

VR 技術の適用による合流部付加車線延伸効果の検討*

Examination of the Effectiveness of Additional Line Length at the Merging Part of Expressway *

飯田克弘**・隅本雄一***・巽 義知***・安 時亨****

By Katsuhiko IIDA**・Yuichi SUMIMOTO***・Yoshitomo TATSUMI***・Sihyoung AN****

1. はじめに

(1) 研究の背景

今後予定される高速道路網の統合的整備により、分合流部を伴うジャンクションやインターチェンジは必然的に増加することとなる。ここで、合流部は高速道路において渋滞発生箇所にも占める割合が高いため¹⁾、合流部における交通現象の実態を把握し、渋滞対策を検討することは緊急の課題となる。また実際の事故件数は少ないものの、高齢者ドライバーの増加をはじめとする運転者の多様化等を考慮すると安全性の検討も必要であることが指摘されている。

これらの課題に対し、すでに現場では様々な取り組みが行われており、その中でも合流部における付加車線延伸については、定性的ではあるが渋滞軽減効果が報告されている²⁾。しかし、付加車線延伸による渋滞対策効果の定量的な実証は、分析のためのデータ収集が容易ではないなどの問題から、十分に行われている状況ではない。

(2) 既往研究

付加車線延伸による渋滞対策効果の定量的な実証のためには、様々な周辺状況（交通状況、自然条件等）の下で、付加車線長を変化させた場合の交通挙動、つまり周辺状況により影響を受ける合流車両、および本線走行車両の挙動を把握する必要がある。

この交通挙動を把握する既往の手法として、定点ビデオカメラによる観測³⁾が多く用いられてきた。しかし、個々の車両の挙動を詳細に解析するためには膨大な時間を要するといった問題、解析対象となる空間範囲が限定されるといった問題が一般的に指摘されている。一方、運転挙動を計測する機能を有した試験車両による実走実験⁴⁾という手法がある。しかし、実際の道路を使用するため、実験現場の確保、およびそれに関連する費用と時

間など様々な制約を受ける場合が多い。また、これら既往の手法に共通する問題として、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も挙げられる。

(3) 研究課題に対する Virtual Reality (VR) 技術の適用

これに対し筆者らは、VR 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・シミュレータを用いた室内実験の2つによって構成される。

a) ビデオ解析システム⁵⁾

ビデオ解析システムとは、ビデオ映像に記録された車両の走行状況を計測し、時系列の交通流データの出力と共に、ドライビング・シミュレータにおける車両挙動の再現を可能にするシステムである。以下にシステムの概要を示す。

まず、観測対象区間の道路状況を表す各種図書（平面図・縦断図・横断図等）から、3次元仮想道路空間（以下3DCG道路モデルと呼ぶ）を作成する。その3DCG道路モデルと、観測対象区間を撮影したビデオ映像をPCに読み込み、2つの画像に写っている地物（ガードレール支柱、レーンマーク等）を基準点とし、自動計算により位置合わせを行う（図-1）。これにより、本来2次元情報であるビデオの任意の地点が3DCGモデル上の情報として取り出すことが可能となる。この作業を、観測対象区間を撮影した全ビデオ映像に対して行う。

次に、ビデオ映像に記録されている全走行車両に任意の立方体を重ねて配置し、3DCG道路モデル上の座標として計測する（図-2）。この作業を、任意の時間間隔でビデオを進めながら、その都度対象車両の座標を計測し、連続した走行軌跡として記録を行う（図-3）。以上の操作を全計測車両に対して繰り返すことにより、対象車両群の計測が可能となる。

このビデオ解析システムの特徴として、まず、任意の時間間隔で走行軌跡を捉えることにより、観測目的にあわせた精度の走行軌跡抽出が可能であることが挙げられる。たとえば詳細な車両挙動を捉えたい場合、細かい分解精度（1~10frame間隔、1frame=1/30秒）でデータを

*Keywords：交通流，交通管理

**正員,博士(工),大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒565-0871 吹田市山田丘 2-1, TEL/FAX: 06-6879-7611/7612)

***学生員,大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻

**** 正員,博士(工),(株)オーデックス交通工学研究所
(〒532-0003 大阪市淀川区宮原 4-4-50, TEL: 06-6392-3715)

取得することができる。また、渋滞、事故分析の際、車象と直接関係しない車両に関しては、粗い分解精度（30～90frame 間隔）でのデータ取得も可能である。

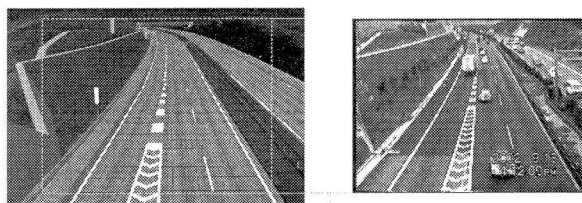


図-1 3DCG モデルとビデオ映像の位置合わせ

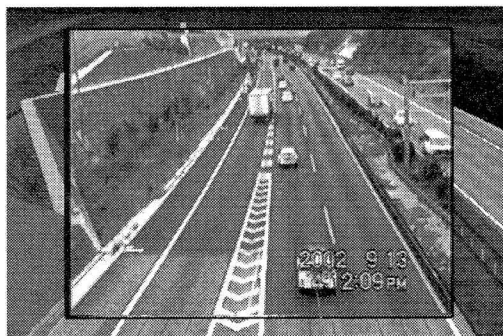


図-2 移動体への立方体配置



図-3 走行軌跡の記録

また、出力データのフォーマットをデータの利用目的に応じて変化させることも可能である。たとえば交通流等の解析を行う際、目的車両、車両群を指定し、走行軌跡データをエクセル形式およびテキスト形式で出力することが可能である。

b) ドライビング・シミュレータ

本研究で使用するドライビング・シミュレータは、3DCG 道路モデルを映像として提示し、これに対してドライバーが擬似的に運転できるシステム（図-4）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 道路モデル上に再現することができる。これにより、「任意の周辺状況下で付加車線長を変化させる」といった、付加車線延伸とその効果との関係の把握を行うための条件を満たす調査・実験が可能になった。

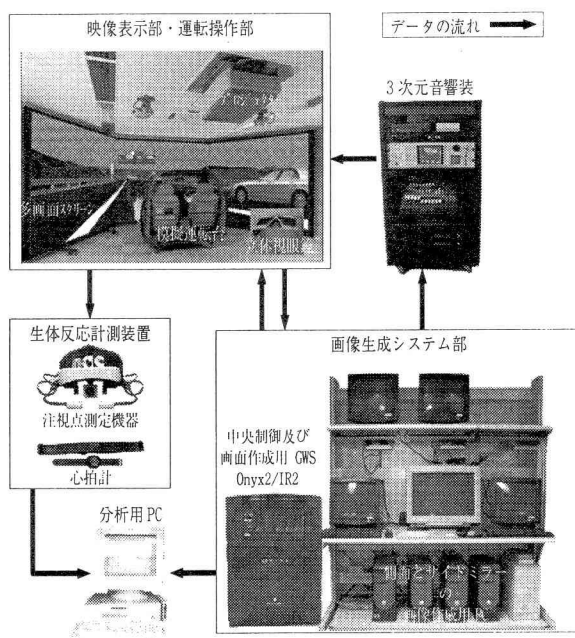


図-4 室内実験システムの構成

筆者らはこの手法を用い、高速道路合流車両を対象として、ドライビング・シミュレータによる室内実験結果と実走実験結果の整合性の検討を行った⁶⁾。結果として、選択する合流ギャップ、車線内走行位置、車頭間隔、合流車と周辺車両との速度比の項目について、ドライビング・シミュレータを用いた室内実験は実走実験に対する現況再現性を有することが確認された。

(4) 研究の目的

以上をふまえて、本研究では高速道路合流部を対象とし、ドライビング・シミュレータ上で周辺状況を制御し、かつ付加車線長を変化させた場面を再現する。そして、走行実験を通じて、この条件下での交通挙動を把握することにより、付加車線延伸効果を渋滞対策の観点から検証する。なお、本研究では合流部における交通挙動のうち合流車挙動に着目した結果を示す。

2. 実験条件の設定

実験条件として、渋滞対策を考える上で適当な付加車線長および周辺状況を設定する。ここで、周辺状況としては、合流車挙動に与える影響が大きいと考えられる本線交通状況について検討する。

(1) 付加車線長

付加車線長については、現行の設計基準を参考に 200m を基準とし、これと比較するパターンとして付加車線長 400m、600m を準備する。

(2) 本線交通状況

本線交通状況を構成する要因としては様々なものが挙げられるが、その中で特に合流車挙動に与える影響が大きいと考えられるものとして、速度(V)、交通流率(Q)、交通密度(K)、車群内の車間分布が考えられる。このうち速度、交通流率、交通密度については $Q=KV$ の関係が成り立つことから、本研究では場面選定の容易さを考慮して、速度と交通密度に着目して本線交通状況の設定を行った。なお、車群内の車間分布については、同程度の速度と交通密度であっても異なる場合が考えられるが、今回は実験規模の制約から、状況設定する要素の対象から除外し、可能な限り均一な車間分布を与えることとした。

交通密度については、渋滞対策を念頭においていることから交通密度がある程度高い状況に着目する。また速度については、高速域では合流車が本線に合流する際の難しさが増すことが考えられ、付加車線延伸効果が期待できるため、速度についても高い状況に着目する。つまり優先的に検討する場面として交通密度、もしくは速度の高い場面、すなわち高密度・高速、低密度・高速、高密度・低速の計3つの場面を設定した。

(3) 走行軌跡データ抽出

(2)で設定した本線交通状況3場面に対応する本線走行車両の走行軌跡データを、ビデオ解析システムにより抽出する。なお、抽出のための解析は以下 a)、b)に示すとおり2段階で行った。

a) ビデオ解析Ⅰ

最終的にドライビング・シミュレータで再現する本線交通状況3場面を決定するために、まず解析対象時間内全ての車両について、空間平均速度、交通密度のデータを収集した。

具体的には、本研究で検討の対象とする東名高速道路下り線三好 IC 合流部における、渋滞発生直前の状況を撮影したビデオ映像1時間分に記録されている走行車線の全車両を対象に、空間平均速度、交通密度の計測を行った。まず1台の車両に対して観測区間への進入時刻と流出時刻を計測し、観測区間長をこの進入と流出の時刻の差で除すことにより観測区間における車両の速度を算出した。この作業を分析対象とする全車両に行い、ある時刻における観測区間に存在する車両の台数により交通密度を求めた。またこれらの車両について先に求めた速度を平均することにより空間平均速度を算出した。

以上の結果得られたデータを基に、観測区間における交通密度と空間平均速度の関係を散布図に表した(図-5)。なお、観測区間はノーズ端から、ノーズ下流側 150m までの区間とした。

b) 本線交通状況の場面選定

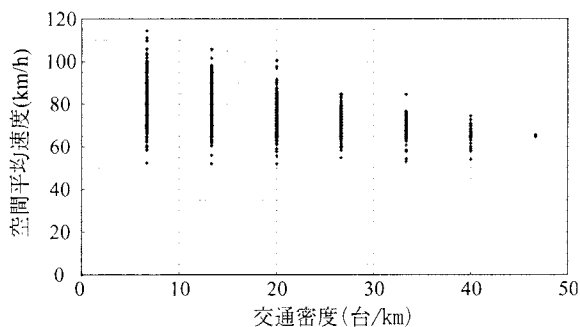


図-5 観測区間における交通密度と空間平均速度

図-5の結果に基づき、2.(2)で述べた3場面を選定する。まず密度に着目し、外れ値(47.6(台/1km))を求め、これを検討の対象から除外した。その結果、交通密度が高い状況として40.8(台/1km)を設定することとした。この交通密度を示すサンプルについて、空間平均速度の75%タイル値、25%タイル値を求め、高密度・高速および高密度・低速の場面を選定した。

低密度・高速の場面選定については、本研究の目的である「本線交通状況の違いによる合流車挙動の変化を把握」を目指すためには、提示する場面により合流車ドライバーが本線交通状況の違いを確認できる必要がある。このことから、先に選定した密度の高い2つの場面と比較して明らかに低い密度(27.1(台/1km))を採用することとした。空間平均速度は75%タイル値をとることとした。表-1に、選定した3場面の概要を示す。

表-1 選定した本線交通状況

	高密度・高速	低密度・高速	高密度・低速
交通密度	40.8(台/1km)	27.1(台/1km)	40.8(台/1km)
空間平均速度	73(km/h)	79(km/h)	67(km/h)

c) ビデオ解析Ⅱ

次に、選定した3場面の交通状況を、ドライビング・シミュレータを用いた実験で提示する映像として再現するために、実験時の被験者の視野範囲にあると想定される全車両の走行軌跡抽出を行った。

実験の走行区間は、東名高速道路下り線三好 IC のランプから合流車が本線内に合流を完了した地点までを想定している(図-6)。なお当然ながら、合流車は実験で設定する付加車線長のうち最長のもの(600m)のテーパー部分を越えて走行することはない。したがって、車両走行軌跡を抽出する範囲は、被験者が本線に合流するまで走行する最長距離と想定される付加車線長のパターン(600m)を基準として、その区間を走行する被験者の視野範囲とする。

ここで、走行軌跡を抽出する際の分解精度は、合流車に直接影響をおよぼすと想定される車群に関してはある程度細かい精度(15~30frame 間隔)で軌跡抽出を行い、

追い越し車線やこれ以外の視野範囲の車両に関しては粗い精度（30～90frame 間隔）で軌跡抽出を行った。

3. 室内実験概要

ビデオ解析Ⅱより得られた走行車両の軌跡を用いて、図-6に示す実験対象区間の3DCG道路モデル上に、表-1に示す本線交通状況を再現した。また、これと同時に3パターンの付加車線長も再現した。これをドライビング・シミュレータにおける提示映像とし、本線交通状況と付加車線長の組合せ条件下で被験者が合流車両の運転手として自由に運転操作を行い、被験者自身の意思で本線に合流する走行実験を行った。実際には、付加車線長3パターン×本線交通状況3パターンの計9パターンをランダムに配置し、各被験者は各パターンを5回走行するよう実験を設計した。なお、走行区間は付加車線の長さにかかわらず、三好ICランプ部から、本線合流後10秒走行した地点までとした。

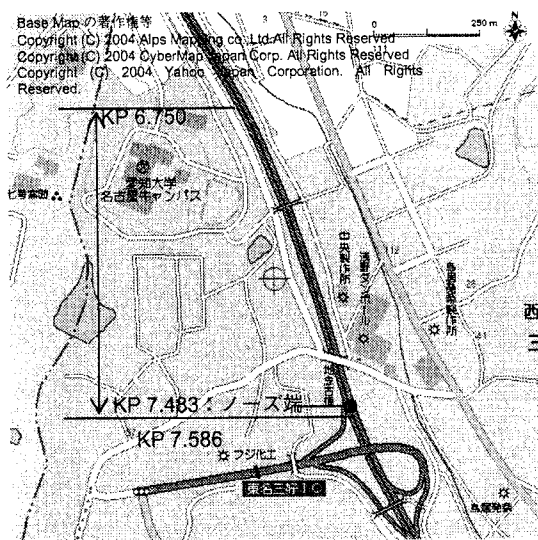


図-6 実験対象区間

これにより、以下に示すデータを収集した。ここで、アクセル使用量とブレーキ使用量は、全く踏んでいない状態を0%、最大に踏み込んだ状態を100%とした時の踏み込み割合である。車線内走行位置(m)とは、車線の中央から車両中心線までの距離を、進行方向に向かって右方向を+、左方向を-として表した値である。車線幅が3.5mなのに対し、実験走行する車両の幅を1.5mとしたため、左右いずれかのレーンマークを踏んだ時の車線内走行位置の絶対値は1.0mと表示される。なお、視線データは図-4に示したアイマークレコーダによって収集される。そして、視線の移動速度から視線運動を高速の視線移動運動とそうでないものに分類し、視線運動が高速でなければ、「注視」として扱った。この閾値としては、既往

研究の知見を参考に10deg/secの値⁷⁾を用いている。

- ・ 走行地点(kp)
- ・ 走行開始時からの時間(秒)
- ・ 走行速度(km/h)
- ・ アクセル使用量(%)
- ・ ブレーキ使用量(%)
- ・ 前方車両との車間距離(m)
- ・ 車線内走行位置(m)
- ・ ハンドル回転角(°)
- ・ 視線データ
- ・ 心拍数(拍/分)

なお、実験の被験者は、運転免許取得後1年以上経過している20代前半の男子学生30名とした。

4. 評価指標の設定

本研究では上述した通り、合流車挙動に着目し、高速道路合流部における付加車線延伸効果を渋滞対策の観点から評価することを目指す。以下では合流車挙動の把握を行うための分析に用いる評価指標について述べる。

まず、本研究で実験対象とした東名高速道路下り線三好IC合流部における付加車線長200m、400m、600mの場面で、実走行と室内実験走行の結果から算定される評価指標値の間に整合性が示される必要があると考えた。ここで、先行研究⁶⁾では、本研究と同じ実験対象区間において、合流ギャップ、車線内走行位置、車頭間隔、合流車と本線走行車両との速度比について、ドライビング・シミュレータを用いた室内走行実験の現況再現性を確認している。この結果を受け、合流ギャップを用いた評価指標として選択ギャップ分布、車線内走行位置を用いた評価指標として合流位置、速度比を用いた評価指標として合流時相対速度を評価指標として用いることとする。

(1) 選択ギャップ分布

選択ギャップは、合流車が本線に合流した時点で位置しているギャップとして定義する。異なる走行条件間での選択ギャップの比較を定量的に行うために、各場面についてギャップに番号を割り当てた。具体的には、実験走行開始時に合流車が位置している地点の真横に位置するギャップをギャップ番号「0」とし、これより上流側の車間を負、下流側の車間を正の整数で表した。図-7は高密度・高速の場面におけるギャップ番号を、Time-space図とともに示している。この選択ギャップの分布の形状を比較することにより、合流車が選択できるギャップの自由度を考察する。この分布が狭ければ、選択できるギャップの自由度は低いといえ、この分布が広がれば、選択できるギャップの自由度が高いと考えられる。

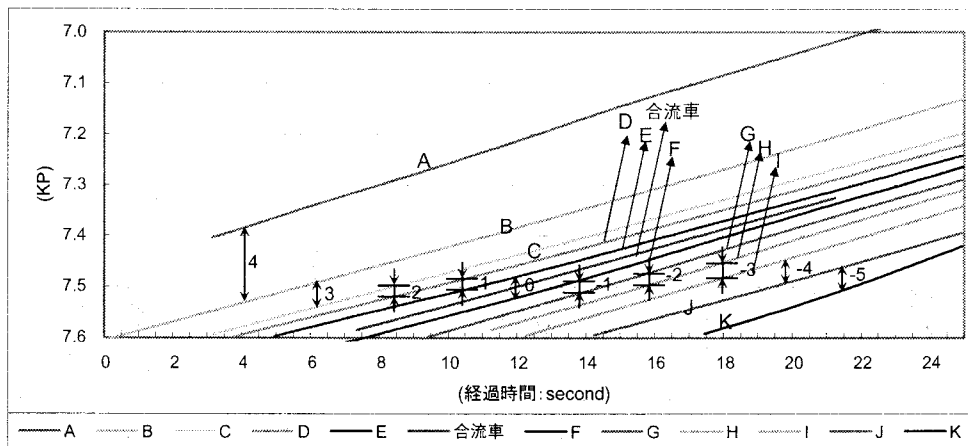


図-7 高密度・高速場面の Time-Space 図とギャップ番号

(2) 合流位置分布

合流位置は、付加車線上において合流車がレーンマークを踏んだ地点を合流位置とし、ノーズ端からこの地点までの距離で表す。この合流位置の分布の形状を比較することにより、合流車が選択できる合流位置の自由度をはかる。この分布が狭ければ、選択できる合流位置の自由度は低いといえ、この分布が広ければ、選択できる合流位置の自由度が高いと考えられる。

(3) 合流時相対速度

合流時相対速度は、合流時における合流車の速度と本線交通流の速度との速度比として定義する。この合流時相対速度が1に近いほど、合流車は本線交通流の速度に近い速度で合流できたと考えられる。また、合流時相対速度が1を上回る場合は合流車の速度が本線交通流の速度より高い状態で合流し、1を下回る場合は合流車の速度が本線交通流の速度より低い状態で合流したと考えられる。

5. 実験データ分析

(1) 評価指標の検討方法

室内実験により得られたデータから、4において定義した3つの評価指標について被験者ごとに評価指標値を算出し、付加車線長3パターン×本線交通状況3パターンの計9パターンについて平均値を求めた(表-2, 表-3, 表-5 参照)。そして、各本線交通状況について、異なる付加車線長を提示した場合の評価指標値を比較した。

なお、評価指標値を比較検討する際の平均値の差の検定は、以下の手順に従って行った。

a) 正規性の検定

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。

b) 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。

c) 平均値の差の検定

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。

また 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 の符号付順位検定を行う。

(2) 各評価指標についての分析結果

a) 選択ギャップ分布

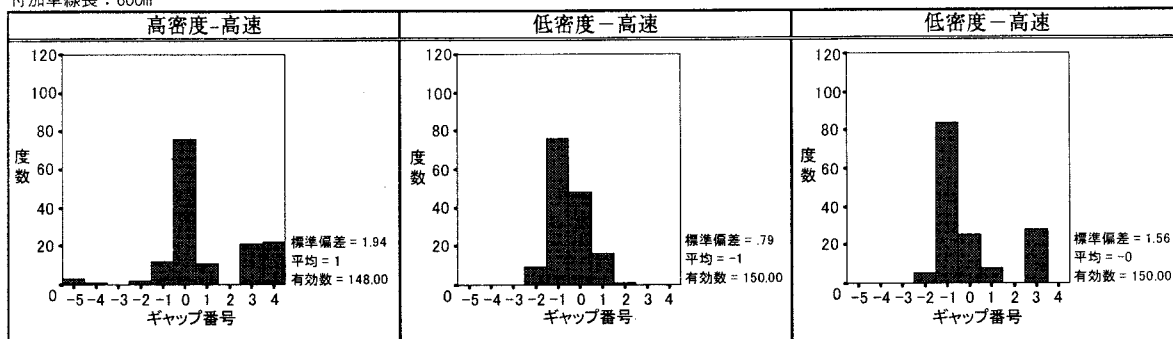
表-2より、まず付加車線長の違いに着目すると、全ての本線交通状況について、付加車線長が200mから400m、600mと延びるにつれて、平均値が大きくなる傾向にあることが分かる。さらに、付加車線長400mと600mでは有意差が認められなかったが、付加車線長200mと400m、200mと600mでは有意差が認められ、選択ギャップは本線交通状況に関わらず、付加車線長200mより400m、600mの場合、平均値が有意に大きいという結果になった。このことは、付加車線長を200mから400m、600mに延伸することにより、選択できるギャップの範囲が広がることを示している。

表-2 選択ギャップ分布の平均値と有意差検定結果

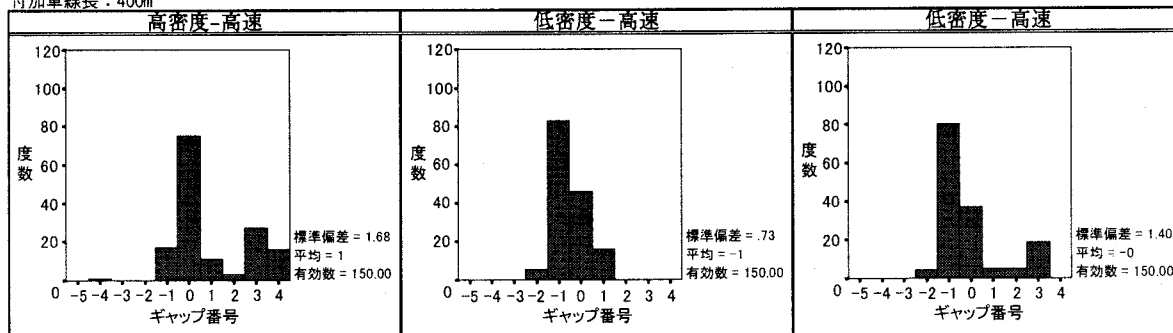
本線交通状況 付加車線長	高密度-高速		低密度-高速		高密度-低速	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
600m	0.86	1.94	-0.51	0.79	-0.01	1.56
400m	0.94	1.68	-0.51	0.73	-0.01	1.40
200m	0.15	1.16	-0.73	0.55	-0.61	0.61
400m-600m比較	-0.69(0.49)		0.15(0.88)		-0.97(0.33)	
200m-600m比較	-4.76(0.00)**		-4.54(0.00)**		-5.52(0.00)**	
200m-400m比較	-5.69(0.00)**		-4.53(0.00)**		-5.19(0.00)**	

(注) **: 有意水準5%で帰無仮説が棄却されたもの

付加車線長：600m



付加車線長：400m



付加車線長：200m

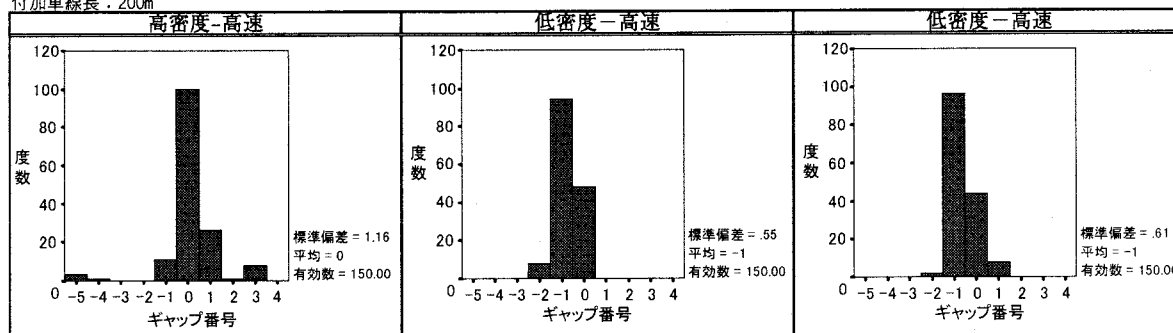


図-8 選択ギャップ分布の度数分布表

さらに図-8より、付加車線長 400m, 600m の場面を詳しく見ると、低密度の場面より高密度の場面において、選択ギャップ分布の形状が広がっていることが分かった。

以上のことから、特に交通密度が高い場合、付加車線長を 200m から 400m, 600m に延伸することにより、合流車が選択できるギャップの自由度が増すことが考えられる。

なお、高密度の場面について、付加車線長 200m と 400m, 200m と 600m で有意差が認められた理由を考察すると、以下になる。図-8において、高密度の場面の付加車線長 400m, 600m の分布図を見ると、下流側のギャップ（ギャップ番号にして 3 もしくは 4）に合流する車両が存在していることが分かる。つまり、付加車線長が延伸されることにより、高密度の車群を回避し、下流側の広いギャップに合流することが可能になったためと考えられる。

b) 合流時相対速度

表-3より、全ての本線交通状況について、付加車線長 200m より 400m, 600m の方が平均値は有意に大きく、その値は付加車線長が延びるにつれて 1 から増加してゆく傾向にあることが分かる。合流時相対速度は「1 に近いほど本線交通流の速度に近い速度で合流できる」と定義していることから、平均値が 1 から離れる方向に増加する傾向にあることは、付加車線長が 200m, 400m, 600m と延びるにつれて、合流時の合流車の速度が本線交通流の速度より高い速度で合流していたことを表している。

ここで、5.(2) a) で述べた通り、付加車線長が 400m, 600m の場面では、高密度の車群を回避するために、下流側の広いギャップに合流したサンプルが確認されている。このような回避を伴い合流するためには、当然加速が必要であると考えられる。このことから、付加車線長 400m, 600m で高密度の場面における、高い相対速度の

表-3 合流時相対速度の平均値と有意差検定結果

本線交通状況 付加車線長	高密度-高速		低密度-高速		高密度-低速	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
600m	1.125	0.24	1.081	0.11	1.102	0.18
400m	1.118	0.25	1.076	0.11	1.095	0.18
200m	1.002	0.14	1.052	0.11	1.022	0.07
400m-600m比較	-0.58(0.56)		-0.20(0.84)		-0.64(0.52)	
200m-600m比較	-5.79(0.00)**		-2.70(0.00)**		-5.75(0.00)**	
200m-400m比較	-4.07(0.00)**		-2.83(0.00)**		-4.61(0.00)**	

注) **: 有意水準 5% で帰無仮説が棄却されたもの

サンプルの増加は、付加車線長が 200m から 400m, 600m になることにより、下流側の広いギャップに合流するために加速した車両が原因であると推測できる。

この検証を、付加車線長 400m, 600m において、下流側の広いギャップに合流した時の相対速度と、付加車線長 200m において合流した時の相対速度を比較することにより行った。具体的には、まず高密度で、付加車線長 400m, 600m とした 4 つの場面における、下流側の広いギャップに合流した被験者の速度をサンプルとして抽出した。次に、高密度で付加車線長 200m の場面から、上述したサンプルと同一被験者の速度をサンプルを抽出した。そして、高密度・高速、高密度・低速それぞれの場合について、付加車線長 200m のサンプルの平均値と、付加車線長 400m, 600m のサンプルの平均値を比較した。これらのサンプルの平均値を算出し、平均値の差の検定を行った結果を、表-4 に示す。

表-4 抽出したサンプルの合流時相対速度の平均値

場面	平均値
高密度-高速、600m のサンプル	1.64
対応する高密度-高速、200m のサンプル	1.12
高密度-高速、400m のサンプル	1.65
対応する高密度-高速、200m のサンプル	1.11
高密度-低速、600m のサンプル	1.44
対応する高密度-低速、200m のサンプル	1.08
高密度-低速、400m のサンプル	1.54
対応する高密度-低速、200m のサンプル	1.06
高密度-高速、600m-200m 比較	10.38(0.00)**
高密度-高速、400m-200m 比較	18.08(0.00)**
高密度-低速、600m-200m 比較	-5.24(0.00)**
高密度-低速、400m-200m 比較	-4.62(0.00)**

注) **: 有意水準 5% で帰無仮説が棄却されたもの

結果として、4 つの場面全てについて、200m から 400m, 600m に延びることで、平均値が有意に大きくなるということが確認された。このことから、高密度の場面で、付加車線長 400m, 600m の場合に観測される高い相対速度のサンプルの増加は、下流側の広いギャップに合流するために加速した車両が原因であることが示された。

以上のことから、特に高密度の場面では、付加車線長が 200m から 400m, 600m に延びる場合、合流車が下流側の広いギャップに合流するために加速し、これにより評価値が 1 から離れる方向に増加したことが言えた。

本結果について、合流する側が高い速度を選択できるということから、合流時の速度の自由度が高くなるという解釈を行うことができる。

c) 合流位置分布

表-5 から、全ての本線交通状況について、付加車線長 200m より 400m, 600m の方が平均値は有意に大きいということが分かった。さらに付加車線長 400m, 600m の場面を詳しく見ると、低密度の場面では 400m, 600m の代替案の平均値に有意差はないが、高密度の場面では 400m より 600m の方が平均値は有意に大きいことが確認できた。これは特に高密度の場面においては、付加車線が延びるにつれて合流位置がより下流に移行する傾向を示している。

表-5 合流位置分布の平均値と有意差検定結果

本線交通状況 付加車線長	高密度-高速		低密度-高速		高密度-低速	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
600m	181.3	127.30	137.3	92.93	159.2	126.62
400m	162.2	103.12	129.9	71.19	144.9	104.51
200m	94.1	38.08	87.4	36.93	86.7	36.07
400m-600m比較	-2.29(0.02)**		-0.54(0.59)		-2.27(0.02)**	
200m-600m比較	-8.07(0.00)**		-6.50(0.00)**		-7.23(0.00)**	
200m-400m比較	-7.27(0.00)**		-7.32(0.00)**		-6.82(0.00)**	

注) **: 有意水準 5% で帰無仮説が棄却されたもの

では、付加車線長をどの程度延伸すれば合流する側にとって最大の効果が得られるのかを把握するために、付加車線長 400m, 600m それぞれの場面において、合流位置 250m から 600m まで 50m 刻みに、その位置までに合流したサンプルの数およびその累積%を算出した。

表-6 から、少なくとも付加車線長が 500m あれば合流車は希望する位置に合流できると考えられる。平均値の差の検定結果とあわせると、本線が高密度の状況では、付加車線長 200m で起こっている状況を回避し、余裕を持った合流を行うことが可能な付加車線長の値は 400m から 500m の間に存在することが推測できる。

表-6 付加車線長別合流位置の累計

合流位置(m)	付加車線長400m			付加車線長600m		
	サンプル数	累積度数	累積%	サンプル数	累積度数	累積%
0~250	370	370	82.22	359	359	79.77
~300	32	402	89.33	23	382	84.88
~350	30	432	96	19	401	89.11
~400	18	450	100	19	420	93.33
~450	—	—	—	20	440	97.77
~500	—	—	—	7	447	99.33
~550	—	—	—	3	450	100
~600	—	—	—	0	450	100

6. まとめ

分析の結果から、付加車線長を 200m から 400m, 600m に延伸することにより、特に本線交通状況が高密度の場面において顕著に合流車挙動の自由度が増すことが、多

角的な視点から確認できた。また合流車の観点から見た、望ましい付加車線長の値は、400m から 500m の間に存在する可能性を示唆することができた。これらの知見は、これまで実現象を考慮した合流部の交通挙動解析に取り組んだ調査、研究が少ないことを考慮すれば、今後の高速道路合流部における付加車線設置に際し、重要な指針を与えると同時に、合流部の現象把握を行う上での貴重な成果となると考える。

しかし、本研究は検討の前提として合流する側の視点から、本線状況を変化させた状況下で、付加車線延伸の効果を検討しているため、本研究の結果だけをもって「合流する側、される側両方の視点から、付加車線延伸は渋滞対策として効果がある」と断定することはできない。今後は、両方の視点から付加車線延伸が渋滞対策の観点から効果があることを確認するために、本線走行車両の視点、つまり合流される側からの視点を考慮に入れて、合流部全体としての交通流の解明を検討する。

最後に、本研究の実験条件企画と実験結果の評価にご意見を頂いた東京都立大学の大口敬先生に感謝の意を表す次第である。

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・榊永清：付加車線の設置効果，交通工学，vol.33，No.6，pp.49-58，1998.
- 3) 卷上安爾・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) 河井健・飯田克弘・安時亨・大口敬：ドライビング・シミュレータを用いた合流部走行実験の現況再現性，第23回交通工学研究発表会論文報告集，pp81-84，2003.
- 7) 福田亮子ほか：注視点の定義に関する実験的検討，人間工学，Vol.32 No.4，pp.197-204，1996.

VR技術の適用による合流部付加車線延伸効果の検討*

飯田克弘**・隅本雄一***・巽 義知***・安 時亨****

本論文では、本線の交通密度、空間平均速度の組み合わせを考慮し、異なる付加車線長に対する合流時運転行動の変化を調査分析することで、円滑な合流行動の面から付加車線長について検討した。分析結果から、付加車線長を200mから400m、600mに延伸することで、特に本線の交通密度が高い場面において顕著に合流車挙動の自由度が増すことが多角的な視点から確認できた。また合流車の観点から望ましい付加車線長の値は、400mから500mの間に存在する可能性も示唆することができた。これらの知見は合流部の現象把握を行う上での貴重な成果となると同時に、今後の高速道路合流部における付加車線設置に際し重要な指針を与えるものであると考える。

Examination of the Effectiveness of Additional Line Length at the Merging Part of Expressway*

By Katsuhiko IIDA**・Yuichi SUMIMOTO***・Yoshitomo TATSUMI***・Sihyoung AN****

In this Paper, the additional lane length was examined from the point of confluence driving action by investigating the change in the driving action according to different additional lane length. The experiment of this study was carried out with a driving simulator. As the result, it could be confirmed that the degree of freedom of the confluence car behavior increased from a diversified aspect in case when the length of additional lane extended from 200m to 400m or 600m. And the tendency was remarkable in the scene with high traffic density of the main line. Moreover, the value of preferable additional lane length from the viewpoint of the confluence car was able to be suggested existing between 400m and 500m.