

原著論文

無信号交差点における車両接近警報の有効性に関する研究

○宗広 裕司¹⁾, 大門 樹²⁾, 山崎 勲³⁾, 有住 正人⁴⁾

(受付日: 2007/12/21, 改訂日: 2008/2/22, 受理日: 2008/3/29)

¹⁾株式会社長大 ²⁾慶應義塾大学理工学部 ³⁾国土交通省国土技術政策総合研究所

⁴⁾技術研究組合走行支援道路システム開発機構

A Study on the Effectivity of Vehicle Warning System at Unsignalized Intersection

Yuji MUNEHIRO¹⁾, Tatsuru DAIMON²⁾, Isao YAMAZAKI³⁾, Masato ARIZUMI⁴⁾

¹⁾CHODAI, CO. LTD, ²⁾Keio University, ³⁾Ministry of Land, Infrastructure and Transport, ⁴⁾Advanced Cruise-Assist Highway System Research Association

Abstract: In 2006, approximately 230,000 crossing collisions occurred in Japan, and it is reported that the main factor of crossing collision is recognition error. This study aimed to investigate relationship between driver behavior and driver error at unsignalized blind intersections where many crossing collisions have occurred. The author proposed the closing vehicle warning system as the countermeasure against those accidents at unsignalized blind intersections and established that driver could accept the system with trial subjects using driving simulator. In the result, it became clear that the main factor of crossing collision was insufficient checking behavior of drivers at no priority road. The warning system was validated that most of drivers understood this alert and had safer behavior while entering an intersection.

Keywords: unsignalized intersection, crossing collision, driver behavior, driver error, closing vehicle warning

キーワード: 無信号交差点、出会い頭事故、運転挙動、ヒューマンエラー、車両接近警報

1. はじめに

平成 18 年に発生した車両同士の出会い頭事故は約 23 万件と追突に次いで多く、その要因の大半は安全不確認などの認知エラーであるとの報告がある[1]。これに対し、従来のお出会い頭事故対策の検討は、当事者の証言に基づく事故原票を用いた要因推定に頼らざるを得ず、ドライバーが無信号交差点通過時にどのようなエラーを起こしているかの客観的な分析が十分に成されているとは言い難い。

また、自動車の先進的な安全技術の進展は目覚ましいものがあるが、出会い頭事故など相手当事者が車両から直接見えない事故に対しては、インフラ側との協調による新たな対策が望まれるところである[2]。

本稿では、ドライビングシミュレータ(以下、DSと称す)を活用して実際の事故多発交差点における危険な場面を再現し、事故やヒヤリ・ハット発生時のドライバー挙動と心理状況の関係を明らかにした。さらに、ドライバーの認知エラー対策としてインフラと車両の協調による新たな情報提供サービスの有効性を検証した。

2. 無信号交差点における出会い頭事故の特徴

2.1 交通事故例調査に基づく出会い頭事故の特徴

無信号交差点における出会い頭事故は、従道路側のドライ

バーが交差点や一時停止義務に気がついていなかったか否かで対策の方向性が大きく異なるものと考えられる。萩田ら[3]は、詳細な 174 件の出会い頭事故データを用いて交差点や一時停止義務の認識状況別分析を行っている。これによると、交差点や一時停止義務を認識していたにも関わらず、交差車両を見落としたか、故意に一時停止しなかったものが全体の半数近くを占めており、これはヒューマンエラーが事故の主原因で、道路交通環境からの対策の余地が少ないとしている。ここで、「交差車両を見落とした」主な理由は、カーブミラーに写っていない、他車に気を取られた等であり、「故意に一時停止しなかった」主な理由は、少ない交通量、視野内に交差車両がいなかった、交差車両は来ないだろうと思い込んだ等であるとしている。また、交差点や一時停止義務を認識していない約 26%は、従道路側ドライバーがこれらを認識できれば事故を防止できる可能性が高くなるとしている。さらに、通行頻度の低いドライバーは、交差点や一時停止義務を認識できていない割合が高まることが示されている。

しかしながら、当該分析で用いられたデータは事故発生後にドライバーへ行った聞き取り調査が中心となっており、ドライバー自身が気付かない部分や記憶が曖昧な場合には、事故発生直前の詳細挙動まで正確に把握することは難しい。出会い頭事故防止に有効な対策を検討し、対策の効果を検証す

るためには、出会い頭事故発生時のドライバー挙動を客観的かつ定量的に把握することが重要と考えられる。

2.2 映像分析に基づく出会い頭事故の特徴

有住ら[4]は、実際に事故が多発している無信号交差点にビデオカメラを設置して、ヒヤリ・ハット(ここでは衝突を避けるための挙動と定義)時のドライバー挙動を分析している。ヒヤリ・ハット3例と通常走行6例を用いて従道路側ドライバーの視認行動を比較検討した結果、ヒヤリ・ハットを起こしたドライバーは、交差点頭出し時の確認時間が短く、相手側車両を視認する時間も極端に短いことが分かっている。

しかしながら、観測されたヒヤリ・ハットは、衝突直前のものからコントロールされた回避挙動まで混在しており、ヒヤリ・ハットの程度の違いがドライバーの挙動や心理状況に及ぼす影響までは明らかになっていない。ヒューマンエラーを抑制して事故を削減するには、真に危険な状況に至ったときのドライバー挙動と心理状況を的確に把握することが重要である。

そこで本研究では、実交差点と同様のシーンをDS上に再現し、主観的なヒヤリ・ハットの程度とドライバー挙動およびその背景となる心理状況との関係を把握することとした。さらに、出会い頭事故およびヒヤリ・ハットの発生を防止する対策の一つとして路車協調による車両接近警報システムを提案し、その有効性を検証した。

3. 実験条件

3.1 DSの概要

実験では図1に示す慶應義塾大学のDS(慶應義塾大学・国土技術政策総合研究所 共同開発)を使用した。DSの映像スクリーンは前方、左右前方、左右側方、左右後方、後方からなる8画面で構成され、これらのスクリーンに対して10台の映像用プロジェクタから走行映像が投影された。運転席からのドライバーの視野角は360度で、左右サイドミラーおよびルームミラーは実車と同様な鏡面体を用いており、後方スクリーンの映像を間接的に捉えることができる方式であった。車載モニターはカーナビ用に市販されている7インチワイド型液晶ディスプレイで、スピーカも搭載されており、ピープ音等の注意喚起音の呈示が可能であった。

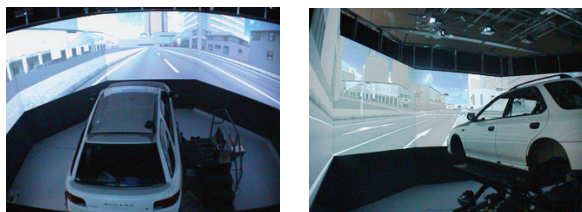


図1 実験で使用したDSの概要

3.2 対象交差点

本研究では、実際にビデオカメラを設置してヒヤリ・ハット事例を収集している兵庫県加古川地域の無信号小交差点を分

析の対象とした。当該箇所は、交差角が約 52° と鋭角であり、交差点隅にある建物や塀の影響で従道路側から進入する際の見通しが悪い交差点であった(図2)。

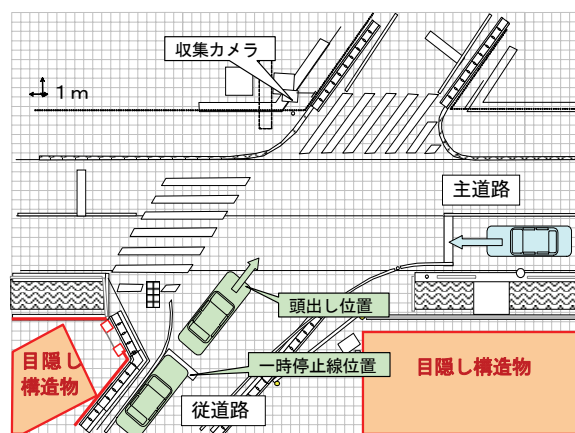


図2 対象交差点の概要

交通量は、主道路が約2,500台/日に対して従道路は約3,700台/日と多く、地元の方が抜け道的に利用する道路であった。平成18年1月から2月にかけての50日間に渡り当該交差点にカメラを設置して車両挙動を観測したところ、出会い頭事故3件に加えて間一髪で衝突を免れたヒヤリ・ハット事象が11件も確認された[4]。

3.3 実験シナリオ

DS内に既に実装されていた仮想住宅街の2箇所にて図3に示す交差点を設置した。本研究では、事故やヒヤリ・ハット発生時のドライバー挙動を収集するため、被験者には従道路を走行させて、主道路右から接近する交差車両との事故やヒヤリ・ハット事象を収集することとした。走行シナリオは、実際のヒヤリ・ハット事例を踏まえ、主道路右から1台だけ車両が接近するもの(シナリオ1)と、先に主道路左から交差車両を2台通過させ、被験者の注意を左側にそらした直後に右から車両を接近させるもの(シナリオ2、図4)の2種類で実施した。一度ヒヤリ・ハット体験をした被験者は、その後慎重な走行になること



図3 DS上での対象交差点の模擬映像

が十分予想されたため、ヒヤリ・ハットデータの収集は1人1回までとした。なお、後述する頭出し確認時の視認行動分析のみシナリオ2に限定してデータを収集し、それ以外は両シナリオともにデータを収集した。

実験計測に先立ち、DSでの運転に慣れてもらうために、対象交差点では交差車両が存在しない状態で被験者に複数のコースを走行させた。被験者がDSでの運転に慣れた後、実験計測のための運転走行を複数回行った。その際、被験者には今回の実験目的は告げずに、一般街路走行時の挙動データを収集する旨だけを伝えた。

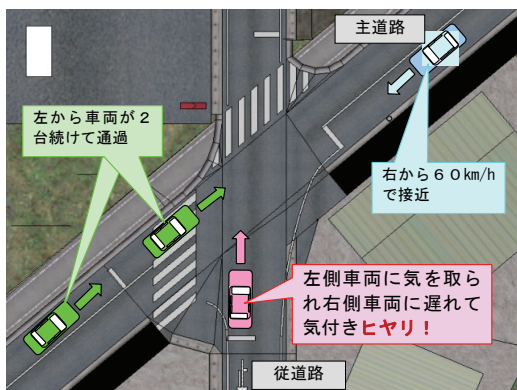


図4 対象交差点の平面図と走行シナリオ2

3.4 被験者

実験を体験した被験者は、定期的に運転をしている22歳から66歳までの49名であった。このうち、運転酔い等により途中断念した4名を除く45名(男性25名、女21名)を分析対象とした。被験者属性は、年齢構成や運転頻度等が均等になるよう構成した。また、参加した被験者をHQL式運転スタイルチェックシートと運転負担感受性チェックシートに基づき分析した結果、平均的な日本人ドライバー特性の範囲内にあることを確認した。

3.5 検証内容と計測方法

検証内容は、交差点通過時のヒヤリ・ハットの発生有無と状況を整理するとともに、そのときの不十分な確認行動の内容とその行動理由について把握することとした。

検証のための計測方法は、視認行動把握のためのアイカメラによる映像データ、ドライバー意識把握のためのアンケート、走行挙動把握のための各種走行データを適宜選定した。

4. ヒヤリ・ハット発生時のドライバー挙動

4.1 ヒヤリ・ハットの発生状況

前述の実験シナリオでの走行により、ヒヤリ・ハット事象を観測した直後に実験を中断して被験者へ聞き取り調査を行った結果、42走行中26例のヒヤリ・ハット(うち7例は接触事故)を収集した(図5)。具体的には、ヒヤリ・ハットの程度をドライバーの主観に基づき4段階(とてもヒヤリ、ヒヤリ、多少ヒヤリ、多少

緊張)に分けて収集した。なお、ヒヤリ・ハットには多少緊張した程度との回答も含めた。

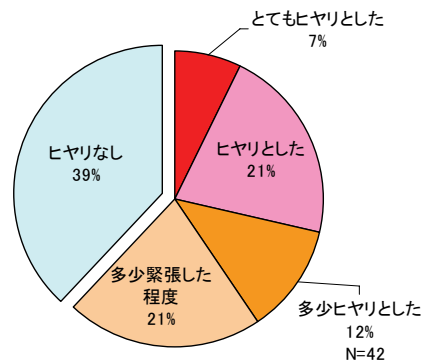


図5 ヒヤリ・ハットの発生状況

交差点発進時にヒヤリ・ハットを体験したドライバーの挙動例(シナリオ2)を図6に示す。本研究では、一時停止線を越えてから交差点通過のための発進を開始するまで(ただし交差車両がある場合にはその通過まで)を「頭出し確認」行動と定義した。この被験者は、頭出し確認の前半部分で左側車両に気を取られ、右側車両の接近はないものと思込み、右側を十分に確認せず発進を開始した。

発進直後に右側車両に気付いたため、慌てて急制動を行い間一髪で接触を免れたヒヤリ・ハットの典型例である。

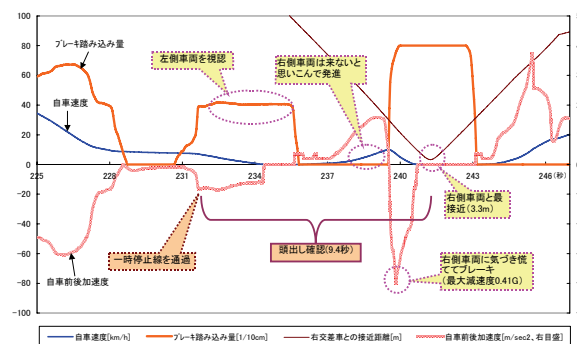


図6 ヒヤリ・ハット発生時のドライバー挙動例(シナリオ2)

ここで、主観的かつ心理的な指標であるヒヤリ・ハット発生有無を客観的観測データで把握可能か否か検討した。頭出し確認時に発生した最大減速度(瞬間値)をヒヤリ・ハット程度別

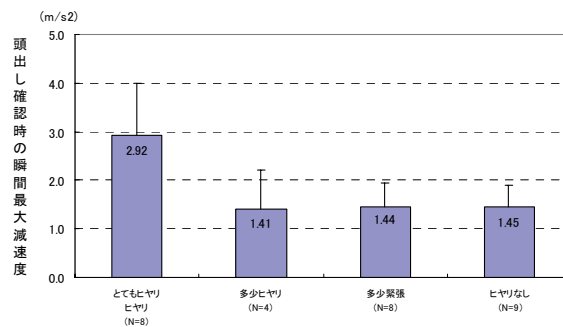


図7 ヒヤリ・ハット程度別の最大減速度

に整理したものを図 7 に示す。ヒヤリ度別に最大減速度の平均は変わらないとの帰無仮説に対して 1 元配置の分散分析を行った結果、1%有意で平均に差があることが確認できた。これより、徐行による頭出し確認時に大きな減速度(例えば 0.2G 以上)が発生している場合には、通常はほとんど経験することのないほど強いヒヤリ・ハットを体験している可能性が高いと推測される。

4.2 不安全行動の発生と内容

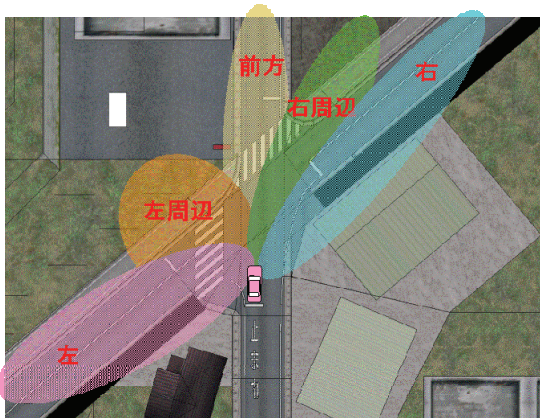


図 8 視認箇所の定義

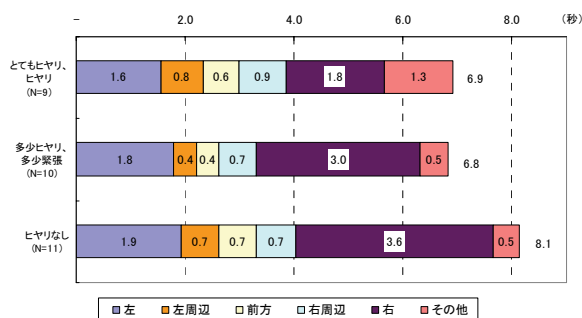


図 9 頭出し確認時の方向別平均視認時間(シナリオ 2)

シナリオ 2 における頭出し確認時の視認方向を図8に示す5方向(前方、右周辺、右、左周辺、左)に区別して収集し、ヒヤリ・ハット程度別に方向別視認時間を図9のように整理した。これより、「ヒヤリなし」に比べて「ヒヤリ」としたときの頭出し確認時間は少ない傾向にあると言える。さらに、「とてもヒヤリまたはヒヤリ」した場合は交差車両が接近する右方向を視認する時間が明らかに少ないことから、交差車両に対する確認挙動が不十分であるほど強いヒヤリ・ハットが発生する傾向があると推察できる。

4.3 交差車両の認知エラーとその理由

ヒヤリ・ハットを起こした被験者の交差車両に対する認知エラー内訳は「気がつかなかった」と「気付くのが遅れた」で約8割にも達した。また、ヒヤリ度別の認知エラー内訳をみると、ヒヤリ度が大きい被験者ほど「気がつかなかった」と回答する割

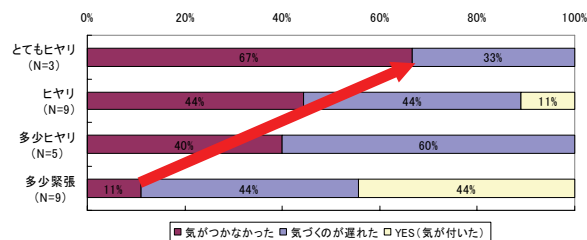


図 10 交差車両に対する認知エラー内訳

合が高くなっている(図 10)。

さらに、認知エラーの理由としてほぼ全員が「建物や柵などの陰で見えなかった」を挙げており、加えて過半数の被験者が「他のもの(左側車両)に注意していた」と回答していることから、複合的要因がエラーを助長しているものと推察される。また、「(交差車両の存在を)気にしなかった」という回答も3割程度あった。

5. 情報提供の有効性検証

5.1 出会い頭事故防止対策の提案

出会い頭事故は、交差点や一時停止義務に気がついていなかったか否かで対策の方向性が異なってくると考えられる。

既存知見[3]および本研究での実験結果から、交差点や一時停止義務に気がついていなかった場合の出会い頭事故は、ヒューマンエラーによる交差車両の見落としが主な原因と考えられる。無信号交差点でこのような事故が多発する箇所には、見通しを確保することやカーブミラーを設置する等の従来型対策に加え、道路に設置する簡易型センサで検知した交差車両の存在を従道路側のドライバーに的確に伝えることで大きな効果が期待できる。ドライバーへの提供方法は、路上に

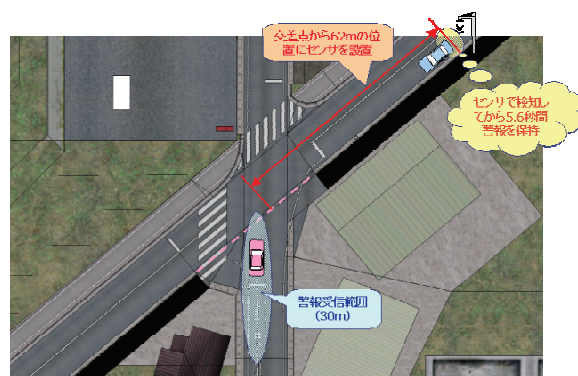


図 11 車両接近警報の概要

設置する表示板によるものと車載端末から音声で伝えるものの2通りが考えられるが、表示板では視認挙動に負荷を与えることになるため、本研究では車載端末による方法を採用した。

5.2 車両接近警報システムの概要

交差車両が「来る」とだけ知らせることで、頭出し確認時の行動が安全側に変化するかどうかを検証した。主道路側の交差点から約 60m の位置に設置したセンサで右からの交差車両通過を検知し、この情報を従道路側交差点手前の通信エリア(約 30m)で交差点に進入する従道路側車両に提供し、車内で喚起音「ピピピ・・・」を約6秒間発報することによりドライバーに通知するシステムを構築した(図 11)。

5.3 実験結果

前述の実験と同じ交差点で被験者に対し車両接近警報を提供した結果、45 人中 38 人が警報を受けるタイミングで進入することができた。発報後の行動内容は、7割以上の被験者がブレーキを踏んだまたは踏み続けているなど安全側に行動していることが判った(図 12)。

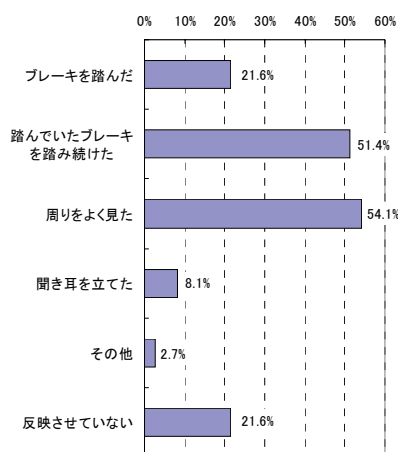


図 12 発報後の主観的な行動内容(複数回答)

また、警報の意味を事前に教えていないにも関わらず、約9割の被験者が交差車両の接近に対する警報であると正確に解釈していることが明らかとなった(図 13)。これより、警報の提供媒体として単純な喚起音だけでもサービス実施が可能と考えられ、インフラ協調による安全運転支援システム[2]において、車載器設計に対する制約(簡易図形や画像等による提供など車載器要件が増大すること)を減らせる可能性が示唆された。

6. おわりに

本研究では、無信号交差点における出会い頭事故を対象に、実際の事故多発交差点をDS上に再現して被験者実験を行い、従道路側のドライバーが交差車両を見落とすなど不十分な確認行動がヒヤリ・ハットを誘発する原因となっていることが明らかになった。また、不十分な確認行動をとる原因として、建物等の物理的要因に加えて他車両の存在や交差車両そのものを気にしなかったなど複合的な要因が背景にあることが判明した。さらに、インフラ協調システムにより交差車両の接近を

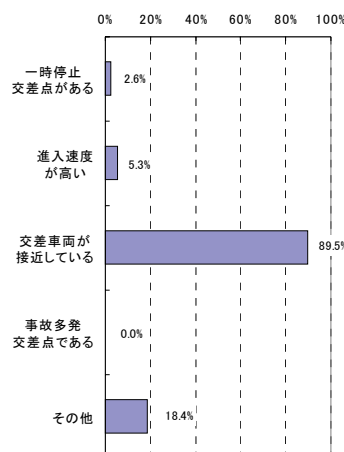


図 13 警報内容に対する解釈の内訳(複数回答)

ドライバーに喚起音を用いて伝えることで、大半のドライバーは情報を正しく理解し、安全側の行動をとることが確認できた。

本研究では、事故多発交差点をDSで模倣的に再現した環境の中で被験者実験を行ったが、実用化に向けては実道路環境の中でも検証していく必要がある。また、今回は実在する変形交差点を対象としたが、今後はその他の交差点形状でもヒューマンエラーの内容や提案している接近警報が有効であるかの検証を行い、汎用的な出会い頭事故防止対策として確立していく必要がある。なお、本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所から技術研究組合走行支援道路システム開発機構への委託により実施されたものである。

参考文献

- [1] (財) 交通事故総合分析センター：出会い頭事故における人的要因の分析，イタルダ・インフォメーション，No.56，2005。
- [2] IT 戦略本部：IT 新改革戦略，pp.19-20，2006。
- [3] 萩田他：無信号交差点における出会い頭事故の分析，交通工学，Vol.39，No.6，pp.51-59，2004。
- [4] 有住他：無信号交差点のヒヤリハット分析による出会い頭事故要因の検討，土木計画学研究・講演集，Vol.33，2006。

著者紹介

宗広 裕司 (非会員)



1995 年 横浜国立大学大学院修士、工学修士。株式会社長大にて交通計画、ITS 計画を担当。AHS(走行支援道路システム)の費用便益分析や画像処理センサを用いた車両挙動分析などを研究。2004、2005 年慶應義塾大学共同研究

員として安全運転支援情報の提供がドライバーに与える影響を検討するとともに、現在スマートウェイパートナー会議道路都市再生部会の WG 主査として、道路サイドからの都市再生に向けた研究に従事している。