

② 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（第2報）

自動車安全研究領域 ※田中 信壽 安本 まこと
元自動車安全研究領域 波多野 忠

1. はじめに

2014年における出会い頭による死亡事故は543件発生し、死亡事故全体の13.5%と高い割合を示している⁽¹⁾。このような事故実態から、出会い頭事故を削減する手段として注目されている予防安全支援システム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に発生する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。そこで、我々は、この通信利用型出会い頭衝突防止支援システムの開発や普及促進において欠かすことができない定量的な効果評価をコンピュータシミュレーションによって実現する手法の開発を行ってきた。本手法は、これまで我々が開発を進めてきた予防安全支援システム効果評価シミュレータ ASSESS (A Survey Simulator to Evaluate Safety Systems) に対し、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可能とする新機能を組み込むことによって実現したものである。

これまで、本研究では、優先道路と非優先道路が交わる交差点において非優先道路を走行する車両（支援対象車）に対し、1台の車両が優先道路上を右側から接近する状況での当該支援システムの効果評価を行い、報告した⁽²⁾。本報告では、上記の交差点で優先道路を車両が2台走行する場合（1台目と2台目の間を、非優先道路を走行する車両が横断する場合）の当該支援システムの効果評価について報告する。

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非優先道路を走行する車両（以下、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、優先道路を走行する車両（以下、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相手車両の衝突余裕時間（相手車両が自車との衝突点に到達するまでの余裕時間）が8秒となった時点で設定した。

3. ASSESS の概要

ASSESS は、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)⁽³⁾。ASSESS は、このエージェントに対し評価対象とする予防安全支援システムの機能を搭載させ、その場合に発生する衝突件数やニアミス件数を算出することで効果評価を実現する。

ASSESS は、ドライバモデル、車両モデル、環境モデルの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し、その情報をもとに運転戦略を決定した後、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。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）をもとに車両の位置を算出するプログラムである。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。



図1 ASSESSの概要

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. 効果評価を行う環境

本研究では、出会い頭事故が発生しやすい交差点の環境要因の調査⁴⁾をもとに通信利用型出会い頭衝突防止支援システムの機能を考慮して図2に示す評価環境で当該支援システムの効果評価を行うこととした。この評価環境の特徴とその選定理由を以下に示す。

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。

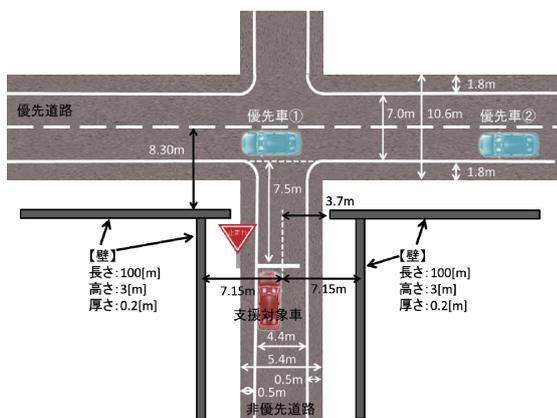


図2 評価環境

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2台の車両(以下、1台目：優先車①、2台目：優先車②)が非優先道路を走行する車両(以下、支援対象車)の右側から接近し、支援対象車は優先車①を通過させた後、優先車②の前方を横断する状況を想定することとした。

5. 効果評価のためのドライバモデルの機能

本研究では、出会い頭事故の人的要因の調査⁵⁾をもとに出会い頭衝突防止支援システムの機能を評価するために必要な以下のような機能を洗い出し、これらを開発してドライバモデルに搭載した。

5. 1. 左右確認機能(可視範囲の周期的な水平移動)

交差点で車両の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」を防ぐ効果が期待される。そこで、ASSESSのドライバモデルにはこの左右確認機能を新たに組み込んだ。本機能は、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を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させることが可能である。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、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、被験者実験で観測された首振りの周期の平均値を用いた。

5. 2. 視認時間の推定

通信利用型出会い頭衝突防止支援システムの目的は、優先車の接近情報を事前にドライバ(支援対象車)へ提供することである。よって、その効果は、最終的にドライバが優先車を視認できるかどうか反映される。即ち、ドライバが車両を認識するためには、左右確認によって優先車を可視角内に入れるだけでは不十分で、さらに、その車両を認識するのに十分な時間(以下、視認時間)可視角内に留める必要がある。また、この視認時間は、ドライバ(支援対象車)と優先車との距離に依存することが予想された。そこで、本研究では、ドライビングシミュレータを用いてこの

関係を調査する被験者実験を行い、その結果を回帰分析することによって、支援対象車と優先車との距離から視認時間を推定する回帰直線（1次式、以下、視認時間推定直線）を得て、これをドライバモデルに組み込んだ。なお、この視認時間推定直線を実験データから得る際に、本直線の定数項（以下、y切片）の標準偏差 σ も合わせて得た。そこで、ドライバの注意力が低下している状態等、視認に要する時間が長くなることが想定される状況の視認時間を推定する際は、この σ またはその数倍の値をy切片に加算して視認時間を算出することとした。

5. 3. 思い込み

上記の左右確認行動や視認時間は、優先車を視認するために必要な生体的なメカニズムを構成する要素である。一方、これら要素の能力を変化させる因子が意識、無意識を含めたドライバの認識状態である。ドライバの認識状態が「注意が不要である」という状態であれば、左右確認行動は不十分になり、視認時間は長くなる。このドライバの認識状態の形成に大きく影響を及ぼすものの一つが過去の経験に基づく「思い込み」である。通信利用型出会い頭衝突防止支援システムの利用時では、ドライバが常に正確なタイミングで適正な支援を受け続けた場合、ドライバは「次もきっと同様の支援を受けられるだろう」という思い込みが生じることが予想される。つまり、ドライバは、支援が無い場合、「接近する優先車は存在しない」、また、支援があった場合でも「接近する優先車は十分遠方にいる」と思い込み、ドライバの認識状態が「注意が不要である」という状態に向かうことが想定される。そこで、ドライバモデルでは、このようなドライバの認識状況における評価、即ち、ドライバの注意力の低下している状態での評価を実現するために、支援が無い場合、左右確認行動を行わない、もしくは、確認の一部を怠るアルゴリズム、加えて、視認時間が長くなるアルゴリズム（上述 σ の3倍（以下、 3σ ）を視認時間推定直線のy切片に加算する）も組み込んだ。

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当該支援システムの普及率との関係を算出することで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こととした。

なお、普及率に対する衝突件数は、式(1)にて推定するものとした。

$$N = P * P * X_1 + P * (1 - P) * X_2 + (1 - P) * P * X_3 + (1 - P) * (1 - P) * X_4$$

P : 普及率[%], N : 普及率に対する衝突件数 ……式(1)

X_1 : 支援対象車（搭載）、優先車（搭載）時の衝突件数
 X_2 : 支援対象車（搭載）、優先車（非搭載）時の衝突件数
 X_3 : 支援対象車（非搭載）、優先車（搭載）時の衝突件数
 X_4 : 支援対象車（非搭載）、優先車（非搭載）時の衝突件数

X_1 は普及率100%の場合の衝突件数、 X_4 は普及率0%の場合の衝突件数に相当する。なお、当該支援システムは、その性質上、どちらか一方でも非搭載であると通信が成立しないため支援は受けられない。よって、 X_2 及び X_3 は、必ず一方が非搭載の条件であるため基本として普及率0%の場合の衝突件数に相当する。また、本評価では、その効果を明確にするために、当該支援システムがその効果を発揮することを想定している「ドライバの注意力が低下している状態（左右確認行動：最後の右確認を省略、視認時間：y切片に 3σ を加算）」をドライバの認識状態のベースとすることとし、この状態で支援があった場合は、その効果としてドライバの注意力が通常状態に戻ることにした。一方、当該支援システムの悪影響の効果についても評価に反映させるために思い込みの発生を想定することとした。この思い込みの影響は上述のように支援のタイミングの遅れによって生じるため、この支援タイミングを決定する優先車搭載のGPSの測位誤差をパラメータとして効果評価を行うこととした。現在、ガイドライン⁶⁾ではGPSの測位精度に関し4つのクラス（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]）が定義されており、これに加え誤差10[m]、35[m]、40[m]の3つの場合と合わせた7ケースをパラメータとした。また、支援対象車のドライバは、当該支援システムが自車に搭載されている場合、優先車の搭載、非搭載に係わらず思い込みを生じる可能性がある。そこで、 X_2 （支援対象車：搭載、優先車：非搭載）は、同状況で思い込みが100%発生することを想定した衝突件数とすることとした。

今回効果評価で使用した優先車①及び優先車②と支援対象車との初期速度と初期位置の関係を以下に示す。

- ・支援対象車の初期速度40[km/h]（一時停止線で停止するので交差点への進入タイミングは常に一定）。
- ・優先車①と優先車②は、同じ初期速度で支援対象車の出現と同時に出現する。

- ・優先車②は、初期速度を 10 ~ 60[km/h]まで 2.0[km/h] 刻みとした。また、出現位置は上記範囲で初期速度を決定した後、支援対象車との衝突余裕時間が 35[s]（本条件で支援対象車との衝突の可能性がある出現タイミングを確保）となるような位置とした。
- ・優先車①は、支援対象車が一時停止線で必ず停止する行動を考慮して支援対象車の前方を確実に通過させるために衝突余裕時間が 10[s]となる位置に出現させた（初期速度は、優先車②と同じ）。

6. 2. 効果評価

図 3 に当該支援システムの普及率に対して推定される衝突発生件数の推移を示す。図中の各線は GPS に測位精度毎の同推移である。

当該支援システムが完全に普及した場合（100%）、GPS の測位誤差が 15[m]以下であれば、これが導入されない場合（0%）に発生する衝突件数を約 82%削減できる可能性が確認された。一方、測位誤差が 30[m]となると、衝突件数を 18.4%程度しか削減できないことも確認され、測位誤差が 15[m]~30[m]の間で事故の削減効果が大きく低下する可能性が示唆された。さらに、測位誤差が 15[m]以下の場合でも普及の途中段階で一時的に衝突件数が増加する可能性があることも確認された。これは、普及の途中段階では、当該支援システムを搭載する支援対象車に非搭載の優先車②が接近時する（支援は提供されない）状況が発生し、支援対象車のドライバが、支援が行われないことで「接近する優先車はいない」と思い込み、事故が発生する件数を考慮したためである。今回の評価は、上記の状況で思い込みが 100%発生することを想定しており、この想定が評価の前提であることを十分考慮する必要があるが、普及率が約 75%を越えないと当該支援システムの事故削減効果が現れない可能性が確認された。

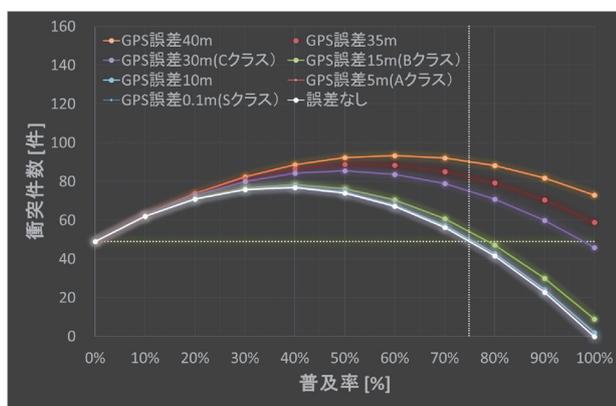


図 3 評価結果

7. まとめ

本報告では、予防安全支援システム効果評価シミュレータ ASSESS のドライバモデルのアルゴリズム、設定及び効果評価方法を見直し、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った。その結果、当該支援システムが完全に普及することによって、今回設定した評価条件においてもその有効性が確認された。特に、GPS の誤差が 15[m]以下であればその効果が顕著に表れ、10[m]以下であれば、衝突件数を数件にまで削減できる可能性があることが確認された。その一方で、思い込みの発生を前提とした場合、本評価では、GPS の測位誤差が無い場合でも普及の途中段階で一時的に衝突件数が増加する可能性があることも確認された。これは、普及時には、思い込みの発生が事故の発生に大きく影響を及ぼす可能性が示唆されたものであり、普及の途中段階では、この思い込みを発生させないための教育や何らかの支援といった工夫が重要であると考えられる。

今後、さらに評価精度を上げるためには、ドライバモデルの精緻化が必要であり、被験者実験データの拡充が必要であると。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。加えて、本結果は、支援の内容によって変化する可能性があり今後検証が必要である。

参考文献

- (1) 内閣府; 平成 27 年版交通安全白書。
- (2) 田中信壽, 波多野忠, 安本まこと, 目黒貴之, 真野香織, 古川修; 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, 交通安全環境研究所フォーラム 2013 講演概要, pp.91-94 (2013)。
- (3) 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)。
- (4) 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)。
- (5) 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)。
- (6) 国土交通省 自動車局 技術政策課; 通信利用型運転支援システムのガイドライン, (2011-03)。