

仮想都市におけるマイクロシミュレーション型土地利用モデルによる空間分布予測*

A Micro-Simulation Land Use Model on a Hypothetical City *

北詰恵一**・吉村一馬***・井ノ口弘昭****

By Keiichi KITAZUME**・Kazuma YOSHIMURA***・Hiroaki INOKUCHI****

1. はじめに

マイクロシミュレーション手法を用いた土地利用モデルの適用が進んでいる¹⁾。UrbanSim²⁾をはじめとする海外のマイクロシミュレーション型土地利用モデルでは、交通プロジェクトや都市計画上の政策などによる土地利用変化や環境変化を予測し、実際の計画立案に活用されている。一方、我が国では都市政策の是非や効果を判断する際、都市モデルの必要性が指摘されているものの、これらの土地利用モデルの研究成果の適用実績がほとんどない状況である。

今後持続可能な都市づくりに向けて、将来計画をたてたりさまざまな都市施策を実行したりする場合には、土地利用・交通政策とその相互作用に敏感なモデルの構築、および代替施策のテストまでを考慮した都市モデルの開発、それらの予測結果の評価と政策へのフィードバックを踏まえたしくみづくりを行わなければならない。土地利用モデルには、いくつかのアプローチがありうるが、これらの目的を満たすものとして、マイクロシミュレーションは有効なアプローチのひとつと言える。

そこで、本研究では個人・世帯等の個々の行動主体を分析単位としたマイクロシミュレーション手法に着目し、日本の都市圏の適用を目指してその構築を行う。また、マイクロシミュレーションモデルでは、詳細な将来予測・土地利用の表現が可能であるので、それらを活かした立地選択行動の表現、政策変化に対する詳細な土地利用変化の表現における同モデルの有用性を示すこととする。ただし、ここでは、検討を容易にするため、実際の典型的な都市圏を意識した仮想的な都市を対象とし、そのパフォーマンスを確認することとする。

* キーワーズ：人口分布、マイクロシミュレーション、土地利用モデル

** 正員、博士(工学)、関西大学環境都市工学部
都市システム工学科(大阪府吹田市山手町3-3-35、TEL:
06-6368-0892、E-mail:kitazume@ipcku.kansai-u.ac.jp)

*** 正員、修士(工学)、京都市

**** 正員、博士(工学)、関西大学環境都市工学部
都市システム工学科(大阪府吹田市山手町3-3-35、TEL:
06-6368-0964、E-mail:hiroaki@inokuchi.jp)

2. 転居行動分析に使用したデータについて

(1) 道央都市圏パーソントリップ調査について

本研究では、平成18年度に実施された第4回道央都市圏パーソントリップ調査に付随した住居や住み替え意向に関して調査したライフスタイル調査を使用し、転居行動の集計・分析を行った。調査対象地域は、道央都市圏の札幌市10区(中央区、北区、東区、白石区、豊平区、南区、西区、厚別区、手稲区、清田区)と札幌市周辺の9市町(小樽市、江別市、千歳市、恵庭市、北広島市、旧石狩市、当別町、南幌町、長沼町)である。

調査項目は、大きく分類すると、現在の世帯構成(年齢、性別、世帯主との関係)の他、現在の住居、以前の住居、今後の住み替え意向についてであり、回答を得た19,394世帯を世帯人数、高齢者の存在により、表

1に示すような7属性に分類して転居行動等の集計を行っている。

表1 世帯類型の属性別分類の詳細

	世帯構成	世帯類型の詳細
世帯類型1	単身世帯・非高齢	64歳以下の単身世帯
世帯類型2	単身世帯・高齢	65歳以上の単身世帯
世帯類型3	2人世帯・非高齢	64歳以下の2人世帯
世帯類型4	2人世帯・高齢者あり	世帯人員のうち1人が65歳以上
世帯類型5	2人世帯・高齢世帯のみ	世帯人員が2人とも65歳以上
世帯類型6	3人以上世帯・非高齢	65歳以上の世帯人員がいない3人以上世帯
世帯類型7	3人以上世帯・高齢者あり	65歳以上の世帯人員が1名以上いる3人以上

(2) 地価データ

道央都市圏パーソントリップ調査には世帯の所得に関する調査項目が設定されていない。所得は住居選択において制約条件として大きく影響し、選択結果としての住宅や土地の価格に反映される。また、マイクロシミュレーションモデルによる住宅選択行動の表現においては、所得に応じて選択肢の価格帯がある程度決まってくることから、所得による需要側の膨大な選択肢の限定が可能である。そこで、調査時期の居住地域の平均地価をもって、世帯の所得に関する情報を表現しているものとした。なお、地価データは、各ゾーン内に存在する公示地価ポイントにおける同年の地価で代表し、複数ある場合は、その平均値を用いた。

3. 仮想都市におけるシミュレーションについて

(1) 仮想都市の設定について

マイクロシミュレーションによる予測には、世帯遷移の経年変化の追跡、転居行動に影響を与える世帯遷移の理由の詳細な分析、そして低確率の将来予測の Output によるリスク管理等が可能となる利点がある。そこで、マイクロシミュレーションの利点を活かした予測の明確化のため、道央都市圏を想定した仮想都市を設定し、転居行動・将来予測を行うことで転居行動を表現した。そのために、平成 12 年国勢調査の道央都市圏の人口比を指標とした 1 セル $10\text{km} \times 10\text{km}$ の 25 のセル（居住候補地）をもち、アンケート結果から無作為に世帯票から抽出した 1,000 人が居住する図 1 のような仮想都市を設定した。なお、仮想都市外からの人口や世帯、労働力の流入等は考慮しない閉鎖的な仮想空間を想定している。また、仮想都市設定の目的として、シミュレーションに要するコンピュータ等の計算負荷の軽減も含んでいる。以下に、交通と地価の細部の条件設定について述べる。

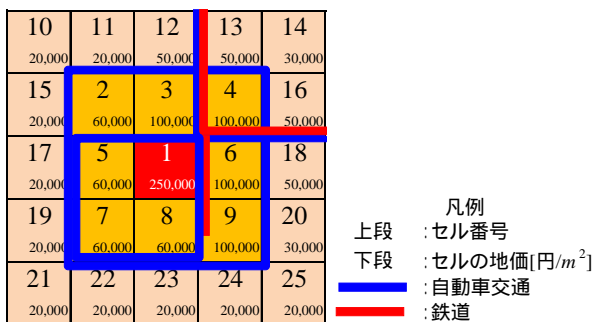


図 1 仮想都市と交通条件、地価の設定

a) 交通網の設定

現実の道央都市圏の交通ネットワークを踏まえて、道路アクセスは、大小の環状道路、都市部と郊外を結ぶ放射状道路を設定し、鉄道アクセスは、都市部と郊外を結ぶ JR 線と札幌市内のみの地下鉄線を設定した。必ずしも、厳密な意味での道央都市圏のものではないが、25 個のメッシュの交通条件の多様性を構成している。

b) 地価設定

ここでの地価は、立地選択者側の需要量に回答して上がり、利便性の高い土地への一極集中抑制への抵抗指標としての意味も併せ持つ。仮想都市でのシミュレーションに関しても、立地選択者の過剰集中に制約を設けるため、道央都市圏の市区町の平成 17 年の地価データの平均値から、セル 1（中央区を仮想した都心）は 250,000[円/m²]、セル 2~9（札幌市を仮想した都心近郊）は 100,000、60,000[円/m²]、セル 10~25（札幌市外を仮想した郊外）は 50,000、30,000、20,000[円/m²]を設定している。

(2) シミュレーションにおける世帯遷移

詳細な将来予測を行うためには、経年変化に伴う世帯構成の変化・遷移を考慮することが重要で、5 年の経過で 5 歳加齢されることによる立地行動への選好の変化を考慮しなければならない。そこで、図 2 で示すようなフローで 5 年の時間経過と死亡、出生、婚姻、独立のイベントを考慮した世帯構成の遷移・更新させ立地選択のシミュレーションを行う。各イベントの発生確率は、国立社会保障・人口問題研究所³⁾の仮定値に基づいて使用し、年齢別に集計し発生確率を掛けイベント発生該当候補者数を算出し、一様乱数でイベントを与えている。各イベントの発生対象は以下の通りである。

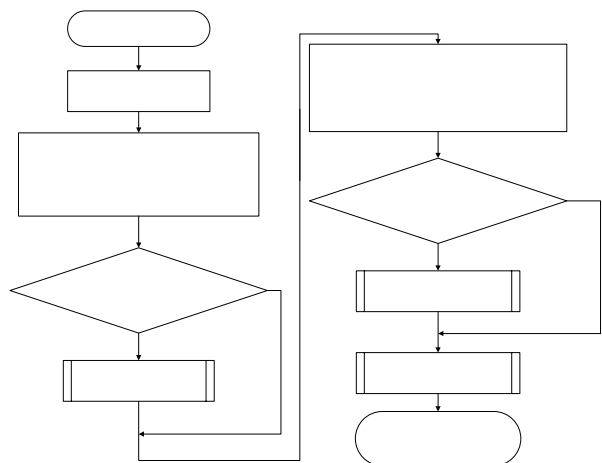


図 2 仮想シミュレーションの全体フロー

a) 死亡イベント

仮想都市の全居住者が対象である。世帯主死亡の場合、単身世帯の場合は世帯消滅、配偶者がいる場合は配偶者が、兄弟や子供をもつ場合は兄弟・子供がそれぞれ次の世帯主として継承する。世帯主が結婚した場合も世帯消滅と設定した。

b) 出生イベント

15~49 歳の女性が対象で、2006 年の各年齢別女性に対する出生率を参照した。新生児の性別や 0~4 歳の年齢も出産イベント該当者に一様乱数で割り当てるよう設定した。

c) 婚姻イベント

15~60 歳の男女で、無配偶者が対象である。イベントが発生した場合、その夫婦は旧世帯から分離するよう設定した。

d) 世帯遷移イベント

本シミュレーションでは、婚姻とは区別した世帯分離を意味し、結婚と出産イベントが発生しない 15~30 歳の男女が対象である。全単身世帯に対し、30 歳の単身世帯の割合が下がる⁴⁾ことから、30 歳を独立する基準とした。

なお、離婚・再婚や結婚していない男女間での出産など、さまざまな詳細なケースが考えられるが、ここでは単純化し、上記のような設定に留めている。

(3) 世帯類型別の効用関数

立地選択行動は、線形型の効用関数を使った通常のロジットモデルで表現することとし、道央都市圏パーソン

トリップ調査から回答を得た過去5年間の転居行動から世帯類型別にパラメータ推計した。

各交通条件、地価、世帯主の勤務地に関する各説明変数のパラメータ値とt値は、表2のとおりである。符号条件および5%水準での有意性は確保しているが、地価に関するパラメータについては、土地供給量制限の観点から、有意水準を満たさない場合であっても、説明変数として除いていない。

表2 説明変数に対する世帯類型別のパラメータとt値

説明変数	世帯類型1			世帯類型2			世帯類型3			世帯類型4		
	パラメータ	t値	尤度比	パラメータ	t値	尤度比	パラメータ	t値	尤度比	パラメータ	t値	尤度比
札幌市内中央区以外ダミー												
札幌市以外ダミー	-1.603	-12.689	0.532	1.369	2.691	0.864	-0.812	-8.345	0.599	0.359	-2.613	0.938
JR学研都市線ダミー	0.216	2.556		-0.505	-3.562		0.191	2.657				
JR函館本線ダミー	0.318	5.089										
JR千歳線ダミー	0.870	6.065		-0.483	-2.087		0.391	4.218				
地下鉄ダミー				初期尤度	-1.195		-3.046	初期尤度		0.451	3.624	
有料道路(放射状道路)ダミー			8094.262754	0.626	3.203	1233.719932	0.477	7.196	10791.36886	0.671	6.515	2458.606546
環状道路(小)ダミー	0.681	8.751	最終尤度	1.856	5.732	最終尤度			最終尤度	0.657	3.620	最終尤度
環状道路(大)ダミー	0.300	4.047	4308.214296	-0.606	-3.763	1065.424673	0.497	7.004	6468.40284	0.389	3.922	2305.675583
世帯主の勤務地ダミー	3.218	69.574	対数最大尤度			対数最大尤度	3.314	86.507	対数最大尤度			対数最大尤度
平成17年度の平均地価	-4.86E-06	9.281	-4308.210	-8.02E-06	-1.884	-1065.420	-5.03E-06	-9.956	-6468.400	3.36E-06	4.491	-2305.680

説明変数	世帯類型5			世帯類型6			世帯類型7		
	パラメータ	t値	尤度比	パラメータ	t値	尤度比	パラメータ	t値	尤度比
札幌市内中央区以外ダミー									
札幌市以外ダミー	-0.763	-4.321	0.926	-0.630	-7.872	0.735			0.431
JR学研都市線ダミー				0.158	2.802		0.337	2.146	
JR函館本線ダミー				-0.158	-2.804		-0.422	-3.170	
JR千歳線ダミー									
地下鉄ダミー	0.501	2.461		初期尤度	0.295		4.482	初期尤度	
有料道路(放射状道路)ダミー	0.520	4.874	2535.161961	0.679	9.471	14195.14032	1.059	7.076	2806.050347
環状道路(小)ダミー	0.354	2.225	最終尤度			最終尤度			最終尤度
環状道路(大)ダミー	0.505	5.080	2347.161692	0.502	9.774	10437.43332	0.892	5.661	1210.412314
世帯主の勤務地ダミー			対数最大尤度	2.919	87.200	対数最大尤度	4.262	46.214	対数最大尤度
平成17年度の平均地価	1.58E-06	2.110	-2347.160	-5.47E-06	-10.112	-10437.400	-7.26E-06	-5.511	-1210.410

4. シミュレーションの実行結果と考察

仮想空間における立地選択シミュレーションの結果について、人口変化とシミュレーション条件の変更の結果の差異を以下に結果を示す。

(1) 人口の経年変化

仮想都市全体の人口については、図3の上段より2015年をピークとして人口が減少する傾向にあるが、下段左の若年層に比べ、下段右の高齢者のみの世帯の人口は増加していることがわかる。また、高齢者の郊外への転居行動が観察されたが、表2の高齢者の転居行動のパラメータから、郊外の地域ダミーが正の符号であること、郊外の地価が都心に比べ低いことから、高齢者世帯は住宅の立地場所を総合した価値ではなく、住宅や土地以外の財を消費する家計行動を優先したと考えられる。また、セル1の都心が利便性の最も高い地域でありながら、人口推移が減少あるいはほぼ横ばいである要因としては、地価のパラメータの符号が負であり、地価が転居行動における抵抗指標となったと考えられる。実際の立地選択の際には、選択者に多選択肢を限定するための情

報を与える指標になり得るため、地価が立地選択行動に大きく影響するという結果を導くことができる。

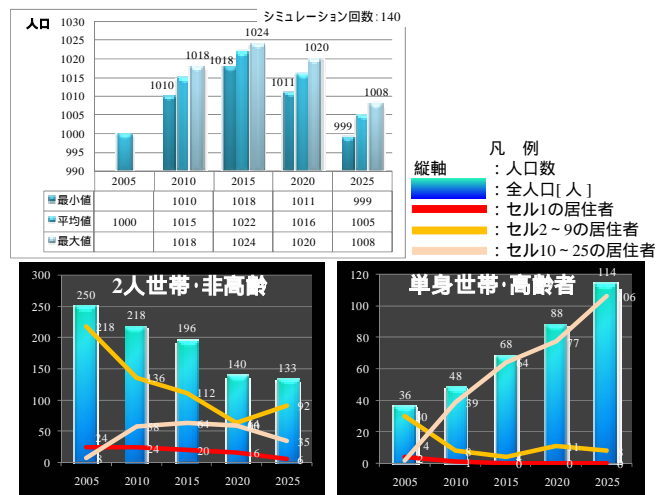


図3 仮想都市全体(上段)と地域別(下段)の人口変化

(2) 条件変更によるシミュレーション結果

シミュレーションには、表3のように立地条件として環状道路(大)が整備されている場合(現状)と整備

されていない場合の2種類、居住年数として転居しない比率を立地選択の際に考慮する場合、考慮しない場合の2種類、計4種の場合の土地利用変化を計算し、その結果を検討した。

表 3 シナリオ別の変更条件

	環状道路(大)条件	居住年数条件
シナリオ1	変更せず	×(考慮せず)
シナリオ2	WITHOUT 施策	×(考慮せず)
シナリオ3	変更せず	(考慮する)
シナリオ4	WITHOUT 施策	(考慮する)

a) 居住年数の考慮

2006年までの5年間で転居経験が無い世帯が全体で60%以上を占め、転居行動に反映させる。居住年数を考慮しない場合の転居行動は各時間段階の効用最大化による立地選択行動である。表4よりシミュレーション期間で転居しない(2025年まで定住する)世帯がシナリオ1や2の場合には1世帯も存在せず、年齢や居住年数に無関係に全世帯が転居をするモデルであった。一方、居住年数を考慮した場合、転居しない(2025年まで定住する)世帯はシナリオ3の場合98世帯、シナリオ4の場合86世帯を観察したことで、転居経験有無の割合をモデルに組み込むことにより、転居しないという意味決定を代用し、居住年数を考慮したと言える。

表 4 シナリオ別の20年間定住した世帯数

	環状道路	居住年数	2025年の世帯数	20年間定住した世帯
シナリオ1	変更せず	×(考慮せず)	411	0
シナリオ2	WITHOUT 施策	×(考慮せず)	411	0
シナリオ3	変更せず	(考慮する)	418	98
シナリオ4	WITHOUT 施策	(考慮する)	413	86

b) 立地条件の変更

図1から環状道路(大)が無い場合を考えると、セル番号10、11、14、20、25は自動車道路、公共交通ネットワークが皆無となり交通過疎地域となる。よってこれら5地域の居住人数を、環状道路(大)が持つ利便性の指標として、表5のようなシナリオ間の比較を行った。

表 5 シナリオ別環状道路(大)の有無の影響比較

	環状道路(大)の交通整備施策	居住年数	居住人数		
			平均値	最小値	最大値
シナリオ1	変更せず	×(考慮せず)	123	103	165
シナリオ2	WITHOUT 施策	×(考慮せず)	118	84	140
シナリオ3	変更せず	(考慮する)	133	97	176
シナリオ4	WITHOUT 施策	(考慮する)	138	86	185

居住年数を考慮しないシナリオ1と2を比較すると、環状道路(大)が無い場合、全体的に居住人数が減少し

ており、交通整備の有無が立地選択に影響を及ぼしていると言える。一方、居住年数を考慮したシナリオ3と4の比較では、環状道路(大)が無い場合、環状道路(大)が有る場合より平均値、最大値が増加した。交通整備施策の影響に加え、転居しないという意味決定も考慮した郊外地域への転居行動の影響から、郊外地域の居住人数が増加したと考えられる。

5. 結論・今後の課題

本研究では、最小の分析単位を対象としたマイクロシミュレーション型土地利用モデル構築を行った。道央都市圏での転居行動に関するアンケート結果をもとに集計・分析を行った結果、従来の均衡モデルや集計モデルとは異なり、個々の転居理由や選好に基づいた多様な将来予測の出力結果を示すことができた。これらの出力結果は、都市政策の実施による将来の世帯の空間分布変化のありうる可能性を示している。均衡型の土地利用モデルが示す一つのアウトプットやシナリオに基づく確定的なアウトプットとは異なり、いくつかのプロセスの多様性による将来における空間分布結果のさまざまな様子を示している。このことは、都市マネジメントにおける一種のリスク管理のための情報として位置づけることが可能であり、この情報に基づいた都市政策のあり方の検討も必要になる。

今後は各イベントやモデルの精緻化、世帯タイプの再検討、交通モデルをはじめ経済・企業立地といった外部モデルとのリンクによるモデル精度の向上、シミュレーションモデルの軽量化と容易なシミュレーションが等課題として挙げられる。

本研究は、平成20~21年度科学研究費補助金(基盤研究(B))、(課題番号:20360232)、研究課題名「詳細属性情報を含む世帯の空間分布予測のためのマイクロシミュレーションシステム」の研究成果の一部をとりまとめたものである。ここに記して、謝意を表したい。

参考文献

- 1) 宮本和明, 北詰恵一, 鈴木温, 杉木直, Varameth Vichiensan :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, 2008.
- 2) Waddell, P., Ulfarsson, G. F., Franklin, J. and Britting, J.: Incorporating Land Use in Transportation Planning, Transportation Research Part A Vol.41, pp.382-410, 2007.
- 3) 国立社会保障・人口問題研究所 URL : <http://www.ipss.go.jp/>
- 4) 厚生労働省 HP : URL : <http://www.mhlw.go.jp/shingi/0112/s1214-4b21.html>