

ドライビングシミュレータを用いた合流部走行支援情報システムの効果分析*

An Analysis of the Effect of Information System at Merging Section Using Driving Simulator*

清水哲夫**・安藤拓也***

By Tetsuo SHIMIZU**・Takuya ANDO***

1. はじめに

本研究では、首都高速道路の合流部を通過する車両に合流部の他車の存在や行動に関する情報を提供するシステムを研究の対象としている。首都高の合流部では、需要交通量に対して道路構造条件に十分な余裕がなく、ドライバーは非常に困難な運転を強いられ、これが渋滞や事故の原因となっていることは想像に難くない。その問題解決の方法として、概して空間制約から構造改良が難しいことからITSシステムの適用を視野に入れておくべきであろう。また、今後の地下空間での新規ネットワーク供用により地下空間の合流部が多数登場することも念頭に置けば、合流行動を支援するITSシステムを導入する意義は大変大きいと考えている。なお、今後10年程度で想定するシステムは、可変情報板や車載器を通じた何らかの情報提供システムであろう。

合流部の走行支援情報提供については、清水らの一連の研究で、首都高速道路や一般道路の実際の合流部を対象に、簡易な走行支援情報提供実験が行われている¹⁾²⁾³⁾。しかし、実道では実験条件の制御が大変困難であり、分析結果から得られる知見は大変限定的とならざるを得ない。そのため、本研究では、実験条件の制御が容易に行えるドライビングシミュレータ(以下DSと称す)を活用する。DSを用いた研究は徐々に増えつつあり、それらの結果を見る限りでは、危険な走行状態を再現する以外では、比較的信頼できる分析ツールとなっていると考えられる⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

本研究は、首都高合流部の合流車線走行車に対して可変情報板を通じて本線走行車の情報を提供するシステムをDS上で再現し、被験者による走行実験を通じて、ドライバーの合流部走行環境改善に及ぼす効果を分析することが目的である。



図-1 使用したDSシステムの写真

2. 構築したDSシステムの概要

(1) 使用するDSシステム

本研究で使用したDSは、慶應義塾大学川島・大門研究室が所有するもので、図-1のように、装置中央に車体を配置し、周囲を315度に渡って7面のスクリーンが設置されている。各スクリーンは模擬視界発生装置により走行場面の画像をリアルタイムで作成し、プロジェクタでスクリーンに投影する。車体には6軸の動揺装置が取り付けられている。以上の装置は主計算機で一括に制御される。主計算機では他車の挙動をシナリオとして自由に設定することができる。

もちろん、被験者が走行した時の車両挙動データ(速度、車間距離等)と運転操作データ(アクセル量、ブレーキ量等)、周辺車両の挙動データは詳細に記録される。同時に、ドライバーの表情や視線をビデオで記録し、心電計により心的負担感の代替指標であるRR間隔を取得している。

(2) 分析対象合流部

今回は、使用するDSのデータベースの都合上、首都高谷町ジャンクション(3号渋谷線から都心環状線外回り方向に合流する方向)を分析対象とする。

本合流部は、本線が右カーブをしており、加速車線も十分に確保されていない、大変合流しづらい合流部で

*キーワード: ITS, 交通制御

**正員, 博(工), 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻助教授(東京都文京区本郷 7-3-1, Tel: 03-5841-6128, e-mail: sim@civil.tu-tokyo.ac.jp)

***非会員, 修(工), 西日本旅客鉄道株

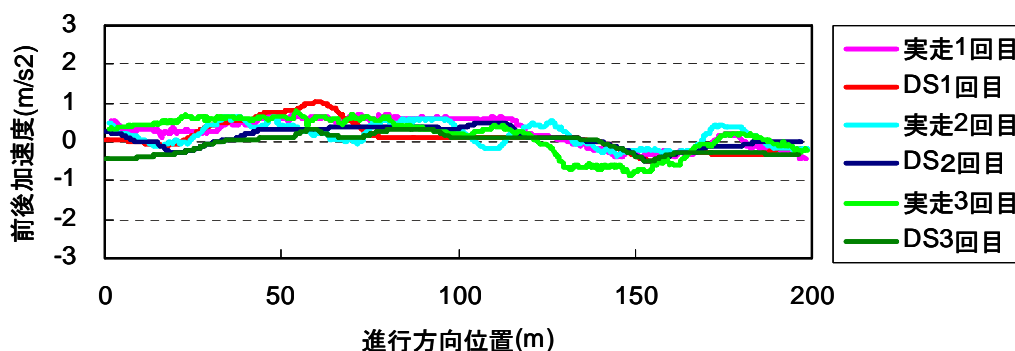


図-2 実走とDSによる加速度変化の比較



図-3 合流部走行支援情報システムの画像

ある。さらに、内回り方向が上部に覆い被さっていて、昼間でも暗く視認性が低い状況にある。

(3) DSの現況再現性確認

DSによる被験者の合流部走行特性を把握するために、5名の被験者に実際の谷町ジャンクションを3回走行してもらい、その時の走行環境をDS上に再現して、被験者にはそのことを知らせずにDSで谷町ジャンクションを走行してもらい、両方の車両挙動・運転操作を比較した。もっとも重要な比較対象変数は加速度である。図-2にある被験者の加速度時間変化を示す（以下のグラフでは、進行方向位置150mが合流開始可能位置、200mが加速車線終了位置である。）が、変化の傾向はDSと実走でだいたい一致している。全体的には1名だけが、DS上で過敏な挙動を示していた。一方、RR間隔については、これから合流しようとしている100～150mの低下傾向（心拍は増える）を比較的DSでも再現できていたが、加速度ほどは明確な再現性は確認できなかった。

3. 走行支援情報システムの概要

本研究では、手始めに全員が使えることを前提に、合流部走行支援情報を可変情報板等で提供することを考える。もちろん、車載器による提供が可能となれば、ド

ライバーの嗜好やスキルに合わせた情報提供が可能となる上に、何よりもどの車両に情報を出したのかがハッキリする、時々刻々と変化する情報提供も可能であるというメリットがある。

合流部では短時間での判断が要求されるため、提供できる情報量には自ずと限界がある。また、清水も確認しているように、現在の交通流状態を示す「現在情報」を提供することが望ましい¹⁾。以上を踏まえ、図-3に示す3種類の情報提供方法を考えた。

タイプ①は、本線に設定した検査区間（情報提供対象の合流車が加速車線に到達した時に相互に干渉する可能性がある車両が存在しうる範囲）に、車両が存在している間は「合流車接近」と表示し、存在しない時は何も表示しないシステムである。

タイプ②は、タイプ①の拡張版で、検査区間に1または2台車両が存在すれば「合流車多し注意」、3台以上で「合流車接近注意」を表示するシステムである。

タイプ③は、ガイドランプ形式であり、現在の本線車両の存在位置に赤いランプを点灯し、本線車両の挙動に呼応してランプが移動する仕組みである。

4. DSによる合流部走行支援情報提供実験の概要

3の合流部走行支援情報システムをDSに実装し、14

名の被験者に情報提供の実験を行った。各被験者は、本線交通量が多い場合と少ない場合の2つの情報なしのシナリオを練習で走行した後に、それぞれの交通量レベル別に情報なしと3種類の情報タイプのシナリオを1度ずつ8回走行してもらった。その後、被験者ごとに最も選好する情報タイプを選んでもらい、そのタイプで3度走行してもらったが、初回だけはわざとシステム障害が発生しているシナリオにした。

なお、視認性の悪い合流部における情報提供の効果を把握するために、分析対象合流部に実際には存在しない側壁を全てのシナリオで設置している。

被験者の構成は、東京大学の12名の学生と2名の教職員である。すなわち、大半は比較的運転に慣れていない被験者群である。

5. 実験結果およびその考察

(1) 選好する情報タイプ

被験者14名のうち、タイプ①を選好する被験者は存在せず、タイプ②が4名、タイプ③が10名であった。タイプ②を選好する被験者は、走行経験が浅く、通常の自動車利用も少ない層であった。この層は、ガイドランプ（本線車）の動きに過敏に反応するようであった。

(2) 合流部通過速度の向上効果

一般に、合流車よりも本線車の速度が大きいため、合流車は本線への流入時に加速する必要があるが、もしも両者の速度差が小さければ、より円滑な流入が可能となる。この時、情報があると分かれば、合流車線における事前の速度低下の度合いを小さくするかも知れない。この効果を把握するために、被験者ごとに3つの情報タイプの合流部通過時最低速度と情報がない時のそれを比較した。紙面の制約上、平均値の比較表のみを表-1に示す。

ここでは、選好する情報タイプでの最低速度が最も大きく、タイプ③を選好する被験者の最低速度向上効果がより大きいことが見て取れる。一方、タイプ②を選好する被験者は、本線交通量が多い場合の最低速度向上効果は見られない。

(3) 合流部通過時の急減速回避効果

情報提供により通過速度が大きくなるだけでなく、運転が安定することで減速の度合いや頻度も減少することが期待される。そこで、情報タイプ別に合流部通過時の最大減速度を比較した。平均値の比較表を表-2に示す。選好する情報タイプでは被験者の減速度が小さくなる傾向が見られている。なお、最低速度と同様に、タイプ②を選好する被験者は本線交通量が多い場合に情報の有無

表-1 合流部通過時の最低速度の平均値(km/h)

選好する情報タイプ	本線交通量少				本線交通量多			
	情報タイプ							
	なし	①	②	③	なし	①	②	③
2	47.2	48.5	53.6	51.1	49.9	43.5	48.5	42.5
3	51.5	55.0	55.0	55.9	41.0	43.3	38.4	52.1

表-2 合流部通過時の最大減速度の平均値(m/s²)

選好する情報タイプ	本線交通量少				本線交通量多			
	情報タイプ							
	なし	①	②	③	なし	①	②	③
2	1.76	1.03	0.51	1.02	2.23	2.09	2.21	2.85
3	1.94	1.89	1.22	1.38	2.89	2.80	2.86	1.96

で減速度の傾向に変化は見られなかった。

(4) 情報提供による心的負担感の軽減効果

予め情報があることが分かっていたら、合流部通過時にドライバーのドキドキ感が低減することが予想される。そこで屋井ら⁷⁾の方法論に倣って、被験者の1走行当たりの標準化RRIによる心的負担感の評価を行った。RRIが減少傾向にある局面でその累積の低下量を心的負担量と定義して、情報の有無や情報タイプによる相違を比較した。結果は割愛するが、情報による心的負担感の軽減効果は有意に現れなかった。

(5) 典型的な走行事例

紙面の制約上、最後に情報タイプ③が及ぼす効果についてのみ詳細に分析する。

図-4は、本線交通量が多い場合のある被験者の情報なしと情報タイプ③の車両挙動と運転操作を比較したものである。車両挙動の変数として速度を、運転操作の変数としてブレーキ踏み込み量と右方目視の有無を取り上げている。横軸は進行方向位置であり、実際にはない側壁の追加により150mの位置で初めて合流車が本線を直接確認することができる。情報がないケースでは、150mよりも手前でブレーキを踏み込んでいて、加速車線に到達した頃には速度が大幅に低下している。一方、情報タイプ③では、側壁のガイドランプを見ながら自車位置の微調整を行い、微少な速度低下だけで本線に流入できていることが見て取れる。情報タイプ③を選好する被験者の当該タイプでの走行は概ね図-4と同様の結果となっている。

一方で、情報タイプ②を選好する被験者は、情報タイプ③での走行で、ガイドランプを気にしすぎて逆に速度が低下するケースが見られている。また、情報タイプ③のシステム故障時に、ガイドランプとは異なる位置に存在した本線車にビックリして急減速するなど、経験の浅いドライバーへの情報提供のあり方や、システム故障時の対応方法など、実導入に向けた課題も同時に明らか

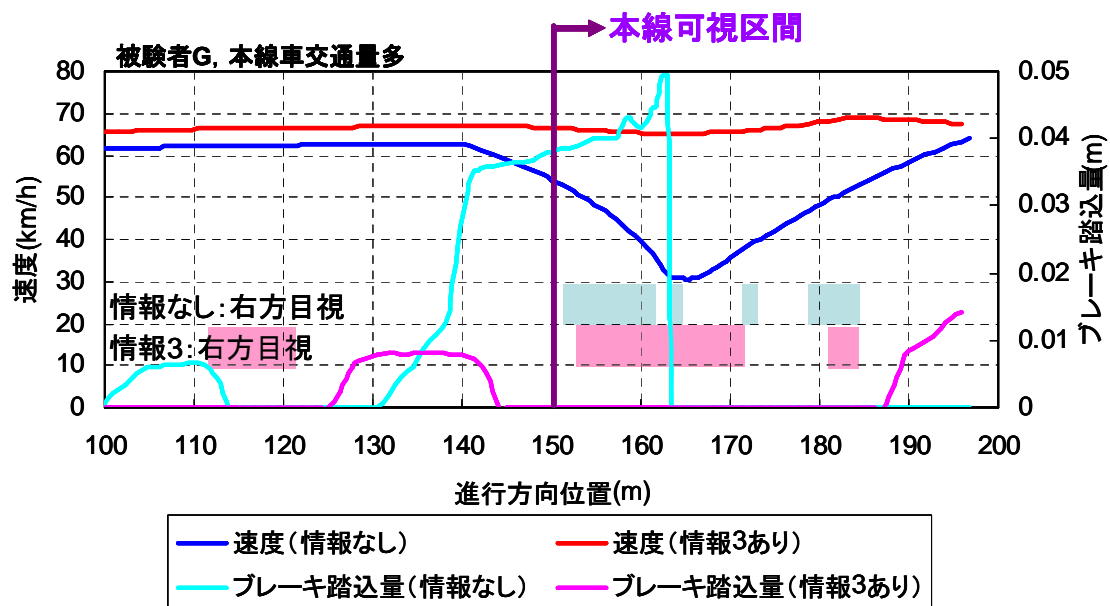


図-4 情報タイプ③と情報なしの合流部通過時車両挙動・運転操作の比較

となった。

6. おわりに

本研究は、首都高合流部の走行環境をDSで再現し、そこに3タイプの合流部走行支援情報提供システムを実装し、被験者実験を通じて、情報提供が合流部の走行改善に及ぼす効果を分析した。

被験者数やその属性が限られていることが前提であるが、運転に慣れた被験者ほどガイドランプ形式の情報を好むこと、情報提供により合流部の通過速度を向上し、急減速を回避できる可能性があること、多くのケースで情報提供により走行が円滑になった一方で、特にタイプ③では、運転経験の浅いドライバーが、ガイドランプに過敏に反応して走行の円滑性が低下してしまうケースが見られたこと、システム故障時にフェールセーフ性の問題があることが明らかとなった。

今後は、多様な被験者属性、走行環境シナリオにより継続的に実験を行うことと同時に、車載器を前提とした情報提供システムの実装も行う予定である。

謝辞：本研究は、国土総合技術研究所の委託研究である「ITS導入効果およびAHS技術に関する基礎的先端的研究（慶應義塾大学）」からの支援を頂いた。DSの使用に関しては、慶應義塾大学理工学部管理工学科川島教授、大門助教授、(株)三菱プレジジョンのご協力を頂いた。また、谷町ジャンクションの実走実験には東京大学生産技

術研究所桑原研究室所有の計測車両をお借りした。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 清水哲夫, 飯島雄一, 屋井鉄雄: 高速道路合流部における走行支援情報提供に関する一考察, 土木計画学研究・論文集, Vol. 19, No.4, pp.839-846, 2002.
- 2) 清水哲夫, 森地茂, 浅野美帆: 一時停止を伴う合流部における走行支援情報提供の考察とその実験方法, 土木計画学研究・論文集, Vol. 20, No. 4, pp.865-870, 2003.
- 3) 清水哲夫, 森地茂, 浜谷健太: 一時停止を伴う合流部におけるギャップ選択時の判断要因に関する分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 21, No.4, pp.861-868, 2004.
- 4) 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.
- 5) 平田輝満, 飯島雄一, 屋井鉄雄: 都市内地下道路における意識水準低下に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.28 (CD-ROM), 2003.
- 6) Yoshida, H., Yamada, M., Kamada, T. and Nagai, M : Driver Assistance System for traffic merging on highway - Experimental study using driving simulator, Proceedings of World Congress on Intelligent Transport Systems, 11 pages on CD-ROM, 2003.
- 7) 屋井鉄雄, 大橋正樹, 内田智也: 高速道路走行における心理的負担の計測と安全性評価に関する研究, 都市計画論文集, Vol.35, pp.541-546, 2000.