

オープンデータを用いた マイクロシミュレーション型都市モデルによる 都市政策の評価

Batzaya Munkhbat¹・杉木 直²・長尾 将吾³・松尾 幸二郎⁴

¹ 学生会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学専攻 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

E-mail: batzaya.munkhbat.ws@tut.jp

² 正会員 豊橋技術科学大学准教授 建築・都市システム学系 (〒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 学生会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学専攻 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

E-mail: nagao.shogo.dd@tut.jp

⁴ 正会員 豊橋技術科学大学准教授 建築・都市システム学系 (〒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

人口減少や少子高齢化の進行により、人口・世帯構造の詳細な将来予測はより重要性を増しており、多様な属性を考慮可能なマイクロシミュレーション型都市モデルは人口動態の予測手法として有用と考えられている。しかし、大規模なアンケート調査より得られる世帯サンプルデータを用いる場合は、分析手法としての汎用性が課題となっていたため、入手可能なオープンデータを使用するマイクロシミュレーション型都市モデルを構築してきた。本研究では、愛知県豊橋市を対象地域として国勢調査等のオープンデータを使用した将来都市構造予測モデルのパラメータ推定を行う。また、将来人口分布や世帯立地の変化のシミュレーションにより対象地域の立地適正化計画に定められた居住誘導区域に着目して都市政策の評価を実施する。

Key Words: *Micro-Simulation, Urban Model, Open-Data, Life Event, Policy Evaluation*

1. はじめに

我が国では人口減少や少子高齢化により中心市街地の衰退、都市機能の低下等が進行している。こうした中、都市内における人口分布・世帯構造の詳細な将来予測や誘導政策の影響評価は、都市生活者の属性を考慮した、より綿密な都市政策実現のために重要である。そこで、個人や世帯などを最小単位として操作することで、人口分布や世帯構造の将来予測および、都市政策の効果等を分析できる、マイクロシミュレーション型都市モデルが提案されている。先駆的な研究として、林ら¹⁾が個人のライフイベントと非集計行動モデルを用いたマイクロシミュレーションのモデル化を行い、サンプルデータを用いて計算を行っている。さらに、欧米諸国ではいくつかの研究グループによって研究事例や実都市への適用事例の蓄積が進められている^{2,3)}。マイクロシミュレーション型都市モデルに関する研究では、世帯サンプルデータ

を用いて都市内の世帯マイクロデータの初期分布を生成する手法が提案されている⁴⁾。さらに、鈴木ら⁵⁾は、初期世帯マイクロデータを用いて、マイクロシミュレーションによる都市内の将来人口分布を予測している。しかし、これらの手法はアンケート調査より得られる世帯サンプルデータを用いており、分析手法としての汎用性が課題となっている。

そこで、本研究では入手可能なオープンデータのみを用いたマイクロシミュレーション型都市モデルを構築する。また、愛知県豊橋市を対象にモデルを適用し、対象地域の都市政策に関する分析を行い、将来の居住分布への影響の視点から評価する。

2. モデルの構造

将来の都市構造を予測するマイクロシミュレーション

型都市モデルの基本構造を図-1に示す。まず、国勢調査などのオープンデータを用いて、シミュレーション初期年次の世帯マイクロデータを生成する。推計手法については、長尾ら⁹⁾の研究で既に構築されており、詳しくは3章で述べる。次に、世帯マイクロデータにおける個人属性の変化をライフイベント発生モデルにより表現する。シミュレーションのタイムステップごとにライフイベント（加齢・死亡・離婚・結婚・出生・就業・就学・免許保有状態・離家・転居）を確率的に発生させる。これらの個人・世帯属性の変化を考慮して、世帯の転居を判定する。一方で、対象地域外からの転入世帯は地域内の世帯マイクロデータとは別に、人口・世帯フレームとの差分により生成される。その後、域内転居、転入世帯に対して、転居先の住宅タイプや居住ゾーンの選択など、転居における立地選択を表現する。最後に、地価モデルにより地域内の立地変化に伴う地価の変化を表現する。これらのサブモデルをシミュレーションタイムステップごとに繰り返すことで、将来の都市構造を予測する。

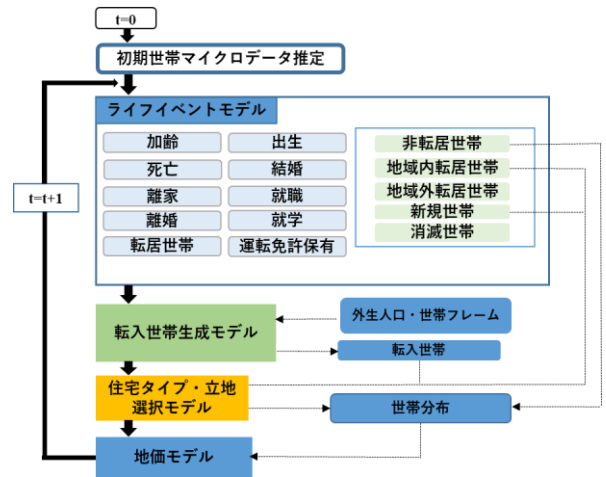


図-1 マイクロシミュレーション型都市モデルの基本構造

3. 初期世帯マイクロデータ推定

長尾ら⁹⁾の研究で構築された初期世帯マイクロデータ推定手法について、推定フローを図-2に示す。まず、地域メッシュ統計より得られる、メッシュごとの性別年齢別人口および世帯人数別世帯数を周辺分布として設定する。次に、国勢調査の家族類型 16 カテゴリおよび世帯人数のクロス集計に基づき、世帯タイプを生成する。この時、構成割合が低いものや家族類型（世帯主との続き柄）が不明な世帯は、「その他世帯」に統合する。その後、生成した世帯タイプに基づき、世帯構成員の属性（世代、性別、年齢、婚姻関係等）をモンテカルロ法により確率的に生成する。最後に、以上の処理をメッシュ単位で繰り返すことで、世帯マイクロデータを周辺分布に適合させる。さらに、就職・就学形態、住居タイプ、免許保有状況を対象地域における構成割合に基づき確率的に決定する。

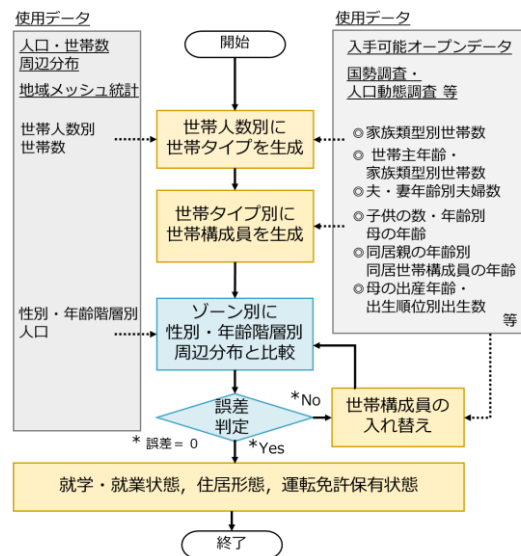


図-2 初期世帯マイクロデータ推定フロー

4. 将来都市構造予測モデル

(1) ライフイベントモデル

a) 加齢イベント

加齢イベントは、生存するすべての個人に確定的に生じる。シミュレーションタイムステップを Δt とすると、個人の年齢に Δt を加えることで加齢を表現する。また、これ以降は加齢した年齢を基準にライフイベントの発生

確率を与える。

b) 死亡イベント

生存するすべての個人に対して死亡を判定する。ワイブル分布を累積生存関数に仮定した、生存時間解析によって性別年齢別に死亡確率を推定する。ワイブル分布の累積生存関数 $S(t)$ は次のとおりである。

$$S(t) = \exp\left\{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right\} \quad (t \geq 0) \quad (1)$$

ここで、 t は年齢、 α 、 β はパラメータである。式(1)は生命表の統計データに基づき推定可能である。また、死亡確率は $1 - S(t)$ で定義される。算出した死亡確率に基づき、モンテカルロ法により各個人の死亡を判定し、死亡した個人については以降のライフイベントは発生しない。

c) 離婚イベント

既婚者に対して離婚を判定する。離婚確率は、性別年齢別の離婚者数をその年齢の既婚者数で割ることで算出

する。離婚確率の算出には、対象地域における人口動態調査の「夫年齢別離婚件数」、国勢調査の「性・年齢・配偶関係別人口」における男性の年齢別有配偶者数を使用する。また、離婚時の離家者の性別構成比率として、全国家庭動向調査の「親との同別居割合」における全国平均値を用いる。離家者の行先としては、①域内で独立世帯を形成、②域外へ転出を考慮する。転居時の域内・域外判定には、国勢調査の「性別年齢別・居住地別 5 年前の在住地」より選択確率を算出し使用する。

d) 結婚イベント

未婚者である 18 歳以上の男性、16 歳以上の女性を対象として結婚を判定する。結婚確率は、性別年齢別の婚姻件数をその年齢の未婚者数で割ることで算出する。結婚確率の算出には、対象地域における人口動態調査の「夫・妻の同居時年齢別結婚者数」、国勢調査の「性・年齢・配偶関係別人口」における有配偶者数を除いた数を用いる。結婚が判定された個人は、結婚候補者にリストアップされ、リストアップされた男女に配偶者の年齢を割り当てる。この時、国勢調査の「夫婦の年齢別夫婦数」を用いる。リストアップされた男女は配偶者の年齢が一致しているペアがリスト内に存在すれば結婚するものとして処理し、存在しない場合は域外から当該年齢の配偶者を転入させる。さらに、全国家庭動向調査の「親との同別居割合」における全国平均値を使用して、世帯の合流・分離を①夫の世帯に合流、②妻の世帯に合流、③独立世帯の形成の 3 パターンで判定する。

e) 出生イベント

既婚女性（16 歳～49 歳）を対象者に、子供の出生を判定する。以下に示す一般化対数ガンマ分布を用いて、母の年齢別出生順位別の出生確率を推定する。

$$g_n(x) = \frac{C_n |\lambda|}{b_n \Gamma(\lambda_n^{-2})} (\lambda_n^{-2})^{\lambda_n^{-2}} \exp \left[\lambda_n^{-1} \left(\frac{x - u_n}{b_n} \right) - \lambda_n^{-2} \exp \left\{ \lambda_n \left(\frac{x - u_n}{b_n} \right) \right\} \right] \quad (2)$$

ここで、 $g_n(x)$ は x 歳の女性の第 n 子の出生確率、 Γ はガンマ分布であり、 λ_n 、 C_n 、 u_n 、 b_n はパラメータである。パラメータの推定には、人口動態調査の「母の年齢・出生順位別出生数」を使用する。

f) 就業・就学イベント

16 歳、19 歳、21 歳、23 歳の個人について、それぞれ進学・就職率を与え、進路を決定する。進学率は、学校基本調査の「卒業後の状況調査」から進学人口を卒業人口で割ることで算出する。なお、就職が判定された場合は、「学生」以外の就業割合を用いてモンテカルロ法により新たな職業に更新する。また、16 歳、19 歳、21 歳、23 歳、25 歳の個人を対象とし、進学・就職時の離家（①在留、②域内転居、③域外転居）を判定する。

g) 運転免許保有更新

18 歳以上の個人を対象に、運転免許の取得・返納を判定する。免許取得率・返納率の算出には、国勢調査の「性別年齢別人口」および、運転免許統計の「性別年齢別運転免許保有者数」のデータを使用する。人口に対する免許保有者数に基づき、性別年齢別免許保有率を算出し、この免許保有率を 1 年スライドすることで、ある年齢階層における保有率の上昇を取得率、減少を返納率として定義する。

h) 離家イベント

離婚、就職・進学による離家とは別に、性別年齢別離家率を定義し、それに基づき個人の離家判定がなされる。

i) 転居イベント

世帯の転居、域外転出を判定する。この時、国勢調査の「性別年齢別・現住地別 5 年前の在住地」を使用し、性別年齢別転居・転出率を算出する。これに一致するような転居・転出世帯の組合せを初期世帯マイクロデータから探索して得られる転居・転出世帯の世帯主年齢と世帯人数から、世帯主年齢別世帯人数別転居・転出率を算出する。この転居・転出率に基づき、世帯を転居・転出させる。

(2) 転入世帯生成モデル

世帯人数別転入世帯数と年齢別転入人口を用いて対象地域外からの転入世帯を生成する。対象地域内の世帯マイクロデータの性別年齢階層別人口および世帯人数別世帯数を集計する。これに対して、シミュレーションタイムステップ $t+1$ 期における人口・世帯数を外生フレームとして与える。人口・世帯数の外生フレームとしては、国立社会保障・人口問題研究所の推計データである「日本の地域別将来人口・世帯数推計」⁷⁾を用いる。地域内集計値と外生フレームとの差により、転入人口および世帯数を生成する。算出した性別年齢階層別人口および世帯人数別世帯数を周辺分布として、転入人口と世帯人数別転入世帯数が整合するように、初期世帯マイクロデータ生成と同様に、転入世帯のマイクロデータを生成する。また、転入人口にも同様に、就学・就業状態、免許保有状況を付与する。

(3) 住宅タイプ選択モデル

対象地域内への転居世帯を対象に、住居タイプ選択モデルにより、転居先の住居タイプを決定する。世帯の属性を変数とする多項ロジットモデルにより、住居タイプの選択を行う。世帯 n の住宅タイプの選択集合 H_n は、 $H_n = \{i=1(\text{持家/戸建}), i=1(\text{持家/集合}), i=3(\text{賃貸/戸建}), i=4(\text{賃貸/集合})\}$ の 4 タイプとする。住宅タイプ選択モデルにおける多項ロジットモデルの選択確率および効用関数は次のとおりである。

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{i \in H_n} e^{V_{in}}} \quad (i \in H_n) \quad (3a)$$

$$V_{in} = \sum_k \theta_k X_{ink} + c \quad (i \in H_n) \quad (3b)$$

効用関数における世帯特定変数(X_{ink})として、世帯主年齢、世帯人数、子供の数等を考慮する。

(4) 居住ゾーン選択モデル

転居世帯を対象に、転居先が対象地域内の時のゾーンを決定する。対象地域の人口有りの全ゾーンから1つのゾーンを選択する多項ロジットモデルにより、居住地ゾーンを選択する。居住地ゾーン選択モデルでは、4つの住宅タイプごとに選択確率を算出する。

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{i \in H_n} e^{V_{in}}} \quad (i \in Z_n) \quad (4a)$$

$$V_{ihn} = \sum \alpha_{hk} X_{ik} + \gamma_h LP_i + c \quad (i \in Z_n) \quad (4b)$$

効用関数における説明変数としては、交通条件や土地条件などのゾーン属性及び世帯人数、世帯主年齢など(X_{ik})、地価(LP_i)を考慮する。

(5) 地価モデル

対象地域の人口有りゾーンの地価を決定し、シミュレーションのタイムステップごとに地価更新を行う。国土数値情報の地価公示より各ゾーンの地価を用いてヘドニック回帰モデルより地価を更新する。

$$LP_i = \sum_k \gamma_k X_{ki} + \delta D_i + c \quad (5)$$

説明変数としては、最寄り駅距離や都心距離(X_{ki})、立地密度(D_i)を考慮している。

5. モデルの適用

(1) 対象地域

本研究では、愛知県豊橋市を対象として、4次メッシュベースでマイクロシミュレーション型都市モデルを適用する。メッシュベースでのモデルの適用は、将来人口・世帯のメッシュ間の計量的比較が容易である等の利点がある。2015年の国勢調査における対象地域内の人口有メッシュは787であり、総人口は37万4997人、総世帯数は14万4359世帯である。

豊橋市は、中長期を見据えた持続可能なまちづくりのために、立地適正化計画を策定している。都市計画区域全体を立地適正化計画の区域とすることを基本とし、区域が定められている。特に、居住誘導区域は人口密度を維持することで生活サービスや地域コミュニティが確保されるように居住を誘導すべき区域である。また、豊橋

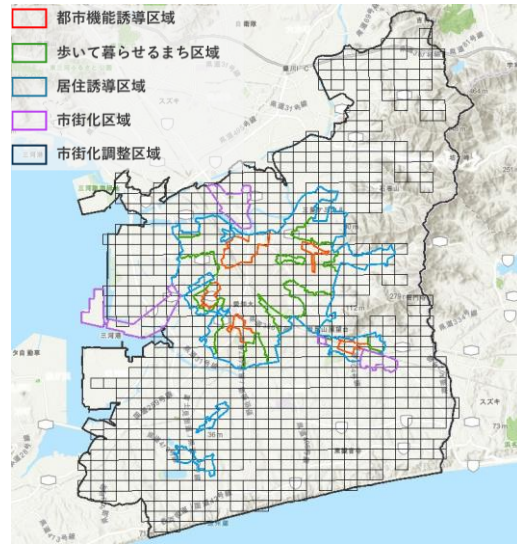


図-3 豊橋市の政策区域

市では独自に“歩いて暮らせるまち区域”を設定し、転居などに関する補助制度を実施することで、居住の集約を促進している。豊橋市の都市政策に関する区域区分を図-3に示す。

(2) 使用データ

初期世帯マイクロデータの生成には、国勢調査の地域メッシュ統計を周辺分布として用いる。また、個人・世帯属性の生成には、国勢調査の小地域集計、人口等基本調査、世帯構造等基本調査及び、人口動態調査を使用する。ライフイベントモデルにおけるイベント生起確率については国勢調査、人口動態調査等の統計データに基づき定義する。転入世帯生成モデルには、国立社会保障・人口問題研究所の将来推計人口・世帯数を使用する。地価モデルと立地選択モデルには国土数値情報から用途地域、地価公示等のデータを使用する。これらは、一般に入手可能なオープンデータである。なお、本研究では基本的に2015年の統計データをベースとしている。

(3) ライフイベントモデル発生確率

対象地域の統計データより作成したライフイベント発生確率を図-4にまとめる。本モデルにおけるライフイベントは、これらに基づきモンテカルロ法により確率的に発生する。就業・就職状態更新時および離家イベント時の離家率は、統計データを用いた作成が困難であるため19歳～64歳の男女については0.015とし、それ以外の年齢に関しては0として外生的に設定した。

(4) 住宅タイプ選択モデルの推定

住宅タイプ選択モデルの効用関数の説明変数として、世帯人数、世帯主の年齢、世帯人数を設定した。また、

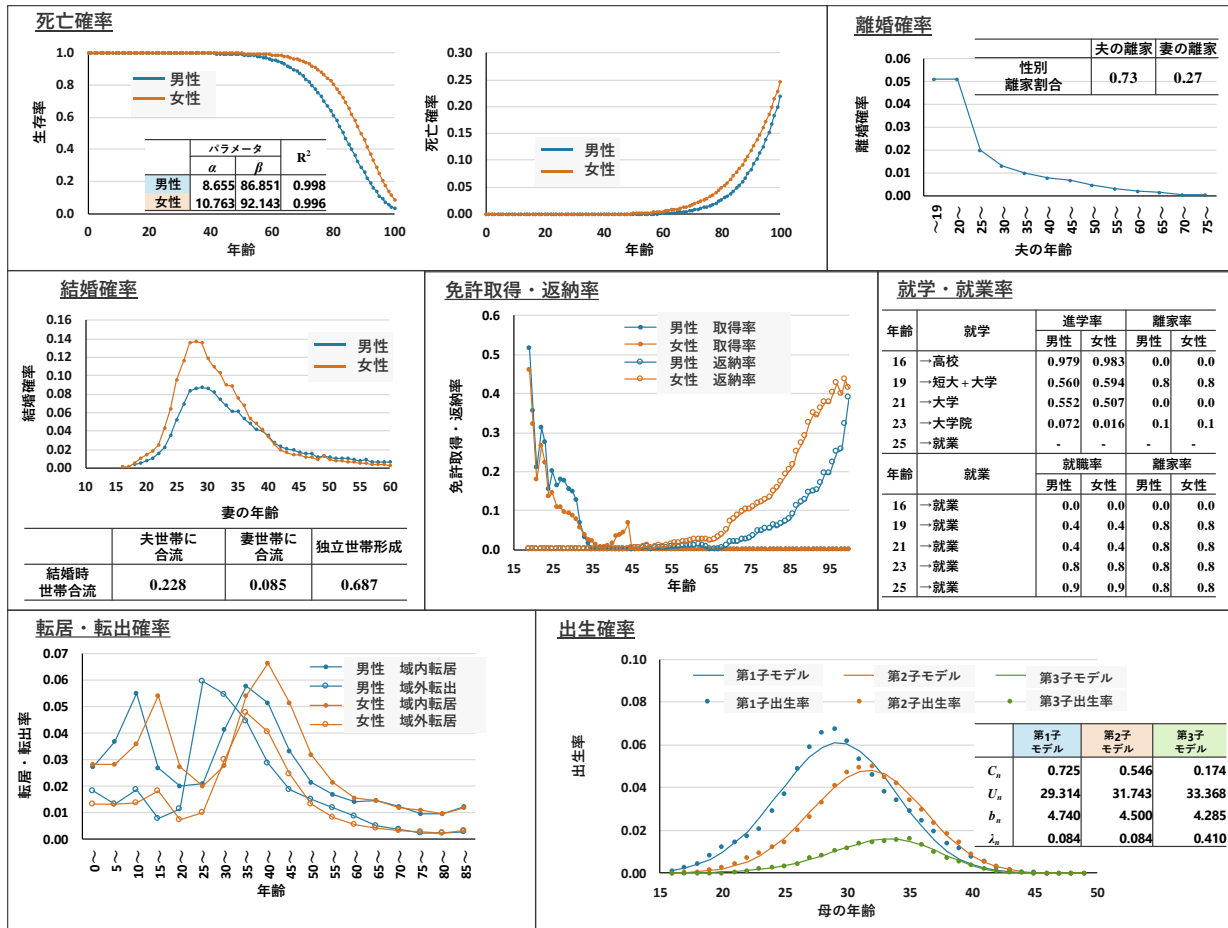


図-4 ライフイベントモデル発生確率

選択肢特性変数は、持家戸建、持家集合、賃貸戸建に対して、それぞれ固有ダミーを設定した。表-1にパラメータ推定結果を示す。パラメータ推定は、対象地域内の初期世帯マイクロデータからランダムにサンプリングした5,000世帯のデータを用いて行った。推定の結果、各パラメータの符号条件は妥当であり、t値も有意となった。

(5) 居住地選択モデルの推定

居住ゾーン選択モデルは、4つの住宅タイプごとにパラメータ推定を行った。居住ゾーン選択モデルの効用関数の説明変数として、地価、住宅タイプ別世帯数、最寄駅までの道路距離、区域区分(用途地域)を設定した。表-2にパラメータ推定結果を示す。パラメータの推定に

は、対象地域内の初期世帯マイクロデータからランダムにサンプリングした世帯データを用いた。サンプリングした世帯が属するメッシュを実際に選択したメッシュと仮定し、それ以外に対抗メッシュを2つ設定することで多項ロジットモデルのパラメータ推定を行った。対抗メッシュは、選択メッシュに対して地価および区域区分を考慮し、対象地域内からランダムに選択した。推定の結果、各パラメータの符号条件は妥当であり、t値も有意となった。また、持家集合のモデルにおける尤度比が高くなったが、これは世帯マイクロデータの初期分布において住宅タイプが持家集合である世帯が存在するゾーンが限定されるため、説明要因間に関して対抗サンプルとの差が顕著なためであると考えられる。

表-1 住宅タイプ選択モデルパラメータ推定結果

住宅タイプ	世帯属性						固有ダミー	
	世帯人数		世帯主年齢		子供なしダミー		par.	t-value
h = 1 持家/戸建	0.351	6.99	0.011	6.1	-	-	-0.675	-4.55
h = 2 持家/集合	-	-	-0.028	-5.86	-	-	-0.718	-2.81
h = 3 賃貸/戸建	-	-	-0.047	-8.42	-	-	-0.081	-0.31
h = 4 賃貸/集合	-0.083	-1.45	-	-	0.4948	4.86	-	-
Mc Fadden R ²							0.443	
サンプル数	5000							

表-2 居住地ゾーン選択モデルパラメータ推定結果

住宅タイプ	持家/戸建		持家/集合		賃貸/戸建		賃貸/集合	
	h=1	h=2	h=3	h=4	h=3	h=4	h=3	h=4
説明変数	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
地価	-0.196	-12.623	-0.592	-4.845	-0.104	-4.736	-0.296	-14.514
住宅タイプhの世帯数	0.863	9.296	12.736	7.836	3.619	25.859	3.885	21.876
最寄り駅までの道路距離	-0.318	-3.103	-1.030	-1.805	-	-	-0.713	-5.433
低層住居地域(1種&2種)	-	-	-	-	1.465	7.393	-	-
中高層住居地域(1種&2種)	-	-	3.540	3.719	-	-	0.665	5.756
住居地域(1種&2種)	-	-	3.414	3.823	0.646	4.517	0.897	7.639
商業地域	-	-	1.233	1.577	-	-	-	-
工業専用&工業地域	-1.536	-8.150	-	-	-0.927	-3.646	-	-
市街化調整区域	-1.600	-15.671	-	-	-	-	-0.509	-3.456
Mc Fadden R ²	0.141		0.934		0.644		0.477	
サンプルサイズ	2000		2000		2000		2000	

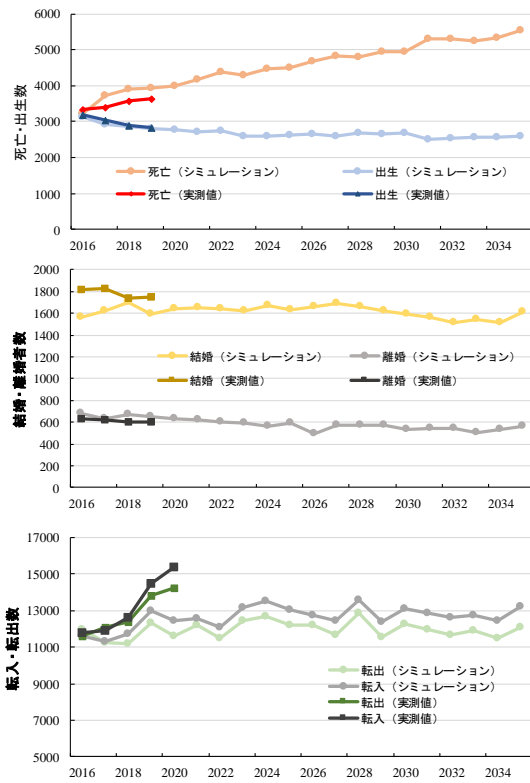


図-5 ライフイベントの発生数

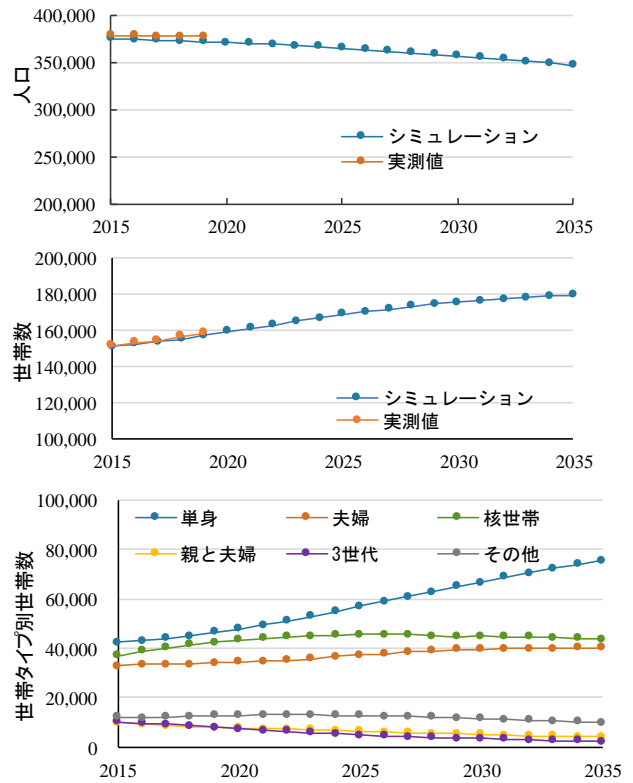


図-6 人口・世帯・世帯タイプ別世帯数の推移

(6) 地価モデルの推定

地価モデルの説明変数として、豊橋駅（都心）までの道路距離，最寄り駅までの道路距離，立地密度（人口/宅地面積）を設定した。地価モデルのパラメータ推定には，国土数値情報の地価公示データ（2015年）を使用した。表-3にパラメータ推定結果を示す。推定の結果，各パラメータの符号条件は妥当であり，t 値も有意となった。

表-3 地価モデルパラメータ推定結果

変数	パラメータ	t値
都心距離 (豊橋駅までの道路距離)	-8.018	-7.883 ***
最寄り駅距離	-1.378	2.704 ***
立地密度 (=人口/宅地面積)	0.039	-1.73
定数項	38.767	12.036 **
R ²	0.7336	

6. 将来予測シミュレーション結果

シミュレーション初期年次を 2015 年とし，生成した初期世帯マイクロデータを用いて，20 年間の将来予測シミュレーションを実施した。その結果を以下に示す。

(1) ライフイベント発生数

シミュレーションタイムステップごとのライフイベント発生数を図-5に示す。また，2016年～2019年の期間については，ライフイベント発生数の実測値として豊橋市の統計値を用い，シミュレーション結果との比較を行った。シミュレーション結果と実測値に顕著な差はなく，対象地域のライフイベント数を概ね再現できていることが確認できる。一方で，転出・転入数については，他のライフイベント数と比較して差が大きい。転出・転入のシナリオによって社会増減は大きく変化すると考えられ，対象地域の社会増減特性をモデルに反映させていく必要がある。

(2) 人口・世帯数の推計結果

対象地域の総人口・世帯数の推移および，世帯タイプ別世帯数の推移について，シミュレーション結果を図-6に示す。人口・世帯数の推移に関して 2016 年～2019 年の期間は，実測値（住民基本台帳）との差はほとんどなく，対象地域全域の人口・世帯数増減を概ね再現していることが確認できた。また，人口は減少傾向となる一方，世帯数は増加傾向となることが示された。これは，死者数の増加，出生数の低下，世帯分離の進行によるためであると考えられる。さらに，単身世帯や夫婦世帯が増加する一方で，多世代世帯が減少することも示された。

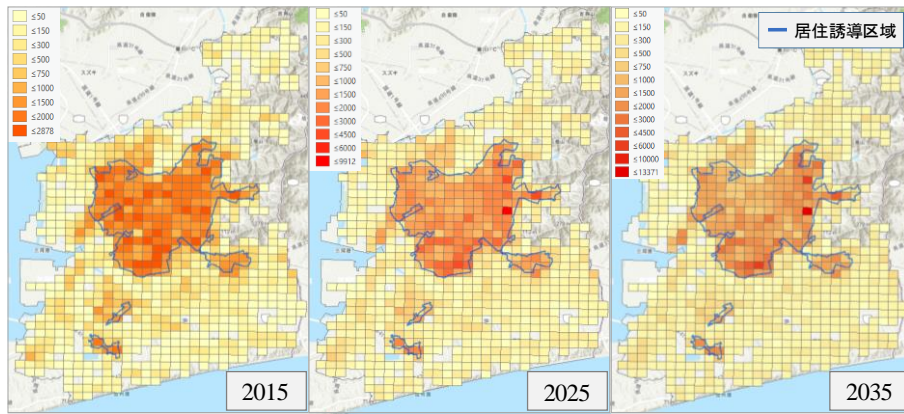


図-7 ゾーン別人口推計

(3) ゾーン別人口の推計結果

ゾーン別の人口について、2015年、2025年、2035年の分布を図-7に示す。結果より、一定の人口が市街化区域内に集約していることが確認できる。一方で、いくつかのゾーンでは極端に人口が集中していることが確認できる。これは、居住ゾーン選択モデルにおいて、ゾーンの効用が相対的に大きくなったことが原因である。現在のモデルでは、ゾーンごとの住宅ストックを考慮していないため、こうした人口の過集中が生じてしまう。今後は、ゾーンごとの住宅ストックを考慮し、再現性の高いモデルへの改良を検討する必要がある。

ストックや家賃を考慮していない。そこで、居住誘導区域内の宅地面積および地価の操作により、疑似的に立地誘導のインセンティブを表現し、居住分布の変化を分析する。

将来の立地変化を分析するために、次の3つのケースを設定して比較する。

- ① w/o : 地面積および地価を変化させない。
- ② w/1 : 住宅供給を想定し、居住誘導区域内の各メッシュの宅地面積を1.2倍する。
- ③ w/2 : 家賃補助を想定し、居住誘導区域内の各メッシュの地価を0.8倍する。

以上のケースにおいて、20年間のシミュレーションを実施し、都市内居住分布の変化を考察する。

7. 都市政策の評価

(1) 分析の概要

本章では、マイクロシミュレーション型都市モデルを用いて、豊橋市を対象に、居住誘導に着目した都市政策の評価を試みる。ここでは、豊橋市立地適正化計画における居住誘導区域に着目し、区域内への立地誘導のインセンティブとして住宅供給（高度利用）および家賃補助を考慮する。なお、現段階の立地選択モデルには、住宅

(2) 居住分布の変化

w/o と w/1, w/2 の世帯数の差分について、2015年を初期年次とした、10年後（2025年）および20年後（2035年）の結果を図-8に示す。結果より、w/1では、居住誘導区域の世帯数が増加していることが確認できる。これは、居住誘導区域の宅地面積を上昇させることで、立地密度が減少し、その結果地価も減少するため、居住ゾーン選択における居住誘導区域内の効用が高まったからで

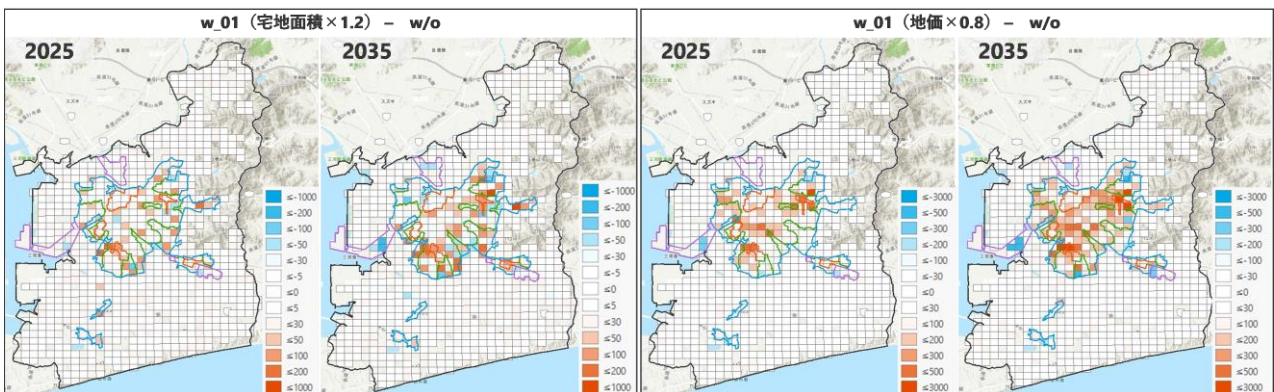


図-8 世帯数の差分

表-4 歩いて暮らせるまち区域内の人口・世帯数の変化

タイム ステップ	w/o		w/_1 (宅地面積 × 1.2)		w/_2 (地価 × 0.8)	
	人口	世帯数	人口	世帯数	人口	世帯数
2015	158739	66585	158739	66585	158739	66585
2025	154120	72799	155272	73192	162480	76603
2035	144229	75440	146169	76352	157063	81535
			0.75%	0.54%	5.42%	5.23%
			1.35%	1.21%	8.90%	8.08%

ある。また、w/_2においても、居住誘導区域の世帯数が増加していることが確認できる。これは、居住誘導区域の地価を直接に引き下げることで、居住ゾーン選択における居住誘導区域内の効用が高まったためである。

以上より、地価や宅地面積などのゾーン条件が世帯の居住ゾーン選択に影響することを確認した。また、住宅供給の上昇および家賃の引き下げが世帯の立地誘導の促進に影響することが示唆された。さらに、表-4に歩いて暮らせるまち区域の人口、世帯数および、w/oと比較した際の増加率を示す。w/_1に対してw/_2は人口・世帯増加率が高く、居住ゾーン選択の効用上昇に対する感度は、宅地面積の上昇に比べ、地価の直接的な引き下げの方が高いことが確認できる。

(3) 高齢者に着目した分析

居住誘導区域内の高齢者の世帯が増加することにより、高齢者の施設へのアクセシビリティ評価などの分析が可能である。愛知県豊橋市全域の高齢者のみの世帯のうち居住誘導区域内に居住する割合の経年変化を図-9に示す。結果より、w/oに対して、w/_1とw/_2は高齢者のみの世帯が居住誘導区域内に集約されることが確認できる。また、w/_2の方がw/_1に対して集約の効果が大きいことが確認できる。

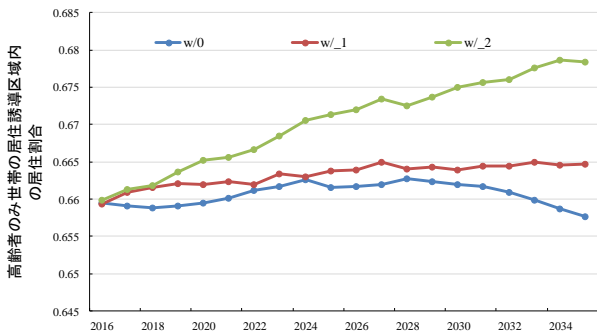


図-9 高齢者のみ世帯に限定した豊橋市全域に対する居住誘導域内の居住割合

8. おわりに

本研究では、オープンデータのみをもとに生成した初期世帯マイクロデータをもとに、マイクロシミュレーション型都市モデルの構造や手法を構築した。モデルでは、

個人・世帯のマイクロデータを用いて、各個人にライフイベントの発生確率を与えることで人口動態の変化を表現するとともに、住宅タイプ・立地ゾーン選択モデルにより転居する世帯の転居行動を表現している。本研究では愛知県豊橋市を対象に4次メッシュベースで適用した。各モデルのパラメータとして妥当な推定結果が得られた。また、対象地域の人口・世帯数の将来予測シミュレーションを行った結果、実測値との差は小さく、概ね対象地域内における人口推移を再現できたと考えられる。さらに、対象地域の「居住誘導区域」に着目して政策評価分析を行い、居住誘導区域内の地価と宅地面積の操作によるゾーン別人口の変化について分析を行った。地価や宅地面積などのゾーン条件の操作が世帯の居住ゾーン選択に影響することが確認され、住宅供給の上昇および家賃の引き下げが、世帯の立地誘導の促進に影響することが示唆された。

今後の課題としては、オープンデータのみを用いたマイクロシミュレーション型都市モデルは表現に限界があることが想定されるため、再現性等について更なる検証を行っていくことが挙げられる。特に、住宅タイプ選択モデルや居住ゾーン選択モデルは、実際の住宅ストックなど、供給側の要因についても考慮していく必要がある。また、規模の異なる複数の都市圏を対象にシミュレーションを実施し、モデルパラメータの移転可能性等を検討したいと考えている。

謝辞：本研究はJSPS 科研費 18H01557 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) 林良嗣, 富田安夫: マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル, 土木学会論文集, Vol.395, pp.85-94, 1988.
- 2) Waddell, P.: UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning, *Journal of the American Planning Association*, Vol.68, No.3, pp.297-314, 2002.
- 3) Hunt, J.D. Donnelly, R. Abraham, J.E. Batten, C. Freedman J. Hicks, J. Costinett, P.J. and Upton, W.J.: Design of a Statewide Land Use Transport Interaction Model for Oregon, *Proceedings of 9th World Conference on Transport Research*, 2001.
- 4) Sugiki, N. Muranaka, T. Otani, N. Kazuaki, M.: Agent-based Estimation of Household Micro-data with Detailed Attributes for a Real City, *Proceedings of CUPUM' 15*,

- 2015.
- 5) 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, 都市計画論文集, Vol.51, No.3, pp.839-846, 2016.
- 6) 長尾将吾, 杉木直, 松尾幸二郎(2019), オープンデータを用いたメッシュベースのマイクロシミュレーション型都市モデルの構築, 第 60 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2019.
- 7) 国立社会保障・人口問題研究所 | 将来人口世帯 (<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>), 2020/6/7 アクセス.

(Received October 2, 2020)

Urban Policy Evaluation Based on Urban Micro-Simulation Model Using Available Open-Data

Batzaya Munkhbat, Nao Sugiki, Shogo Nagao and Kojiro Matsuo