

二段階情報提供による安全合流支援システムの有効性検証*

Verification of Merging Assistance System by Two-Step Information Provision *

浅野美帆**・畠中秀人***・鹿野島秀行***・山下大輔****・長野和夫*****

By Miho ASANO**・Hideto HATAKENAKA***・Hideyuki KANOSHIMA***・Daisuke YAMASHITA****

・Kazuo NAGANO*****

1. はじめに

本論文は、合流部におけるドライバの認知過程を踏まえた二段階の情報提供による合流安全支援システムの提案と、その適用可能性検討を行ったものである。

我が国の都市高速道路は、都心部という制約が多い土地に短期間で整備されたこともあり、急カーブや合流部が多く、道路利用者にとっての走行負担が大きい。線形改良等のハード施策は膨大な費用と時間が必要なことから、警戒標識等の既存の情報提供方法に加えて、よりきめ細かな情報提供が可能なITSの活用が期待されている。中でも合流部は、他の箇所比べて事故率が大きく、情報提供により、ドライバの負担を軽減できる可能性があると考えられている¹⁾。

国土技術政策総合研究所では、ITS車載器を用いて安全な合流部走行を支援するAHS（走行支援道路システム）サービスの実現を目指して、サービス概念の確立を行い、ドライビングシミュレータ（DS）等による事前検証、首都高速道路における実道実験を通じて、効果検証を行ってきた²⁾³⁾。この安全合流支援システムは、合流部において合流車両が存在する場合は合流車存在情報を、存在しない場合は合流部の存在情報を本線車両に提供するものである。しかし、人間の認知行動は、静的情報である合流部の存在を認知した後、動的情報である合流車両を認知することから、それぞれの情報提供の適切なタイミングは異なると考えられる。

そこで本研究では、より人間の認知に即した情報提供手法として、「合流部の存在」「合流車両の存在」を二段階で情報提供するパターンを提案し、DSを用いてその有効性を検証した。

*キーワード：ITS、合流部、AHS

**正員、博（工）、国土交通省国土技術政策総合研究所
（茨城県つくば市旭1、TEL:029-864-4496、

E-mail: asano-m92ta@nilim.go.jp)

***正員、修（工）、国土交通省国土技術政策総合研究所

****非会員、修（工）、国土交通省国土技術政策総合研究所

*****非会員、修（工）、技術研究組合 走行支援道路システム開発機構

2. 既往研究の整理

平井ら²⁾の提案した安全合流支援システムの枠組みは以下の通りである。

- 1) 合流車を検知し、その速度に応じて本線車に適切なタイミングで注意喚起する。速度検知には超音波感知器を用いる。
- 2) 本線車への注意喚起は、DSRC路側無線装置とITS車載器間の無線による路車間通信方式を用いる。
- 3) ドライバへの注意喚起には、喚起音、音声、画像を用いる。合流部で合流車との錯綜が予想される場合は、合流車の存在を注意喚起する情報（図-1のAパターン）を提供し、そうでない場合にも合流部の存在を示す情報（図-1のBパターン）を提供する。

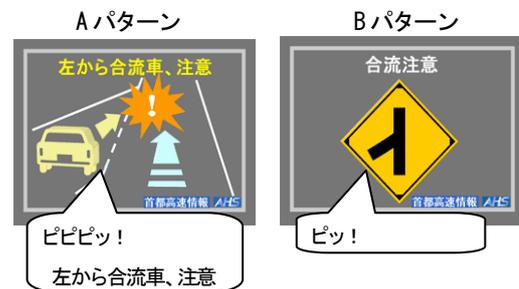
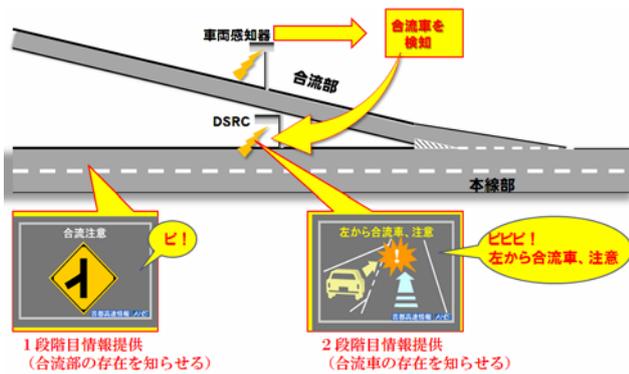


図-1：安全合流支援システムのHMI

上記システムの公道実験の結果、①見通しの悪い合流部の存在をいち早く気づかせる ②本線車から死角となる位置にある合流車の存在を気づかせる ③合流部手前から早めの減速準備行動（アクセルオフ、ブレーキへの踏み替え行動）を行う などの効果が確認出来た。また、改善の検討が必要な事項として、Bパターンの情報提供位置をもっと事前に知らせて欲しいというニーズが高いことが明らかとなった。

ドライバはまず合流部の存在を認知し、合流部通過への心構えや、車線変更による避走を行った上で、合流車両の存在に応じて安全かつスムーズに合流させるための加減速等を行うことが考えられる。このように、AパターンとBパターンではドライバにとって情報の必要なタイミングが異なると考えられる。



図—2：2段階の合流安全情報提供システム

3. 二段階合流支援の考え方

(1) 二段階合流支援の概要

前節を踏まえ、本研究では図—2に示す二段階情報提供方式のAHS安全合流支援サービスを検討した。

a) 一段階目の情報提供（合流部存在情報）

本線を走行する車両に対して、DSRCビーコン、又は車載器にあらかじめ合流部情報を登録しておき、指定した地点で情報提供する地図連携サービスなどのいずれかの方法で、合流部の存在を知らせる一段階目の情報提供（Bパターン）を行う。

一段階目の情報提供では、合流部の存在をドライバーに認識してもらうことで、合流部への意識を向けるとともに、加速の回避や余裕を持った車線変更等により、無理のない合流部進入準備行動を促すことを意図している。

b) 二段階目の情報提供（合流車存在情報）

一段階目の情報提供後、合流車線に設置した車両感知器で合流車の存在と速度を検知する。合流部で本線車との錯綜が予想される際は合流車の存在情報（Aパターン）を提供し、そうでない場合は、そのまま合流部の存在を示す一段階目の情報（Bパターン）を提供し続ける。

二段階目では、合流車との錯綜回避に向けて速やかに行動するため、加速回避および緩やかな減速等の行動を促すことを意図している。

(2) 情報提供位置

二段階目の情報提供については、合流部で即座に回避動作できるようにするため、ハードノーズ位置にて本線車の合流車回避準備が整っていることを目標とする。すなわち、ハードノーズに到着するまでに提供情報の認知及び判断が終了していればよい。既存研究³⁾と同様、情報の認知・判断とブレーキへ踏み換えるまでの時間、車載器の情報提供遅れ時間を踏まえ、情報提供位置をハードノーズより125mないし100m上流とした。

一段階目の情報提供位置の条件は下記の通りである。

- ・合流部手前で無理なく車線変更による避走ができるこ

と。（合流部手前で車線変更の意思表示時間が十分（3秒以上）確保できること）

- ・第二段階の情報提供までに一定の余裕があること。
- ・あまりに遠方で情報提供される場合、ジャンクションの分流部等、他の箇所との誤認が起こる可能性がある。

また道路標識設置基準⁴⁾では、路側の合流標識は合流部手前50～200mに設置することとなっている。ドライバーが合流部に関する情報を提供される地点は、設置位置より判読距離分だけ上流の地点となる。これに近い値とすることで、ドライバーにとって違和感の少ない情報提供ができると考えられる。以上を踏まえて、本研究ではハードノーズ225m上流において情報提供を行うこととした。

4. ドライビングシミュレータによる検証実験の概要

二段階情報提供方式の効果・影響を把握するため、DSを用いた被験者実験を行った。実験概要を表—1に示す。比較のため、一段階のみの既存情報提供パターンと二段階情報提供の両方の実験を行った。情報提供位置は前述の通りであり、第二段階についてはハードノーズから125m上流の場合と100mの場合の二種類の実験を実施した。また、一段階のみの情報提供の場合は、ハードノーズ125m上流のみの設定とした。これらの情報提供と合流車有無の組合せにより、11通り（ダミー走行含む）の走行パターンを設定した。また交通量は、安易な車線変更をさせないため、周辺車両の車頭間隔が1.5秒となるようにした。実験順序については、特定の順序に偏らないよう、また合流車の有無の順序が悟られないよう計画した。実験には、慶應義塾大学川嶋・大門研究室のDS⁵⁾を使用した。被験者は、VICS対応ナビゲーションシステムの利用経験者30名で、平成21年1月中旬から2月下旬の期間で実施した。

表—1：実験概要

被験者	<ul style="list-style-type: none"> ・20～60代の男女 ・運転免許保有者で、月に1回以上四輪自動車を運転する機会がある ・VICS対応ナビゲーションシステムの所有者又は利用経験者である
DS実験シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ・合流支援サービスの有無 ・1段階サービスの位置(225m) ・2段階サービスの位置(125m,100m) ・自車速度(90km/h) ・交通流環境(車頭間隔1.5s) ・合流車の存在(あり/なし)
走行回数	・1被験者に対して11回のDS実験を2日間行う
計測項目	1) DSデータ <ul style="list-style-type: none"> ・走行軌跡(時刻・位置・速度) ・カーナビゲーションシステムの注視タイミングと注視時間 ・フットブレーキタイミング ・ハンドル操作角度 ・横方向移動量 ・車線変更走行軌跡観測 ・方向指示器に関するデータ ・ビデオ画像データ 2) アンケート調査

被験者は、実験開始時は対象サービスに不慣れであり、サービスの内容が分からないなどの状況が予想されるが、実験を重ねるにつれて情報提供の主旨を理解し、慣れてくると考えられる。サービスの実用化、普及段階においても同様の慣れの影響が想定されることから、本研究では同一被験者に対して2日間実験を実施した。2日間のうち、初日はサービス内容についての知見を与えずに、サービスに慣れていない状態で走行させた。その後、サービスの説明を行い、情報提供の主旨を理解してもらった上で、2日目の実験を行った。

5. 実験結果

(1) 情報提供に関する知見がない場合 (1日目)

サービスについての知見を全く与えない状況下で合流支援サービスを行った場合の結果を以下に示す。

a) 主観データ評価

合流部の存在に気づいたかどうかについては、図-3の通り、情報なしでは約半数が事前に合流部に気づけなかったと回答したのに対し、2段階サービスを行った場合では90%が事前に合流部の存在に気づいていた。また残り10%の被験者は、全てDS実験が始めてで、運転に集中していたとのことであった。

なお、合流車を発生させた状況では、全ての被験者

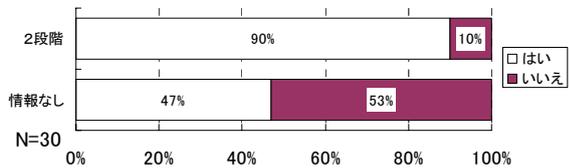


図-3：合流部に気づいたかどうか (1日目)

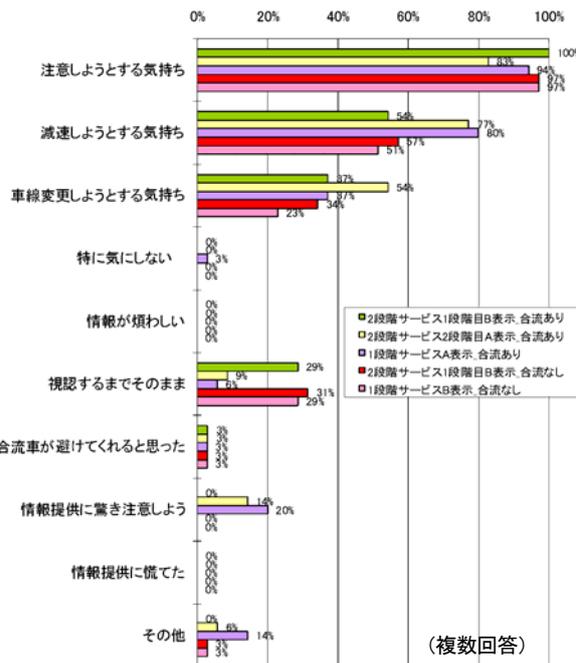


図-4：情報提供を受けてどう感じたか (2日目)

が合流車の存在に気づいたと回答した。

(2) 情報提供に関する知見を与えた場合 (2日目)

サービスの内容を理解した状態での効果を把握するため、2日目はサービスの内容について一通りの説明を行った後にDS実験を行った。その結果を以下に示す。

a) 主観データ評価

図-4に「画面が切り替わったとき (Bパターン表示、またはAパターンに切り替わったとき) にドライバがどのように感じたか」についてのアンケート結果を示す。いずれも、「注意しようとする気持ち」の割合が高い。また、合流部の存在 (Bパターン) よりも合流車の存在 (Aパターン) 情報のほうが「減速しようとする気持ち」が多くなる傾向がある。

図-5に「画面が切り替わったときにドライバがどのように行動したか」のアンケート結果を示す。Aパターンの場合、「ゆっくりブレーキをかけた」「車線変更をした」等の合流車回避行動が多く見られる。Bパターンでは、二段階、一段階の情報提供を問わず「合流車線に視線を向けた」「アクセルを緩めた」等の回避準備行動は見られるものの、積極的な回避行動までは行っていないことがわかる。

b) 客観データ行動分析

図-6に、合流車が存在する場合において、ドライバがアクセルからブレーキへと足を踏み換えた位置を累積分布により示す。情報提供ありの場合、より上流でブレーキへの踏み替えが行われている。いずれの情報提供でも、ハードノーズ到着時に半数以上の人が減速準備を完了していることがわかる。なお、合流車がない場合は、いずれのケースもブレーキへと足を踏み換えた人は10%

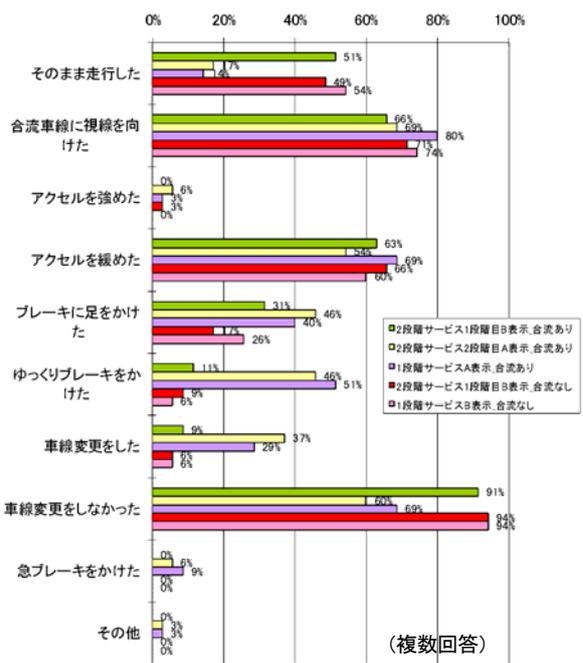
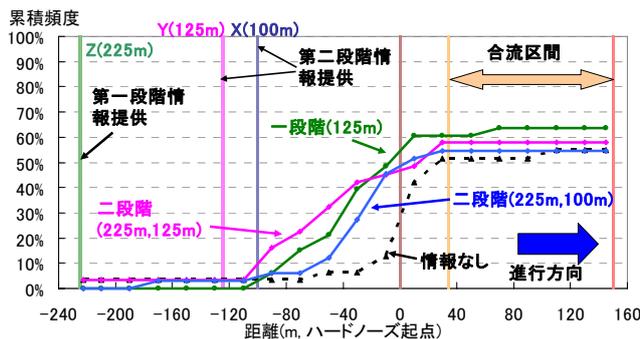


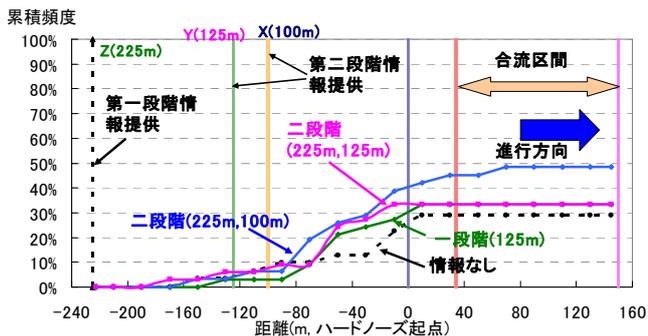
図-5：情報提供を受けてどう行動したか (2日目)

程度であり、タイミングに差は見られなかった。

情報の提供方法別に見ると、一段階のみに比べて二段階・125mの情報提供のほうがより上流で減速準備を始める人が多い。これは、二段階情報提供では、一段階目の情報で合流部への注意喚起がなされており、より早く反応する準備ができたためと考えられる。ブレーキ踏み替えの大多数は、Aパターンの情報が提供される-125mまたは-100m地点以降に行われており、二段階サービスにおいても合流車の存在情報の後に反応したものと考えられる。その影響か、100mの場合はブレーキ踏み替えのタイミングが125mに比べると遅れる傾向がある。



図一六：ブレーキ踏み替え位置の累積分布（2日目）



図一七：車線変更開始位置の累積分布（2日目）

また、図一七は、ドライバが避走行動（車線変更行動）を行った位置の累積頻度分布である。情報提供がある場合は、情報なしに比べて車線変更をする車両の割合が高い。また、情報提供なしの場合に比べて早めに車線変更を行う傾向が見られる。

いずれの方式でも、車線変更開始位置の大多数は第二段階情報提供後であることから、ブレーキ操作と同様、合流車存在情報への反応として車線変更行動が発生すると考えられる。

6. おわりに

本稿では、AHS安全合流支援サービスを改良し、よりドライバの認知タイミングに即した二段階情報提供方式について検討を行った。その結果、合流部の存在を

いち早く気づかせる等の効果が見られた。また減速準備行動なども既存サービスより減速を行う割合が高いといった効果が見られた。

車線変更位置については、当初、1段階目の情報提供段階で車線変更が増加すると予想したが、実際は2段階目の情報提供を受けてから車線変更するサンプルがほとんどであった。必要以上に車線変更を行うことは、車線利用に偏りが生じるとともに交通流を乱し、かえって安全性が低下する可能性がある。1段階目の情報により、余裕を持って車線変更の準備ができ、かつ合流車が存在しているときのみ車線変更しているのであれば、不要または危険な車線変更挙動が減ることになり、情報提供は有効だと考えられる。

今後の課題としては、慣れの影響が少ないと想定される初日の実験結果との比較により、情報提供への慣れの影響を分析することが必要である。

また安全合流支援システムの全国展開の一環として、阪神高速道路の右側合流部を対象に、類似の二段階サービスを適用して公道実験を実施しているところである。この公道実験の評価についても今後行っていく。また、今回は合流部に関する二段階の情報であったが、その他の多様な情報が車載器を通じて提供される場合など、全国展開において想定される多様なケースに対応した情報提供方法の検討も重要であろう。

謝辞

本検討においては、首都大学東京大口教授、東京大学清水准教授、慶應義塾大学大門准教授に多大なる教示を頂いた。ドライビングシミュレータ検証に当たっては、慶應義塾大学川嶋・大門研究室のご支援をいただき実施した。ここに感謝の意を表す。

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) 平井節生ほか: AHS安全合流支援サービスの実用化に向けた取り組み, 第27回交通工学研究発表会, pp. 73-76, 2007.
- 3) 平井節生ほか: AHS安全合流支援サービスの開発, 第6回ITSシンポジウム, CD-ROM, 2007.
- 4) 重田良二ほか: 地図連携走行支援サービスの有効性検証及び今後の課題について, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 146-08, pp. 1-4, 2008
- 5) 道路標識設置基準・同解説, (社)日本道路協会, 1987.
- 6) 藤村嘉一ほか: 高速道路における路車協調型安全運転支援システムのドライビングシミュレータによる評価, 第7回ITSシンポジウム, CD-ROM, 2008