

時間帯別交通量配分とミ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

A Practical Method Combined with Macro and Microscopic
Approaches for Micro-Dynamic Traffic Flow Analyses

溝 上 章 志*
柿 本 龍 治**

交通ミクロシミュレーションは、信号パラメータや交差点構造など、局所的な地域における交通需要分析を行うのに有効である。しかし、道路網整備による広域的な交通流動の変化を伴う場合には、入力となるOD交通量の推計が容易でないために、たとえ分析対象地域が局所的であるとしてもその適用は難しく、適用例も少ない。本研究では、交通結節点改善事業による周辺街路の整備後のミクロな交通流動予測に対して、都市圏規模の広域ネットワークフローの予測に用いられる時間帯別交通量配分法とミクロ交通流シミュレーションとを整合的に組み合わせた交通流動の動学的ミクロ分析法を提案する。

キーワード 動学的交通流分析手法、時間帯別交通量配分、ミクロ交通流シミュレーション

1. はじめに

交通施設整備、特に渋滞緩和や地区交通環境改善のための交差点や道路構造の変更などの整備効果を分析・評価するのに、各所でミクロ交通シミュレーションによる動学的な交通流動分析が用いられている。ミクロ交通シミュレーションは個々の自動車の走行状況を表現できるため、施策の効果・影響を的確に分析し、結果を分かりやすく表現することができることから、その有効性が認識されつつある。学術面からは新たなモデル開発と同時に適用可能性の実証研究と標準化が行われており、実務では蓄積された適用事例をもとにした適用マニュアルの作成が行われている。国内で利用されているミクロ交通シミュレーションの種類やその特徴、適用事例、さらには今後の課題

と発展方向などについてはここでは言及しないが、これらについては交通工学研究会^{1, 2)}や堀口³⁾、高橋ら⁴⁾などに非常に詳しいので、是非、参考にされたい。

ミクロ交通シミュレーションは、その多くがソースコードが公開されていないために、制作者にしかプログラムやアルゴリズムが分からぬブラックボックスである。また、幾つかの例外を除いて、現況のOD交通量を入力とした局地的な交通施設整備計画に対する交通流の予測と評価に適用が限定されている。したがって、道路網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、たとえ対象地域を限定するとしても、その適用は容易ではない。一方、広域ネットワークでの需要予測が可能な交通量配分モデルは、渋滞領域を明示的に表現できない。本

* 熊本大学工学部環境システム工学科教授 (TEL: 096-342-3541, E-mail: smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

** 熊本大学工学部環境システム工学科助教授 (TEL: 096-342-3537, E-mail: kakimoto@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

研究では、両者を整合的に結合することで、広域ネットワークフローの変化を考慮しながらミクロ交通流シミュレーションを実行する交通流動の動学的ミクロ分析法を提案する。本研究でいう広域ネットワークとは、PT調査などで静的な交通量配分を行ってリンク交通量を予測している都市圏ネットワーク程度の規模のものである。一方、ミクロ交通流動を分析するネットワークは、汎用的ミクロシミュレーションモデルの適用可能性がおむね検証されている規模のものである。

本分析法を適用する地域はJR新水前寺駅周辺地区交通結節点整備事業が行われる周辺地域である。この事業では、市電電停の移設やJR豊肥本線ガード橋脚の撤去、信号制御や車線運用の適正化など、ミクロシミュレーションの適用が有効な対象地域内での施設整備や運用改善だけでなく、対象地域の外側で、これまで一方通行であった国分踏切を往復通行可能にするといった、広域ネットワークフローまでも変化させるような新規道路整備が同時になされる。

このような場合にはミクロ交通シミュレーションの入力となるOD交通量も変動することから、マクロなネットワークフローの予測とミクロ交通シミュレーションによる詳細な交通流動を整合的に結合した動学的分析が必要となる。

本研究では、都市圏規模の広域ネットワークフローの準動学的交通需要予測に適した時間帯別交通量配分手法とミクロ交通シミュレーションを結合した動学的ミクロ交通分析手法を提案する。そのために、当該区間の交通状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

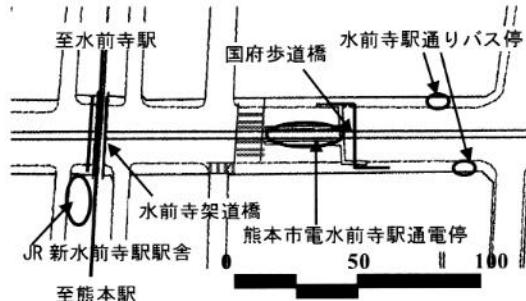


図-1 事業対象地域

レーションモデルから得られるリンク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リンクコスト関数を推定する。一方で、このリンクコスト関数を用いた時間帯別交通量配分から得られるミクロ交通シミュレーションの適用対象地域へのリンク交通量を、ミクロ交通シミュレーションモデルの入力OD情報として用いる。このフィードバックによって、時間帯別交通量配分というマクロ交通需要分析法とミクロ交通シミュレーションとを整合的に結合した動学的ミクロ交通流動の分析法を提案する。

2. ミクロシミュレーションによる交通流解析

2.1 分析対象地域の現況と課題

熊本県と熊本市では、JR新水前寺駅周辺地区交通結節点整備事業を計画している。事業の対象地域は図-1に示す通りである。現在はJR新水前寺駅から熊本市電やバス停まで徒歩距離が約100m、信号交差点の横断が2回もあり、乗り換えの利便性は非常に悪い。本事業は、電停の移設や道路環境改良を行うことによってJR新水前寺駅

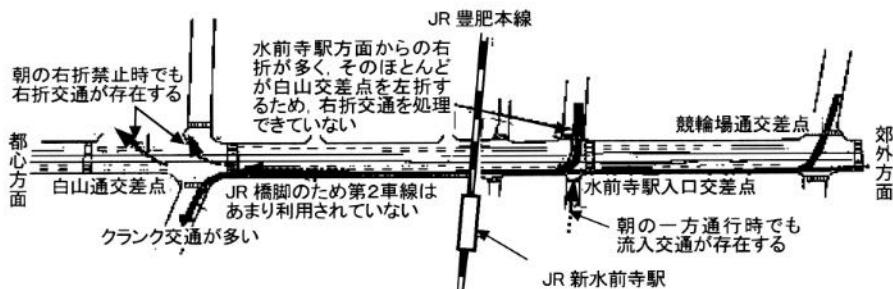


図-2 分析対象地域の交通課題

からの乗り換え利便性の向上を図り、人口増が顕著な都市圏東北部からの交通需要を自動車交通と公共交通に適切に分担させることを目指す施策である。

周辺地区には図-2に示すような課題がある。

1) 県道熊本高森線白山交差点都心方向は片側4車線であるにも関わらず、JR豊肥本線ガードの橋脚のために第2車線が利用されていない。

2) 水前寺駅方面から水前寺入口交差点で都心方面へ右折し、白山交差点で白山通り方面へ左折するクランク交通が非常に多い。

3) 県道熊本高森線における郊外方面から白山交差点への第4車線は右折禁止規制時にも右折車両が存在するため、直進車両の通過を阻害している。同じく、国府3丁目方面から水前寺駅入口交差点は進入禁止であるが遵守されておらず、水前寺駅方面からの右折交通を阻害している。

このような課題を解決するために、本事業では電停のJR新水前寺側への移設、駅ホームと電停とのデッキによる連結、周辺道路構造の改善、車線利用や信号制御の適正化などを行うことになっている。詳細は5章で述べる。

2.2 NETSIM^⑤による交通流動の再現可能性

対象地域の交通流動を、代表的なミクロ交通流シミュレーションの一つであるNETSIMで再現した。NETSIMは、限定された規模のネットワーク上の交通流を詳細にシミュレートするのに適した追従型ミクロ交通シミュレーションモデルであり、個々の車両の移動状況を1秒毎に算出し、道路ネットワーク上の動的な交通流を分析するのに使用されている。NETSIMの特徴を以下に示す。

- 1) FHWAによって開発された微視的モデルで、米国の他、多くの国で広範に使用されている。
- 2) 新規開発された入力エディタでネットワークやその他の設定パラメータが簡単入力できる。
- 3) リンク上を追従走行する車両1台毎の挙動を微視的・確率的に再現する。
- 4) 標識や信号制御、バスレーンなどの交通要因や、車種カテゴリや車両性能、ドライバー行動類型などの車両要因を自在に設定可能である。
- 5) 遅れ時間や停止時間、総走行時間、総走行距離

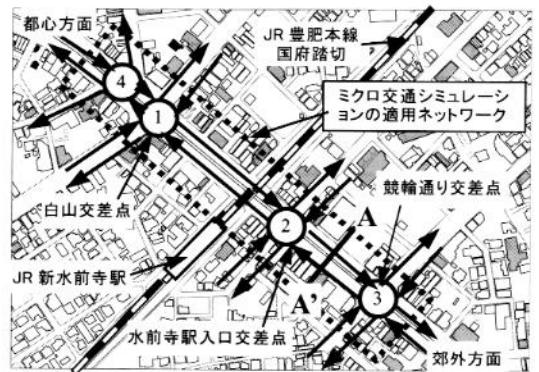


図-3 NETSIM ネットワークモデル

離、平均速度など、多数の出力データを算出できる。

6) ただし、NETSIMは動的経路選択行動モデルを内包していないため、有効経路が複数あるネットワークで動的な経路選択を再現する場合には向きである。

NETSIMによる交通流再現の手順は下記の通りである。

- 1) 交通ネットワークモデルの設定：対象路線の車線数や幅員などの道路状況、速度規制や専用レーンなどの交通規制、信号パラメータなどを収集し、シミュレーション用ネットワークを作成する。
- 2) OD表の入力：適切な時間幅のOD表、または交差点の分岐率を作成する。
- 3) パラメータの調整：シミュレーションを行いながら、現況の交通現象をより精度よく再現できるように各種パラメータを調整する。

以下では、上述の1)～3)について、本研究で行った具体的な方法・内容について解説する。

- 1) 対象地域の道路網をNETSIM用ネットワークモデルに記述し直す。分析対象ネットワークは3つの信号交差点と入出力ノード11箇所を含む62本のリンクで構成される。これに設定する必要のあるパラメータは、リンク長、車線数、車線幅員、道路勾配、道路特性コードなどである。これらの道路条件と信号制御パラメータは現地で調査した値を用いた。図-3に設定したネットワークモデルを示す。

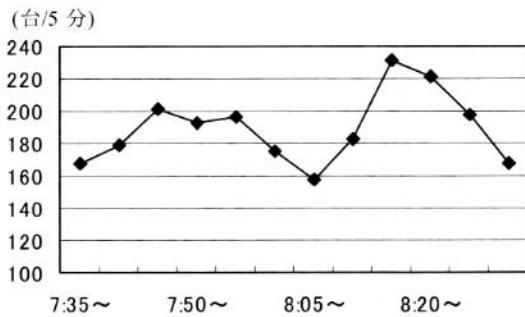


図-4 A-A' 断面における 5 分間交通量の変動

2) 対象地域の時間 OD を得るために、平成 15 年 6 月 12 日（木曜日、晴れ）午前 7:20~8:35 にプレートナンバー調査を行った。断面交通量調査より、分析対象としている 7:30~8:30 の 1 時間帯に、白山交差点-水前寺駅前交差点の断面（図-3 の A-A' 断面）で、交通量は図-4 に示すような時間的変動をしている。そこで、この 10 分間断面交通量によって 1 時間 OD 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 という具合に 20 分単位を 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 60 分に拡大した OD 表を NETSIM への入力 OD 交通量とする。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、渋滞が再現しにくい。そこで、それぞれ 5 つのモデルの後半 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、OD 交通量の時間的変動を考慮することが可能なモデルを作成した。

3) パラメータは交通現況を精度よく再現するよう調整するが、その際の評価指標を最大車列長台数（台）とする。NETSIM では信号 1 サイクル毎に最大車列台数を出力することが可能であるが、1 サイクル毎、車線毎の現況再現を行うのは容易でない。そこで、4 信号サイクルの（約 10 分間）移動平均法によって時間的に平滑化する。また、交差点における車線毎ではなく、右折、左折、直進など方向別に最大車列台数を集計化した。

NETSIM で設定すべきパラメータのうち、車両の走行挙動に影響があるパラメータは全部で 19 個あり、そのうち自由走行速度と発進車頭時間、

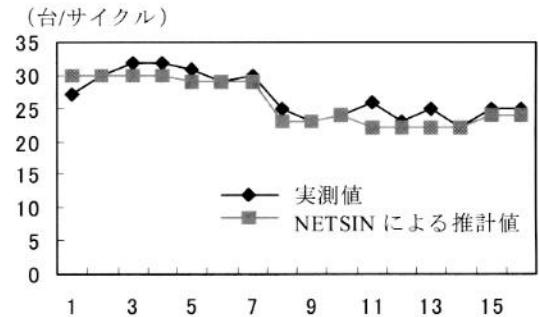


図-5 最大車列長の現況再現結果

大型車混入率のパラメータの影響が大きいことが従来の研究から分かっている。このうち、大型車混入率と自由走行速度については A-A' 断面における交通流のビデオ録画から得られる実測値を用いた。自由走行速度は、郊外から都心方面への上り方向 60km/h、下り方向 50km/h であった。発進車頭時間だけは、競輪場通り交差点-水前寺駅入口交差点と水前寺駅入口交差点-白山交差点、白山交差点-水前寺駅入口交差点において、上記の方法で時間的に平滑化、方向別に集計化された最大車列台数が実測値に適合するように試行錯誤的に調整した。

ミクロシミュレーションモデルは NETSIM である必要はなく、対象道路区間の交通流動を精度良く再現し、総トリップ数の変動に伴う時間交通量と区間所要時間データを生成できるものであれば良い。したがって、現況再現性の評価指標としては、区間所要時間に影響を与える信号交差点での平均停止時間や最大車列長などの集計値で十分であり、これらによって NETSIM モデルで設定すべき各種パラメータの妥当性を評価した。

郊外方面-白山交差点直進車線について、上記の方法で行った最大車列台数の現況再現性の検証結果を図-5 に示す。NETSIM による最大車列台数の推計値の変動パターンは実測値のそれとほぼ一致し、その相関係数も 0.89 と高い。都心方面-水前寺駅入口交差点直進方向など、他の交差点についても高い現況再現性が得られたことから、本シミュレーションモデルはミクロ交通流分析に有用であるといえる。

3. 時間帯別交通量配分による広域交通需要予測

3.1 ミクロシミュレーションモデルを用いた時間リンクコスト関数の推定

広域ネットワークフローを得る交通量配分時のリンクコスト関数の推定には、道路交通センサスや独自の実走行試験車両による所要時間の計測値と時間帯別交通量の観測値が用いられる。しかし、これらの調査には多大な費用と時間を必要とすることや、非渋滞時から渋滞時まで適切に分布したデータ入手することが容易でないこと、交通容量の推定に資するデータが得られないことなどの問題があった。

本研究で構築したNETSIMによるミクロ交通流分析モデルは、当該ネットワーク、特に県道熊本高森線白山交差点-競輪場通り交差点間の7:30～8:30の1時間の交通状況を精度よく再現している。現況再現性が高いミクロ交通シミュレーションモデルであれば、その実行結果は現実の交通現象を十分にトレースし、VRモデルとして利用しても良いと考えられる。そこで、断面交通量と区間所要時間データを実測から得る代わりに、このモデルを実行することによって両者を作成し、時間帯別交通量配分に必要なリンクコスト関数を推定することを試みる。

実際には、ミクロ交通シミュレーションモデルに入力するODパターンは前章で使用したものと同じとし、総トリップ数を現況の6,647トリップの0.1倍から2.0倍まで0.1刻みで増減させてNETSIMモデルを実行し、図-3のA-A'断面における断面交通量と白山交差点-競輪場通り交差点の区間平均所要時間を出力させ、これらのデータを用いて時間リンクコスト関数を推定する。

この操作によって得られたデータを図-6に示す。幾つかの例外もあるが、総トリップ数の増加に伴う断面交通量の増加に対応して、区間平均所要時間はほぼ単調に増加していく。しかし、断面交通量が最大値（約2,600台/時であり、これがNETSIMによる区間の時間可能交通容量である。おそらくは、対象区間最下流の信号交差点の交通

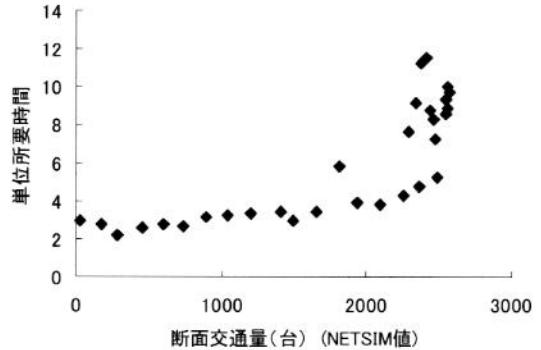


図-6 NETSIMによる断面交通量と平均所要時間

容量に規定されていると考えられる。)を示すときの総トリップ数より大きい値を入力していくと、平均所要時間は増加していくものの、断面交通量はその変動幅は狭いものの逆に減少していく。本NETSIMモデルは交通量と区間所要時間のマクロな関係の概観をうまく記述することができる。

このデータを用いてBPR型の時間リンクコスト関数を推定した。本来なら、NETSIMが再現する個々の車両の所要時間データを用いて最尤推定法⁶⁾を適用するのが良い。なぜなら、所要時間の平均値だけでなく、分散の関数形も推定できることや、ランダムに抽出した車両の所要時間をデータとして推定することができ、観測によって所要時間データを収集している現実の環境を設定できるという利点があるからである。しかし、NETSIMは個々の車両の挙動をシミュレートするものの、車両はOD間で固有のIDを持ってない。そのため、車両ごとの区間所要時間データは得られず、通過した車両全体の所要時間の平均値しか出力されない。そこで、最尤推定法ではなく、最小自乗法によって推定した。また、交通量と平均所要時間データと同様に、時間可能交通容量にはNETSIMの実行結果から得られる最大交通量2,562台/時を用いるのが良い。ちなみに、区間の可能交通容量を交通容量計算法から算出すると、3,017台/時 (=min [3,294 単路部, 3,017 信号交差点部])となり、前者よりもやや過大となった。また、後述するように、広域ネットワークフローを予測する時間帯別交通量配分を行うためには、

表-1 BPR型リンクコスト関数の推定結果

	米国 BPR 関数	修正 BPR 関数	溝上式	推定モデル (t 値)		
				日可能交通容量 からの換算値 (C=1,952)	時間可能交通容量 の算出式 (C=3,017)	NETSIM による 時間可能交通容量 (C=2,562)
α	0.48	2.62	0.96	1.39 (14.5)	1.97 (20.2)	1.57 (14.8)
β	2.82	5.0	1.2	1.87 (9.6)	1.57 (9.4)	1.55 (9.5)

注) 溝上式とは文献6)で推定されたBPR型リンクコスト関数である。

都市圏ネットワークの全リンクで時間可能交通容量を必要とする。NETSIMの実行による最大交通量を時間可能交通容量としてBPR型リンクコスト関数を推定し、それを都市圏ネットワークの各リンクに設定するには、全ての道路区間でNETSIMモデルを作成した上で、上記の操作を実行しなければならないが、これは現実的でない。それより、時間単位から日単位の可能交通容量への換算方法⁶⁾を逆に用いて、日交通量配分のために都市圏道路ネットワークに設定されている日可能交通容量から時間可能交通容量を逆算するのが実用的であろう。ここでは、熊本都市圏PT調査道路ネットワークのこの区間に設定されている日可能交通容量33,200台/日を日換算係数の平均値17.0で割り戻した1,952台/時を時間可能交通容量として用いた。

推定結果を従来のものと対比して表-1に示す。他のモデルと可能交通容量の定義が異なるため直

接的に比較を行うことはできないが、本手法から得られた推定値 $\alpha=1.39$ と $\beta=1.87$ は、修正BPR関数と溝上による推定値との中間にある。これまでのリンクコスト関数の適合性に関する実証研究では、修正BPR関数では交通量に対する所要時間の感度が過大となり、溝上の推定値では過小となるという報告がなされていることから、今回の推定値は時間帯別配分交通量の現況再現性をより高めることが期待される。

3.2 時間帯別リンク交通量の適合性

推定したモデルの適合性比較を行うために、標準パラメータや溝上によるBPR関数と、本研究で推定したBPR関数を用いて時間帯別配分を行い、リンク交通量の適合性の比較を行った。配分対象ネットワークは、リンク総数5,594、ノード数2,308、セントロイド数177で構成される熊本都市圏PTネットワークである。時間OD交通量はPT調査トリップデータをNETSIMの実行時間幅に

表-2 適合性分析の結果

対象地域	修正BPR 関数	$\alpha=2.62$		$\beta=5.0$		溝上式 $\alpha=0.96$ $\beta=1.20$				推定式 $\alpha=1.39$ $\beta=1.87$			
		ビーグ時	オフ	12時間	ビーグ時	オフ	12時間	ビーグ時	オフ	12時間	ビーグ時	オフ	12時間
		ビーグ時	合計	ビーグ時	合計	ビーグ時	合計	ビーグ時	合計	ビーグ時	合計	ビーグ時	合計
相関係数	0.86	0.42	0.30	0.53	0.89	0.54	0.54	0.57	0.94	0.64	0.55	0.63	
a ($y=ax+b$)	0.85	0.11	0.27	0.50	0.54	0.69	0.75	0.53	0.98	0.73	0.60	0.57	
t 値	1.72**	7.08*	10.1*	4.72*	1.65**	8.22*	10.1*	4.89*	1.73**	5.77*	10.3*	4.07*	
b ($y=ax+b$)	61.0	450.5	349.4	3576.4	18.5	212.0	-94.4	2321.5	24.7	189.2	-5.0	1990.3	
t 値	7.64*	5.38*	5.51*	5.81*	8.49*	5.37*	5.43*	5.82*	14.3*	6.88*	5.37*	6.96*	
F 値	38.7*	12.3*	14.2*	21.2*	53.2*	28.9*	29.5*	33.7*	234.8*	49.6*	31.0*	41.6*	
RMSE	426.9	563.5	670.7	3484.0	643.0	551.5	599.9	2993.8	210.0	425.1	579.0	2881.0	
AE%	6.2	4.4	49.6	4.1	57.7	3.8	34.8	14.3	20.7	9.8	51.0	14.6	
DVD%	0.1	11.7	0.4	0.5	22.9	9.1	6.6	0.6	0.2	0.6	0.4	0.3	
CV%	93.8	83.9	50.0	95.4	19.4	87.2	58.6	85.1	79.1	89.6	48.6	85.1	

注) t 値の*印は、帰無仮説 $H_0: a=1.0, H_0: b=0.0$ を、95%有意水準で、**は90%有意水準で棄却することを示す。

F 値の*印は単回帰式の分散分析結果であり、99.9%有意水準で帰無仮説を棄却することを示す。

整合するよう、7:30～8:30, 8:30～9:30という具合に起点の発時刻によって1時間単位に集計した。配分方法は時間帯別交通量配分法(OD修正法)⁷⁾である。時間帯別リンク交通量の推定値に対して、対象地域の流出・入地点で実施したプレートナンバー調査から得られる7:30～8:30の時間交通量の実測値、および都市圏全域の熊本県警の常時観測データから得られるピーク時(7時台)、オフピーク時(12時台)、7:00～19:00の12時間合計の交通量の実測値との適合性の比較を行った。結果を表-2に示す。表中の各種適合度指標はよく使われているので、ここではこれらの説明を省略する。

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時間合計で本推定式を用いた場合の推定値と実績値との相関係数は高い。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も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関数の現況再現性は高いといえる。また、RMSEの値も他のものより小さい上に、RMSEのうち、配分によってランダムに生じる誤差 CV^2 の比率に比較して、BPR関数のパラメータ設定誤差に起因するバイアス成分である AE^2 と DSD^2 の和の比率は、オフピーク時を除いて21%以下に収まっている。以上より、本BPR関数を用いて推定された時間帯別リンク交通量は、従来のBPR関数を用いた場合と比較して、現況再現性と誤差特性の両面で優れており、時間帯別交通量配分に用いるリンクコスト関数として本BPR関数の適用可能性は高いといえる。ただし、本BPR関数は単一の区間でのミクロシミュレーションからの出力データを用いて推定され、熊本都市圏ネットワークの全ての道路区間に適用したものである。したがって、信頼性を高めるためにはさらに多くの道路区間での適用を必要とすることは言うまでもない。

4. 時間帯別交通量配分法とミクロ交通シミュレーションの結合

4.1 両モデルの整合的結合の概念

前章で示したように、高い現況再現性を持つようにチューニングされたNETSIMを用いて推定されたリンクコスト関数は、時間帯別交通量配分モデルへの入力条件として有用である。これにより、ミクロ交通シミュレーションからの情報をマクロな広域交通ネットワークフローモデルに活用することができた。

一方、NETSIMのように、動的経路選択行動モデルを内蔵していないミクロ交通シミュレーションモデルでは、あらかじめOD交通量(本来は交差点分岐率であるが、OD交通量を与えることによってモデル内部で自動的に交差点分岐率が算出される)を設定しておかないと実行することができない。本研究で対象としている事業では、ミクロ交通シミュレーションを適用するために切り出された新水前寺駅周辺地区ネットワークの外にある国分踏切で往復通行が可能となるような道路整備が実施される。これによって対象ネットワークへの入出OD交通量も現況とは異なってくるし、将来は広域OD交通量そのものも変化するから、対象ネットワークへの入出OD交通量も現在とは異なってくる。これに対応するには、何らかの方法で広域ネットワークフローを別途、予測しておき、その結果をミクロ交通シミュレーションへの入出力OD交通量とするのが現実的である。その方法として、時間帯別リンク交通量の推定が可能な時間帯別交通量配分法を用いるのが最適と考えられる。このとき、上記のBPR関数をリンクコスト関数とすることで、両者を整合的に結合させることができる。

図-7に、時間帯別交通量配分とミクロ交通シミュレーションと結合させて将来の詳細な交通流動解析を行う際の手順を示し、以下に解説する。

- 1) ミクロシミュレーションの適用対象地域で実施される交通施設・交通運用、および交通流に関する調査データを用いて、現況再現性の高いミクロシミュレーションモデルを作成する(2.2で説明)

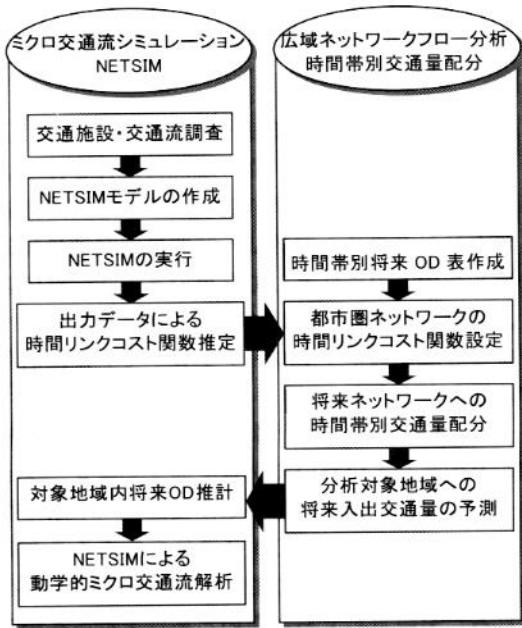


図-7 整合的に結合された両モデルのミクロ交通流動解析への適用手順

済み)。

- 2) 総トリップ数を変化させながらこのモデルを実行することによっ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設定条件である時間リンクコスト関数を推定する(3.1で説明済み)。
- 3) 推定された時間リンクコスト関数を都市圏将来ネットワークに設定し、時間帯別将来OD交通量の時間帯別配分を実行する(3.2で説明済み)。
- 4) 時間帯別交通量配分から得られたミクロシミュレーション分析の適用対象地域への将来出入交通量の予測値を用いて、対象地域内の将来OD、または交差点での右左折直進率を推計する(次の4.2で詳細を記す)。
- 5) これらを用いてミクロシミュレーション分析を実施し、対象地域内の車線構成や信号制御方策などの詳細な検討を行う(5章で適用事例を示す)。

4.2 ミクロシミュレーションへの入力OD交通量の作成

3章で推定した時間リンクコスト関数を用いて

新規熊本都市圏ネットワークへ時間帯別交通量配分を行った。現況と本事業完成後の推計リンク交通量を図-8に示す。現在、水前寺駅方向から水前寺入口駅前交差点を経由して白山交差点を左折している交通が、国府踏切の整備後はそこを横断した後、左折して白山交差点を直進する経路に変更しており、そのリンク交通量が増加する。そのため、熊本高森線水前寺入口交差点-白山交差点間の交通量はかなり減少すると予測される。このように、ミクロ交通シミュレーションの適用対象ネットワークへの流入出交通量は事業前後で大きく変化する。

予測された7:30~8:30の1時間の対象ネットワークへの流入出交通量を用いてミクロ交通シミュレーションモデルへの入力OD交通量を推計する。流入出交通量が既知の場合のOD交通量推計法としては、発生・集中交通量両側制約付エンタロピーモデルが代表的である。しかし、ここでは全てのOD間のトリップが熊本高森線を利用し、他の経路を利用する事はないから、たとえOD交通量が変化したとしてもOD間所要時間は独立には変化せず、先駆確率も独立に変化することはない。このような場合は、両側制約付エンタロピーモデルの解は、プレートナンバー調査から得られた対象地域の現況ODパターンを予見とし、得られた流出・流入交通量の予測値に一致するよう、フレーター法を用いて成長させたOD交通量とほぼ同じ解となる。そこで、フレーター法による解をミクロ交通シミュレーションモデルへの入力OD交通量とした。

5. 結節点整備事業計画案の評価への適用

5.1 結節点整備事業計画案の概要

ここでは、JR水前寺駅前交通結節点整備事業に合わせて、対象地域のレーン構成や信号制御、横断歩道の新設などの交通運用計画を策定し、4.2で得られたOD交通量をNETSIMモデルへの入力データとして交通流解析を行った結果を示す。

本結節点整備事業の計画案の詳細は下記のとおりであり、図-9にその概略図を示す。

- 1) 市電の水前寺駅通り電停をJR豊肥本線側に移

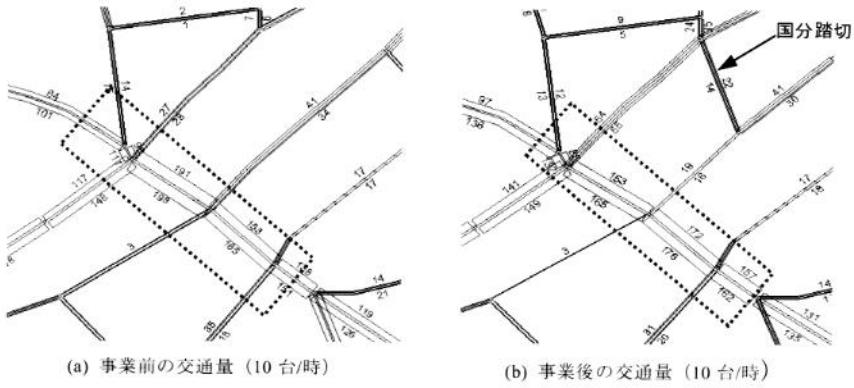


図-8 事業前後のリンク交通量の変動 (---はミクロシミュレーション対象地域を示す)

動させ、駅ホームと電停とをデッキで直接連結することにより、乗り継ぎ利便性を向上させる。

- 2) それに伴い周辺の道路を拡幅・整備する。
- 3) JR 豊肥本線ガードの掛け替えにより、橋脚が除去され、熊本高森線水前寺入口交差点-白山交差点間が片道 4 車線利用可能となる。
- 4) 白山交差点と水前寺入口交差点の右左折車線の変更、信号制御の適正化を行う。
- 5) 周辺住民の電停への平面アクセスを補償するために、これまででは水前寺入口交差点東側にしか無かった横断歩道を西側にも設置する。

5.2 整備後の交通流动の動的ミクロ分析

結節点整備後の NETSIM モデルを作成し、シミュレーションを行った。このときも、現況再現時と同様の方法で入力 OD 交通量の時間的変動を考慮している。整備効果の評価指標として、1 台当たり平均信号停止遅れ(秒)と最大車列台数(台)を用いる。信号交差点の運用の質的水準を示す車両 1 台当たりの平均信号停止遅れは Highway Ca-

pacity Manual により、サービス水準 A (最良)から F (最悪) で定性的に評価されるが、定量的な評価を行うために、結節点事業によって短縮された停止遅れ時間の現況停止遅れ時間に対する改善率を用いた。以下では、紙面の都合上、白山交差点の改善効果を図-10 に示す。

郊外方面から白山交差点間は、2) と 3) の整備により 6 車線の使用が可能になることから、平均停止時間のサービス水準と改善率、最大車列台数とも改善する。国府踏切から白山交差点への流入交通量が増加するために、両評価指標とも低下すると思われたが、信号現示や信号制御の適正化、右左折車線の効率的運用など、白山交差点の処理効率が改善されたために、最大車列台数はやや増加するものの、サービス水準に変化はなく、平均停止時間の改善率は上昇するという結果となった。一方で、白山通りから白山交差点へのサービス水準は全ての時間帯において悪化することとなった。これは、当該方向は直進左折が 1 車線、右折車線が 2 車線となり、適切な車線配分になっていないためと考えられる。また、広域ネットワークフローの予測段階でこの地点への流入交通量がやや過大に予測されているのかもしれない。

このように、本モデルは、ミクロシミュレーションモデルへの入力 OD 交通量の変化によってその整備効果がかなり異なってくると予想される信号制御やレーン構成などの交通システム運用計画を策定・評価できる。

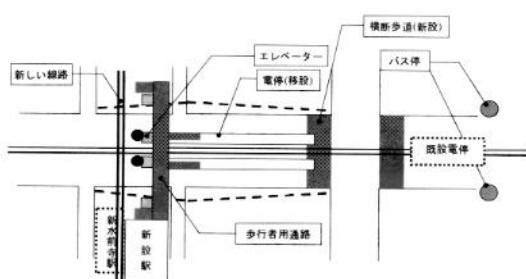


図-9 整備計画案の概要

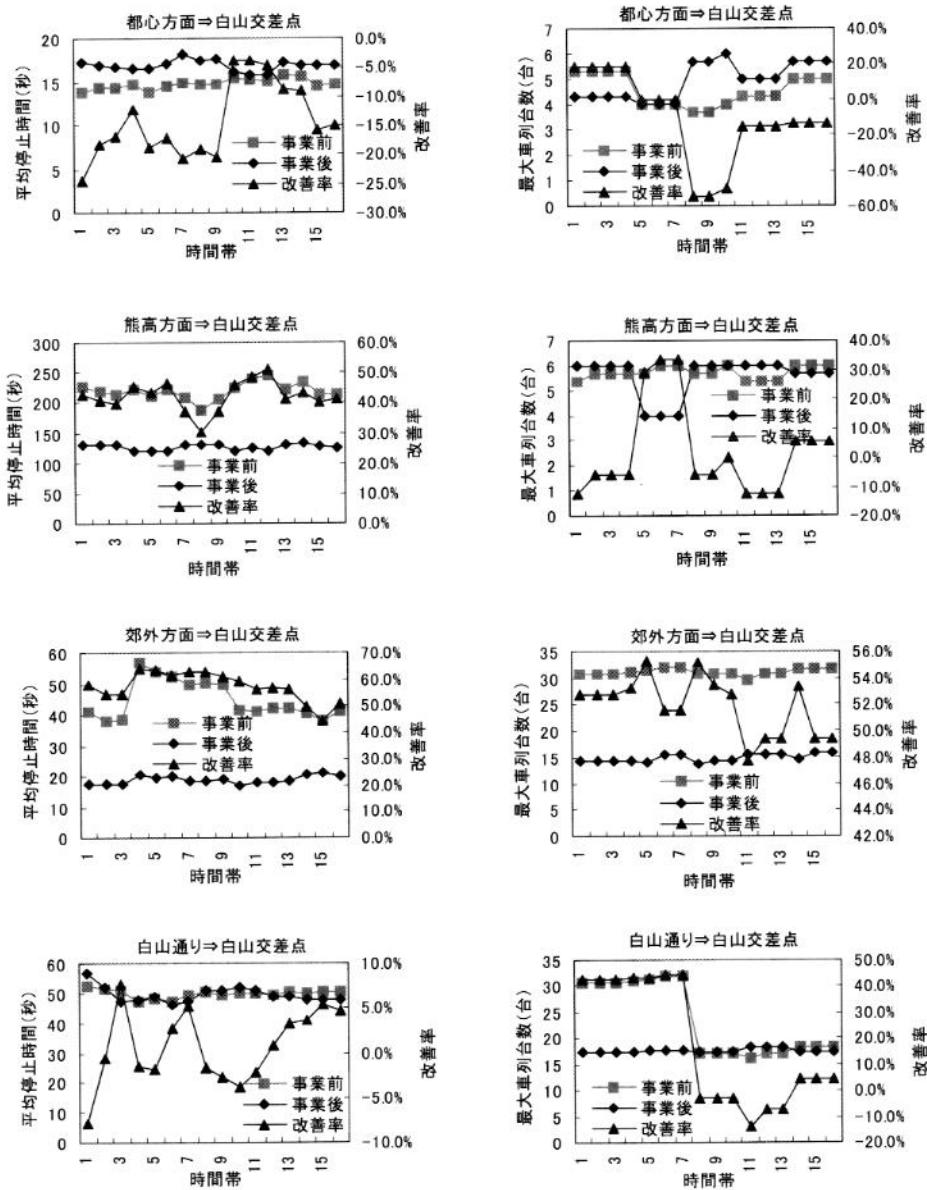


図-10 事業後の白山交差点の改善効果

6. おわりに

本研究で提案した動学的ミクロ交通流動の分析法とその適用結果を下記にまとめる。

- 1) 局所的な交通流の分析に有効なミクロ交通シミュレーションと広域的なネットワークフローの予測モデルである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することができる動学的ミクロ交通流動の分析法を提案した。

- 2) 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、ミクロ交通シミュレーションモデルへの入力となる流入出交通量にも変動が生じる。このよう

な場合、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から得られる流出・流入交通量の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シミュレーションモデルの入力としてフィードバックする方法を示した。

3) このとき、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から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リンクコスト関数を推定してネットワークに設定する。これによって、ミクロ交通シミュレーションモデルの結果を広域的なネットワークフローモデルにフィードバックする。

4) 3) によって推定されたリンクコスト関数を用いたネットワークフローの現況再現性は、従来のものを用いた場合よりも、適合性だけでなく誤差の性質の視点からも良好であることが実証された。

いずれ、広域ネットワークを対象にミクロな交通流動分析が可能であると主張するシミュレータが出現するであろう。そのような発展方向を著者らは否定するわけではないが、依然としてその中身はブラックボックスであったり、パラメータの数がさらに多くなったりするようと思われる。それよりは、ミクロシミュレーションモデルではその適用可能性が実証されている局所的なネットワークにおける詳細な交通流動の分析を行い、ミクロシミュレーションモデルへの入力には規範的なネットワークフローを予測する数理モデルからの出力結果を用いるのが現実的であり、実用的で

あると考える。このとき、数理モデルからの出力をミクロシミュレーションモデルへ一方的に入力するのではなく、観測値の代わりに、現況を良く再現するミクロシミュレーションモデルからの出力値を用いて、数理モデルが必要とする各種入力情報を得るようなフィードバックを導入することによって、両者はより整合的に結合される。

リンクコスト関数の推定は単一区間でのミクロシミュレーションの出力データでしかなされていないとか、ODパターンが変わる場合のミクロシミュレーションへの入力OD交通量をどのように求めるかなど、解決すべき課題は幾つか残っているものの、現時点でのミクロシミュレーションモデルの利用可能性や信頼性の視点からいって、本手法の概念は実用性が高いと考えられる。

参考文献

- 1) 交通工学研究会; 交通シミュレーションクリアリングハウス, <http://www.jste.or.jp/sim/>
- 2) 交通工学研究会; “交通流シミュレーションの適用と課題”, 交通工学, Vol. 39, No. 2, pp. 5~48, 2004
- 3) 堀口良太; “交通運用策評価のための街路網交通シミュレーションモデルの開発”, 東京大学学位論文, 1996
- 4) 高橋勝美, 森尾 淳, 福本大輔; “交通マイクロシミュレーションの実務への適用上の課題”, IBS Annual Report—研究活動報告2003, pp. 15~211, 2004
- 5) NETSIM 日本版ユーザーリファレンスガイド, フェニックスリサーチ, 1999
- 6) 溝上章志, 松井 寛, 可知 隆; “日交通量配分に用いるリンクコスト関数の開発”, 土木学会論文集, No. 401/IV-10, pp. 99~107, 1989
- 7) 藤田素弘, 松井 寛, 溝上章志; “時間帯別交通省配分モデルの開発と実用化に関する研究”, 土木学会論文集, No. 389/IV-8, pp. 111~119, 1988

（2004年4月30日受付
2004年12月17日再受付
2005年2月25日再々受付）