

合流部付加車線延伸時の本線車両の挙動解析*

Examination of the Influence of Additional Line Length to Traffic Flow at the Merging Part of Expressway *

飯田克弘**・巽 義知***・隅本雄一***

By Katsuhiro IIDA**, Yoshitomo TATSUMI *** and Yuichi SUMIMOTO ***

1. はじめに

(1) 研究の背景

高速道路合流部における渋滞は、渋滞発生箇所における割合が高く¹⁾、合流部における渋滞対策は緊急の課題となっている。これに対し、現場では付加車線延伸という対策がとられた例がいくつかあり、定性的ではあるが渋滞軽減効果も報告されている²⁾。しかし、付加車線延伸とそれによる渋滞対策としての効果との定量的な関係は未だ十分に明らかにされていない。

上記の関係を把握するためには、まず合流部における交通挙動を把握し、その上で対策前後での交通挙動の変化を把握する必要がある。この交通挙動を計測する手法には定点ビデオカメラによる観測³⁾や試験車両による実走実験⁴⁾という手法があるが、観測結果がその時の周辺状況により大きく変化すること、付加車線長等の道路構造を変更することが困難であるといった問題がある。

これに対し筆者らは、Virtual Reality 技術の適用を試みた。この手法は、ビデオ解析システムとドライビング・シミュレータ（以下 DS）を用いた室内実験によって構成される。まずビデオ解析システムは、3DCG で作成された対象区間の道路モデルと、現地で撮影されたビデオ映像を用いて、3次元座標系における移動体の挙動を計測するものである⁵⁾。また DS は、3DCG で作成した仮想道路モデル上でドライバーが擬似的に運転できるシステムであるが、上述したビデオ解析による車両の挙動データを用いることにより、実際の交通流を 3DCG 上に再現することができる。筆者らはこの手法を用い、付加車線長の違いによる合流車両の挙動変化を分析した。その結果、付加車線を延伸した場合、特に本線の交通密度が高い場面において顕著に合流車両の挙動の自由度が増すことが明らかとなった⁶⁾。これは合流車両の視点で見ると付加車線延伸は渋滞対策の観点から

有効であることを示していると捉えることができる。

ただし、この研究では、付加車線延伸時に、本線車両より速い速度で合流する車両が多く確認されている。このような車両が合流するギャップの後方車両（以下、合流ギャップ後方車両）の観点から考えると、加速して前方車両との車間を詰めている時に合流車両と遭遇し、急減速などの挙動を余儀なくされる可能性は否定できない。また、合流ギャップ後方車両に車両が追従している場合、急減速の影響が上流に伝播することも考えられる。しかし、これらの影響については、先行研究の範囲では確認されていない。つまり付加車線延伸時の本線車両挙動を解析することが課題となっている。

(2) 研究の目的と構成

以上を背景として、本研究では先行研究と同様、Virtual Reality 技術の適用により、付加車線延伸時の本線車両の挙動を解析することを目的とする。なお、対象区間は、先行研究⁶⁾と同様に東名高速道路下り線三好 IC 合流部付近とする（図-1）。

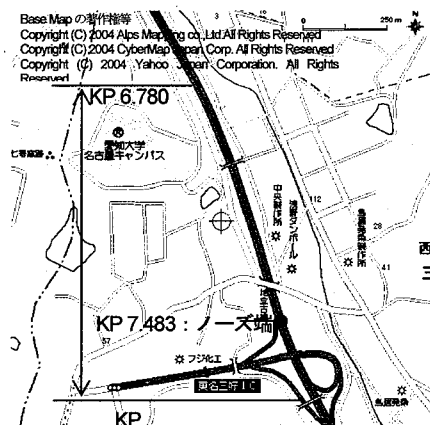


図-1 対象区間

*Keywords : 道路計画, 合流部

**正会員, 博士(工), 大阪大学大学院工学研究科

地球総合工学専攻

〒565-0871 吹田市山田丘 2-1

TEL: 06-6879-7611, FAX: 06-6879-7612

***学生員, 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

この検討を行うためには、まず室内実験データが現道での走行データを分析に適用可能な水準で再現しているかどうか(以下、現況再現性)を確認する必要がある。筆者らは、これまでに高速道路上の追従車両の挙動につ

いて現況再現性を確認している⁷⁾が、合流ギャップ後方車両の挙動についての確認は行っていない。そこで、本線車両の挙動解析を行う前に、DS 実験における合流ギャップ後方車両の挙動について現況再現性を確認する。

筆者らの先行研究では、同一被験者の、現道での走行実験データと、DS による走行実験データとを、評価指標を用いて直接比較することで DS 実験結果の現況再現性を確認している⁷⁾。しかし、この方法を合流ギャップ後方車両について適用するには、現道での走行実験において、合流車両が自車両と前方車両との間に合流してくる場面を捉えることが必要となる。現道での実走行実験において、自車両の前に車両が合流してくるとは限らず、上述した方法を採用することは難しい。

そこで本研究では、まず合流ギャップ後方車両の挙動が同様とみなせる群を選定する(2章)。次に、この群から無作為に抽出した場面の合流車両と周辺車両をDSで再現し、合流ギャップ後方車両としての走行実験を行う(3章)。そして、上述の群と室内実験結果から、それぞれ合流ギャップ後方車両の挙動に関する指標を算出し、これらの傾向を比較することで現況再現性を確認することとする(4章)。その上で、ギャップ後方車両の追従車両としての走行実験を行い(5章)、減速波および交通流率の観点から付加車線延伸時の本線車両挙動を解析する(6章・7章)。

2. 現況再現性確認に用いる現道の走行軌跡群の抽出

(1) 交通密度および空間平均速度に基づく合流ギャップ後方車両の分類

1.(2)で述べた通り、本章では合流ギャップ後方車両の挙動が同様とみなせる群を選定する。ここで、合流ギャップ後方車両は合流車や周辺車両等、様々な周辺条件から影響を受け、それにより挙動が変化すると考えられる。本研究では、まず、合流ギャップ後方車両の挙動に与える影響が大きいと思われる要因として、先行研究⁶⁾でも着目した本線走行車線の交通密度と空間平均速度に着目し、合流ギャップ後方車両を大別することとした。

このため、対象区間の渋滞発生直前の状況を撮影したビデオ映像 1 時間分から読み取れる全ての合流ギャップを対象に、先に述べたビデオ解析システムを用いて、その周辺の走行車線の交通密度と空間平均速度を算出した。具体的には、先行研究⁶⁾と同様、合流部ハードノーズ端から 150m 下流までの区間における本線車両(合流ギャップ後方車両を含まず)の台数および速度より交通密度と空間平均速度を算出した(図-2)。

図-2 に示した結果に基づき、交通密度に関しては、本研究は渋滞発生に着目していることから本線車が程度存在すること、また、サンプル数が確保できるこ

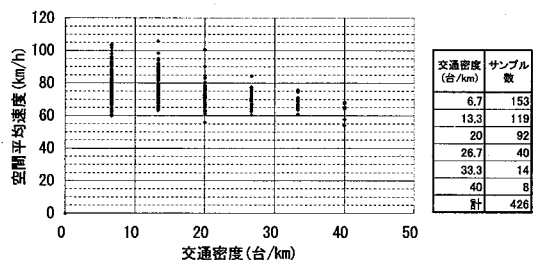


図-2 対象区間の交通密度と空間平均速度の散布図

とを理由に、20.0 台/km と 26.7 台/km の 2 区分を対象とすることとした。次に、それぞれの交通密度の区分ごとに空間平均速度の平均値を算出し、図-2 に示される各サンプルの空間平均速度がそれを上回る場合を速度高、下回る場合を速度低として分類した。

(2) 分析に用いる合流ギャップ後方車両の選定

次に、交通密度と空間平均速度以外の周辺条件の影響を相対化するため、以下の条件を満たす合流ギャップ後方車両を抽出した。

- ・合流車両が複数台連なっていない
- ・合流車両と合流ギャップ後方車両との速度比(合流車両の速度/合流ギャップ後方車両の速度)が 1 に近い
- ・計測区間内の本線車両の車間ができるだけ均等

最終的に、上記の条件を満たす合流ギャップ後方車両を交通密度 20.0 台/km のケースについて 16 サンプル、26.7 台/km のケースについて 14 サンプル選定した。

(3) 合流ギャップ後方車両が選択した挙動

合流ギャップ後方車両の挙動を定義し、(3)で抽出したサンプルが選択した挙動を判別した(表-1)。なお、その挙動については、次のことを考慮して定義した。

合流ギャップ後方車両は、合流車両が視認可能になる時点から合流車両が車線をまたぐ時点までの間で、車線変更、または車間の調節等の対応をとると考えられる。しかし、外部観測では、合流時の車間の変化が、合流車両に対応した結果なのかどうかは特定できない。そこで、対象とするサンプルが、合流完了後通常の追従走行を行う状況を対象に車間の変化量の範囲を 95%信頼区間で推定した。この結果は $3.41\text{m} \sim 0.64\text{m}$ となり、車間の変化量がこの範囲であれば、合流車両に対して意図的な調整を行わなかったと考えることにした。

以上のことから、本研究では合流ギャップ後方の本線車が選択する挙動を、合流車が視認可能になる時点から合流車の中心が車線をまたぐ時点までを挙動計測時間とし、以下のように定義した。

- ・避走：挙動計測時間内に車線変更を行った場合
- ・車間を詰める：挙動計測時間における車間の変化量

が3.41m 以下の場合

- ・ 車間を維持する：挙動計測時間における車間の変化量が3.41m 以上0.64m 未満の場合
- ・ 車間を開ける：挙動計測時間における車間の変化量が0.64m 以上の場合

表-1 より、避走が選択される割合が低いことから、避走以外の3つの挙動の選択に着目した。そして、サンプルごとの車間の変化量の算定値を用いて、交通密度と空間平均速度の水準により車間の変化量に違いは生じないことを帰無仮説とした2元配置の分散分析(有意水準5%)を行った。この結果を表-2に示す。

表-1 合流ギャップ後方車が選択する挙動

		空間平均速度					
		高			低		
		挙動	度数	割合(%)	挙動	度数	割合(%)
密度 (台/km)	20.0	車間を詰める	2	33.3	車間を詰める	1	10.0
		車間を維持する	1	16.7	車間を維持する	1	10.0
		車間を開ける	3	50.0	車間を開ける	8	80.0
	26.7	避走	0	0.0	避走	0	0.0
		車間を詰める	1	11.1	車間を詰める	0	0.0
		車間を維持する	2	22.2	車間を維持する	1	20.0
		車間を開ける	5	55.6	車間を開ける	4	80.0
		避走	1	11.1	避走	0	0.0

表-2 分散分析の結果

従属変数		車間の変化量(m)
F値 (有意確率)	分類変数1	0.651(0.427)
	分類変数2	1.721(0.201)
	交互作用	0.049(0.827)

分類変数1:交通密度 水準:20.0台/km, 26.7台/km

分類変数2:空間平均速度 水準:高, 低

表-2 より交通密度と空間平均速度の水準による効果について帰無仮説は棄却できず、それらの水準により車間の変化量に違いは生じないと考えられる。つまり、本研究で着目した条件下では、交通密度(20.0台/km, 26.7台/km)と空間平均速度の違いは車間の変化量に影響しない、すなわち挙動選択に影響しないと考えことができ、以降ではサンプルをプールし、現況再現性確認で使用する事とした。

3. 合流ギャップ後方車両としてのDS実験(実験1)

(1) 実験概要

対象区間(図-1)の3DCG道路モデルを先行研究(6)で使用したDS(図-3)で提示することで合流ギャップ後方車両としての走行実験を行った。

付加車線長については、現道と同じ200mとし、周辺車両の配置は2場面設定する(以下、場面1および場面2)。場面1, 2とは、2.(3)で示した現況再現性確認のための場面(30サンプル)から無作為に2場面抽出したものであり、合流ギャップ後方車両以外の車両を再現した。この2場면을提示映像とし、被験者が合流ギャップ後方車の運転手として自由に運転操作を行うDS

実験を行った。これにより、合流ギャップ後方車、直近の本線車、および合流車の座標データ、走行速度、および走行軌跡等の車両挙動データを得た。

(2) 被験者に対する事前説明と練習走行

被験者は運転免許取得歴1年以上の20代前半の男子学生30名とした。ここで、実験走行を開始する前には、被験者の実験に関する認識、ドライビング・シミュレータの操作習熟度を同程度とするため、以下に示す準備を行っている。

(a) 事前説明

被験者に対し、実験前に文書と口頭にて実験の目的、実験概要、DSの操作を含む実験走行時の注意事項等の説明を行った。実験概要については、高速道路本線合流部付近を走行してもらうことだけを伝え、普段通りの運転を心がけるよう指示をした。

(b) 練習走行

運転席に着座させた後、DSの操作説明を再度行い、以下に示す3パターンの練習走行を行った。

- ・ 練習走行1:単路部、周辺車両無し
- ・ 練習走行2:単路部、周辺車両有り
- ・ 練習走行3:合流部、合流車両・周辺車両有り

練習走行1はDSでの運転感覚(アクセル、ブレーキ、ハンドルの操作等)に慣れてもらうため、練習走行2は初速度にあったアクセルの踏み込み、ミラーの見え具合、および周辺車両がある状況に慣れてもらうため、練習走行3は、合流車両と遭遇する状況を理解してもらうためであることを被験者に伝え、十分慣れたと被験者から申告があるまで繰り返し行った。

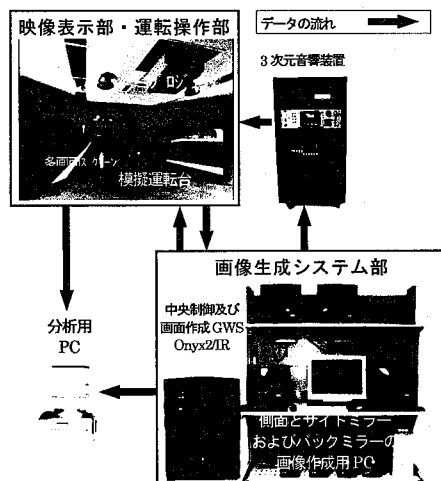


図-3 DSの構成

(3) 実験機材

実験で使用したDSは、ワークステーション、ビデオプロジェクター、多画面スクリーン、模擬運転台、およ

び3次元音響装置から構成される。多画面スクリーンは、正面 120inch、のスクリーン、左右 150inch のスクリーンで構成されており、正面のスクリーンは高性能のメインプロジェクター、左右のスクリーンはそれぞれに対応したプロジェクターで映像が投影される。また、サイドミラーおよびバックミラーの役割を果たす 3 台の液晶ディスプレイには後方風景の映像が表示される。これによって、正面から被験者の頭の位置までの距離が 2m の場合、周辺視を含めた 200° 以上の広範囲の視野角を確保できるとともに、サイドミラーによる後方の交通状況も確認することができる。

4. 合流ギャップ後方車両の現況再現性確認

(1) 現況再現性確認の方針

1.(2)で述べた通り、本研究では、現道で観測される結果と室内実験結果から、それぞれ合流ギャップ後方車両の挙動に関する指標を算出し、これらの傾向を比較することで現況再現性を確認する。まず、合流車への対応として選択する挙動の割合を比較する。そして、挙動の程度を表現する評価指標を定義し、その指標値に基づいて傾向を比較する。なお、本章における指標値の差の検定は、以下の手順に従って行った。

(c) 正規性の検定

各実験条件での結果について、評価指標に関する各データが正規分布に従うことを帰無仮説とし、有意水準 5%で kolmogorov-smirnov 検定を行う。

(d) 等分散性の検定

(a)で正規性が示された場合、母平均が等しいことを帰無仮説とし、有意水準 5%で levene 検定を行う。

(e) 平均値の差の検定 1

(b)で等分散性が示された場合、平均値が等しいことを帰無仮説とし、有意水準 5%で t 検定を行う。また、(b)で等分散性が棄却された場合、平均値が等しいことを帰無仮説とし、有意水準 5%で ウェルチ検定を行う。

(f) 平均値の差の検定 2

(a)で正規性が棄却された場合、平均値が等しいことを帰無仮説とし、有意水準 5%で wilcoxon の符合付順位検定を行う。

(2) 挙動選択の割合比較

合流ギャップ後方車両が選択する挙動の割合を比較した。なお、挙動および挙動計測時間の定義は 2.(4)で述べた通りである。図-4 より、本研究で着目した状況、すなわち交通密度 20.0 台/km~26.7 台/km の条件下では「車間を開ける」挙動を選択している運転者が、DS 実験、現道ともに多数を占めていることが分かる。

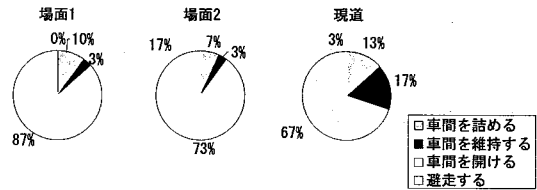


図-4 挙動選択の割合

(3) 「車間を開ける」挙動に着目した現況再現性確認

次に、選択率が高く、合流ギャップ後方車両に追従する車両に影響を及ぼすと考えられる「車間を開ける」挙動に着目し、評価指標を定義して、その指標値の平均値の差を検定した(表-3)。

表-3 平均値および平均値の差の検定結果

	車間の変化量(m)		2秒間減速度(km/h/a)		車間を開け始める地点(m)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
場面1	8.95	1.03	2.35	1.98	-71.37	34.41
場面2	13.67	1.33	1.84	1.57	-44.32	47.68
現道	8.64	1.21	1.61	1.55	-74.42	48.67
現道-場面1比較	-0.20(0.85)		-1.36(0.18)		-0.38(0.71)	
現道-場面2比較	-2.78(0.01)**		-0.48(0.64)		-2.07(0.04)**	

注) 車間の変化量、2秒間減速度については t 検定、車間を開け始める地点については wilcoxon の順位和検定を適用。

注) **: 有意水準 5%で帰無仮説が棄却されたもの。() 内は有意確率(両側)を表す。

(a) 車間の変化量

車間の変化量は、挙動の定義のものと同様、挙動計測時間における車間の変化量と定義する。

表-3 より、現道と場面 1 の平均値には差がないという結果になったが、現道と場面 2 の平均値には差が認められた。この理由としては、挙動計測時間の平均値が現道(6.8 秒)と場面 1(5.3 秒)は近いのに対し、場面 2(10.2 秒)は長く、たとえば、合流車両が入り易くするため車間を大きく開けたことが推察できる。

このことを確かめるため、現道で車間を開ける挙動を選択しているサンプルについて、挙動計測時間と車間の変化量の相関を見た結果(図-5)、(10.2 秒, 1.92 m)のサンプルを除くと挙動計測時間が長いと車間の変化量が大きくなることが分かった(相関係数: 0.513)。つまり、場面 2 では、上述した現道の傾向が現れていると考えられる。

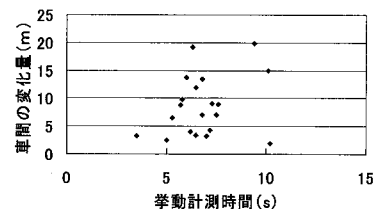


図-5 挙動計測時間-車間の変化量(現道)

(b) 2 秒間減速度

2 秒間減速度は、合流車両が視認できる時点以降に起こっている減速について、減速開始時から 2 秒間の減速度と定義する。2 秒間とした根拠は、先行車のブレーキランプを伴わない減速に対する後続車の運転者の反応時間は 1.65 秒とする研究成果を受けている⁹⁾。

表-3 より、現道と場面 1 および場面 2 の平均値に差がない、つまり 2 秒間減速度に関して同様の傾向が認められる結果となった。

(c) 車間を開け始める地点

車間を開け始める地点は、車間の変化量が 0.64m を越えた地点と定義し、合流部ノーズ端からの距離(m, 下流側が正)で表す。

表-3 より、現道と場面 1 の平均値には有意差が認められないが、現道と場面 2 の平均値には有意差が認められた。この理由として、合流車が視認可能になる地点(ノーズ端からの距離(m, 下流側が正)で表す)の平均値が現道では 104m、場面 1 では 97m となっているのに対し、場面 2 では 81m となっていることに着目した。つまり場面 2 では、合流車両への対応を現道や場面 1 より下流側で行うため、車間を開け始めるのが下流側になるのではないかと考えた。この根拠は、現道で車間を開ける挙動を選択しているサンプルについて、合流車が視認可能になる地点と車間を開け始める地点の相関を取った結果(図-6、相関係数: 0.660)に基づいている。

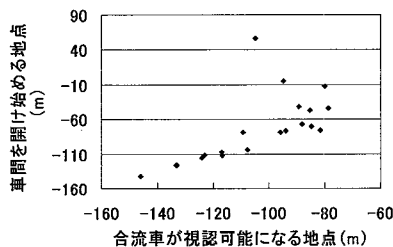


図-6 視認可能になる地点・車間を開け始める地点(現道)

(4) まとめ

以上の結果から、「車間を開ける」挙動に着目した場合、DS 実験における合流ギャップ後方車両の挙動は、場面 1 の状況下において現況再現性を確認することができた。また、場面 2 については、一部の指標で再現性を確認することができなかったが、その理由を考察することで、現道での傾向は反映されていると理解できた。

5. 本線追従車としての DS 実験(実験 2)

(1) 実験概要

4.での結果を踏まえ、合流ギャップ後方車両の追従車両として DS 実験(実験 2)を行った。具体的には、付

加車線長 200m, 600m の条件で、合流ギャップ後方車両の走行軌跡を DS の映像として再現・提示し、その後方を 9 人の被験者が追従する追従走行実験を 1 セットとし、これを 5 セット行った。なお、被験者は、運転免許取得歴 1 年以上の 20 代前半の男子学生 45 名とした。被験者に対する事前説明と練習走行および実験機材については、実験 1 と同じである。

(2) 実験で提示する合流ギャップ後方車両の走行軌跡

付加車線長 200m の条件下で提示する走行軌跡には、現況再現性を確認した場面 1 の「車間を開ける」挙動を示したサンプルの中から、後続車への影響を考慮し、2 秒間減速度が全サンプルの平均値、および 85% タイル値に近い走行軌跡を選定した(以下、場面 a, 場面 b)。

付加車線長 600m の条件下の走行軌跡を選定にあたっては、先行研究 6)の結果から、本線車より速い速度で合流する車両の軌跡を無作為に 2 種類抽出し、その時の周辺車両を併せて提示して、合流ギャップ後方車両としての実験を新たに行った。なお、これ以外の条件は実験 1 と同じとした。これらの実験結果から、1 章で課題とした、加速して前方車両との車間を詰めている時に合流車両と遭遇し、その前後で減速に転じる走行が多く観察された。そこで、該当する走行軌跡から、後続車両への影響を考慮して、2 秒間の減速度の最大値が該当サンプル全体の平均値、および 85% タイル値に近い走行軌跡を選定した(以下、場面 c, 場面 d)。

6. 付加車線延伸効果の検討

得られた実験結果に関して、渋滞発生時には減速波が上流増幅伝播することが確認されている⁹⁾ことから、合流ギャップ後方車の影響と見られる減速波に着目する。また、交通円滑性の観点から交通流率の変化に着目する。

以上の観点から、現況および付加車線延伸時の本線車両挙動を解析する。そして得られた結果を比較することで付加車線延伸効果について考察する。

(1) 減速波に着目した本線車両の挙動解析

ここで用いるデータ(図 7~10)は、追従実験の結果に基づく走行軌跡のプロットに、各車両の地点速度が等しくなる点を結んだ線(等速度線)を加えたものとなっている(以下では、簡略化のためこれらの図を速度コンター図と呼ぶ)。これらの図では縦軸が k_p 、横軸が実験開始からの経過時間(s)を示している。図中の左端の線が合流ギャップ後方車両の走行軌跡を表し、その右隣の線が車両 1、以降左から順に車両 2~9 の走行軌跡を表している。

まず、付加車線長 200m の条件下で実験を行った場面

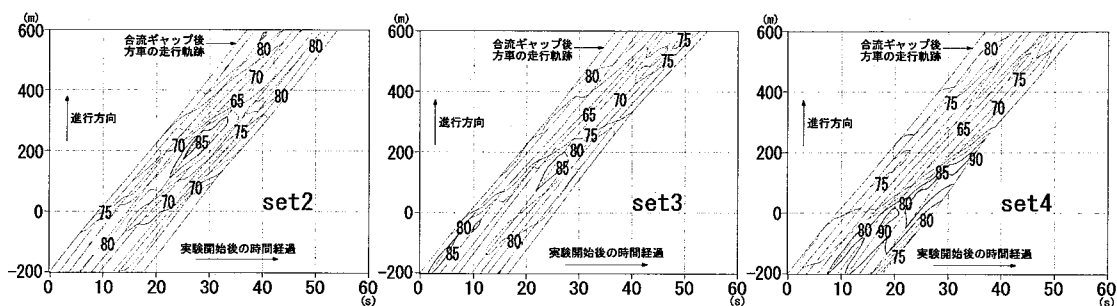


図-7 速度コンター図 (場面 a)

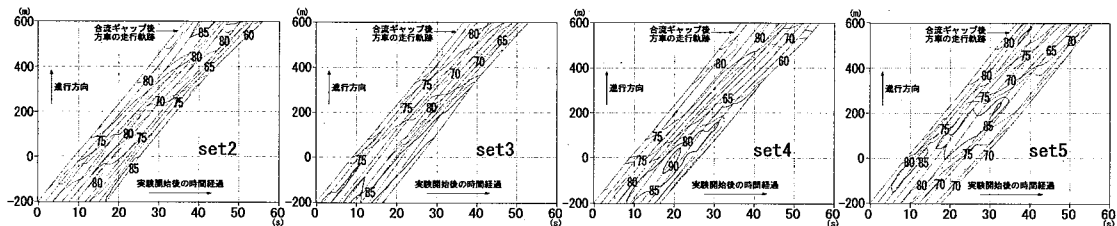


図-8 速度コンター図 (場面 b)

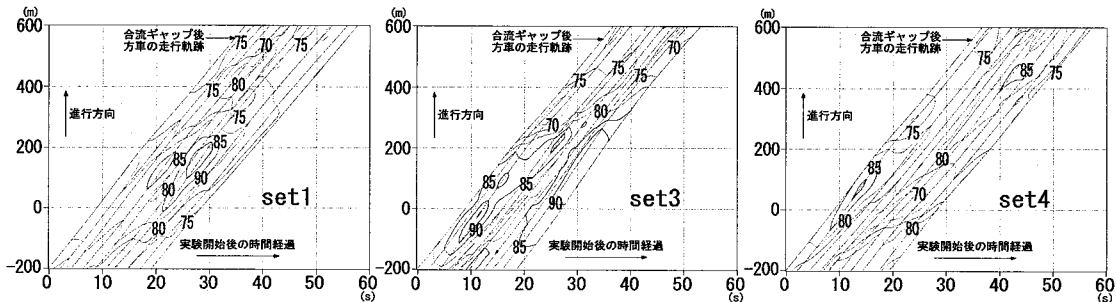


図-9 速度コンター図 (場面 c)

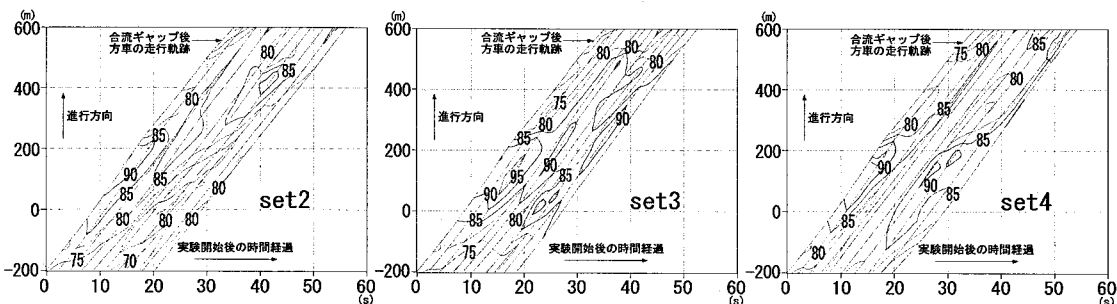


図-10 速度コンター図 (場面 d)

a では、合流ギャップ後方車両の影響と見られる減速波は set2, set3, set4 で発生していた (図-7) . また、場面 b では、合流ギャップ後方車両の影響と見られる減速波は set2, set3, set4, set5 で発生していた (図-8) . これらの特徴としては、下流側に流れながら増幅伝播する傾向にあることが挙げられる。

具体的には、場面 a では、実験開始後約 5~7 秒後に 7.45~7.4kp 付近で合流ギャップ後方車が 80km/h から 75km/h まで速度低下したことを起点に、set2 において車両 9 が 6.9kp 付近で 60km/h まで、set3 において車

両 4 が 7.15kp 付近で 65km/h まで、set4 において車両 5 が 7.1kp 付近で 65km/h まで減速を強いられる。

また、場面 b では、実験開始後約 8~9 秒後に 7.4~7.35kp 付近で、合流ギャップ後方車が 80km/h から 75km/h まで速度低下したことを起点に、set2 において車両 9 が 6.9kp 付近で 60km/h まで、set3 において車両 9 が 6.8kp 付近で 65km/h まで、set4 において車両 9 が 7.0kp 付近で 60km/h まで、set5 において車両 7 が 6.9kp 付近で 65km/h まで減速を強いられる。

場面 a, b では、減速波は下流に流れており、実験範

圈内で低速走行域は確認出来ないが、合流ギャップ後方車両を起点とした速度低下が後続車両に与える影響は明らかであるため、台数を増やすことによりある地点から減速波が上流増幅伝播に転じる可能性が考えられる。

一方、場面cでは、合流ギャップ後方車の影響と見られる減速波はset1, set3, set4で発生していた(図-9)。また、場面dでは、合流ギャップ後方車の影響と見られる減速波はset2, set3, set4で発生していた(図-10)。これらの特徴として、場面a, bの結果と比較して、減速波の増幅が大きくない傾向にあることが挙げられる。

具体的には、場面cでは、実験開始後約15~19秒に7.25~7.15kp付近で、合流ギャップ後方車が85km/hから75km/hまで速度低下したことを起点とした減速波が発生するが、set1において車両7が7.1kp付近で75km/hまで、set3において車両9が6.85kp付近で70km/h、set4において車両1が7.1kp付近で70km/hまで減速するに留まる。

また、場面dでは、実験開始後約15~20秒後に7.2~7.1kp付近で、合流ギャップ後方車が95km/hから75km/hまで速度低下したことを起点とした減速波が発生するが、set2において車両1が7.1kp付近で80km/hまで、set3において車両1が7.1kp付近で75km/hまで、set4において、車両1が7.05kp付近で75km/hまで減速するに留まる。

以上の結果から、本線車両より速い速度で合流する車両がいるという条件でも、付加車線長が600mの場合は、付加車線長200mの場合と比較して、減速波の増幅が大きくない傾向にあると言える。

既往研究において、車群が密な状態で構成されている方が、前方車両の挙動が後続車両に与える影響としては大きくなる傾向があることが確認されている¹⁰⁾。図-7~図-10より、場面c, dでは場面a, bに比べ車間を長く取る車両が多く、交通密度が低くなっていることが読み取れる。つまり、場面c, dは場面a, bより交通密度が低いため減速の影響が伝わりにくくなっていることが考えられる。

また、このような交通密度の低下は、合流車両が本線に入る前に、合流ギャップ後方車が加速することにより、車両1と車両2の車間に余裕が生まれ、この車間の余裕が後方に伝播することにより発生しているのではないかと推察できる。前述したように先行研究⁶⁾では、合流車両の挙動の自由度が増すことが示されており、この知見との関係が示唆される。

(2) 交通流率の変化に着目した本線車両の挙動解析

(1)で注目した、合流ギャップ後方車両により減速波が発生していると見られた走行データについて、交通流率を算出したものを図-11~図-14に示す。なお、交通

流率は対象区間内の10mごとに平均車頭時間を算出し、その逆数として算出している。

これらの図より、場面c, dでは、区間を通して交通流率の変動が比較的小さいが、場面a, bではノーズ端から300m付近で急激な変動が見られる。実験パターン数および1パターンの実験より得られるサンプル数の問題から、これらの結果と渋滞発生との関係を直接的に論じることは不可能であるが、少なくとも、付加車線を600mに延伸した場合の方が、図に見られる急激な変動の発生が抑えられている傾向があり、円滑な交通流が形成されていると言える。

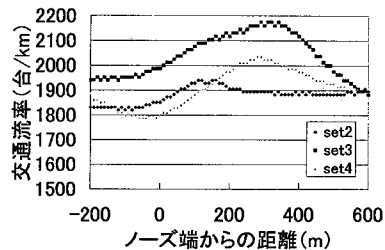


図-11 交通流率 (場面a)

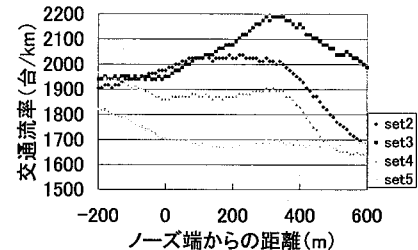


図-12 交通流率 (場面b)

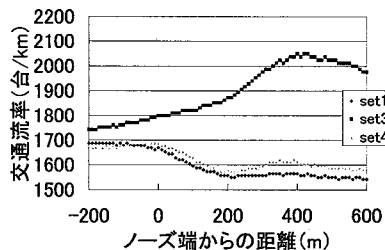


図-13 交通流率 (場面c)

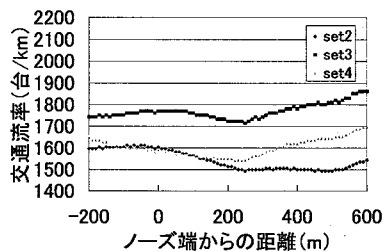


図-14 交通流率 (場面d)

7. まとめ

本研究では、付加車線延伸時（付加車線長 600m）の本線車両挙動を解析し、この結果を付加車線長 200m の場合に得られる結果と比較した。得られた結果から、少なくとも本研究で対象とした区間においては、付加車線長を 600m に延伸することにより、付加車線長 200m の場合に見られる減速波の増幅、および交通流の乱れが緩和される傾向にあるという、付加車線延伸の効果に関する知見を得た。この知見と先行研究 6) で得られた知見は課題となっていた付加車線延伸効果の定量化に寄与するものであると考える。

しかし、得られた知見を一般化するためには、本研究実験 2（追従実験）における実験パターン、すなわち合流条件の多様化、各追従実験におけるサンプル数増加が少なくとも必要である。また同時に、上述した効果と付加車線延伸とのメカニズム解明が必要となり、これらが今後の課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 岡村秀樹・渡辺修治・泉正之：高速道路単路部の交通容量に関する調査研究、高速道路と自動車、第 44 巻、第 2 号、2001。
- 2) 尾上一馬・米川英雄・榎永清：付加車線の設置効果、交通工学、vol.33, No.6, pp.49-58, 1998。

- 3) 巻上安爾・笠間良治：高速道路の合流現象における研究、土木計画学研究・講演集、No.20-2, pp.891-894, 1997。
- 4) 清水哲・山田敏：走行実験に基づく都市高速道路合流部の運転挙動に関する分析、土木学会年次学術講演概要集、第 4 部、vol.55, 2000。
- 5) 飯田克弘・安時亨：長区間の連続した 3 次元車両軌跡計測のためのビデオ解析システムの開発について、土木計画学研究・論文集、vol.21, No.4, pp.925-932, 2004。
- 6) 飯田克弘・隅本雄一・巽 義知・安 時亨：VR 技術の適用による合流部付加車線延伸効果の検討、土木計画学研究・論文集、vol.22, No.4, pp.905-912, 2005。
- 7) 飯田克弘・藤原一雅・河井 健・大口 敬：室内実験による渋滞現象の再現性検討と渋滞発生過程における交通流分析、第 22 回交通工学研究発表会論文報告集、pp.13-16, 2002。
- 8) D.シャイナー・野口薫・山下昇共訳：交通心理学入門、サイエンス社、1987。
- 9) 越 正毅・桑原雅夫・赤羽弘和：高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究、土木学会論文集、No.458, IV-18, pp.65-71, 1993。
- 10) 飯田克弘・河井 健・大口 敬・山岸将人・森 俊之：サグ部における車群先頭車両の速度推移特性が後続車両に与える影響の分析、土木計画学研究・講演集、No.24(2), pp.661-664, 2001。

合流部付加車線延伸時の本線車両の挙動解析*

飯田克弘**・巽 義知***・隅本雄一***

本研究では Virtual Reality 技術の適用により、付加車線延伸時の本線車両の挙動を解析することを目的とした。この検討を行うために、まず室内実験データが現道での走行データを分析に使用可能な水準で再現しているかどうか、つまり現況再現性を確認した。具体的には、合流車が合流するギャップの後方車の挙動について現況再現性を確認した。その上で付加車線延伸効果を本線車の視点から評価することを目標とし、合流車が本線車の挙動に与える影響を解析した。得られた結果から、付加車線長を 600m に延伸することにより、付加車線長 200m の場合に見られる減速波の増幅、およびボトルネック現象が緩和される傾向にあるという知見を得た。

Examination of the Influence of Additional Line Length to Traffic Flow at the Merging Part of Expressway *

By Katsuhiro IIDA**, Yoshitomo TATSUMI*** and Yuichi SUMIMOTO***

This Paper aimed to analyze the behavior of the vehicle affected by the length of additional lane. First of all, the reproducibility of the current state of the indoor experiment data was confirmed. Concretely, the reproducibility about the behavior of rear cars of the gap was confirmed. And then, in order to evaluate the effect of additional lane from the aspect of the main line car, the influence that the confluence car gave to the behavior of the main line car was analyzed. The finding was obtained tending of the amplification of the deceleration wave and the bottleneck phenomenon to being eased for 600m in additional lane length.