

世帯マイクロシミュレーションモデルの 予測精度評価

古野 竜也¹・鈴木 温²

¹正会員 名古屋市役所上下水道局守山営業所工事係 (〒463-0011名古屋市守山区小幡一丁目3-15)

E-mail: 130448037@c alumni.meijo-u.ac.jp

²正会員 名城大学 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒468-8502愛知県名古屋市天白区塩釜口1-501)

E-mail: atsuzuki@meijo-u.ac.jp

現在、我が国で進行している少子高齢化等が世帯構造や都市構造の変化へ与える影響を予測することは、都市計画、交通計画等の計画策定において極めて重要である。マイクロシミュレーションは、個人のライフイベントの発生や転居に伴う居住地変化を確率的に計算することによって、将来の世帯構造や人口分布を予測することができる。筆者らはこれまで、約40万人規模の富山市を対象に、全世帯の推計マイクロデータを用い、加齢、出生、転居等のライフイベント発生モデルと転居世帯の住宅タイプ、居住選択モデルで構成されるマイクロシミュレーションモデルを構築してきた。本研究では、これまで構築したモデルの精度を高めるための改良を行うとともに、出生、転出・転入、住宅タイプ等の個別の出力結果について推計値と実測値との比較による精度検証を行う。

Key Words : *Micro-simulation, Evaluation on Population forecasting, Households structure*

1. はじめに

我が国は、本格的な人口減少、少子高齢化時代に突入し、社会基盤の老朽化や既成市街地の衰退と相俟って、都市機能と生活の質を維持、改善させるため、都市構造の再編が課題となっている。このような課題に対し、平成26年には都市再生特別措置法が改正され、立地適正化計画が導入された。国土交通省¹⁾によれば、平成29年4月1日現在で、全国309団体で立地適正化計画の作成について具体的な取り組みが行われている。今後も居住誘導区域や都市機能誘導区域の検討等のため、都市内の将来人口分布予測や誘導施策の評価は、重要性を増すと考えられる。都市内の将来人口分布を予測する一手法として、都市マイクロシミュレーションの開発が国内外で行われている²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。都市マイクロシミュレーション(以下、MS)とは、個人、世帯、企業などを個々の単位で操作し、世帯構造の変化や政策の効果等を分析するシミュレーションシステムである。筆者らはこれまで、約40万人規模の富山市を対象に、全世帯の推計マイクロデータを用い、ライフイベント発生モデルと世帯の立地選択モデルで構成されるマイクロシミュレーションモデルを構築⁷⁾してきた。

本研究では、これまで構築したモデルの精度を高めるため、ライフイベント発生モデル等の改良を行った。

改良したモデルの有用性を確認するため、出生、転出・転入、住宅タイプ等の個別の出力結果について推計値と実測値との比較による精度検証を行う。さらに、オープンデータから推定された初期マイクロデータの精度を確認するため、従来のアンケートデータから推計した初期マイクロデータと国勢調査等のオープンデータから推計した初期マイクロデータを用いたシミュレーションをそれぞれ行い、計算結果の比較を行う。

2. 本研究におけるMSモデルの基本構造

(1) モデルの全体構造

都市MSモデルの基本構造を図-1に示す。本モデルは、マイクロデータに関する「データベース」、各個人のライフイベントを発生させる「ライフイベント発生モデル」、居住ゾーンや住宅タイプ選択を行う「立地選択モデル」に分けられる。データベースは、世帯とその構成員に関する属性を保持する「個人・世帯データベース」とゾーンや土地に関する「ゾーンデータベース」に分けられる。個人・世帯データベースには、対象地域に居住するすべての個人の個人番号、世帯番号、年齢、性別、婚姻の有無、子供の人数、就業状況、住宅タイプ、世帯人数等の属性が含まれる。各個人の属性情報は、ライフイベント発生モデルにおいて、每期、加齢、死亡、進

学・就職、結婚、出生の順にライフイベントを確率的に発生させ、更新される。また、結婚等に伴い転居イベントが発生する。転居世帯は、住宅タイプ選択および立地選択モデルに移行し、新しい住宅タイプと居住地が決定される。対象都市の外からの転入者は地域内の個人データベースとは別に生成し、転入後、個人データベースに追加される。既存研究では転入者の設定に課題があったが、本研究では転入者の人数や世帯タイプの推計方法を改良した。このような計算を連続的に行うことによって、個人と世帯属性の遷移を每期計算し、各期の結果をアウトプットファイルにて出力する。本研究では、このうち、既存研究から改良が行われた転出・転入モデルを中心に以下で説明する。

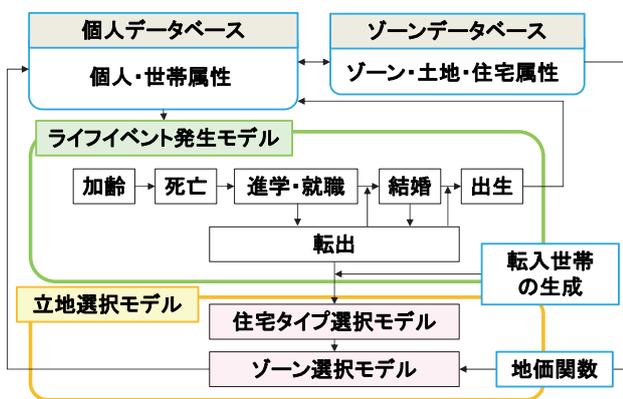


図-1 MSモデルの基本構造

(2) 対象地域と既存の初期マイクロデータの生成

本研究では、コンパクトシティ政策に積極的に取り組んでいる富山市を対象とする。本研究では富山市を82のゾーンに分割している。本研究では、シミュレーションに用いる個人・世帯に関する初期マイクロデータとして、既存研究^{(10),(11),(12),(13)}で推計されたデータセットを用いた。既存研究の方法は、筆者らが平成23年12月に富山市全域を対象に実施したアンケート調査で得られた世帯サンプルをもとに、属性間の相関性を考慮して年齢等の個人属性を決定し、出現頻度の低い世帯タイプについては世帯サンプルと同様の属性を与えている。なお、初期マイクロデータの推定に利用したサンプルデータは、3,864世帯、9,747人分の個人属性データである。

(3) オープンデータを用いた初期マイクロデータの生成

初期マイクロデータの推計のために前述のような大規模なアンケート調査を実施することは多大な費用や労力を要する。そこで、筆者らは、国勢調査等の入手可能な公表データから初期世帯マイクロデータを生成する方法の開発を現在行っている¹⁴⁾。本研究では、アンケートから推計した初期マイクロデータによる計算とともに、オープンデータから推計された初期マイクロデータを使っ

た計算も行い、シミュレーション結果の比較を行う。なお、アンケートから推計された従来の初期マイクロデータで設定されていた世帯タイプは、33タイプであったが、オープンデータから推計した初期マイクロデータは、国勢調査の「世帯の家族類型、世帯人員別一般世帯数」の区分等から、表-1に示す28タイプとしている。

表-1 世帯タイプの設定

世帯人数	世帯タイプ ()内は世帯コード番号	世帯人数	世帯タイプ ()内は世帯コード番号
1人	(11)単身・男	4人	(44)夫婦+子+親
	(12)単身・女		(40)その他
2人	(21)夫婦のみ	5人	(51)夫婦+子3人
	(22)男親+子1人		(52)夫婦+両親+子2人
	(23)女親+子1人		(53)夫婦+子2人+親
	(20)その他		(50)その他
3人	(31)夫婦+子1人	6人	(61)夫婦+子4人
	(32)男親+子2人		(62)夫婦+両親+子2人
	(33)女親+子2人		(63)夫婦+子3人+親
	(34)夫婦+親1人		(60)その他
	(30)その他		(71)夫婦+子5人
4人	(41)夫婦+子2人	7人	(72)夫婦+両親+子3人
	(42)女親+子3人		(73)夫婦+子4人+親1人
	(43)夫婦+両親		(70)その他

3. ライフイベント発生モデルの改良点

(1) 転出イベント

従来モデルにおける転出イベント発生モデルでは、25-64歳の各個人に対して転居発生確率を設定していたが、本研究では、16歳以上の各個人に対して転居発生確率を与えている。転居発生確率は、平成22年国勢調査人口移動集計の移動人口の男女・年齢等集計(総務省統計局)を基に算出した。5歳階級別転出確率を図-2に示す。転出イベントが発生すると、その個人が世帯主か非世帯主家の判定を行う。世帯主に転出イベントが発生した場合は世帯全員が転出するとし、世帯主以外の転出の場合は個人での転出という扱いをしている。転居が発生した個人は、その後、移動先が富山市内か市外かの判定を行い、市内の場合は転居先の住宅タイプ選択、ゾーン選択を行う。市外の場合は個人データを消去するのではなく対象地域外へ移動し、そこで属性遷移が行われる。そして再び転入してくる可能性を残し結婚や就職を理由とする世帯の合流を表現する。

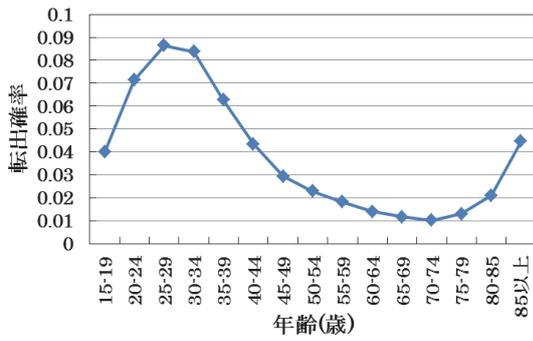


図2 転出イベント発生確率

(2) 転入イベント

市外から新たに市内へ転入してくる世帯については、従来のモデルでは大学1年生(18歳), 新社会人(22歳), 転勤者(25-64歳), その他の世帯(30-69歳の夫婦と0-18歳の子供が1人いる3人世帯)という非常に限定された世帯タイプを設定し、過去の実績から各転入者数を算出していた。本研究では、表-2に示すような15タイプの世帯を設定し、オープンデータとアンケート調査を組み合わせたデータから転入世帯割合を推計した。

新たに転入してくる個人・世帯データはアンケート調査から得られた過去10年以内に富山市外から富山市内に転入した369世帯のデータと住民基本台帳のデータから推定した。アンケートの回答者は、子育て世代と60~64歳を含む高齢世帯の割合が高く、進学、就職、転勤が多く発生する若年、中年世帯や1人世帯の回答が少ない。そこで、住民基本台帳人口移動報告の年齢(5歳階級)別他市区町村の富山市への転入者データの周辺分布に合うように補正した。

表-2 転入世帯のタイプと構成割合

世帯人数	転入世帯構成員の組み合わせ (【 】内の割合は推計された世帯構成割合)
1人	単身世帯【68.0%】
2人	夫婦【12.6%】, 世帯主+子供【0.8%】, 世帯主+親【0.3%】, その他2人世帯【0.5%】
3人	夫婦+子供【9.5%】, 夫婦+親【0.8%】, 世帯主+子供2人【0.5%】, その他3人世帯【0.1%】
4人	夫婦+子供2人【4.7%】, 夫婦+子供3人【1.2%】, その他4人世帯【0.2%】
5人	5人世帯【0.5%】
6人	6人世帯【0.1%】
7人以上	7人世帯【0.1%】

次に、各期の総転入世帯数について、従来のモデルでは、富山市の総人口に一定割合を乗じて4タイプの転入世帯数を推計していたが、本研究の改良モデルでは、2

変数による時系列モデル(VARモデル)を構築し、住民基本台帳の市町村別世帯移動数を用いて、パラメータを推定した。本研究で推定したVARモデルは、過去の転入者数と過去の転出者数のデータを用いて、将来の転入者数を予測した。過去の転入者数だけでなく、転出者数を変数として用いたのは、転出者が増えると、住宅が空くため、新たにその住宅に転入する世帯が増えると仮定しているためである。AIC基準をもとに、過去2年間のデータを用いて時期の転入者数の予測を行った。

4. 改良モデルの推計結果と精度検証

改良したモデルによるシミュレーション結果(推計値)と実績値との比較を行う。さらに従来モデル⁸⁾によって計算された推計値との比較も行う。なお、本シミュレーションでは、アンケート調査から推計された従来の初期マイクロデータを用いることとする。実績値には住民基本台帳データを用い、アンケート調査を実施した平成23年12月から平成28年12月までの人口変化を推定する。

(1) 出生モデルの推計結果

5年間のシミュレーションでの出生数の推計結果と実績値、従来モデルとの比較結果を図-3に示す。

既存研究では出生イベントの際に婚姻に関わらず全ての女性に対して判定が行われていたことや、プログラミングコードの乱数発生桁が1桁少なかったことから、新生児過多の傾向があった。本研究では既婚女性を出生順位別に判定したため既存研究より出生数を抑えられた。しかし、全体的に出生超過の傾向であり、特に平成24年度が出生超過している。出生数の実測値との平均誤差は本研究で18.6%、既存研究で34%と精度が向上した。

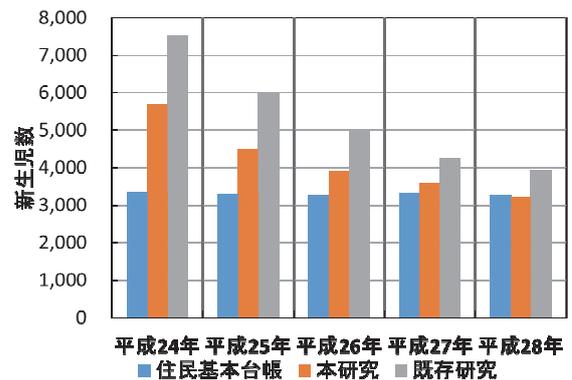


図3 出生値推計結果と実測値の比較

(2) 転出モデルの推計結果

次に転出者数の推計結果と実績値、従来モデルとの比較を図-4に示す。また、転出世帯数の推計結果と実績値、従来モデルとの比較結果を図-5に示す。

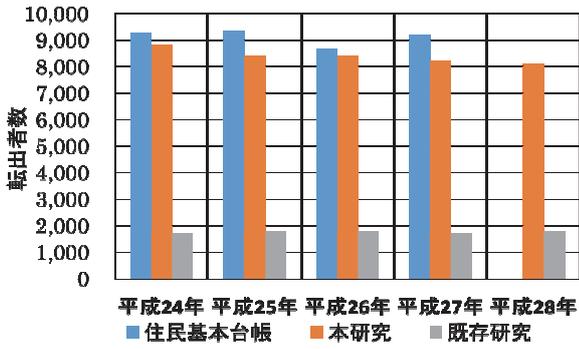


図4 転出者数の推計結果と実績値，既存研究の比較

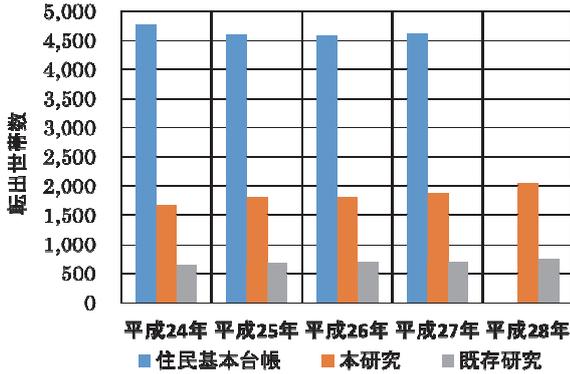


図5 転出世帯数の推計結果と実績値，既存研究の比較

転出者数の実測値には住民基本台帳の年齢（3 区分），男女別他市区町村への転出者数を，転出世帯数の実測値には住民基本台帳の市町村別世帯移動数を用いた。転居とは市内移動と市外転出を指すが，本研究の推計値は実測値よりも転出者が少ない結果となっている。市内移動に関するデータである平成 22 年国勢調査人口移動集計の移動人口の男女・年齢等集計（総務省統計局）を転出発生確率算出に用いたが，住民基本台帳の 5 年分の転出者数よりも少ないことによる誤差と考えられる。国勢調査は 5 年の間での集計値のため，平成 17 年から平成 23 年の調査の間に転居して，再び市内に戻ってきた人は転居した人数に含まれない。他の原因として，転出モデルの設定が考えられる。本研究では世帯主が転居せず非世帯主が転居する場合，非世帯主の個人転居としているが，例えば主婦が個人転居するとはあまり考えにくい。転出世帯数の推計値が実測値より少ない原因として，世帯主であるか否かに関わらず，同じ年齢別転居確率を与えていることが一因と考えられる。世帯単位での転居確率を与えるなど改善が必要である。転出者数推計値と実測値との平均誤差は 8%と比較的高い精度を得た。

(3) 転入モデルの推計結果

転入者数の推計値とアンケート，実績値との比較を図 6 に示す。

実績値の平均値とアンケート補正の誤差はどの年度も ±1%以内であり，転入者の年齢分布は極めて高い精度を得ている。なお，図 6 の推計値は転入イベントのシミュレーションを 10 回計算した平均によって算出している。

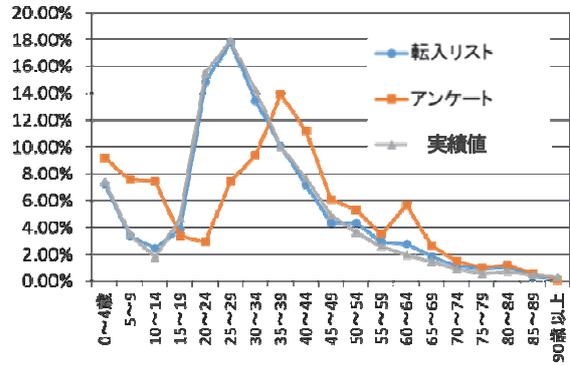


図6 転入者リストとアンケート，実績値との比較

転入に関する平均世帯人員と単身世帯の割合について表 3 に，5 年間のシミュレーションでの転入者数および転入世帯数の推計結果と実測値，既存研究の従来モデルとの比較結果を図 7, 8 に示す。表 3 について，推計値の平均世帯人員は国勢調査よりも少なくなった。図 7，図 8 に関して，転入世帯数の実測値には住民基本台帳の市町村別世帯移動数を，転入者数の実測値には住民基本台帳の年齢（3 区分），男女別他市区町村への転出者数を用いる。転入世帯数に関しては時系列分析で推計しているためどの年度も ±3%以内と良好な結果となったが，転入者数については実測値よりも転入超過している。転入世帯数の実測値との平均誤差は本研究で 1.5%，既存研究で 12.5%と精度が向上した。転入者数の実測値との平均誤差は本研究で 5.2%，既存研究で 25.4%と精度が向上した。

表 3 転入に関する平均世帯人員と単身世帯の割合

	1人世帯の割合	平均世帯人員(人)	2~7人世帯の平均世帯人員(人)
転入者推計値	0.680	1.588	2.836
H22 国勢調査	0.689	1.616	3.021

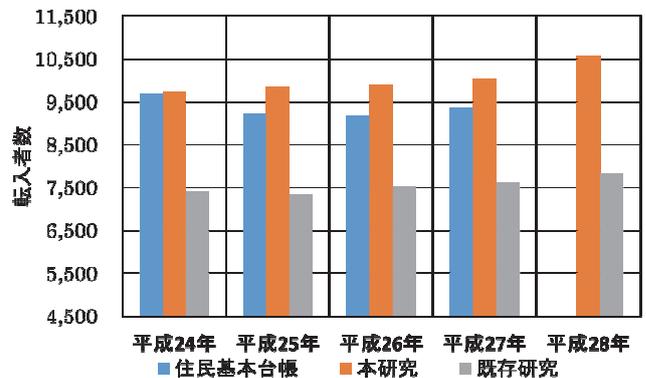


図7 転入者数の推計結果と実績値の比較

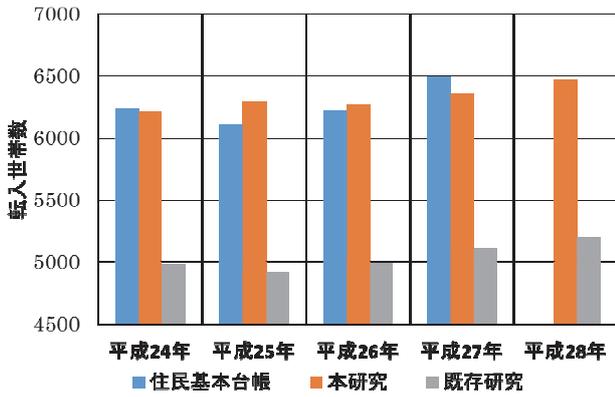


図8 転入世帯数の推計結果と実績値, 既存研究の比較

5 総人口, 総世帯数推計値の精度検証

(1) 総人口の推計結果

これまでのライフイベントの発生条件および処理を行うマイクロシミュレーションモデルを用いて5年後の人口変化を推定した。なお、オープンデータから推定された初期マイクロデータの精度を確認するため、従来のアンケートデータから推計した初期マイクロデータと国勢調査等のオープンデータから推計した初期マイクロデータを用いたシミュレーションをそれぞれ行い、推計結果の比較を行った。本シミュレーションの1タイムステップ(1年)を計算するのに約10時間を要した。

総人口の推計結果(アンケートデータ, オープンデータ)と実績値を図9に示す。富山市の総人口は減少傾向であるが、推計値, 特にオープンデータを用いた初期マイクロデータからの推計値では増加し続ける結果となってしまった。原因として考えられることとして、人口増加を伴うイベントで生じる誤差が積み重なったと思われる。特に初期データにおける出産年齢帯の女性の人数が過大に推計されているため、出生超過となっていることが一因と考えられる。

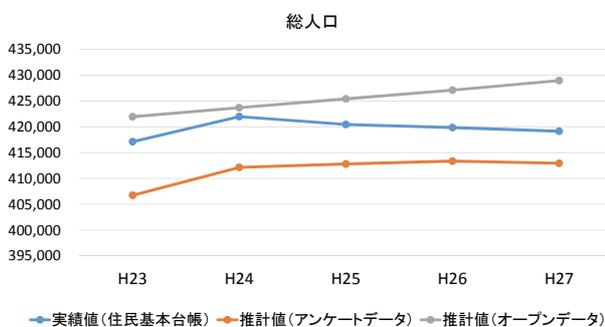


図9 総人口のシミュレーション推計値と実績値の比較

(2) 世帯数の推計結果

次に、富山市の総世帯数の推計値(アンケートデータ,

オープンデータ)と実績値の比較を図10に示す。富山市の総世帯数は増加傾向であり、推計値でも増加傾向となった。特にオープンデータを用いた初期マイクロデータによる推計では高い推計精度を得た。従来のアンケートデータから推計値の方が実績値よりも傾きが大きくなった。前述のように、転入モデルの世帯数は大幅な誤差が生じていない。転出イベントの世帯数の精度向上が課題となる。転出イベントについて、現在は世帯主の転出は世帯全員、非世帯主の転出は個人のみと設定している。世帯・個人単位の転居の実態を考慮し、より正確な転出イベントの発生確率の設定を行う必要がある。

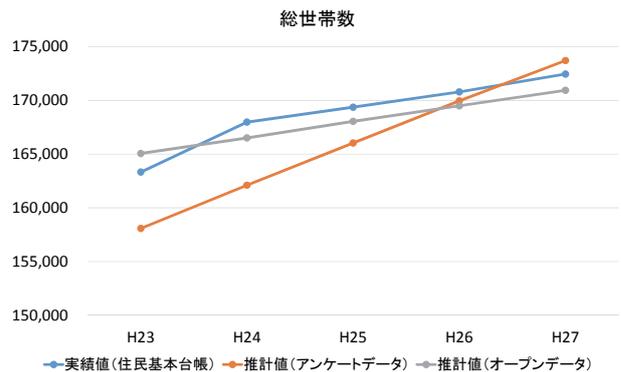


図10 シミュレーション推計結果と実績値の比較

6. おわりに

本研究では実用的な都市マイクロシミュレーションの開発のため、これまで著者らが開発してきたモデルをもとに、転出、転入モデル等の改良を行い、従来のモデルによる推計結果および実績値との比較検証を行った。その結果、改良モデルにおいては従来のモデルに比べ、各イベント発生モデルにおいて大幅な精度の向上が確認できた。また、初期マイクロデータについては、アンケートデータから推計した従来の方法に加え、オープンデータを利用した初期マイクロデータの推計値を用いたシミュレーションも行った。その結果、オープンデータを用いた推計では、総人口の推計値は実績値と比較すると、過大推計であったが総世帯数の推計では良好な推計結果を得た。これにより、オープンデータを用いた初期マイクロデータでも高い精度のシミュレーションを行うことが確認できた。しかし、総人口と総世帯数の誤差の傾向に違いが出たことについては今後、さらなる検証が必要である。また、住宅ストックの空間分布や建替え等、供給側の要因をモデルに取り入れることで転居に関する推計をより現実的に考慮することができると考えられる。今後は、モデルの精度を高めるとともに、住宅ストックの考慮等、新たな改良も行っていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：立地適正化計画制度,
http://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/compactcity_network.html
- 2) Miller, E.J., Hunt, J.D., Abraham, J.E., and Salvini, P.A. Mi-crosimulating urban systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol.28, Issues 1-2, 9-44., 2004.
- 3) Hunt,J.D., Abraham,J.E.,Design and implementation of PECAS: a generalized system for allocating economic production ex-change and consumption quantities. in Lee-Gosselin, M., Doherty, S. (Eds.), *Integrated Land-use and Transportation Models: Behavioral Foundations*. Elsevier, Amsterdam, 2005
- 4) Moeckel, R., Wpiekermann, K., Schurmann, C., Wegener, M.. Microsimulation of land use. *International Journal of Urban Sciences*, 7(1), 14-31. ,2003
- 5) Waddell, P.(2002). UrbanSim Modelling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning, *Journal of American Planning Association*, Vol.68, No.3, 297-443
- 6) Waddell, P., Borning, A. , Noth, M. Freier, N. and Becke, M. (2003). Microsimulation of Urban Development and Location Choice: Design and Implementation of UrbanSim, *Networks and Spatial Economics*, 3, 43-67.
- 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モデル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
- 8) Atsushi SUZUKI, Koya ICHIKAWA: Micro-simulation of household location choice with matching based housing market model, *Selected Proceedings of the 12thWCTR*, No.1327, 2013.
- 9) 金崎智也・北詰恵一：マイクロシミュレーションによる都心居住誘導政策評価，土木計画学研究・講演集,51,2015
- 10) 杉木直・村中智哉・宮本和明：実都市を対象とした初期マイクロデータの推定手法の適用と検証，土木計画学研究・講演集,47，CD-Rom ,2013
- 11) 村中智哉・杉木直・大谷紀子・宮本和明：富山市を対象とした世帯マイクロデータの設定と検証，土木計画学研究・講演集, 49, 2014
- 12) Nao Sugiki, Varameth Vichiensan, Noriko Otani, Kazuaki Miyamoto, *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
- 13) Nao sugiki, Tomoya Muranaka, Noriko Otani, Kazuaki Miyamoto, *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
- 14) 吉田慎也・鈴木温：オープンデータを用いた初期世帯マイクロデータの生成に関する研究，平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM, IV-26 ,2017

EVALUATION ON PREDICTION ACCURACY OF THE HOUSEHOLDS MICRO—
SIMULATION MODEL

Ryuya KONO, Athushi SUZUKI