

交通流シミュレータDEBNetSの現況再現性向上と
マイクロシミュレーションによる交通政策の評価に関する事例研究
*Improvement of Dynamic Traffic Flow Simulator "DEBNetS"
and Case Study Evaluation of Transportation Policy by Micro-Simulation*

菊池輝*, 藤井聡**, 白水靖郎***, 北村隆****

By Akira Kikuchi, Satoshi Fujii, Yasuo Shiromizu and Ryuichi Kitamura

1. はじめに

交通計画のための交通需要予測手法として一般に用いられる四段階推計法に多くの問題が含まれているとの指摘は、繰り返しながらされている¹⁾。本質的な問題点としては、行動論的基盤の欠如、交通需要の動的側面の無視等が挙げられる。それに加えて、誘発需要、抑圧需要が需要予測に反映されない、評価対象とする交通政策が限定される、算定される政策感度の信頼性に疑問が残る、といった、行政上の判断を直接的に左右する問題点も挙げられる。

この認識から、四段階推計法に代わる新しい交通需要予測手法の枠組みとして、マイクロシミュレーションによる交通需要予測手法が提案されている²⁾。この手法は、個人の生活行動を再現する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PCATS³⁾と道路上の動的な交通流を再現する交通流シミュレータDEBNetS⁴⁾を組み合わせることで、交通需要予測を行うものであり、京都市におけるTDMやTSMの交通政策の短期的な感度分析²⁾や大阪市を対象とした総合交通政策の評価⁵⁾に適用されている。

しかしながらこのマイクロシミュレーションによる交通需要予測システムは開発の途上にあり、幾つもの課題が残されている。特に、モデルシステム全体の挙動・再現性に大きく影響を及ぼすと考えられるDEBNetSの現況再現性は未だ詳細に分析されていない。そこで本研究では、上述のマイクロシミュレーション統合需要予測システムの再現性をさらに向上させるために、大阪市の道路ネットワークと観測リンク交通量を用いて、DEBNetSの現況再現性を分析し、再現性向上のための方法論的検討を行うことにする。さらにPCATSと統合した交通需要予測システムを用いた事例

研究として、大阪市を対象とした将来需要予測および施策評価を行う。

2. シミュレーションシステムとその概要

(1) システム構成

本研究で用いるシステムは、動的自動車交通流と動的OD交通量との相互作用を予測値に反映するために、PCATSとDEBNetSとが、互いの出力が互いの入力となるいれこ構造となっており、四段階推計法の述語を採用すれば、PCATSが発生、分布、分担を、DEBNetSが配分を計算するサブシステムで構成される。以下、各サブシステムについて述べる。

(2) 生活行動シミュレータPCATS

PCATSは個人についての情報と、対象地域内の全ゾーンの属性と全ゾーン間の移動抵抗データに基づいて、勤務と就学以外の全時間帯での個人の行動パターンを再現するマイクロシミュレータである。

生活パターンの生成にあたっては、入力データとして扱われる固定活動と自由意思に基づいて決定がなされる自由活動スケジュールを想定する。そして逐次的、段階的な意思決定過程を仮定した上で、活動内容選択Nested Logit Model、交通機関目的地同時選択Nested Logit Model、活動時間の連続選択と活動の実行の有無の離散選択を同時に記述するSplit Population Survival Modelの3つを組み合わせ、自由活動を生成する。自由活動生成の際にプリズム制約⁶⁾や公共交通機関の営業時間、自動車の利用可能性を考慮している点も、PCATSの特徴の一つである。PCATSの詳細については、文献³⁾を参照されたい。

(3) 交通流解析ツールDEBNetS

DEBNetS (Dynamic Event-Based Network Simulator) は、混雑現象の推移等の交通流の経時変化を把握し、一日の各時点での交通サービス水準を推定することを目的として開発された動的交通流シミュレータである。PCATSにより生成されたトリップは、DEBNetSに時間

キーワード: 交通計画評価, 交通行動分析, ネットワーク交通流

* 学生員 工修 京都大学工学研究科土木システム工学専攻
** 正員 工博 京都大学工学研究科土木システム工学専攻
*** 正員 中央復建コンサルタンツ株式会社
**** 正員 Ph.D 京都大学工学研究科土木システム工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5136 FAX 075-753-5916)

軸上で連続的に入力される。各トリップは所要時間に基づいて経路に配分され、各リンクの走行所要時間は、リンクを複数に分割することで得られる各々のセグメントの交通量に基づいてマクロ的に決定されている。DEBNetSでは、車両群をパケットとして取り扱い、イベントベース法により、シミュレーション内で時間を更新させつつ、道路網上の交通状態の変化を再現する。各パケットの利用経路については、一定間隔毎に各ノードから各セントロイドまでの最短経路探索を行い、各パケットがその経路を利用することとした。詳細については文献4)を参照されたい。

3. DEBNetSの現況再現性とキャリブレーション

(1) DEBNetSの現況再現性

本研究でDEBNetSの計算の対象とした道路網は、現況の大阪市および大阪市周縁の道路網であり、一般道と高速道路を含め、リンク数は2994、ノード数は1050、セントロイド数は292(うち36が対象道路網への流入・流出ノード)である。KV曲線にはドゥルー型関数⁷⁾を用い、関数内のパラメータをリンク容量から特定した。入力データは、1990年の京阪神パーソントリップデータ(以下、PTデータ)に含まれる、自動車トリップで、対象地域にトリップエンドを持つトリップデータから加工した。物流および通過交通については、現況の道路交通センサスの自動車ODデータ(個票データ)に基づきデータを作成した。こうして作成したデータの総トリップ数は990,575トリップ(拡大係数換算後4,712,126トリップ)である。

このようにして加工したデータを入力し、DEBNetSの計算を行い、道路交通センサスの平日24時間交通量として観測交通量が与えられているリンクに関して、その観測値と、DEBNetSによる予測値の比較を行ったところ、観測交通量と予測交通量の相関係数は0.54であった。また混雑時(7時・8時・17時・18時台)における平均速度を集計した結果を表1に示す。全体的に予測値の方が速度が高くなっており、特に高速道路に関しては約8km/hも速い。これはDEBNetSでは、最短経路探索において所要時間と料金抵抗(時間価値を76円/分と設定)のみを考慮しているためであると考えられる。すなわち、実際のドライバーは利用のしやすさや車線数、速度、信号の有無等の高速道路を魅力的に評価する選択要因を考慮しているにも関わらず⁸⁾、それらがシ

ミュレーションにおいて考慮されていないため、高速道路の交通量が過小に再現されたものと考えられる。

表1 混雑時平均速度の比較

	実績値(1994年)	予測値
高速道路	28.5km/h	36.8km/h
一般道路	18.8km/h	19.7km/h
合計	20.1km/h	21.3km/h

(2) DEBNetSのキャリブレーション

前節の考察から、現況再現性を向上させるためには、所要時間と料金以外の要因を考慮することが必要であることが考えられる。これを考慮するためには、行動データに基づいた計量経済的手法によって要因を抽出することが望ましいが、そのためには全2994リンクに関するリンク属性についての詳細なデータ、ならびに、それに基づいた経路選択行動データの双方が必要である。しかし、実務において交通流シミュレーション計算を行う場合、それらのデータが必ずしも入手できるとは限らない。そこで、本研究では、以下のような簡便な方法で、観測リンク交通量への適合度を向上する方法を用いる。

DEBNetSでは、運転者は個々のリンクの所要時間と、時間価値に基づいて換算される高速料金抵抗との和(一般化所要時間)を最小化する経路を選択する。本研究では、時間と費用以外の個々のリンク固有の選択要因の効果をDとし、これを以下の式より、観測リンク交通量と予測交通量との乖離から求めた⁹⁾。

$$dV = \frac{V^* - V}{V^*} \quad (1)$$

$$D = \begin{cases} -T^* \times dV & \text{if } (|dV| \leq \alpha) \\ \alpha \times T^* & \text{if } (dV < -\alpha) \\ -\alpha \times T^* & \text{if } (dV > \alpha) \end{cases} \quad (2)$$

V^* : 観測リンク交通量

V : 予測リンク交通量

T^* : 観測リンク交通量から算出されるリンク所要時間

α : 変動幅を制限するパラメータ

このDを、上述の一般化所要時間に加えた上で、最短経路探索を行った。このキャリブレーションは、すなわち、観測値と予測値の差が大きいほどリンク所要時間に加算する常数Dの絶対値は大きくなり、予測値

が観測値より大きい場合は正、小さい場合は負の値をとる。

キャリブレーション後のDEBNetSの現況再現性を確認するために、前節の結果を利用してリンクごとに常数Dを算出し、これをDEBNetSに入力したところ、観測値と予測値の相関係数は0.72となった。表2に示す混雑時の平均速度も、キャリブレーション前は1.29であった再現率（予測値／実績値）が1.04に抑えられるなど、概ね良好な再現性が得られた。

表2 キャリブレーション後の混雑時平均速度

	予測値	予測値／実績値
高速道路	29.7km/h	1.04
一般道路	19.3km/h	1.03
合計	20.5km/h	1.02

4. 大阪市への適用事例

ここでは、キャリブレーション後のDEBNetSとPCATSを統合したシミュレーションシステムを用いて、大阪市の2010年における交通需要予測を行った結果を示す。

(1) 分析対象

分析の対象としたのは、大阪中央環状線内（大阪市の周縁部を含む地域）の住民、ならびに、当該地域以外に居住し、対象地域内に職場、学校を持つ個人である。予測年次は2010年であり、将来人口フレームは、現況人口（約260万人、従業人口約247万人）に既定開発プロジェクトによる増分（約10万人、従業人口約17万人）を足し合わせたものとした。また2010年時点でのゾーン別の土地利用データは、この人口フレーム増分に比例する形で、現況の土地利用データから加工した。道路ネットワークデータに関しては、3. で用いたものを基準に、以下に述べる評価対象施策を反映させている。

(2) 評価施策

表3 設定した評価対象施策

ケース	考え方と主な施策
0	○現状のまま新たな対応を行わない
1	○既定施策を実施するケース ・道路ネットワーク整備（渋滞対策プログラム、道路整備プログラムに示された施策） ・鉄道新線整備（地下鉄8号線、大阪外環状線、テクノポート線）
2	○ケース1に加え、さらなる道路整備および実現性の高いTDM施策を行うケース ・道路ネットワーク整備（阪神高速左岸線3期・門真線、塚本ロングランプ等） ・P&R駐車場整備（大阪府交通実験対象駐車場）

予測年次における導入施策の検討にあたっては、①既定計画で示されている鉄道新線整備および道路整備での対応可能性、②さらなる道路整備および実現性の高いTDM施策での対応可能性を考慮し、表3に示すケース1、2の2つのケースを評価対象施策とした。さらにこれらのケースとの比較を行うためにケース0を設定し、3つの代替案に対して評価を行う。

(3) シミュレーション結果に基づく考察

以上のような前提のもと、マイクロシミュレーションシステムを用いて、大阪市の交通需要予測を行った。実行時間は、DEBNetSが並列計算機を用いて約15分、PCATSはPentium II（300MHz）のPCで約5分であった。

図1に大阪市発生集中量の予測結果を示す。大阪市全体の発生集中量は現況実績値に比べ微増であるが、自動車分担率が上昇している。これは自動車分担率が比較的高い臨海部等において、大規模プロジェクトにより人口フレームが増加しているためと考えられる。

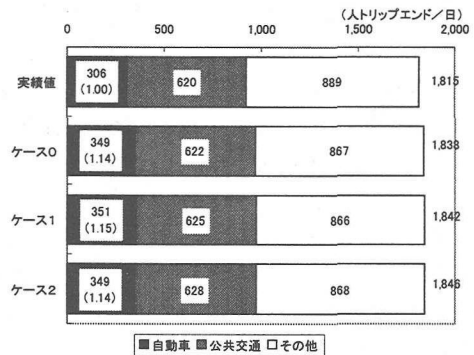


図1 代表交通手段別大阪市発生集中量の予測結果

次に、自動車利用トリップのみを抽出し、走行台キロの集計結果を図2に示す。ケース0において、走行台キロは、自動車交通量の伸び（9%増）よりも大きく14%増加している。これは、新たに道路整備を行わないため、混雑道路を避ける迂回交通等が生じるためと考えられる。ケース1では既定計画を実施するため、平面道路を中心に、ケース0と比べて走行台キロが減少する。しかし、高速道路の整備により高速道路の利用量が増加し、走行台キロの総量はケース0に対して微減にとどまる。ケース2では、さらなる道路整備により環状線を経由せずに市内通過が可能となること等の影響で、高速道路の走行台キロも減少する。この結果、自動車交通量は約8%増加するものの、走行台キロについては、ほぼ現状と同等のレベルに維持することができる。

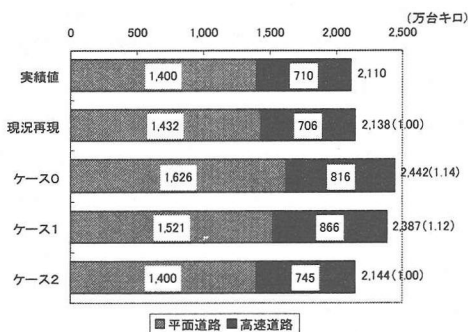


図2 大阪市内の走行台キロのケース比較

図3に混雑時における平均走行速度、図4に時間帯別の走行速度の推移を示す。何も対策を行わないケース0では、現状よりも約1km/h低下するが、既定計画を実施(ケース1)することにより、ほぼ現状レベルまで回復すると考えられる。これに対し、さらなる道路整備等を実施(ケース2)することにより、現状よりも約2km/h速度の向上が見込まれる。しかしながらその増分は大きいとは言えない。したがって、道路整備や実現性の高いTDM政策を実施していく一方で、自動車の需要を抑制する規制的な施策についても、実行可能性を含めて検討していくことが重要と考えられる。

5. おわりに

本研究では、まず、生活行動シミュレータPCATSと交通流解析ツールDEBNetSを統合したシミュレーションによる交通需要予測システムの一つの課題点であったモデルシステム全体の再現性を向上させるために、DEBNetSのキャリブレーションを行った。さらにこの需要予測システムを用いて大阪市への事例研究を行った。本研究におけるマイクロシミュレーションシステムは、従来の交通需要予測手法・政策分析手法と比較して、時間軸に沿ったダイナミックな予測ができるほか、個人単位の活動を予測しているため、よりミクロな視点での多様な評価指標を算出できるといった特長があり、今後の交通計画に有用なデータを幅広く提供することが可能である。しかしながら、DEBNetSにおいて渋滞の延伸現象が再現されていないといった問題点のほか、より微視的な視点から交通現象を捉えるためには目的地をゾーン単位ではなく連続平面上で表現すべき¹⁰⁾であり、今後さらなる改良が必要であろう。

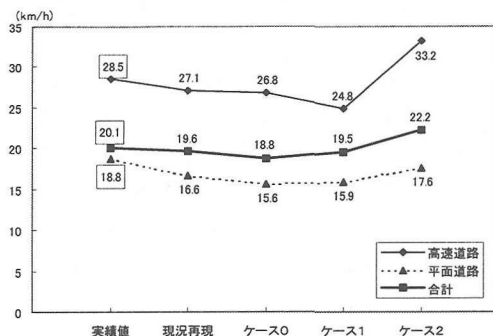


図3 混雑時平均走行速度のケース比較

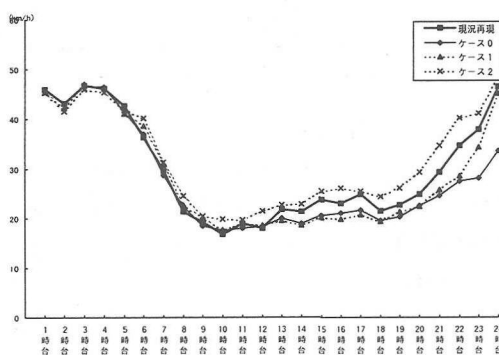


図4 時刻帯別走行速度(平面・高速計)のケース比較

謝辞：本研究は大阪市計画調整局の全面的協力を得た。ここに記して、深謝の意を表します。

参考文献

- 1)北村隆一：交通需要予測の課題—次世代手法の構築にむけて、土木学会論文集, No. 530/IV-30, pp. 17-30, 1996.
- 2)藤井 聡, 菊池 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, -印刷中-, 2000.
- 3)藤井 聡, 大塚祐一郎, 北村隆一, 門間俊幸：時間的・空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp. 643-652, 1997.
- 4)藤井 聡, 奥嶋政嗣, 菊池輝, 北村隆一：Event-Based Approachに基づく簡便なマイクロ交通流シミュレータの開発：生活行動と動的交通流を考慮した実用的な交通政策評価手法の構築を旨として, 土木学会第53回年次学術講演会講演要集第4部, pp. 694-695, 1998.
- 5)川田均・飯田祐 三・白水靖郎：総合交通政策の評価に関する事例研究, 土木計画学研究・講演集, No. 22(1), pp. 511-514, 1999.
- 6)I Lagerstrand, T.: What about people in regional science? Papers of the Regional Science Association, 23, pp. 7-21, 1970.
- 7)Drew, D.R.: Deterministic Aspects of Freeway Operations and Control, Texas Transportation Institute, Research Report, pp. 24-4, 1969.
- 8)藤井 聡, 守田武史, 北村隆一, 杉山守久：不確実性に対する態度の差異を考慮した交通需要予測のための経路選択モデル, 土木計画学研究・論文集, No. 16, pp. 569-576, 1999.
- 9)菊池 輝, 藤井 聡, 白水靖郎, 北村隆一：大規模ネットワークにおける交通流シミュレータDEBNetSの現況再現について, 第20回交通工学研究発表会論文報告集, 投稿中., 2000.
- 10)菊池 輝, 小畑篤史, 藤井 聡, 北村隆一：GISを用いた交通機関・目的地地点選択モデル：ゾーンシステムから座標システムへの地理空間表現手法の移行に向けて, 土木計画学研究・講演集, No. 22(1), pp. 405-408, 1999.