

ドライビングシミュレータを活用した出会い頭事故のヒューマンエラー分析と対策の提案*

A Counter-measure for Crossing Collisions based on Analysis of Human Error using Driving Simulator *

宗広裕司**・山崎勲***・大門樹****・有住正人*****

By Yuji MUNEHIRO**・Isao YAMAZAKI***・Tatsuru DAIMON****・Masato ARIZUMI*****

1. はじめに

平成17年に発生した出会い頭事故は約25万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、無信号交差点における出会い頭事故を対象に、既存知見から当該事故の特徴を概観して、出会い頭事故の主要因であるドライバーの認知エラーに対する仮説を設定する。また、実際の事故多発交差点をドライビングシミュレータ(以下、DSと称す)上に再現し、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、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を提案するものである。

2. 無信号交差点における出会い頭事故の特徴

(1) 既往文献による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

*キーワード: 交通安全、交通行動分析、ヒューマンエラー分析、ITS
**工修、株式会社大社会計画事業部ITS計画部(東京都北区東田端2-1-3、TEL03-3894-3244、FAX03-3894-3299)
***工修、国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室(茨城県つくば市旭1番地、TEL029-864-4496、FAX029-864-0565)
****工博、慶應義塾大学理工学部(横浜市港北区日吉3-14-1、TEL045-566-1441、FAX045-566-1617)
*****技術研究組合走行支援道路システム開発機構、(東京都港区西新橋2-8-6、TEL03-3504-0505、FAX03-3504-2727)

も関わらず、交差車両を見落とししたか、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。

(2) 仮説の設定

(1)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。しかしながら、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。

本研究では、出会い頭事故や事故には至らなくとも衝突しそうになりヒヤリ・ハットしたときの詳細なドライバー挙動とその背景となる心理状況を把握することとした。その際、(1)の結果を踏まえて次のような仮説を設定した。

- (a) 出会い頭事故(または交差点通過時のヒヤリ・ハット事象)は不十分な確認行動時に発生している。
 - (b) 不十分な確認行動は、車両が来ないのではという思い込みが背景にある。
 - (c) ドライバーは目の前にある(または容易に予測される)危険事象に対して優先的に対応する傾向がある。
- 仮説の検証は、ドライバーの視線やブレーキ操作など詳細な挙動をデータ化することや、交差点通過後にドライバーにアンケートをとることから、被験者実験により行うこととした。しかしながら、実道での実験は危険を伴うため、本研究では、実際の事故多発交差点を模擬

的に再現したDSを用いることとした。

3. 実験条件

(1) DS

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、スピーカーも搭載されており、ピープ音等の注意喚起音の呈示が可能であった。



図-1 実験で使ったDSの概要

(2) 対象交差点

本研究では、徳島大学と流通科学大学が以前より調査対象としていた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コンフリクト事象が11件も確認された⁴⁾。

(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箇所を図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、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、ヒヤリ・ハットが発生し易くするもの（シナリオ2）で実施した。但し、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が十分予想されたため、ヒヤリ・ハットデータの収集は一人一回までとした。

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-3 DS上での対象交差点の模擬映像

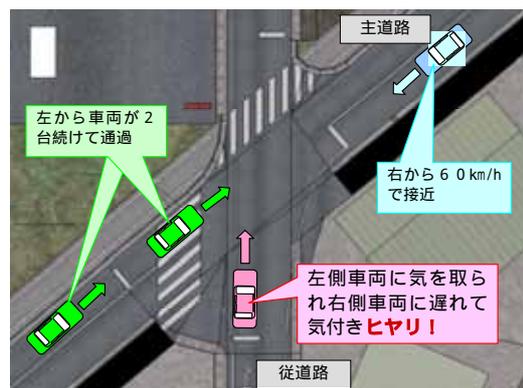


図-4 対象交差点の平面図と走行シナリオ2

(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。

(5) 検証内容と計測方法

本研究の検証内容は先の仮説を裏付ける為に、問題事象の発生に関する「結果の把握」、問題事象を引き起こす「直接的原因の把握」、ヒューマンエラーの背景となる「副次的原因の把握」の観点から表 1 のように設定した。

表 - 1 検証内容

分類	検証内容	
結果の把握	事故やヒヤリ・ハットの発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・交差車両との衝突や衝突を回避するための強い減速等が発生したか。 ・ヒヤリ・ハットの大きさやそのときの減速度はどの程度であったか。
直接的原因の把握	不安全行動の発生と内容	<ul style="list-style-type: none"> ・不十分な確認行動で発進していないか。 ・視認状況に問題はなかったか。
副次的原因の把握	交差車両の認知エラーとその理由	<ul style="list-style-type: none"> ・認識が遅れた理由は何か。 ・交差車両の動静や自車行動の判断に誤りはなかったか。

また、検証のための計測方法として、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

(1) 事故やヒヤリ・ハットの発生状況

前述の実験シナリオでの走行により、42走行中26例のヒヤリ・ハット（うち7例は接触事故）を収集できた。また、本番初回走行では全員がヒヤリ（多少緊張した程度も含む）としているが、本番2回目以降の走行ではヒヤリ・ハット発生は半数に減少している（図 5）。

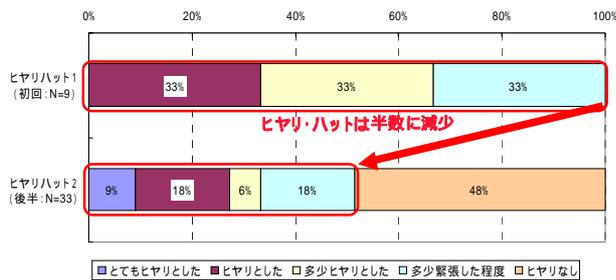


図 5 ヒヤリ・ハットの発生状況

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を図 - 6 に示す。ここでは、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

のと思い込み、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づいたため、慌てて急制動を行い一瞬で接触を免れたヒヤリ・ハットの典型例である。

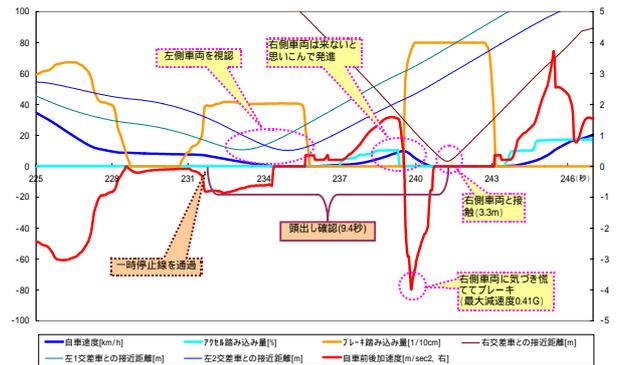


図 6 ヒヤリ・ハット発生時のドライバー挙動例

次に、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。ここで、頭出し確認時に発生した最大減速度をヒヤリ・ハット程度別に整理した（図 - 7）。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、通常は経験しにくい大きなヒヤリ・ハットを体験している可能性が高いと推測される。

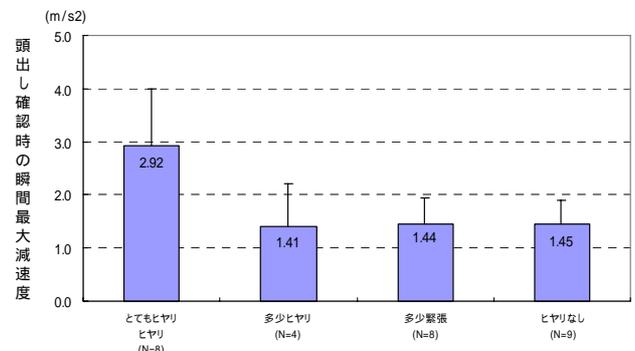


図 7 ヒヤリ・ハット程度別の最大減速度

(2) 不安全行動の発生と内容

頭出し確認時の視認方向を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 8 のように整理した。これより、「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、ヒヤリ・ハットは交差車両に対する確認挙動が不十分な時に発生していることが推察できる。参考までに2回目の練習走行で当該交差点を通過したときの視認時間を比較すると、交差車両を発生させていないこと、道順を覚えることに集中していること等から、前方を視認する傾向が強く表れていると考えられる。

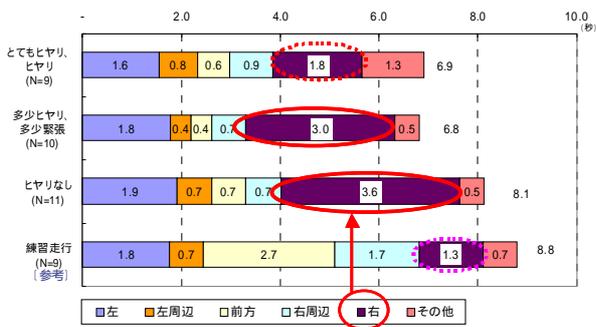


図 8 頭出し確認時の方向別平均視認時間

(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認知エラー内訳は「気がつかなかった」と「気づくのが遅れた」で約8割に達し、交通事故統計データによる出会い頭事故の4分の3が安全不確認であることに近い内訳となった。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」と回答する割合が高くなっている(図-9)。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。

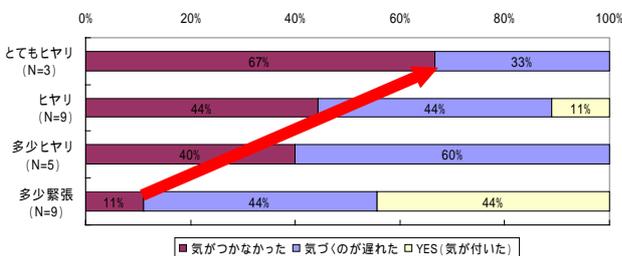


図 9 交差車両に対する認知エラー内訳

5. 情報提供の有効性検証

(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、道路に設置した簡易的な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。

(2) 実験条件

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变化するか否かを検証した。交差点から約60mの位置の主道路側に設置したセンサで右からの交差車両通過を検知し、この情報を交差点へ接近する従道路側の車両に交差点手前の通信エリア(約30m)で通信し、車内で喚起音「ピピピ…」を約6秒間発報することにより通知するものであった。

(3) 実験結果

前述の実験と同じ交差点で被験者に対し実施した結果、被験者の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。また、警報の意味を事前に教えていないにも係わらず、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。これより、警報出力手段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、既存知見を基に事故発生メカニズムに対する仮説を設定し、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の見落としとしてヒヤリ・ハットしている状況を頭出し確認時の車両挙動から把握することができた。また、ヒヤリ・ハット発生は交差車両に対する不十分な視認行動が原因となっており、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明らかになった。さらに、インフラ協調システムにより交差車両の接近情報をドライバーに伝えることで、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。

今後は、並行して進めている実交差点でのヒヤリ・ハット発生データを蓄積して発生状況を分析することにより、今回のシナリオ設定の妥当性を確認する必要がある。なお、本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所からの委託で実施されたものである。

参考文献

- (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．
- IT戦略本部：IT新改革戦略，pp.19-20，2006．
- 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．
- 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．