

マイクロシミュレーション型土地利用モデルにおける世帯と住宅のマッチング*

Modeling for Housing Market in Land-Use Micro-Simulation Model *

鈴木温**・北詰恵一****・宮本和明*****

By Atsushi SUZUKI**・Keiichi KITAZUME**** and Kazuaki MIYAMOTO*****

1. はじめに

近年、UrbanSim¹⁾、ILUTE、Locsim²⁾等のマイクロシミュレーション型の都市モデルが開発されている³⁾。マイクロシミュレーション型の都市モデルは、多様な主体を表現することができることから、住宅の多様性や局所的な価格形成メカニズムについてもモデル化が可能であり、従来の都市モデルではできなかった分析も可能になると期待されている。本研究ではマイクロシミュレーション型土地利用モデルにおける住宅市場のモデル化を試みる。

住宅市場は、情報の非対称性、不均衡（空き家の存在）等、一般的な財の市場とは異なる特徴を有しているが、特に財としての個別性、多様性が重要である。一方、世帯による住宅の選択は、世帯属性によって大きく左右される。したがって、この住宅の個別性、多様性と世帯属性に応じた住宅への選好という特徴から、住宅市場のモデル化においては、住宅需要者である世帯と住宅のマッチングが重要となる。

マッチングの理論は、労働市場における労働者の割り当て、研修医の病院への割り当て、等、幅広い分野に応用され、近年その理論的な発展が目覚ましい学問分野である。マッチングの理論では、様々なアルゴリズムが開発され、効率的なマッチングの研究がなされている。そこで、本研究では、新たなマイクロシミュレーション型の都市モデルの開発に向け、住宅市場における世帯と住宅のマッチングに着目し、モデル化を試みることを目的とする。第2章では、住宅市場の特徴を整理し、3章ではマッチングに関する理論的な成果を整理する。それらを受け、第4章では、住宅市場のモデル化を行う。

2. マイクロシミュレーションにおける住宅市場

(1) 住宅市場の特殊性

住宅市場は他の市場と異なる様々な特徴を有するこ

とが知られている。その中でも特に重要な特徴は住宅の個別多様性である。住宅はそれぞれ固有の土地に存在し、間取りや広さ、眺望等によって、他の物件との差別化がされる。そのため、住宅は非常に多様な市場を形成することになる。また、住宅は、賃貸住宅、分譲住宅、注文住宅等、販売方法や所有形態によって市場が異なる。さらに、同じ住宅であっても、新規と中古の区別があるなど、築年数や前居住者の有無によって、市場が異なる。

一方、世帯による住宅の選択は、世帯属性によって大きく左右される。例えば、独身の単身世帯はワンルームの賃貸住宅などに居住することが多いが、結婚や出産によって家族が増えると、複数の部屋を持つ一戸建ての住宅やマンションに転居するケースが多い。また、年齢が上がるに従って、持ち家を購入する割合が増加する傾向がある。

このように、住宅市場では財の個別性、多様性と世帯属性に応じた住宅への選好という特徴から、住宅需要者である世帯ニーズと住宅のマッチングが重要となる。すなわち、住宅市場では、様々なタイプの住宅があり、それぞれ異なったグループの需要者が、自分のニーズにあった住宅の中でのみ選択しているため、同じ住宅市場といえども、別々の市場が数多く存在すると考えることができる。そのような市場では、多数の需要者と多数の供給者を想定するワルラス的な市場とは異なり、需要者と供給者の相対取引による市場が形成されやすい。

(2) 既存モデルにおける住宅市場の取扱い

前述のように、住宅市場には、住宅の個別多様性と世帯属性に応じた多様なニーズに起因する特徴を有していることがわかったが、従来の土地利用モデルではこれらの特徴を明示的に表現したモデル化はほとんどなされてこなかった。

マイクロシミュレーション型のモデルは、多様な世帯属性と世帯の時系列変化を表現できることから、世帯属性に応じた居住地、住宅の選択のモデル化とそれを生かした政策分析が可能になると期待できる。現在までに、UrbanSim¹⁾やILUTEなど、いくつかの実用化されているマイクロシミュレーションタイプの都市モデルが存在する⁹⁾が、例えば、活用実績が多いUrbanSimでは、土地の価格決定は、土地条件や環境変数を説明変数としたへ

*キーワード：マッチング、マイクロシミュレーション

**正員、博士（工学）、名城大学理工学部建設システム工学科
（名古屋市中白区塩釜口1-501、
TEL052-838-2531、FAX052-832-1178）

***正員、博士（工学）、関西大学環境都市工学部

****フェロー、工博、東京都市大学環境情報学部

ドニック回帰と空き家率の変動を組み合わせた式で表現されている。これは、需要と供給の相対取引によって生じる不均衡の状態やその変動を長期と短期の空き家率の差によって暗示的に表現していると考えられる。しかし、このようなモデルでは、個別多様な市場の形成過程と相対取引の過程が表現できず、マイクロシミュレーションの特性を十分に活かしてきれていないと考えられる。

そこで、本研究では、マイクロシミュレーション型土地利用モデルにおける住宅市場に着目し、鈴木他⁴⁾で提案された相対取引に着目した設計方針に基づき、住宅需要者である世帯と住宅とのマッチングのメカニズムを既存の理論的成果を踏まえ、以下で検討することとする。

3. マッチングの基礎理論

(1) マッチングの理論

マッチングの理論は、労働市場における労働者の割り当て、研修医の病院への割り当て、学校選択、男女の結婚問題等、幅広い分野に応用され、近年その理論的な発展が目覚ましい学問分野である。住宅市場の分野では、Wheaton⁵⁾が住宅のサーチ活動とマッチングの簡単なモデル化を行っている。

マッチングの方法には、大きく分けて、出会いが偶然の確率に従うと考えるランダム・マッチングと、主体による何らかの選り好みを想定するマッチングとに分けることができる。住宅市場では、前述のように、世帯属性によって住宅に対する選好は大きく異なると考えられる。そのため、世帯が住宅を選択する際には、住宅タイプや価格帯によってある程度ふるいにかかけ、順位付けを行っていると考えられる。そこで、本研究では、主体の選好を考慮したマッチングのルールを採用することにする。そのようなマッチングの方法は数多く提案されているが、代表的なモデルであるShapley-Scarfの非分割財市場モデルとGale and Shapleyのアルゴリズムを紹介する。

(2) Shapley and Scarfの非分割財市場モデル⁶⁾

Shapley and Scarf は、住宅のような財の差別化がある非分割財を複数のプレイヤー間で交換する市場(House swapping market)を考えた。House swapping market における各プレイヤーは、他のプレイヤーの持つ財について選好順序を持っており、交換(swap)によって、自己の初期保有材よりも好ましい財を得ようとする。交換のために任意の提携を組むことが可能であり、提携内で財を循環的に交換するような協力ゲームとして表現できる。

House-swapping market は、Galeによって開発された Top Trading Cycles 法というアルゴリズムによって求められる配分が存在する。Top trading cycle 法は、

【Top Trading Cycles(TTC)法のアルゴリズム】

ステップ1

任意のプレイヤー $i \in N$ を選びこれを i_1 とする。

ステップ2

プレイヤー i_1 が、財集合 $H(=N)$ の中から自分の最も好む財を指定し、これを i_2 とする。

ステップ3

プレイヤー i_2 が、財集合 $H(=N)$ の中から自分の最も好む財を指定し、これを i_3 とする。

ステップ4

これを繰り返すとサイクルができる。サイクルができればその中のプレイヤーは財を交換して退出する。

ステップ5

上記ステップを繰り返し、 $N = \emptyset$ となったら終了

House-swapping marketにおいて、プレイヤーの選好順序が無差別を含まない場合には、TTCアルゴリズムの配分は一意に決まり、それは協力ゲームにおける強コア(Strict Core)の解概念と一致することが、Roth and Postlewaite⁷⁾によって示されている。

(3) Gale and Shapleyのアルゴリズム⁸⁾

Gale and Shapleyは、男性と女性の結婚問題を対象として、プレイヤーの集合が2つのグループに分かれている(two-sided) 場合のマッチングをモデル化した。Gale and Shapleyは、以下に示すアルゴリズムによって、必ず安定(Stable)なマッチングに至ることを示した。ここでマッチングが「安定」である状態とは、マッチングがどの個人や男女のペアにも阻害(block)されない、すなわち、ある主体にとって、受け入れ可能かつ、より良い相手が存在するが存在しない場合をいう。Gale and Shapleyのアルゴリズムは、以下のような手順を踏む。

【Gale and Shapley のアルゴリズム】

ステップ1

すべての男性は受諾可能な女性の中で最も望ましい女性にプロポーズ

ステップ2

すべての女性はプロポーズされた男性の中で最も好ましい人と一時的にペアを組む

ステップ3

プロポーズを拒否された男性は、まだプロポーズを拒否されていない受諾可能な女性の集合の中で最も好ましい女性にプロポーズする。もしそのような女性の集合が空ならば、男性はどの女性ともペアを組まない。

ステップ4

女性は婚約している男性と新しくプロポーズを受けた男性の中で最も好ましい男性と改めてペアを組む。

以下、3、4ステップを繰り返し、どの男性のプロポーズも拒否されない時点でアルゴリズムは終了する。

4. マッチングと相対取引のモデル化

前章までの検討を踏まえ、本研究で開発中の土地利用マイクロシミュレーションにおける住宅市場のモデル化を試みる。本稿では特に転居世帯と空家住宅のマッチングと相対取引について以下で説明する。

(1) 住宅市場モデルのフロー

マイクロシミュレーションの中の世帯は、結婚や出生などのイベントを契機として転居が生じる。世帯集合のうち、当該期に地域に転居する世帯の集合を転居世帯とする。転居世帯は、域内の転居のみならず、域外からの転居も考慮する。

空家集合は、持家・借家、一戸建て・集合住宅、広さ、間取り、立地ゾーン等の属性を持つ。当該期の空き家集合は、前期に買い手が付かなかった住宅と、今期、新たに売りに出される住宅からなる。

転居世帯は世帯構成や世帯主年齢、所得等に応じて、空家集合に含まれる各住宅に対して選好を持っているものとする。選好は効用関数で表わされる。空家集合に対する選好は、空家住宅の属性と販売価格をもとに順位づけられるとする。転居世帯の空家住宅に対する選好と転居世帯の留保価格をもとに転居世帯と空家住宅のマッチングが行われる。なお、転居世帯の留保価格は、世帯所得と効用関数から導かれる。マッチングによる仮配置が決まると住宅需要者である転居世帯と住宅供給者との間で価格交渉が行われるものとする。その結果、交渉が成立すれば当該期の取引価格が決定する。交渉が不成立の場合、再びマッチングを行うが、サーチ費用に応じて、当該期は転居を控えるというオプションも考慮する。

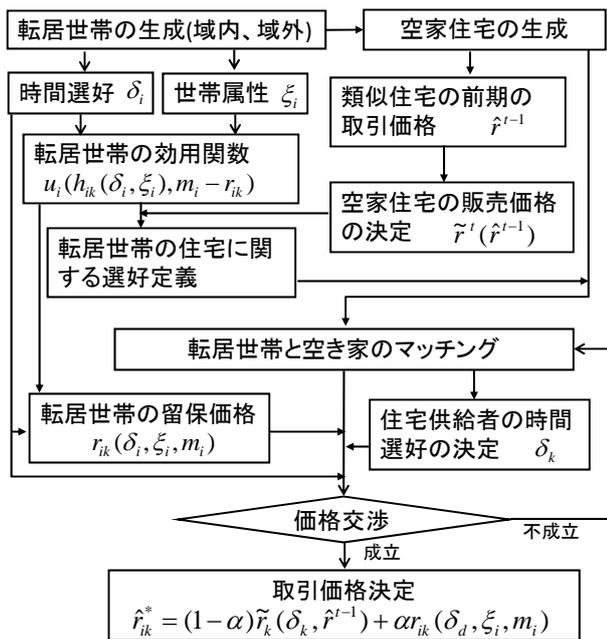


図-1 マッチングと相対取引のモデル化のフロー

(2) 転居世帯の空家住宅に対する選好

転居世帯と空家住宅のマッチングを行うには、世帯の住宅に対する順序付け、すなわち、選好が必要である。世帯の住宅に対する選好は、効用関数によって表現することができる。効用関数は世帯タイプによって異なるものとし、効用は住宅特性と住宅供給者による販売価格を効用関数に代入することによって求めることができる。

$$u_i(h_{ik}(\xi), m - \tilde{r}_{ik}) < u_j(h_{jk}(\xi), m - \tilde{r}_{jk}) \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow h_i < h_j$$

ここで、 ξ は住宅特性、 h_k は住宅kに対する住宅供給者による販売価格、 t 期の販売価格は、 $t-1$ 期の類似住宅の取引価格をもとに決定する。

(3) 住宅に対する留保価格

住宅は典型的な非分割財である。非分割財は、通常財と異なり、需要曲線が離散的である。すなわち、価格が高ければ財を全く消費せず、価格が低ければ1単位消費する。1単位消費することと全く消費しないことが無差別となる価格を留保価格 (reservation price) という。留保価格は、効用関数を用いて導くことが可能である。上記の定義から、次式が成立する。

$$u_i(0, m) = u_i(1, m - r_{ik}) \quad (2)$$

留保価格 r_{ik} は、(2)式を r_{ik} について解くことによって求めることができる。

(4) 転居世帯と空家住宅のマッチング

転居世帯と空家住宅のマッチングに対しては、前述のように世帯属性と住宅への選好に関係性があることから、ランダム・マッチングは適当ではない。また、Shapley and Scarfの非分割財市場モデルは、非分割財を保有しているプレイヤー同士の財の交換を表現するモデルなので、新築住宅や域外からの転居世帯を考慮しない持ち家市場等は表現しやすいが、それ以外の市場には適さない。したがって、本モデルでは、Gale and Shapleyのモデルを住宅市場に適合する形に应用することとする。マッチングのアルゴリズムは、以下のように表される。

ステップ1

すべての移転世帯は購入可能な住宅の中から最も望ましい住宅に応募

ステップ2

すべての住宅供給者は購入を希望している世帯の中から最も好ましい(留保価格の大きい等)世帯を選択

ステップ3

購入を拒否された世帯は、まだ購入を拒否されていない購入可能な空家住宅の集合の中から最も好ましい住宅に応募。もし購入可能な住宅の集合が空ならば、今期はどの住宅への移転を取りやめる。

ステップ4

住宅供給者は選択している世帯と新しく応募を受けた世帯の中から最も好ましい世帯を選択する。

以下、第3、第4ステップを繰り返し、すべての住宅が拒否されなくなった段階でアルゴリズムは終了する。

Gale and Shapleyのモデルを応用した転居住宅と空家住宅のマッチングを以下のような単純化したケースで、アルゴリズムの計算例を示す。

例)

域内から域内への転居世帯を N_e 、域外から域内への転居世帯集合を N_o 、中古空家住宅集合を H_e 、新築住宅集合を N_n とし、それぞれ以下のように定義する。

$$N_e = \{n_1, n_2\}, N_o = \{n_3\}, H_e = \{h_1, h_2\}, H = \{h_3, h_4\}$$

転居世帯の空家住宅に対する選好と、住宅供給者の転居世帯に対する選好は、それぞれ以下のように設定する。

$$n_1 : h_3 > h_4 > h_2 > h_1, n_2 : h_3 > h_4 > h_1 > h_2,$$

$$n_3 : h_1 > h_2 > h_3 > h_4$$

$$h_1 : n_3 > n_2, h_2 : n_1 > n_3, h_3 : n_1 > n_2 > n_3, h_4 : n_1 > n_2 > n_3$$

上記の選好を前述のアルゴリズムに適用する。ステップ1では、各世帯が最も好ましい住宅に応募する。このケースでは、同じ住宅 h_3 で競合している。ステップ2では、住宅 h_3 の供給者が最も好ましいと考える n_1 をリストに残す。住宅 h_1 を断られた n_2 は、ステップ3で2番目に好ましいと考える住宅に応募する。このケースでは、結果的に n_2 が h_4 に応募するため、供給者の選択を待たずに、すべてのマッチングが決定する。

表-1 ステップ1 (1回目のマッチング)

	n_1	n_2	n_3
h_1			1
h_2			
h_3	1	1	
H_4			

表-2 ステップ2 (望ましい世帯の選択)

	n_1	n_2	n_3
h_1			1
h_2			
h_3	1		
H_4			

表-3 ステップ3、4 (2回目のマッチング)

	n_1	n_2	n_3
h_1			1
h_2			
h_3	1		
H_4		2	

(5) 相対取引と価格決定

転居世帯と空家住宅のマッチングによって仮配置が完了したら価格決定のための交渉を行う。価格交渉は、需要者と供給者の相対によって行われ、取引価格は以下のように表わされる。

$$\hat{r}_k = \alpha \tilde{r}_k + (1 - \alpha)r_k \quad (3)$$

ここで、 \hat{r}_k は取引価格、 \tilde{r}_k は、供給者の留保価格、 r_k は、転居世帯の留保価格、 α は、取引価格における重要と供給のシェアを表わす係数を表わす。供給者の留保価格 (reservation price) とは、当該取引において、自らの保有する不動産を売っても良いと考える価格の下限值であり、前期の取引価格によって決定するものとする。

(3) 式のような交渉によって、どのような交渉解に至るのかについては、Rubinstein⁹⁾¹⁰⁾などの交渉理論の既存研究によって理論的に明らかにされており、需要者、供給者の取引成立の緊急性を表わす割引因子が関わる。

転居世帯の留保価格が住宅供給者の留保価格を上回り、交渉が決裂した場合、転居世帯は新たな住宅の選択肢を求めてマッチングを行う。このようなプロセスを繰り返し、すべての転居の住宅が決定したら終了する。なお、サーチ費用に応じて、ある一定の回数以上のマッチングでも交渉が成立しない場合は、転居を取りやめるオプションもあるものとする。当該期の住宅の価格は次期の住宅供給者の留保価格に反映されるものとする。

6. おわりに

本研究では、マイクロシミュレーション型都市モデルの開発に向けて、転居世帯と住宅のマッチングに着目し、理論的な研究の整理を踏まえ、住宅市場のモデル化と簡易ケースでのマッチングの計算を示した。

今後は現実的かつ大規模なデータを用い、シミュレーションを試行する予定である。

参考文献

- 1) P.Waddell, A.Boming, M.Noht, N.Freier and M.Becke: Microsimulation of Urban Development and Location Choice: Design and Implementation of UrbanSim, Networks and Spatial Economics, 3, pp.43-67, 2003
- 2) Anton Oskamp, Local Housing Market Simulation –A Micro Approach, Amsterdam, 1997
- 3) 宮本和明 (研究代表者) : 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、平成18年度～平成19年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 研究成果報告書、2008
- 4) 鈴木温・夫馬雄太・北詰恵一・宮本和明 : 土地利用マイクロシミュレーションにおける住宅の供給と相対取引のモデル化、土木計画学・講演集、Vol.39、2009
- 5) William.C.Wheaton, Vacancy, Search, and Prices in a Housing Market Matching Model, Journal of Political Economy, vol.98, no.6, 1990
- 6) Shapley,L. and H.Scarf, On cores and indivisibility, Journal of Mathematical Economics 1, pp.23-28, 1974
- 7) A.E.Roth and A.Postlewaite, Weak versus Strong Domination in a Market with Indivisible Goods, Journal of Mathematical Economics, 4, pp.131-137, 1977
- 8) D.Gale and L.S.Shapley, College Admissions and the Stability of Marriage, American Mathematical Monthly, January 69, 1962
- 9) Rubinstain, A., Perfect Equilibrium in a Bargaining Model, Econometrica, 50, pp.97-109, 1982
- 10) Rubinstain, A., A Bargaining Model with Incomplete Information about the Preferences, Econometrica, 53, pp.1151-1172, 1985