

マッチング理論を用いた土地利用 マイクロシミュレーションモデルの開発

佐藤 勝美¹・北詰 恵一²・井ノ口 弘昭³

¹学生会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

E-mail: nxffd356@ybb.ne.jp

²正会員 関西大学 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

E-mail: kitazume@kansai-u.ac.jp

³正会員 関西大学 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

E-mail: hiroaki@inokuchi.jp

様々な都市政策で土地利用・交通モデルが利用されている。土地利用・交通モデルでは、都市を構成する要素が時間の進行に対して変化する様子を表現できなければならない。欧米では土地利用モデルの研究・開発が盛んに行われており、日本でも求められている。マイクロシミュレーションモデルでは、最小分析単位である個人・世帯を分析対象としており、より詳細な分析が可能である。そして、多数の世帯による居住地選択行動を表現できなければならないが対象の居住地は有限であるため全ての世帯が希望する居住地に転居できるとは限らない。本研究では労働者市場の労働者の割り当て等、広い分野で応用されているマッチング理論を土地利用マイクロシミュレーションに適応したモデルの構築を行う。

Key Words : land use model, micro-simulation, matching model

1. はじめに

さまざまな都市政策の実施の影響を知るために、統合型土地利用・交通モデルが用いられている。交通混雑や環境負荷などを起因とする交通問題は交通計画だけでなく土地利用との間にも相互関係があり、交通施策の評価に際し土地利用や経済活動への影響を考慮することの重要性が指摘される。アメリカにおいては 1990 年の改正大気浄化法(Clean Air Act Amendments)をはじめとする複数の法律によって土地利用計画と交通計画の一体化が要求されており、またイギリスでは交通省が幹線道路評価委員会に対し交通計画施策の経済活動への影響を考慮するように要請した事などを背景として、欧米諸国ではこれらの評価を目的とした都市モデルの開発が精力的に取り組まれてきた。しかしながらわが国では、土地利用と交通の相互作用を考慮することの重要性は認識されているにもかかわらず、特に実用都市モデルとして土地利用モデルの開発や実際の計画への適用実績は非常に少ないのが現状である¹⁾。

多様なニーズに応えるために実施される近年の都市政策評価のための土地利用モデルでは、より詳細な分析をするためのミクロな視点、都市を構成する要素が時間の

進行に対して変化する様子を表現できなければならない、また、必ずしも、均衡しているわけではない状態での政策評価が行えることが必要となろう。このような要件が求められている土地利用モデルは、個人や世帯などの行動主体を分析単位とし、それぞれの行動主体の属性変化や選択行動を表現できる必要がある。そこで本研究では、このような表現が可能であることが期待されるマイクロシミュレーションに焦点を当てることとする。

マイクロシミュレーションモデルでは多数の世帯による居住地選択行動を表現できなければならない。しかし、対象の居住地は有限であるため全ての世帯が希望する居住地に転居できるとは限らない。そこで男女の結婚問題等、幅広い分野で応用されているマッチング理論を土地利用マイクロシミュレーションモデルの居住地選択行動に適用したモデルの構築を本研究では行う。

2. 土地利用マイクロシミュレーションモデル

マイクロシミュレーション (Micro-Simulation) とは、最小分析単位である個人・世帯等の個々の行動主体を分析単位としたシミュレーションである。マイクロシミュレーションは、1950 年代から 1960 年代にはじめて開発

され、当初は社会、経済政策の効果を調査するために用いられていた(Orcutt, Orcutt, et al). 近年、マイクロシミュレーションは、都市モデルの定式化されるようになった。MASTER(Mackett), TMUND(Wegener), Urbansim(Waddell)がその代表的なモデルである。

税制政策のような経済政策の分析に用いられるマイクロシミュレーションモデルは家計のサンプルを用い税制政策の代替案が家計に与える効果や公平性を計算する。一方、都市や空間モデルのマイクロシミュレーションは、離散型モデル等とともに用いられ、労働力の流入、流出や住宅立地の選択等の個人や家計の状態における変化を予測する。

マイクロシミュレーションモデルを土地利用へ適用する利点として、複数の将来予測が出力されることにより、低い確率ではあるものの起こりうる予測結果に対するリスクマネジメントが可能である点が挙げられる。その他にも世帯遷移の経過や世帯変化の詳細な分析ができるため、世帯構成の遷移を反映した転居行動を表現できる点や土地利用と交通の速度変化の差を表現することができる点などがあげられる^{2) 3)}。

3. モデルの構築

(1) 使用データ

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と共に、付随して行われたライフスタイル調査である「世帯票の転居に関するアンケート」を使用した。調査対象地域は、札幌市の 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）と札幌市周辺地域の 9 市町村（小樽市、江別市、千歳市、恵庭市、北広島市、石狩市、当別町、南幌市、長沼町）の計 19 市区町村を対象に調査が行われた。

アンケート調査の項目は、大きく分けて、現在の世帯構成（年齢、性別、世帯主との関係）、現在と以前の住居について（居住場所、住居形態、所有形態、住居の階数・間取り、居住年数など）、今後の住み替え意向についてである。これらの回答を世帯構成人数と高齢者人数によって7つに世帯分類をし、集計・分析を行った。

(2) モデルの構造

モデルの構造は図 1 のように、死亡、結婚、出産などの人生におけるイベントによって世帯構成の変化を表現した世帯遷移モデルと、その変化した世帯属性を反映した住み替えモデルによって構成される。

a) 世帯推移モデル

世帯遷移モデルでは、世帯を表現する上で重要な個人に主体を置き人のライフスタイルを表現する。本研究では人生のイベントの中でも生まれる、成長する、結婚す

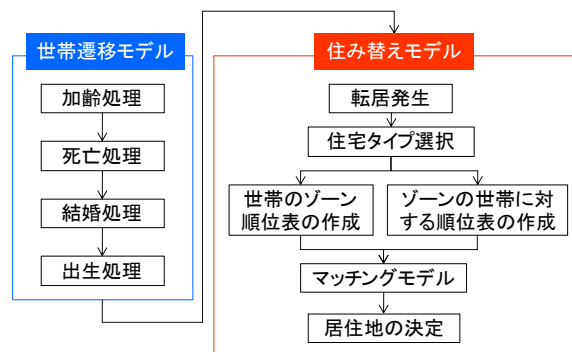


図 1 土地利用マイクロシミュレーションモデル

る、死亡するというシンプルなライフスタイルについて考え、それぞれで出生モデル、年齢変化モデル、結婚モデル、離家モデル、死亡モデルを適用してシミュレートを行う。なお、各イベントで使用する値は、厚生労働省統計局・人口動態調査⁴⁾の値に基づいて、その値をイベントの発生確率として使用した。

【年齢変化モデル】

時間経過と共に個人の年齢も増えていく。本研究では 5 年ごとのシミュレートを行うので、対象個人全ての年齢を 5 歳増加させる。

【死亡モデル】

対象地域の全個人を対象に病死か事故死かは考慮しないで男女・年齢別の死亡率と乱数を比較し死亡判定を行う。世帯主が死亡した場合、単身世帯であったら世帯削除、他に世帯メンバーがいたら新しい世帯主を決定する。

【婚姻モデル】

未婚である 18 歳以上の男性と 16 歳以上の女性に男女・年齢別の結婚率から結婚候補者を決定し、その中から乱数により夫婦となるペアの組み合わせを決定する。

【離家モデル】

結婚した世帯に離家率と乱数によって離家判定を行う。離家した夫婦は新しい世帯を構成し、離家しない夫婦は男性の世帯に所属する。女性は全て離家するものとする。

【出生モデル】

出生可能な年齢の既婚の女性について年齢別の出生率と乱数から出生判定を行う。生まれてくる子供の性別は出生男女比率と乱数によって決定する。ただし、本研究では出生可能な年齢の女性でも未婚の女性の場合は考慮しない。

b) 住み替えモデル

住み替えモデルでは、「世帯による転居行動が発生するか」を転居発生モデルで表現し、「転居後の住宅のタイプの選択行動」を住宅タイプ選択モデルで表現している。また、「転居後の居住地の選択」に関しては、世帯とゾーンごとの希望順位表を作成し、それをもとにマッチングモデルによって世帯の転居先の居住地を決定する。これらの 3 つのモデルによって住み替えモデルは構成さ

れている。

本研究では、第4回道央都市圏パーソントリップ調査付随のライフスタイル調査の転居行動から、(1)式の線形型の効用関数式を定義し、パラメータを推計し、各モデルに適用する。各世帯の選択確率については、(2)式のロジットモデルによる効用確定項の選択確率に乱数を用いて、どの選択肢を選ぶか決定する。

$$V_{in} = \beta' X_{in} = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ink} \quad (i \in A_n) \quad (1)$$

β : 未知のパラメータベクトル

X_{in} : 個人 n の選択肢 i の特性ベクトル

$$P_{in} = \frac{e^{\lambda V_{in}}}{\sum_{j \in A_n} e^{\lambda V_{jn}}} = \frac{1}{\sum_{j \in A_n} e^{\lambda(V_{jn} - V_{in})}} \quad (i \in A_n) \quad (2)$$

A_n : 個人 n の選択肢集合

P_{in} : 個人 n が選択肢 i ($i=1, \dots, I_n$) を選択する確率

V_{in} : 個人 n が選択肢 i から受ける効用の確定項

λ : 効用の確率項のパラツキを示すパラメータ

【転居発生モデル】

離家していない世帯全てを対象とし、各世帯が転居行動を行うかどうかを、2 選択肢のロジットモデルによって選択確率を求め、乱数と比較し転居判定を行った。パラメータは、既存研究のものをを用いた⁹⁾。

【住居タイプ選択モデル】

転居発生モデルによって転居が発生した世帯の判定を行う。戸建持家、戸建賃貸、集合持家、集合賃貸の4つのタイプが選択される確率を多項選択ロジットモデルから求め、乱数によってどれか一つの住宅タイプが選択される。同様に、パラメータは既存研究のものをを用いた⁹⁾。

【マッチングモデル】

マッチングモデルを行うためには、世帯の居住地に対する希望順位表と居住地の世帯に対する順位表が必要になる。そこで世帯の順位表は効用関数から効用を求め、効用の大きい居住地から順位を作成するようになっている。また、居住地の順位表は、所得の多い世帯から順位を付けていくようになっている。しかし、今回のアンケートでは所得に関する項目がなかったため、厚生労働省・国民生活基礎調査より、図2の世帯主年齢別の平均所得額を参考にしている。

4. マッチングモデル

マッチングモデルは、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ている。本研究では、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-side) 場合のマ

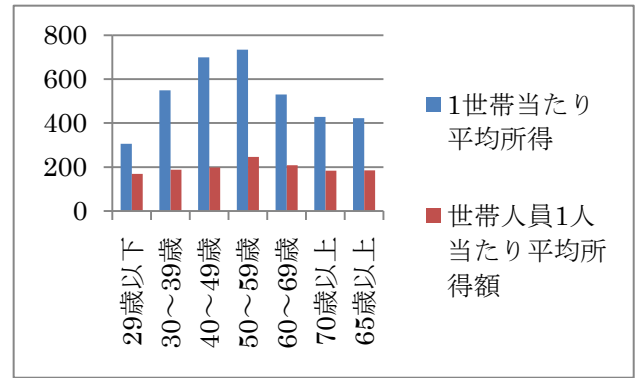


図2 世帯主の年齢階級別にみた1世帯当たり平均所得

ッチングをモデル化した Gale-shapley のアルゴリズムを基礎として世帯の居住地選択に適用している。

ここでは男女の結婚問題を例に Gale-shapley のアルゴリズムについて以下に示す。

【Gale-shapley のアルゴリズム】

ステップ1

すべての男性は女性の中で最も望ましい女性にプロポーズをする

ステップ2

全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女性の中で最も好ましい女性にプロポーズをする

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

ステップ5

以下、ステップ3と4の手順を繰り返し、どの男性もプロポーズされなかったら終了

以上のように Gale-shapley のアルゴリズムでは男性と女性の各順位表をもとにペアを作成している。男女の結婚問題の場合とは異なり世帯の居住地選択では、1対1のペアではなくて、1対多数のペアのように居住地は複数の世帯を受け入れられなければならない。そこで、男性を世帯、女性を居住地に置き換え、さらに居住地が複数の世帯とペアを組めるように図3に示すようなアルゴリズムに改良を加え構築した。

5. シミュレーションの実行結果

2000年から2030年までを5年ごとにシミュレーションを行った。そのうち2005年に関してはアンケート結果から転居行動が把握できているのでシミュレーション

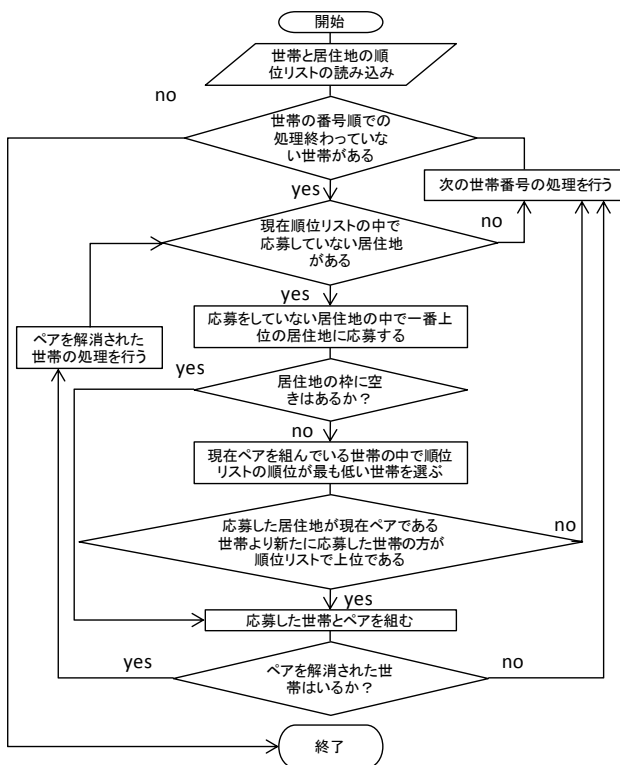


図 3 マッチングモデルのアルゴリズム

結果と比較して式(3)から推計率を算出した。20 回シミュレーションを行い求めた推計率を図 4 に示す。推計率は平均約 48% になった。

P = 推計率

$$P = \frac{\text{実際と推計の転居発生とゾーンが一致した世帯数}}{\text{実際と推計の転居発生が一致した世帯数}} \quad (3)$$

また、2000 年から 2005 年までの個人数と世帯数の変化は図 5 に示す通りになった。2000 年から徐々に減少していく傾向が個人数、世帯数ともにみられた。

2000 年から 2030 年までのシミュレーションを 20 回行い、322 ゾーンごとの世帯数を出し分散値を算出した。分散値の最小値は 0、最大値は 175.64、平均値は 12.75 であった。この結果からゾーンによってシミュレーションごとにばらつきがないゾーンとばらつきが大きいゾーンがあることが確認できた。2000 年から 2030 年まで 5 年ごとの計 6 回のシミュレーションの計算時間は約 21 分であった。今回は単純なモデル構造であったのでこれからより詳細な分析を行うに当たって計算時間も増大していくことが予想される。しかし、今回のマッチングモデルを用いたシミュレーションでは逐次計算をしている部分が大部分を占めているので並列計算による時間短縮は難しいと考えられる。

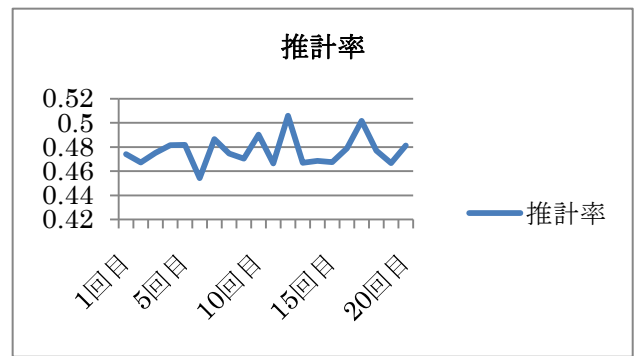


図 4 2000 年から 2005 年の推計率

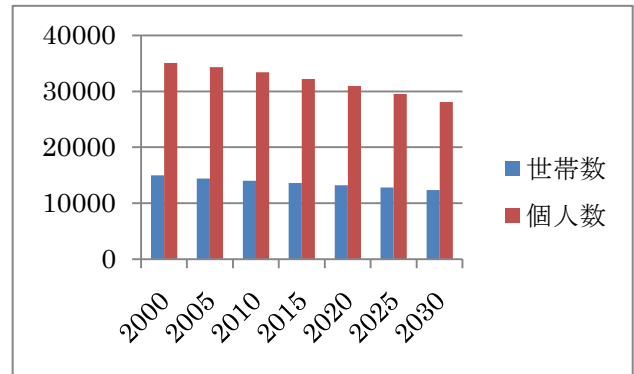


図 5 2000 年から 2005 年の個人数・世帯数の推移

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- ・マイクロシミュレーションの手法により、詳細な転居行動が表現できた。
- ・マッチング理論を用いた予測から土地利用マイクロシミュレーションモデルの特徴を確認することができた。
- ・マッチング理論を世帯の居住地選択に適応したモデルを作成した。

今後は、より現実に即した条件下での適用が求められる。

参考文献

- 1) 杉木直, 宮本和明, 北詰恵一, Varameth Vichensan : 土地利用—交通モデルにおけるマイクロシミュレーションの適用状況, 土木計画学研究・講演集, 33, CD-Rom, 2007
- 2) 宮本和明, 北詰恵一, 鈴木温, 杉木直 : Varameth Vichensan : 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 年度科学研究補助金 (基盤研究 (C)) 研究成果報告書, 2008.
- 3) 西日本倫理経済学会 : 人的投資, 所得格差, 雇用経済学, 勁草書房, pp89-116, 2005
- 4) 厚生労働省:
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1.html>
- 5) Keiichi KITAZUME, Kazuma YOSHIMURA and Yusuke FUKUNAKA: Development of Microsimulation Model for Land Use Analysis on a Hypothetical City, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, CD-ROM, 2009.