

富山市を対象とした住宅ストック遷移マイクロシミュレーションの適用と検証

村田 雄介¹・杉木 直²・松尾 幸二郎³

¹ 学生会員 豊橋技術科学大学 工学部 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)
E-mail: y163544@edu.tut.ac.jp

² 正会員 豊橋技術科学大学准教授 工学部 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)
E-mail: sugiki@ace.tut.ac.jp

³ 正会員 豊橋技術科学大学助教 工学部 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)
E-mail: k-matsuo@ace.tut.ac.jp

人口減少と少子高齢化を背景とした都市課題・交通課題への対応のため、コンパクトシティ・プラス・ネットワークの考えに基づいた立地適正化計画が導入され検討が進められている。しかし、定量的な評価手法の不足から、具体的な居住誘導施策の検討には至っていないのが現状である。このため、既存の世帯マイクロシミュレーションモデルに住宅ストックの遷移機能を付加することにより、立地適正化計画における立地誘導施策の定量的な評価が可能な都市マイクロシミュレーションモデルが開発されている。本研究では、このマイクロシミュレーションモデルについて、富山市を対象として住宅ストックマイクロデータを作成し、住宅ストック遷移モデルおよび世帯-住宅マッチングモデルのパラメータ推定を行うことを目的とする。

Key Words: *Micro-simulation, Housing Stock, Household Life Stage, Inducement Policy*

1. はじめに

今後急速に進展する人口減少と少子高齢化を背景として、既成市街地における空家の増加、非効率な都市構造の下での都市の活力の低下、公共交通サービスの行き届かない郊外住宅地における自動車の運転できない高齢者などの交通弱者の増加や運転せざるを得ない高齢者による交通事故の増加などが課題となっている。これらの都市課題への対応の緊急性から、国土交通省は「コンパクトシティ・プラス・ネットワーク」の考えに基づいた立地適正化計画制度を創設し令和元年7月末時点で477市町が取り組み、272市が公表を行っている¹⁾。立地適正化計画においては、①一定エリアにおいて人口密度を維持する居住誘導区域を設定し、生活サービスやコミュニティを持続的に確保すること、②都市機能誘導区域の設定：居住誘導区域内の中心拠点や生活拠点に医療・福祉・商業などの都市機能を誘導し、都市サービスを効率的に供給すること、③拠点間を結ぶ公共交通サービスを充実し、公共交通沿線へ立地を誘導すること、④達成状況を評価し、状況に合わせて開発されてきた都市計画や居住誘導区域を見直すなど、時間軸を持ったアクションプランとして運用することなどが重要な視点となる。しかし、現在公表されている立地適正化計画では、既往の

外生的な人口配置ビジョンに基づいて将来地区別人口を設定、または外生的な目標値を定めて進捗管理を行うなど、将来人口分布は外生的に設定されている。また基本的な施策は公共用地の利活用（公共施設配置、公的住宅整備）、区域外への立地規制、公共交通サービスの充実などであり、誘導区域への移転補助、定住補助、建替補助等の施策は必要に応じて今後検討と記載されているケースが多く、居住に関する立地誘導に関する具体的な施策やその効果の定量的な検討には至っていない。さらに、都市機能誘導区域のみを定め、居住誘導区域の設定は今後検討するとしている自治体が多く存在し、この要因としては、定量的な将来予測手法に基づいた居住誘導区域の設定や、その検証が困難であることが挙げられる。

また、技術的背景として、土地利用と交通の相互作用を考慮した計画策定支援ツールとして、さまざまな都市モデル（土地利用-交通モデル）が開発されてきた。中でも、都市マイクロシミュレーションモデルは、近年、積極的なモデル開発、適用に関する研究が進められている²⁾³⁾。都市マイクロシミュレーションモデルは、世帯の多様な属性によって異なる都市サービスの需要予測、ライフステージ進行に伴う居住世帯の属性の変化の表現などの性能において、立地適正化計画が対象とする我が国

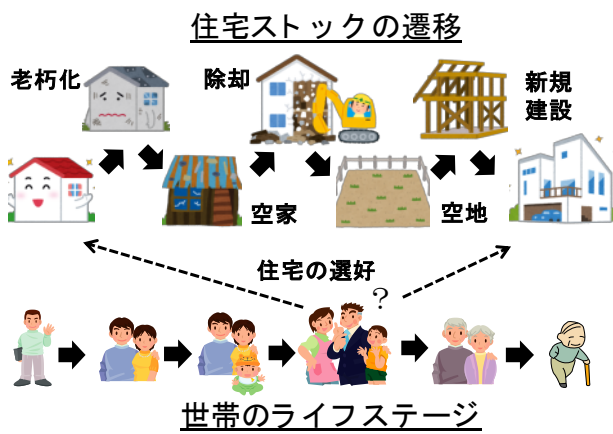


図-1 世帯ライフステージと住宅ストックの遷移

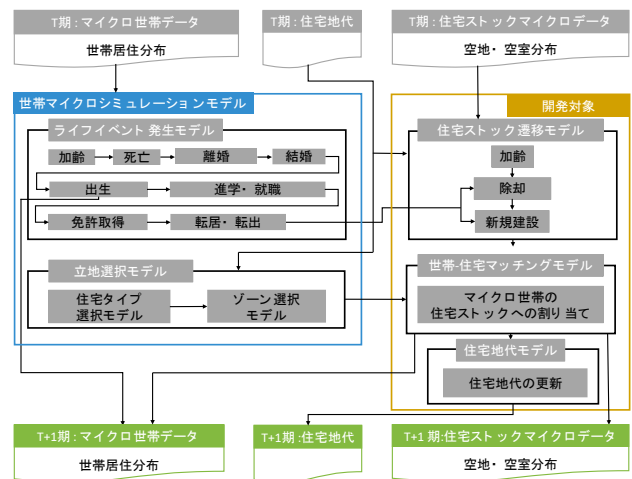


図-2 モデル構造

の都市の計画課題に対する有用性が高いと考えられる。

このような背景を踏まえ、縮退状況における都市マネジメントのための世帯マイクロシミュレーションシステム構築について、シミュレーション初期時点のマイクロ世帯データ作成や、居住立地マイクロシミュレーションによる将来予測と都市サービス需要予測に関する研究が行われてきた⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。しかし、既開発の手法では、都市の縮退下で起こる空家や空地の発生などの表現において限界があった。空家や空地に対する立地誘導施策の検討を行う際には、図-1に示すように、住宅ストックの老朽化や更新といった遷移を表現し、世帯のライフステージと住宅ストックの遷移がどのように関係しているのかを明らかにする必要がある。しかし、立地需要に対する住宅ストックの更新や、移転補助・建替補助等の施策の効果を計測可能な住宅ストックの供給主体を対象としたモデル化に関する研究蓄積は十分にされていない。

本研究では、このマイクロシミュレーションモデルについて、富山市を対象として住宅ストックマイクロデータを作成し、住宅ストック遷移モデル、世帯住宅マッチングモデルのパラメータ推定を行うことを目的とする。

2. 住宅ストック遷移を内生化した都市マイクロシミュレーション

図-2に杉木ら⁹⁾によって構築された都市マイクロシミュレーションモデルを示す。モデルは、世帯の変化を予測する「ライフイベント発生モデル」、立地選択モデル、住宅ストックの変化を予測する「住宅ストック遷移モデル」、世帯の住宅ストックへの割り当てを表現する「世帯-住宅マッチングモデル」、住宅地代の更新を行う「住宅地代モデル」によって構成される。これらのうち、「ライフイベント発生モデル」、「立地選択モデル」については鈴木ら⁷⁾による既開発の世帯マイクロシミュレーションモデルを用いるため、「住宅ストック遷

移モデル」、世帯-住宅マッチングモデル」を対象とした開発を行っている。「ライフイベント発生モデル」では、加齢、死亡、進学・就職、結婚、出生の各ライフイベントをシミュレートし、世帯の遷移が表現されるとともに、世帯の独立による新規発生世帯が生成される。続いて、各世帯に対する転居の発生を予測し、転居世帯と新規発生世帯に対し、「立地選択モデル」で住宅タイプの選択および立地ゾーンの選択を予測する。「住宅ストック遷移モデル」ではゾーン内の住宅に対し、加齢（築年数の更新）を行った後、除却、新規建設を順に予測する。転居の発生予測段階で、転居が発生した世帯の現住居は、空家に更新される。除却は空家に対し行われ、除却された住宅は空地となる。また、新規建設は空地に対して行われる。ここで、除却および建設は、T期からT+1期の間のタイプ別世帯数の変化量に影響を受けるものとし、住宅タイプごとの立地需要に対応した建物供給をモデル化する。続いて、「世帯-住宅マッチングモデル」において、今期に立地選択を行った世帯と、新規建設住宅を含む空家とのマッチングを行い、T+1期のマイクロ世帯の居住分布、空地・空家を含む住宅ストックマイクロデータが出力される。最後に、「住宅地代モデル」において、世帯の立地需要と建物による供給バランスを考慮したT+1期の住宅地代が算出される。住宅地代は、「立地選択モデル」における住宅タイプと立地ゾーンの選択において主要な説明変数となるとともに、「住宅ストック遷移モデル」における除却と建設において、建物からの収益を規定する。

3. モデルの定式化

(1) 住宅ストック遷移モデル

住宅ストック遷移モデルでは、個々の住宅に対する築年数の更新を行った後、建物を除却し空地とするか否か、空地への新規建設を行うか否かをマイクロシミュレーションにより表現する。

ゾーン*i*におけるタイプ*k*の建物*h*の所有者は、T+1期において建物*h*より得られる収益 $B_{h, ki}$ を式(1)のように予測するものとする。

$$B_{h,ki} = \alpha_0^k + \alpha_1^k R_i n_h - \alpha_2^k BY_h + \alpha_3^k \Delta N_{ki} \quad (1)$$

R_i : ゾーン*i*のT期住宅地代

n_h : 建物*h*の住居戸数 (集合住宅の室数, 戸建は1)

BY_h : 建物*h*の築年数

ΔN_{ki} : ゾーン*i*におけるタイプ*k*の建物へ居住する世帯のT期からT+1期にかけての変化量

$\alpha_{0\sim3}^k$: パラメータ

ここで、右辺第3項は建物の老朽化による収益の低下を、第4項は立地需要の変化による期待収益の変動をあらわしている。

ゾーン*i*におけるタイプ*k*の建物の除却は、式(2)の二項ロジットモデルによる除却確率 P_{ki}^d に基づくモンテカルロシミュレーションにより行われる。

$$P_k^d = \frac{\exp \delta^d \pi_{ki}^d}{\exp \delta^d \pi_{ki}^d + \exp \delta^d \pi_{ki}^r} \quad (2)$$

π_{ki}^d : ゾーン*i*, 建物タイプ*k*の建物を除却する場合の期待収益

π_{ki}^r : ゾーン*i*, 建物タイプ*k*の建物を留保する場合の期待収益

δ^d : パラメータ

建物を除却する場合と留保する場合の期待収益は、それぞれ式(3)、式(4)で表される。

$$\pi_{ki}^d = \frac{1}{\theta} \ln \sum_{k'} \exp \theta B_{k'i}^{new} - \alpha_k^d \quad (3)$$

$$\pi_{ki}^r = B_{ki} \quad (4)$$

α_k^d : 除却コストパラメータ

ここで、 B_{ki}^{new} は新規建設の場合の期待収益であり式(5)のように定義される。

$$B_{ki}^{new} = \alpha_0^k + \alpha_1^k R_i n_{ki} + \alpha_3^k \Delta N_{ki} \quad (5)$$

n_{ki} : ゾーン*i*におけるタイプ*k*の建物の平均住居戸数 (集合住宅の住居戸数, 戸建は1)

建物が除却される場合は、空地に更新され、空地リストに加えられる。

空地に対する新規建物の建設は、建物タイプ*k*の選択確率 P_{ki}^c に基づくモンテカルロシミュレーションにより行われる。建物タイプ*k*の選択確率 P_{ki}^c は、式(5)の新規建設の場合の期待収益を用い、式(6)の多項ロジットモデルで表される。

$$P_{ki}^c = \frac{\exp \delta^c B_{ki}^{new}}{\sum_{k'} \exp \delta^c B_{k'i}^{new}} \quad (6)$$

δ^c : パラメータ

ここで、この建物タイプの集合*k'*には、建設せずに空地

のままとする場合も含まれる。集合住宅戸数はゾーン別の戸数の実績分布に対し乱数を発生させて決定する。新規建設された住宅は空地リストに加えられる。

(2) 世帯-住宅マッチングモデル

世帯-住宅マッチングモデルでは、転居世帯および新規発生世帯の空家リストからの居住住宅の選択をマイクロシミュレーションにより表現する。建物タイプ*k*に居住を希望する世帯タイプ*m*の世帯が、空家リスト内の住宅*r*を選択する確率は式(7)で表される。

$$P_{m,r,ki}^s = \frac{\exp \delta^s V_{r,ki}^m}{\sum_{r'} \exp \delta^s V_{r',ki}^m} \quad (7)$$

δ^s : パラメータ

$$V_{r,ki}^m = \beta_0^{m,k} - \beta_1^{m,k} R_i - \beta_2^{m,k} BY_r \quad (8)$$

$\beta_{0\sim2}^{m,k}$: パラメータ

(3) 住宅地代モデル

住宅地代モデルでは、世帯と住宅ストックのシミュレーション結果を踏まえ、T+1期の住宅地代を更新する。世帯の立地需要と建物による供給バランスを考慮し、住宅地代を式(9)により算出される。

$$\ln R_i = \sum_l \gamma_0 + \gamma_1 \ln X_1 + \gamma_2 \ln X_2 + \gamma_3 X_3 + \gamma_4 \ln \frac{L_i}{H_i} \quad (9)$$

$X_{1\sim3}$: ゾーン条件

L_i : ゾーン*i*の住宅地面積

H_i : ゾーン*i*の立地世帯数

$\gamma_{0\sim4}$: パラメータ

ここで、右辺第2項はゾーン利便性を、第3項は立地密度を表している。

4. 富山市における適用

(1) ゾーン設定

本研究では、構築されたモデルを富山市を対象として適用する。分析ゾーンは、図-3に示すような、国勢調査中ゾーンをベースとした82ゾーンを設定する。

(2) 利用データ

住宅ストックマイクロデータは、株式会社ゼンリンの平成24年、平成29年の住宅ポイントデータを利用して作成した。このデータは、個々の住宅について、緯度・経度、建物階数、敷地面積、床面積、集合住宅の戸数、空室状況を含んでおり、2時点のデータの比較により、除却、新規建設、建替、留保の判定が可能である。また、2時点のポイントの座標にずれがある場合は住所、2点間の距離、面積の差などを比較して判定を行った。

また、住宅ストック遷移モデルの期待収益に使用する

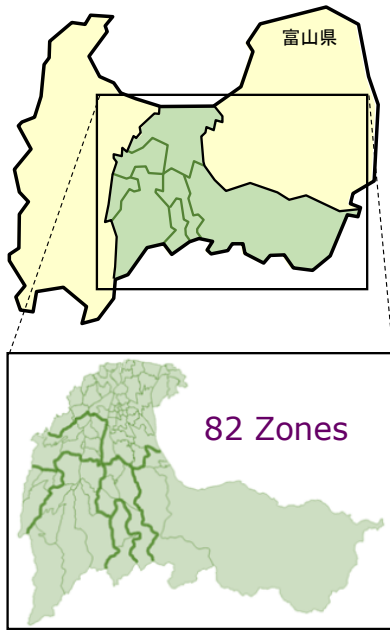


図-3 ゾーン設定

世帯のT期からT+1期にかけての変化量と建物 h の築年数について、世帯の変化量は、平成22年、平成27年の国勢調査の500mメッシュの世帯数を100mメッシュごとに割り付けた世帯数を使用する。築年数については、都市計画基礎調査データの2007年のデータと2012年、2017年のゼンリン住宅ポイントデータを比較して得た、築年数5年未満、5~10年、10年以上の3段階の築年数データを使用する。地代については、2012年と2017年の地価公示と都道府県地価調査を使用する。

ゾーン別のマイクロ世帯データは、既存研究⁹⁾において作成されたものを用いる。これは、周辺分布である平成22年国勢調査の人数別世帯数および性別年齢階層別人口と、平成23年12月に富山市全域を対象に郵送配布、郵送回収形式で実施されたアンケート調査により入手された、3,864世帯、9,747人分のマイクロ世帯データサンプルを用い、初期マイクロ世帯推計手法を適用して推定されたものである。

5. パラメータ推定

住宅地代モデルでは、住宅が含まれる100mメッシュの地代を推定する。ゾーン条件、住宅地面積、立地世帯数は100mメッシュ単位で集計したデータを使用する。

ゾーン条件は、各100mメッシュから富山駅までの距離、各100mメッシュから最寄り駅までの距離、用途地域の条件として、各100mメッシュが工業地域・工業専用地域に含まれるか否かを使用する。住宅地面積は100mメッシュ内に含まれるゼンリン住宅ポイントデータの面積の合計を使用し、立地世帯数では、前述のとおり、国勢調査の500mメッシュあたりの世帯数を、100mメッシュ内のゼンリン住宅ポイントデータの総部屋数を基準に割り

表-1 住宅地代モデル パラメータ推定結果

		パラメータ
γ_0	-	11.636**
γ_1	富山駅までの距離	-0.518**
γ_2	最寄り駅までの距離	-0.127**
γ_3	工業地域・工業専用地域	-0.742**
γ_4	立地世帯数	-0.095**

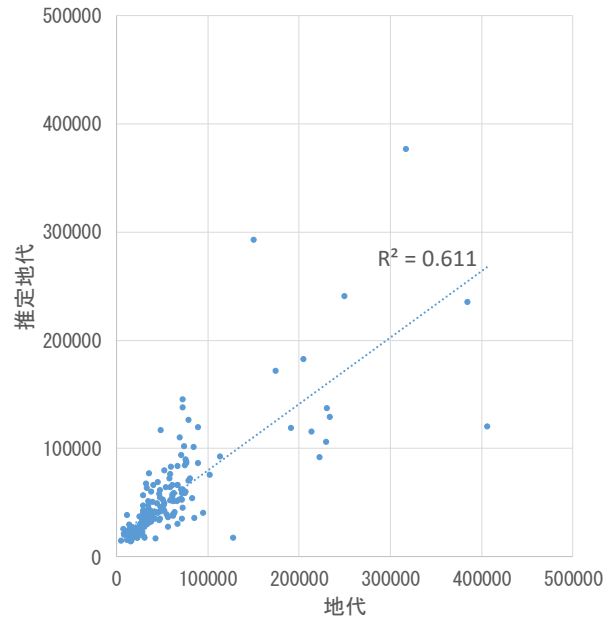


図-4 2012年 地代と推定地代の比較

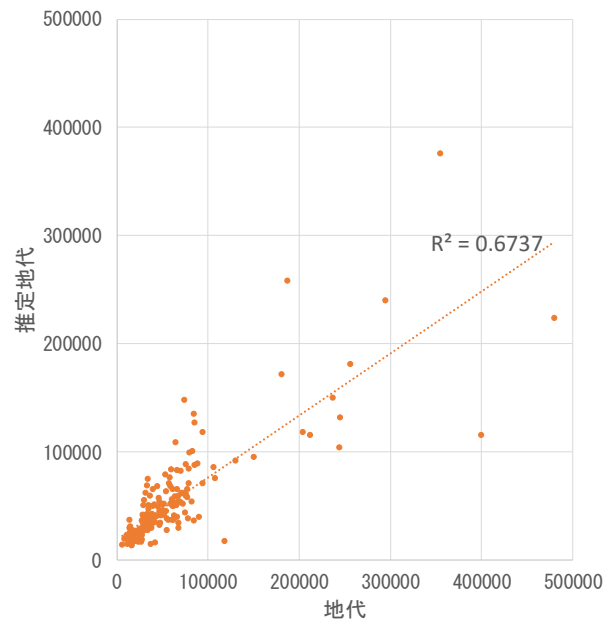


図-5 2017年 地代と推定地代の比較

付けた世帯数を使用す。以下に推定されたパラメータを表1に、推定地代と実際の地代の比較を図4と図5に示す。推定地代と実際の地代を比較すると2012年と2017年の両

方とも、概ね再現しているが地代と推定地代の差が大きい結果もあるため、ゾーン条件を見直す必要があると考える。

住宅ストック遷移モデルは作成された2時点の住宅ストックマイクロデータを比較し、建物の除却、空地への新規建設、建替といった遷移が生じているものを抽出し、除却モデルおよび新規建設モデルのパラメータ推定を行う。また、アンケートサンプルと空室リストより、世帯-住宅マッチングモデルのパラメータを推定する。

6. おわりに

本研究では、住宅ストックの遷移を内生化した都市マイクロシミュレーションモデルについて、既開発モデルに組み込む住宅ストック遷移モデル、住宅地代モデル、世帯-住宅マッチングモデルについて、パラメータ推定を行なった。住宅ストック遷移モデル、世帯-住宅マッチングモデルパラメータ推定の結果は、講演時に報告を行う予定である。今後は、居住費補助などの誘導施策の評価について検討を行ってゆく予定である。

謝辞：本研究はJSPS科研費17K06597の助成を受け、実施しました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 立地適正化計画作成の取組状況: 国土交通省 HP, http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/toshi_city_plan_fr_00051.html
- 2) Wegener, M. : Overview of land-use transport models, Proc. of CUPUM'03, 2003.
- 3) 宮本和明, 北詰恵一, 鈴木温 : 世界における実用都市モデルの実態調査とその理論・機能と適用対象の体系化, 平成 18~19 年度科学研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号:18560524)研究成果報告書, 2008.
- 4) Sugiki, N., Vichiensan, V., Otani, N., and Miyamoto K. : Agent-Based Household Micro-Datasets: An Estimation Method Composed of Generalized Attributes with Probabilistic Distributions from Sample Data and Available Control Totals by Attribute, *Asian Transport Studies*, Vol.2, No.1, pp.3-18, 2012.
- 5) Sugiki, N., Muranaka, T., Otani, N., and Miyamoto K. : Agent-based Estimation of Household Micro-data with Detailed Attributes for a Real City, *Proceedings of the 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, pp.231-1 - 231-18, 2015.
- 6) Otani, N., Fukuoka, Y., Sugiki, N., and Miyamoto K.: Tailor-made Selection of Policy Measures for Households Based on the Detailed Attributes by Segmentation Approach with Decision Tree Analysis, *Proceedings of CUPUM 2015*, 242-Paper, Web, 2015.
- 7) 鈴木温・杉木直・宮本和明 : 空間的マイクロシミュレーションを用いた都市内人口分布の将来予測 - 人口 40 万人規模の富山市を対象として -, 都市計画論文集, No.51-3, pp.839-846, 2016.
- 8) Sugiki, N., Miyamoto K., Kashimura A., and Otani, N.: Household micro-simulation model considering observed family histories in a suburban new town, S.Geertman et al. (eds.), *Planning Support Science for Smarter Urban Futures, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, pp.207-229, 2017.
- 9) 杉木直, 鈴木温, 宮本和明 : 住宅ストック遷移を内生化した都市マイクロシミュレーションの開発, 第 56 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2017.

APPLICATION AND VERIFICATION OF HOUSING STOCK TRANSITION MICRO SIMULATION FOR TOYAMA CITY

Yusuke MURATA, Nao SUGIKI and Kojiro MATSUO