

暫定2車線高速道路の効果的な付加車線長および設置位置の検討 Consideration of effective additional lane and installation position on two-lane highway

塩嶋 耕平¹, 佐野 可寸志², 伊藤 潤³, 川端 光昭⁴

Kohei SHIOJIMA¹, Kazushi SANO², Jun ITO³ and Mitsuaki KAWABATA⁴

本研究では、既存の研究において構築された暫定2車線区間道路における追越挙動モデルを基にし、暫定2車線高速道路を走行する各車両の希望走行速度による所要時間からの遅れ時間を短縮させるためにより効果的な、追い越しを行うための付加車線の長さおよび、その設置位置の検討を行っていく。

単位付加車線延長による所要時間短縮効果は、交通条件によって異なる結果を得た。特に付加車線設置延長による所要時間短縮効果が高い交通条件は大型車希望速度の標準偏差が大きい場合であった。交通条件に合わせた付加車線の設置計画の策定の必要があると言える。付加車線の設置位置の所要時間に与える影響は、暫定2車線区間の後方側に設置する場合と比較し、前方側に設置する場合の方が所要時間短縮に効果が高い可能性があるという結果を得た。

Keywords: 暫定2車線高速道路, 付加車線

1. はじめに

暫定2車線高速道路は、高速道路であっても一旦低速で走行する車両の後ろにつけば利用者

が期待する高速サービスが得られないという問題がある。この対策として、車線利用率の均等化を狙った追い越し車線（以下、付加車線）設置対策がある。現在、高速道路2車線区間では6~10km間隔で付加車線が設けられることとなっている。しかし、付加車線長などの構造を決定するにあたっての基本的な指針は取りまとめられておらず、現地での条件の範囲内で設置できる箇所に設置しているというのが実態である。

暫定2車線高速道路において、速達性や確実性という高速道路が本来持つべき機能を発揮させるためには、合理的な基準により、付加車線の区間長や設置位置を決定する必要がある。

既往研究において根川らは暫定2車線高速道路の実態調査から車両の挙動分析を行い、それに基づいた追い越し挙動モデルを構築し、そのモデルを基に交通量に対する効果的な付加車線長を検討している。交通量に応じた最適な付加車線の設置方法については論じられていない。よって、所要時間の短縮を目的に付加車線の設置方法を検討していく必要がある。

本研究では、根川らの構築した追い越し挙動モデルを基に、暫定2車線高速道路を走行する各車両の遅れ時間を短縮するために効果的な付加車線長および、その設置位置の検討を行う。

2. 研究フロー

本研究のフローを図に示す。

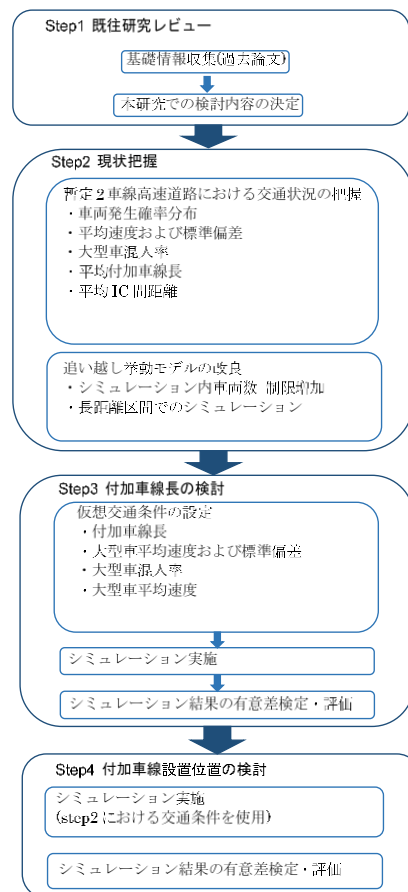


図1 研究フロー

1 非会員, 準学士 (工学), 長岡技術科学大学 環境システム工学課程

2 正会員, 工学博士, 長岡技術科学大学大学院

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 e-mail: sano@nagaokaut.ac.jp Phone: 0258-47-9650

3 非会員, 長岡技術科学大学大学院

4 正会員, 長岡技術科学大学大学院

3. 暫定2車線高速道路の実態調査・分析

現実に存在する暫定2車線高速道路(磐越自動車道)がどのような実態になっているかを調査し、分析を行う。本章で明らかになった暫定2車線高速道路の実態を元にシミュレーション分析を実施していく。

3.1 車両発生時刻分布

平成21年度に稲垣らが暫定2車線高速道路を走行する車両を撮影したビデオデータを観測し、その結果を元に分布の適合度検定を行う。

(1)調査概要

稲垣らが行ったビデオ撮影調査の概要について、以下に記す。

調査日時:平成21年8月22日(土)AM7:40~AM11:40

調査場所:磐越自動車道

熊渡付近 kp180 上り (a 地点:1 地点)

津川 IC 付近 kp165 上り (b 地点:1 地点)

東山付近 kp155.4~kp154.6 上り (c~i 地点:7 地点)

西会津 IC 付近 kp144 上り

調査項目:ビデオカメラによる通過時刻の測定

(2)分布の適合度検定

観測したビデオデータから、暫定2車線道路を走行する車両の発生時刻がどのような分布に従っているかを確認し、その分布を用いて車両挙動シミュレーションを行う。車両の発生確率分布をポアソン分布と仮定し検定を行った結果を表に示す。

表1 適合度検定結果

地点	χ^2 値
b	1.59
c	0.33
g	2.77

有意水準 $\alpha=5\%$ における χ^2 値(自由度9)は16.9である。測定箇所における χ^2 値は16.9以下である。想定した車両の発生確率分布をポアソン分布と仮定して検定を行った結果、従わないとはいえない。よって本シミュレーションの車両の発生時刻分布にはポアソン分布を用いることとする。

3.2 車両交通状況

磐越自動車道における車両の平均速度およびその標準偏差、大型車混入率について調査した。データはETC2.0から得られた値を元としている。また、データを取得する地域は稲垣ら⁶⁾がビデオ撮影を行った箇所のものについて調査を行った。得られた値を6.付加車線設置位置検討

に反映する。

(1)平均速度

表2 車両平均速度

車種	平均速度(km/h)
普通車	87.1
大型車	78.8

(2)平均速度の標準偏差

表3 車両平均速度標準偏差

車種	標準偏差(km/h)
普通車	15.8
大型車	6.9

(3)大型車混入率

表4 大型車混入率

地域名	大型車混入率(%)
熊渡	46.5
津川	44.8
東山	49.4
西会津	41.5

3.3 暫定2車線における諸車線長

シミュレーションにおける車両を走行させる距離を得るために、暫定2車線高速道路内の平均付加車線長およびインターチェンジ間距離の測定を行った。

(1)平均付加車線長

新潟県内を通過する暫定2車線高速道路(磐越自動車道および日本海東北道)における付加車線の区間長の測定を行った。

表5 各道路平均付加車線長

道路名	平均付加車線長
磐越道	2473.7
日東道	1590.7

(2)平均 IC 間距離

表6 平均 IC 間距離

IC 名称	IC 間距離
新潟中央-新潟西スマート	8202.9
新潟西スマート-新潟	5537.4
新潟-安田	9606.6
安田-三川	14770.3
三川-津川	7834.4
津川-西会津	22363
西会津-会津坂下	11477.1

4. モデル変更点

本研究におけるシミュレーションモデルは根川ら²⁾が構築したものを基本モデルとしている。しかし、既存のモデルのままであると、本研究の目的である暫定2車線区間内における車両の走行性についての分析が行えない状態であった。そこで、本研究の目的に合わせたものに

モデルを改良した。

具体的なモデルの変更点は大きく分け、二点ある。一つは、シミュレーション内を走行する車両の数である。既存研究においては、暫定2車線道路上において構成される車群（1車線区間走行時の前車との車頭時間が5秒より小さい車両を前車に追従していると判断し、先頭車から車頭時間が5秒以上になるまでの車両の群を車群とする。）内での車両の挙動について分析している。車群サイズ(車群内の車両数)は、根川らによる実測（日本海東北自動車道における実地調査）によると、車群数83を観測し、その内約8割が10台以下であった。そのため、シミュレーション内を走行する車両数は、実測より多く見積もり、20台に設定してある状況であった。本研究においては、時間当たりの交通量を考慮しているため、車両台数を増加させる必要がある。そこで、制限台数を既存の20台から、250台に増加させた。250台としたのは、シミュレーションの計算時間を考慮したためである。

二点目は車両が走行する区間距離である。既存の研究においては付加車線内部での挙動を分析するため、付加車線を1000m~4000mの間で、200m刻みで変化させ、シミュレーションを行っている。本研究においては、二車線も含めた走行性についての分析を行うことを目的とする為、既存のモデルより区間の距離を長く設定することとした。

5. 付加車線長の検討

暫定2車線での追い越し挙動モデルを利用し、交通条件に応じた望ましい付加車線長を検討する。

5.1 付加車線長の検討方法

付加車線長の評価方法には、以下の式(1)により求められる所要時間比を用いる。

$$\text{所要時間比} = \frac{\text{暫定2車線における所要時間}}{\text{希望速度による所要時間}} \quad (1)$$

この式の値が1に近いほど、その車両が希望速度に近い速度で走行できているということを意味する。

区間走行の所要時間に大きな影響を与えていると考えられる要因として、大型車混入率および大型車平均速度の標準偏差が挙げられる。それらの値および付加車線長を変化させシミュレーションを行った。変化させる交通条件のパターンを表1に示す。

また、設置する付加車線は1km~5kmで1km刻みとし、暫定二車線区間の中央に設置することとした。

また、乱数によって与えられる要因(車両発車時間、希望速度)による、所要時間比に与える影響の大きさを分析した。

5.2 付加車線長検討結果

シミュレーション結果である、交通条件のパターンごとの所要時間比と付加車線長の関係を図1に示す。値は、交通条件ごとに3回シミュレーションを実施した結果の平均値である。乱数によって与えられる要因(車両発車時間、希望速度)による、結果のばらつきをヒストグラムに示す。また、得られたシミュレーション結果を元に行った二元配置の分散分析の結果も合わせて示す。

表7 交通条件パターン

交通条件	大型車混入率(%)	大型車平均速度	標準偏差(km/h)
1	50		20
2	50		12.5
3	50		5
4	25		20
5	25		12.5
6	25		5
7	10		20
8	10		12.5
9	10		5

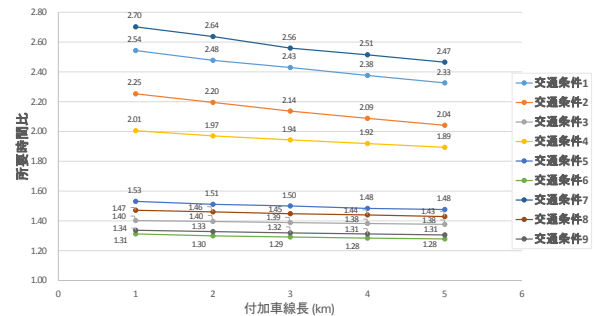


図2 所要時間比と付加車線長の関係

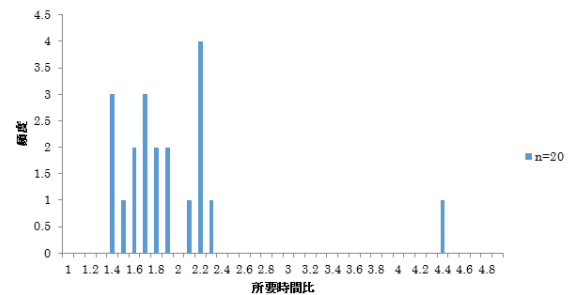


図3 所要時間比と付加車線長の関係

表8 二元配置分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
行	1001638	8	1.252047672	982.5088	5.11E-36	2.244396
列	0.064694	4	0.016173569	12.69175	2.7E-06	2.668437
誤差	0.040779	32	0.001274337			
合計	10.12185	44				

所要時間比が最大であったのは、交通条件7であり、最小は交通条件6であった。

二元配置分散分析表から、行(走行条件パターン)、列(付加車線長パターン)の共に、p-値は、 α と比較すると

小さく、また観測された分散比は、F境界値より大きい。よって付加車線設置延長による所要時間短縮効果が認められることおよび、交通条件により所要時間に差が生じることが分かった。

いずれの交通条件下においても付加車線の延長により所要時間比が低下するが、単位付加車線長延長による所要時間比の低下率は交通条件によって異なることが分かった。本研究において変動させた交通条件は大型車混入率および大型車平均速度の標準偏差である。その内、特に所要時間比の低下割合が大きい交通条件は、「大型車希望速度の標準偏差が大きい(本研究におけるシミュレーションでは20km/h)」という状態であることが分かった。

大型車希望速度の標準偏差が大きい状況においては、大型車(低速車)内に極端に低速な車両が存在すると、普通車だけでなく大型車もその車両により速度を制限されてしまうため、全体として速度の低下が発生するためであると考えられる。付加車線長による所要時間短縮効果は交通条件によって異なる。そのため交通条件の特徴に適した付加車線長を計画する必要がある。

また、乱数によって与えられる要因(車両発車時間、希望速度)による、結果のばらつき分析から、データの大半は所要時間比が1.4~2.2に収束していることが分かる。一方、所要時間比が4以上となるケースもある。これは車両内の極端に低速な車両の存在により、車両全体が低速となっているためであると考えられる。

6. 付加車線設置位置の検討

付加車線の設置位置による、所要時間の短縮に対する効果の違いを検証する。

6.1 付加車線設置位置の検討方法

付加車線の設置位置を区間先頭と区間最後尾の間で5パターン設定した。暫定2車線区間を12000mで、その内部に設置する付加車線長は2500mとした。付加車線設置位置のパターンと諸区間長を図2に示す。

6.2 付加車線設置位置検討結果

シミュレーション結果である、付加車線位置と所要時間比の関係を図3に示す。値はシミュレーションを3回のシミュレーション結果の平均値である。また、得られたシミュレーション結果を元に行った分散分析の結果も合わせて示す。

所要時間比が最も小さくなった設置位置はどの交通量においても、区間の先頭に設置するパターンであった。また、所要時間比が最も大きくなった設置位置は区間の後方側に設置するパターンであった。

また、設置位置による所要時間に有意差が存在するかどうかを判断するため、シミュレーションで得られ

た結果を用いて、区間前方内および区間前後でt検定(平均値の差の検定)を行った。結果を表に示す。

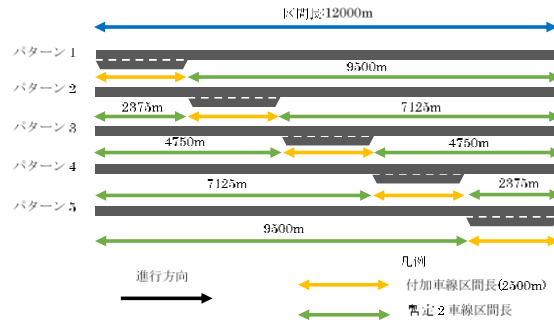


図4 付加車線設置位置のパターン

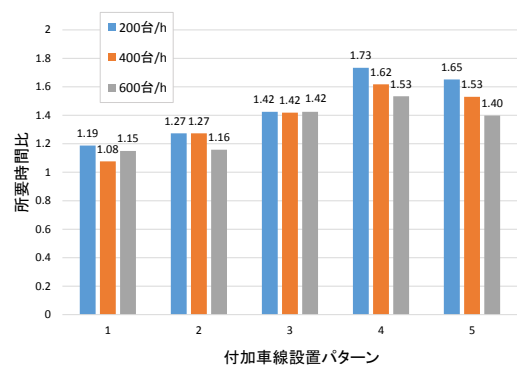


図5 付加車線設置位置と所要時間比の関係

200台/hにおける分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F境界値
グループ間	0.665322	4	0.166331	6.946796724	0.006071	3.47805
グループ内	0.239435	10	0.023943			
合計	0.904757	14				

400台/hにおける分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F境界値
グループ間	0.55092	4	0.137730096	5.613485943	0.012386	3.47805
グループ内	0.245356	10	0.024535573			
合計	0.796276	14				

600台/hにおける分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F境界値
グループ間	0.351131	4	0.087783	4.3026147	0.027904	3.47805
グループ内	0.204022	10	0.020402			
合計	0.555153	14				

表9 200台/hにおける前方内比較結果

	変数 1	変数 2
平均	1.1876	1.273333
分散	0.003697	0.039269
観測数	3	3
ピアソン相関	0.625592	
仮説平均との差異	0	
自由度	2	
t	-0.88917	
P(T<=t) 片側	0.233864	
t 境界値 片側	2.919986	
P(T<=t) 両側	0.467728	
t 境界値 両側	4.302653	

表10 400台/hにおける前方内比較結果

	変数 1	変数 2
平均	1.0768	1.274
分散	0.00114064	0.0099803
観測数	3	3
ピアソン相関	-0.0838828	
仮説平均との差異	0	
自由度	2	
t	-3.15947754	
P(T<=t) 片側	0.04363197	
t 境界値 片側	2.91998558	
P(T<=t) 両側	0.087263941	
t 境界値 両側	4.30265273	

表11 600台/hにおける前方内比較結果

	変数 1	変数 2
平均	1.15013333	1.158267
分散	0.00314181	0.007466
観測数	3	3
ピアソン相関	-0.9890751	
仮説平均との差異	0	
自由度	2	
t	-0.0991448	
P(T<=t) 片側	0.46503284	
t 境界値 片側	2.91998558	
P(T<=t) 両側	0.93006569	
t 境界値 両側	4.30265273	

表12 200台/hにおける前後比較結果

	変数 1	変数 2
平均	1.230467	1.692667
分散	0.019391	0.025389
観測数	6	6
ピアソン相関	0.534443	
仮説平均との差異	0	
自由度	5	
t	-7.80083	
P(T<=t) 片側	0.000277	
t 境界値 片側	2.015048	
P(T<=t) 両側	0.000555	
t 境界値 両側	2.570582	

表13 400台/hにおける前比較結果

	変数 1	変数 2
平均	1.1754	1.5739333
分散	0.016114736	0.0200491
観測数	6	6
ピアソン相関	0.05529136	
仮説平均との差異	0	
自由度	5	
t	-5.28054292	
P(T<=t) 片側	0.001621749	
t 境界値 片側	2.015048373	
P(T<=t) 両側	0.003243499	
t 境界値 両側	2.570581836	

表14 600台/hにおける前方内比較結果

	変数 1	変数 2
平均	1.1542	1.466167
分散	0.00426315	0.016755
観測数	6	6
ピアソン相関	-0.3939652	
仮説平均との差異	0	
自由度	5	
t	-4.5932152	
P(T<=t) 片側	0.00293821	
t 境界値 片側	2.01504837	
P(T<=t) 両側	0.00587642	
t 境界値 両側	2.57058184	

分散分析の検定結果より、いずれの交通量においても有意差が認められた。よって付加車線の設置位置による、所要時間の短縮効果に差があると言える。

平均値の差の検定において、区間前方内での比較においては、区間先頭と前方側での付加車線設置による所要時間短縮効果の違いは確認できなかった。しかし、付加車線を区間後方側に設置するより、前方側に設置するほうが所要時間の短縮の効果は大きい可能性があると考えられる。

区間前方側に付加車線を設置することによる所要時間が短縮される要因として、区間暫定2車線区間内の上流側に設置することで、早期に車両内順位の入れ替えが起り、その後の暫定2車線内では希望速度が速い車両が先頭側になるため、所要時間比が小さくなっていると考えられる。

7. おわりに

7.1 結論

暫定2車線高速道路の実態調査・分析では、暫定2車線高速道路の実態についての調査を行った。車両の発生時刻分布、車両走行速度、車両走行速度の標準偏差、車線長の実態を調査し、シミュレーションに使用した。車両の発生時刻分布については、平成21年に稲垣らがビデオ撮影したデータを観測し、分布の適合度検定を行った。分布の適合度検定(χ^2 検定)を行った結果、暫定2車線高速道路(磐越自動車道)における車両の発生時刻はポアソン分布に従っているといえることが分かった。本研究における車両発生時刻にはポアソン分布に従う乱数を採用した。

付加車線長の検討では、暫定2車線区間内に設置する付加車線長の検討を行った。追い越し挙動モデルについての説明と本研究における付加車線長の評価方法について述べた。付加車線の評価方法としては、所要時間比を用いた。

シミュレーション結果を用いて二元配置の分散分析を行ったところ、付加車線長および交通条件の違いにより、区間走行に要する所要時間に差が生じることが分かった。

どの交通条件下においても付加車線の延長により所

所要時間比が低下するが、単位付加車線長延長による所要時間比の低下割合は交通条件によって異なることが分かった。特に所要時間比の低下割合が大きい交通条件は、「大型車混入率が低い(本研究におけるシミュレーションでは 10%)」、「大型車希望速度の標準偏差が大きい(本研究におけるシミュレーションでは 20km/h)」という状態であることが分かった。所要時間比の低下割合が大きくなる要因として、大型車混入率が低い状況においては、普通車(高速車)の割合が高い。ゆえに大型車(低速車)のによって速度を制限されてしまう車両数が多いためであると考えられる。また、大型車希望速度の標準偏差が大きい状況においては、大型車(低速車)内に極端に低速な車両が存在すると、普通車だけでなく大型車もその車両により速度を制限されてしまうため、全体として速度の低下が発生するためであると考えられる。

付加車線の延長による所要時間短縮の効果は、設置延長に比例はするが、交通条件によって大きな効果が得られる場合(大型車混入率が低く、大型車希望速度の標準偏差が大きい)と効果が薄い場合(大型車希望速度の標準偏差が小さい)があることが分かった。

付加車線設置位置の検討では、暫定 2 車線区間内における付加車線の設置位置の検討を行った。付加車線長を固定し、位置を 5 パターン(区間先頭部-区間最後部)に分けてシミュレーションを行った。また、交通量による設置効果の違いを分析するため、時間交通量を 3 パターン(200 台/h, 400 台/h, 600 台/h)設定してシミュレーションを行った。付加車線設置位置の評価方法として、付加車線長の検討と同様に所要時間比を用いて評価を行った。

シミュレーション結果を用いて一元配置の分散分析を行ったところ、付加車線設置の設置位置により、区間走行に要する所要時間に差があることが分かった。よって、付加車線設置位置が区間走行に影響を与えている可能性があるといえる。

所要時間比が最も小さくなった設置位置はどの交通量においても、区間の先頭に設置するパターンであった。また、所要時間比が最も大きくなった設置位置は区間の後方側に設置するパターンであった。

また、シミュレーションで得られた結果を用いて、区間前方内および区間前後で t 検定(平均値の差の検定)を行ったところ、区間前方側での設置間での所要時間には有意な差が得られなかったが、区間前後においては有意差が確認できた。よって暫定 2 車線道路区間の前方側に設置するほうが、後方に設置するよりも所要時間の短縮に対して効果の可能性があると分かった。

7.2 今後の課題

本研究におけるシミュレーションは理想的な状態で行っている。しかし、現実において付加車線を設置する場合には地形などの設置場所ごとに異なる制約条件を考慮することが必要である。暫定 2 車線高速道路における車両挙動シミュレーションに、交通条件や車両の挙動だけでなく、地形に関する条件(縦断勾配など)を組み込んでいくことで、より現実的な車両挙動の分析が行えると考えられる。

本シミュレーションモデルにおける車両の希望速度の分布は正規分布に従う乱数を用いている。そのため希望速度が極端に低速な車両が出現する場合がある。より現実的なシミュレーションモデルを構築するためには、希望速度が従う分布についても考慮する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた課題研究論文指導教員の佐野教授、伊藤助教、川端助教に感謝致します。また、日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた都市交通研究室の皆様にも感謝致します。

参考文献

- 1)渡邊亨, 逢坂光博, 平井章一: 高速道路における渋滞対策としての単路部付加車線のあり方, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.38 増刊号, pp41-44, 2003
- 2)大口敬: 高速道路単路部渋滞発生解析—追従挙動モデルの整理と今後の展望—, 土木学会論文集, No.660/IV-49, pp39-51, 2000
- 3)松原克浩: 暫定 2 車線高速道路における車両挙動の分析, 修士論文, 2009
- 4)花房比佐友, 堀口良太, 桑原雅夫, 田中伸治, 牧野浩志, 大内浩之: 高速道路サグ部における AHS 円滑化サービス評価運用用交通シミュレータの開発, 第 4 回 ITS シンポジウム, 2005
- 5)吉川良一, 塩見康博, 吉井稔雄, 北村隆一: 暫定 2 車線高速道路のボトルネック交通容量に関する研究, 交通工学研究発表論文報告集, Vol.43, No.5, 2008
- 6)稲垣徹: 2 車線高速道路における追い越し挙動のモデル化, 修士論文, 2010
- 7)佐野可寸志, 松本昌二, 成田純友: 高速道路の追い越し車線における車両挙動の分析, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.20, No.14, 2000
- 8)根川拓, 佐野可寸志, 西内裕晶: 暫定 2 車線高速道路の追い越し挙動分析及び効果的な付加車線設置の検討, 修士論文, 2014
- 9)国土交通省: 国土幹線道路部会中間答申 高速道路の暫定 2 車線区間について, www.mlit.go.jp/common/001134484.pdf, 2016