

## ⑥ 予防安全支援システム効果評価シミュレータ ASSESS を用いた 出会い頭衝突防止支援システムの効果に関する検討

自動車安全研究領域 ※田中 信壽、波多野 忠、安本 まこと  
芝浦工業大学 目黒 貴之、真野 香織、古川 修

### 1. はじめに

2010 年のデータでは、出会い頭による死亡事故件数は 750 件で死亡事故全体の 15.9%、同重傷事故件数は 14,250 件で重症事故全体の 28.8%、同軽傷事故件数は 178,952 件で軽傷事故全体の 26.6%であり、死亡、重症及び軽傷のいずれの事故においても出会い頭の事故は全体に対して高い割合を示している<sup>①</sup>。このような事故実態から、交差点通過時におけるドライバの運転行動を支援することによって出会い頭事故を防止するシステムが求められており、その開発と普及が進もうとしている。現在、これを実現する有力なシステムとして注目されているのが通信利用型出会い頭衝突防止支援システムである。この支援システムは、交差点において車車間通信や路車間通信などの通信技術を用いて互いの位置情報等を共有することによって出会い頭の衝突に対する注意喚起情報や警報をドライバに提供するシステムである。

一方、この通信利用型出会い頭衝突防止支援システムに代表される予防安全運転支援システムの開発、普及促進を考えた場合、欠かすことができないプロセスが定量的な効果評価である。現在、我々はこのようなシステムの事故低減効果の評価を行うシミュレータ ASSESS (A Survey Simulator to Evaluate Safety Systems) の開発を進めている。そこで、今回我々は、対象とする事故形態を車両同士の出会い頭事故とし、この ASSESS に車車間通信を利用した出会い頭衝突防止支援システムの効果評価を可能とする新機能を組み込むことによってこの効果評価を行うこととした。本報告では、まず、この出会い頭衝突防止支援システムの効果評価を実現するために開発した ASSESS の新機能を示し、この機能を追加した ASSESS を用いて行った本支援システムの効果評価結果について述べる。

### 2. 通信利用型出会い頭衝突防止支援システム

今回、評価に用いた通信利用型出会い頭衝突防止支援システムは、以下のプロセスによって支援を行うシステムである。①自車両が、一時停止規制のある交差点に向かって進行する。②自車両が通信エリアに入り、相手車両の情報を受信可能となる。③自車両の位置、速度、ブレーキ操作などから、自車両が一時停止線付近で一旦停止したと判定したのち、受信した相手車両に関する支援を開始する。④自車両の位置、速度、ブレーキ操作、アクセル操作などから、自車両が発進したと判断できたとき、支援を終了する。なお、今回の評価では、出会い頭衝突防止支援システムの支援タイミングを交差車両の到達余裕時間（交差車両が自車との会合点に到達するまでの余裕時間）が 8 秒となった時点に設定し、例えば、「右から車が来ます」のように車両の接近方向と存在を提供するものとした。

### 3. ASSESS の概要

ASSESS は、評価対象とする予防安全支援システムの機能を搭載し、かつ、自律走行可能な車両（エージェント）を、計算機内に構築した仮想空間内に出現させるマルチエージェントシステムで構成されている（図1）<sup>②</sup>。ASSESS を形成するこのマルチエージェントシステムは、交通環境を再現する環境モデル、ドライバの運転行動を模擬するドライバモデル、車両の運動を模擬する車両モデルの 3 つのプログラムとこれらを制御する統括プログラムによって構成されている。

ドライバモデルは、ドライバの運転行動である認知／判断／操作を模擬し実行するプログラムである。このドライバモデルは、まず仮想空間に構築された交通環境を三次元的に認知する。次いで、その情報をもとに運転戦略を決定し、その運転戦略に求められる運転操作量を車両モデルに出力する。



図1 ASSESSの概要

車両モデルは、ドライバモデルから入力される運転操作量（ブレーキペダル踏力等）をもとに最終的に車両の位置を算出するプログラム（等価二輪車モデル）である。

環境モデルは、各エージェントの発生スケジュールとそれら個々に搭載されるドライバモデル及び車両モデルの特性を割り当てるプログラムである。すなわち、環境モデルによって割り当てられた特性に基づいて各エージェントの運転行動と車両性能が変化し、車両の挙動に個体差が生じることとなる。

#### 4. 評価環境

本研究では、まず、出会い頭衝突防止支援システムの効果評価を行うにあたって、評価を行うべき環境（以下、評価環境）の決定と新たに ASSESS に求められるドライバモデルの機能を明らかにするために、出会い頭事故の分析を行った。

##### 4. 1. 出会い頭衝突防止支援システムの評価環境

出会い頭事故の環境要因の分析<sup>(4)</sup>から出会い頭衝突防止支援システムを以下の道路環境（図2）にて評価を行うこととし、その選定理由を合わせて示す。

###### ①優先道路と非優先道路が交差する交差点

選定理由：出会い頭衝突防止支援システムは発進待機支援であり、支援を受ける車両が走行する道路には一時停止線が存在するため。

###### ②信号なし交差点

選定理由：出会い頭事故の70%以上が信号なし交差点で発生しているため。

###### ③車道幅員が5.5[m]以上13[m]未満と5.5[m]未満の組み合わせの交差点

選定理由：交差点の形状が①を満たし、かつ、その中でも出会い頭事故が多く（28.1%）発生している交差点の大きさのため。

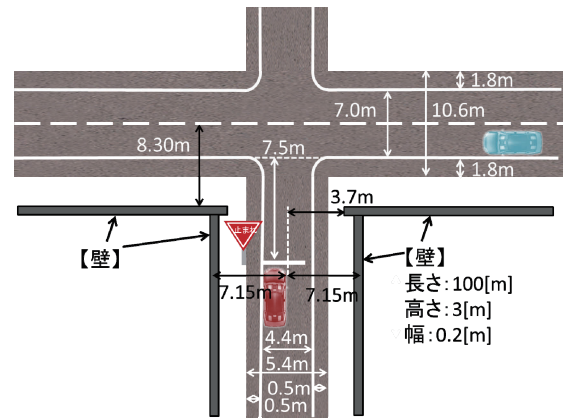


図2 評価環境

###### ④見通しが悪い。

選定理由：環境要因として見通しの悪さが高い割合を示すと共に、出会い頭衝突防止支援システムが効果を想定している環境であるため。

なお、今回の評価では、優先道路を走行する車両は、非優先道路を走行する車両の右側から接近するもののみとした。

#### 4. 2. 支援が影響を及ぼすドライバの認知・判断機能

出会い頭事故の人的要因の分析<sup>(4)</sup>と出会い頭衝突防止支援システムの機能より、ドライバモデルの認知機能として以下の機能を新たに組み込むこととした。

###### ①左右確認行動

理由：交差車両に対する認知エラーが生じる大きな要因は「左右確認不十分」であり、出会い頭衝突防止支援システムはこの「左右確認不十分」を防ぐ効果が予想されるため。

###### ②視認時間

理由：本支援システムの目的は、交差車両の接近情報を事前にドライバへ提供することである。よって、この支援で影響を受けるドライバの認知・判断機能としては上記の左右確認行動に加え「ドライバが交差車両を視認するまでに要する時間（以下、視認時間）」が考えられるため。

###### ③思い込み

理由：ドライバの左右確認行動は支援によって効果が期待されるものの、正常で正確な支援が常態化した場合に思い込みが発生し、これによって判断や行動が変化する可能性があるため。

以上、本研究では、この3つ（左右確認行動、視認時間、思い込み）のドライバの認知・判断機能に着目し、これらの定量化及びモデル化を図り ASSESS のドライバモデルに新機能として組み込むこととした。

## 5. 被験者実験による認知・判断機能のモデル化

上記3つのドライバの認知・判断機能のモデル化及びパラメータ値の決定にあたっては、ドライビングシミュレータを使用して、認知・判断機能に関する被験者実験を実施した。なお、実験に先だって、当研究所の人間を対象とする実験に関する倫理規定による承認を受けた。

### 5. 1. 左右確認行動モデル

ドライバの左右確認行動を分析する実験では、複数個(4-6個)の交差点を横断するシナリオを用意し、交差点通過時に行われる被験者の左右確認行動(首振り状態)を支援なし及び支援ありの条件で観測した。その結果、被験者の9割で、左右確認は右、左、右の順番で行われること、また、左右問わず首振りが始まると途中で止まることなく大きく最後まで振り切られることが確認された。このような統一的傾向が現れたのは、交差点横断時には、右、左の順番で交差車両が危険な対象となること、加えて、交差点の見通しが悪いためドライバは左右確認を交差点の直前で素早く行わなければならないことが要因であると考えられる。

これらの結果を踏まえ、左右確認行動のモデル化では、同時に可視判定ができる一定の視野角(以下、可視角)を設定し、この可視角の中心方向が①正面→②右端→③右端停留→④左端→⑤左端停留→⑥右端→⑦右端停留→⑧正面のプロセスで時間とともに変化することを基本とする機能を持たせることとした。可視角の大きさは、注視点が迅速に安定して見ることができると考えられている安定注視野とし、視野の中心から水平 $\pm 45^\circ$ とした。また、ドライバの首振りにあたる可視角の中心方向の振り幅は、人が首振りすることが出来る最大角度といわれている $\pm 60^\circ$ とした。可視角の中心方向の振れの周期は、実験で観測された首振りの周期の平均値を用いることとした。

### 5. 2. 視認時間モデル

非優先道路を走行するドライバの交差車両に対する視認時間を交差点中央から交差車両(停止状態)までの距離を変えて計測した。ドライバ(被験者)には、交差点で車両を視認した場合にパッシング操作で視認を申告させた。本実験は、支援なし及び支援ありの条件で視認時間の計測を行った。交差車両は、自車両との会合点から右側に75.4[m]、111.3[m]、147.3[m]及び219.1[m]の距離に一定の順番で現れる(自車からの視野角では、 $85^\circ$ 、 $87^\circ$ 、 $88.5^\circ$ 及び $89^\circ$ に相当)。

視認時間のモデル化では、被験者実験で得られた距離

に対する視認時間結果に対して回帰分析を行い、その回帰直線から視認した距離に対する視認時間を推定することとした。

### 5. 3. 思い込みの再現

左右確認行動の被験者実験において交差点を25個に増やした場合、23個目の交差点(交差車両が出現しない交差点)では、約半数の被験者が通常の左右確認の最後の⑥、⑦の右側確認を省略し、①正面→②右端→③右端停留→④左端→⑤左端停留→⑧正面となることが確認された。これは、このような左右確認を行った被験者へのインタビューにより、それまでの支援の経験で支援が無い場合は交差車両がないことがわかるため、左右確認の最後の右側確認を省略したとのことであった。

さらに、交差道路端に到達したとほぼ同時に支援があるような交差車両が出現する交差点でも、約半数の被験者が同様に左右確認の最後の右側確認を省略し、①正面→②右端→③右端停留→④左端→⑤左端停留→⑧正面となることが確認された。これは、既に左右確認を行えるような十分視認できる状態で支援を受けた場合、支援時の交差車両の位置はこれまでの支援の経験で横断するのに十分離れた距離にいることがわかるために視認を行わなかったとのことであった。

そこで、“支援が無いということは、交差車両が存在しない”という思いこみや、既に視野が確保できている位置に到達してから支援をもらった場合“車両は十分遠くにいる”という思い込みを再現するために左右確認を開始するまでに出会い頭衝突防止支援システムの支援が無ければ左右確認の最後の右側確認を省略するアルゴリズムを実装することとした。

## 6. 出会い頭衝突防止支援システムの効果評価

### 6. 1. 効果評価の方針

本評価では、出会い頭事故が想定される交通状況を想定し、その状況で発生する衝突件数とシステムの普及率との関係を算出することで効果評価を行うこととした。

一方、本支援システムの支援タイミングの精度は各車両の位置の測位精度に依存するため各車両に搭載されているGPSの測位精度に依存する。現在、ガイドラインでは、このGPSの精度別に4つのクラスが定義されている(Sクラス:誤差0.1[m]、Aクラス:誤差5.0[m]、Bクラス:誤差15[m]、Cクラス:誤差30[m])。そこで、本評価でもこのクラス別にこの誤差の分だけ支援タイミングが遅れた場合の評価をGPSの精度による影響と

して行うこととした。

## 6. 2. 効果評価

今回の効果評価では、図3に示すように非優先道路を走行する車両（以下、非優先車両）に対し、優先道路を走行する交差車両（以下、交差車両）が1台右側から接近する場合を想定することとした。交差車両の初期速度は、20[km/h]～60[km/h]まで2.0[km/h]刻み、また、到達余裕時間は、10[s]～20[s]まで0.2[s]刻みとして出現パターンを網羅的に生成した。非優先車両の初期速度は40[km/h]とした。同車両のドライバモデルは、上記の認知・判断機能の新機能が搭載され、交差車両のドライバモデルは優先意識が高い状態（交差点では減速しない状態）を模擬した。

図4に本システムの普及率に対して推定される衝突発生件数を示す。なお、図中の各線はGPSに測位誤差が生じた場合に推定される衝突件数の推移を誤差が無い場合と誤差クラス毎に示したものである。これより、今回の評価環境及び評価条件では、本システムが普及するのに従って衝突発生件数がGPSの精度によらず減少することが推定された。

また、普及率が0%から100%へ変化した場合の衝突件数の推移をGPSの誤差クラス毎に比較すると、Sクラスでは誤差が無い場合と変わらず衝突件数は34件とな

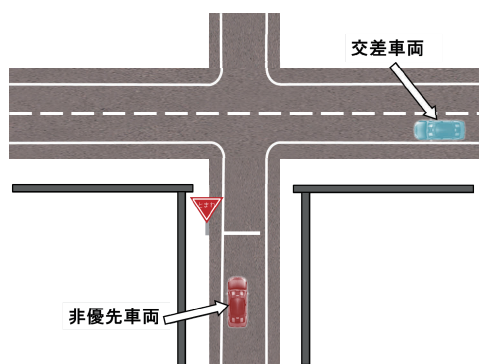


図3 評価環境

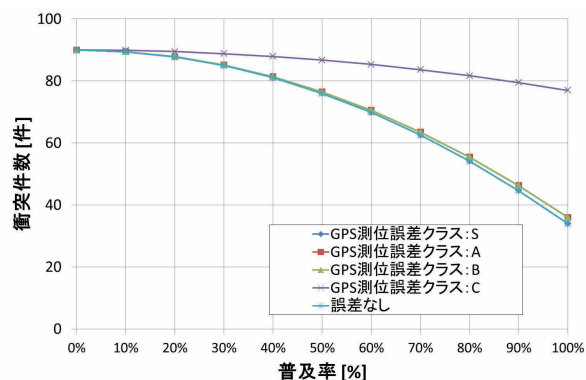


図4 評価結果

り56件(62.2%)削減されることが確認された。さらに、AクラスとBクラスでは衝突件数は36件となり54件(60%)削減されることが確認された。一方、Cクラスでは衝突件数は77件となり、削減される衝突件数が他のクラスと比較して著しく少ないことが確認された。

## 7. まとめ

本報告では、通信利用型出会い頭衝突防止支援システムの効果評価を行うために予防安全支援システム効果評価シミュレータASSESSの新機能を開発し、ASSESSを用いて本支援システムの効果評価を行った。その結果、本支援システムが普及することによって衝突件数が約6割削減される交通環境が存在することが確認された。また、この交通環境では、GPSの精度に誤差が発生することによって衝突事故の削減数が減ることが確認される一方で、GPSの測位誤差がCクラスの場合は衝突の削減効果が著しく低下することが確認された。

今回、効果評価を実現するために新たにASSESSに組み込んだ機能は、被験者実験の結果がベースとなっている。よって、今後さらに効果評価の精度を高めるためには、この被験者実験データの拡充が課題である。また、出会い頭事故が起こる状況は、今回設定した交通環境以外にも考えられ、そのような環境での評価が必要である。また、本評価では交通流パターンを網羅的に生成して評価を行ったが、各パターンには発生頻度が存在すると考えられる。今後は、これらの点も考慮して効果評価を行う必要があると考えている。

## 参 考 文 献

- (1) 公益財団法人 交通事故総合分析センター編；出会い頭事故発生の特徴と要因分析、平成23年交通事故総合分析センター研究報告書(2011-10)。
- (2) 田中信壽、森田和元、青木義郎、安本まこと、廣瀬敏也；予防安全支援システム効果評価シミュレータ(ASSESS)を用いたブレーキアシストシステムの有効性に関する検討、自動車技術会論文集、Vol.43、No.1、pp.15-20(2012)。
- (3) 公益財団法人 交通事故総合分析センター編；特集・道路環境からみた出会い頭事故、イタルダ・インフォメーション、No.69(2007-08)。
- (4) 公益財団法人 交通事故総合分析センター編；特集・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(2005-05)。