

r_Q は品質 Q の住戸の賃貸料。 λ は賃貸への選好度合いを調整するモデルパラメータ。

$$\text{所有コスト} : 12m - p'_{desired} g \quad (9)$$

m は住宅ローンの支払い 1 月分、 g は家計がもつ住宅価格上昇期待で 2 年前の住宅価格指数に対する現時点の値の変化率を基に調整を加えている。

④シグモイド関数を用いた住宅購入確率 P_{buy} を基に住宅購入か賃貸かを意思決定

$$P_{buy} = \sigma(\theta[r_Q(1 + \lambda) - (12m - p'_{desired} g)]) \quad (10)$$

$\sigma(x)$ はシグモイド関数 $\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ 、 θ は感応度調整のためのモデルパラメータ。

⑤④で決定した選択肢に応じて取引市場に注文を出す。住宅購入を選択した場合の発注価格は $p'_{desired}$ 、賃貸を選択した場合は $r_{desired}$ とする。

$$r_{desired} = \min(\mu y^{\nu}, \text{Net income}) \quad (11)$$

ν は賃貸の希望発注価格調整のためのモデルパラメータ

上記①から⑤を経て住宅購入の発注を出し、住宅取引市場で住宅売却の注文とマッチングした場合、購入価格が貯蓄額以下なら全額をキャッシュで購入し、そうでなければ住宅ローンと頭金を活用して購入する。

次に居住状態が賃貸の家計だが、賃貸中の家計は意思決定を行わず、賃貸期間が満了して居住状態が social になったところで上述の居住状態 social における意思決定を行う。

最後に居住状態が持ち家の家計だが、BTL 属性の有無によって意思決定プロセスが異なる。居住状態が持ち家で BTL 属性のない家計であれば居住用以外の住宅を追加購入することはないため、居住用物件を売却するかどうかの意思決定のみを行う（この意思決定は、いわゆる住み替えにあたる）。居住用物件売却の意思決定は 17 年に一度の頻度で住宅売却を行う確率を基にする。BTL 属性のある家計（以下、BTL 投資家と呼ぶ）の場合、賃貸用物件（非居住用物件）の購入や売却といった意思決定が行われる。なお、BTL 投資家は居住用物件の売却は行わ

ない。これは居住用住宅を所有せずに賃貸用物件を所有する状態を実現しようとするプログラムが複雑になるためである。BTL 投資家が新規賃貸用物件を購入する場合、購入検討対象の住宅品質をもつ住宅の期待利回り V_{buy} を基に意思決定を行う。 V_{buy} の計算式は次の通り。

$$V_{buy} = \frac{1}{d_{min}} \{(\delta_i g + (1 - \delta_i) \bar{s}) * p_{max} - 12m_{max}\} \quad (12)$$

ここで、 p_{max} は住宅ローンによって借入可能な最大額、 d_{min} は頭金の最低額（BTL 投資家の場合は借入額の 10%）。 δ_i は投資タイプ（表 2 に投資タイプ一覧を掲載）に応じた賃貸利回りと価格上昇によるキャピタルゲインの割合。 g は家計がもつ住宅価格上昇期待、 $\bar{s}$ は各品質における賃貸利回りの平均値、 $12m_{max}$ は借入可能な住宅ローン最大額を借りた場合の年間の返済額を表す。

表 2 BTL 投資家の投資タイプの概要

投資タイプ	概要	出現割合
Capital	住宅価格上昇によるキャピタルゲインを重視する。 キャピタルゲインと賃貸利回りの割合＝90%：10%	36.15%
Mixed	キャピタルゲインと賃貸利回りを同等に重視する。 キャピタルゲインと賃貸利回りの割合＝50%：50%	14.58%
Income	賃貸利回りを重視する。 キャピタルゲインと賃貸利回りの割合＝10%：90%。	49.27%

新規物件の買い注文 (bid) を出すかどうかの判断は期待利回り V_{buy} を基にした次式のシグモイド関数によって確率的に判定される。

$$P_{buy}^{BTL} = 1 - \left(1 - \sigma(\xi V_{buy})\right)^{1/12} \quad (13)$$

ここで $\sigma(x)$ はシグモイド関数 $\sigma(x) = 1 / (1 + \exp(-x))$ 、 ξ は発注確率計算における期待利回りへの感応度調整パラメータを表す。

式 (12)、(13) から分かるように BTL 投資家が新規物件を購入するかどうかはレバレッジを掛けた期待利回りの高さに依存する。

BTL 投資家の賃貸用物件売却については所有物件の投資利回り V_{sell} を基に意思決定を行う。 V_{sell} の計算式は次の通り。

$$V_{sell} = \frac{1}{k} \{(\delta_i g + (1 - \delta_i) \bar{s}) * \overline{pQ} - 12m\} \quad (14)$$

ここで $\overline{pQ}$ は品質 Q の住宅における取引価格の時系列でみた指数平滑平均、 k は所有物件に対する持ち分金額（同じ品質の住宅における取引価格の平均値から住宅ローン元本の残額を控

除した値)、 δ_i は投資タイプに応じた賃貸利回りと価格上昇率の割合。 g は住宅価格上昇期待、 s は所有物件の実質賃貸利回り、 $12m$ は一年間の住宅ローン返済金額を表す。

売却注文を出すかどうかの意思決定は、新規物件購入時と同様、シグモイド関数を利用する。

$$P_{sell}^{BTL} = 1 - \sigma(\xi V_{sell})^{1/12} \quad (15)$$

$\sigma(x)$ と ξ が表すものは新規物件購入の意思決定時の式(13)と同じものである。なお、賃貸用物件の売却については、賃貸期間中ではない物件を対象に売却の意思決定を行う。物件売却をせずに継続保有する場合は改めて該当物件を賃貸市場に提供する。

BTL 投資家が所有物件を賃貸市場に出す場合の希望賃貸価格 r_s は次式にて計算する。

$$r_s = \overline{rQ} * \eta_{rent} \quad (16)$$

ここで $\overline{rQ}$ は品質 Q の住宅における賃貸料の指数平滑移動平均、 η_{rent} はマークアップ率を表す確率変数。

賃貸用物件が空き家の場合、所定の確率で賃貸料金を引き下げる。

3. 3 商業銀行および中央銀行

商業銀行エージェントが家計エージェントに提供する住宅ローンは、居住用物件の購入に対して提供する元利均等返済方式と BTL 投資家の賃貸用物件購入に対して提供する利息のみ返済方式の 2 種類がある。住宅ローン期間はいずれも最長 35 年で、かつ満期は家計エージェントの年齢が 65 歳になる時点より後に設定することはできない。金利タイプは固定金利と変動金利があり、本モデルでは分析の都合上、シミュレーションにおける全ての元利均等返済方式に共通して変動金利を適用するか、もしくは全てに固定金利を適用する設定とした。BTL 投資家の賃貸物件購入向けの利息のみ返済方式住宅ローンは固定金利のみとしている。そのため、実社会のように各家計が変動金利と固定金利を選択できる設定にはなっていない。

住宅ローンの提供可能最大額は LTV 等の指標を使って商業銀行側で計算する。各計算式において共通する記号として、 q は住宅ローン提供可能金額、 w は各家計の貯蓄額、 y は年収額を表す。まず LTV は、貯蓄額の何倍まで住宅ローンを認めるかという制限であり、次式で計算する。

$$q \leq \frac{\Gamma_i}{1 - \Gamma_i} w \quad (17)$$

ここで Γ_i は BTL 属性の有無で値が異なり、BTL 属性があれば 0.75、BTL 属性がなければ 0.90 となる。すなわち、BTL 属性がある家計には貯蓄額の 3 倍まで、BTL 属性がなければ 9 倍までの住宅ローン額が提供可能となる。

次に LTI は年収額 y の何倍まで住宅ローンの借り入れを認めるかという制限であり、次式で計算する。

$$q \leq \Phi_i * y \quad (18)$$

ここで Φ_i は初めての住宅購入か二回目以降かで値が異なり、初めての住宅購入であれば 7.8、それ以外は 8.2 の値を取る。

DSTI (Debt-service-to-income) は、元利均等返済式で計算した返済額が収入額 y に占める割

合について制限するものである。

$$q \leq \Psi * y \frac{1 - \left(1 + \frac{r}{12}\right)^{-n}}{r} \quad (19)$$

ここで n は住宅ローンの返済月数、 r は適用される住宅ローン金利を表す。 Ψ の値は 0.4 としており、ここから年間の住宅ローン返済額が総収入額の 4 割以内となるように制限されることが分かる。ICR (Interest-coverage-ratio) は金利支払い額に対して賃貸収入を何倍以上確保すべきかという安全マージンに関する制限で、次式によって計算する。

$$q \leq \frac{w}{\Omega^{\frac{r}{s}} - 1} \quad (20)$$

ここで s は全品質の住宅の平均賃貸利回りを表す。 Ω は 1.25 に設定しており、賃貸利回りが住宅ローン金利の 1.25 倍以下の場合は提供可能住宅ローン額が貯蓄額よりも小さくなる。

上述の各制限式における Γ や Φ などのパラメータ値は実際の金融機関が採用しているといわれる一般的な設定値を参考にした。

上述の四種類の制限が全ての住宅ローンに適用されるわけではなく、元利均等返済方式の住宅ローンであれば LTV、LTI、DSTI の制限を適用し、利息のみ返済方式であれば LTV と ICR の制限を適用する。実際の住宅ローン金額として、住宅ローン申請者の申請額と各制限式で計算した提供可能額のなかで最も小さい金額が採用される。

住宅ローン金利は中央銀行の管理する政策金利と商業銀行の管理する金利スプレッドの合計値になる。金利スプレッドは家計全体の住宅ローン需要総額の増減を反映して上下する仕組みとしており、金利スプレッドの初期設定値は 1.5% と設定した。

住宅ローンが変動金利型の場合、6 ステップごとにその時点の住宅ローン金利が適用され、月々の返済額が見直される。金利見直しタイミングは家計ごとではなく、シミュレーションにおける 4 月および 10 月に該当するステップで全家計一律で見直しを行う。実社会における変動金利型住宅ローンも金利見直しタイミングは全家計一律が一般的であることを反映した。

中央銀行エージェントは政策金利を管理するのみで、本モデルにおいては受け身の役割しかもたない。政策金利は 0.5% に設定し、外生的に変更する場合を除き、シミュレーションを通して不変である。

3. 4 住宅

住宅は物件の魅力度を表す品質属性をもち、シミュレーションの初期設定時に 20 階級の品質の一つが割り振られ、シミュレーション期間を通して不変である。住宅品質の数値は大きいほど品質が高いことを表す。現実には住宅の魅力度評価の観点として築年数や部屋数、交通の便など様々なものがあるが本モデル上ではそれらを品質属性一つに集約している。住宅物件数もシミュレーションを通して不変である。すなわち、本モデル内では新規住宅の建築や古くなった住宅の除却は行われない。

3. 5 住宅売買市場および住宅賃貸市場

本モデルは住宅売買市場と賃貸市場の二種類の取引市場を備え、注文の処理プロセスとしては両市場ともダブルオークションシステムを採用している。各家計は前述の住居に関する意思決定の結果に応じて住宅売買や賃貸のための注文 (bid や offer) をどちらかの市場に発注する。取引市場に集められた注文の処理として、最初にマッチングフェーズが実行され、次いでセレクションフェーズが実行される。取引市場の注文処理の順番は、住宅売買市場の処理が先に行われ、その後に賃貸市場の注文処理が実行される。以降は住宅売買市場を例に注文処理の流れを説明するが、賃貸市場の注文処理の流れもほぼ同様である。違いとしては、賃貸市場のマッチングフェーズでは BTL 投資家による賃貸用物件の買い注文に該当する処理がない。

住宅売買市場におけるマッチングフェーズでは、各 bid について次の流れでマッチングする offer を選択する。但し、購入対象物件が居住用か賃貸用かにより offer の抽出条件が異なる。

＜居住用物件向けの bid に関するマッチング処理＞

① 次の条件を満たす offer を全て抽出

bid の提示する希望購入価格 $\geq$ offer の提示する希望売却価格

② ①で抽出した offer の中で最も高い品質を購入希望住宅品質とする。

③ 希望品質に該当する offer の中で希望売却価格が最も低い offer とマッチングする。もしこの時点で複数の offer とマッチングした場合はその中から一つの offer をランダムに選択。

＜賃貸用物件向けの bid に関するマッチング処理＞

①は BTL 属性のない家計の bid と同じ処理

② ①で抽出した offer のなかで期待利回りが最も高い offer とマッチングする。もしこの時点で複数の offer とマッチングした場合はその中から一つの offer をランダムに選択。

次にセレクションフェーズが実行される。マッチングフェーズ完了時点では一つの offer に複数の bid がマッチングしている可能性がある。複数の bid にマッチングした offer では、offer が提示する希望売却価格の若干の引き上げ処理が行われ、引き上げ後の希望売却価格を満たす bid のなかから一つの bid がランダムに選択される。引き上げ後の希望売却価格を満たす bid がなければ引き上げ前の希望売却価格を満たす bid (つまり、マッチングした全ての bid) のなかから一つの bid がランダムに選択される。マッチングした bid がひとつだけだった offer は、マッチングした bid がそのまま選択される。セレクションフェーズで選択された bid を提示した家計が該当住宅を購入できる。

以上のダブルオークション処理を通して成約できなかった bid と offer が残っている場合、成約可能性のある注文が残っている間はダブルオークション処理が繰り返される。残っている全ての bid の希望購入価格が残っている offer の希望売却価格の最低値を下回るなど成約可能性がなくなった時点でダブルオークション処理は停止される。成約できずに残った bid については注文が取り下げられ、次のステップで改めて bid を出し直すことになる。一方、最後まで成約できずに残った offer は取引市場でプールされて次ステップに持ち越される。プールされている間は確率的に offer の希望売却価格の値下げ処理が行われる。また住宅売買市場に offer

が出されていた住宅が賃貸市場に offer を出し直されたり、逆に賃貸市場から住宅売買市場に offer が出し直されるケースもある。

3. 6 相続処理と破綻処理

家計は年齢ごとに設定された死亡率に応じて確率的に死亡する⁹。但し、96 歳に到達した時点で確実に死亡する。家計の死亡が発生した場合、相続人にあたる新規家計が生成され、相続処理が実行される。相続処理においては、死亡した家計（被相続人）が所有していた住宅および貯蓄額が相続される。貯蓄額は全額そのまま相続される一方、住宅については相続可能な住宅数は 2 件までであり、非相続人が 3 件以上の住宅を所有している場合は投げ売り処理を通して住宅売却を行い、売却代金が相続人に引き渡される。投げ売り処理では、処理時点における売却住宅と等しい品質をもつ住宅の市場平均価格の 50%が売却代金となる。投げ売り処理における住宅購入者は売却代金以上の貯蓄をもち、住宅を購入可能な状態の家計の中からランダムに選択される。但し購入可能な BTL 投資家が存在する場合は BTL 投資家を優先する設定とした。被相続人の所有住宅のなかに住宅ローンが残っている物件がある場合は、団体信用保険が活用されたという設定で、全ての住宅ローンの返済が完了したとして処理される。

家計の破綻処理は、家計の貯蓄額がマイナスになった場合に行われる。貯蓄額がマイナスになる原因として、住宅ローン返済額や賃料といった毎月の住宅関連支出額が Net Income を上回っていたケースや住宅ローン満期の元本返済額が貯蓄額を上回っていたケースがある。住宅を所有している家計の破綻処理として、破綻した家計が所有する住宅のなかで住宅ローンが残っている物件は全て投げ売り処理を通して売却される。全ての所有物件を売却した場合、破綻した家計の居住状態は social に変更される。また、投げ売り処理を通して得られた売却金額で貯蓄額のマイナスが埋められなかった場合は、貯蓄額が 1 にリセットされる。居住状態が賃貸の家計に対する破綻処理では、破綻した家計は賃貸物件から退出し、居住状態は social に変更される。また貯蓄額は 1 にリセットされる。

4. 本モデルによるシミュレーション結果とモデル妥当性の検証

本章では第 3 章で説明した本モデルの設定条件を基に行った 1,000 ステップのシミュレーション結果について報告する。（以後、ベースシミュレーションという場合は前章までに説明した設定で行うシミュレーションを指すものとする。）図 4 は住宅価格指数(House price index, HPI)の推移についてベースシミュレーションによる 10 回の試行結果を個々に掲載したものである。

⁹ 人口動態統計における表 2-20 年齢別死亡数及び死亡率（令和元年）を参考に設定。

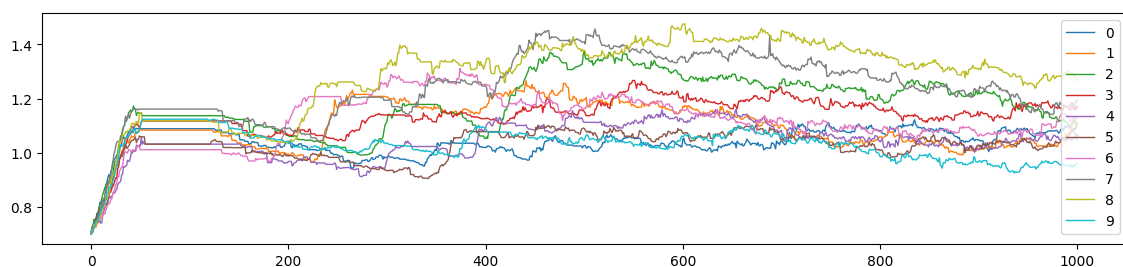


図 4 ベースシミュレーションの各試行における HPI の推移

図 4 から分かるように個々の試行結果には多少の相違がみられるものの概ね似た動きをしている。ABM によるシミュレーションはランダム性を取り入れていることから個々の試行結果には必ずブレが生じる。そこで複数のシミュレーションを実行して平均値を基に分析することが一般的であり、本稿でもそれに倣う。図 5 はシミュレーションのステップ毎に各試行の平均値を集計した HPI、金利スプレッド、住宅売買成約件数の推移である。

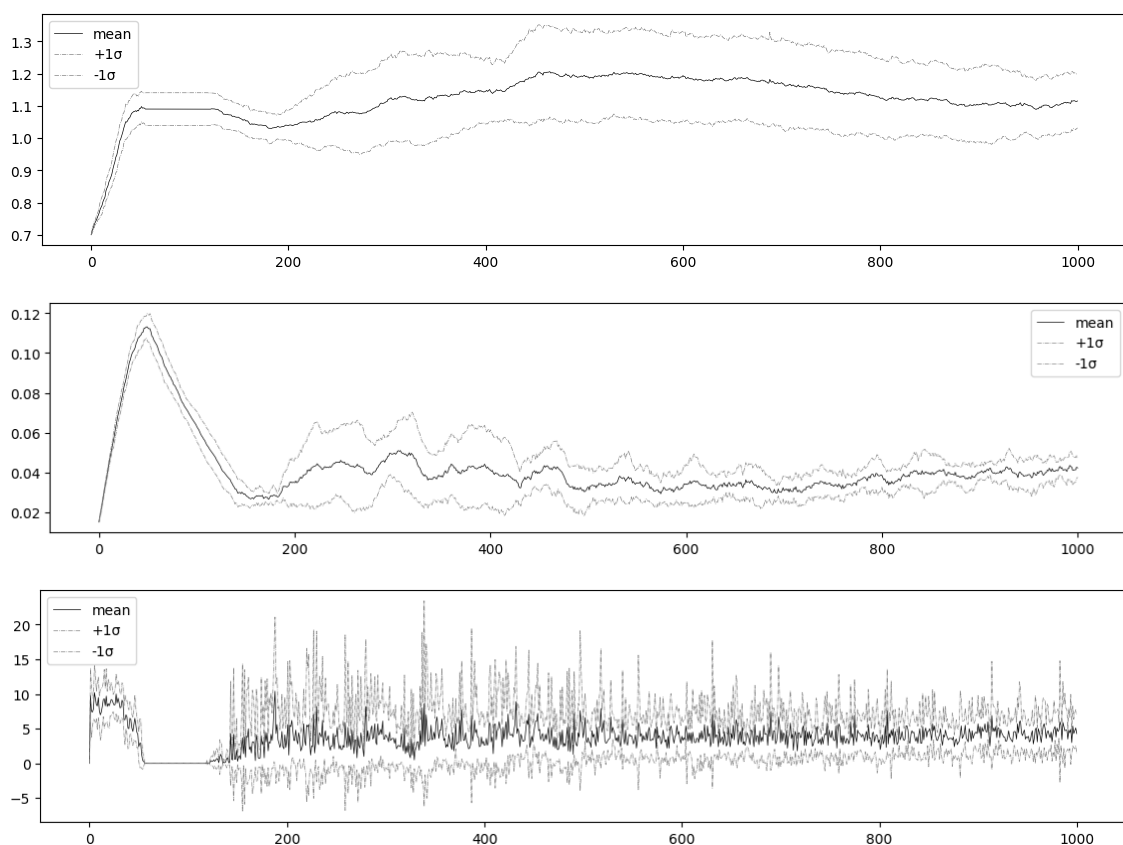


図 5 ベースシミュレーションにおける各指標の平均値の推移

(注) 上段 ; HPI、中段 : 金利スプレッド、下段 : 住宅売買成約件数

図 5 上段のグラフから分かるように、シミュレーション初期に HPI が急騰している。これは初期設定で生成された各家計の多くが十分な貯蓄額を有している状態だったことでシミュレーシ

ョン開始直後に住宅購入の注文が集中したことによる。この動きを受けて金利スプレッドも急騰したことが図 5 中段のグラフから分かる。その後、金利スプレッドが上昇したことで住宅売買成約件数が落ち込み、100 ステップ前後には住宅売買が全く成約しない時期が現れている。その後、金利スプレッドが急騰前の水準に戻ると住宅売買の成約もみられるようになり、200～400 ステップでは HPI が上昇基調となる。この時期は試行ごとの相違が大きいため、1 標準偏差の範囲が広がっている。金利スプレッドや住宅売買成約件数もこの時期は標準偏差が大きいが、500～600 ステップ付近で標準偏差は縮小し、以降は安定して推移していることが各グラフから見て取れる。シミュレーション初期の挙動が不安定な期間をバーンイン期間やウォームアップ期間と呼ぶが、本章の分析上シミュレーション初期 600 ステップをバーンイン期間とし、601 ステップ以降の動きを分析対象とする。図 6 は図 5 と同じ指標についてバーンイン期間を除外した 601 ステップ以降の指標値の推移である。

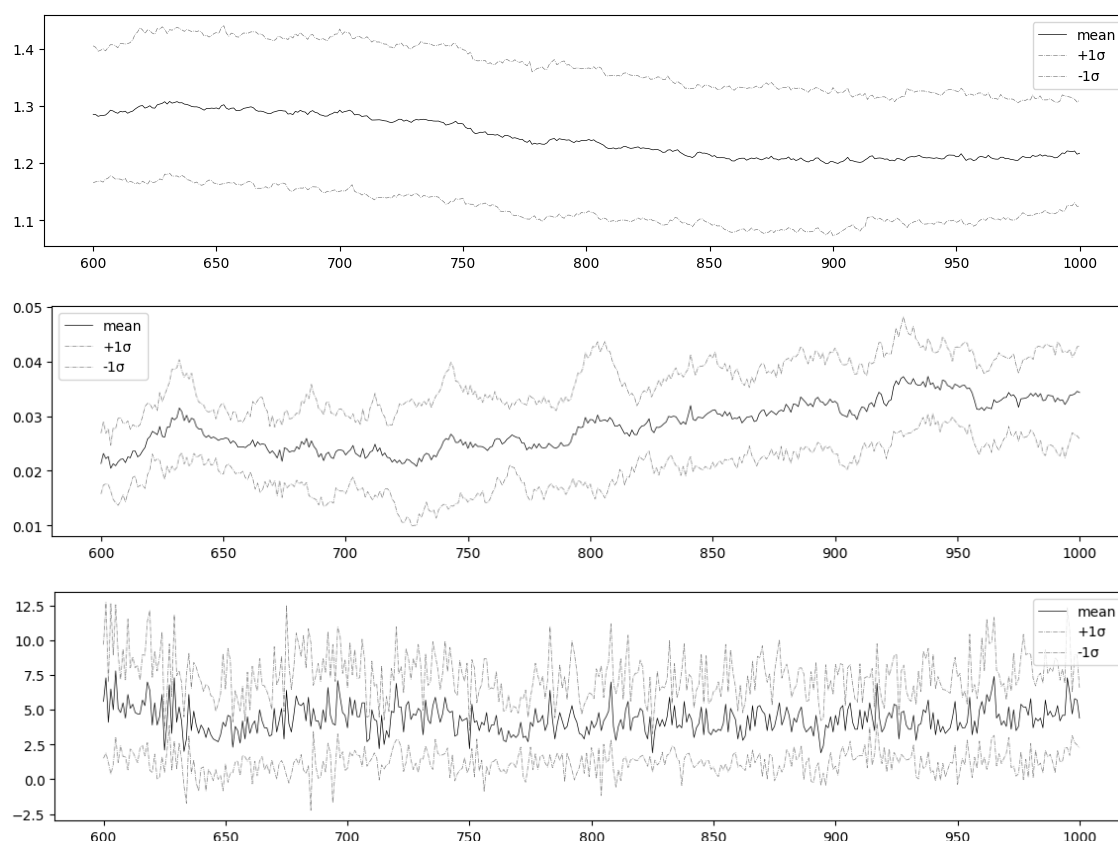


図 6 ベースシミュレーションにおける 601 ステップ以降の各指標の平均値の推移

(注) 上段 ; HPI、中段 : 金利スプレッド、下段 : 住宅売買成約件数

次に本モデルにおける各指標値の動きを実データと比較して本モデルの妥当性を確認する。図 7 は日本不動産研究所が算出している不動研住宅価格指数の Tokyo の値について、取得可能な限り遡った 1993 年 6 月から 2025 年 5 月までをプロットしたものである。

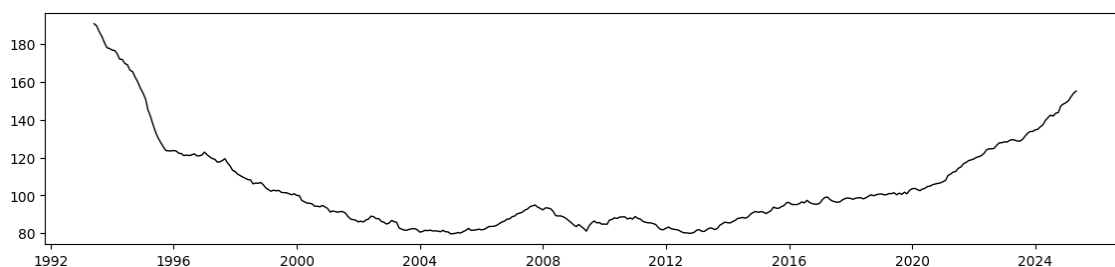


図 7 不動産住宅価格指数 Tokyo の推移

1990 年代はバブル崩壊の余波で下落が続いた後、2000 年代、2010 年代は概ね横這いで推移し、2020 年代に入る上昇基調に転じているのが分かる。本モデルの結果と実データとを比較する際にどの期間のデータと比較するべきかという問題があるが、低金利環境が継続してきた期間と比較することとして、バブル崩壊の影響が残る 1990 年代のデータを除いた 2000 年以降のデータと比較する。表 3 は HPI 前月比の平均値と標準偏差を整理したものである。本モデルの値は、10 回の試行毎に HPI の前月比を算出し、次にステップごとに 10 試行の平均値を計算して最後に通期の平均値や標準偏差を算出したものである。通期の平均値は実データが 15bps、本モデルは-1bps であり、概ね似た水準にあるといえる。なお、実データでの 2020 年代の住宅価格上昇時期を除いて 2000 年から 2020 年までの期間で計算した平均値は 0.0003 であった。標準偏差については実データの標準偏差 0.0093 に対して本モデルの値は 0.0020 と少し小さいが、本モデルの値が 10 回の試行の平均値を取っていることからシミュレーション各試行の標準偏差は表中の本モデルの標準偏差の $\sqrt{10}$ 倍程度と考えられ、実データに近い水準にあると言える。

表 3 HPI 前月比の比較

	平均値	標準偏差
実データ	0.0015	0.0093
本モデル	-0.0001	0.0020

また図 8 は HPI についてラグ 40 の範囲で自己相関を計算したものである。図中の青線は不動産住宅価格指数 Tokyo の 2000 年以降のデータにおける自己相関を示し、箱ひげ図は本モデルによる 10 回の試行毎の HPI の自己相関を集計したものである。実データも本モデルも自己相関の値は同じような推移をしており、ラグ 10 辺りまではプラスの自己相関がみられ、それ以降ラグ 22 辺りまでは徐々にマイナスの自己相関が強まり、以降は自己相関が薄れていく形状を示している。

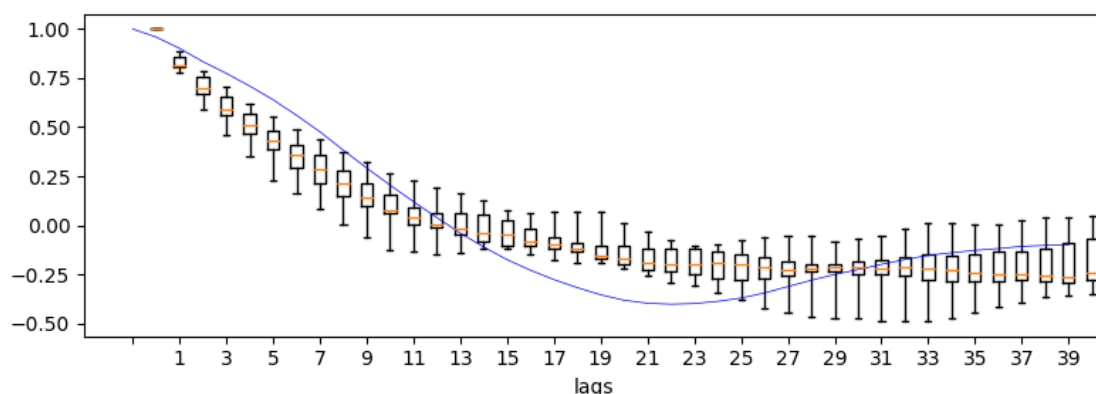


図8 HPIにおける自己相関の推移

(注) 箱ひげ図：各試行の結果から算出した自己相関を集計、青線：実データによる自己相関

住宅売買成約件数については、本モデルの平均値は1ステップあたり約4.1件で安定して推移している。実データとしては東京都の令和7年1月時点の世帯数が約750万世帯であり、公益財団法人東日本不動産流通機構が公表している首都圏不動産流通市場の動向による2024年の中古マンションおよび戸建て住宅の成約件数は約2.5万件、不動産経済研究所の集計した東京都の新築分譲マンション販売戸数は約1万件であることから、本モデルの家計エージェント数である5000家計あたりで考えると1ヵ月あたりの成約件数は約1.94件になる。実データと比べて本モデルの住宅売買成約件数は2倍程度の水準にある。この要因の一つとして、本稿の主題であるマクロ・プルーデンス政策検証のために住宅売買が成約し易いようにパラメータを調整している点がある。本モデルにおける住宅品質ごとの販売成約件数の推移を図9に示す。見やすさのため、住宅品質5階級分ごとにグラフを分けてプロットした。住宅品質は数値が大きいほど品質が高いことを表す。図9から、品質が低位の住宅の方が高位の品質の住宅に比べてプロット点の密度が高くなっており、売買成約が盛んに行われていることが分かる。なお、図9はグラフによって縦軸の幅が異なるので注意されたい。

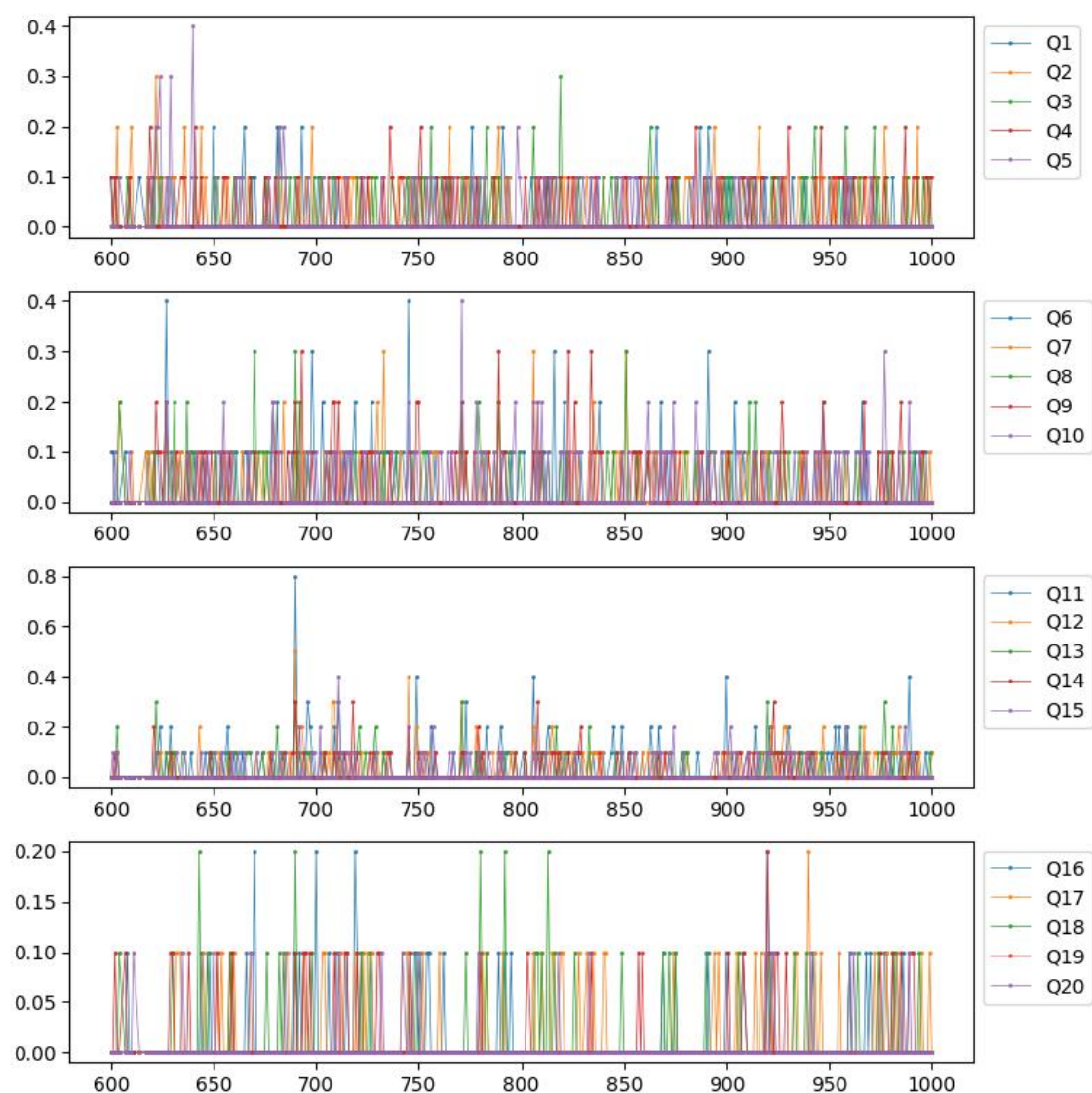


図9 10回の試行における住宅品質ごとの平均販売件数の推移

(注1) 見やすさのため、住宅品質5階級ごとにグラフを分けてプロットした

(注2) 住宅品質Qは数値が大きいほど高位の品質を表す。

次に住宅ローン利用者が債務不履行に陥った件数をみていく。本モデル上は貯蓄額がマイナスになった時点で債務不履行に陥ったと判定している。住宅ローンに関連した債務不履行としては(1)住宅ローンの月々の返済額がNet incomeを上回ったケース、(2)住宅ローン満期時の元本返済額が貯蓄額を上回ったケース、がある。(それ以外に賃貸料支払いにおける債務不履行のケースもある。)図10は住宅ローンに関連した債務不履行件数の推移を示したもので上段がBTL投資家の集計結果、下段がBTL属性のない持ち家家計に対する数値である。1ステップあたりの平均件数をみるとBTL投資家は約0.32件、持ち家家計は約0.47件となっており、合わせると1ステップあたり約0.79件の債務不履行が生じている。実際上の住宅ローン債務不

履行の割合は全住宅ローン利用件数の 1%未満と言われており、本モデル上の売買成約件数の平均が約 4.1 件に対して破綻件数は明らかに多い。現実には債務不履行が生じる前に様々な対策が取られる一方、本モデル上は貯蓄額がマイナスになった時点で機械的に債務不履行と判定するという違いはあるものの、債務不履行件数の圧縮は本モデルの課題である。なお、本モデル上で生じた債務不履行のうち、BTL 投資家の場合は多くが住宅ローン満期時の元本返済における貯蓄額不足であり、BTL 属性のない持ち家家計の場合は全てが月々の返済における収入不足であった。BTL 投資家のケースでは、住宅ローン満期が近づいて貯蓄額では元本返済が出来ないときは投げ売りによって所有住宅を売却して出来る限り十分な貯蓄額を準備するという対策が有効と考えている。

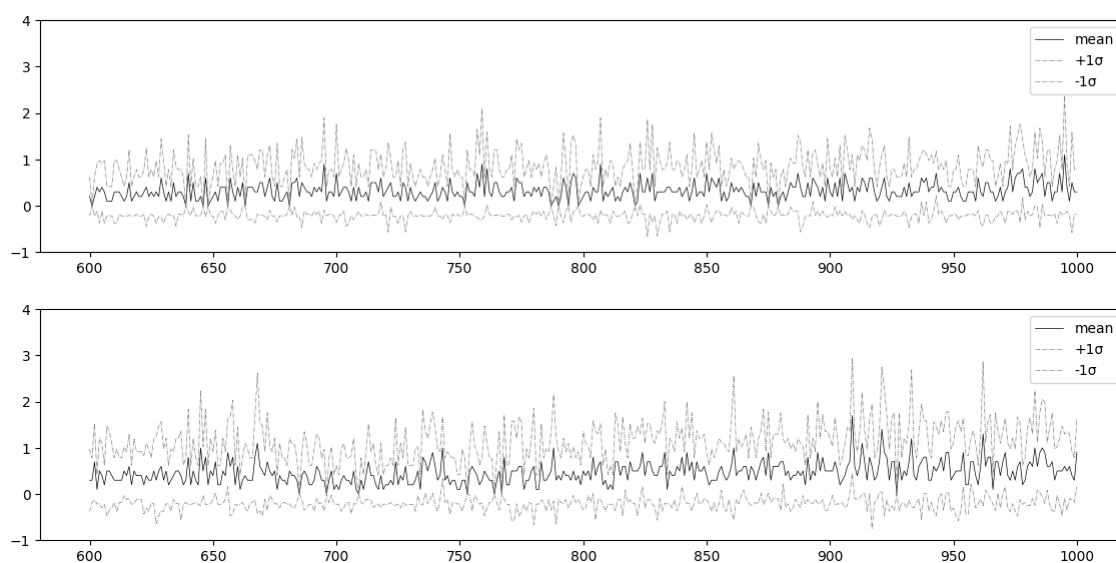
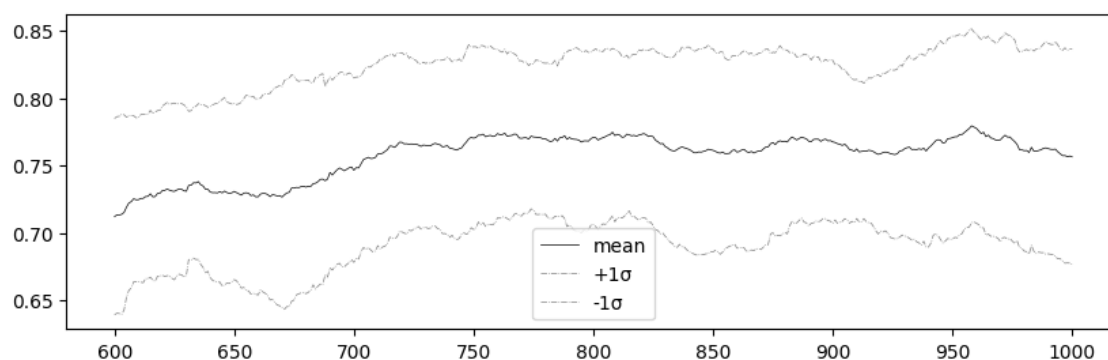


図 10 10 回の試行における平均債務不履行発生件数の推移

(注) 上段 ; BTL 投資家における件数、下段 : BTL 属性のない持ち家家計における件数

図 11 は BTL 投資家と BTL 属性のない家計別に、住宅ローン利用者の健全性を示す指標の一つである LTV の推移を示したものである。図 12 は、図 11 とは異なる住宅ローン利用者の健全性指標である LTI の推移を示したものである。



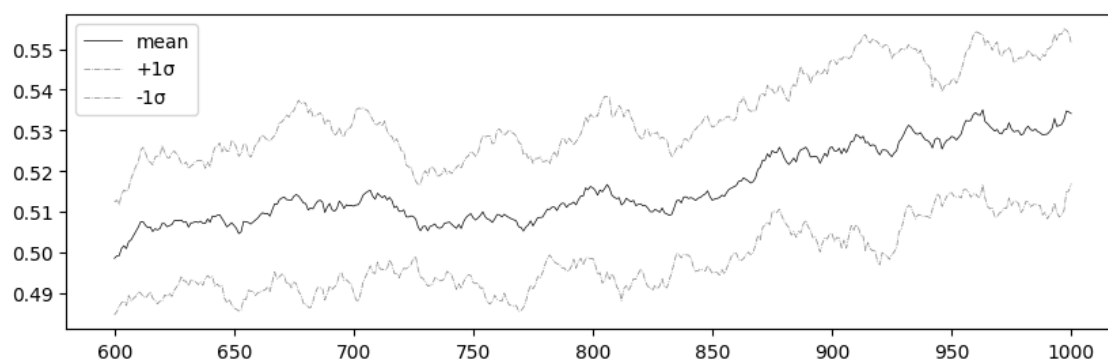


図 11 10 回の試行における平均 LTV の推移

(注) 上段 ; BTL 投資家における LTV、下段 : BTL 属性のない家計における LTV

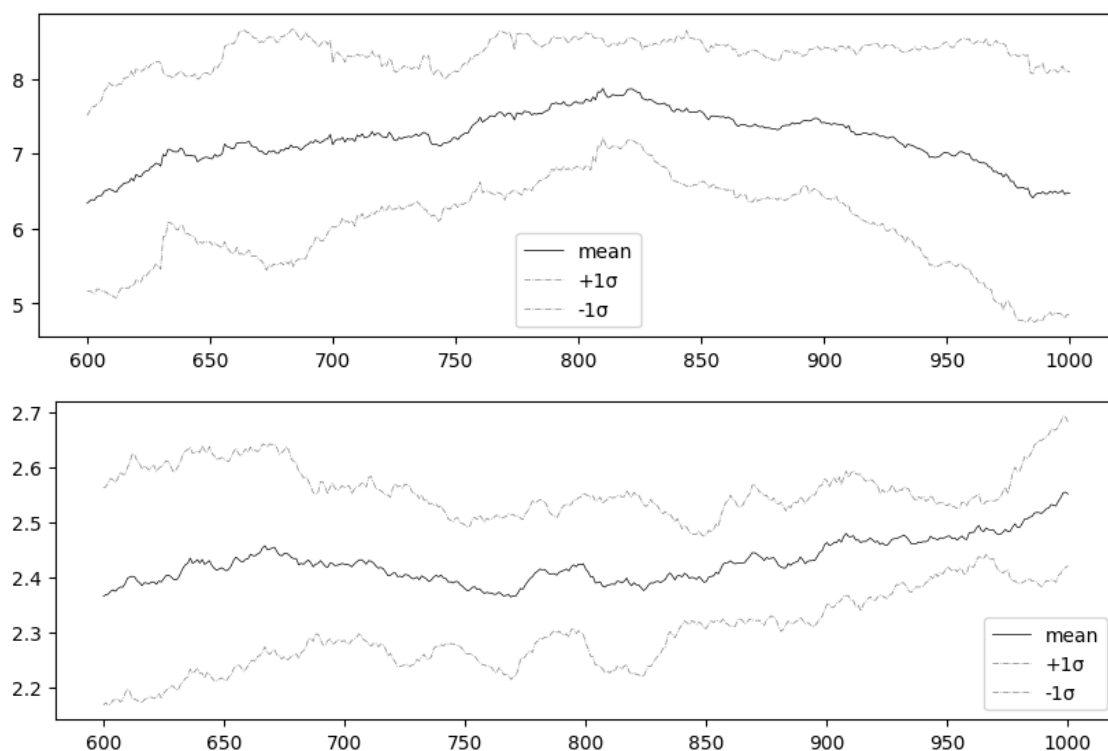


図 12 10 回の試行における平均 LTI の推移

(注) 上段 ; BTL 投資家における LTI、下段 : BTL 属性のない家計における LTI

LTV の平均は BTL 投資家では 0.75 前後、BTL 属性のない家計では 0.5 前後で安定推移していることが分かる。LTI の平均は BTL 投資家が 7 前後、BTL 属性なし家計は 2.5 前後で推移している。BTL 属性の有無により LTI の値に開きがあるのは、BTL 投資家による賃貸住宅用物件取得時には 9 倍近いレバレッジを掛けて住宅ローンを利用することが多いためである。図 11、図 12 で確認できる LTV、LTI の値はどちらも一般的な水準と言えよう。

ここまでベースシミュレーションの結果をもとに本モデルの妥当性を確認してきた。指標に

よっては実データと乖離しているものがみられるものの、多くは実データに近い水準の値を再現できている。次章では本モデルを用いてマクロ・プルーデンス規制の分析を進める。

5. マクロ・プルーデンス規制の効果の分析

本章では国内の住宅ローン金利に対して広く適用されているマクロ・プルーデンス規制である、いわゆる「5 年ルール」と「125%ルール」の効果を確認する。5 年ルールは“住宅ローン返済額の見直しを 5 年ごとに行う”というもので、125%ルールは“見直し後の金利返済額の上限を前回までの返済額の 125%とする”ものである。国内の変動金利タイプの元利均等返済型住宅ローンの多くに、この二つのルールが合わせて適用されている。なお、この二つのルールは返済額に対して適用されるものであり、住宅ローン金利自体は半年ごとに見直され、返済額に占める元利金の内訳は変更になる。但し、本モデルではプログラム上、5 年ルールが適用された場合の住宅ローン金利見直しタイミングを 5 年ごととしている。

前章でみてきたベースシナリオにおけるシミュレーションでは 5 年ルールおよび 125%ルールはどちら非適用だったが、この二つのルールを合わせて適用したシミュレーションを改めて行い、結果を比較することによって両ルールの効果を分析する。（以後、便宜上、5 年ルールと 125%ルールを合わせて適用することを“本マクロ・プルーデンス規制”、または“両ルール”と呼ぶ。）

本マクロ・プルーデンス規制を適用したシミュレーションを実行する際に、1 ステップ目から実行するのではなく、600 ステップまではベースシナリオの 10 回の試行結果を読み込んで利用し、601 ステップ目から両ルールを適用した状態でシミュレーションを行った。これは、まったく別々のシミュレーションを行うよりも、評価開始時点は同一状態の方が結果を比較・評価し易いと思うためである。なお、シミュレーションにはランダム性が入るため、再開後の各試行の推移が同一になることはない。

両ルールの適用の有無による効果を測定する方法として、(1)600 ステップ終了時点（バーンイン期間終了直後）で組成済の住宅ローンの破綻件数の割合が変化するか、(2)新規組成住宅ローンの破綻件数の割合が増減するか、の二点に注目した。表 4 は前者について、表 5 は後者の結果について、両ルールの適用の有無による違いを整理したものである。

表 4 600 ステップ時点で組成済住宅ローンのその後の破綻件数

NO	既存 ローン	マクロ規制なし		マクロ規制あり	
		破綻数	割合	破綻数	割合
1	372	16	4.3%	16	4.3%
2	350	11	3.1%	12	3.4%
3	336	16	4.8%	5	1.5%
4	381	20	5.2%	20	5.2%
5	409	7	1.7%	10	2.4%
6	409	23	5.6%	22	5.4%
7	359	8	2.2%	12	3.3%
8	308	13	4.2%	9	2.9%
9	360	12	3.3%	12	3.3%
10	421	22	5.2%	13	3.1%
平均		4.0%		平均	3.5%
標準偏差		1.3%		標準偏差	1.2%

表 5 601 ステップ以降の新規組成住宅ローンの破綻件数

NO	マクロ規制なし			マクロ規制あり		
	新規	破綻数	割合	新規	破綻数	割合
1	372	60	16.1%	389	58	14.9%
2	311	43	13.8%	272	43	15.8%
3	183	25	13.7%	160	19	11.9%
4	256	42	16.4%	327	56	17.1%
5	302	41	13.6%	350	41	11.7%
6	314	46	14.6%	326	44	13.5%
7	297	32	10.8%	190	27	14.2%
8	200	20	10.0%	226	38	16.8%
9	192	37	19.3%	158	29	18.4%
10	284	36	12.7%	241	36	14.9%
平均			14.1%	平均	14.9%	
標準偏差			2.7%	標準偏差	2.2%	

表 4 の結果をみると 600 ステップ時点で組成済住宅ローンに対する破綻件数やその割合は、本マクロ・プルーデンス規制の有無によらず似たような水準になっており、破綻件数の割合の平均値も規制なしの 4.0%に対して規制ありは 3.5%と似た水準になっている。破綻件数の割合に対して平均値の差の検定としてウェルチの t 検定を行ったところ、p 値は 0.41 となり、二つ

の平均値の間に差はないという帰無仮説を棄却することはできなかった。表 5 の結果も同様で、新規組成住宅ローンに対する破綻数の割合やその平均値は規制の有無にかかわらず同じような水準となり、ウェルチの t 検定による p 値は 0.46 で帰無仮説は棄却されなかった。

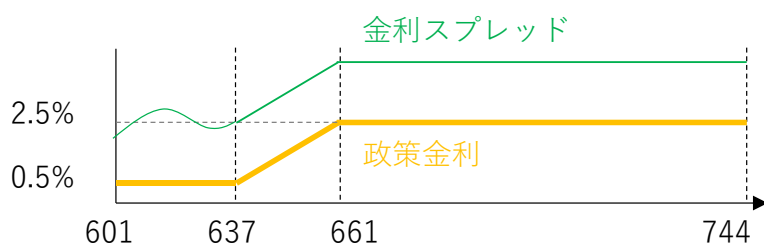
本モデルのベースシナリオでは HPI や住宅ローン金利は横ばい推移となるようにモデルパラメータの調整を行っている。そのため、単純にシミュレーション期間を長くするだけでは金利の変動幅が大きくなる可能性は低く、金利上昇局面で効力を発揮する本マクロ・プルーデンス規制の影響を確認することが難しい。そこでシミュレーションのある時点で金利水準を強制的に上昇させて、その前後における住宅ローンの状況を分析することで規制の影響を検証することを試みる。金利上昇ショックの与え方については、短期間で金利が上昇し、その後金利が高止まりするシナリオ（金利上昇シナリオ①）とより長い期間をかけて金利が上昇するシナリオ（金利上昇シナリオ②）の二種類の金利上昇シナリオを試した。表 6 は、各金利上昇シナリオの設定をまとめたものである。

表 6 金利上昇シナリオの設定

項目	金利上昇シナリオ①	金利上昇シナリオ②
金利上昇開始期	637 ステップ (再開 3 年後)	601 ステップ (再開直後)
金利上昇期間	2 年間 (24 ステップ)	10 年間 (120 ステップ)
金利上昇幅	2%の金利上昇	4%の金利上昇
金利上昇頻度	3 ヶ月ごと	3 ヶ月ごと
金利維持期間	7 年間	2 年間

金利上昇シナリオで金利を上昇させる対象は、住宅ローン金利スプレッドではなく、政策金利とした。金利上昇幅を 2%や 4%としたのは、125%ルールが返済金額の上昇を抑制する効果を発揮するには前回の金利見直し時期と比べて 2%程度の金利上昇が必要であるためである。一方で、金利上昇幅が大きすぎると住宅購入の動きが停滞してしまうため無制限に金利上昇させるわけにもいかない。そのため、前回の金利見直し時期から 5 年間でみて 2%以内の金利上昇に収まるように各シナリオの金利上昇幅を設定した。金利維持期間を設けたのは、金利スプレッドの水準を強制的に維持しないと本モデル上ではすぐに従来の金利レベルに相当する水準まで金利スプレッドが縮小してしまい、本マクロ・プルーデンス規制の効果が分かり難くなるためである。図 13 は両シナリオにおける金利上昇期間と金利維持期間の金利スプレッドの推移である。

【金利上昇シナリオ①】



【金利上昇シナリオ②】

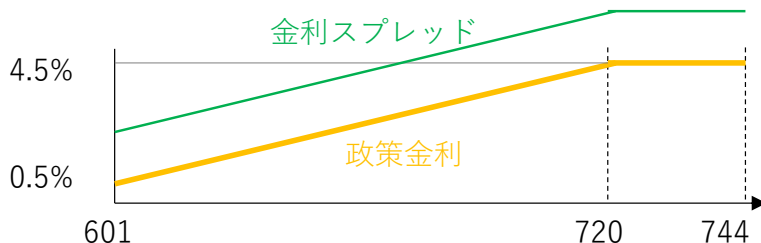


図 13 金利上昇シナリオにおける金利変化のイメージ

以上のように金利上昇後も住宅購入が途絶えることがないようにと配慮して設定した金利上昇シナリオだが、実際の住宅売買成約件数の推移をみると金利上昇が進むにつれて成約件数は減少していき、2%近くまで金利が上昇するとその後はほとんど成約がみられない状態となった。図 14 は金利上昇シナリオ①、②の 10 回の試行における住宅売買成約件数の平均値の推移を示したものである。こうした住宅売買成約状況のため、金利上昇シナリオのシミュレーションにおいて組成された住宅ローンは、金利上昇が進む前の比較的金利が低い水準のときに組成されている可能性が高く、その後の金利上昇の影響を強く受けている恐れがある点は分析結果を見る際に留意する必要がある。

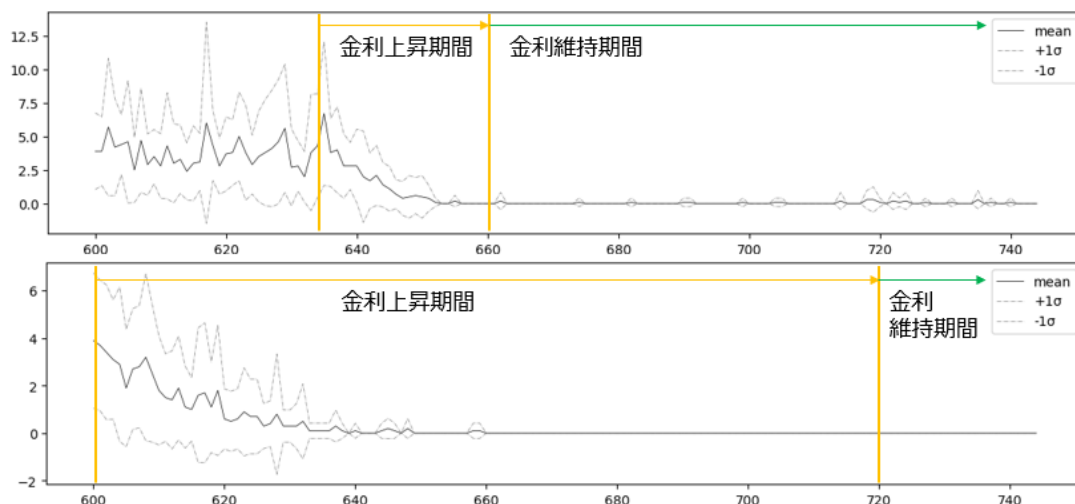


図 14 金利上昇シナリオにおける住宅売買成約件数の推移

(注) 上段；金利上昇シナリオ①における値、下段：金利上昇シナリオ②における値

表 7 は、金利上昇シナリオ①における 600 ステップ終了時点で組成済の住宅ローンの破綻件数について整理したもので、表 8 はシミュレーション期間中に新規組成された住宅ローンの破綻件数を整理したものである。

表 7 金利上昇シナリオ①における 600 ステップ時点で組成済住宅ローンの破綻件数

NO	既存 ローン	マクロ規制なし		マクロ規制あり	
		破綻数	割合	破綻数	割合
1	372	26	7.0%	24	6.5%
2	350	24	6.9%	14	4.0%
3	336	23	6.8%	17	5.1%
4	381	35	9.2%	41	10.8%
5	409	27	6.6%	19	4.6%
6	409	35	8.6%	33	8.1%
7	359	16	4.5%	17	4.7%
8	308	28	9.1%	15	4.9%
9	360	30	8.3%	29	8.1%
10	421	28	6.7%	23	5.5%

平均 **7.4%** 平均 **6.2%**

標準偏差 1.4% 標準偏差 2.1%

表 8 金利上昇シナリオ①における 601 ステップ以降の新規組成住宅ローンの破綻件数

NO	マクロ規制なし			マクロ規制あり			
	新規	破綻数	割合	新規	破綻数	割合	
1	94	33	35.1%	86	17	19.8%	
2	117	31	26.5%	82	14	17.1%	
3	14	6	42.9%	61	13	21.3%	
4	124	22	17.7%	105	19	18.1%	
5	120	26	21.7%	97	16	16.5%	
6	135	22	16.3%	120	24	20.0%	
7	62	19	30.6%	79	14	17.7%	
8	95	21	22.1%	104	16	15.4%	
9	77	19	24.7%	58	13	22.4%	
10	87	8	9.2%	88	19	21.6%	
平均			24.7%	平均			19.0%
標準偏差			9.7%	標準偏差			2.4%

表 7 から破綻した住宅ローン件数の割合の平均値は、本マクロ・プルーデンス規制の適用なしの場合は 7.4%、適用ありの場合は 6.2% と分かる。表 8 でも破綻した住宅ローンの割合の平均値は、本マクロ・プルーデンス規制の適用なしの場合が 24.7%、適用ありの場合が 19.0% となっており、どちらの計測結果からも本マクロ・プルーデンス規制適用による破綻抑制効果があるように感じられる。そこでウェルチの t 検定による平均値の差の検定を行ったところ、表 7 に対するウェルチの t 検定による p 値は 0.19、表 8 に対する p 値は 0.10 となり、いずれも帰無仮説を棄却できない結果となった。

次に金利上昇シナリオ②の結果を確認する。表 9 は、金利上昇シナリオ②における 600 ステップ終了時点で組成済の住宅ローンの破綻件数について整理したもので、表 10 は 601 ステップ以降に新規組成された住宅ローンの破綻件数を整理したものである。

表 9 金利上昇シナリオ②における 600 ステップ時点で組成済住宅ローンの破綻件数

NO	既存 ローン	マクロ規制なし		マクロ規制あり	
		破綻数	割合	破綻数	割合
1	372	45	12.1%	35	9.4%
2	350	26	7.4%	16	4.6%
3	336	25	7.4%	18	5.4%
4	381	45	11.8%	34	8.9%
5	409	19	4.6%	18	4.4%
6	409	72	17.6%	44	10.8%
7	359	23	6.4%	17	4.7%
8	308	40	13.0%	25	8.1%
9	360	71	19.7%	51	14.2%
10	421	64	15.2%	33	7.8%
		平均	11.5%	平均	7.8%
		標準偏差	5.0%	標準偏差	3.2%

表 10 金利上昇シナリオ②における 601 ステップ以降の新規組成住宅ローンの破綻件数

NO	マクロ規制なし			マクロ規制あり		
	新規	破綻数	割合	新規	破綻数	割合
1	95	31	32.6%	15	3	20.0%
2	23	3	13.0%	145	31	21.4%
3	5	1	20.0%	8	0	0.0%
4	23	6	26.1%	21	4	19.0%
5	20	2	10.0%	21	5	23.8%
6	3	0	0.0%	4	1	25.0%
7	22	7	31.8%	23	3	13.0%
8	76	28	36.8%	20	3	15.0%
9	37	12	32.4%	48	11	22.9%
10	52	16	30.8%	75	17	22.7%
			平均	23.4%	平均	18.3%
			標準偏差	12.1%	標準偏差	7.5%

金利上昇シナリオ②においても、金利上昇シナリオ①のときと同様に、それぞれの指標における破綻した住宅ローンの割合の平均値は本マクロ・プルーデンス規制の適用ありの方が小さくなっているのが表 9、表 10 から見て取れる。ウェルチの t 検定を行ったところ、表 9 の組成

済住宅ローンの破綻件数の割合については p 値が 0.07 となり、10%の有意水準で平均値に差がないという帰無仮説を棄却できる結果となった。一方、表 10 の新規組成住宅ローンの破綻件数の割合については p 値が 0.28 となり、帰無仮説は棄却できなかった。

以上のとおり、各指標における破綻件数の割合について、本マクロ・プルーデンス規制を適用することで平均値に差はないという帰無仮説を棄却できる分析もあれば、棄却できないものもあるという結果となった。帰無仮説が棄却できなかった点に関して付言すると、金利上昇シナリオ①、②に共通で言えることだが、特に新規組成住宅ローンの破綻件数割合の標準偏差が大きくなったことが背景要因の一つとみられる。標準偏差が大きくなったのは、表 10 から分かるように各試行における新規組成住宅ローン件数は一桁台のものから 100 件近いものまでバラつきが大きくなっており、その中で組成件数が小さい試行において破綻件数の割合が他と乖離したものが生じている点に一因がある。本モデルの精緻化やより適切な金利上昇シナリオを設定することで各試行結果のバラつきは緩和されることが期待され、そうした状況で改めてシミュレーションを行って各指標の平均値の差の検定を行えば、帰無仮説が棄却される可能性は高まるであろう。

6. まとめ

本稿では、東京都を想定した住宅市場 ABM を構築し、金利上昇局面における住宅ローン金利に対するマクロ・プルーデンス規制の効果等について検証した。構築した住宅市場 ABM は、ローン債務不履行発生頻度が大きい等、実データと乖離する面もみられるが、多くの観点で実データに近い水準の出力結果を得ることができたことから妥当なモデルを構築できたと評価している。次いで、構築した ABM を用いて金利上昇シナリオに沿ったシミュレーション等を実行し、住宅ローンの破綻件数の違いに着目することで日本の住宅市場に特徴的なマクロ・プルーデンス規制と言われる 5 年ルール、125%ルールの効果について分析した。分析を通して、結果の一部からは両ルールに住宅ローン破綻を抑制する効果があることが確認された。

日本国内では低金利状態が長期間継続してきたことから、住宅市場におけるマクロ・プルーデンス規制について金利上昇時の効果を実証的に分析することが難しい。こうした日本の市場環境において、各種規制の影響を分析する枠組みを提案したことは本研究の貢献の一つだと考えている。本研究の二つ目の貢献として、5 年ルール、125%ルールの効果について、分析結果の一部からではあるがその効果を確認したことが挙げられる。国内市場の金利上昇が見通される状況において金利上昇の悪影響緩和を企図した規制に企図通りの効果が確認できたことは大きい。

貢献の一方で本稿の研究には課題も多く残った。課題の一つ目は、構築したモデルと実世界の振る舞いが乖離している点を改善することがある。改善が必要な点として、シミュレーションにおける債務不履行発生頻度を減少させること、シミュレーションのステップ数が進むにつれて賃貸家計の比率が徐々に低下して家計の持ち家：賃貸比率を 4：6 に維持できないこと、な

どが挙げられる。本稿の課題の二つ目として、マクロ・プルーデンス規制の影響を検証する方法の改善がある。本稿では政策金利が徐々に上昇するシナリオを基にしたシミュレーションを実行し、マクロ・プルーデンス規制の適用の有無による住宅ローン破綻件数の違いを分析することで規制の効果を確認した。しかし、政策金利上昇による住宅売買件数および住宅ローン需要の低下によってシミュレーション内で十分な数の住宅ローンを組成させることが出来なかった。そのため、組成された住宅ローンに占める破綻件数の割合もシミュレーションの試行によって大きく差異が生じる結果となり、そのせいでマクロ・プルーデンス規制の効果の測定に不明瞭さが残った。課題の一つ目に挙げたモデルの精度向上に加え、精度の高い効果測定方法を確立することは今後の大きな課題である。なお、これらの課題に関しては、今後金利が上昇していく過程でデータが蓄積することにより、モデルの精度や効果測定方法の向上も図り易くなると期待している。

その他、今後取り組みたい内容として、今回検証できなかった他のマクロ・プルーデンス規制の効果について分析するとともに各規制の効果について比較することや、東京市場以外の地域における住宅市場モデルを構築することが挙げられる。また、モデルの規模を拡大し、より細かい粒度でマクロ・プルーデンス規制の影響を分析することも重要だと認識している。ABMを用いることで個々の家計レベルについて分析することが可能になる。本稿で構築した ABM は家計エージェント数が 5000 体であり、実社会における家計等の経済主体の粒度を荒く再現したモデルになるが、海外で構築されたモデルには実社会の経済主体と一対一に対応した住宅市場 ABM も開発されている。本モデルの粒度を高めることで検討できる政策の精度向上が期待できる。これらの課題を一つ一つ解決していく取り組みを進めていきたい。

7. 補 論

7. 1 モデル詳細

本稿で構築したモデルの詳細を記す。始めに表 11 はモデルパラメーター一覧である。

表 11 本モデルのモデルパラメーター一覧

対象	モデルパラメータ	記号	値	備考
全体	賃貸家計の割合		0.6	
	家計エージェント数		5,000	
	銀行エージェント数		1	
	中央銀行エージェント数		1	
	住宅戸数		5,628	
	住宅取引市場数		1	
家計	最小年齢		20	
	最高年齢		95	
	公的収入支援（月額）		100,000	式(2)
	非住宅関連必須消費の割合	ENCFR	0.66	式(2)
	可処分所得における選択的消費の割合上限		0.17	式(5)
	所得税率		0.2	式(2)
	希望住宅購入価格計算用パラメータ	α	42.9036	式(6)
	希望住宅購入価格計算用パラメータ	β	0.89	式(6)
	希望住宅購入価格計算用パラメータ (ε の μ)	μ_{ε}	-0.0177	式(6)
	希望住宅購入価格計算用パラメータ (ε の σ)	σ_{ε}	0.4104	式(6)
	居住用住宅購入確率計算時の賃貸コスト上乘せ度合	λ	-0.025	式(8),(10)
	居住用住宅購入確率計算時のコスト感応度	θ	0.001	式(10)
	希望賃貸価格計算時の調整パラメータ	μ	15	式(11)
	希望賃貸価格計算時の調整パラメータ	ν	0.68	式(11)
	家計の投資選好iにおけるキャピタルゲイン重視割合	δ_i	{'income': 0.1, 'capital': 0.9, 'mixed': 0.5}	式(12)
	家計の3つの投資選好iの出現割合	i	{'income': 0.4927, 'capital': 0.1458, 'mixed': 0.3615}	式(12)
	BTL投資家の買い発注時の期待利回り水準調整パラメータ	ξ	500	式(13)
	未成立住宅offeの価格引き下げ確率		0.0703	
	未成立賃貸offerの価格引き下げ確率		0.1057	
	投げ売り時の住宅売買価格割引率		0.5	
	相続時の相続可能物件数上限		2	

表 11 本モデルのモデルパラメーター一覧のつづき

対象	モデルパラメータ	記号	値	備考
銀行	初期設定時の住宅ローン金利スプレッド		0.015	
	LTVによるBTL属性のない家計向け住宅ローン上限設定用パラメータ	Γ_{nonbtl}	0.9	式(17)
	LTVによるBTL投資家向け住宅ローン上限設定用パラメータ	Γ_{btl}	0.75	式(17)
	LTIによる初回住宅購入家計向け住宅ローン上限設定用パラメータ	Φ_{ftb}	7.8	式(18)
	LTIによる2回目以降の住宅購入家計向け住宅ローン元本上限設定用パラメータ	Φ_{hm}	8.2	式(18)
	DSTIによる住宅ローン上限設定用パラメータ	ψ	0.4	式(19)
	ICRによる住宅ローン上限設定用パラメータ	Ω	1.25	式(20)
	住宅ローンの最長設定期間（月単位）		420	
	金利スプレッドの月間変化率上限		0.003	
	金利スプレッドの月間変化率下限		-0.003	
中央銀行	政策金利の初期値		0.005	
住宅	住宅の品質階級数	Q	20	
取引市場	住宅価格指数の初期値		0.7	
	賃貸価格指数の初期値		0.8	
	賃貸利回り平均値の初期値		0.04	
	住宅価格の品質ごとの参照価格初期設定用パラメータ		{'loc': 3.1, 'scale': 1.3}	
	BTL属性のない家計の住宅購入判断時の確率調整パラメータ γ		0.44	式(22)
	BTL属性のない家計の住宅購入判断時の確率調整パラメータ ζ		0.023	式(22)
	居住用住宅の平均所有期間（年単位）		17	
	期待利回り計算時の住宅空室率		0.89	
	賃貸契約の最短期間（月単位）		12	
	賃貸契約の最長期間（月単位）		36	

表 12 は初期設定における年齢分布表である。20 歳から 84 歳までは 5 歳刻みで掲載している表中の割合をその 5 歳刻み範囲内の 1 歳ごとに均等配分している。85 歳以上は 1 歳ごとに傾斜をつけた。シミュレーション実行中の各ステップで死亡家計が生じた場合、穴埋めのために生成される家計の年齢はシミュレーション初期設定直後の年齢分布に近づけるように年齢の出現確率を設定した。具体的には、シミュレーション初期設定直後の年齢分布と穴埋め家計生成時点の年齢分布との差をとり、不足が大きい年齢ほど出現確率が高まるように調整している。

表 12 初期設定における年齢分布

年齢帯	割合
20～24歳	5.04%
25～29歳	7.99%
30～34歳	7.79%
35～39歳	8.17%
40～44歳	8.64%
45～49歳	9.73%
50～54歳	9.16%
55～59歳	7.94%
60～64歳	6.33%
65～69歳	6.26%
70～74歳	7.36%
75～79歳	6.01%
80～84歳	4.74%
85歳以上	4.84%

家計の各年齢 age における死亡率は、Carro et. al. (2023) を参考に次の式で計算している。

$$A * \exp(k * age) \quad (21)$$

ここで A と k は死亡率水準調整のためのパラメータで $A=7.576 \times 10^{-9}$ 、 $k=0.148$ 。

図 14 は縦軸に死亡率、横軸に年齢を取って死亡率をプロットしたものである。図 A 1 から 70 歳を超えた辺りから、特に 85 歳以降は死亡率の上昇が急こう配になっているのが分かる。シミュレーション初期の年齢分布を可能な限り維持できるようにするため、高年齢層の死亡率が高くなるようにした結果である。

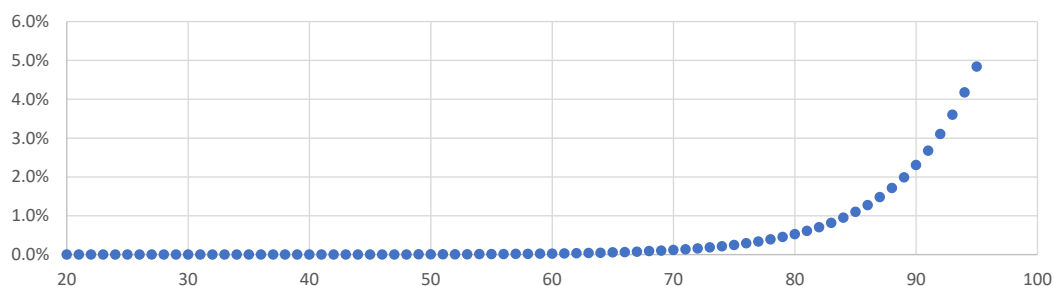


図 15 年齢ごとの死亡確率

(注) 96 歳に達した家計は確実に死亡する設定としている。

表 13 は家計の年齢に応じた年収のパーセンタイル分布表である。年収パーセンタイルは家計生成時点で 0 から 1 の一様分布によって設定し、その後家計が死亡するまで不変である。表 13 から分かるように各家計の年収パーセンタイルは固定だが、年齢が増えるにつれて年齢・年収パーセンタイル表の該当列が変化するため年収額は 10 歳刻みで変化する。

表 13 年齢・年収パーセンタイル分布表

年収		年齢範囲ごとの累積分布						
下限	上限	20～29	30～39	40～49	50～59	60～69	70～79	80～95
1,000,000	1,500,000	23.7%	4.6%	5.3%	7.4%	11.4%	17.1%	24.3%
1,500,000	2,000,000	28.7%	6.4%	7.1%	10.0%	16.9%	25.5%	34.9%
2,000,000	2,500,000	33.5%	9.6%	10.6%	14.3%	23.7%	35.9%	47.5%
2,500,000	3,000,000	41.8%	13.1%	13.1%	17.8%	30.0%	46.2%	57.1%
3,000,000	3,500,000	53.2%	17.2%	16.7%	21.1%	35.9%	55.0%	66.6%
3,500,000	4,000,000	61.4%	21.7%	20.4%	25.0%	42.2%	62.1%	73.1%
4,000,000	4,500,000	69.8%	28.2%	24.3%	29.0%	47.8%	67.9%	78.0%
4,500,000	5,000,000	74.1%	34.7%	28.3%	32.5%	52.9%	72.2%	80.7%
5,000,000	5,500,000	77.2%	42.4%	33.6%	36.5%	57.0%	75.9%	83.0%
5,500,000	6,000,000	79.9%	51.0%	37.9%	40.5%	61.8%	79.3%	85.1%
6,000,000	6,500,000	83.9%	58.0%	43.8%	44.3%	65.5%	82.2%	87.0%
6,500,000	7,000,000	87.0%	64.3%	48.9%	48.1%	68.8%	84.9%	88.3%
7,000,000	7,500,000	88.6%	69.5%	54.5%	52.5%	71.8%	86.5%	89.4%
7,500,000	8,000,000	90.6%	73.9%	59.4%	56.2%	74.3%	88.2%	90.5%
8,000,000	8,500,000	92.1%	77.5%	64.0%	60.9%	77.0%	89.7%	91.5%
8,500,000	9,000,000	92.7%	79.9%	67.3%	64.3%	79.0%	90.9%	92.2%
9,000,000	9,500,000	94.6%	83.2%	72.0%	68.9%	80.7%	92.2%	93.3%
9,500,000	10,000,000	95.2%	85.2%	74.4%	71.4%	82.2%	92.9%	93.8%
10,000,000	11,000,000	97.7%	90.1%	80.9%	77.6%	85.3%	94.5%	94.9%
11,000,000	12,000,000	98.8%	92.6%	85.3%	81.3%	88.2%	95.5%	95.9%
12,000,000	15,000,000	99.6%	97.1%	92.5%	90.2%	93.3%	97.7%	97.6%
15,000,000	20,000,000	100.0%	99.4%	97.4%	96.4%	96.5%	98.7%	99.0%
20,000,000	30,000,000	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

表 14 は年収階級ごとの資産額分布表である。初期設定における目標貯蓄額はこの表をもとに設定している。

表 14 年収階級別資産額分布表

資産額 (単位：万円)		年収額（単位：万円、上段：下限、下段：上限）											
		0	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
下限	上限	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
0	25	0.17	0.17	0.14	0.14	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.06
25	50	0.19	0.19	0.15	0.15	0.12	0.12	0.10	0.10	0.09	0.09	0.07	0.07
50	100	0.22	0.22	0.17	0.17	0.13	0.13	0.10	0.10	0.09	0.09	0.07	0.07
100	150	0.23	0.23	0.19	0.19	0.15	0.15	0.12	0.12	0.10	0.10	0.08	0.08
150	200	0.25	0.25	0.20	0.20	0.16	0.16	0.12	0.12	0.11	0.11	0.08	0.08
200	300	0.29	0.29	0.23	0.23	0.18	0.18	0.14	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10
300	450	0.32	0.32	0.26	0.26	0.21	0.21	0.18	0.18	0.15	0.15	0.12	0.12
450	600	0.36	0.36	0.31	0.31	0.24	0.24	0.20	0.20	0.18	0.18	0.14	0.14
600	750	0.39	0.39	0.34	0.34	0.28	0.28	0.24	0.24	0.20	0.20	0.17	0.17
750	900	0.43	0.43	0.38	0.38	0.31	0.31	0.27	0.27	0.23	0.23	0.20	0.20
900	1,200	0.49	0.49	0.45	0.45	0.37	0.37	0.33	0.33	0.30	0.30	0.26	0.26
1,200	1,500	0.54	0.54	0.52	0.52	0.43	0.43	0.39	0.39	0.35	0.35	0.31	0.31
1,500	2,000	0.60	0.60	0.59	0.59	0.51	0.51	0.47	0.47	0.43	0.43	0.40	0.40
2,000	3,000	0.73	0.73	0.72	0.72	0.64	0.64	0.62	0.62	0.58	0.58	0.53	0.53
3,000	4,000	0.81	0.81	0.79	0.79	0.75	0.75	0.74	0.74	0.68	0.68	0.64	0.64
4,000	5,000	0.85	0.85	0.85	0.85	0.82	0.82	0.81	0.81	0.75	0.75	0.74	0.74
5,000	7,500	0.93	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.88	0.88	0.87	0.87
7,500	10,000	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.93	0.93	0.92	0.92
10,000	20,000	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98
20,000	40,000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

表 14 年収階級別資産額分布表のつづき

資産額 (単位：万円)		年収額 (単位：万円、上段：下限、下段：上限)										
		700	750	800	850	900	950	1,000	1,100	1,200	1,500	2,000
下限	上限	750	800	850	900	950	1,000	1,100	1,200	1,500	2,000	3,000
0	25	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.02	0.06	0.06	0.00
25	50	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.03	0.06	0.06	0.00
50	100	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.03	0.06	0.06	0.00
100	150	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.03	0.06	0.06	0.00
150	200	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.03	0.06	0.06	0.00
200	300	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.04	0.06	0.06	0.00
300	450	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.04	0.13	0.13	0.06
450	600	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.05	0.13	0.13	0.06
600	750	0.17	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.11	0.05	0.14	0.14	0.07
750	900	0.20	0.20	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.06	0.14	0.14	0.08
900	1,200	0.26	0.26	0.20	0.20	0.20	0.20	0.16	0.08	0.16	0.16	0.09
1,200	1,500	0.31	0.31	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.11	0.18	0.18	0.11
1,500	2,000	0.40	0.40	0.33	0.33	0.33	0.33	0.27	0.16	0.21	0.21	0.14
2,000	3,000	0.53	0.53	0.45	0.45	0.45	0.45	0.40	0.29	0.25	0.25	0.18
3,000	4,000	0.64	0.64	0.58	0.58	0.58	0.58	0.50	0.38	0.35	0.35	0.26
4,000	5,000	0.74	0.74	0.66	0.66	0.66	0.66	0.60	0.46	0.44	0.44	0.34
5,000	7,500	0.87	0.87	0.82	0.82	0.82	0.82	0.78	0.61	0.53	0.53	0.43
7,500	10,000	0.92	0.92	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.70	0.63	0.63	0.53
10,000	20,000	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.92	0.91	0.91	0.77
20,000	40,000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

価格指数の計算方法は、住宅価格指数と賃貸価格指数とで共通の方法を取っていることから、ここでは住宅を例にとって価格指数の計算方法を記載する。まず、20 階級の住宅品質ごとに現ステップで売買が成立した住宅売買契約の成約価格を収集し、当該品質の平均住宅価格を算出する。次に住宅品質の平均価格ごとに時系列方向に指数平滑平均を算出する。また指数平滑平均とは別に、当該品質の該当物件数で重みをつけた加重平均住宅価格を計算し、シミュレーション開始時点の該当値との比をとることで現時点の住宅価格指数 HPI とする。

家計がもつ住宅価格上昇期待 g は次の式にて計算している。

$$g = \frac{\gamma(HPI_t + HPI_{t-1} + HPI_{t-2})}{HPI_{t-24} + HPI_{t-25} + HPI_{t-26}} + \zeta \quad (22)$$

γ は HPI 変化率の重み調整パラメータ、 ζ は住宅価格成長期待の水準調整のパラメータ

家計が住宅売却の offer を出す際の住宅売却価格、および BTL 投資家が賃貸物件の賃貸価格を算出する際のマークアップ率は表 15 の分布表に応じて確率的に決定される。

表 15 住宅売却価格マークアップ率分布表

マークアップ率 η		出現確率	マークアップ率 η		出現確率	マークアップ率 η		出現確率
下限	上限		下限	上限		下限	上限	
0.5	0.525	0.007%	1	1.025	41.129%	1.5	1.525	0.038%
0.525	0.55	0.005%	1.025	1.05	12.325%	1.525	1.55	0.031%
0.55	0.575	0.005%	1.05	1.075	8.756%	1.55	1.575	0.025%
0.575	0.6	0.005%	1.075	1.1	6.016%	1.575	1.6	0.021%
0.6	0.625	0.006%	1.1	1.125	4.071%	1.6	1.625	0.018%
0.625	0.65	0.008%	1.125	1.15	2.766%	1.625	1.65	0.015%
0.65	0.675	0.009%	1.15	1.175	1.936%	1.65	1.675	0.014%
0.675	0.7	0.012%	1.175	1.2	1.255%	1.675	1.7	0.012%
0.7	0.725	0.014%	1.2	1.225	0.869%	1.7	1.725	0.011%
0.725	0.75	0.022%	1.225	1.25	0.618%	1.725	1.75	0.009%
0.75	0.775	0.031%	1.25	1.275	0.446%	1.75	1.775	0.008%
0.775	0.8	0.041%	1.275	1.3	0.321%	1.775	1.8	0.007%
0.8	0.825	0.060%	1.3	1.325	0.235%	1.8	1.825	0.007%
0.825	0.85	0.081%	1.325	1.35	0.181%	1.825	1.85	0.006%
0.85	0.875	0.112%	1.35	1.375	0.131%	1.85	1.875	0.006%
0.875	0.9	0.161%	1.375	1.4	0.103%	1.875	1.9	0.006%
0.9	0.925	0.244%	1.4	1.425	0.081%	1.9	1.925	0.004%
0.925	0.95	0.403%	1.425	1.45	0.067%	1.925	1.95	0.003%
0.95	0.975	0.997%	1.45	1.475	0.053%	1.95	1.975	0.005%
0.975	1	16.125%	1.475	1.5	0.044%	1.975	2	0.005%

表 16 住宅売却価格マークアップ率分布表

マークアップ率 η		出現確率	マークアップ率 η		出現確率	マークアップ率 η		出現確率
下限	上限		下限	上限		下限	上限	
0.5	0.525	0.011%	1	1.025	37.395%	1.5	1.525	0.020%
0.525	0.55	0.008%	1.025	1.05	7.551%	1.525	1.55	0.012%
0.55	0.575	0.008%	1.05	1.075	7.025%	1.55	1.575	0.009%
0.575	0.6	0.008%	1.075	1.1	3.488%	1.575	1.6	0.009%
0.6	0.625	0.012%	1.1	1.125	2.223%	1.6	1.625	0.008%
0.625	0.65	0.014%	1.125	1.15	1.384%	1.625	1.65	0.006%
0.65	0.675	0.017%	1.15	1.175	0.836%	1.65	1.675	0.006%
0.675	0.7	0.023%	1.175	1.2	0.532%	1.675	1.7	0.006%
0.7	0.725	0.028%	1.2	1.225	0.425%	1.7	1.725	0.004%
0.725	0.75	0.041%	1.225	1.25	0.246%	1.725	1.75	0.004%
0.75	0.775	0.063%	1.25	1.275	0.212%	1.75	1.775	0.004%
0.775	0.8	0.090%	1.275	1.3	0.124%	1.775	1.8	0.004%
0.8	0.825	0.147%	1.3	1.325	0.099%	1.8	1.825	0.003%
0.825	0.85	0.220%	1.325	1.35	0.078%	1.825	1.85	0.002%
0.85	0.875	0.340%	1.35	1.375	0.049%	1.85	1.875	0.003%
0.875	0.9	0.573%	1.375	1.4	0.042%	1.875	1.9	0.002%
0.9	0.925	1.055%	1.4	1.425	0.035%	1.9	1.925	0.002%
0.925	0.95	1.782%	1.425	1.45	0.027%	1.925	1.95	0.002%
0.95	0.975	3.048%	1.45	1.475	0.019%	1.95	1.975	0.002%
0.975	1	30.596%	1.475	1.5	0.014%	1.975	2	0.002%

シミュレーション初期設定時の住宅価格分布については、不動産情報ライブラリで提供している個々の物件価格データから 2023 年 10 月から 2024 年 9 月までの“東京都内”で成約した中古マンション価格データを参考にした。不動産情報ライブラリの価格データは二種類あり、一つは国土交通省が不動産取引当事者を対象に行う不動産取引アンケートを基にした不動産取引価格情報で、もう一方は指定流通機構（Real Estate Information Network System, REINS）保有の不動産取引価格情報を基にした成約価格情報である。上記期間における二種類の価格データを比較したところ、不動産取引価格情報のデータでは 2 千万円台以下の件数が多く価格分布が価格の低い方に偏っている印象があったため、成約価格情報を参照した。成約価格情報の価格分布に占める割合は 4 億円以下が 99.8%あり、2 億円以下でも 98.5%と大半を占める。表 13 の年齢・年収パーセンタイル分布表からも分かる通り、年収が 1,500 万円を超える家計の割合は全体の 3%程度であり、一般に年収の 5 から 7 倍程度が購入住宅の価格目安と言われていることを考慮して、本モデルでは成約価格が 2 億円以下の価格データを分析対象とした。この価格分布の近似として位置パラメータが 3.1、スケールパラメータが 1.3 のガンマ分布を利用して本モデルにおける初期の住宅品質ごとの平均価格や価格帯の上限を設定した。（なお、ここで

いう位置パラメータとスケールパラメータは、Python の数値解析ライブラリ scipy の stats モジュールにおける gamma クラスの loc 引数と scale 引数を指す。) 図 15 は上段左が 4 億円以下の成約価格情報の価格分布、上段右は 2 億円以下の同分布、下段左は上述の位置パラメータとスケールパラメータをもつガンマ分布の確率密度関数、下段右は 2 億円以下の価格分布とガンマ分布を重ねて示したものである。なお下段右の図のガンマ分布は横軸を 1,000 万倍して成約価格情報の価格分布の横軸に揃えて表示している。

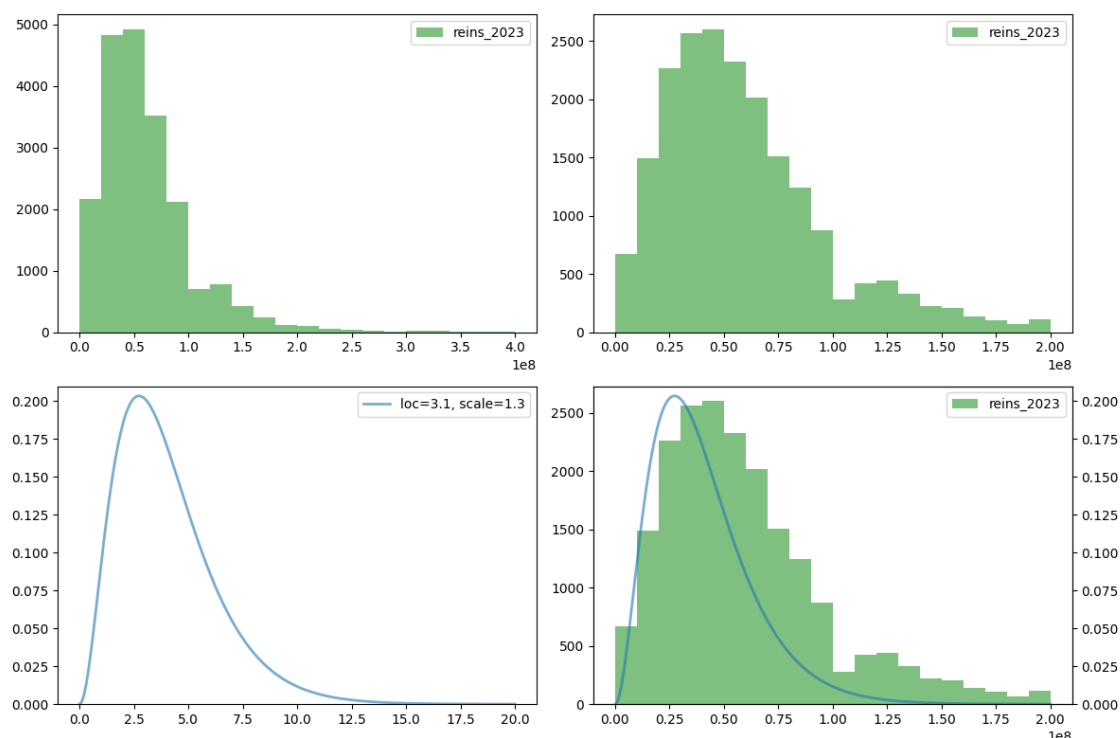


図 15 東京都内の実データによる価格分布と近似の確率分布

本モデルの初期ステップにおける各住宅品質の平均住宅価格は、上記のガンマ分布の累積分布関数の逆関数の該当パーセンタイル点の値に、初期設定の HPI の値を乗じたものになっている。各住宅品質における賃貸価格の平均価格については、各住宅品質の平均住宅価格に賃貸利回りの初期設定である 4%を乗じた金額とした。

参考文献

Geanakoplos, J., R. Axtell, J. D. Farmer, P. Howitt, B. Conlee, J. Goldstein, M. Hendrey, N. M. Palmer and C.-Y. Yang (2012). “Getting at Systemic Risk via an Agent- Based Model of the Housing Market”, *American Economic Review*, 102(3), pp. 53-58.

- Axtell, R., D. Farmer, J. Geanakoplos, P. Howitt, E. Carrella, B. Conlee, J. Goldstein, M. Hendrey, P. Kalikman, D. Masad, N. Palmer and C. Y. Yang (2014). “An agent-based model of the housing market bubble in metropolitan Washington, DC”, *Deutsche Bundesbank's Spring Conference on “Housing markets and the macroeconomy: Challenges for monetary policy and financial stability”*, pp. 5-6.
- Baptista, R., J. D. Farmer, M. Hinterschweiger, K. Low, D. Tang and A. Uluc (2016). “Macroprudential policy in an agent-based model of the UK housing market”, *Staff Working Paper 619*, Bank of England.
- Carro, A., Hinterschweiger, M., Uluc, A., Farmer, J.D., (2023). “Heterogeneous effects and spillovers of macroprudential policy in an agent-based model of the UK housing market.”, *Industrial and Corporate Change*, 32 (2), pp. 386–432.



金融庁金融研究センター

〒100-8967 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-1
中央合同庁舎 7 号館 金融庁

TEL: 03-3506-6000

URL: <https://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>