

◆ 特集：走行支援道路システム ◆

走行支援道路システムにおける
ヒューマンマシンインターフェイスに関する検討

小林 寛* 湯浅雅也** 大門 樹*** 川嶋弘尚****

1. はじめに

交通事故の主な原因は、大半が発見の遅れ(50%)、判断(16%)および操作(9%)の誤りといったヒューマンエラーであり、この三要因で事故全体の75%を占める¹⁾。このことから、直前の情報提供などでヒューマンエラーを回避させることが事故を防止する上で有効と考えられる。その切り札として AHS (Advanced Cruise-assist Highway Systems: 走行支援道路システム) の研究開発を進めており、現在は主として道路インフラから得られる情報をドライバーへ提供する AHS-i (Information = 情報提供) に取り組んでいる。情報を提供する手段としては、車載器(写真-1)による音声通知や視覚表示を利用しドライバーへ直接提供する方法や路側に設置される情報



写真-1 車載器

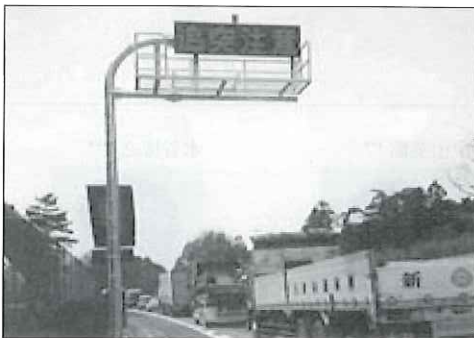


写真-2 情報板

板(写真-2)、発光体などを利用する方法が考えられる。情報提供は、システムと人間との接点となる重要な課題であり、ヒューマンマシンインターフェイス(以下、HMI)と呼ばれる。

本稿では、AHSにおけるHMIの検討結果を示す。ここでは、伝達する情報の違いを踏まえ、単路部と様々な事象が錯綜する交差点部に分けて検討した。

2. 単路部におけるHMIの検討

2.1 方針

AHSによる単路走行時のドライバー支援策である、①前方停止車両・低速車両情報提供、②路面状況情報提供に関して、以下に示す効果的なHMIについて検討する。

2.1.1 情報板のシンボル画像検討

現在、路側に設置されている情報板の呈示画像(シンボル画像)は、設置地区により多種多様であり、全国で統一されたものを提供しているわけではない。これより、被験者によるビデオ実験を通して、情報板の情報として認知され易く、かつ受け入れやすいシンボル画像について検討する。

2.1.2 情報板と音声通知の併用に関する検討

路車協調によるAHS研究開発の推進により、情報板以外に車載器からの情報提供も見込まれる。ここでは、以下の項目に従い、情報板と車載器(音声通知)の併用効果を確認する。

- (1) 情報提供が情報板のみの場合と、情報板+音声通知の場合におけるわかりやすさの比較を行う。
- (2) 情報板+音声通知において、情報提供が別々の場合(音声通知後に情報板を視認)と同時(情報板視認中に音声通知)の場合との比較を行う。

2.2 検討方法

検討方法は、ビデオ画像を用いた被験者によるモニタ実験とした。被験者に対してコンピュータグラフィックにて作成したシンボル画像および文字を実映像の情報板にはめ込んだビデオ画像(写真-3)を呈示した後、アンケートを実施した。被験者数は60名とし、アンケート結果をSD法(「明るい-暗い」「良い-悪い」などの反対の意味を持つ形容詞対からなる尺度上で個々の測定対象を評価させる方法)により分析した。



写真-3 ビデオ画像

2.3 検討結果

2.3.1 情報板のシンボル画像検討

図-1に、停止車の存在を示すシンボル画像の代替案3点を示す。被験者は、写真-3に示すビデオ画像を見た後、アンケートに答えた。アンケート項目は、①誘目性：シンボル画像が目を惹いたか、②一致性：表示文字とシンボル画像は同一の現象を表しているか、③文脈性：情報板の意味がわかるかとした。図-2に停止車シンボル画像の評価結果を示す。縦軸はSD値を示し、その値が大きいほど有意となる。図のように、Aのシンボル画像が、全てのアンケート項目において有意であり、最もわかりやすいと考えられた。この検討によって抽出されたシンボル画像の一覧を図-3に示す。抽出されたシンボル画像は、何れも既に情報板や標識で利用されているものに類似しており、新しいものは敬遠される傾向がみられた。

2.3.2 情報板と音声通知の併用に関する検討

情報提供が情報板のみの場合と、情報板+音声



図-1 停止車のシンボル画像

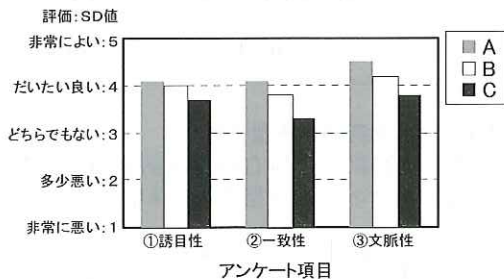


図-2 停止車シンボル画像の評価結果



図-3 シンボル画像の一覧

通知の場合におけるわかりやすさの比較を行った結果を図-4に示す。図は、アンケート質問事項「音声と情報板で情報を提供しましたが、この先の状況を理解できますか。」の場合におけるSD法による分析結果である。図のように、音声通知の有無に拘わらず評価は4以上と高いが、音声通知がある時の方が、評価が高いことがわかる。図-5に、情報提供が別々（音声通知後に情報板視認）の場合と同時（情報板視認中に音声通知）の場合との比較を行った結果を示す。図は、アンケート質問事項「音声と情報板で情報を通知しましたが、そのタイミングは良いですか。」の場合におけるSD法による分析結果である。図のように、情報板視認中に音声通知が行われる場合よりも、時間をおいて別々に情報を提供の方が評価が高くバラツキが少ないと言える。このことは、同時に複数のメディアで情報提供を行うと、わかりにくくなる可能性があることを示唆している。

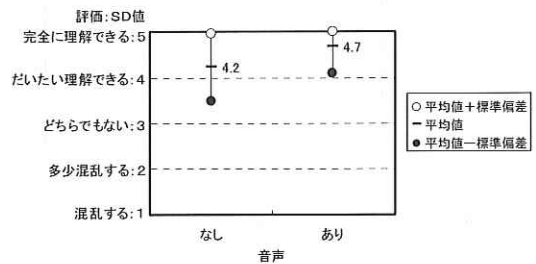


図-4 音声有無の評価結果

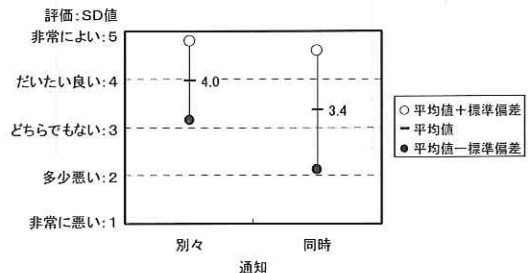


図-5 情報板と音声とのタイミング

上述のように、情報板と音声通知は別々に行った方がドライバーにとってわかりやすい傾向がみられた。しかし、実際にシステムを導入することを考えた場合、音声を通じた直後に事象が変化すること（例えば、音声通知時には低速車であったものが、情報板が視認できる地点を通過する時には停止車になっていた場合など）があるので、注意が必要となる。この場合のドライバー心理について検討した結果を図-6に示す。アンケート質問事項は、図-4の場合と同様である。図のように、

発光式道路標の点滅周波数は2Hzとし、対向車の交差点への到達時間が7秒以下なら6個、5秒以下なら10個、3秒以下なら14個全てを点灯させた。

3.2.2 横断歩道歩行者衝突防止支援情報

横断歩道歩行者衝突防止支援では、発光式道路標に加えて、受動的な情報提供が可能な音声通知を併用した。歩行者と自転車の検知領域は、図-10のように設定した。一方、発光式道路標による情報提供では、単純に点滅させると点滅対象となる歩行者や自転車を他の歩行者と取り違える場合があることから²⁾、図-11に示されるような移動点滅型情報を提供した。音声通知では、歩行者に対して「横断中」、自転車に対して「自転車注意」という音声内容を呈示した。呈示方法は以下の3通りとし、歩行者の有無に関わりなく、自転車が存在する場合は自転車に対する音声通知を優先的に呈示した。

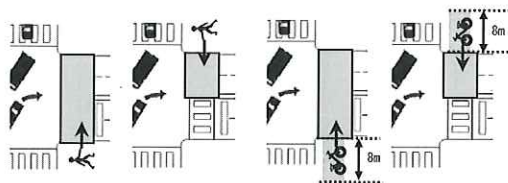
(1) 歩行者・自転車範囲内呈示

歩行者および自転車がそれぞれ設定された検知領域に入った瞬間から情報呈示を開始し、検知領域を出た瞬間に終了する。

(2) 歩行者・自転車1回呈示

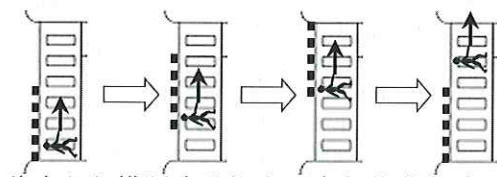
歩行者および自転車がそれぞれ設定された検知領域に入った瞬間に1回のみ情報を呈示する。

(3) 自転車1回呈示

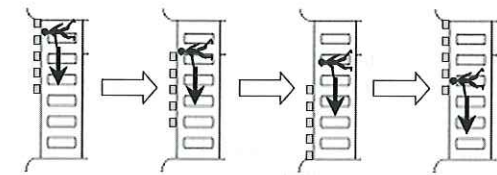


後方から 前方から 後方から 前方から
歩行者の場合 自転車の場合

図-10 歩行者・自転車の検知領域 (網掛け部分)



後方から横断する場合 (赤色移動点滅)



前方から横断する場合 (黄色移動点滅)

図-11 発光式道路標による移動点滅型情報

自転車が設定された検知領域に入った瞬間に1回のみ情報を呈示する。

3.2.3 計測項目

発光式道路標および音声通知を用いた右折衝突防止支援と横断歩道歩行者衝突防止支援によるドライバへの影響や効果を分析・評価するために、右折時の衝突の有無と衝突対象の計測および実験終了後の主観的評価を行った。主観的評価については、主観的評価尺度を用いた右折時の作業負担、評点スケールに基づいた歩行者や自転車の状況把握、右折開始タイミングの判断に関する主観的評価を行った。

3.2.4 実験条件

実験条件を表-2に示す。情報提供が行われる条件は全部で6通りであり、情報提供がない条件を含めて合計で7通りであった。

表-2 実験条件

実験条件	右折衝突防止支援	横断歩道歩行者衝突防止支援	
	視覚情報	視覚情報	聴覚情報
情報なし	なし	なし	なし
バ+移	バーグラフ型情報	移動点滅型情報	なし
バ+全	バーグラフ型情報	なし	歩行者・自転車範囲内呈示
バ+一	バーグラフ型情報	なし	歩行者・自転車1回呈示
バ+移・全	バーグラフ型情報	移動点滅型情報	歩行者・自転車範囲内呈示
バ+移・一	バーグラフ型情報	移動点滅型情報	歩行者・自転車1回呈示
バ+移・白	バーグラフ型情報	移動点滅型情報	自転車1回呈示

実験順序については、最初にDS上での練習走行を十分に行い、DSでの運転に慣れた後に情報提供がない実験条件を行い、その後、情報提供がある場合の実験をランダムに行った。各実験条件のもと、交差点部では対向車や歩行者、自転車が存在する運転状況で右折可能かどうかの判断を行わせ、可能だと判断した場合には右折するように指示した。被験者は、高齢被験者が65歳から71歳の一般ドライバ10名(男性10名)で運転経験は17年から54年、また若年被験者が21歳から25歳の一般ドライバ10名(男性5名、女性5名)で運転経験は2年から6年で、どの被験者も健康状態、視力(矯正視力)、運転能力は正常であり、運転上の支障はなかった。

3.3 実験結果

3.3.1 右折時の衝突数と衝突対象

車両用信号機が赤色に変わる前に行われた右折総数とそれらに含まれる衝突の有無および衝突対

象を図-12 および図-13 にそれぞれ示す。

年齢に関わりなく、情報提供を行わない場合には衝突事故が多く発生したのに対し、情報提供を行った場合には概ね衝突事故を低減させることができた。しかしながら、情報提供を行った場合でも数件の衝突事故が発生した。それらは対向車および自転車との衝突であったが、対向車との衝突は全て右折開始後に歩行者や自転車の接近に気づいて横断し終えるのを待ったため、対向車が被験者の車両後部に接触したことによるものであった。つまり、発生した衝突事故は、基本的には歩行者や自転車に対する認知が十分でなかったために生じたものであり、これらの情報提供ではドライバに対して適切に状況を把握できるような情報が必ずしも提供されていないと考えられる。

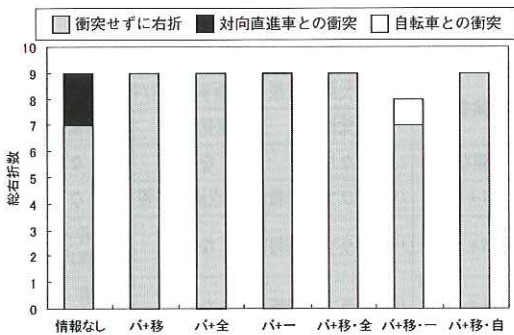


図-12 右折総数に対する各衝突数 (若年被験者)

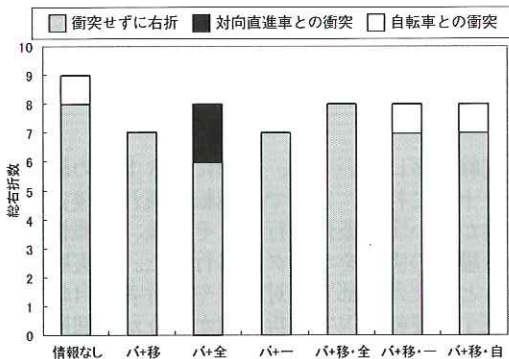


図-13 右折総数に対する各衝突数 (高齢被験者)

3.3.2 右折行動に関する主観的評価

右折時の作業負担に対する主観的評価の結果を図-14 に示す。主観評点が大きくなるほど作業負担が大きいと判断される。全体的には、情報提供を行うことにより右折時の作業負担が低減される傾向が伺える。特に、若年被験者ではバグラフ型情報、移動点滅型情報、歩行者・自転車1回呈示の組合せが、高齢被験者ではバグラフ型情報、移動点滅型情報、歩行者・自転車範囲内呈示

の組合せが他の実験条件よりも負担が小さくなる傾向がみられた。歩行者の把握に対する主観的評価の結果を図-15 に示す。主観評点が大きくなるほど歩行者の状況把握が容易であると判断される。全体的には、情報提供を行うことで歩行者の状況把握が容易になる傾向が伺えるが、横断歩道歩行者衝突防止支援における音声通知の有無により、効果に違いがみられた。音声通知を行う場合の方が歩行者の状況把握がより容易であり、また音声通知の中でも歩行者・自転車範囲内呈示の方がより容易であると判断できる。

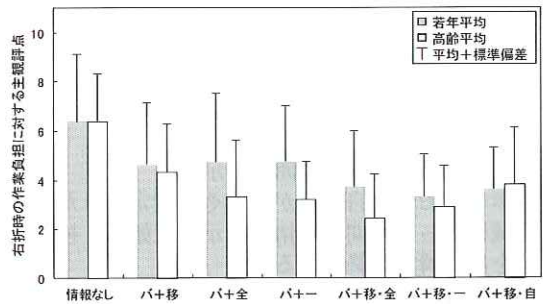


図-14 右折時の作業負担に対する主観的評価

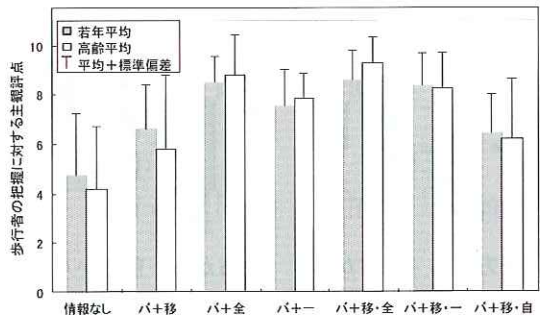


図-15 歩行者の状況把握に対する主観的評価

自転車の把握に対する主観的評価の結果を図-16 に示す。主観評点が大きいほど自転車の状況把握が容易であると判断される。歩行者の状況把握と同様に、情報提供、特に音声通知を付加することによって、自転車の状況把握が容易になり大きく改善されている傾向が伺える。右折開始タイミングの判断に対する主観的評価の結果を図-18 に示す。主観評点が大きくなるほど右折開始タイミングを判断することが容易であると判断される。全体的には、情報提供を行うことにより、右折開始タイミングの判断が容易になる傾向が伺えるが、音声通知を付加した場合の方がさらに容易になる傾向がみられる。また、高齢被験者については、歩行者・自転車範囲内呈示の方が他の音声通知のものよりも右折開始タイミングの判断が容易であると判断される傾向がみられた。実験終了後の被

験者のコメントによると、若年被験者は音声通知を歩行者の発見にのみ利用し、横断状況および横断終了の確認は目視あるいは発光式道路標で行っていたが、高齢被験者は音声通知を横断状況と横断終了の確認に利用しており、横断歩道歩行者衝突防止支援の情報提供に対して両者の間で情報利用の方略が異なっていることが伺えた。

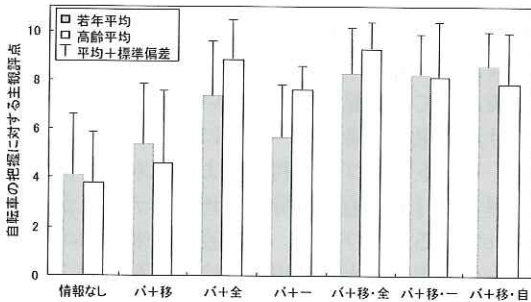


図-16 自転車の状況把握に対する主観的評価

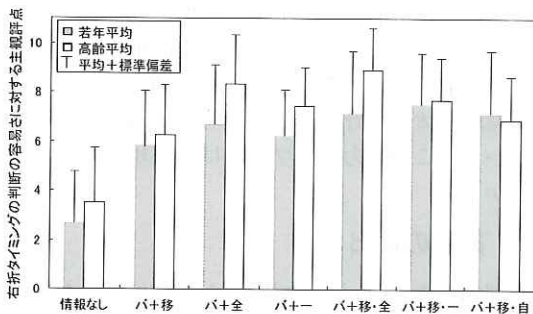


図-17 右折開始タイミングの判断に対する主観的評価

4. まとめ

(1) 単路部における HMI の検討

本検討において、ドライバにとってわかりやすい情報板に呈示されるシンボル画像を抽出した。また、情報板と音声通知との併用効果を確認した結果を以下に示す。

- 1) 情報提供が情報板のみの場合よりも、情報板 + 音声通知の場合の方がわかりやすい。
- 2) 情報板視認中に音声通知が行われる場合よりも、時間をおいて別々に情報を提供の方がわかりやすい。別々に情報を提供する場合、音声通知した内容と、情報板で呈示した内容が異なる可能性があるが、ドライバが混乱するほどの影響はない。また、教育が進みドライバへの認知が高まることで、この問題は解決すると考えられる。

(2) 交差点部における HMI の検討

AHS による交差点部における HMI として、発光式道路標や車載器による音声通知を提案し、その有効性を確認したところ、発光式道路標と車載器による音声通知に関して下記のような結果が得られた。

- 1) 発光式道路標や車載器の音声通知による情報提供を行うことで、交差点右折時における対向車や歩行者、自転車との衝突を低減する効果が確認され、その効果は発光式道路標と音声通知を併用した場合に最も高い。
- 2) 年齢によって、右折行動や主観的評価が異なる傾向がみられたが、これは情報利用の方略が年齢によって異なることに起因していると考えられ、今後 HMI を検討するに当たり、高齢者の特性を十分に考慮した HMI 設計が必要である。

参考文献

- 1) 交通事故データベース：財団法人交通事故総合分析センター，平成 11 年度
- 2) 松本耕太郎、大門 樹、川嶋弘尚：自発光式道路標を用いた交差点部 AHS の右折衝突防止支援および横断歩行者衝突防止支援のためのヒューマンインターフェースに関する基礎的研究，ITS シンポジウム 2002 予稿集，pp.347～354，2002 年 3 月

小林 寛*



国土交通省国土技術政策
総合研究所高度情報化研
究センター ITS 研究室
主任研究官
Hiroshi KOBAYASHI

湯浅雅也**



国土交通省国土技術政策
総合研究所高度情報化研
究センター ITS 研究室
交流研究員
Masaya YUASA

大門 樹***



慶應義塾大学理工学部管
理工学科助教授，工博
Dr. Tatsuru DAIMON

川嶋弘尚****



慶應義塾大学理工学部管
理工学科教授，工博
Dr. Hironao KAWASHIMA