

阪神高速道路の交通流シミュレータ：HEROINEのハイブリッド化に向けた検討

玉川 大¹・萩原 武司¹・河本 一郎²・嶋田 真尚³・大藤 武彦³

¹正会員 阪神高速道路株式会社（〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3）

E-mail:dai-tamagawa@hanshin-exp.co.jp

²正会員 阪神高速技研株式会社（〒550-0011 大阪市西区阿波座1-3-15 JEI西本町ビル11F）

E-mail:ichiro-komoto@hanshin-tech.co.jp

³正会員 株式会社交通システム研究所（〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-1-20 第一スエヒロビル801）

E-mail:daito@tss-lab.com

阪神高速道路の交通管制には、リアルタイム交通流シミュレータ：HEROINEが導入されているが、交通障害の影響、織込み区間や合流部の車線運用等の的確な再現は容易ではない。

本研究は、高速道路網における交通流シミュレータの予測精度向上や動的交通マネジメント施策への活用を目指して、メソ・シミュレーションモデルとマイクロ・シミュレーションを統合した、いわゆるハイブリッド・シミュレータを開発し、実際のフィールドに適用して、ネットワーク・シミュレータとしての交通状況への影響や、マイクロ・シミュレータとして期待される交通現象に着目して現況再現性を検証するとともに、今後の活用可能性について検討した。

Key Words : *traffic simulator, micro simulator, weaving,*

1. はじめに

阪神高速道路では、過年度に交通管制システムと連携した交通流シミュレーションモデル「HEROINE」を導入し、その活用が図られてきている¹⁾。交通流シミュレーションモデル「HEROINE」はメソシミュレーションモデルであり、広域的な予測は可能であるが、車線形態も踏まえた局地的な交通状況の予測には適していないモデルとなっている。そこで車線形態等による影響を考慮可能とするため、シミュレーションの一部エリアをマイクロシミュレーションとしたハイブリッドモデルの検討が進められてきた²⁾。

本稿では、これまで検討してきたハイブリッドモデルを阪神高速 16 号大阪港線の阿波座合流部と、阪神高速 1 号環状線の信濃橋～池環分岐間に適用し、現況再現と検証を行うことにより、今後における各種施策実施に伴う交通状況を予測する上での基礎的な知見を取得し、各種課題を整理することを目的とする。

2. 検討の概要

(1) 検討対象区間

対象区間は、図-1のとおり、阪神高速道路の西船場JCT付近に位置する16号大阪港線の阿波座合流部ならびに1号環状線の信濃橋～池環分岐間とした。阿波座合流部は阪神高速道路の主要な渋滞発生箇所の一つであり、恒常的に渋滞が発生している。また、信濃橋～池環分岐間は合流・分岐が連続しており、複雑な交通状況となっている区間である。

(2) 検討プロセス

ハイブリッドモデルについては、これまで行ったきた検討に対し、織込み区間と強制車線変更の対応を追加して、改良を行う。また、現況再現に適用する現況ネットワーク時間帯別ランプ間OD表推定は、ETC時間帯別ランプ間交通量をベースに、入口・出口・主要区間時間帯別交通量との誤差が最小となるように時間帯別ランプ間OD表を推定する手法³⁾を適用する。現況再現検証用データは、阪神高速交通管制データと、対象区間のビデオ画像データを用いる。この現況再現検証用データを用いて、予測結果の検証を行う。

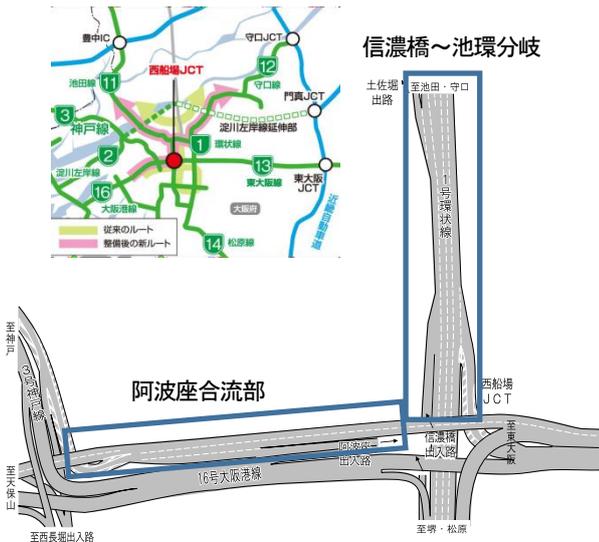


図-1 検討対象区間とする西船場JCT付近位置図

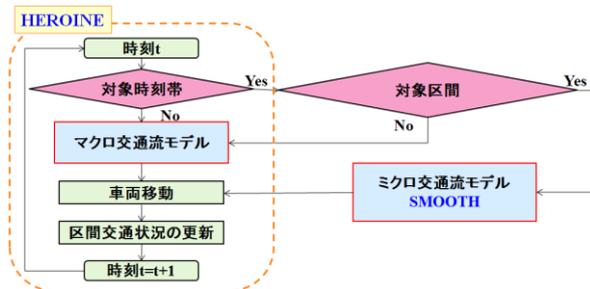


図-2 ハイブリッドシミュレーションモデルの基本構造

(3) ハイブリッドモデルの基本構造

ハイブリッドシミュレーションモデルは、図-2に示すように、交通流シミュレーションモデル：HEROINEにおけるマクロ交通流シミュレーションモデルに対し、個別車両挙動を詳細に記述するマイクロ交通流シミュレーションモデル：SMOOTH⁴⁾を統合したマクロ・マイクロ統合型交通流シミュレーションモデルとなっている。

マクロ交通流シミュレーションモデルにおいてマイクロシミュレーション区間の有無が判定され、マイクロシミュレーション区間では、マイクロ交通流シミュレーションモデルにより推計を行う。すなわち、基本的には既存のマクロ交通流シミュレーションモデルにより交通流動推計を行うが、マイクロシミュレーション区間においてのみマイクロ交通流シミュレーションモデルにより個別車両の移動が表現される。これにより、リアルタイムでの交通流動推計について、短時間での計算処理を確保しつつ、車両挙動の的確な再現が可能となる。

なお、マクロモデルとマイクロモデルの統合には両モ

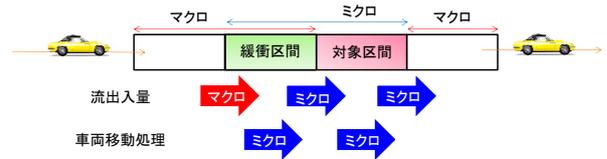


図-3 緩衝区間の設定

表-1 導入した車両挙動モデル一覧

車線挙動モデル	モデルの概要
最適速度モデル	前方車両の位置と速度差から追従挙動を表現するモデル
車線変更モデル	車線変更先車両の速度と前後方 gap から車線変更挙動を判断するモデル
避走挙動モデル	合流車両がスムーズに合流するための非合流車両の避走挙動を表現
強制車線変更モデル	車線変更臨界地点における強制的な車線変更挙動を表現

デルを共存させる区間が必要となるが、その区間をマクロ交通流モデルでは表現できない。このため、対象区間の上流側に緩衝区間を設定し、この緩衝区間では流入交通量のみマクロ交通流モデルで推計する (図-3)。

(4) 車両挙動モデル

SMOOTHでは表-1に挙げるモデルを車両挙動モデルとして導入し、車両の挙動を再現している。

最適速度モデルでは、各車両が前方車両との車間距離と速度差に応じて変化する目標の速度 (最適速度) を持っており、この最適速度に近づけるように加減速する状況を設定している。

車線変更モデルは、追従している車両が希望速度より遅い時や目的経路へ進むために車線変更が必要な時に車線変更を行うモデルである。車線変更にあたっては、変更先車線の前後方車両の位置と速度から、前方及び後方に一定値以上の間隔がある場合に車線変更を可能としている。

避走挙動モデルは、合流車両がスムーズに合流できるように非合流車両が避走挙動を行うためのモデルである。非合流車両は合流車両が隣接する合流車線内に存在するとき、車線変更または減速を行うことを確率的に選択するものとなっている。強制車線変更モデルは、現在の車線では目的経路を走行できない場合に、車線変更臨界地点 (車線変更が物理的に可能な最終地点) で車線変更を行うモデルである。車線変更臨界地点に到達してしまった車両は停止状態となり、車線変更可能な状態になるまで停止することになる。

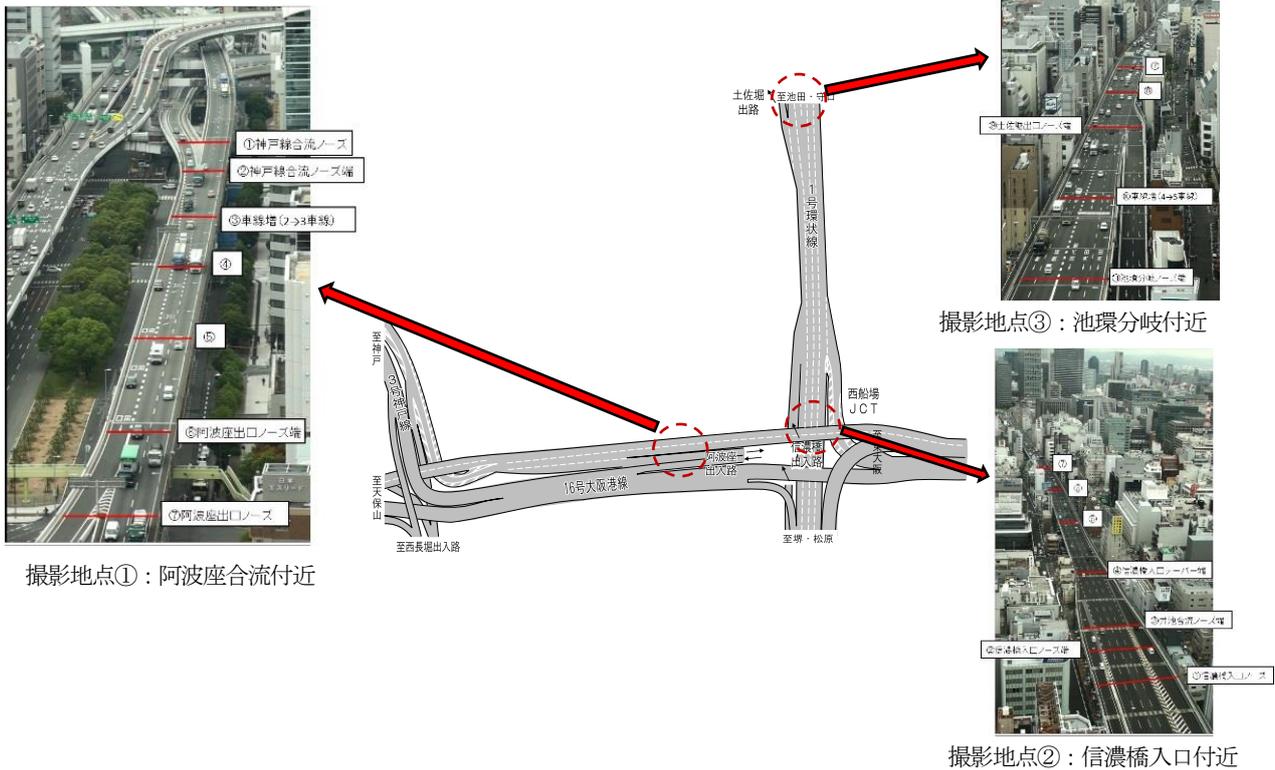


図4 撮影地点と撮影状況 (※赤線が計測地点)

3. 現況再現検証用データ整備

(1) 交通管制システムデータ

マイクロシミュレーションでの現況再現検証用データとして、阪神高速道路交通管制システムで得られる交通量データ、渋滞状況データを使用する。

(2) ビデオ撮影結果に基づく交通流データ整備

a) ビデオ撮影結果に基づく交通流データ整備の必要性

マイクロシミュレーションでは、織込み交通の状況、車線別交通量、車線移行状況等の詳細な車両挙動を検証する必要がある。検知器等から得られる交通流データでは、そのような車両挙動を把握することは困難である。そのため、大阪港線上り阿波座合流付近と、環状線信濃橋入口～池環分岐付近の交通状況をビデオ撮影し、車両1台ごとの挙動を把握する。

b) ビデオ撮影

撮影区間を俯瞰できる近隣のビルから、対象区間の車両の走行軌跡を計測できるようにビデオカメラを設置し、撮影を行った(図4)。ただし、環状線の信濃橋～土佐堀間は、一方からの撮影では区間全域を撮影することが困難であったため、信濃橋側、土佐堀側の2方向から撮影を行うこととした。撮影は平成26年11月6日(木)、11月

表-2 交通流計測対象時間帯

路線	時間帯	交通状態	対象日時
大阪港線	午前	渋滞流	11月13日(木) 10:30~10:45
	午後	自由流	11月13日(木) 13:35~13:50
	午後	渋滞流	11月13日(木) 14:30~14:45
環状線	午前	自由流	11月6日(木) 10:00~10:15
	午前	渋滞流	11月13日(木) 10:00~10:15
	午後	自由流	11月13日(木) 14:30~14:45

13日(木)の2日間で、9時～18時まで撮影を行った。

c) 計測対象時間帯

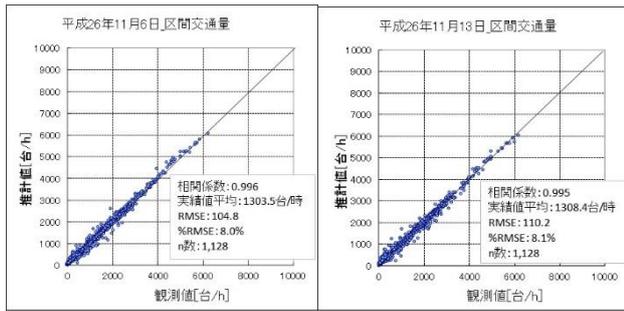
交通流の計測は、マイクロシミュレーションの検証を目的として、自由流・渋滞流時、および交通流のパターンが異なる午前・午後の時間帯を対象とする。また、計測時間は交通状況が安定する状態を考慮して、少なくとも15分間程度確保することとした。以上の考え方と当日の交通状況を踏まえた計測対象時間帯を表-2に示す。

d) 車両計測方法

車両の計測は、計測対象時間中に走行する車両の計測地点通過時刻と車線位置を1台ずつ記録することにより行った。計測地点は、車線運用が変更となる地点及び、ノーズ・テーパー端で行うこととし、単路部では、およそ50～100mの等間隔となるように設定した。

(3) 時間帯別ランプ間OD表推定

現況再現に適用する現況ネットワーク時間帯別ラ



(平成26年11月6日) (平成26年11月13日)

図-5 実績値と推定値の比較 (区間交通量)

表-3 時間帯別ランプ間OD交通量推定精度

対象日	統計指標	流入交通量	流出交通量	区間交通量
平成26年 11月6日 (木)	相関係数	0.922	0.938	0.996
	実績値平均(台/時)	186.1	175.1	1303.5
	RMSE	88.3	75.8	104.8
	%RMSE	47.4%	43.3%	8.0%
	n数	4,170	4,373	1,128
平成26年 11月13日 (木)	相関係数	0.908	0.927	0.995
	実績値平均(台/時)	183.4	172.4	1308.4
	RMSE	93.0	79.7	110.2
	%RMSE	50.7%	46.2%	8.4%
	n数	4,173	4,373	1,128

ランプ間OD表推定は、従前に開発したETC時間帯別ランプ間交通量をベースに、入口・出口・主要区間時間帯別交通量との誤差が最小となるように時間帯別ランプ間OD表を推定する手法を適用して行った。

区間交通量の実績値と推定値を比較したものを図-5に示す。全体的にX=Y軸上にあり、%RMSEの値からも相当程度の精度で予測されているといえる。

4. ハイブリッドシミュレータによる現況再現渋滞予測と検証

(1) 広域シミュレータと交通状況の再現結果

図-6に、渋滞状況の実績、広域シミュレータのみによる予測、ハイブリッドシミュレータによる予測のそれぞれにおける渋滞状況を示す。

環状線に関連する複雑な交通状況の再現に際しては、やはりハイブリッドシミュレータを適用する方が実績値をより反映しているようである。

(2) 主要区間交通状況予測と結果の検証

速度について、検証時間帯におけるビデオ計測結果とシミュレータ予測結果とを比較したものを図-7に示す。大阪港線区間、環状線区間ともに、シミュレータによる



【マクロ予測】



【ハイブリッド予測】



■ 停滞区間 ■ 渋滞区間

(平成26年11月13日, 10:30)

図-6 実績値と予測結果の渋滞図比較例

予測値は実績を概ね反映しているようである。なお、大阪港線区間では、最上流区間である区間1の第23車線において、実績値とシミュレータによる予測値とで差が見られ、実績の方が遅くなっているが、これは、後述するように、実績では大阪港線から合流する交通が合流地点手前のゼブラ区間で車線変更しているが、シミュレーションではゼブラ区間での車線変更は生じないことによるものと考えられる。環状線では、車線別速度の分布は、第1車線が速度が低く第4車線が最も早いことや、上流側から下流側への推移傾向など、実績が反映されていると考えられる。

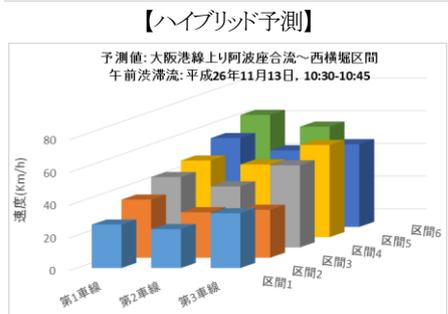
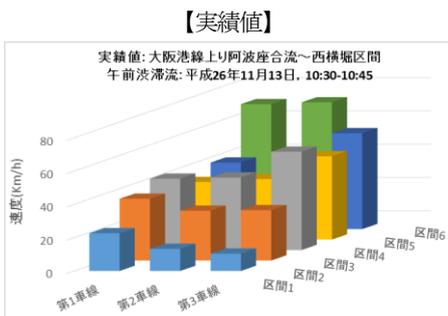
表-4 時間帯別織込み交通量の比較

大坂港線 単位：台

時間帯	開始車線	終了車線					
		車線1		車線2		車線3	
		実績	予測	実績	予測	実績	予測
平成26年11月13日 10:30～10:45	車線1	241	243	69	4	5	29
	車線2	13	23	144	186	30	45
	渋滞流 車線3	39	53	183	191	26	30
平成26年11月13日 13:35～13:50	車線1	229	256	55	1	2	17
	車線2	29	5	157	208	42	24
	自由流 車線3	42	37	212	170	37	18
平成26年11月13日 14:30～14:45	車線1	237	253	49	13	5	17
	車線2	41	9	149	217	37	21
	渋滞流 車線3	44	42	206	159	18	19

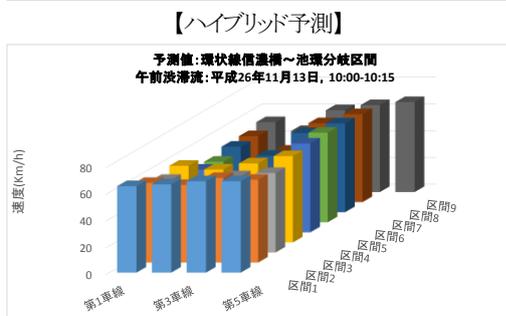
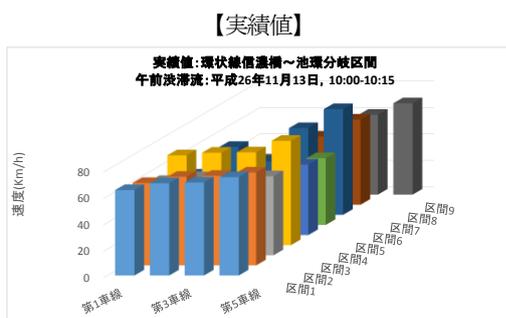
環状線

時間帯	開始車線	終了車線					
		土佐堀出		池田線下り		環状線	
		実績	予測	実績	予測	実績	予測
平成26年11月6日 10:00～10:15	信濃橋入	2	0	72	53	73	93
	環状線	48	83	505	442	339	344
	自由流 井池合流	15	8	168	140	50	52
平成26年11月13日 10:00～10:15	信濃橋入	0	0	71	54	56	89
	環状線	40	52	488	464	346	355
	渋滞流 井池合流	16	19	143	207	45	64
平成26年11月13日 14:30～14:45	信濃橋入	5	0	49	59	60	65
	環状線	56	68	486	359	362	383
	自由流 井池合流	36	40	173	209	54	72



(平成26年11月13日, 10:30~10:45)

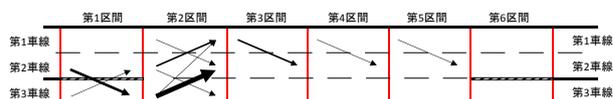
図-7(1/2) 車線別区間別速度の比較(1.大坂港線)



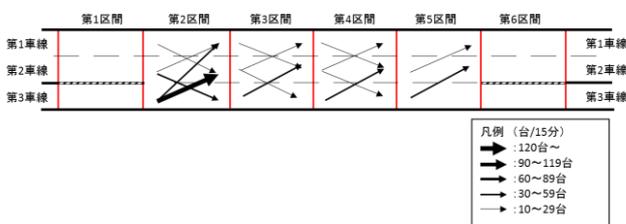
(平成26年11月13日, 10:00~10:15)

図-7(2/2) 車線別区間別速度の比較(2.環状線)

【実績値】



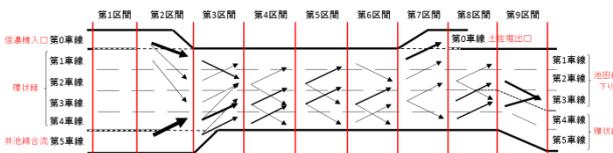
【ハイブリッド予測】



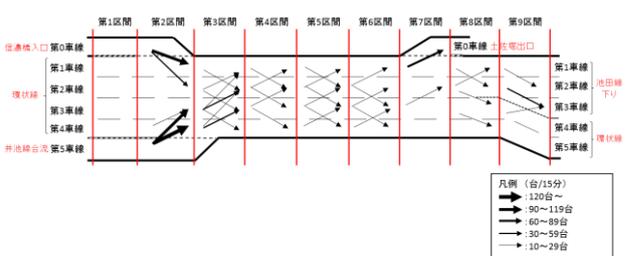
(平成26年11月13日 10:30~10:45)

図-8(1/2) 区間別車線移行状況の比較(1.大坂港線)

【実績値】



【ハイブリッド予測】



(平成26年11月13日 10:30~10:45)

図-8(2/2) 区間別車線移行状況の比較(2.環状線)

(3) 車線移行の再現結果検証

検証時間帯における車線移行状況について、ビデオ計測結果とシミュレータ予測結果とを比較すると表-4及び図-8のようになる。

阿波座上り区間では、神戸線から流入する車両は第2区間でほとんどが左側車線に車線移行していることや、下流に行くに従って右側への車線移行が減少していることなどの区間の車線移行状況は、おおむね再現されてい

る。ただし、実績の第1区間では左右の車線変更が起きているが、予測では車線変更は発生していない。これは、ゼブラ区間での車線変更はモデルに反映されていないためである。

環状線区間では、予測結果は早めに車線移行を行う傾向があるものの、車線移行の状況は概ね再現できているようである。

7. まとめ

本稿では、渋滞が恒常的に発生している阪神高速16号大阪港線の阿波座合流部と、合流・分岐が連続しており複雑な交通状況となっている阪神高速1号環状線の信濃橋～池環分岐間を対象に、ネットワークシミュレータのハイブリッド化を試みたものである。

整備したハイブリッドシミュレータを活用して現況再現予測を行い、当該区間のビデオ撮影結果による詳細な車線別区間交通状況と車線移行状況の現況再現性を検証したところ、一部、ゼブラ区間の車線移行などの再現が

困難なところも見受けられたが、一定程度の精度で現況再現が出来たものと考えられる。

今後は引き続き、例えば極度の渋滞状況時、混合流から渋滞領域に変更する時等様々な交通状態での検証や感度分析を重ねておくことが望まれる。

参考文献

- 1) 萩原，小澤，嶋田，大藤，宇野，倉内，奥嶋：多様なデータを活用した交通シミュレーション関連技術開発に基づく予測所要時間制度向上，第47回土木計画学研究講演集，pp.1-11，2013
- 2) 岡上，奥嶋：交通障害発生時に対応した高速道路リアルタイム交通流シミュレーションの基礎的検討，土木学会論文集，Vol.D3-67，No.5，I_1071～I_1078 頁，2011
- 3) 廣川，倉内，大藤，小澤：ETC 統計データを用いた車種別時間帯別ランプ間 OD 交通量推定の改良，第32回交通工学研究発表会論文集，pp.289-292，2012
- 4) 八ツ元，北澤，三谷，羽藤：マイクロシミュレーションシステム SMOOTH の開発について，土木計画学講演集，Vol.32/V-15，2005