

暫定2車線高速道路における車両挙動の分析

都市交通研究室 松原克浩
 指導教員 佐野可寸志
 松本昌二
 土屋哲

1. 背景と目的

現在、新潟県内の磐越自動車道などは暫定2車線道路として供用されている。現在の交通需要があまり多くなく、将来の需要が見込まれる場所で、直ちに4車線高速道路を作るのは不経済ということから、拡幅できるように用地を確保し、暫定2車線道路としているのが現状である。

しかし、暫定2車線高速道路では、前方を走行する車両が自分の希望する速度(以下、自由速度)より遅い低速車両だとすると、その低速車両の後方を追従走行しなければならない。その結果、追従車両のドライバーが自由速度で走行出来ず、旅行時間の損失などの問題が生じる。このような道路区間の改善策として効率的な付加車線の設置が必要だと考えられる。そのためにはまず、付加車線区間での車両挙動を的確に把握する必要がある、自由走行時の挙動、追従・追越し時の挙動の実態を明らかにすることが重要である。

本研究では、磐越道の付加車線区間で撮影したビデオ画像を用いて、高速道路における自由走行時の挙動、追従・追越し時の挙動を分析することにより、付加車線区間における車両挙動の実態を明らかにする。また、都市交通研究室で開発された追従・追越し行動を再現するシミュレーションモデルの実測値への適用性をみる。最後に、このシミュレーションモデルを用いて暫定2車線高速道路における付加車線設置の検討を行う。

2. 交通流実態調査

2.1 調査概要

付加車線区間での車両挙動を把握するためにビデオカメラを用いて、磐越道上を走行する車両

の撮影を行った。交通流実態調査の概要を表1に示す。対象路線を図1に示す。撮影ポイント1を図2、撮影ポイント2を図3に示す。撮影ポイント1では各車両の自由速度を計測する目的でビデオカメラを1台設置し、通過時刻の記録を行った。撮影ポイント2では車両の追従・追越しの挙動を分析するためにビデオカメラを6台設置し、通過時刻の記録を行った。

表1 交通流実態調査の概要

調査日時	平成20年7月20日(日) AM7:00 ~ AM9:00
調査場所	磐越自動車道 撮影ポイント1 kp165.87 上り4車線区間(自由速度の分析) 撮影ポイント2 kp155.43-kp154.50 上り4車線区間(追従・追越しの分析)
調査項目	ビデオ撮影調査 実測車走行調査 (津川IC - 西会津IC間を走行、車両速度・時刻の確認及び補正)

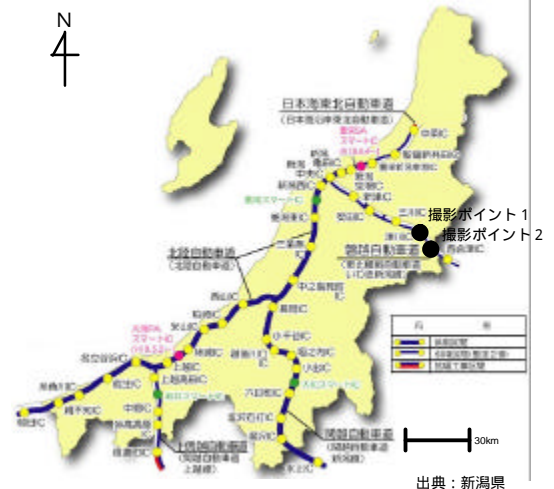


図1 対象路線

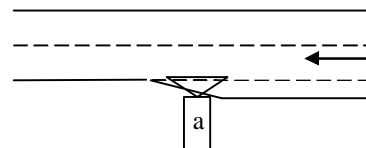


図2 撮影ポイント1

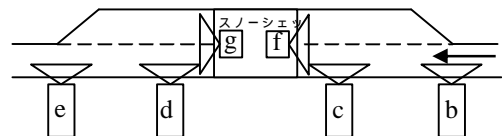


図3 撮影ポイント2

2.2 データ取得方法

ビデオカメラに記録した調査地点の通過時刻の測定には、都市交通研究室が開発した交通調査システム TrackerM 及び SEV-mk2 を用いた。どちらもビデオ画像を用いて交通調査を行うソフトウェアであり、交通データを取得することができる。取得したビデオ画像は、交通調査ソフトのマニュアル調査機能を用いて 1/30 秒毎に再生し予め設定した各地点で 1 台毎に通過時刻の測定、車種名、車両の色を記録し、a~g 地点を通して 1 台 1 台車両のマッチングを行った。各車両の速度は通過時刻と距離から算出した。

2.3 取得データの補間

b~e の調査地点で取得した地点毎の通過時刻から Time-space 図を作成するため、データの補間を行った。よく知られる補間法にラグランジュ補間とスプライン補間があるが、ラグランジュ補間は単一の多項式を用いるため、大きな振動を生ずる危険性がある。スプライン補間は多項式を何らかの連続条件を満たすように接続した区分的多項式であり、多項式で近似するのが困難であるような複雑な形をした関数を表現できる。このため、実験データや関数の近似、曲線・曲面の生成、その他多くの分野において、きわめて有用なものとして使用されている。よって補間にはスプライン補間を用いた。スプライン関数には一般的にデータの補間で使用されており、関数の柔軟さと取扱いの簡単さから 3 次スプライン補間を用いた。

図 4 に Time-space 図の補間例を示す。

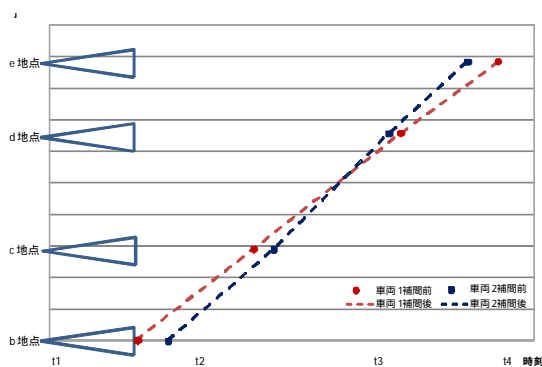


図 4 Time-space 図の補間例

3. ビデオ画像分析結果

2 時間の撮影で取得した車両台数を表 2、図 5 に示す。a~e 地点まで付加車線区間は存在するが、出口があるインターチェンジ (IC) は含まれていない。しかし、a 地点から b 地点の間にパーキングエリア (PA) があるため、車両台数の計測は b 地点で行った。PA に立ち寄る車両は全体の 3% 程であった。車種の分類は小型車・大型車の 2 車種分類とした。今回、取得した交通量は 2 時間で 544 台 (小型車 462 台、大型車 82 台) であり、大型車混入率は 15.1% であった。

表 2 車種別の交通量 (1 時間交通量)

	小型車 (台)	大型車 (台)	大型車混入率 (%)
7:00 ~	211	41	16.3
8:00 ~	251	41	13.7
計	462	82	15.1

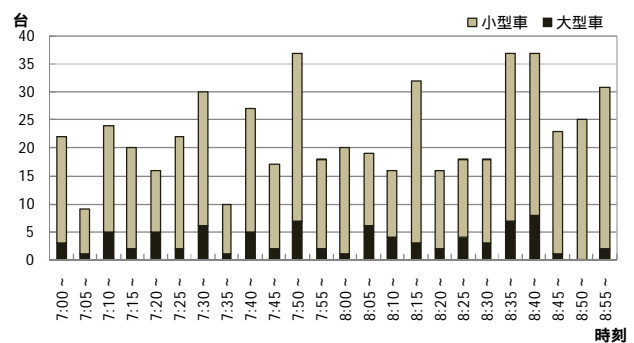


図 5 交通量 (5 分間交通量)

図 6、図 7 は b 地点での車群サイズと車群先頭車両の車種別構成を示している。車群の約 50% は 2~3 で形成されていることがわかる。ビデオ調査から得られた車群の最大車群サイズは 15 台であった。今回の実態調査では、平均大型車混入率が 15.1% であったが、図 7 を見ると大型車が車群の先頭車両となる割合は約 20% を超えていることがわかる。よって、大型車混入率が大きくなるとより大きな車群やより多くの大型車を先頭とした車群が形成されると考えられる。

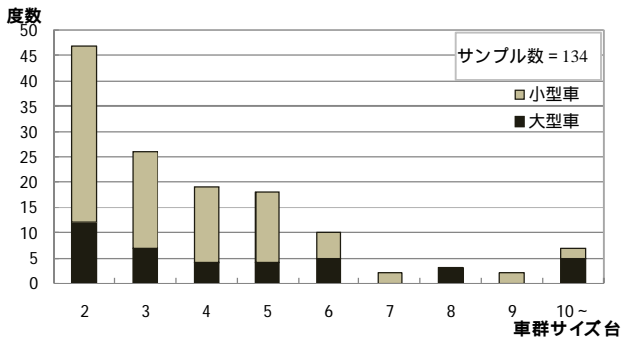


図6 車群サイズと車種構成

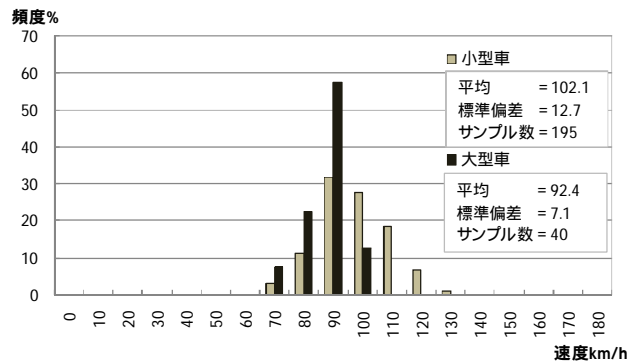


図8 車種別の自由速度分布 (a地点)

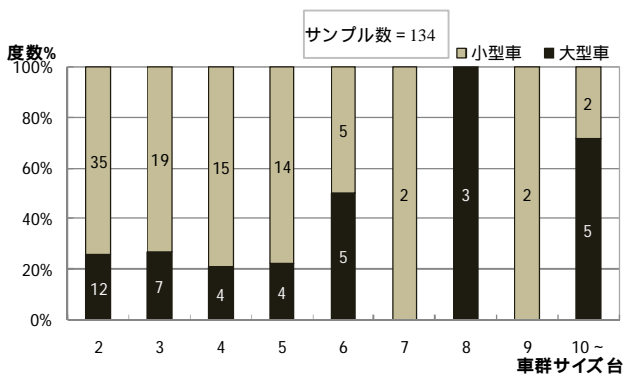


図7 車群サイズと車種構成比

図8はa地点での車種別自由速度分布を示している。a地点は4車線区間であることと交通量が少ないことから、基本的には到着流は自由流であり、車群は形成されにくく、a地点での各車両の通過速度は自由速度と考えられる。しかし、車群を形成してきた車両については、その車群の先頭車両のみのデータを用いて自由速度とした。小型車の平均速度は102.1km/h、大型車の平均速度は92.4km/hとなり、10km/h程度速度差があることがわかった。小型車に比べ大型車の走行速度が低いために暫定2車線道路では大型車を先頭にした車群が形成されやすいと言える。また、標準偏差を見ると大型車は小型車に比べ標準偏差が小さいことがわかる。速度分布を見てみると自由速度の分布は正規分布に近似していることがわかる。

図9はb地点での車種別自由速度分布を示している。b地点は2車線区間の終端部であるため車群の先頭車両と単独走行車両の通過速度を自由速度とした。a地点での車種別自由速度と比べると、小型車・大型車ともに平均速度で大きく速度差があることがわかる。これは、2車線区間のため走行速度の速い車両は、走行速度の遅い車両の後方を追従し車群となり、走行速度の遅い車両がその車群の先頭車両となった結果、b地点で取得した自由速度はa地点よりも平均自由速度が低下していると考えられる。また、速度の分布はa地点同様に正規分布に近似している。

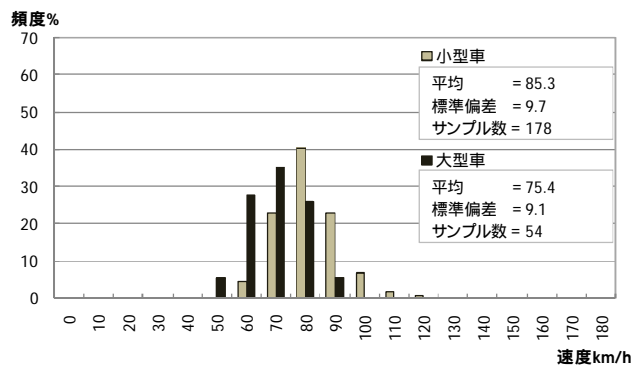


図9 車種別の自由速度分布 (b地点)

図10は車種別の最大加速度分布を示している。分析に用いた車両データはb~e区間で追越し行動を行った車両のみを抽出し、その車両の最大加速度を算出した。小型車は平均最大加速度が

0.72m/s² となり、大型車はサンプル数が少ないが平均最大加速度が 0.39m/s² となっている。小型車と大型車では加速能力に約 2 倍の差があり、大型車が追越しを行う際、小型車より長い距離が必要になると考えられる。

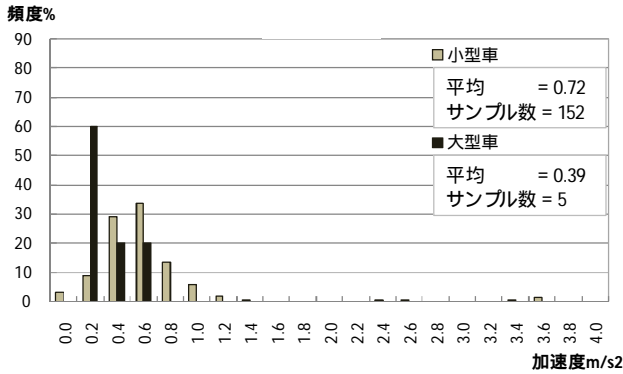


図 10 車種別の最大加速度分布

図 11 は車種別の最大減速度分布を示している。減速度の定義として負（進行方向と反対）の加速度のことを減速度として扱っている。分析に用いた車両データは b~e 区間で追越し行動を行った車両のみを抽出し、さらに減速を行った車両の最大減速度を算出した。小型車は平均最大減速度が 0.37m/s² となり、大型車は 0.13m/s² となっている。

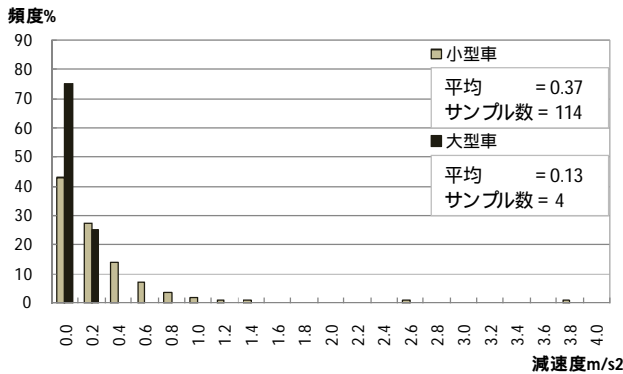


図 11 車種別の最大減速度分布

図 12 は b 地点での追従車両の速度と車頭時間の関係を示している。追従車両の速度別に平均車頭時間をプロットし、線形回帰を行った結果である。走行速度が上昇すると車頭時間が大きくなる

傾向がわかる。これは走行速度が速くなることで安全に停止できる距離が長くなるため、走行速度に応じて車頭時間を大きくとると考えられる。結果、走行速度が上昇すると車頭時間も大きくなる。大型車についてはサンプル数が少ないため小型車についてのみ行った。

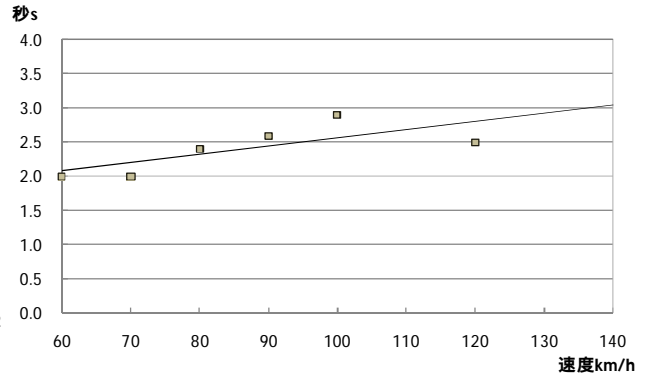


図 12 車頭時間と速度の関係（小型車）

図 13 は追越し車線への車線変更に伴う時間を示している。追越し車両が追越し車線への車線変更の際に必要な時間は平均 3.5 秒という結果が得られた。さらに車線変更に伴う時間と速度の分析を行った結果、ほとんど相関は無く、走行速度と車線変更に伴う時間は関係ないことがわかった。大型車についてはサンプル数が少ないため小型車についてのみ行った。

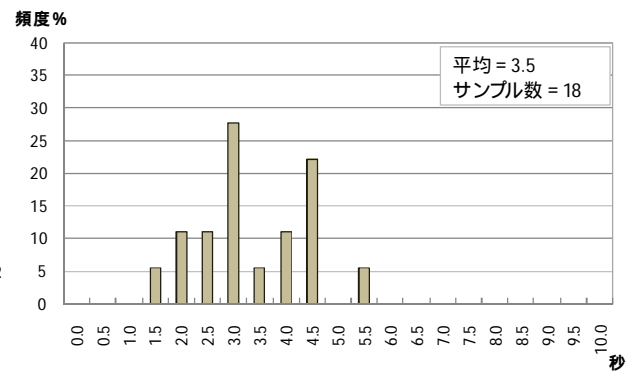


図 13 追越し車線への車線変更時間（小型車）

4. シミュレーションによる付加車線設置の検討
都市交通研究室の樋山が開発した暫定2車線道路の追従・追越し行動を詳細に扱う高速道路シミュレータを用いて、実際の観測データを入力データとした場合の適用可能性と付加車線設置の検討を行った。

4.1 高速道路シミュレータの再現性

実測結果をもとに行ったシミュレーション値と実測値で旅行時間の再現性の比較を行った。また、仮定値を用いて行った樋山のシミュレーション値との比較も行った。

図14は小型車の平均旅行時間分布を示している。平均旅行時間は誤差率が実測値と比べて、実測sim値で-0.9%、樋山sim値で-1.4%となり、十分な再現性が得られている。さらに実測sim値の方が樋山sim値より小さく、実測結果をもとに行った実測sim値の方が良い結果を得ることができた。旅行時間分布を実測値と比較するため χ^2 検定を行った。実測sim値の χ^2 値は28.0($\chi^2=28.9$ df=18 p=0.05)、樋山sim値の χ^2 値は30.2($\chi^2=28.9$ df=18 p=0.05)となり、最頻値は多少の誤差があるものの分布についても実測値とsim値で類似していることが言える。また、 χ^2 値は実測sim値の方が樋山sim値より小さく実測結果を用いた方がよい結果を得られた。

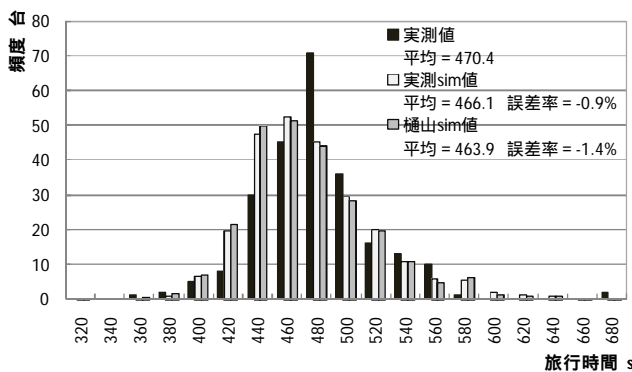


図14 平均旅行時間分布（小型車）

図15は大型車の平均旅行時間分布を示している。平均旅行時間は実測値と比べ誤差率が実測

sim値、樋山sim値ともに-4.5%であった。誤差率が大きい理由としては今回の調査で得られた大型車のサンプルが少ないことが一つ挙げられる。また、その影響で大型車のパラメータに樋山の仮定値を用いたためであると考えられる。大型車の旅行時間分布については実測sim値の χ^2 値は9.28($\chi^2=19.68$ df=11 p=0.05)、樋山sim値の χ^2 値は8.10($\chi^2=19.68$ df=11 p=0.05)となり、大型車の分布も実測値と類似していると言える。

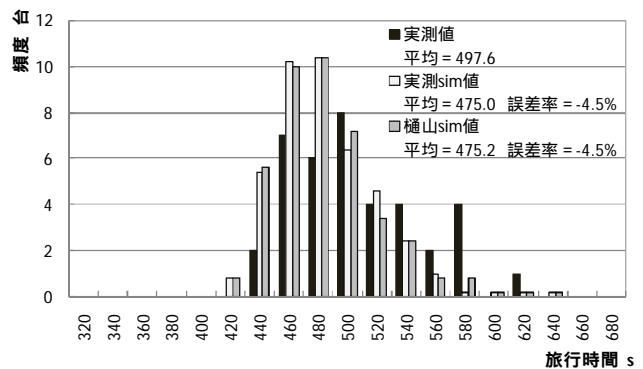


図15 平均旅行時間分布（大型車）

4.2 付加車線の設置効果

高速道路シミュレータを用いて付加車線設置の検討を行った。今回、路線長を10kmと仮定し、さらに交通需要（交通量200台/h・300台/h・400台/h、大型車混入率10%・20%・30%）を変化させ分析を行った。

図16は付加車線1箇所設置及び複数設置時の平均旅行時間（200台/h）を示している。付加車線が設置されている場合（1km）と設置されていない場合での付加車線の設置効果が大きいことがわかる。以降は付加車線長を延長することで緩やかに旅行時間が減少していくことがわかる。

図17は付加車線1箇所設置及び複数設置時の平均旅行時間（300台/h）を示している。付加車線長が4km程度までは付加車線の設置効果が大きいことがわかる。

図18は付加車線1箇所設置及び複数設置時の平均旅行時間（400台/h）を示している。付加車線長を延伸することで一様に旅行時間が減少し

ていくことがわかる。どの交通需要でも付加車線長を延長することで旅行時間が減少することがわかる。また、大型車混入率が高いほど旅行時間が長くなることがわかる。交通需要の少ない状態では長い付加車線の設置効果は小さく、交通需要が多い状態では付加車線の延長に伴い設置効果も大きくなることがわかる。

次に付加車線の総延長を等しくしたとして複数設置の場合と1箇所設置の場合を比較すると、1箇所設置時の方が旅行時間の短縮効果があることがわかる。よって、10km程度の区間に複数の付加車線を設置することは1箇所設置時よりも旅行時間の増加につながる。また、車線数の増減が短い区間で繰り返されることは交通条件が頻繁に変化することになり、交通安全面からも設置数は少ないことが望ましいと考えられる。

5. まとめと今後の課題

磐越道における交通流実態調査にもとづき付加車線区間での車両挙動の分析を行った。付加車線設置の検討を行い、車線長と設置間隔の関係を把握した。10km程度の区間に付加車線を設置する際、旅行時間の短縮効果や交通安全面から付加車線を複数設置するよりも1箇所設置した方が望ましいといえる。今後の課題として、大型車のサンプルを増やし、モデル精度の向上を図る。そのためには、撮影時間の延長、撮影日時の検討を行う必要がある。また、実際の付加車線の検討の際には費用対効果の観点からの議論も必要である。

参考文献

- 1) 新井、割田、桑原：都市高速道路における自由流速度への影響要因に関する研究、交通工学、Vol.43、No.5、2008
- 2) 吉川、塩見、吉井、北村：暫定2車線高速道路のボトルネック交通容量に関する分析、交通工学、Vol.43、No.5、2008
- 3) 樋山：追越行動を考慮した高規格2車線道路における付加車線設置に関する研究、長岡技術科学大学
- 4) 藤田：交通現象と交通容量、交通工学研究会
- 5) 武部：道路の計画と設計、交通工学研究会

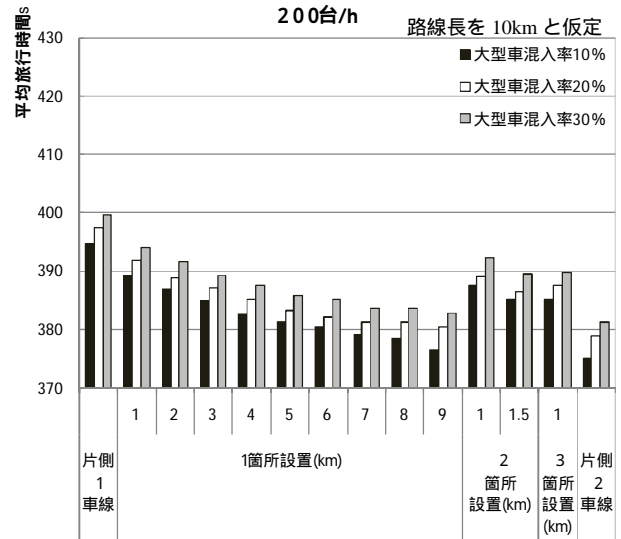


図16 付加車線1箇所及び複数設置時の平均旅行時間(200台/h)

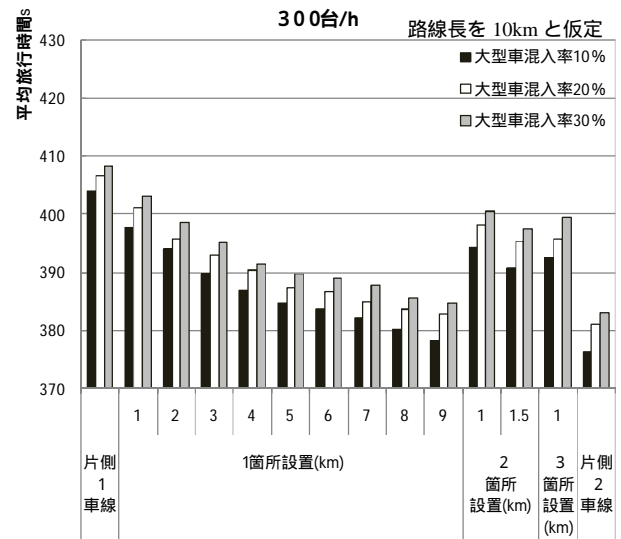


図17 付加車線1箇所及び複数設置時の平均旅行時間(300台/h)

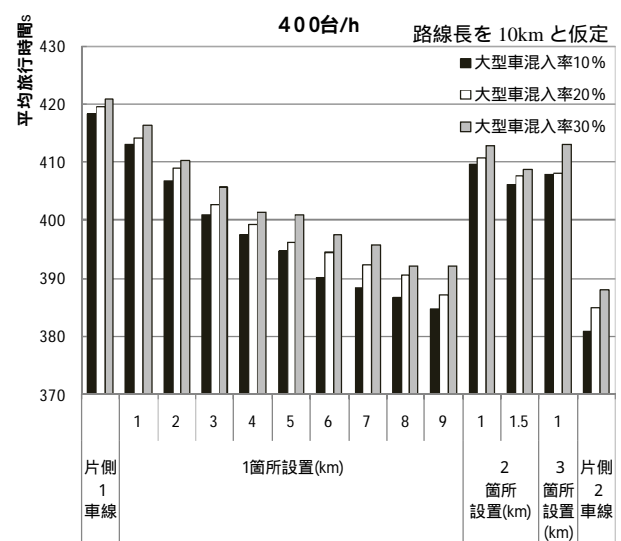


図18 付加車線1箇所及び複数設置時の平均旅行時間(400台/h)