交通体系が異なる同人口規模都市間における都市マイクロシミュレーションモデルのモデルパラメータ移転可能性の検討

小泉　翼[1]・杉木　直[2]・松尾　幸二郎[3]

[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: koizumi.tsubasa.on@tut.jp

[2]正会員　豊橋技術科学大学　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]正会員　豊橋技術科学大学　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

わが国では，人口減少や，少子高齢化，モータリゼーションの発展により，生活サービスレベルの低下，公共インフラの維持管理問題，地域経済の衰退が課題となっている．これらの課題の解決に向けた施策の検討には，人口や世帯分布の分析・予測に基づいた評価を行う必要がある．特に，個人や世帯単位で属性の変化を考慮可能な都市マイクロシミュレーションはこのような目的に対し有効である．一方で，データの収集と整理には多くの時間を要するため，都市間でのパラメータの移転可能性の検討は，実用に向けた汎用性を高める上で有用な試みである．本研究では，オープンデータのみを利用した都市マイクロシミュレーションを用いて，人口規模が近しく交通条件の異なる複数の都市を対象としてモデルの適用を行い，モデルパラメータの移転可能性を検討する．

Key Words: *Micro-Simulation, Urban Model, model parameters, Transferability, Open-Data*

1. はじめに

現在，わが国では人口の減少や，少子高齢化，モータリゼーションの進展による市街地の拡散といった課題が生じている．これらは，生活サービスレベルの低下，公共インフラの維持管理，地域経済の衰退などといった更なる課題の発生につながっている．これらの課題に対し政府は，「コンパクト＋ネットワーク」を根幹に，まちづくり 3 法の見直しや，立地適正化計画の創設などを通して集約型都市構造への転換を図っており，生活サービスや交通ネットワークの連携，産業の生産性向上のための居住や，都市機能の誘導を行う政策が検討されている．

これらを検討する上で，個人や世帯単位で考慮可能な都市マイクロシミュレーション（以下，MS）が有効であり，モデル構築や適用が行われている [1)-9)]．また，Sugiki ら [10)]はオープンデータのみを利用した都市 MS モデルである HUMS を開発し，さらに Batzaya ら [11,12)]は，人口規模の異なる都市について，モデルパラメータ移転性を検討した．都市 MS はデータの収集や整理に時間を要するため，汎用性を高める上で有用な試みである．

以上を踏まえ，本研究では人口規模が近しく交通条件が異なる都市を対象として，都市 MS のモデルパラメータ移転可能性を検討することを目的とする．具体的には，愛知県豊橋市を対象に複数都市のパラメータを移転し，シミュレーションの推計結果から移転可能性を確認する．

2. 都市 MS モデルの構造

(1) 都市 MS モデルの基本構造

本研究で用いる既開発の MS モデルを**図-1** に示す．現況の人口・世帯などの都市構造を再現した初期世帯マイクロデータシミュレーションの初期年次とする．次いで，ライフイベントモデルを用いて初期マイクロデータに実生活で起こる変化を適用する．変化後の個人と属性について，転出入世帯生成モデル，立地選択モデル，地価モデルを適用し，居住地や住宅タイプ，次期の地価を算出する．これらの処理を繰り返し，経年変化を再現する．

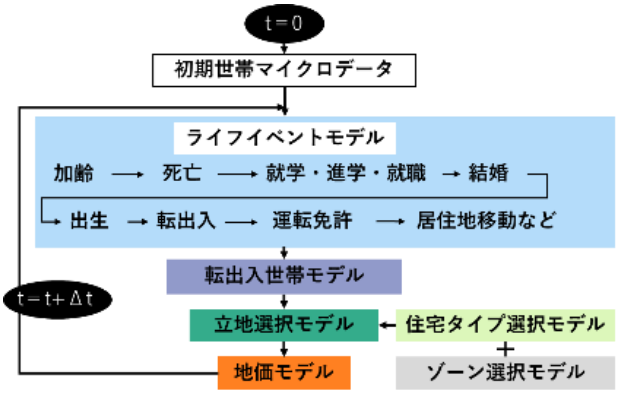


図-1　都市 MS モデルの基本構造

(2)　初期世帯マイクロデータ生成

現況の都市構造を表現する初期世帯マイクロデータは，人口と世帯の周辺分布に基づき生成する．また，性別や年齢，免許保有状況などの個人の属性は，統計データから確率的に付与する．

(3)　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，加齢した年齢を基準として，以降のライフイベントの発生確率が与えられる．

b)　死亡イベント

死亡イベントはすべての個人に確率的に発生すると仮定し，累積生存関数にワイブル分布を用いて，性別と年齢を説明変数に推定する．ワイブル分布の累積生存関数 $S(t)$は次のとおりである．

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

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

離婚イベントは，既婚者を対象として確率的に発生する．離婚件数の統計データから得られた夫の年齢に基づく離婚率を用いて，モンテカルロ法により夫婦の離婚を決定する．離婚時の離脱者の転出先として，①自宅，②対象地域内，③対象地域外の 3 パターンを考慮する．対象地域内外の選択確率は性別・年齢別現住所・5 年前居住地の統計データから性別・年齢別の転居率を推計する．対象地域内である場合，住宅タイプ選択モデルの処理対象となる．子供のいる世帯については，母親に同伴するものとする．

d)　結婚イベント

結婚イベントは，18 歳以上の男性と 16 歳以上の女性に確率的に発生する．結婚の判断は性別・年齢別結婚率の統計データから推定した結婚率を用いて，モンテカルロ法により決定する．夫婦の選択には，年齢別夫婦の年齢差分布を用いて決定する．対象が分布エリアに存在しない場合，エリア外から候補を移籍させる．結婚時の世帯構造の変化には，①夫の世帯に加入，②妻の世帯に加入，③どちらの世帯にも加入しないの 3 パターンを考慮する．どちらの世帯にも加入しない場合の転出先には，住宅タイプ選択モデルとゾーン選択モデルの処理対象となる．

e)　出生

出生イベントは，16 歳から 49 歳の既婚女性に確率的に発生する．出産は母親の年齢と出生順位の統計データから推定した出生率を用いて，モンテカルロ法により決定する．確率の推定には一般対数γ分布を用いる．パラメータの推定は母親の年齢・出生順位別出生数を用いる．

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

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，λn，Cn，un，bn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)　就学・就業イベント

就職・就学の状態はタイムステップごとに更新する．統計データによる入学率・就職率に基づき確率的に決定する．新規に就学・就学する時の世帯の変化として，①移動しない，②対象地域内へ移動，③対象地域外へ移動の 3 つを考慮する．移動する場合は住宅タイプ選択モデルとゾーン選択モデルの処理対象となる．

g)　運転免許更新

運転免許保有率は性別・年齢別運転免許保有者数と性別・年齢別人口から，県単位で算出する．運転免許の取得率・返納率は運転免許保有率を 1 年ずらすことで，上昇を取得率，低下を返納率とする．

h)　離家イベント

離家は個人に確率的に発生する．離婚，就職，入学などによる転居とは別に，性別・年齢別の退居率を設定し，退居率に基づき世帯から離脱する．離家後は住宅タイプ選択モデル，ゾーン選択モデルの処理対象となる．

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・転出世帯の組み合せを初期世帯マイクロデー

タから探索し，得られた転居・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．

(4) 転入世帯生成モデル

対象地域外からの転入世帯は，世帯人数別転入世帯数と性別・年齢別転入人口の統計データを用いて生成する．性別・年齢別人口，世帯人数別世帯数は対象地域のマイクロデータから決定するが，次年度の人口と世帯数は外生フレームから決定する．外生フレームには国立社会保障・人口問題研究所の「将来推計人口・世帯数」の推計データを使用する．外生フレームと対象地域内の集計との差を転入する人口及び世帯とし，初期マイクロデータから作成した５歳階級別・世帯別人口行列と転出世帯選択ベクトルとの内積から，対象世帯を抽出する．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．

(5) 立地選択モデル

立地選択モデルは住宅タイプ選択モデルとゾーン選択モデルで構成される．

a) 住宅タイプ選択モデル

住宅タイプ選択モデルは，対象地域内への転居世帯を対象に，転居先の住居タイプを決定する．世帯nの住宅タイプの選択集合H_nは，H_n= {i =1 (持家/戸建)，i =1(持家/集合)，i =3 (賃貸/戸建)，i =4 (賃貸/集合)} の 4 タイプとする．住宅タイプは世帯属性を変数とした式(3)，(4)の多項ロジットモデルで表現される．

$$P_{hn} = \frac{e^{V_{hn}}}{\sum_{h' \in H_n} e^{V_{h'n}}} \quad (h \in H_n) \tag{3}$$

$$V_{hn} = \sum_k \theta_k X_{khn} + c \tag{4}$$

効用関数における世帯特性変数(X_{khn})として，世帯主年齢，世帯人数，子供の数などを考慮する．

b) ゾーン選択モデル

ゾーン選択モデルでは，対象域内を転居する世帯を対象に，移転先を式(5)，(6)の多項ロジットモデルから決定する．各パラメータは住宅タイプごとに推定する．

$$P_{ihn} = \frac{e^{V_{ihn}}}{\sum_{i' \in Z_n} e^{V_{i'hn}}} \quad (i \in Z_n) \tag{5}$$

$$V_{ihn} = \sum_k \alpha_k X_{kin} + \gamma LP_i + c \tag{6}$$

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_{kin})，地価(LP_i)を考慮する．

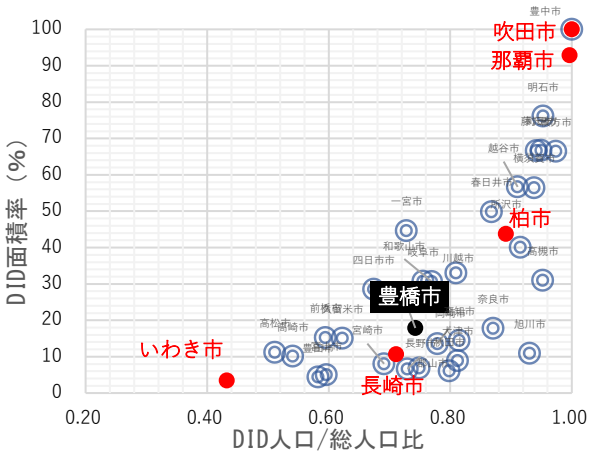


図-2 DID 人口/総人口比と自動車分担率

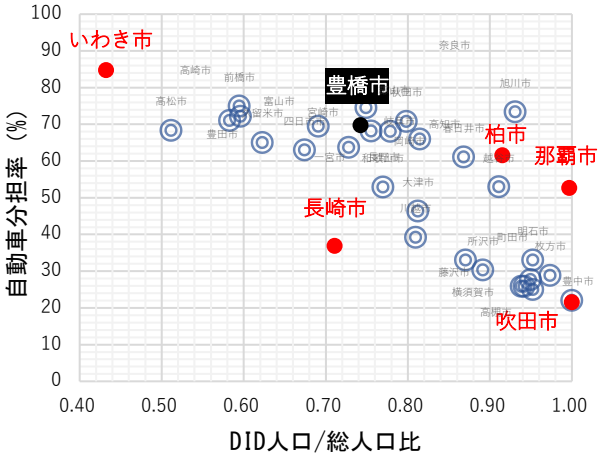


図-3 DID 人口/総人口比と自動車分担率

(6) 地価モデル

各ゾーンの地価(LP_i)は，各タイプステップの最後に式(5)のヘドニック回帰モデルを用いて算出し，次年度の地価を更新する．各ゾーンの駅までの距離や土地利用などの条件(X_{ki})，立地密度(D_i)などを説明変数として考慮する．

$$LP_i = \sum_k \gamma_k X_{ki} + \delta D_i + c \tag{7}$$

3. 対象都市の選定

対象都市は，人口が豊橋市と同程度で，交通条件の異なる都市より選定した．，豊橋市の人口約 37 万人から±7.5 万人として，対象都市の候補は 35 都市となった．各都市について，人口や DID 人口，可住地人口密度，

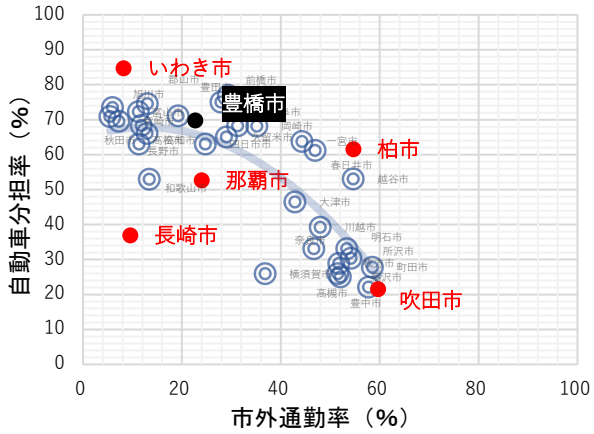


図-4　市外通勤率と自動車分担率

DID 面積率，自動車分担率，市街地通勤率，駅数，IC 数などを考慮して選定を行った．**図-2** は，DID 人口/総人口比と DID 面積率の関係を示している．DID 人口/総人口比の大きい人口の密集した都市は DID 面積率も高く，DID 人口/総人口比の小さい都市では DID 面積率も小さく人口が拡散している．また，交通体系の違いとして自動車分担率，市外通勤率に着目して対象都市を検討した．**図-3** に各都市の自動車分担率と DID 人口/総人口比の関係を示す．DID 人口/総人口比が大きい人口の集中した地域では自動車の交通分担率が低く，公共交通が積極的に利用されていることが考えられる．対して，DID 人口/総人口比の小さい人口の拡散した地域では自動車の交通分担率が高く，移動の主体となっている．**図-4** に市外通勤率と自動車分担率の関係を示す．市外通勤率が高いほどベッドタウンとして利用される都市，低いほど就労場所の多い都市として位置づけられる．

以上より，自動車分担率と市外通勤率を主として選定した対象都市を**表-1** に示す．豊橋市を中間的な位置付けとして，柏市は自動車利用の多いベッドタウン，長崎市は自動車利用の少ない市内で活動の多い都市，吹田市は自動車利用の少ないベッドタウン，いわき市は自動車利用の多い市内で活動の多い都市，那覇市は自動車利用の少ない豊橋に似た役割を持った都市と位置付けられる．

4.　MS モデルの適用

(1)　使用データ

本研究では，4 次メッシュを基本単位として分析する．これは，駅までの距離や施設の配置など，地価モデルやゾーン選択モデルで使われる変数をより現実に近く表現するためである．さらに，実際の統計値と比較するために，初期年次を 2015 年として国勢調査などのオープンデータを使用した．

表-1　対象都市

都市	人口	DID 人口/総人口比	DID 面積率	自動車分担率	市外通勤率（市外通勤数/従業者数）
	人		%	%	%
柏	426468	0.915	40.0%	61.5	54.7%
長崎	409118	0.711	10.6%	36.9	9.6%
吹田	385567	1.000	100.0%	21.5	59.7%
豊橋	371920	0.742	17.9%	69.7	22.7%
いわき	332931	0.432	3.5%	84.7	8.3%
那覇	317625	0.997	92.9%	52.6	24.0%

表-2　死亡イベントパラメータ推定結果

	豊橋		柏		いわき	
par.	男性	女性	男性	女性	男性	女性
α	10.0	11.7	10.0	12.8	9.8	12.2
β	107.6	109.3	108.5	107.9	107.6	107.7
R^2	0.998	0.999	0.999	0.999	0.998	0.998

表-3　出生イベントパラメータ推定結果

都市	出生順位	パラメータ			
		Cn	Un	bn	λ n
豊橋	第 1 子	0.69	31.33	4.73	0.08
	第 2 子	0.51	33.70	4.41	0.08
	第 3 子	0.16	35.22	4.26	0.35
	第 4 子	0.03	36.02	4.50	0.49
	第 5 子	0.02	39.85	8.94	7.15
柏	第 1 子	0.65	29.73	5.15	0.08
	第 2 子	0.49	32.17	4.73	0.18
	第 3 子	0.15	33.44	4.38	0.39
	第 4 子	0.03	38.88	1.84	6.25
	第 5 子	0.02	37.45	8.34	6.49
いわき	第 1 子	0.36	27.73	5.38	0.08
	第 2 子	0.29	29.79	6.67	0.08
	第 3 子	0.12	32.05	4.87	0.08
	第 4 子	0.03	32.27	7.14	-0.20
	第 5 子	0.02	37.17	8.13	6.44

表-4　地価モデルパラメータ推定結果

Par	豊橋		柏		いわき	
	par.	tval	par.	tval	par.	tval
log10(都心距離(m))	-8.02	-7.88	-2.66	-2.42	-0.14	-3.82
log10(最寄駅距離(m))	-1.38	-1.73	-	-	-0.05	-1.23
立地密度(人口)(人/ha)	3.90	2.72	0.04	3.41	22.15	1.85
立地密度(従業者数)(人/ha)	-	-	-	-	-2.40	-0.29
人口	-	-	-	-	0.00	4.22
定数項	38.77	12.06	16.40	3.78	5.00	26.20
R^2	0.733	0.266	0.4829			
サンプル数	62		77		147	

表-5 住宅タイプ選択モデル

Par	豊橋 持家・戸建		柏 持家・戸建		いわき 持家・戸建	
	par.	tval	par.	tval	par.	tval
世帯人数	0.35	6.99	-	-	-	-
世帯主年齢	0.01	6.10	-0.29	-7.84	0.11	3.53
子供無ダミー	-	-	-0.01	-3.55	-0.24	-9.43
世帯主性別ダミー	-	-	-	-	-	-
フルタイム職ダミー	-	-	-	-	-	-
定数項	-0.68	-4.55	0.11	0.58	0.19	1.28
R^2	0.443		0.29		0.373	
サンプル数	5000		5000		5000	

表-6 ゾーン選択モデル推定結果

par.	豊橋 持家・戸建		柏 持家・戸建		いわき 持家・戸建	
	par.	tval	par.	tval	par.	tval
Log10(地価)	-0.53	-12.55	-2.85	-3.99	-1.72	-1.10
戸建ストック	0.04	18.15	0.03	5.50	0.03	7.22
Log10 (都心距離(m))	-	-	-	-	-	-
Log10 (最寄駅距離(m))	-5.29	-13.13	-0.48	-0.27	-6.39	-6.46
低層住居系地域 (1 種&2 種)	-	-	-0.19	-0.36	1.13	1.02
住居系地域 (1 種&2 種)	-	-	0.60	0.81	3.19	4.81
$\rho 2$	0.56		0.85		0.90	
サンプル数	2000		2000		400	

(2) モデルパラメータ推定結果

MS に使用するパラメータのうち，死亡・出生・立地選択・地価モデルに関するパラメータについて，各対象都市での推定結果を示す．ここでは，豊橋市と自動車分担率が近く，市外通勤率に違いのある柏市といわき市の結果について掲載する．

a) 死亡イベントモデルパラメータ

モデルにはワイブル分布を仮定し，2015 年の生命表を基に**表-2** のように推定した．豊橋市と比較すると，他 2 都市はやや女性の死亡確率が高くなっている．

b) 出生イベントモデルパラメータ

出生イベントモデルは母親一人当たりの最大出生人数を 5 人として**表-3** のように推定した．豊橋市，柏市，いわき市の順で出生率が高くなっている．特にいわき市では，豊橋市の半分程度の出生確率となっている．

c) 地価モデルパラメータ

地価モデルは**表-4** のように，説明変数に中心駅（都心）・最寄り駅までの距離と立地密度，人口を使用した．推定には 2015 年の地価公示と地価調査ポイントデータを使用した．柏市では都心距離の影響が小さく，いわき市では都心距離の影響はさらに近く，立地密度の影響が大きいという特徴がみられる．

d) 住宅タイプ選択モデルパラメータ

住宅タイプ選択モデルの説明変数は世帯規模，世帯主属性，子供無しダミーであり，4 つの住宅タイプについて推定した．**表-5** に持家・戸建について示す．柏市は若年のうちから戸建を持ちやすく，反対に，いわき市では年齢が高くなるにつれ戸建を持ちやすくなっている．

e) ゾーン選択モデルパラメータ

ゾーン選択モデルは，地価，各住宅ストック，中心駅（都心）・最寄り駅までの距離，土地の利用などで推定した．**表-6** に持家・戸建について示す．柏市では，より地価の低いところで戸建を持ちやすく，いわき市では最寄りの駅に近い場所が選ばれやすいことがわかる．

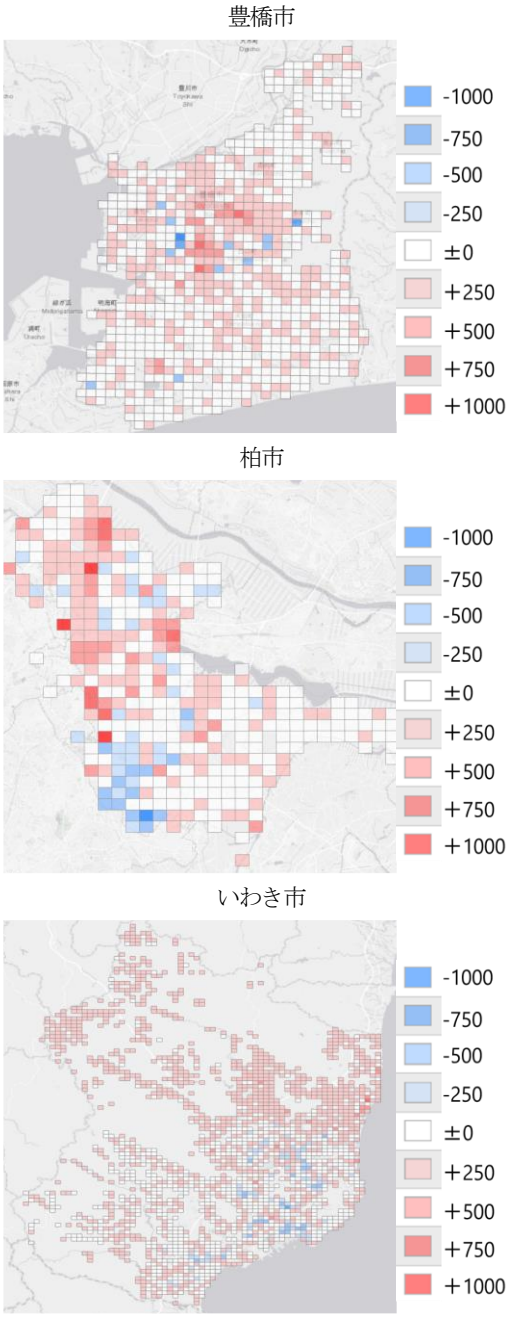


図-5 2015 年から 2025 年の期間での各都市の人口の増減

⑶ MS モデルによる将来予測結果

各モデルパラメータ推定結果を用いて，対象都市の 2015 年から 2025 年までのシミュレーションを行った．10 年間での各メッシュ内の人口の増減について，図-5 に豊橋市，柏市，いわき市の推計結果を示す．豊橋市では中心駅・最寄り駅を中心に人口が増加する傾向にある．柏市では豊橋市よりもさらに近隣駅へ人口が集中し，南部の住宅地では減少することが予想される．いわき市では地価の低い郊外部が増加傾向にある．

4. パラメータ移転可能性の検討

本研究で使用したマイクロシミュレーションモデルでは，多数のモデルパラメータについて推定が必要である．しかし，シミュレーションを適用する上で都度データの収集や推定を行うのは大変な作業であり，手法としての汎用性が低く，普及の妨げとなる．そこで，都市間でパラメータの移転を行うことができれば，その複雑さを解消することができる．そのためには，移転可能な都市間の構造や特徴を把握する必要がある．

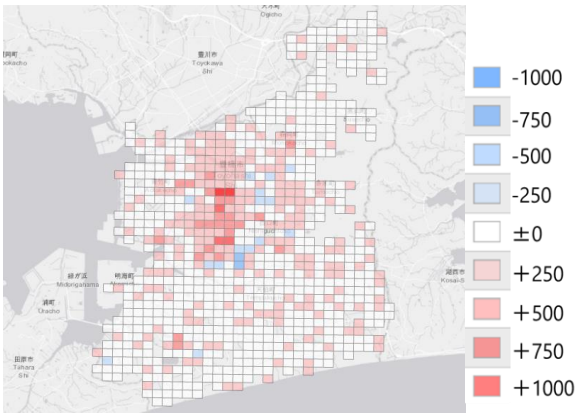
本研究では人口規模の等しく交通条件の異なる都市について移転を検討するために，豊橋市をベースとして柏市，いわき市の地価，立地選択モデルのパラメータを移転しシミュレーションを実行した．**図-6** に 10 年間の人口変動を示す．柏市のパラメータを移転したケースでは，駅周辺に人口が集中しやすく，郊外部での増加がみられなくなった．柏市のゾーン選択モデルは豊橋市よりも最寄り駅距離の影響が強く，変化に起因したと考える．いわき市のパラメータを移転したケースでは，駅や都心部の人口が減少し，郊外に拡散する形で増加している．いわき市の地価モデルにより都心部の地価が高く推計され，地価の低い郊外へ人口が拡散したと考える．

5. おわりに

本研究では，豊橋市と人口規模が近しく，交通条件の異なる都市について，既開発の都市マイクロシミュレーションモデルを適用し，将来推計を行った．また，都市間での出生・死亡イベントモデル，地価モデル，立地選択モデルパラメータの移転可能性を検討した．結果として，移転時に推計結果に違いがみられ，交通条件の異なる都市間での移転が可能な条件についてはさらに確認していく必要があること が明らかとなった．

今後，他都市でのシミュレーションを通してモデル性能の検証や移転性を検討することで，モデルの汎用性向上に資する知見を得ることが期待される．

豊橋市（柏市のパラメータを適用）



豊橋市（いわき市のパラメータを適用）

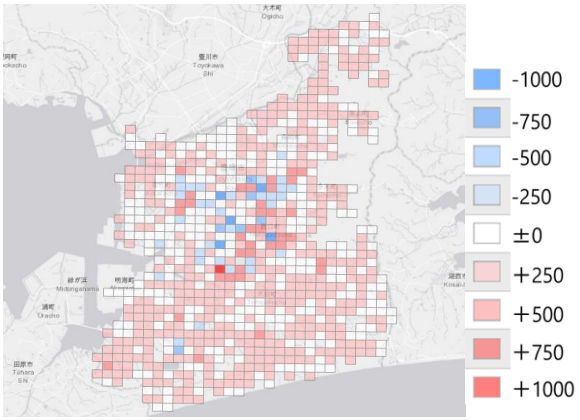


図-6 柏市・いわき市のパラメータを移転した場合の 2015 年から 2025 年の期間での豊橋市の人口の増減

謝辞：本研究は JSPS 科研費 20K04721 および 23H01530 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) Waddell, P. UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning, Journal of the American Planning Association, 2002, Vol.68, No.3, pp.297-314.
2) Hunt, J.D.; Donnelly, R.; Abraham, J.E.; Batten, C.; Freedman, J.; Hicks, J.; Costinett, P.J.; Upton, W.J. Design of a statewide land use transport interaction model for Oregon, Proceedings of 9th world conference on transport research, 2001.
3) Abraham, J.E.; Garry, G.R.; Hunt, J.D. The Sacramento Pecas model, Transportation research board annual meeting, 2005.
4) Hunt, J.D.; Abraham, J.E. Pecas-for spatial economic modelling: theoretical formulation. System documentation technical memorandum 1 working draft, 2009.
5) Salvini, P.; Miller, E.J. ILUTE: An operational prototype of a comprehensive microsimulation model of urban systems, Netw Spat Econ, 2005, Vol.5, No.2, pp.217–234

6) Moeckel, R.; Spiekermann, K.; Wegener, M. Creating a synthetic population, Proceedings of 8th international conference on computers in urban planning and urban management, 2003.
7) Strauch, D.; Moeckel, R.; Wegener, M.; Gräfe, J.; Mühlhans, H.; Rindsfüser, G.; Beckmann, K.J. Linking transport and land use planning: the microscopic dynamic simulation model ILUMASS, Geodynamics, 2005, pp.295–311.
8) Ettema, D.; de Jong, K.; Timmermans, H.; Bakema, A. PUMA: multi-agent modelling of urban systems, Modelling land-use change, Springer, 2007, pp.237–258.
9) Chengxiang, Z.; Chunfu, S.; Jian, G.; Chunjiao, D.; Hui, Z. Agent-based joint model of residential location choice and real estate price for land use and transport model, Comput Environ Urban Syst, 2016, Vol.57, pp.93–105.
10) 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，日本都市計画学会 都市計画論文集，Vol.51，No.3，2016.
11) Nao Sugiki, Shogo Nagao, Batzaya Munkhbat, Atsushi Suzuki, Kojiro Matsuo: Development of a Household Urban Micro-Simulation Model (HUMS) Using Available Open-Data and Urban Policy Evaluation, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography : Urban Informatics for Future Cities, pp.343-370, 2021.
12) Munkhbat Batzaya，杉木直，鈴木温，阪田知彦，松尾幸二郎：Application of Household Urban Micro-Simulation (HUMS) in cities of different population sizes and comparison between model parameter characteristics，第 64 回土木計画学研究発表会・講演集，2021.

（2023. 10. 13 受付）

TRANSFERABILITY OF MODEL PARAMETERS FOR URBAN MICROSIMULATION BETWEEN CITIES OF SIMILAR POPULATION SIZE WITH DIFFERENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Tsubasa KOIZUMI , Nao SUGIKI , Kojiro MATSUO