

時間帯別交通量配分と交通シミュレーションを結合した動学的ミクロ交通流分析法の移転可能性*

Applicability Studies of the Practical Method Combined with Macro and Microscopic Approaches for Micro-Dynamic Traffic Flow Analyses*

溝上 章志**・中山 直智***

Shoshi MIZOKAMI and Naotomo NAKAYAMA

1. はじめに

ミクロ交通シミュレーションは、信号パラメータや交差点構造などの道路交通運用計画を局所的に分析するのに有効である。しかし、道路網や交通施設の整備に伴う広域的なネットワークフローの変化を考慮する必要がある場合には対象地域内の OD 交通量が変化するために、その適用は難しい。この課題を解決するために、時間帯別均衡配分法と交通流シミュレーションを組み合わせた交通流動の動学的ミクロ分析法¹⁾(以後、ミクロ-マクロ結合分析モデルと記す)を提案し、熊本市の新水前寺駅周辺結節点整備事業を対象としてその適用可能性を検証した。しかし、適用事例はこの一例しかなく、移転可能性の保証はなかった。

本研究では、このミクロ-マクロ結合分析法を N 市で計画されている街路整備事業に適用し、その移転可能性の検討を行うことを目的とする。

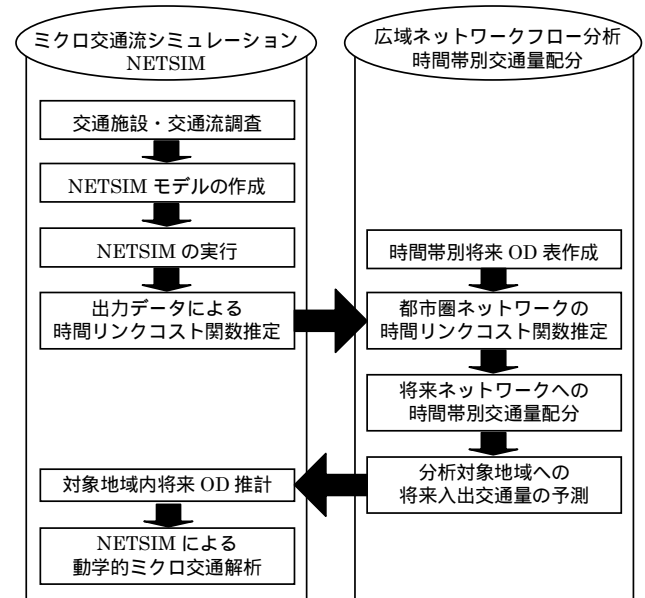


図 - 1 ミクロ-マクロ結合分析法のフロー

2. ミクロ-マクロ結合分析法の概要

本分析法は、図 - 1 に示すように、局所的な交通流の分析に有効なミクロ交通流シミュレーション (NETSIM を使用) と広域ネットワークフロー分析を行う時間帯別交通量配分手法を整合的に結合し、広域的なネットワークフローの変化を考慮しながら、局所的なネットワークにおける詳細な交通流動分析を実行する現実的、かつ実用的な方法である。通常、ミクロ交通流動の分析対象地域外で道路整備などが行われると、広域ネットワークフローが変化し、ミクロ交通流シミュレーションモデルへの入力となる流入交通量も変化する。しかし、従来はこの変化する入出力交通量の予測を行う有効な方法がなかった。そこで、

1) 対象地域の現況 OD パターンを先見とし、時間帯別交通量配分を用いて時間帯別の流出・流入交通量の予測を行い、予測値に一致するように、フレーター法を用いて成長収束させた OD 交通量を、ミクロ交通流シミュレーションモデルの入力とする。

2) 一方で、現況を精度よく再現するようにチューニングされたミクロ交通シミュレーションモデルを総トリップ数を増減させて実行し、その出力として得られる所要時間と断面交通量データを用いて、時間帯別交通量配分のための時間リンクコスト関数を推定し、これをネットワークに設定する。これによって、ミクロ交通流シミュレーションモデルから得られる結果を広域ネットワークフロー分析モデルにフィードバックする。

3. NETSIM によるミシミュレーションモデル

(1) 実証分析の対象地域と事業

本ミクロ-マクロ結合分析法の移転可能性を検証する地域と事業は、N 市中心部の国道 34 号線とそれに並行する公会堂前通りで構成された道路網であり、周辺の道路ネットワークを図 - 2 に示す。国道は車線毎に交通量が偏在しており、電線共同溝事業と併せて車線運用の見直しなどの街路整備事業の実施が構想されている。一方、分析対象地域の北西部で、都市間高速道路とこの地域をつなぐ HM バイパス (図 - 3 参照) の 4 車線化工事が行われている。工事が完了すると広域のネットワークフローが大きく変化することが予想されることから、広域ネットワークフローの変

*keywords: 時間帯別交通量配分, ミクロ交通流シミュレーション, ミクロ-マクロ結合分析

**正員 工博 熊本大学工学部環境システム工学科 (熊本市黒髪 2-39-1, Tel:096-342-3541, E-mail:smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

***学生員 熊本大学大学院自然科学研究科

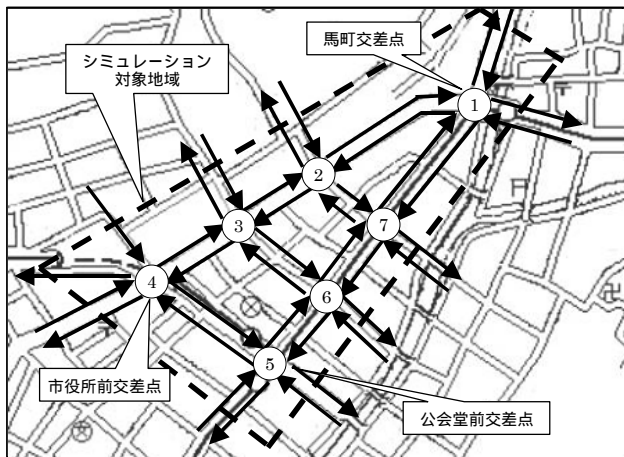


図 - 2 分析対象地域のネットワーク

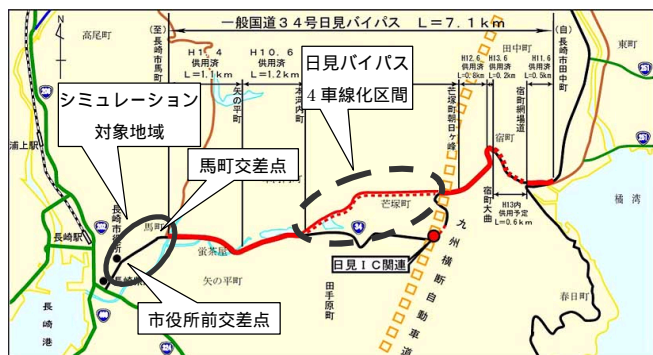


図 - 3 HMバイパス

化を考慮して、ミクロ交通流シミュレーションによる交通流動の予測が必要となる。

(2) シミュレーションモデルの構築と現況再現性の検討

NETSIM モデルを構築するために必要なデータを入手するため、平成 16 年 9 月 16 日 (木)、午前 7:00 ~ 19:00 の 12 時間、現地調査を行った。調査内容は主要交差点方向別交通量調査、交差点流入交通量調査、交差点渋滞長調査などである。主要交差点方向別交通量調査と交差点流入交通量は、小型車と乗用車と貨物車、大型車を貨物車とバスに区別して調査を行った。主要道路では車線毎に調査を実施した。交差点渋滞長調査は 7:10 から 10 分毎に交差点の停止線からの渋滞長を観測した。

シミュレーションの実行は交通量の変動が激しい午前 7 時から 9 時までの 2 時間とした。この間、入出力交通量は

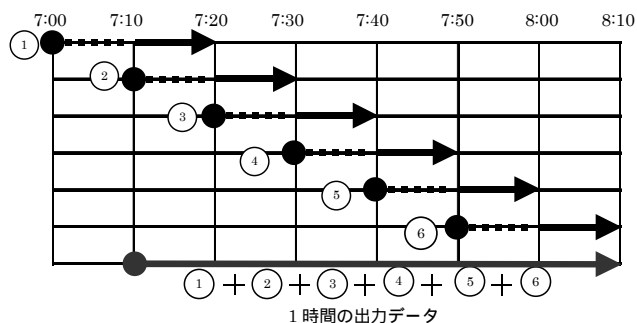


図 - 5 モデルの作成イメージ

時間的に変動しているが、NETSIM は 1 時間の中で変動する入出力交通量を入力データとすることができない。そこで、図 - 5 に示すように、10 分間断面交通量によって時間入出交通量を 10 分毎に比例配分し、7:30 ~ 7:50、7:40 ~ 8:00、7:50 ~ 8:10、8:00 ~ 8:20、8:10 ~ 8:30 というように、20 分を単位として 10 分ずつスライドさせた 5 つの OD 表を作成し、それぞれを 3 倍して 1 時間に拡大した OD 表を NETSIM への入力 OD 交通量とする。さらに、各モデルのシミュレーション開始直後は前時間帯の飽和交通流の影響が反映されず、渋滞現象が再現しにくい。そこで、それぞれのモデルの後半 10 分だけのシミュレーション結果をつなぎあわせることによって、入出交通量の時間的変動を考慮することが可能なシステムに改良した。

NETSIM モデルにあらかじめ設定すべきパラメータのうち、現況再現性に影響が大きいものは自由走行速度と平均発進車頭間隔、大型車混入率であることが既存の研究から分かっている。大型車混入率は現地調査の結果を用いた。自由走行速度と平均発進車頭間隔については、最大車列台数が実測値に適合するように、試行錯誤的に値を調整した。

10 分ごとに実測されている渋滞長を平均車長で割って得られる車列台数と、NETSIM から出力される最大車列台数とを比較することで現況再現性の検証を行った。その例を図 - 5 に示す。時間の経過に従って大きく変動する 10 分毎の最大車列長をよく再現できており、本モデルは高い現況再現性を持っているといえる。

4. 時間リンクコスト関数の推定

この NEWSIM モデルが現実の交通流動をうまく再現することができるのであれば、従来、観測によって収集

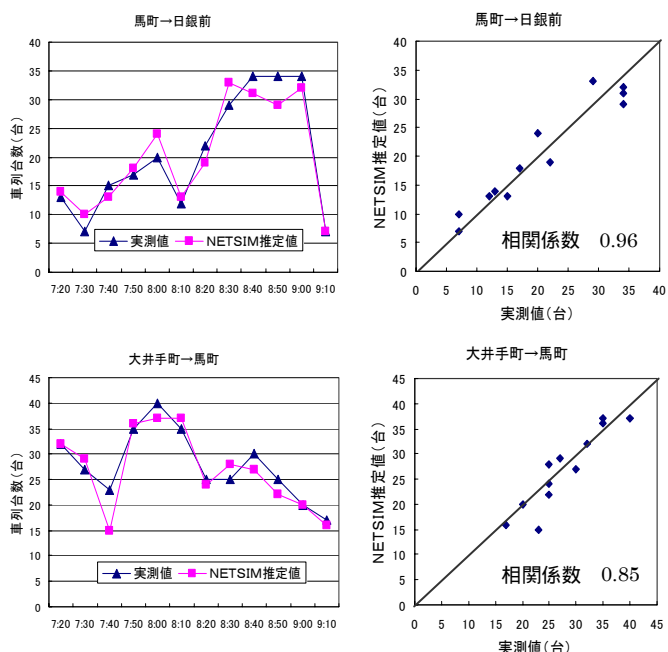


図 - 6 現況再現結果

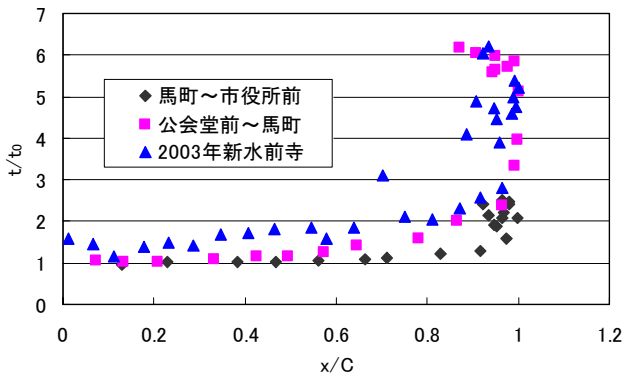


図 - 6 NETSIM による時間交通量と平均所要時間

していた交通量と所要時間のデータの代わりに、シミュレーションの結果として交通量と所要時間のデータを出力させ、それらを用いて時間別交通量配分に用いる時間リンクコスト関数を推定することができるはずである。そのために、OD パターンは現況のままとして、総トリップ数を...、0.9 倍、1.0 倍、1.1 倍、...というふうに変化させながら、それに対応した平均所要時間と断面交通量データを NETSIM モデルから出力した。時間リンクコスト関数の推定には 7:10 から 8:10 の 1 時間の出力データを使用した。推定には、馬町～市役所前交差点間、公会堂前～馬町交差点間の個別区間のデータ、およびより一般的な推定値を得るために両区間のデータをプールしたデータを用いて、全部で 3 組のパラメータを推定した。

時間交通量と平均所要時間の関係を図 - 6 に示す。横軸は時間交通量 x を NETSIM から出力された時間最大交通量（時間可能交通容量） C で除した混雑率 x/C 、縦軸はゼロフロー時の所要時間 t_0 に対する平均所要時間 t の比率 t/t_0 である。比較のため、2003 年の新水前寺駅周辺地区で構築した NETSIM モデルからの出力結果も一緒にプロットしている。これより、時間交通量の増加に伴って、平均所要時間は単調に増加し、時間交通量が最大値をとった後は、平均所要時間は増加するが交通量は減少していくという、交通量 - 所要時間の関係を良く表している。特に公会堂前～馬町交差点のデータではそれがよく分かる。

これらを観測データとみなして、

$$t = t_0 \{1 + \alpha(x/C)^\beta\}$$

なる BPR 型時間リンクコスト関数を推定した。ここで設定した時間可能交通容量は、2003 年に適用したときと同様に、ネットワークのすべての道路区間に PT 調査などですでに設定されている日可能交通容量から換算係数（ここでは 17.0）によって時間可能交通容量に変換する方法を用いた。

パラメータの推定結果を表 - 1 に示す。区間ごとに推定された α の値はやや異なっているが、 β の値には大きな差はない。また、両区間のデータをプールして得られたパラメータは 2003 年新水前寺駅周辺地区での値とほぼ一致して

表 - 1 リンクコスト関数の推定結果

	馬町 - 市役所前	公会堂前 - 馬町	馬町 - 市役所前 & 公会堂前 - 馬町	2003 年新水前寺周辺
α	1.14 (0.41)	1.92 (1.84)	1.38 (1.26)	1.39 (1.45)
β	2.08 (6.35)	1.86 (8.31)	1.88 (8.31)	1.87 (9.60)

いる。現況再現性の高い NETSIM モデルのシミュレーション結果から出力された交通量と平均所要時間データを、観測データの代わりに用いて推定される時間リンクコスト関数のパラメータの安定性は高いと言えよう。以後の分析では、この時間リンクコスト関数を用いて時間別交通量配分を行い、推定されたリンクコスト関数の適合性を検証することによって、本マイクロ - マクロ結合分析法の適用可能性を実証する。

5. 推定された時間リンクコスト関数の適用可能性

推定された時間リンクコスト関数を、リンク総数 2,463、ノード数 1,031、セントロイド数 117 で構成される平成 6 年 N 都市圏 PT 道路ネットワークに設定し、時間別交通量配分から推計されたリンク交通量と実測値との適合性の評価を行った。用いた時間別交通量配分方法は OD 修正法である。適合性の評価指標を表 - 2 に示す。実測データは平成 11 年道路交通センサスの 12 時間交通量と最混雑 1 時間帯の時間交通量である。12 時間交通量については、観測区間の交通量平均値、標準偏差値は、今回の推定値、2003 年の推定値、溝上式のいずれを使って配分した結果も実績値に近い値となったが、修正 BPR 関数では極めて過小に推計されている。相関係数は今回の推定値と 2003 年の推定値を用いた場合が最も高く、修正 BPR 関数を用いた場合が最も低い。また、DSD²値はやや大きいものの、バイアス成分は大きいとはいえず、ランダム誤差の比率の方が大きい。ただし、最混雑時 1 時間の適合性については、修正 BPR 関数を用いた場合が適合度、誤差成分特性の両方で勝っている。

表 - 3 には 2003 年新水前寺駅周辺地区で適用したときの配分結果の適合性指標を示す。NETSIM モデルの対象地域だけでなく、全域のピーク時、オフピーク時、および 12 時間合計で推定式を用いた場合の推定値と実績値との相関係数が高い。両者の単回帰分析の偏回帰係数 a, b およびその F 値についても他のものより適切な値をとっていることから、本推定法から得られた BPR 関数の適用可能性は高いといえる。このように、熊本都市圏だけでなく、N 都市圏でも、NETSIM モデルのシミュレーション出力データを用いて推定した時間リンクコスト関数をネットワークに設定し、その条件の下で時間別交通量配分によって推計されるリンク交通量は、実績値と高い適合性を持つことが実証できた。

表 - 2 リンク交通量の適合度指標

	12時間交通量(午前7時~午後7時)				ピーク時間帯(最も混雑する1時間)			
	推定値	2003年	溝上式	修正BPR関数	推定値	2003年	溝上式	修正BPR関数
推計値平均(台)	23077	23167	22755	21410	3718	3820	3805	2466
実測値平均(台)		22553				2385		
推計値不偏標準偏差	17436	17482	18161	14972	2385	2314	2422	1369
実測値不偏標準偏差		11764				1200		
相関係数	0.756	0.754	0.748	0.688	0.654	0.641	0.653	0.548
a (y=ax+b)	1.120	1.121	1.156	0.875	1.232	1.235	1.318	0.625
b (y=ax+b)	-2189	-2114	-3304	1672	778	873	661	975
F 値	58.7	58.1	56.1	39.5	33.0	30.7	32.7	18.9
SEE	11540.0	11604.0	12177.0	10990.0	1728.0	1796.0	1854.0	1157.0
RMSE	11641.0	11709.0	12318.0	11150.0	2209.0	2326.0	2376.0	1246.0
SEE/RMSE	0.991	0.991	0.989	0.986	0.782	0.772	0.780	0.929
AE ² (%)	0.20	0.28	0.03	1.05	36.37	38.03	35.69	0.42
DSD ² (%)	23.74	23.85	26.97	8.28	23.03	22.92	26.42	1.83
CV ² (%)	73.89	73.70	70.83	88.50	38.43	36.87	35.72	95.58

表 - 3 リンク交通量の適合度指標(新水前寺駅周辺地区)

	推定式 α=1.39, β=1.87				修正BPR				溝上式			
	流出入	7時台	12時台	12時間合計	流出入	7時台	12時台	12時間合計	流出入	7時台	12時台	12時間合計
推計値平均(台)	968	971	604	6358	958	1131	651	7764	588	997	663	6125
実測値平均(台)	1061	1103	1014	7250	1061	1103	1014	7250	1061	1103	1014	7250
不偏標準偏差(推)	761	488	442	2898	743	307	370	3299	454	620	558	2834
不偏標準偏差(実)	752	455	406	3065	752	455	406	3066	753	456	406	3065
相関係数	0.94	0.64	0.55	0.63	0.86	0.42	0.30	0.53	0.89	0.54	0.54	0.57
a (y=ax+b)	0.98	0.73	0.60	0.57	0.85	0.11	0.27	0.50	0.54	0.69	0.75	0.53
b (y=ax+b)	24.78	189.21	-5.01	1990.3	61.02	450.51	349.45	3576.4	18.54	212.09	-94.43	2321.5
F 値	234.80	49.69	31.01	41.64	38.75	12.34	14.23	21.20	53.26	28.97	29.56	33.72
SEE	186.97	399.11	371.11	2317.0	395.34	311.67	363.11	2874.1	214.23	526.98	472.71	2350.9
RMSE	210.00	425.12	579.08	2881.0	426.98	563.56	670.78	3484.0	643.01	551.56	599.95	2993.8
SEE/RMSE	0.88	0.93	0.64	0.8	0.93	0.55	0.54	0.83	0.33	0.96	0.79	0.79
AE ² (%)	19.43	9.64	50.34	14.38	5.79	4.17	46.86	3.86	54.09	3.73	34.33	14.13
DSD ² (%)	0.18	0.60	0.38	0.33	0.05	11.02	0.38	0.50	21.46	8.93	6.49	0.59
CV ² (%)	74.14	88.39	47.92	83.92	87.91	79.26	47.21	90.08	18.20	85.97	57.81	83.91

以上の検証より、本マイクロ - マクロ結合分析法の適用可能性は高いと見て良いであろう。

6. おわりに

N バイパス整備後の広域ネットワークフローを予測した結果を図 - 7 に示す。図中の数値は整備前・後の7時台の時間交通量である。バイパスの整備によって、その下流側にある馬町交差点への流入量が飛躍的に増加することが分かる。この流入量を用いて街路整備案を想定したマイクロ交通流シミュレーションを実行することになる。当然、現況のデータを入力として場合とは異なる交通流動となり、そのもとで構想されている街路整備事業案の可否が検討されることになる。

2003年の熊本市新水前寺駅周辺だけでなく、N市中心部のネットワークにおいても、時間リンクコスト関数のパラメータは安定した推定値が得られ、それを用いた時間帯別交通量配分から推計された配分交通量は高い適合性を持つ

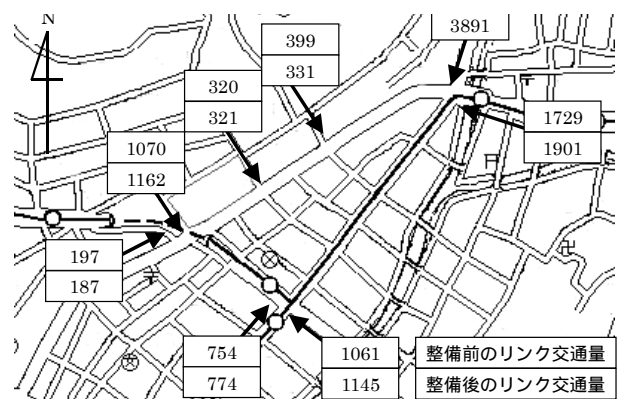


図 - 7 Hバイパス整備後の流入量の変化

ことが分かった。このことから本マイクロ - マクロ分析法の適用可能性は高いことが実証された。

参考文献

1) 溝上章志・柿本竜治：時間帯別交通量配分とマイクロシミュレーションを結合した交通流動分析法の提案と適用, 交通工学, Vol.40, No.3, 2005. (印刷中)