

データ志向な統合型マイクロシミュレーションモデルの開発*

Development of a Data-oriented, Integrated Micro-simulation Model

山田孝太郎**・越智大介***・三谷卓摩****・羽藤英二*****

By・Kotaro YAMADA**・Daisuke OCHI***・Takuma MITANI****・Eiji HATO*****

1. はじめに

1989年のサンフランシスコ訴訟はMTCをシェアクラブなどの環境団体が訴えたもので、当時用いられていた需要予測モデルが潜在需要を表現できていなかったことから、需要予測のやり直しという結果で結審した(兵藤, 1998)¹⁾。この訴訟は都市圏において大きな投資を伴う交通需要予測をよりよい方法で行うことを求めたものであり、その後、TMI Pがプロジェクト化するなど、様々なマイクロシミュレーションモデルや交通行動モデルが研究開発される契機となり、ビッグディグプロジェクトにおいてMITSIMが用いられるといった大きな変化をもたらした。

一方でわが国においては、四段階推定法などの既存の需要予測のモデルシステムを高度化することに対する疑義が、計画の整合性で語られることが多い。しかし一方で従来観測不能であった経路データがプローブ技術などによって現実に観測可能になり、ETCによって様々な料金形態に対応する形で利用者が行動圏域を大きく変えている以上、観測可能な詳細な行動データと実現している交通現象の因果関係について、即時性のある結果の解釈の重要性が増しているといえるだろう。こうした場合、リアルタイムなマイクロシミュレーションモデルの開発が重要となる。

本研究では、こうした背景の中で、マルチセンサーやレガシーデータなど複数のデータ群を前提にしたデータフュージョン技術と、膨大なデータプラットフォームを前提にしたリアルタイムシミュレーションモデルの構築を考える。また想定するモデルでは、有料道路の無料化やそれに伴うモーダルシフト、コミュニティを維持するための公共交通の再編といった都市交通政策の課題を想定し、アクティビティベースのマイクロシミュレーションモデルの構築を考える。本研究では、既往モデルのレビューを行い、本モデルの位置づけを明確にした後、評価すべき政策課題との関係性を整理することを試みる。

*キーワード: 交通ネットワーク分析, 土地利用・交通・環境統合モデル, 総合交通計画

**学生員, 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻
(東京都文京区本郷7丁目3番地1号工学部14号館, TEL:03-5841-1672, E-mail: yamada@bin.tu-tokyo.ac.jp)

***工修, 株式会社トランスフィールド

****工博, 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻

*****正員, 工博, 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

2. 既往研究の整理

本章ではシミュレーションモデルに関する既往研究を整理する。本研究で提案する統合型マイクロシミュレーションモデルは、以下に示す4つのモデルで構成される。(1)アクティビティモデル, (2)交通手段選択モデル, (3)経路選択モデル, (4)フローモデルである。以下では、既往のシミュレーションモデルをアクティビティシミュレーションモデルとフローシミュレーションモデルの2つに大別して整理する。

(1)アクティビティシミュレーションモデル

アクティビティシミュレーションモデルは、個々人の活動の目的・時刻・場所・スケジューリングなどを時空間上で表現したものである²⁾³⁾。アクティビティシミュレーションモデルの適用例として、トロント都市圏へのTASHAの適用研究(Roorda et al., 2007)がある⁴⁾。この研究では、個人単位の1日の活動内容・場所・スケジューリング・交通手段の選択結果を求め、対象地域内のゾーン間に配分している。その結果得られたゾーン間の所要時間をスケジューリング・移動手段の選択プロセスに再入力し、繰り返し計算を行っている。

交通手段選択までを内生化したモデルとして、シミュレーションモデルMORPC(Vovsha et al., 2006)が提案されている⁵⁾。MORPCはオハイオ州中部のLRT導入効果を利用者便益の観点から評価している。その他にNYMTC(Vovsha et al., 2007)はニューヨーク都市圏の橋梁建設やエリアプライシングなどの施策評価に用いられている⁶⁾。これらの研究で適用されているシミュレーションモデルでは、繰り返し収束計算を行って現況再現性を高めているが、そのために必要なフローモデルは外生的なモデルを利用している。

(2)フローシミュレーションモデル

提案されているフローシミュレーションモデルの大半は自動車を対象としたものである。この自動車を対象としたフローシミュレーションモデルはマクロモデルとミクロモデルの2種類に大別できる⁷⁾。

マクロモデルはネットワーク上の車両を流体近似など連続的に表現するため計算負荷が小さく、大規模ネットワークへの適用可能な点が特徴である。マクロモデルのシミュレーションモデルとして、SOUND/4U(東京大学生産研究所, 1996)⁸⁾、CONTRAM(Leonard et al., 1998)⁹⁾などがある。

一方、ミクロモデルは個々の車両を離散的に表現することで、より詳細なネットワーク上で、個々の車両挙動を再現することができる。AIMSUN2(Barceló et al., 1994)¹⁰⁾や

表-1 既存シミュレーションモデルの比較

シミュレーション	アクティビティ	交通手段選択	経路選択	フローモデル
TASHA	○	○	—	—
MORPC	○	○	—	—
NYMTC	○	○	—	—
SOUND/4U	—	—	Dial	マクロ
CONTRAM	—	—	○	マクロ
DYNAMIT	—	—	○	マクロ
AIMSUN	—	四段階推定	○	ミクロ
MITSIM	—	—	○	ミクロ
INTEGRATION	—	—	○	ミクロ
VISSIM	—	○	DUO/DUE	ミクロ(マルチ)
DTA	—	—	DUE	ミクロ
PCATS&DEBNETs	○	○	—	ミクロ

MITSIM(Yang, 1997)¹¹⁾, INTEGRATION(Van Aerde, 1999)¹²⁾, VISSIM(PTV, 2005)¹³⁾などがある。

フローモデルに経路選択モデルを内生化した例として、DYNAMIT(Ben-Akiva et al., 1998)¹⁴⁾が挙げられる。DYNAMITは過去の道路情報とリアルタイムで取得される道路情報を用いて、現在の道路交通状況をシミュレーションにより推定しており、その結果から最適な経路を提供するといった動的な経路選択のアルゴリズムを内包している。

経路選択のアルゴリズムに動的均衡配分のアルゴリズムを援用したのが、Dynamic Traffic Assignment(DTA)モデル(Florian et al., 2007)¹⁵⁾である。また、VISSIMは自動車以外のフローを再現するマルチモーダルを考慮したシミュレーションモデルである。しかし、これらフローシミュレーションモデルにはアクティビティモデルは組み込まれていないため、外生的に入力データを作成する必要がある。

(3) 統合型モデル

4つのモデルを統合し、発生段階から配分までを都市圏に適用した研究は少ないが、国内ではPCATSとDEBNetsによる適用例がある¹⁶⁾。生活行動シミュレーションモデルPCATSでトリップデータを算出し、それをミクロ交通流シミュレーションモデルDEBNetsの入力データとする。さらに、DEBNetsで算出された交通LOS (Level of Service)を再入力データとし、繰り返し計算を行うモデルを提案している。但しDEBNetsは自動車のみのフローモデルであり、繰り返し計算時における交通手段選択の変化は自動車のLOS変化のみに依存している。以上をふまえ、本研究ではアクティビティモデルからフローモデルまでを統合したマルチモーダルシミュレーションモデルを提案する。

3. 統合型マイクロシミュレーションモデルの構成

(1) マイクロシミュレーションモデルのフレームワーク

以下のa)~d)の4段階で構成する(図-1)。

a) アクティビティモデル

アクティビティモデルは1日の活動パターン、活動時間の選択、出発時刻の設定および目的地の選択を行い、トリップチェーンを作成する。

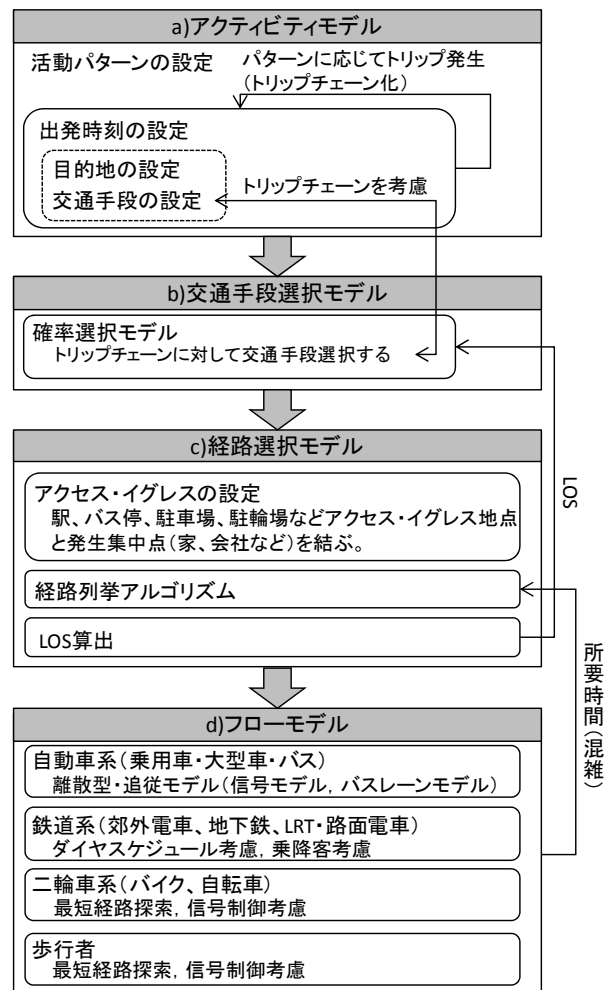


図-1 シミュレーションモデルのフレームワーク

b) 交通手段選択モデル

アクティビティモデルで作成したトリップチェーンに対し、各トリップの交通手段を選択する。その際、交通手段の整合性(例えば、自宅を自動車で出発した場合、帰宅時は自動車に戻る等)を考慮する。

c) 経路選択モデル

アクセス・イグレスを考慮した経路列挙を行い、それぞれのLOSを算出する。経路列挙はプローブパーソン(PP)データ等より実際に使用している経路を抽出・設定し、新規路線の整備やバス網再編など新たな経路の発生が想定される場合は、該当区間を含む経路を列挙し、選択肢集合に追加する。

LOSは所要時間や通過信号交差点数や待ち時間、右左折数(自動車系)、乗り換え回数(バス・鉄道)等により求める。

d) フローモデル

自動車系は離散型の追従モデルとする。そのうちバスは自動車モデルを一部拡張(バス停停止モデル、バスレーン走行モデル)することで対応する。鉄道はダイヤスケジュールを考慮し、鉄道駅での停止、乗客の乗降状態を考慮する。二輪車系(バイク・自転車)および歩行者は混雑状況を考慮せずLOSが最も高い経路を移動する。その際、信号制御に

よる停止挙動は考慮するものとする。

(2) インプットデータ

アクティビティモデルで使用するデータはエリア別の人口データ(夜間人口, 就業者人口)とパーソントリップ(PT)データを使い, 需要発生確率と活動パターンデータを作成する。各位地点間の経路はPPデータを用いて設定する。

道路ネットワークデータはリンクとノードから定義する。各リンクにはレーン数, 速度, レーン接続条件といった属性値を持ち, 各ノードには交差点(信号あり・なし), アクセス・イグレス施設(駅, バス停, 駐車場, 駐輪場), 発生集中施設(通勤先, 通学先, 商業施設など)の属性を持たせる。

鉄道ネットワークデータについても同様に, レーンを線路に置き換えて設定する。

(3) キャリブレーション

シミュレーションモデルの妥当性は, 検知器等から得られる断面交通量のほか, PPデータから経路所要時間を用い検証するとともに, 得られた結果からパラメータを再設定してシミュレーションモデル計算を実施, 繰り返すことで妥当性の向上を図る。

シミュレーションモデルの入力データとして, すべての交通データを得ることは難しい。本シミュレーションモデルは, こうした問題に対して, プローブパーソンなどのリアルタイム蓄積更新型データを用いることで, 空間データに関係するパラメータリゼーションを行うことを試みる。マイクロシミュレーションモデルの再現性確保の際に重要となる交差点部のパラメータについては, これを自動作成することを考える。

(4) アウトプットデータ

本シミュレーションモデルから得られるアウトプットデータは図-3に示すように, 道路断面の通過交通量や速度, 密度, 特定経路・区間の所要時間分布や渋滞長, LOS, エリア毎のトリップ数や発着時刻分布, 交通手段選択結果など多種多様なアウトプットを出力することが可能である。

4. シミュレーションモデルの評価シナリオ

(1) 新規インフラ整備効果の評価

従来型の新規道路整備や改良, LRT導入など新規路線の追加などインフラ整備の効果や需要予測を行う。

(2) 交通運用・管理の評価

交通運用・管理施策として, 信号制御, 交通規制, ランプ制御などが挙げられる。これらの挙動をサブモデル化することで最適な運用の把握や評価を行う。信号・ランプ制御によるエリア全体の交通状況を把握したり, 混雑料金課金制度などを評価する。

(3) 公共交通網再編評価

公共交通再編施策として, 結節強化(乗継時間短縮), 路線追加・変更(フィーダーバスの導入), サービスレベルの変化(便数の増減)が挙げられる。これらを実評価するには

アクセス・イグレスを考慮した経路の抽出やLOSの算出が必要となる。

(4) 自転車利用促進評価

トリップチェーンを考慮した交通手段選択や駐輪場といったアクセス・イグレスを考慮し, 自転車利用促進施策の評価を行う。

(5) 道路空間再配分の評価

道路空間再配分による評価は, 歩行・自転車専用空間創出による便益を計上するだけではなく, 周辺の道路混雑状況の変化を把握することも求められている。歩行者行動シミュレーションモデルや自転車による行動シミュレーションモデルを内包することで, こうした相互作用の評価を考える。

(6) コンパクトシティの評価

コンパクトシティの評価指標は, 人口集約に伴う公共交通利用増とそれに伴うサービス向上(ダイヤ数増)を計測するとともに, 全体のCO2排出量削減量も把握する。

5. まとめと今後の課題

本研究では開発を進めているデータ志向なマイクロシミュレーションモデルの構成と評価可能なシミュレーションモデルの概説を行った。現在, こうしたマイクロシミュレーションモデルを用いて実際の総合交通戦略の評価検討を行っており, 発表時には当該地域を対象とした評価結果を示したい。

謝辞: なお本研究を実施するにあたって文部科学省科研費基盤A「プローブ技術を援用したデータフュージョン理論による総合的交行動調査の高度化(代表:羽藤英二)」の協力を受けた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1)兵藤哲朗: 米国交通需要予測手法のターニングポイント, 運輸政策研究, Vol.1, No.1, pp. 77-80, 1998.
- 2) Bowman, J.L., Ben-Akiva, M.E.: 2001, Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, Transportation Research Part A, Vol. 35, pp.1-28.
- 3)Bradley, M., Bowman, J.: A Summary Of Design Features of Activity-Based Microsimulation Models for U.S. MOPs, TRB conference proceedings 42 -Innovations in travel demand modeling: summary of a conference-, Vol.2, pp.11 -13, 2006.
- 4)Roorda, M. J., Miller,E. J., Habib, M. N. K.: Validation of TASHA: A 24-h activity scheduling microsimulation model, Transportation Research Part A, Vol.42, pp.360 -375, 2008.
- 5)Vovsha, P.: Application of a Micro-Simulation Model for User Benefit Calculation for Transit Projects, TRB conference proceedings 42 -Innovations in travel demand modeling: summary of a conference-, Vol.2, pp. 33 -36, 2006.

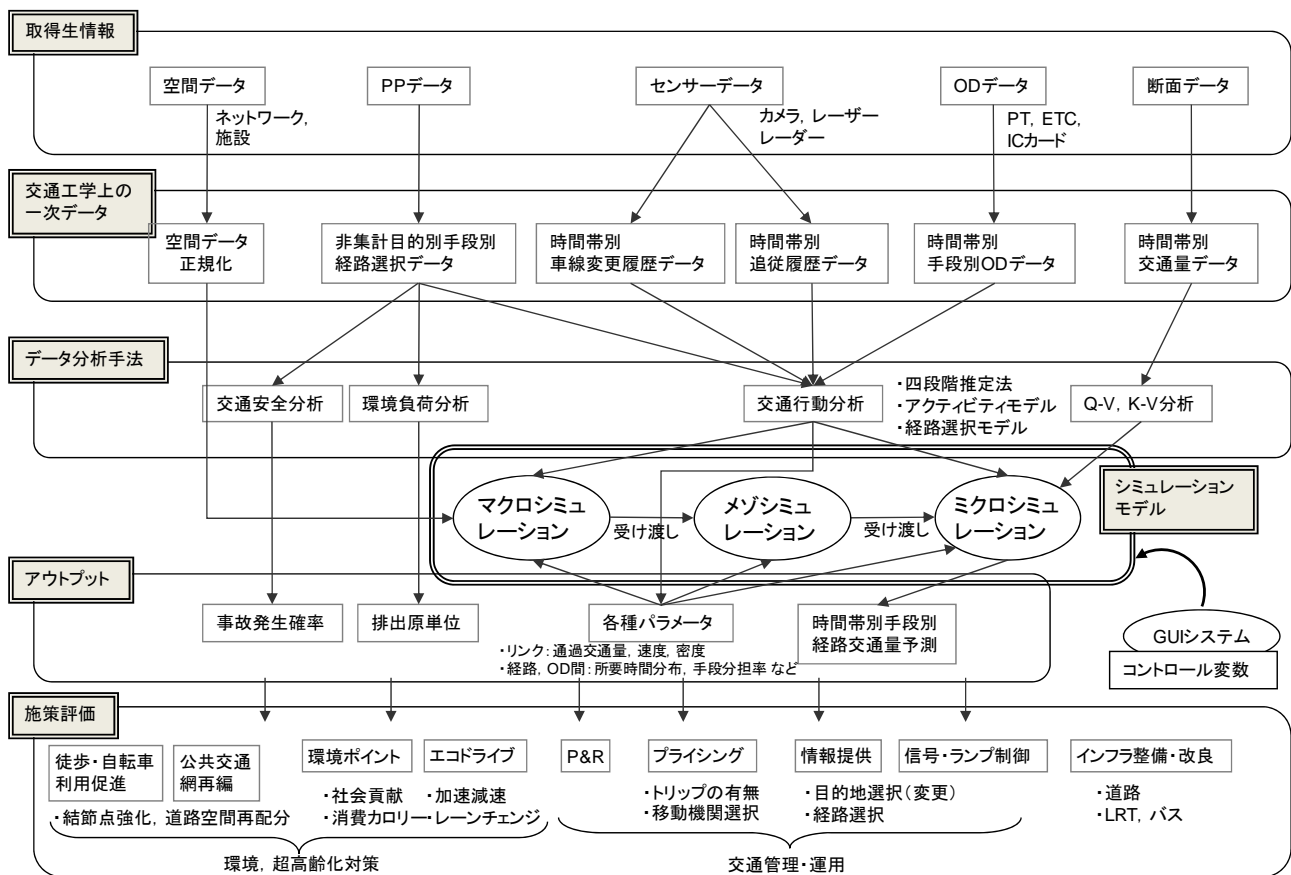


図-2 統合型マイクロシミュレーションモデルのフロー

6) Vovsha, P., Chiao, K.A.: A Development of New York Metropolitan Transportation Council Tour-Based Model, TRB conference proceedings 42 -Innovations in travel demand modeling: summary of a conference-, Vol.2, pp. 21-23, 2006.

7) 交通工学会編: 交通シミュレーション適用のススメ, 丸善, 2004.

8) 桑原雅夫, 吉井稔雄, 森田緯之, 岡村寛明: 広域ネットワーク交通流シミュレーションモデルSOUNDの開発, 生産研究, Vol.48, No.10, pp.49-52, 1996

9) Leonard, D.R., Gower, P., Taylor, N.B.: CONTRAM: Structure of the model, Transport and Road Research Laboratory (TRRL) Research Report 178, 1989.

10) Barceló, J., Ferrer, J.L., Grau, R.: AIMSUN2 and the GETRAM simulation environment. Internal Report, 1994.

11) Yang, Q.: A simulation laboratory for evaluation of dynamic traffic management systems, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1997.

12) Van Aerde, M.: INTEGRATION release 2.30 for windows: User's guide, MVA and Associates, 2005

13) Planung Transport Verkehr (PTV) AG: VISSIM 4.10 User Manual, 2005.

14) Ben-Akiva, M., Bierlaire, M., Koutsopoulos, H. and Mishalani, R.,: DynaMIT: A simulation-based system for traffic prediction, Paper presented at the DACCORD Short Term Forecasting Workshop, Delft, The Netherlands, 1998.

15) Florian, M., Mahut, M. and Tremblay, N.: Application of a simulation-based dynamic traffic assignment model, European Journal of Operational Research, Vol. 189, Issue 3, 2006.

16) 藤井聡, 菊地輝, 北村隆一: マイクロシミュレーションによるCO2 排出量削減に向けた交通施策の検討-京都市の事例, 交通工学, Vol.35 No.4, pp.11-18, 2000.