

広域細密交通ネットワークシミュレーションの実用化限界の検討

Verification and Validation of Large-scale Microscopic Traffic Simulation for Practical Application

屋井研究室 03M30036 伊藤 徳子 (Noriko Ito)

Keywords : ミクロ交通シミュレーション、交通ネットワーク、現況再現性検証

Keywords : microscopic traffic simulation, transportation networks, validation

(1) 背景と目的

近年、自動車交通の発達に伴う慢性的な交通渋滞や大気環境悪化が生じ状況改善のため適切な施策導入が期待されている。

実際の道路交通状況は、時間帯ごとに時々刻々と変化し、渋滞箇所や渋滞長なども異なる。そこで動的な交通シミュレーションを用いることで、実際の交通流を表現できると同時に、交通シミュレーション結果は、交通量をはじめ、速度・加速度、交通密度、最大渋滞長などの走行特性を算出することが可能である。これらの特性を活用し、新設道路整備効果の分析やピークロードプライシングなどの交通施策導入の検討、更には現在注目されている ITS (Intelligent Transport System) の効果予測や評価ツールとしての役割が期待される。

このような背景を踏まえ、当研究室では約4年間、交通シミュレーション Paramics を用いて南東京・川崎・横浜エリアを対象とした道路ネットワークの現況再現を目的としたシミュレーションシステムの構築を行っている。システムの全体像は概ね確立されつつあるが、構築したシステムのリアリティに関する検証は十分になされていない。そこで、本研究では、システム内の道路ネットワークデータや交通需要データの更新を図ると共に、実際の交通状況とシミュレーション結果とを比較することにより、実用化に向けた場合のシステムの限界を明らかにすることを目的とする。

(2) 既往研究と本研究の位置づけ

交通シミュレーションの再現性検証を目的とした堀口ら¹⁾では、一般的な動的な交通シミュレーションの再現性を確認する指標として、交通量や旅行時間を挙げている。

また、首都高速道路の交通流を表現するため SOUND (交通シミュレータ) を用いた研究²⁾では、ネットワークの再現検証項目として時間帯別断面交通量、旅行速度が示されている。

このような検証は、ネットワーク全体の再現性を確認する上では非常に重要な検証項目である。本研究では、上記に示したようなマクロ的な指標に基づく現況再現性検証を行う一方、一台一台の車両挙動に関する検証も行い、シミュレーションの再現性検証を多面的に行う。

(3) 研究方針

本研究では、現況再現性の検証と、経路選択モデルの検討を行う。まず、再現性検証では代表的な交差点の交通状況を観測し、その結果とシミュレーション値の比較を行う。車両挙動の検証は、交差点付近の旅行速度、方向別交通量、右折通過時間、飽和交通量、車頭間隔に基づいて行う。また経路選択モデルの検討では、一般化費用のパラメータを漸次的に変化させて、交通量の現況再現性がどう変化するかを確認する。

(4) 東京・川崎・横浜地区を対象とした広域ネットワークの構築

4.1 分析対象地域の概要

本研究では、南東京・神奈川県の大規模ネットワークを対象とする。対象エリアは縦24km×横28km(図1)の大規模ネットワークであり、昨年度までに総道路長5000km、ノード数12427、リンク数20638、内部ゾーン71、外部ゾーン51、信号が約2000箇所入力され、乗用車・小型貨物車・大型貨物車の3車種ODが設定されている。シミュレーションは図2に示されるようにOD(出発ゾーン・到着ゾーン間交通量)

や車種特性,道路構造を入力することで,断面交通量や旅行速度をはじめとする数多くの情報が出力される。

4.2 バス OD の設定

本研究では新たにバス OD を作成し,従来までは路線バス(固定ルート)のみが表現されていたが,観光・商用バスの交通も反映させる。バス OD 表は,平成 11 年道路交通センサスデータを用いて時間帯別 OD 交通量に変換する。センサスデータから発着ゾーン,発着時間,バス車種の情報を取得し,OD ペア毎の時間帯別交通シェアを算出することによって OD 表を作成している。

外内ゾーンと,外内ゾーンに関する時間帯別交通量の内訳を図 3 に示す。24 時間バス交通量は約 66,760 台にのぼり,内々 OD 交通量は 42700 台,外内内外,外内 OD 交通量は 24000 台となっている。内々,外内内外の交通量は朝方から昼にかけ増加する傾向にある。

4.3 OD 修正方法と結果

4.3.1 OD 修正方法

白濱ら 3)によって提案された増減目標設定 OD 修正モデルを用いて 4 車種別に OD 修正を行う。本モデルは観測データと計算データの残差を用いて OD 修正目標量を算出するものである。観測リンクにおける交通量の計算値が実測値と残差がある場合,残差が減少する方向にそのリンクを通過する OD ペア交通量を修正する。

4.3.2 OD 修正結果

普通車・小型貨物車・大型貨物車・バスの 4 車種について OD 修正を 3 回行った結果を示す。シミュレーション時の一般化費用は,感度分析によってあらかじめ最適値に設定されており,その上で OD 修正を行っている。OD 修正結果を表 1 に示す。

(5) 車両挙動の現況再現比較

5.1 再現検証項目について

車両挙動の検証を行うため,区間旅行速度,方向別交通量,右折通過時間,累積交通量,車頭間隔について比較を行う。実際の交通状況を把握するため代表的な交差点付近の撮影を行う。

5.2 調査概要

ヘリコプターからの空撮により,実際の交通流の観測を行う。その調査概要を表 2 に示す。高速道路,交差点,料金所上で撮影ヘリをホバーリングさせ,車両挙動の実態をビデオに撮影する。

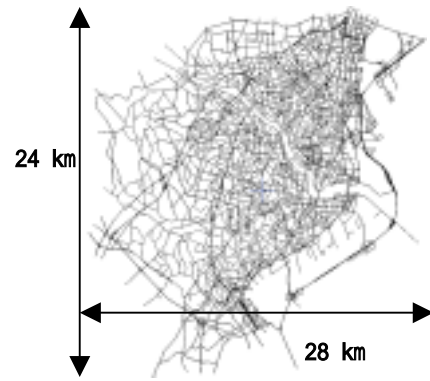


図 1. 道路ネットワーク



図 2 シミュレーションシステムの概要

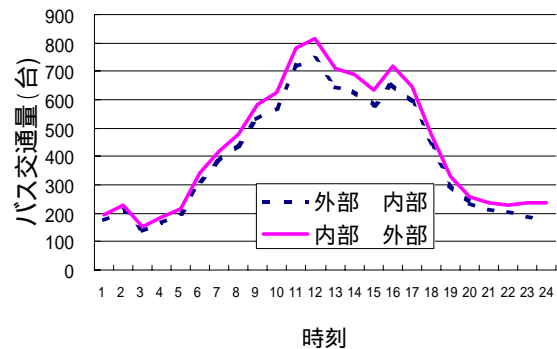


図 3 各ゾーンの時間帯別内訳 (%)

表 1. 4 車種 OD 修正結果

15.00	修正なし	1回修正後	2回修正後	3回修正後
普通	0.26	0.18	0.30	0.17
小型貨物車	0.21	0.25	0.16	0.26
大型貨物車	0.43	0.35	0.46	0.50
バス	0.09	0.11	0.13	0.10
16.00				
普通	0.28	0.21	0.21	0.50
小型貨物車	0.26	0.25	0.10	0.06
大型貨物車	0.50	0.48	0.48	0.51
バス	0.26	0.16	0.11	0.51
17.00				
普通	0.27	0.46	0.45	0.38
小型貨物車	0.30	0.36	0.06	0.43
大型貨物車	0.53	0.59	0.48	0.55
バス	0.33	0.35	0.04	0.20

表 2. 調査概要

調査地区	東京都・神奈川	
調査日時	平成25年10月14日 11:30～12:30 (約2時間)	
路線	都心	
撮影方法	ヘリコプターによる空中撮影 (高画質HD)	
カメラ	カメラ1台 (1000m)	
撮影ポイント	新幹線駅付近の交差点・利通街・JCT・IC	
交差点		
名称	道路	施設
西五反田	環状4号・東北高速	東京駅管理区域
下末吉	環状4号・国道146	東京駅管理区域
子母口	環状1号	三崎町管理区域
西五反田	環状1号・山中通り	東京駅管理区域
利通街		
東京利通街	東北高速	東京駅管理区域
JCT・IC		
横浜西側	東北高速	横浜町管理区域
横浜東側	東北高速	横浜町管理区域
津島JCT	環状4号	横浜町管理区域
大倉JCT	利通街・利通街	横浜町管理区域
西五反田JCT	環状4号・大倉通り	横浜町管理区域

5.3 車両挙動の検証

下末吉・西五反田・子母口の交差点を検証する上で、便宜的に番号を付記する。

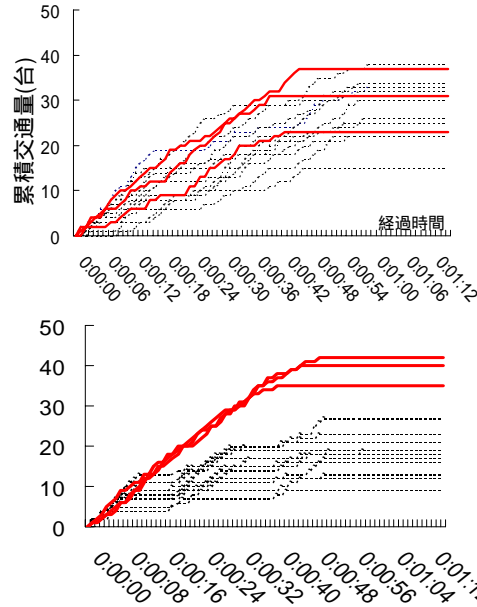
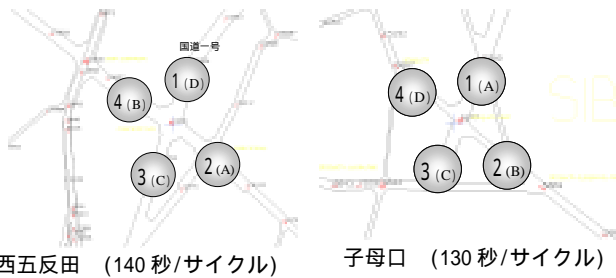


図 5 青現示での累積交通量 (上部: 2 4)(下部: 4 2) 実線は観測結果・点線はシミュレーション結果

5.3.1 方向別交通量

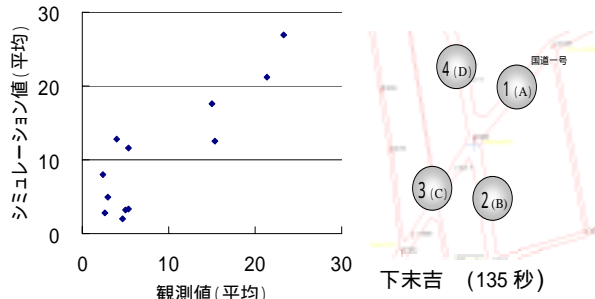


図 4 方向別交通量比較 (下末吉)

表 3. 空撮動画結果とシミュレーション値 (下末吉)

実行方向	空撮動画 (計測結果)				シミュレーション (推定結果)			
	11:30-11:35	11:35-11:40	11:40-11:45	11:45-11:50	11:30-11:35	11:35-11:40	11:40-11:45	11:45-11:50
4 → 1	11	8	4	5	12	8	4	5
4 → 2	14	18	11	15	14	18	11	15
4 → 3	2	2	2	2	2	2	2	2
4 → 4	2	2	2	2	2	2	2	2
1 → 1	3	1	3	3	3	1	3	3
1 → 2	21	26	13	21	21	26	13	21
1 → 3	8	8	8	8	8	8	8	8
1 → 4	3	7	3	3	3	7	3	3
2 → 1	21	21	21	21	21	21	21	21
2 → 2	8	8	8	8	8	8	8	8
2 → 3	1	1	1	1	1	1	1	1
2 → 4	1	1	1	1	1	1	1	1

表 3 は下末吉の観測結果との比較を示し、現況とシミュレーションの比較結果を図 4 に示す。方向別交通量の相関係数は下末吉 0.88、西五反田 0.914、子母口 0.7 という結果から、再現性が比較的高いと考えられる。

5.3.2 累積交通量

累積交通量を検証する目的は、シミュレーション内の 1 サイクルの通過交通量を比較することによって、交通流が飽和している間はいずれのサイクルでも安定していることを確認するとともに、累積曲線が実際の交通状況を表示しているかについて検証する。比較方法は空撮動画からレーンごとに累積交通量を求め(現況)シミュレーション内では交差点流入直前に detector (感知器) を配置することによって時系列に累積交通量を算出する。一例として西五反田交差点内へ直進方向に走行する車両の結果を図 5 に示す。その結果、他の交差点においては、現況にほぼ等しい累積曲線を描く箇所や、観測とシミュレーションの累積曲線に違いがある箇所も確認された。ただし、直進レーンに比べ右折レーンのほうが累積曲線の傾きは小さい特性などを再現していることが明らかになった。

5.3.3 車頭間隔

車両の追従間隔について比較を行うことは車両挙動を検証する上で、重要な要素の一つと考えられる。そこで、空撮動画を用いて、信号交差点を通過した後の車両間隔の比較を行う。その結果、シミュレーションの追従状態の車頭間隔はすべての区間において 1~2 秒間隔が最も多く、実際に走行している車両間隔も 2~3 秒であることが空撮動画より観測されている。下末吉交差点の車頭間隔

の比較結果を図 6 に示す。

A 区間の detector(感知器)では 1~1.5 秒が最も多く、空撮画像では 1.5~2 秒が最も多い。A 区間での車頭間隔はシミュレーション、実測値とも 1~2 秒内が最も多いことから、シミュレーションは実走行状態に近いことが想定される。

5.5.4 旅行速度と右折通過時間

旅行速度と右折通過時間の比較として西五反田交差点の検証結果を示す。旅行速度の検証には、交差点通過後に車両が固定区間を走行する際の旅行速度について空撮結果とシミュレーション値の比較を行った。(表 4)両者とも平均旅行速度は 45~52 (km/h) であることがわかる。また右折通過時間はシミュレーション平均 6.03 秒、観測平均、5.75 秒と非常にリアリティのあるシミュレーションと考えられる。

(6) 経路選択モデルの検討

6.1 車種別リンクの設定

シミュレーション内の各車両が一般化費用基準に基づいて経路選択を行っている。一般化費用の説明変数は時間・旅行距離、料金が含まれ、各説明変数のパラメータを変化させることによって感度分析を行う。時間価値原単位および走行経費原単位 (H15) の算出方法によると時間価値は⁴⁾乗用車 62.86 (円/分) と普通貨物車 87.44 (円/分) では大きく異なることがわかる。そこで、ネットワーク内に仮想リンクを設けて車両通過時に車種別に課金されるというシステムを考える。

6.2 感度分析結果

パラメータの感度分析を行った結果、一般化費用のパラメータが時間 1、距離 0、料金 0.2 のとき、270 箇所の断面交通量の相関性が高いことが確認された。

6.3 現況の経路選択の比較

実際の車両が経路を選択する状況を比較するためにタクシーに GPS を搭載し、走行した経路や所要時間情報とシミュレーション内でゾーン間を移動する車両経路や所要時間について比較を行う。タクシープローブデータは非常に膨大であるため、ネットワーク内域を走行した車両データをいくつか抽出する。一例として横浜駅~新横浜駅間の移動経路を比較したところシミュレーションの

車両と

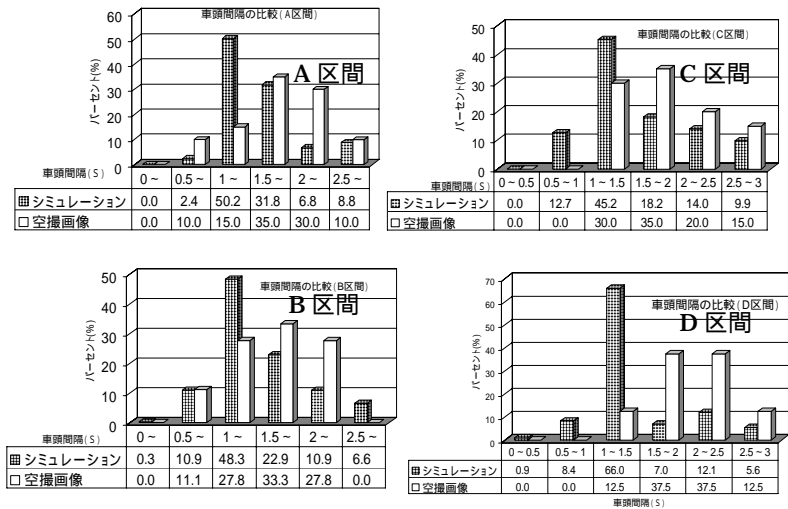


図 6 交差点通過後の車頭間隔比較 (下末吉)

表 4 信号通過後の旅行速度 (西五反田)

区間		サンプル数	区間距離 (m)	平均秒数 (s)	旅行速度 (km/h)	
					平均旅行速度	標準偏差
A	シミュレーション値	98	60	22.85	45.54	34.13
	実測値	21	90.01	7.34	44.14	5.84
B	シミュレーション値	16	90	11.06	44.26	16.29
	実測値	19	89.04	7.32	43.80	6.78
C	シミュレーション値	47	90	7.45	52.24	9.65
	実測値	20	100.56	7.85	46.14	4.07

タクシープローブの経路が一致していることから、シミュレーション内の経路選択も実際のドライバーに近い経路を選択するものと考えられる。

(7) まとめ

本研究では以上のように交通シミュレーションによる表現可能な範囲・項目を明らかにした。その結果、車両のミクロな挙動まで概ね再現していることが示唆された。また経路選択もシミュレーションと現況に近いことを確認できた。

『参考文献』

- 堀口良太: 動的交通シミュレーションの再現性に関する適正性の考察第 25 回土木計画学研究・講演集土木学会
- 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
- 白濱義文, 屋井鉄雄, 福田大輔, 神田学: マイクロシミュレーションを活用した交通と大気環境の広域評価システム (土木学会論文集) No772 /IV-65, 115-130, 2004, 10
- 時間価値原単位および走行経費原単位 (H15) の算出方法 平成 15 年国土交通省道路局