

マッチングモデルを用いた住宅市場のマイクロシミュレーション*

Micro-Simulation for Housing Market with a Matching 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

筆者らは、これまで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を提案してきた。このモデルは、住宅市場を多様な世帯と多様な住宅のマッチングの問題として捉え、男女の結婚問題を対象に提案されたGale and Shapley¹⁾のマッチングアルゴリズムをマイクロシミュレーションにおける住宅市場に適用したものである。しかし、これまででは、住宅市場の理論的なモデル化と簡易ケースでのマッチングの計算を示すにとどまっていた。

そこで、本研究では、これまで開発を進めてきたモデルを現実的かつ大規模なシミュレーションが可能な形に拡張することを試みる。札幌都市圏を対象に、現実的なデータセットを用いシミュレーションを行う。そのため、まずは、マッチングを行うための基礎情報である住宅に対する世帯タイプ毎の選好を推定する。また、現実的かつ大規模なマッチングを行うための発展の方向性や課題を述べる。

2. マイクロシミュレーションにおける土地・住宅市場

(1) 既存モデルにおける土地・住宅市場の取扱い

マイクロシミュレーション型のモデルは、多様な世帯行動やその時系列変化を表現できることから、多様な世帯タイプに応じた居住地、住宅の選択のモデル化とそれを生かしたきめ細やかな政策分析が可能になると期待できる。しかし、これまでで開発されているUrbanSim²⁾やILUTE³⁾などの、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⁴⁾では、個人や世帯の立地選択、住宅選択がロジット型の選択モデルで記述され、不動産価格の決定は、土地条件や環境変数を説明変数としたヘドニック回帰等で表現されているものが多く、不動産価格の形成メカニズムと人々の選択行動が乖離して

いるだけでなく、マイクロシミュレーション特有の多様できめ細やかな行動を表現できているとは言い難い。

(2) 本研究で提案するモデルのねらい

従来の土地利用マイクロシミュレーションでは前述のような課題の多かった住宅市場のモデル化に対し、筆者らは昨年度からマッチングの概念を応用した住宅市場のモデルを提案してきた。本モデルでは、住宅市場を、住宅の需要者である世帯と住宅とのマッチングととらえることにより、多様な世帯の多様な選好の違いを表現しやすいこと、住宅に対する世帯の選択行動と価格形成メカニズムを理論的に整合させること等が可能となると考えられる。

次章では、住宅市場のマッチングモデルの構造および、Gale and Shapley¹⁾によって男女の結婚問題を対象に提案されたマッチングのアルゴリズムを住宅市場に応用したアルゴリズムを説明する。

3. 住宅市場のマッチングモデル^{5),6)}

(1) 世帯の住宅に対する選好

本研究で提案する住宅市場モデルは、世帯集合 I と住宅集合 H で構成される。

$I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$: 転居世帯の集合

$H = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$: 空家および新築住宅の集合

ここで、世帯集合の要素数 m と住宅集合の要素数 n は必ずしも一致するとは限らない。

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。

住宅集合は、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新規住宅からなる。

転居世帯と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、効用関数から求められる。各世帯が予算制約のもとで、効用最大化行動をとっていると仮定すると、世帯の間接効用関数は、世帯属性、住宅属

*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

性、住宅価格の関数として、以下のように表すことができる。

$$u_i(\xi_{ik}, \lambda_{jl}, r_j) \quad (1)$$

ここで、 $\xi_{ik} = \{\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots\}$: 世帯 i の世帯属性集合
 $\lambda_{jl} = \{\lambda_{j1}, \lambda_{j2}, \dots\}$: 住宅 j の住宅属性集合
 $r_j = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$: 住宅 j の価格

本モデルでは、各世帯は新たに転居を希望する可能性のある住宅の選択肢に対して、選好順位をつけるだけでなく、現在居住している住宅についても選好順位をつける。それによって、場合によっては、今期は転居をあきらめるというオプションも考慮できる。

(2) 世帯に対する住宅供給者の選好

世帯と住宅のマッチングモデルにおいて、住宅供給者の保有する住宅に応募してきた世帯に対して、住宅供給者は何らかの基準によって順位づけを行い、世帯を絞り込む必要がある。実際には需要が超過した場合の絞り込みの方法は、住宅の種類や供給者によって異なるが、本モデルでは、各世帯の当該住宅に対する付け値の価格競争によって住宅供給者が世帯を絞り込むこととする。のことである。住宅 j に対する世帯 i の付け値は、ある一定の効用水準 \bar{u} が与えられたときに、最大限支払いうる価格と定義されるので、以下のように表すことができる。

$$r_{ij}^* = r(\xi_{ik}, \lambda_{jl}, \bar{u}_i) \quad (2)$$

住宅市場の市場価格の価格交渉は、需要者と供給者の相対によって行われ、需要者と供給者の留保価格に挟まれた交渉可能範囲の中のいずれかで決定される^{6),7)}が、本モデルでは、需要者の留保価格は各生体が希望の住宅に提示する付け値と等しいと考える。

(3) 転居世帯と空家住宅のマッチング

本モデルでは、Gale and Shapleyのモデルを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に応用する。しかし、Gale and Shapleyのモデルは、男女の結婚問題を対象としたモデルであるため、価格の概念が組み込まれていない。そこで、住宅市場の特徴に合うように価格を組み込んだ形に拡張する。住宅市場の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（最も大きい付け値を提示した）世帯を選択する。しかし、住宅供給者は、より条件の良い需要者出現の可能性を残すため、この世帯を一時的に

キープする。

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、すべての世帯が拒否されなくなるか、転居をあきらめた段階でアルゴリズムは終了する。

Gale and Shapleyが示したように、上記のアルゴリズムも世帯数と住宅数が等しくても等しくなくても安定なマッチングに至る。しかし、もし住宅数が世帯数よりも多ければ、すなわち、応募者のいなかった住宅は売れ残ってしまう。この場合、 t 期は引き続き空家となり、 $t+1$ 期に持ち越される。 $t+1$ 期に持ち越された空家住宅は前期の結果から、 $t+1$ 期には価格を下げて売りに出される。また、世帯数が住宅数よりも多ければ、 t 期に転居できなかった世帯は $t+1$ 期に持ち越され、 $t+1$ 期には更新された新たな選好順位のもとで、再び住宅に応募する。

(4) 住宅市場モデルのフロー

図-2にマイクロシミュレーション住宅市場のマッチングモデルのフローを示す。

マッチングモデルは、大きく分けて、世帯の住宅に対する順位付け、住宅供給者の世帯に対する順位付け、マッチングと取引交渉から成る。前述のように、世帯の住宅に対する選好順位は、効用関数から導出される。効用関数は、世帯属性、住宅属性、住宅の売り出し価格を説明変数として推定される。住宅の売り出し価格は、住宅供給者が前期の類似住宅の売れ行きや取引価格の結果を見て決定されるものとする。

世帯と住宅は、世帯の住宅に対する選好順位をもとにマッチングを行う。住宅に応募してきた世帯が複数存在した場合には、各世帯の提示する付け値によって住宅供給者が順位づけを行う。マッチングのアルゴリズムは、前述の通りである。その結果、すべての世帯の住宅が決まるか、住宅が売り切れた段階でマッチングのアルゴリズムは終了する。但し、世帯は現在の住宅と転居住宅の比較を行い、転居可能な住宅の中に現在の住宅よりも望ましい住宅がなければ、当該期は転居を控えるというオプションを持つ。交渉が成立すれば、アルゴリズムが終了した段階でマッチングが成立している世帯と住宅に対し、その世帯が提示している付け値が当該期の取引価格として決定する。

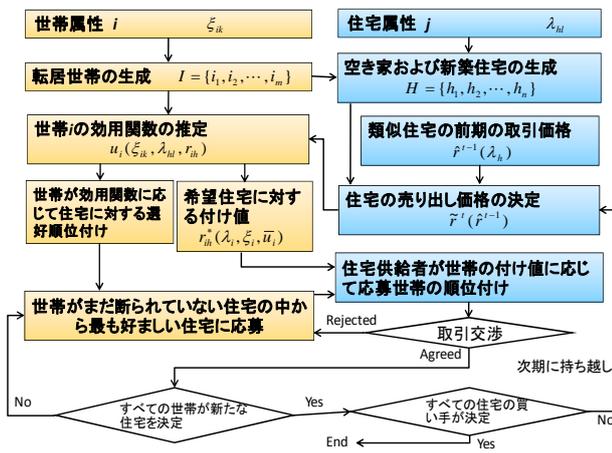


図-1 住宅市場マッチングモデルのフロー

4. 実データを用いたモデル推定

前章のモデル化を踏まえ、本章では、実際の世帯、住宅データを用いたシミュレーションのためのパラメータの推定や選好の導出を行う。

(1) 効用関数の定式化

世帯タイプ別の住宅に対する選好を導出するため、住宅属性や世帯属性を説明変数とする効用関数を推定する。世帯の効用関数と住宅選択は、ロジットモデルを用い、モデル化を試みた。住宅タイプ j を選択する確率および効用は、(3)、(4)式で表される

$$P_j = \frac{\exp(V_j)}{\sum_j \exp(V_j)} \quad (3)$$

$$V_j = \sum_k \alpha_{jk} X_{jk}^I + \sum_l \beta_{jl} X_{jl}^H + \theta_j \quad (4)$$

X_{jk}^I : 世帯属性に関する説明変数

X_{jk}^H : 住宅属性に関する説明変数

α_{jk} : 世帯属性に関するパラメータ

β_{jl} : 住宅属性に関するパラメータ

θ_j : 定数

(2) 使用データ

効用関数のパラメータを推定するために、2006年に実施された第4回道央パーソントリップ調査の付帯調査で

あるライフスタイル調査の世帯および住宅属性データを使用した。そのうち、海道札幌市在住の4849世帯のデータをパラメータ推定に用いた。

(3) 効用関数の推定

世帯属性に関する説明変数として、世帯主年齢、世帯人数を、住宅特性として間取り、地価、札幌駅までの時間を採用した。なお、本来、住宅の売り出し価格を説明変数に加えるべきだが、データの制約から、今回は、地価で代用している。表-1 に効用関数のパラメータ推定を行った結果を示す。パラメータは、3種類の住宅タイプ(持家-マンション、持家-戸建住宅、賃貸-マンション)別に求められている。

表-1 で求められたパラメータと(4)式から効用関数が定まり、効用関数が定まれば、世帯の住宅に対する選好順位を決めることができる。世帯の住宅に対する選好順位が定まれば、前章で示したアルゴリズムによって、各世帯と転居住宅のマッチングを行うことができるが、過去の論文⁶⁾で示しているので、本稿では割愛する。

5. 本モデルの課題と発展の方向性

(1) 世帯タイプの多様性と住宅に対する選好

世帯属性の違いによる住宅に対する選好の違いは、本来、世帯タイプ別に効用関数を推定すべきであるが、データの制約等から本稿では、Sugiki et. al.⁹⁾の方法に従い、効用関数の説明変数として世帯属性を組み込むことによって、世帯属性による選好の違いを表現している。しかし、現状の方法では世帯属性の違いによる住宅に対する選好の違いが実際よりも過小評価されていることがわかった。そこで、今後、データや推定の方法を見直すこと等によって、多様な属性を持つ世帯の住宅に対する選好の違いをどのように表現すべきか検討する必要がある。

また、現状では、同一タイプの住宅に対する同一属性を持つ世帯の選好は全く同じになるが、同一グループの中の選好の多様性をどのように表現するかについても今後検討する必要がある。

表-1 住宅タイプ別効用関数のパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ値 (t値)		
	持家-マンション	持家-戸建住宅	賃貸-マンション
世帯主年齢 (歳)	0.015 (3.30)	-0.008 (-0.18)	-0.030 (-6.81)
世帯人数 (人)	-0.077 (-2.53)	-0.019 (-1.36)	-0.187 (-7.14)
間取り (部屋数)	0.079 (3.27)	0.039 (2.29)	-0.078 (-3.96)
地価 (円/㎡)	0.326 (1.32)	0.013 (0.06)	-0.058 (-0.27)
札幌駅までの時間 (分)	-0.239 (-2.51)	-0.008 (-0.99)	-0.023 (-2.87)
定数	-3.385 (-1.277)	1.450 (0.59)	4.973 (2.11)

(2) 多様な住宅市場とマッチングアルゴリズム

本研究で提案しているマッチングのアルゴリズムは、住宅タイプが異なっても同一になっている。しかし、実際には、持家の市場と賃貸の市場は異なる市場メカニズムで取引がされている。そのため、住宅市場の多様性をどのように表現すべきかを検討する必要がある。また、住宅市場のタイプに合ったマッチングのアルゴリズムを適用する必要がある。例えば、Shapley and Scarf¹⁰⁾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は表現しやすいと考えられる。

また、本研究のモデルで採用している Gale and Shapley のアルゴリズムは、安定な解に導くことが目的なので、住宅供給者は、安定な解に達するまで一時的にマッチングができていない住宅需要者をキープし、後から応募してきたより条件の良い住宅需要者を選択することができる。しかし、賃貸住宅などでは、最初にマッチングが完了した住宅需要者と契約が結ばれることがほとんどであることから、マッチングのアルゴリズムに多様性を持たせることが必要である。

(3) 選択肢の絞り込み過程

本研究で提案しているマッチングモデルは、現状ではすべての選択肢に対して選好順位を付けることになっている。しかし、現実的には、住宅需要者は、予算制約や居住エリア等からある程度絞り込みを行った上で、いくつかの有力候補を詳細に比較検討していくと考えられる。また、住宅の選択肢の数が膨大になると、マッチングの計算時間が実施不可能な時間になる恐れがある。

そこで、世帯が希望の住宅を絞り込む過程をモデル化することによって、より現実的かつ計算量の少ない方法が提案できると考えている。

(4) 住宅市場データの収集、構築

本研究で提案しているマッチングモデルの精度は、効用関数のパラメータ推定等に用いるデータの精度に依存している。近年、住宅の取引価格や属性に関しては、データの整備が進められているが、公示地価等のデータを公表している土地市場に比べるとデータの整備が十分とは言えない。特に、どのような世帯がどのような住宅をどのような価格で購入したか（または借りているか）というようなデータを一般に入手することは難しい。そこで、入手できる範囲のデータから住宅に関するマイクロデータを構築する必要がある。また、データ構築やモデルを推定する際には、モデルの目的に合わせて精度を検討することも必要だと考えている。

6. おわりに

本研究では、これまで開発を進めてきたマッチングの概念を応用した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に対し、その実用可能なものに発展させるために、現実的なデータを用い、効用関数のパラメータ推定を行い、世帯の住宅に対する選好順位を求めた。また、本モデルの現状の課題と発展の方向性を整理した。その結果、世帯タイプと住宅に対する選好の多様性の表現、多様な住宅市場とマッチングアルゴリズムの選択、住宅の選択肢の絞り込み過程のモデル化、住宅市場のデータ構築等が今後実施すべき課題として整理された。

なお、本論文は、平成 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) D.Gale and L.S.Shapley, College Admissions and the Stability of Marriage, American Mathematical Monthly, January 69, 1962
- 2) P.Waddell, A.Borning, 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
- 3) Miller, E.J. and Salvini, P.A.(2001), The Integrated Land Use, Transportation, Environment (ILUTE) Microsimulation Modelling System: Description & Current Status, Chapter 41 in D.Hensher (ed.) The Leading Edge in Travel Behaviour Research, selected papers from the 9th International Association for Travel Behaviour Research Conference, Gold Coast, Queensland, Australia
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 鈴木温・北詰恵一・宮本和明: 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、土木計画学・講演集、Vol.40、2009
- 7) Rubinstain, A., Perfect Equilibrium in a Bargaining Model, Econometrica, 50, pp.97-109, 1982
- 8) Rubinstain, A., A Bargaining Model with Incomplete Information about the Preferences, Econometrica, 53, pp.1151-1172, 1985
- 9) Sugiki, N., Miyamoto, K. and Kitazume, K. Forecasting Public Services Demand in an Ageing Metropolitan Area with an Extended Cohort-Type Household Model Combined with Discrete Choice Location/Relocation Models, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, 2009
- 10) Shapley, L. and Scarf, H., On cores and indivisibility, Journal of Mathematical Economics 1, pp.23-28, 1974