

# Bid-offer価格に着目した 住宅市場シミュレーションモデルの構築

市川 航也<sup>1</sup>・鈴木 温<sup>2</sup>・John Abraham<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名城大学大学院 理工学研究科修士課程 建設システム工学専攻 (〒468-8502 愛知県名古屋  
市天白区塩釜口1-501)

E-mail:123437003@c alumni.meijo-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 名城大学准教授 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

<sup>3</sup>非会員 HBA Specto Incorporated (725 101 6 Ave SW Calgary, AB T2P 3P4 Canada)

E-mail: jea@hbaspecto.com

既存のマクロシミュレーション型都市モデルは住宅市場において多様な世帯と住宅との相関関係の表現や価格形成プロセスに課題が残されている。このような課題を解消するため、筆者らは多様な世帯と住宅のマッチングに着目した住宅市場モデルを構築してきた。しかし、これまでの研究ではモデルの静的な枠組みを示すまでに留まっているため、実際の都市の世帯・住宅データ、土地情報の反映した動的な枠組みへの改良が必要となっている。本研究では、住み替えの発生や住宅供給者の価格調整、世帯の効用の更新を考慮したエージェントベースの世帯立地シミュレーションシステムを構築し、実際の都市の世帯データと住宅データ、土地情報を用いて住宅市場のモデル化を行った。最後に現状の課題と今後の発展の方向性についても論じる。

**Key Words :** *land-use model, agent-based-model, housing market*

## 1. はじめに

日本の多くの地方都市では、少子高齢化や人口減少に伴う都市の縮退や、無秩序な都市計画による郊外化、中心市街地の衰退等の問題が生じている。今後、さらなる少子高齢化、人口減少が予測される中で、住民の生活の質を維持・向上していくために賢い縮退（スマートシュリンク）を図るなど、地方自治体は持続可能な都市構造へ転換する必要がある。持続可能な都市構造へ転換するためには、将来の人口分布などの都市構造変化を定量的に予測し、変化に応じた効用率的な都市政策を行っていくことが有効であると考えられる。

世界各国では、政策の有効性を評価するため、様々な都市モデルが開発されており、計画実務でも活用されている。中でも、マクロシミュレーション型の都市モデルは、多様な主体の属性変化や選択行動を表現することが可能なことから、少子高齢化に伴う世帯構成の変化が都市に与える影響を分析することにも有効であると考えら

れる。特に住宅市場は、世帯人数や世帯主年齢等の世帯属性と間取り、住宅タイプ、立地環境等の住宅属性によって世帯による住宅の選好が大きく左右される傾向がある。言い換えれば、世帯属性と立地選好や住宅属性との関係性を明らかにし、シミュレーションによってその変化を表現することができれば、将来の世帯立地をある程度予測することが可能であると考えられる。しかし、これまで開発されてきたマクロシミュレーション型都市モデルは、世帯と住宅とがランダムに割り当てられるなど、世帯属性と住宅属性の高い相関性を十分表現できないという問題点があった。

鈴木らは、世帯と住宅との相関関係を考慮するため、マッチング理論とオークションの概念を住宅市場に応用した住宅市場モデルの開発を行ってきた<sup>1)</sup>。しかし、既存研究では、ある時点における静的な枠組みを示すまでに留まっていたため、世帯属性や住宅属性の時間変化を考慮した動的な枠組みへ改良する必要がある。また、シミュレーションに用いた世帯と住宅データは仮のサンプル

ルデータが与えられたため実際の都市のデータを用いたシミュレーションに改良する必要がある。

そこで本研究では、世帯の住み替えの発生や住宅供給者の価格調整、世帯と住宅属性の経年的変化等を考慮したエージェントベースの動的な住宅市場・世帯立地シミュレーションシステムの構築を行い、実際の都市の世帯データと住宅データ、土地情報を反映したシミュレーションシステムの開発を行うことを目的としている。

## 2. 既存研究と本研究の位置付け

### (1) 既存の都市モデル

UrbanSim<sup>34)</sup>、PECAS<sup>56)</sup>等のマイクロシミュレーション型の都市モデルは、欧米の都市計画の実務において政策が土地利用・交通に与える影響の分析に用いられている。しかし、既存の都市モデルでは多様な世帯と多様な土地・住宅との相関関係や主体の行動を考慮した価格形成プロセスを表現できているとは言い難い。例えば、UrbanSim<sup>34)</sup>は世帯の立地選択のモデル化をモンテカルロシミュレーションを用いた世帯のゾーンへのランダムな割当を行っているため、世帯属性とゾーンとの関係を表現できていない。また、土地価格の推定はゾーン周辺の環境を変数としたヘドニック価格推定法を用いているため価格決定と世帯や供給者の行動と乖離しているといった課題が挙げられる。PECAS<sup>56)</sup>は、土地区画の用途変化はモンテカルロシミュレーションを用いることによって詳細なシミュレーションが表現できているものの、世帯の立地や経済活動についてはゾーン単位の集計的なモデルとなっている。以上のように既存の都市モデルでは、多様な世帯属性を考慮した世帯立地や住宅市場の価格形成を表現できていない。そこで、本研究では動的な世帯の立地選択の変化の予測や不動産価格の変化等の分析を可能にするため、多様な世帯と住宅の相関関係を考慮し、世帯と住宅の取引結果としての価格形成メカニズムを組み込んだシミュレーションシステムの構築を行う。

### (2) エージェントベースの住宅市場シミュレーション

上記のように既存の都市モデルには、マイクロシミュレーションを用いてのにも関わらず、不動産市場の市場の多様な世帯と土地や住宅との相関関係が表現できていないといった課題が残されている。不動産市場は多種多様な世帯と土地・住宅から成る市場であるためモデル化には個々の属性を考慮した活動の予測が必要とされる。このような課題を解決するため、本研究ではエージェントベースの世帯立地シミュレーションシステムを採用し

た住宅市場モデルの開発を行う。エージェントベースのモデルはエージェントと呼ばれる活動主体単位で選択行動をシミュレートし、エージェント間の相互作用を表現することが可能なことから、住宅市場のモデル化に有効であると考えられる。本研究で提案するモデルの動的な遷移関係を図-1に示す。本モデルのエージェントは世帯と住宅供給者であり、世帯・住宅の属性の遷移、供給者の価格調整、世帯と住宅とのマッチング・価格決定を考慮したシミュレーションの構築を行った。

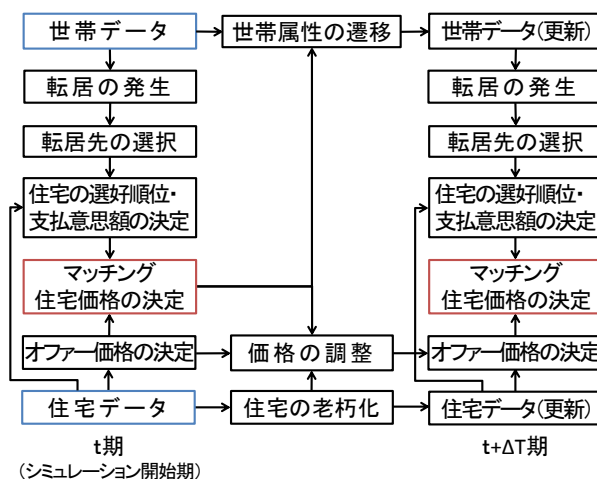


図-1 住宅市場シミュレーションの遷移関係

## 3. 住宅市場シミュレーションの基本構造

### (1) 住宅市場シミュレーションの開発環境

本研究では、これまで述べてきた住宅市場シミュレーションシステムの構築をエージェントベースシミュレーションの統合開発環境であるNetlogo<sup>7)</sup>を用いて行った。また、世帯の立地選択シミュレーションは戸建住宅から戸建住宅へ転居する世帯の住宅選択行動のみを対象として行った。

### (2) 世帯と住宅の設定

本モデルのエージェントは世帯と住宅である。両エージェントはそれぞれ属性を持っており、本研究では世帯属性として世帯主年齢、世帯人数、子供の有無と設定し、住宅属性として住宅価格、建物面積、築年数、駅までの距離を設定した。エージェントの属性は経年的に変化するものとする。本研究では、世帯主年齢、築年数を変化させ、世帯主の高齢化による選好の変化、住宅の老朽化による世帯の住宅に対する効用の減少を考慮した。世帯、世帯属性、住宅、住宅属性は実際の都市のデータをもとにリスト化し、シミュレーションの初期データとして読み込む。

### (3) 世帯と住宅の位置情報

世帯と住宅の座標情報は属性情報同様、外部ファイルから読み込むことでモデル中に反映される。世帯と住宅の初期マッチング関係は、現状の観測データを反映するものとする。また、世帯が住んでいる住宅とは別に空家住宅も初期データとして設定する。Netlogoには簡易的なGISの拡張機能を有するので、都市のゾーンデータはshape形式のファイルから読み込むことでシステム上に反映される。したがって、駅や病院などの公共施設の位置情報も国土数値情報等のデータを利用し、シミュレーションに反映することが可能である。

### (4) 世帯の転居発生

本シミュレーションでは、時間単位ごとに世帯の一部に転居が発生するものとする。実際の市場における世帯の転居イベントの発生は世帯主の年齢や業種等の世帯属性やライフステージに依存することが考えられるため、世帯属性を考慮した住み替えの発生モデルの構築が必要である。本研究では、初期条件として世帯タイプ別に一定の転居発生率を与え、世帯属性別の転居発生率の違いを考慮したが、転居発生モデルを別途組み込むことも可能である。

### (5) 転居世帯と住宅のマッチングおよび価格決定

本シミュレーションにおける住宅市場モデルは、世帯の選好と住宅の多様性を考慮した割当と価格決定を行うため、マッチング理論とオークションの概念を住宅市場に応用しモデル化を行った<sup>2)</sup>。本シミュレーションでは、住宅市場の価格決定は、世帯の持つ付け値 (bid price) と各住宅供給者が提示するオファー価格 (offer price) によって、住宅ごとに決定される。各世帯の持つ住宅に対する選好と付け値は、世帯タイプごとに推定される効用関数から導出される。例えば、世帯人数が多い世帯は居住面積を重視し、単身世帯は交通利便性を重視した選好を持ち、住宅供給者が提示した提供価格を見て、それぞれの世帯の付け値 (bid price) を設定する。本モデルでは、世帯は売りに出されている住宅に対し、効用が高い順に順位づけを行い、最も選好順位の高い住宅に入居希望を出す。住宅の購入世帯は基本的に早い者勝ちで決定されるが、同一住宅を複数の世帯が同時に希望する場合、世帯は住宅に応募をする際に付け値を提示し、住宅供給者は最も高い付け値を提示した世帯と契約を結ぶものとする。価格競争に敗れた世帯は次に選好順位の高い住宅に応募し、以降同様の作業を繰り返す。

本モデルでは以上の手順を用いて許容価格の下でのエージェント間の価格競争メカニズムを表現する。

### (6) 住宅供給者の価格調整

実際の住宅市場では住宅供給者は売り出す住宅の価格を設定する際に、住宅の立地環境、魅力度、建築費用等や経済状況などを考慮して価格を設定すると考えられる。売り出した住宅が売れない場合には価格を下げることも考えられる。本シミュレーションの住宅供給者は、実際の住宅供給者の行動原理に倣い、住宅を売り出す際に市況に応じた価格を設定し、一定期間売れない場合には価格を下げるという価格調整を行う。

### (7) 世帯の住宅に対する効用の更新

時間の経過に応じて、世帯の住宅に対する効用は更新される。効用の更新は、住宅供給者の価格調整、住宅の老朽化、世帯属性の変化により行われる。本シミュレーションでは、1日単位で時間を区切っているため、マッチングと住宅供給者の価格調整、世帯の選好の更新を毎日繰り返すことで世帯立地の動的な変化のシミュレーションが行われる。

### (8) シミュレーションの出力結果

本モデルは、世帯が住んでいる住宅や空き住宅の分布の動的な変化をシミュレートし、視覚的な情報として地図上に出力する。各期の住宅価格の動的な変化や各世帯タイプごとの居住住宅の平均住宅価格や平均床面積等の遷移が時系列のグラフとして出力される。また、地図情報としても色分けわれた世帯の位置情報が出力される。各出力結果はCSVファイルとしても出力可能である。

## 4. シミュレーションモデルの適用

### (1) 対象地域

本研究で構築した住宅市場のシミュレーションモデルを富山市の都市計画区域を対象に適用した。富山市内に居住する世帯の世帯主年齢、世帯人数、子供の有無、住んでいる住宅の属性データ、座標情報は2011年12月から2012年1月にかけて行ったアンケート調査の結果を用い、世帯と世帯が居住している住宅の属性データとした。モデル中の空き住宅のデータは2011年8月現在に不動産サイトで富山市内で売りに出されていた住宅を抽出し、住宅リストを作成した。

### (2) 世帯の住宅に対する効用推定

世帯の住宅に対する効用は本研究では説明変数として住宅価格、築年数、建物面積、最寄駅までの時間を設定し、選択型コンジョイント形式の質問を設けたアンケート調査の結果から推定を行った<sup>3)</sup>。効用の推定は世帯毎

の選好の多様性を表現するため世帯を世帯タイプに分けて行った。世帯タイプは世帯主年齢と世帯人数、子供の有無によって表-1のように12タイプに分けた。既存研究<sup>1)</sup>によって推定されている各世帯タイプのパラメータは、表-2に示すとおりである。

表-1 世帯タイプ分け

世帯人数	子供有無	世帯主年齢		
		20~30代	40~50代	60代~
単身	無	タイプ1	タイプ2	タイプ3
2~3人	無	タイプ4	タイプ5	タイプ6
	有	タイプ7	タイプ8	タイプ9
4人~	無 or 有	タイプ10	タイプ11	タイプ12

表-2 パラメータ推定結果(1/3)

	係数 (t値)			
	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
価格	-0.0025 (-3.571)**	-0.0033 (-4.467)**	-0.0023 (-3.532)**	-0.0024 (-3.826)**
広さ	0.0251 (2.873)**	0.0244 (2.889)**	0.0207 (2.482)*	0.0217 (2.860)**
築年数	-0.2055 (-4.582)**	-0.2338 (-5.073)**	-0.1838 (-4.716)**	-0.2126 (-5.252)**
最寄駅までの時間	-0.0266 (-2.243)*	-0.0232 (-1.803)*	-0.0639 (-6.085)**	-0.0352 (-3.375)**
ρ	0.2243	0.2880	0.3320	0.3041

表-2 パラメータ推定結果(2/3)

	係数 (t値)			
	タイプ5	タイプ6	タイプ7	タイプ8
価格	-0.0022 (-4.924)**	-0.0011 (-2.598)**	-0.0018 (-4.107)**	-0.0019 (-4.511)**
広さ	0.0147 (2.672)**	0.0054 -1.0120	0.0172 (3.032)**	0.0146 (2.792)**
築年数	-0.1786 (-6.629)**	-0.0947 (-3.915)**	-0.1695 (-5.917)**	-0.1632 (-6.361)**
最寄駅までの時間	-0.0464 (-6.537)**	-0.0537 (-8.725)**	-0.0268 (-3.609)**	-0.0403 (-5.993)**
ρ	0.3262	0.2159	0.2109	0.2592

表-2 パラメータ推定結果(3/3)

	係数 (t値)			
	タイプ9	タイプ10	タイプ11	タイプ12
価格	-0.0022 (-5.049)**	-0.0017 (-4.325)**	-0.0019 (-6.377)**	-0.0018 (-5.416)**
広さ	0.0241 (4.302)**	0.0218 (4.185)**	0.0202 (5.285)**	0.0248 (5.469)**
築年数	-0.1989 (-7.521)**	-0.1757 (-6.804)**	-0.1667 (-9.283)**	-0.1635 (-7.736)**
最寄駅までの時間	-0.0561 (-7.763)**	-0.0299 (-4.644)**	-0.0520 (-11.093)**	-0.0510 (-8.965)**
ρ	0.3081	0.2054	0.2497	0.2021

\*\*1%の有意水準で有意 \*5%の有意水準で有意

### (3) 初期条件設定

住宅市場シミュレーションのエージェントとしての世

帯と住宅のデータは、アンケート調査から得られた富山市に居住する2056世帯と世帯が居住している住宅2056軒、さらに空き住宅を111軒およびその属性を用いた。前述のようにこれらの初期データは、シミュレーションにおけるエージェントの初期属性データとして読み込まれる。シミュレーションの期間は5年間とし、1日単位で情報を更新する。世帯の転居発生は世帯属性やライフステージによって発生率は異なることが考えられるが、本研究では初期条件として世帯タイプ毎に転居発生率を与えた。また、住宅供給者が住宅を新たに売り出す際の住宅の値上げ率、住宅が売れない場合の値下げ率については、それぞれ0%-20%、0%/月-10%/月の間で可変の値を設定できるシステムとなっているが、本研究においては、初期条件は住宅の値上げ率2%、値下げ率1%/月、転居希望世帯発生割合1%/日とした。なお、これらの条件は、実際の観測データを考慮し、精緻化する必要がある。

### (4) 出力結果

前節で述べた初期条件の下、2000世帯余りの世帯を対象としたシミュレーションを行った結果、計算が終わるまでにかかった時間は6分程度となった。図-2に5年間のシミュレーション結果の出力例を示す。本モデルは、図の左中部のつまみで住宅の値上げ・下げ率、世帯の転居発生率の設定を行い、シミュレーションを開始する。世帯分布や空き家の情報は図の中央部で表示される。

本研究では世帯は世帯主年齢、世帯人数、子供の有無によってタイプ分けを行ったが、世帯主年齢が若年層(20-30歳代)の世帯は青色系、中年層(40-50歳代)の世帯は緑色系、高齢層(60歳以上)の世帯は赤色系、世帯人数については色の濃淡による色分けをして表示した。中央部からは、世帯タイプ毎の分布の動的な変化や住宅周辺の立地環境との関係、空き家の分布が視覚的な情報として入手することが可能である。図の右部では対象地域内の世帯数、世帯タイプの内訳、各シミュレーション期の平均住宅価格、世帯タイプ毎の居住している住宅の属性等のグラフが出力される。右部からは、世帯が住んでいる住宅と空き住宅の価格、世帯が住んでいる住宅の属性の遷移、住宅の提供価格、どの世帯がどの住宅に住んでいるかを表すマッチング結果を見ることができる。

以上のようなシミュレーションを行った結果、世帯人数が多い世帯は広い住宅に居住し、居住する住宅価格が他の世帯タイプよりも高い傾向が確認できた。また、世帯主年齢が高齢の世帯は駅までのアクセスが良い住宅に転居する傾向が確認できた。これらの結果は実際の観測データとも一致しており、本住宅市場シミュレーションは妥当な計算結果を提供していると言える。

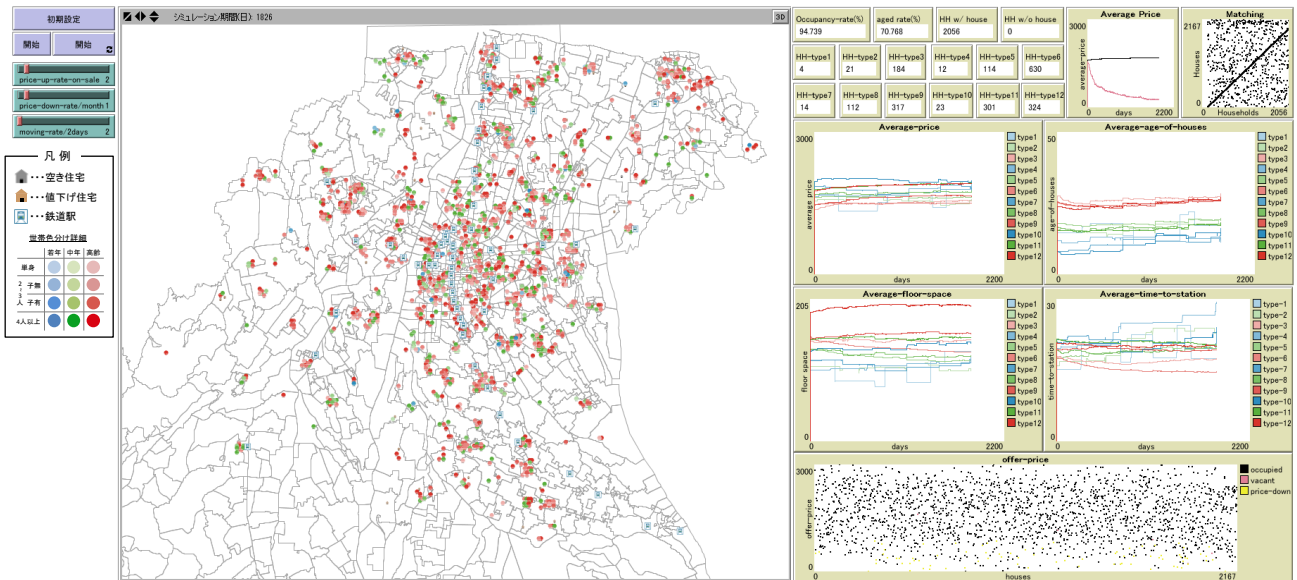


図-2 住宅市場シミュレーションシステムの出力例

## 5. 考察と今後の展望

前章まで述べてきたように本研究で構築したシミュレーションモデルは各世帯タイプや空き家の分布の時系列の変化や住宅価格や世帯の居住住宅の傾向の時系列変化を表現することが可能である。しかし、転居世帯の発生プロセスや住宅供給行動に課題が残されている。本章では残されている課題と今後の研究の方向性を示す。

### (1) 世帯の立地選択行動の改良

本研究では、転居希望世帯は、対象地域内にある全ての住宅の中から住宅選択を行っている。しかし、実際に世帯が転居先を決定する際には、住宅選好は、職場へのアクセシビリティや親族の立地等を考慮してある程度の転居先のゾーンを決めていることが考えられる。また、住宅タイプについても本研究では持家戸建のみを対象としているため、その他の住宅タイプの選択の推定を行う必要がある。今後は転居先のゾーン決定過程の導入し、ゾーン選択、住宅タイプ選択、住宅選択の3段階の選択を行うなど、モデルの改良を行う予定である。

また、本研究では世帯の住宅に対する効用関数の説明変数として住宅価格、築年数、建物面積、最寄駅までの時間のみを考慮している。しかし、世帯が住宅選択を行う際には、住宅の構造タイプや駐車場の有無等の他の要因も考慮していることが考えられるため効用関数の改良が必要である。

### (2) 転居発生モデルの導入

本研究では、転居希望世帯は対象地域内で転居行動を

行い、対象地域外から世帯は転居して来ないものとしてシミュレーションを行っており、死亡、出生、子の離家等による世帯員の増減も考慮されていない。また、世帯の転居発生率は世帯の属性やライフステージに依存することが考えられるが本研究では初期条件として世帯タイプ毎の転居発生率を与えているため現実的な予測が行えていない。今後は、世帯の属性の遷移や転居発生イベントを予測することが可能なモデルを考慮し、転居の発生から住宅選択までの動的なシミュレーションを行う必要がある。

### (3) 住宅供給者の価格調整行動の明確化

本モデルの住宅供給者は住宅の売れ行きによって価格を調整するという行動が考慮されている。本研究における住宅供給者の価格調整は初期条件設定で一律に与えられた値上げ率・値下げ率に基づいて行われている。しかし、実際の市場では値上げ率や値下げ率は景気や住宅が売れる見込み等によって変化すると考えられるため、モデルには、景気の動向や住宅売れ行き期待等を考慮した価格調整プロセスの導入が必要である。

### (4) 住宅の供給メカニズムの導入

現在のモデルでは、住宅の老朽化のみを考慮しているが、住宅の新規立地や建て替えは考慮されていない。住宅の新規立地は、世帯の居住地選択を考える上で非常に重要であるにもかかわらず、既存のモデルでは十分検討されてきたとは言えない。その理由として、住宅の供給が属地的かつ予測の難しい事象であることが挙げられる。しかし、世帯立地の主要な要因であるからこそ、より精

緻な予測が必要である。例えば、我が国は新築住宅へのニーズが非常に高く、新規住宅立地が土地の制約等から都市の郊外部に集中してきたことから都市の郊外化が進行している状況などをシミュレーションによって表現することが可能となると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では世帯と住宅の相関関係、世帯と住宅供給者の価格交渉、住宅価格の遷移を表現するため、住宅市場にマッチング理論とダブルオークションの概念を応用したモデルを構築した。また、動的なシミュレーションを行うため、世帯主年齢の高齢化、住宅の老朽化、住宅供給者による価格調整による世帯の住宅に対する効用の更新を行うプロセスを組み込みエージェントベースのシミュレーションシステムを構築した。シミュレーションシステムの構築には、エージェントベースのシミュレーション開発環境である Netlogo を用いた。2011 年度に富山市を対象として実施したアンケート調査の結果を入力データとして読み込み、システム上に反映した。その結果、世帯と空き住宅の分布の動的な変化、住宅価格、各世帯タイプが住んでいる住宅の属性の遷移等を表現することができるシミュレーションモデルを構築することができた。しかし、本モデルには 5 章で述べたような課題が残されている。今後は、これらの課題を解決し、改良した住宅市場シミュレーションを使い、将来の土地利用の変化や交通政策等が住宅価格や世帯の分布、空き家率に与える影響等を評価していきたいと考えている。なお、本シミュレーションモデルは、既存の都市モデルにも組み込むことが可能であると考えられ、実用化されている既存の都市モデルとも連動させつつ、今後の都市政策を検討できる有効な情報を提供してゆきたいと考えている。

謝辞：富山市アンケート調査は、富山市都市整備部都市政策課の協力を得て実施した。また、本論文は、平成 23 年度科学研究費補助金（基盤研究（B））、課題番号：23360228、研究課題名：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）の研究成果の一部を取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) 市川航也・鈴木温・北詰恵一・宮本和明：選択型コンジョイントを用いた住宅市場マッチングモデルの推定，土木計画学研究・講演集，2012
- 2) 市川航也・鈴木温：ダブルオークションに着目した住宅市場マイクロシミュレーションの開発，土木学会中部支部講演概要集，2013
- 3) Waddell, P.: UrbanSim Modelling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning, Journal of American Planning Association, Vol.68, No.3, pp.297-443,2002.
- 4) Waddell, P., Boming, A., Noth, M. Freier, N. and Becke, M. : Microsimulation of Urban Development and Location Choice: Design and Implementation of UrbanSim, Networks and Spatial Economics, 3, 43-67, 2003.
- 5) Hunt, J.D., Abraham, J.E. : Design and application of the PECAS land use modelling system. Paper presented at the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Sendai, Japan, 2003.
- 6) Hunt, J. D., and J. E. Abraham. : Design and Implementation of PECAS: A Generalised System for the Allocation of Economic Production, Exchange and Consumption Quantities. In Integrated Land-Use and Transportation Models: Behavioral Foundations (M. E. H. Lee-Gosselin and S. T. Doherty, eds.), Elsevier, St. Louis, Mo., 253-274, 2005.
- 7) Netlogo ホームページ：  
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

(2013. 5. 7 受付)

Development of a housing market simulation model with a bid-offer framework

Kouya ICHIKAWA, Atsushi SUZUKI, John ABRAHAM