

暫定2車線高速道路の効果的な付加車線長の検討

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 非会員 高倉 拓実
株式会社 KRC 非会員 塩嶋 耕平
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 佐野 可寸志
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 伊藤 潤
岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 川端 光昭

1. 研究背景

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。

2. 既存研究の整理

高速道路の追い越し挙動のモデル化やそれを用いた交通現象の検証については、花房ら⁴⁾、吉川ら⁵⁾が検討している。花房ら⁴⁾は確率モデルにより追い越し挙動を表現しているが、高速道路のサグ部の容量を再現することを主眼としているため、詳細な車両現象が再現されているわけではない。また、吉川ら⁵⁾は車両追い越しモデルを構築しており、ある車両が追い越しを行うかどうかの判定式にかかる条件式を作成し、基準値を満たした場合、前車1台を対象に自車の希望速度で追い越しを開始するものである。しかしながら、現実における追い越し車両は、自車の前を走行している車両1台のみではなく、さらに前方を走行している車両も追い越しの対象としてその挙動を開始していることも考えられる。そこで根川ら⁸⁾は、吉川ら⁵⁾の研究で構築された追い越し挙動モデルを改良し、車両挙動の再現可能性について検証している。

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。しかし、根川らの行った研究内容は付加車線内の追い越し挙動のモデル化であるため、片側1車線区間を含めた長距離でのシミュレーションを行っていない。また、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。

3. 研究目的

本研究では、片側1車線区間を含む暫定2車線高速道路を想定した長距離での所要時間の短縮を目的とし、付加車線の設置方法を検討していく。

4. 研究フロー

本研究の研究フローを図1に示す。

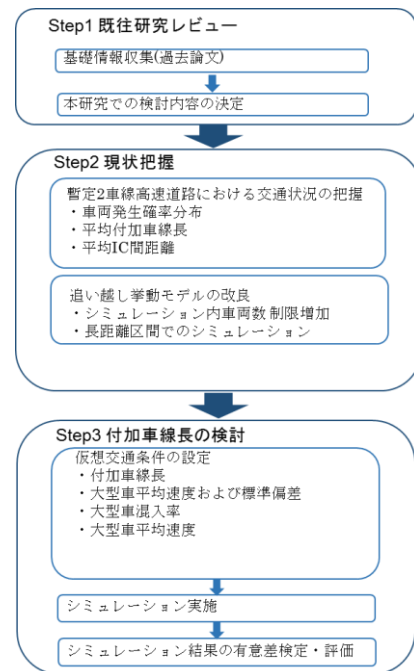


図1 研究フロー

5. 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。

5.1 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 1 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。

5.3 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 2 各道路平均付加車線長

道路名	平均付加車線長 [m]
磐越道	2473.7
日東道	1590.7

(2)平均 IC 間距離

表 3 平均 IC 間距離

IC 名称	IC 間距離 [m]
新潟中央-新津西スマート	8202.9
新津西スマート-新津	5537.4
新津-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

6. 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。

7. 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。

7.1 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。

普通車よりも低速な大型車が区間走行の所要時間に大きな影響を与えている要因だと仮定し、シミュレーションを行う条件として大型車混入率を導入した。

また、所要時間を低下させる要因として考えられる遅い車両が発生しやすい状況を作るため大型車の平均速度の標準偏差も導入する。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。

7.2 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2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4 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

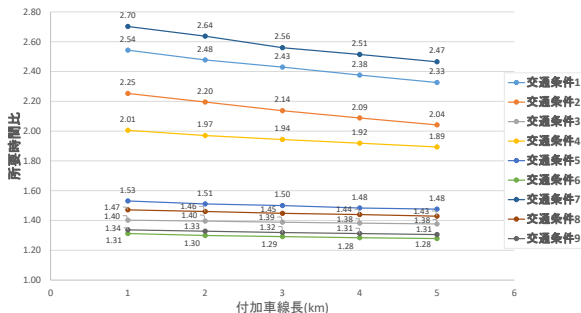


図2 所要時間比と付加車線長の関係

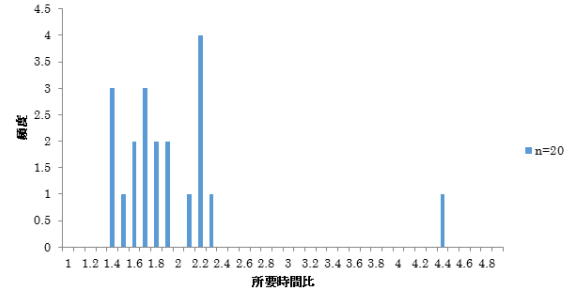


図3 所要時間比と付加車線長の関係

表5 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	10.01638	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、結果のばらつきの分析から、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。

8.1 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。

8.2 今後の課題

本研究では付加車線長のみの検討を行っている。しかし、付加車線の設置位置によってその効果が変化することが考えられるため、効果的な付加車線の設置位置の検討を行う必要がある。

付加車線長の検討においては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」、「大型車

希望速度の標準偏差が大きい」という状態であることが分かったが、実際の交通状況との比較は行っていない。今後は暫定付加車線のある高速道路の実際のデータを用いて得られるシミュレーション結果と比較して妥当性を検証する必要がある。

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。

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