

宇部市の道路ネットワークを対象とした 交通渋滞シミュレーションの実行（第2報）

福田 桂大 ((株)富士通四国システムズ)

久井 守 (知能情報工学科)

Simulation of Traffic Flow and Congestion on the Signalized Network in Ube City

Keita FUKUDA (Fujitsu Shikoku Systems Limited)

Mamoru HISAI (Department of Information Science and Engineering)

This paper is a further report to our preceding one that performs traffic simulations of traffic flow and congestion on the signalized network in Ube city and tries to improve the reproduction ability of current traffic situation by adjusting simulation conditions in heuristic manner. Time span of simulation is 24 hours including peak hours in the morning and in the evening when traffic congestion may occur. A microscopic simulation that has been developed based on discrete model is used. One of the feature of the simulation is that vehicles are assumed to take either of two mode of stopping and running to increase calculation efficiency. Another feature is that route selection is modeled.

Key Words : *microscopic simulation, two-mode model, OD table, route selection, large-scale network*

1. はじめに

本研究は、宇部市の中心市街地を含む道路ネットワークを対象として交通渋滞シミュレーションを行い、交通現況の再現を試みた前報¹⁾に続く第2報である。

本研究は、前報の宇部市交通渋滞シミュレーション¹⁾と同じく、2モード走行シミュレーションを用いるが、再現性を改善するためにネットワーク条件とOD条件という2つのデータを調整したことが前報と異なる点である。

シミュレーション対象時間は、原則として交通渋滞が発生するような朝夕のピーク時を含む1日24時間とする点は前報と同じである。

2. シミュレーションの概要

2モード走行シミュレーションの詳細は前報でも述べたが、その特徴の第1点は、定速走行か停止のいずれかで車の走行状態を表現する2モード走行モデルであるという点である。第2点は、

リンク走行途中の車線変更は考慮しないかわりに、新しいリンクへの移動時に車線選択機能をもたせるという点である。この2点の特徴は、演算効率を高めることが目的である。これによってできるだけ規模の大きいネットワークの交通現象を短い演算時間で効率的に再現できるようにしている。

ただし渋滞を扱うために物理待ち行列は再現する。したがって先詰まりも扱うことができる。また交差点の交通現象を再現する上で重要な要素となる飽和交通流率と発進波伝播速度はあらかじめ指定しこれを再現できるようにしている。交差点の停止線付近における車の挙動を再現する基本的な考え方をFig. 1に示す。この図は飽和交通流率、発進波伝播速度、自由速度、最小車頭距離の間の相互関係を示したものである。また2モード走行シミュレーション実行例による走行軌跡の例をFig. 2に示す。図の横軸は距離、縦軸は時間である。2信号からなる路線を対象としている。縦方向の赤線は赤信号を示している。

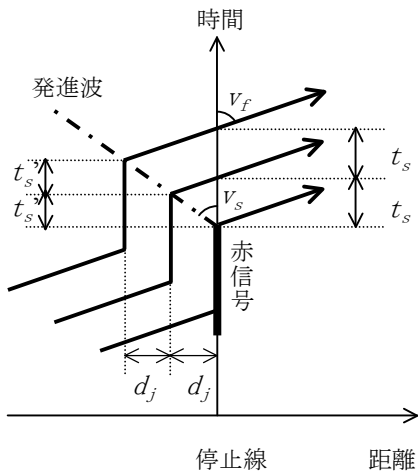


Fig. 1 2モード走行モデル

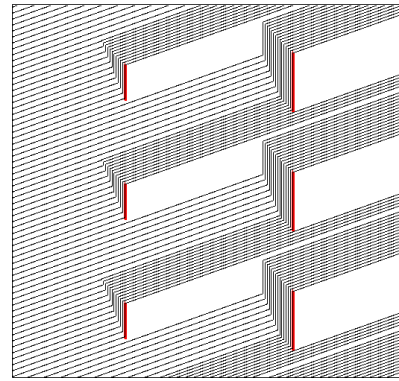


Fig. 2 走行軌跡の例

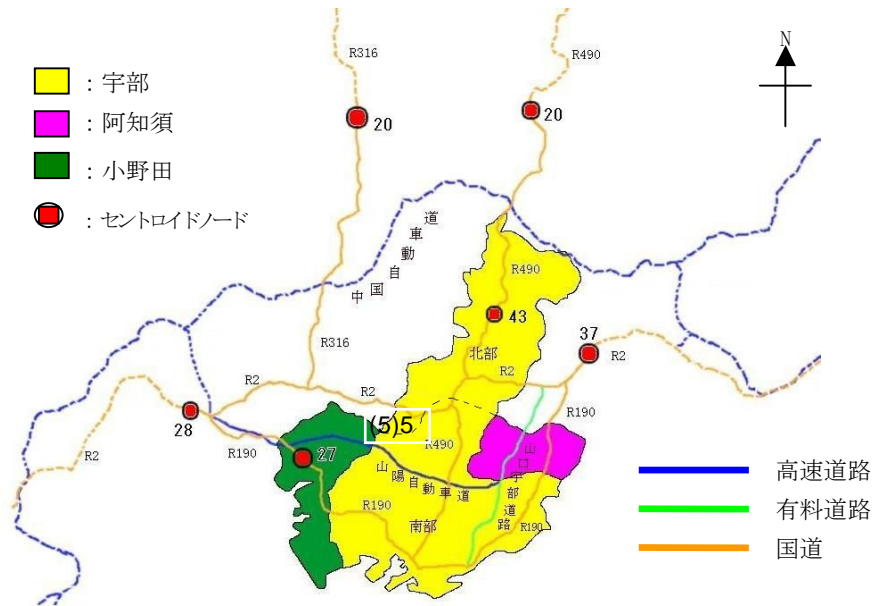


Fig. 3 シミュレーション対象エリア(宇部市南部)と圏域外主要幹線と圏域外セントロイド

2モード走行シミュレーションを実行するためには

- ① ネットワークに関するデータ
- ② OD表に関するデータ

という2つのデータが必要である。

ネットワークはノードとリンクから構成する。ノードは面積をもたない点とし、原則として信号交差点とする。リンクはノード間を結ぶ道路区間であり、往復を区別して別々の有向リンクとして扱う。リンクは複数の車線から構成することができ、また右折車線をもたせることができる。信号はリンク下流端にあるものとして扱う。

交通需要はOD表で与える。OD交通は与えられたネットワーク上を起点から終点まで走行する。各車両には経路選択機能をもたせる。選択経路は距離最短と時間最短のいずれかとし、その構成割合は入力データで指定する。時間最短経路を

選択する車両は、情報更新間隔ごとに提供される情報に従って途中で経路を変更するものと変更しないものからなり、その両者の割合も入力データで指定する。リンクごとの旅行時間とネットワーク全体の総旅行時間はシミュレーションの経過に従って集計する。

道路の新設、拡幅、右折車線設置などの道路施策は、リンクデータで設定し、その上でシミュレーションを行えば道路施策の効果を評価することができる。また信号のサイクル長、青時間、右折現示およびオフセットなどの信号制御パラメータも入力データで指定することができる。したがって信号制御や右折禁止などの交通運用方策の効果も評価することができる。評価指標としては旅行時間または遅れ時間を用いる。

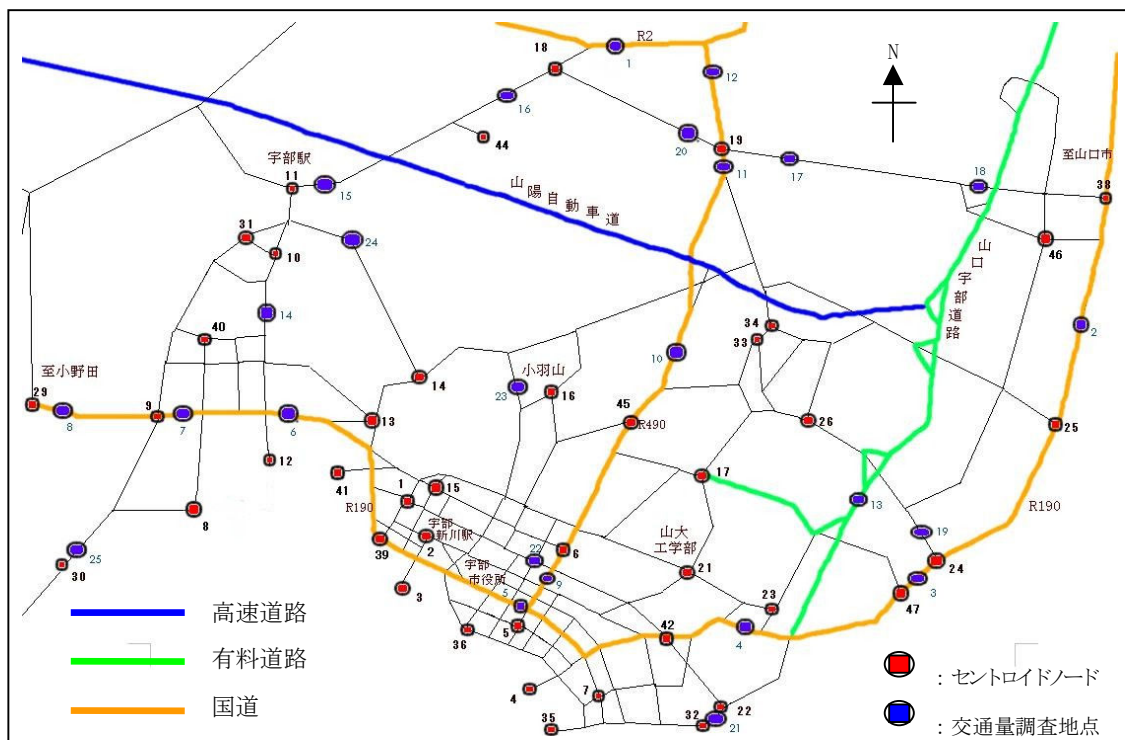


Fig. 4 シミュレーション対象エリアのネットワーク図

3. 宇部市の交通現況再現の試み

(1) シミュレーション対象エリア

シミュレーションの対象エリアは前報と同じく、Fig. 3に示す宇部市中心部を含む東西約20km南北約15kmのエリアとする。この対象エリアは宇部市南部の市街地エリアであるが、この南部の市街地エリアと、これに隣接する宇部市北部、小野田市および阿知須町の2市1町(本研究では合併前の旧市町を指すものとする)のエリアはOD交通の結びつきからみて同一の圏域内として扱う必要がある。したがってOD表は少なくともこの圏域関連のものを用いる必要がある。

(2) リンクデータ

対象エリアと圏域外を連絡する主要幹線として、前報と同じく山陽自動車道宇部線、山口宇部有料道路、国道2号、190号、490号、および316号を考慮することとする。ただし圏域外の主要幹線を含めたノード数とリンク数は次のように少し増やすこととした。

ノード数	205ノード(セントロイドを含む)
リンク数	674リンク

対象エリアのネットワーク図はFig. 4に示すとおりであるが、前報に比べて宇部駅北西部と宇部新川駅南西部に新たにリンクを追加している。

リンクの特性はリンクデータで与える。リンクデータとして重要なものは、リンク長(m)、車線数、右折車線長、走行速度、リンク相互の接続関係のほか、リンク下流端ノードの飽和交通流率と信号データ(サイクル長、青時間、絶対オフセット)などである。このうちリンク長(m)については、MapFanの電子地図を用いて実道路に沿って測り、前報のデータを全面的に更新した。ただし走行速度については、前報と同じく道路種別ごとに原則として次のように設定した。

国道	60km/時
県道	50km/時
市道	40km/時

高速道路と有料道路などの自動車専用道路の速度は80km/時程度とするべきであるが、料金抵抗を考慮して割り引く必要があり、前報と同じく交通現況再現性を考慮して最終的に次のように設定した。

高速道路	30km/時
有料道路	35km/時

前報のリンクのうち、今回修正を行ったものについてはFig. 5～Fig. 13に示すとおりである。

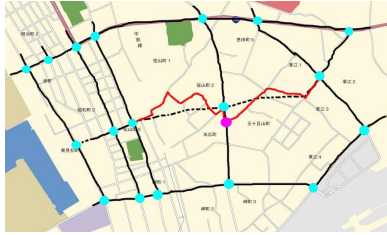


Fig. 5 末広町周辺

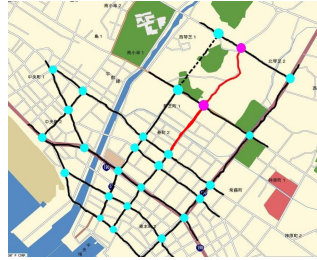


Fig. 6 北琴芝周辺

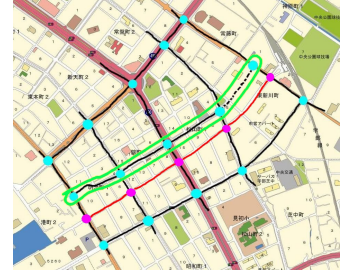


Fig. 7 東新川町周辺



Fig. 8 妻崎開作周辺 (変更前)



Fig. 9 妻崎開作周辺 (変更後)



Fig. 10 西中町周辺 (変更前)

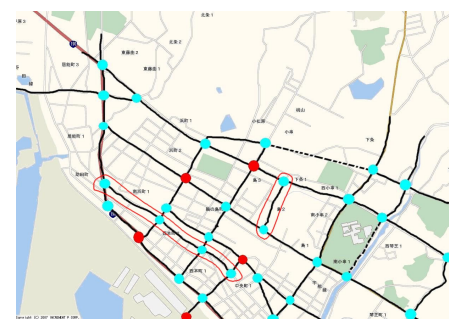


Fig. 11 西中町周辺 (変更後)

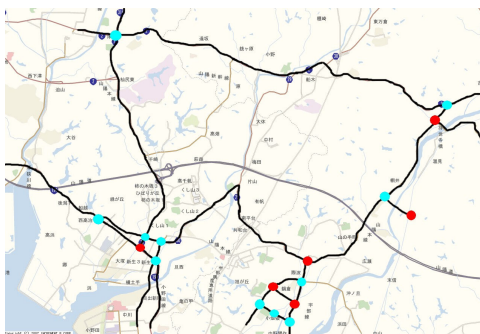


Fig. 12 有帆周辺 (変更前)

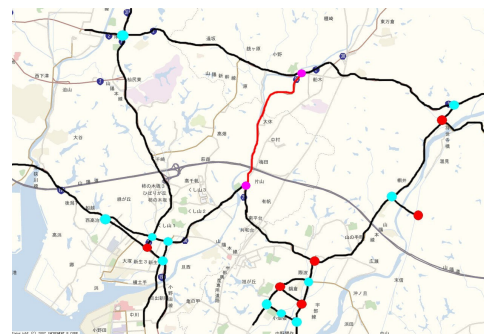


Fig. 13 有帆周辺 (変更後)

Fig. 5は末広町周辺のリンクの状況を表している。点線が前報のリンクを表しており、赤線が修正後のリンクである。桃色の丸は新たに追加したノードである。

Fig. 6は北琴芝周辺である。追加したリンクを赤で示し、削除したリンクを点線で示す。

Fig. 7は東新川町周辺であるが、緑線で囲んだリンクは削除し、赤線のリンクを追加した。

Fig. 8, Fig. 9は妻崎開作周辺であり、また

Fig. 10, Fig. 11は西中町周辺である。いずれもリンク修正前後の比較を示している。Fig. 11では赤線で囲んだリンクを新たに追加した。なおこれらの図中において点線で示したリンクは現在未整備または廃止されて存在しない道路である。

Fig. 12, Fig. 13は有帆である。赤で示したリンクを追加した。

Table 1 宇部・小野田・阿知須圏域関連OD表

O \ D		圏域内			圏域外					合計
		宇部	小野田	阿知須	山口県			九州	島根・広島 以東	
					東部	北部	西部			
圏域内	宇部	206836	15963	4437	13818	1986	8394	1703	877	254014
	小野田	16387	42063	440	1760	991	7835	473	191	70140
	阿知須	4628	379	5517	4513	63	133	11	33	15277
圏域外	山 東部	13659	1857	4735	—	—	—	—	—	20251
	山 北部	2157	812	30	—	—	—	—	—	2999
	山 西部	8134	7943	136	—	—	—	—	—	16213
	九州	1614	678	22	—	—	—	—	—	2314
	島根・広島以東	953	128	16	—	—	—	—	—	1097
合計		254368	69823	15333	20091	3040	16362	2187	1101	382305

注) 宇部, 小野田, 阿知須は合併前の旧市町名である。

Table 2 最終OD表

O \ D		圏域内			圏域外			合計
		宇部	小野田	阿知須	東部 島根・広島		西部 九州	
					東部	西部		
圏域内	宇部	227382	21273	7225	12432	2378	10559	281249
	小野田	19615	28361	494	951	491	2808	52720
	阿知須	7577	427	5516	4546	63	144	18273
圏域外	東部+島根・広島	12344	985	4751	—	—	7500	25580
	北部	2624	512	30	—	—	—	3166
	西部+九州	8671	2621	158	7500	—	—	18950
合計		278213	54179	18174	17929	2932	13511	399938

Table 3 変更量が1000台/日以上のOD交通量

発生地	目的地	変更量	発生地	目的地	変更量	発生地	目的地	変更量
31	9	1000	9	29	1000	25	38	1500
32	22	1300	27	29	-2700	37	44	-1000
38	24	1500	30	29	-1000			
38	25	1500	9	30	1000			
28	27	-6000	27	30	-3000			
29	27	-3000	29	30	-1000			
30	27	-3000	22	32	1300			
37	27	-1000	27	37	-1000			
27	28	-5500	28	37	7500			
37	28	7500	24	38	1500			

(3) 信号データ

2モード走行シミュレーションでは, サイクル長は交差点ごとに異なるように設定することができるが, ここでは前報と同じく

サイクル長 全信号120秒

とした. また現示率と絶対オフセットは前報と同じく適切と思われる値にあらかじめ設定した上で, 特に渋滞の原因となる交差点を含め, シミュレーションの結果をみながら微調整を行った.

(4) OD交通量

OD交通量は5年ごとに実施される道路交通センサスのデータを用いる. 実際に用いたのは前報と同じく

平成11年度道路交通センサス

のうち, 宇部市, 小野田市および阿知須町に起終点をもつ圏域関連のOD交通である. 圏域内31ゾーン, 圏域外5ゾーン, 合計36ゾーンのOD表に集計して用いた. OD構成を分かりやすくするために36×36のOD表を圏域関連OD表として集約したものをTable 1に示す. ただし宇部市北部(小野地区)は, 前報では山口県北部に含めていたが, ここではこれを変更し, 宇部市に含めることとした. 圏域関連の総交通量は次のとおりとなる.

総交通量 約38万台/日

この表からもわかるように圏域外を相互に往復するOD交通は考慮していない. したがってこの通過交通量を別途何らかの方法で与えてやる必要がある. これについてはあとで述べる.

次に, シミュレーションに用いるためにOD表のゾーン分割を変更した. すなわち, 前報と同じく圏域内はゾーンを細分して44ゾーンとし, 圏域外は集約して3ゾーンとし, 合計47ゾーンとした. したがってOD表は47×47の行列となる. ネットワーク上では交通の起終点となるセントロイドノード47個を各ゾーンに配置した.

圏域外関連交通については, 前報と同じく, 東部のセントロイド37および西部のセントロイド28の発生集中交通はR2, R190または山陽自動車道宇部線のいずれかの経路を選択することができるようにした.

(5) 現況再現の試み

シミュレーションの現況再現性を向上させるために, シミュレーションの結果が実績交通量に近づくようにODデータ, リンクデータおよび信号データを調整した. OD調整後の最終OD表をTable 2に示す. Table 1からTable 2への調整量が1000台/日以上 of OD交通量をTable 3に示す.

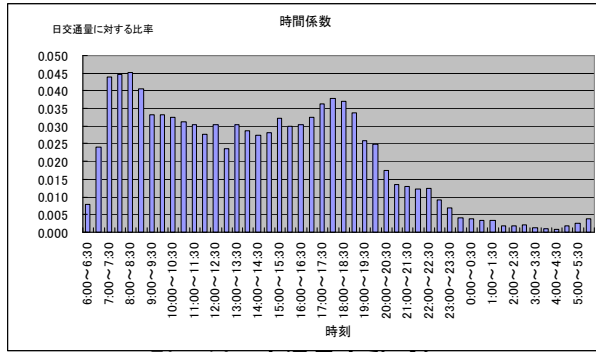


Fig. 14 交通量変動パターン

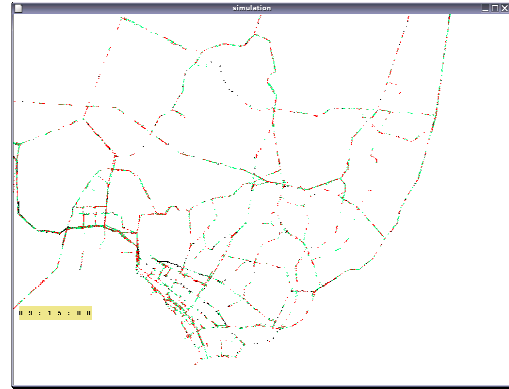


Fig. 15 シミュレーション実行画面の例

Table 4 地点別交通量の実績値と計算値の比較

番号	路線名	観測地点名	実績値		計算値
			H11年度 24時間	H17年度 24時間	
1	一般国道2号	宇部市大字吉見字岡	(23928)	(26297)	22214
2		宇部市東岐波区磯地	21783	24205	19222
3		宇部市大字西岐波字権代	(28686)	(22953)	30202
4		宇部市則貞2丁目	(32148)	(30520)	32777
5		宇部市常盤町1丁目	(34484)	(29846)	31190
6	一般国道190号	宇部市大字妻崎間作字妻拾五・拾六ノろ	(68405)	(64310)	68714
7		宇部市厚南区西割	40950	40371	40999
8		小野田市大字東須恵字屋根下	(37144)	(35211)	38473
9		宇部市沼	23998	26354	23159
10	一般国道490号	宇部市北迫	(14639)	(17253)	13521
11		宇部市二俣瀬区善和	(18177)	(17999)	15082
12		宇部市二俣瀬区田ノ小野	(8635)	(7851)	8576
13	山口宇部線	宇部市大字西岐波字長谷1173-5	5032	9289	5044
14	宇部船木線	宇部市厚南区中野間作	21783	19957	20818
15	宇部停車場線	宇部市厚南区西宇部町	(11317)	(11727)	13476
16	善和阿知須線	宇部市厚南区棚井上	(9857)	(10171)	10615
17		宇部市善和	(10012)	(11081)	11055
18	西岐波吉見線	吉敷郡阿知須町杖川区	(10151)	不明	7676
19		宇部市西岐波区下片倉	11402	8727	11633
20	宇部空港線	宇部市西岐波区下片倉田原	(2276)	(3024)	2500
21		宇部市西岐波区草江	(14417)	(14167)	13526
22	琴芝際波線	宇部市琴芝町一丁目	(22996)	(17623)	12770
23		宇部市北小羽山町	(7103)	(7688)	10201
24	妻崎間作小野田線	宇部市沖ノ目	(19387)	(17101)	15956
25		宇部市厚南区波多野間作	(13661)	(12143)	15407
合計			512371	485963	494806
RMS			—	—	2681

OD交通量の調節では、国道2号の計算値を実績値に近づけ、また山陽自動車道の再現性を改善するためにセントロイド37と28の間の圏域外相互交通（通過交通）を往復とも

7500台/日
増やした。この増加量を含めてODの総交通量は約38万台/日 → 約40万台/日
と約2万台/日の純増となった。

OD交通量以外のデータについては、リンクの自由速度、信号の現示率、オフセット、交差点の飽和交通流率、および経路選択方法の調整などを行った。

現況再現性を改善するために調整後の1日約40万台のOD交通量をネットワークに流すという24時間のシミュレーションを繰り返し行った。セントロイドで発生する交通量の時間変動は前報と同じくFig. 14に示すような変動パターンと仮

定した。この交通量変動パターンは平成14年10月16日(水)厚東川大橋上り方向(小野田から宇部市内に向かう方向)の2車線合計の感知器交通量の変動を示したものである。

経路選択については、距離最短経路選択層(情報非利用層)の割合は10%とした。時間最短経路選択層(情報利用層)の割合は90%とし、そのうち最短経路情報の更新に従って途中で経路を変更する割合と変更しない割合は半々とした。情報更新間隔は5分とし、情報伝達遅れはないものとした。

Fig. 15にシミュレーション実行時のパソコン画面の1例を示す。図の左上に新たに追加した道路が示されていることがわかる。このように画面表示をすると実行速度は遅くなるが、画面表示をしない場合には1日のシミュレーションに要する時間はクロック周波数2GHzのパソコンで約60分である。

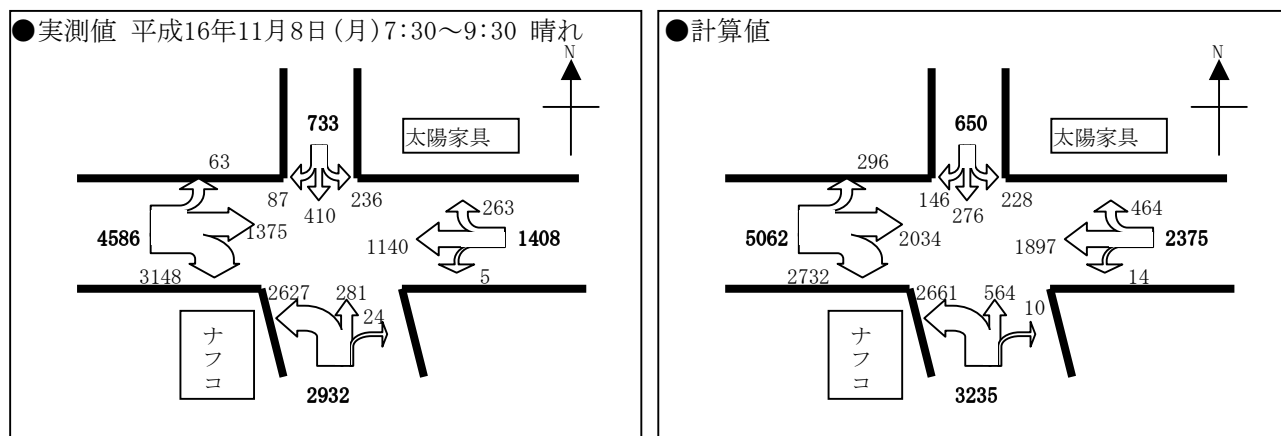


Fig. 16 藤山交差点の交通量の再現性比較

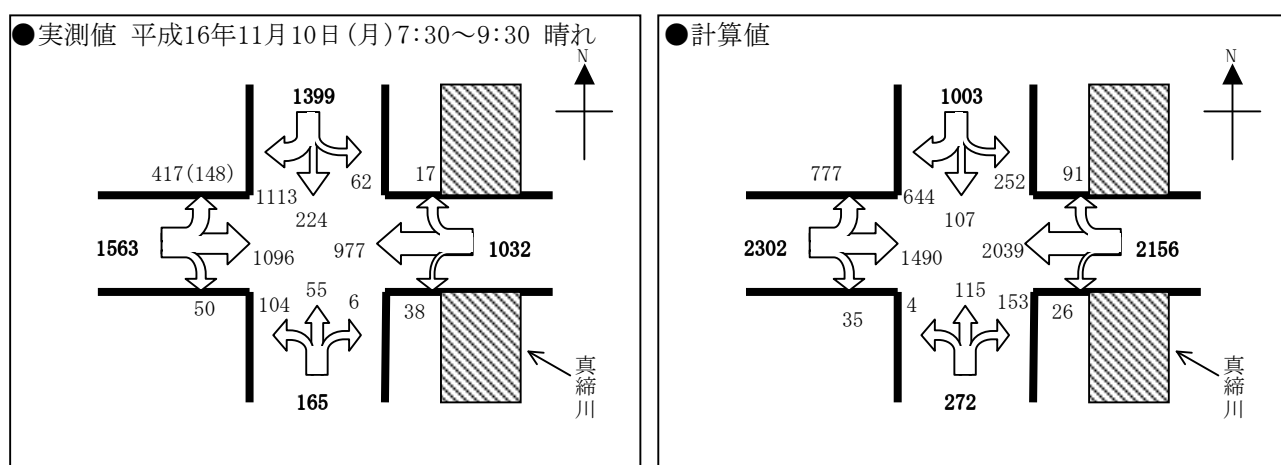


Fig. 17 真締川西詰交差点の交通量の再現性比較

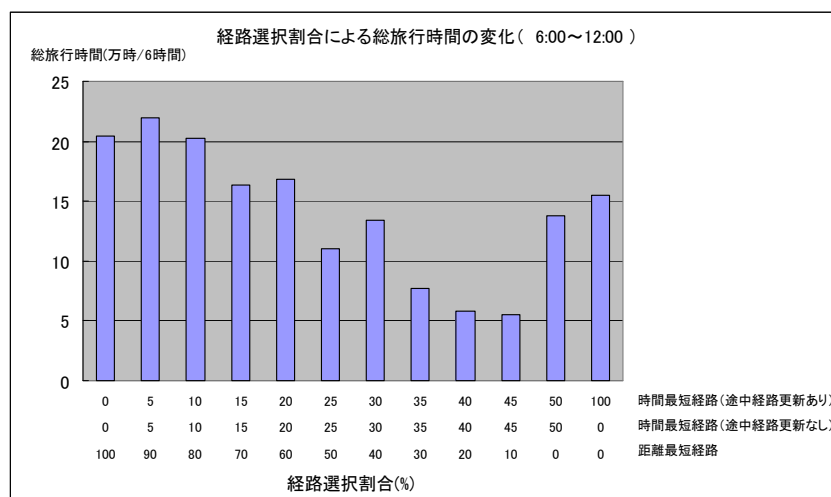


Fig. 18 情報利用層の割合とネットワークの効率性

Table 4 に25地点の地点別交通量の実績値とシミュレーションによる計算値の比較を示す. 平成11年度の実績値と計算値を比較した場合のRMS誤差は1地点あたり2681台となった. またこれとは別に, 山陽自動車道についてみると, 平成17年1

月の実績交通量約4000台/日に対して計算値は約6900台/日(2地点の平均)となった. なお25地点の位置はFig. 4に示すとおりである.

また浜バイパスが平成16年10月19日(火)に開通した後に調査した藤山交差点および真締川西

詰交差点の右左折直進別交通量の実測値と計算値を比較したものをそれぞれFig. 16におよびFig. 17に示す。以上を総合的にみて、一応の再現結果が得られたものと思われる。

情報利用層の割合が変化した場合の総旅行時間の変化をFig. 18に示す。これは24時間ではなく午前中6時間のシミュレーションによる結果である。

(6) 再現実験のまとめ

道路交通センサスの地点別交通量の実績値がシミュレーション対象エリア内に25地点ある。また国道190号藤山交差点と浜バイパス真締川西詰交差点の2交差点で実測した右左折直進別の交通量データがある。本研究では、シミュレーションによる結果がこれらのデータに近づくように、1日24時間のシミュレーションを繰り返しながらODデータ、リンクデータおよび信号データの調整を行った。その結果、25地点のRMS誤差は、当初1地点あたり8000台/日を上まわっていたが、これを2681台/日まで改善することができた。さらにデータの調整を行えばこの誤差を小さくすることは可能であり、それはそれほど困難なことではない。2交差点の右左折直進別交通量についても同様である。

Fig. 18に示した情報利用層の割合と総旅行時間の関係については、必ずしもなめらかに変化していない点については今後検討の余地があるように考えられる。

(7) 再現実験で経験した事例

交通現況の再現シミュレーションを繰り返しながら行う中で、貴重な事例を多く経験した。その中から、今後ネットワークの交通現象再現シミュレーションを行う上で参考となりそうな事例を以下に列挙しておきたい。

- ①交通量の需給バランスはきわめて微妙である。ピーク時にはネック交差点を先頭に渋滞が発生し、1つのネック交差点が原因で対象ネットワーク全体が麻痺することもある。
- ②情報利用層の割合などの設定を誤ると、ネットワークの中の格子部分で左折渋滞が一回りして膠着状態になることもある。
- ③信号の青時間配分すなわちスプリットが現示の飽和度に比例しないような不適切な設定をすると、交差点飽和度の大きい交差点で大きな渋滞になることがある。
- ④リンク長の短い区間の相対オフセットが禁止領域に入るような不適切な設定にすると、交通処

理能力が低下し大きな渋滞になる場合がある。

- ⑤リンクを追加すると、逆にネットワーク全体の総旅行時間が増加したり、また渋滞が発生したりする場合がある。
- ⑥リンク長を調整するだけで、交通状況が変化し渋滞が発生する場合がある。
- ⑦1つのODペアの交通量を変更するだけでも、大きい渋滞が発生することがある。
- ⑧あるリンクの速度を変更するだけでも、渋滞が発生することがある。
- ⑨右折レーンを追加すると逆に渋滞が発生することがある。
- ⑩膠着状態が発生すると処置のとりようがなくなる。
- ⑪信号データやリンクデータの1部を変更するだけでネットワーク全体にその影響が及ぶことがある。
- ⑫リンク交通量のOD構成を見ると、きわめて多数のODから構成されている。また各ODが数台だけの場合も多い。OD構成は千差万別である。

4. おわりに

本研究では2モード走行シミュレーションを宇部市の道路ネットワークに適用して交通現況を再現することを試みた。その結果、一応の再現結果を得ることができた。またシミュレーションプログラムは、ネットワーク全体が渋滞するような異常な現象が発生してもタフに動作することが確認された。

今後はリンクデータ、信号データ、セントロイド配置などデータの細部の詰めを行うことのほか、道路の新設改良、信号制御の高度化などの道路交通施策の効果について検討していきたい。また平成16年度のOD交通量を用いてシミュレーションを実行していきたい。

本研究では、計算例の実行および図表の作成で山口大学工学部の都井登美雄君にご協力いただいた。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 壬生裕之, 久井守: 宇部市街地ネットワークを対象とした交通渋滞シミュレーションと交通現況再現の試み, 山口大学工学部研究報告, Vol. 57, No. 2, pp. 1-8, 2007. 3

(受理年月日: 平成19年9月28日)