

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*

Applications of Micro-simulation for Integrated Land-use and Transport Model *

杉木直**・宮本和明***・北詰恵一****・Varameth VICHENSAN*****

By Nao SUGIKI**・Kazuaki MIYAMOTO***・Keiichi KITAZUME****・Varameth VICHENSAN*****

1. はじめに

土地利用と交通の相互作用は広く認識されており、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ている。米国においては1990年の改正大気浄化法(Clean Air Act Amendments)を初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、また英国では交通省が幹線道路評価委員会に対し交通計施策の経済活動への影響を考慮するよう要請したなどの経緯を背景として、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みされてきた¹⁾。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した計画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の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。

以上のような相互作用を考慮した上で土地利用と交通の変化を経年的に記述するための分析手法としては、近年マイクロシミュレーションを用いた都市モデル開発に対する関心が高まっており、欧米諸国のいくつかの研究グループによつての研究事例および実際の都市への適用事例の蓄積が進められている。

本研究では、実際の適用がなされている都市モデルの内、特に土地利用(立地)のモデリングに対してマイクロシミュレーションが適用されているものを対象として、既存文献のレビュー等をもとにその現状を調査する。まずは、各モデルの基本的フレームワークを整理し、その上でモデル構造、マイクロシミュレーションの適用範囲、土地利用と交通の相互作用等の視点から既存モデルの相互比較を行う。また、マイクロシミュレーションの適用の背景と、その意義について考察を行い、わが国における適用にむけた方向性および課題を整理する。

*キーワード: 土地利用 - 交通モデル、マイクロシミュレーション、適用事例

**正員、修士(情報科学)、(株)ドーコン総合計画部
(〒004-8585札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1、
TEL011-801-1555、FAX011-801-1556)

***フェロー、工博、武蔵工業大学環境情報学部

****正員、博士(工学)、関西大学工学部

*****正員、博士(工学)、Kasetsart University

2. 欧米諸国におけるマイクロシミュレーションモデルの開発状況

(1) レビュー対象モデルの選定

本研究では、土地利用モデルを中心とした実用都市モデルを対象に、マイクロシミュレーションの適用状況を調査する。レビュー対象とする都市モデルの選定にあたっては、以下の条件にあてはまるものを対象とした。

- ・土地利用モデルに対して、外生モデルまたは一体の形で交通モデルが結合されており、主として交通施策の評価を行うことを目的とするもの。
- ・土地利用(立地)モデルにおける、世帯・人口動態、立地選択等のいずれかの段階のモデリングにマイクロシミュレーションの適用がなされているもの。
- ・実用モデルとして実際の都市、地域などに適用された実績を持つ都市モデルであるもの。

(2) レビュー対象モデルの概要

上記の条件に合致するモデルとして、欧米諸国において開発されている都市モデルより5モデルをレビュー対象として選定した。以下に、各モデルの概要を示す。

- ・UrbanSim^{2) 3)}: Waddellらによって米国において開発が行われている、世帯および企業の立地選択に関するマイクロシミュレーションモデル。
- ・TLUMIP2(2nd Generation Oregon Statewide Model)^{4) 5)}: J.D. Hunt、J.E. Abrahamらを中心とする研究グループにより、米国オレゴン交通・土地利用モデル統合計画において取り組まれている経済・交通・土地利用に関する総合モデリングプロジェクト。
- ・ILUTE⁶⁾: TRBのIntegrated Transportation and Land Use Joint SubcommitteeのChairであるEric J. Millerを中心とし、複数のカナダの大学(Toronto大学等)による研究グループにより開発が進められている土地利用 - 交通マイクロシミュレーションモデル。フルマイクロシミュレーションシステムの開発を目指している。
- ・DELTA^{7) 8)}: 英国ケンブリッジのDavid Simmondsコンサルタントによる土地利用/経済モデルパッケージ。世帯・人口動態および立地選択に関するマイクロシミュレーションの適用が進められている。
- ・IRPUD^{9) 10)}: P. Waddeleによるドイツのドルトムント地域を対象とした経済・交通・立地を対象とした総合モ

デル。居住立地にマイクロシミュレーションを適用している。

3. 各モデルの比較

本論文で取り上げる5つのモデルについて、土地利用モデルで取り扱っている立地主体、土地利用モデルの構成要素、交通モデルの位置付け、空間および時間の分析単位の評価視点の観点から比較を行う。以上について、とりまとめたものを表 - 1 に示す。

(1) 立地主体

いずれのモデルも居住立地主体については世帯ベースとなっている。ただし、ILUTEおよびDELTAについては、個々の世帯について構成員ベース情報を持っており、人口動態の観点視点からの世帯類型の変化についてもモデル化の対象としている。産業立地主体については、ILUTEのみ企業単位の分析を行っており、それ以外のモデルでは従業者（雇用）ベースの分析となっている。

(2) 土地利用モデルの構造および構成要素

いずれのモデルも、複数のサブモデルの集合体として構成されており、それらのサブモデルを順次実行することにより次期の土地利用および交通の変化を表現する構造となっている。例として、UrbanSimのモデル構造を図 - 1 に示すが、今期の土地利用分布に対して、交通モデルの出力結果より各セルのアクセシビリティ指標を算定する アクセシビリティモデルより順に、以下 地価モデルまでの各サブモデルを実行することにより、次期の土地利用分布が決定される。

各モデルについて、土地利用モデルにより表現している対象を比較すると、圏域全体のマクロな社会経済動態についてのみ、TLUMIP2およびDELTAではマクロ経済

モデルが内生化されており、他のモデルは外部モデルにより入力されるという相違があるが、人口・世帯・雇用動態、転居・移動発生、立地選択、土地市場・床供給については各々手法の違いはあるものの各モデルのモデリング対象となっている。

(3) マイクロシミュレーションの適用範囲

居住立地に関しては、IRPUDの世帯・雇用動態を除く全ての段階でマイクロシミュレーションの適用がなされている。（但し、DELTAの転居・移動発生、立地選択については現在開発中。）一方、産業立地に関してはTLUMIP2、DELTA、IRPUDではロジットモデルを用いた配分により算定されており、居住立地と産業立地で立地選択のモデリング手法が異なっている。

UrbanSimおよびILUTEは、ともに居住立地・産業立地に関するフルマイクロシミュレーションとなっているが、前者が世帯および従業者ベースの属性変化、立地選択を

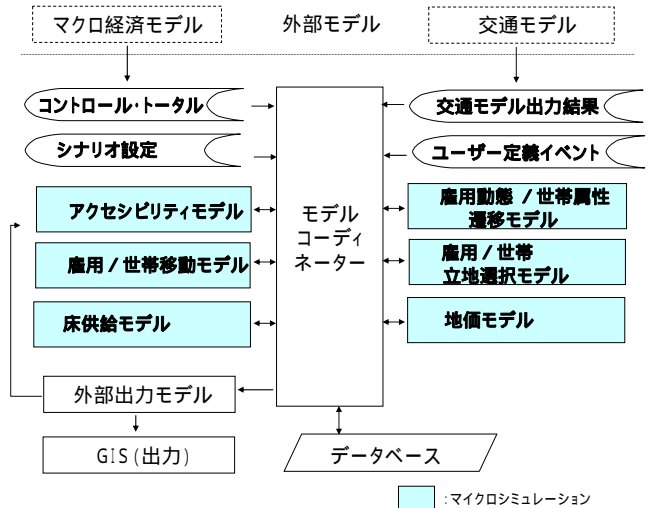


図 - 1 UrbanSimのモデル構造

表 - 1 レビュー対象5都市モデルの比較

都市モデル名	立地主体	土地利用モデルの構成要素					交通モデル	時空間集計レベル		主な適用地域	
		社会経済動態	人口・世帯・雇用動態	転居・移動発生	立地選択	土地市場・建物床供給		空間分析単位	動学性		
UrbanSim	居住：世帯 産業：従業者（雇用）	外生	マイクロシミュレーション					外生： 外部モデル	150m グリッドセル	1年 準動学	ユージーン・スプリングフィールド ワシントン州等
TLUMIP2	居住：世帯 産業：従業者（雇用）	マクロ経済モデル	居住：マイクロシミュレーション 産業：ロジットモデル			マイクロシミュレーション	内生： 活動ベース マイクロシミュレーション	グリッドセル 都心：30m 郊外：300m	1or5年 準動学	ボルネオ州 カリフォルニア州等	
ILUTE	居住：世帯 産業：企業	外生	マイクロシミュレーション					内生： 活動ベース マイクロシミュレーション	土地区画 ~グリッドセル ~ゾーン	1月 準動学	トロント 加ガリー等
DELTA	居住：世帯 産業：従業者（雇用）	マクロ経済モデル	居住：マイクロシミュレーション (転居発生・立地選択に関しては開発中) 産業：ロジットモデル			ロジットモデル	外生： 外部モデル	ゾーン (150 ~ 500)	1年 準動学	マンチェスター ウェストヨークシャー等	
IRPUD	居住：世帯 産業：従業者（雇用）	外生	ロジットモデル	居住：マイクロシミュレーション 産業：ロジットモデル		ロジットモデル	内生： 均衡モデル	ゾーン (30)	1or3年 準動学	ドトロント	

択を簡易に表現しているのに対し、後者は世帯構成員や従業者の変化をシミュレートした上での世帯および企業の属性変化、立地選択を表現しており、マイクロシミュレーションによるより詳細な土地利用変化の記述がなされているという特徴がある。

土地供給についてはUrbanSim、TLUMIP2、ILUTEでは土地区画またはグリッドセルベースのマイクロシミュレーションが採用されているのに対し、DELTA、IRPUDではゾーン単位で集計的な供給量が算定される。

(4) 土地利用 - 交通の相互作用

いずれのモデルも交通施設整備の影響を評価する目的を持っており、明示的に内包しているか否かの違いはあるが、土地利用モデルに対する交通モデルの相互作用が表現されている。UrbanSimおよびDELTAでは交通モデルは外部モデルとして定義されており内生化されていないが、交通モデルよりアクセシビリティに関する情報を受け取り、交通需要量に関する情報を受け渡すことを前提として構築されている。その他のモデルでは、交通モデルについてもモデル構造上明示的に内部に含まれている。TLUMIP2、ILUTEの交通モデルは活動ベースのマイクロシミュレーションであり、時間帯別の配分等についても可能な構造となっている。

(5) 空間分析単位

ILUTEのみ土地区画（敷地）ベースのデータを分析の前提としており、適用事例に応じてグリッドセルやゾーン単位への集計も対応可能なモデル構造となっている。UrbanSim、TLUMIP2については30m～300m単位のグリッドセル、DELTA、IRPUDでは30～500程度のゾーン単位の分析となっており、いずれも都市区画を複数統合した集計的な土地、建物床が分析単位となっている。

(6) 動学性

いずれのモデルも準動学モデルとなっており、今期の土地利用分布、交通状況に対してシミュレーションを行った結果として次期の分布を求める構造となっている。準動学のタイムスケールについては、ILUTEのみ1月単位の詳細な分析を前提としているが、その他のモデルは1年ごとの分析が基本となっており、モデル適用内容やデータ制約によって3～5年単位での分析を想定したモデル構造となっている。

4. わが国における適用に向けて

(1) わが国における開発事例

わが国においても、土地利用分析に対してマイクロシミュレーションの適用を試みた研究事例がいくつか見られる。林ら¹¹⁾は人口・世帯属性と居住立地を対象とした分析にマイクロシミュレーションを適用した先駆的な研究を行っており、また土地供給側の分析として土地区画レベルの敷地統合および建物立地を対象としたものとし

ては林ら¹²⁾杉木ら¹³⁾によるものがある。近年では、宮本ら¹⁴⁾による転居を考慮した世帯分布への適用、李ら¹⁵⁾によるUrbanSimを用いたマイクロシミュレーションモデルの有効性検証に関する研究などがなされている。しかしながら、いずれも限定したモデリング対象や都市圏を対象としたものであり、居住と産業双方の表現、交通モデルとの統合による土地利用と交通の相互作用の考慮など、総合的な都市モデルとしての開発、および実用モデルとしての具体的な都市施策への適用はなされていないのが現状である。

(2) 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位置付けと意義

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位置付けについては、その発展の方向性がWegener¹⁾によって図 - 2のように整理されている。交通モデルの開発が多手段活動ベースのマイクロシミュレーションへと発展するにしたがって、同等の解像度を持つマイクロシミュレーションベースの土地利用モデルの開発が進められてきた。これは、欧米諸国においては交通施策の評価に際し土地利用への影響把握が要求されてきた経緯が一つの要因となっているが、同時に将来起こりうる現実的な分布を経年的に表現し、その変化を把握した上で土地利用と交通に関する総合的な施策を立案するニーズが高まっていることも、交通モデルと同等の技術による土地利用モデルが開発された背景となっている。

また、コンピュータの処理速度やGISなど周辺技術の急速な発達も後押しとなっており、可視的表現による結果を用いた地域住民の合意形成といった新たな活用可能性も生まれている。

(3) 適用に向けての課題

土地利用モデルに対するマイクロシミュレーションの適用にあたっては、次のような課題解決が必要であると考えられる。まずは、分析手法の体系化に対する理論整理が十分なされていないことが挙げられる¹⁶⁾。レビュー対

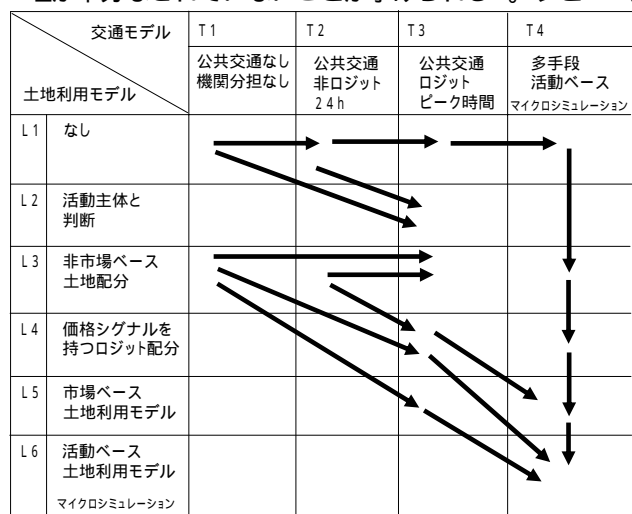


図 - 2 土地利用 - 交通モデルの発展 (Wegener¹⁾)

象としたモデルの多くは、シミュレーションにより地価等の価格を内生的に求める構造になっているが、記述モデルとしてのそれらの結果の妥当性は検証されておらず、理論的な整理が必要である。また、個人・世帯等の非集計的な詳細データベースを用意する必要があるが、個人情報保護との兼ね合いにおいて困難であり、すでに取り組み実績はあるものの既存統計等からシンセサイズするための手法を発展させる必要がある。最後に、都市規模の拡大や記述する事象の詳細化に伴い計算機の実行時間が頂戴かする問題があるが、これについては分散型計算機環境の導入などの対応が考えられる。

5. おわりに

わが国においては、土地利用計画と交通計画の一体化が図られていないことが、均衡理論に基づいた個別施策の妥当性に関する研究については数多く取り組まれているにもかかわらず、将来の変化を経年的に記述する土地利用 - 交通モデルの開発、適用実績が少ない要因であると思われる。しかしながら、都市の郊外化、少子高齢化および人口減少社会の到来とともに一体的な計画に対するニーズは今後より一層高まると予想される。均衡モデルによる限りある財源の中でのプロジェクト評価手法とともに、マイクロシミュレーションによる記述的な都市モデルの開発についても、実務および研究分野においてより多くの蓄積を行ってゆくべきであると考えられる。

なお、本研究は科学研究費補助金（課題番号：18560524）により実施している研究の一部であることを記し謝意を表したい。

参考文献

- 1) Wegener, M.: Overview of Land-Use Transport Model, Proceedings of CUPUM '03, CD-ROM, 2003.
- 2) Waddell, P., Boring A., Noth, A., Freier N., Becke M. and Ulfarsson G.: Microsimulation of Urban Development and Location Choices: Design and Implementation of UrbanSim. Networks and Spatial Economics, Vol.3, No.1, pp.43-67, 2003.
- 3) Waddell, P. and Ulfarsson G.,: Introduction to Urban Simulation: Design and Development of Operational Models. In Handbook in Transport, Vol.5, pp.203-236, 2004.
- 4) Hunt, J.D., Donnelly, R., Abraham, J.E., Batten, C., Freedman J., Hicks, J., Costinett, P.J. and Upton, W.J.: Design of a Statewide Land Use Transport Interaction Model for Oregon, Proceedings of 9th World Conference on Transport Research, CD-ROM, 2001.
- 5) Weidner, T.: The Current State of the TLUMIP Models, Forth Oregon Symposium on Integrating Land Use and Transport Models, 2005. (http://www.oregon.gov/ODOT/TD/TP/docs/Modeling/4symp/1116_900.pdf)
- 6) Salvini, P. and Miller, E.J.: ILUTE: An Operational

Prototype of a Comprehensive Microsimulation Model of Urban Systems, Networks and Spatial Economics, Vol.5, pp.217-234, 2005.

7) Simmonds, D.: The design of the DELTA land-use modelling package, Environment and Planning B. Vol.26, pp.665-684, 1999.

8) Feldman, O., Ballas, D., Clarke G., Gibson, P., Jin, J., Simmons, D. and Stillwell, J.: A Spatial Microsimulation Approach to Land-Use Modelling, Proceedings of CUPUM '05, CD-ROM, 2005.

9) Wegener, M. and Spiekermann, K.: The Potential of Microsimulation for Urban Models, Microsimulation for Urban and Regional Policy Analysis, European Research in Regional Science 6, pp.147-63, 1996.

10) Wegener, M.: The IRPUD Model: Overview. (http://www.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/pro/mod/mod_e.htm)

11) 林良嗣・富田安夫: マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル—住宅立地—人口属性構成予測モデル, 土木学会論文集, Vol.359/ -9, 1988.

12) 林良嗣, 加藤博和, 杉原健一, 田中祥晃, 吉岡美保: 不動産税制による既存市街地の敷地統合促進に関するモデル分析と可視的評価システム, 土木計画学研究・講演集, Vol.23(2), pp.475-478, 2000.

13) 杉木直・大橋啓造・宮本和明: 既成市街地を対象とした詳細土地利用マイクロシミュレーションシステムの構築, 土木計画学研究・講演集, No.27, CD-ROM, 2002.

14) 五十嵐豪・徳永幸之・宮本和明・杉木直: 詳細な属性を考慮した都市圏世帯分布予測システムの構築, 都市計画論文集, Vol.40-3, pp.943-948. 2005.

15) 李昂・西井和夫・佐々木邦明・松尾和将: 土地利用交通マイクロシミュレーションの課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.33, CD-ROM, 2006.

16) Sugiki, N., Miyamoto, K.: Spatio-Temporal Aggregation Effects and Path-Dependence in A Land-Use Micro-Simulation System, Revised Proceedings of 10th World Conference on Transport Research, CD-ROM, Paper No. 1014, 1-17, 2004.

関連サイト

- (1) UrbanSim <http://www.urbansim.org/>
- (2) TLUMPI2 (ODOT)
<http://www.oregon.gov/ODOT/TD/TP/Modeling.shtml>
- (3) ILUTE
http://www.civil.engineering.utoronto.ca/infoabout/staff/professors/Professor_E_J_Miller/Research.htm
- (4) DELTA (David Simmonds Consultancy)
<http://www.davidsimmonds.com/>
- (5) IRPUD
<http://www.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/>