

# ヘッドアップディスプレイを用いた信号交差点における 右折支援システム

日大生産工(院) ○吉永 隼斗 日大生産工(院) 塚原 悠貴  
日大生産工 風間 恵介 日大生産工 丸茂 喜高

## 1. 緒言

自動車が抱えている問題として交通事故が挙げられる。令和5年の交通事故発生件数は全国で約31万件であり、道路形状別の事故割合を見ると、交差点およびその付近で半数以上が発生している。また、信号機が設置されている交差点において、全体の約18%の事故が起きている。信号機が設置されている交差点での類型別事故発生件数の割合では、右折による事故が最も多く、約28%を占めている。よって、信号交差点での右折事故を抑制することで、交通事故を減らすことが期待できる。

右折時の交通事故を防止するために、車両と道路付帯物などのインフラが情報のやり取りをするインフラ協調型の運転支援システムが研究開発されている。ドライバーに対して対向右折車により死角となる対向直進車の情報を車載表示器で呈示する支援が提案された<sup>2)</sup>。その有効性が実証実験により確認されているが、ドライバーにより右折実施の判断基準が異なるため、システムが保守的に設定されている。このことから、ドライバーによっては右折可能な車間距離でも右折をしなくなることが考えられる。そこで、対向直進車を直接認知できるように、ヘッドアップディスプレイ(以下、HUDとする)を用いて、道路全体を坂道状に呈示し対向直進車の認知を支援するシステムが提案された<sup>3)</sup>。この支援の有効性はドライビングシミュレータ(以下、DSとする)実験により確認されている。しかし、この方法では、実環境領域のほとんどがHUD上の呈示物体で重畳されるため、実環境での対向直進車が認識しづらいことが考えられる。

そこで、支援の呈示物体により対向直進車などが認識しづらくならないように、対向直進車前方の道路上に仮想的に余裕領域を呈示する支援が提案された<sup>4)</sup>。DS実験により、その有効性を評価した結果、支援により短い車間距離では右折を実施せず、長い車間距離では必ず右折を行った。また、支援ありの場合には、支援な

しと比較して対向直進車との車間距離が長い状態で右折を実施することができた。しかし、そこでの検討では、呈示情報を道路上に直接描画しているため、ドライバーの視点によらず必ず対向直進車前方の道路上に呈示されるが、実際には、HUD上へ情報呈示を行うため、ドライバーの視点によっては、道路上に情報が呈示されない可能性もある。

そこで本研究では、信号交差点における右折事故を防止するために、対向直進車の前方の路面に余裕領域をHUD上へ呈示し、その有効性をDS実験により検証する。

## 2. 実験装置

本研究で用いたDSの外観をFig. 1に示す。DSは、ハンドルやアクセルペダル、ブレーキペダルの操作系とディスプレイ、シート、HUDから構成される。ディスプレイの視野角が45degとなるようにドライバーまでの距離を1300mmとした。使用したDSのソフトウェアは三咲デザイン合同会社製のSirius<sup>5)</sup>である。

Fig. 2に、HUDの構成を示す<sup>6)</sup>。HUDはプロジェクタ、スクリーン、コンバイナ、アルミ製のフレームで構成されている。運転支援の呈示方法として、プロジェクタから照射した映像を、スクリーンに投影させ、スクリーンから透過された映像は、コンバイナを介してドライバーに視認される。コンバイナはアクリル製のフレームにより両側から挟み込んで、45deg傾けた状態で固定され、スクリーンに対して垂直に映し出された虚像をドライバーが視認する。また、コンバイナとスクリーンの間の距離を300mmとし、コンバイナとドライバーの間の距離を1000mmとすることで、虚像がディスプレイ上に表示されるようにした。HUD筐体のサイズは、スクリーンの映像をコンバイナに反射させる際、スクリーンを固定しているフレームがコンバイナ内に映り込むことを考慮し、横幅1000mm、縦幅340mmとした。

Right Turn Assistance System at Signalized Intersection Using Head-Up Display

Hayato YOSHINAGA, Yuki TSUKAHARA, Keisuke KAZAMA  
and Yoshitaka MARUMO



Fig. 1 Overview of fixed-base driving simulator

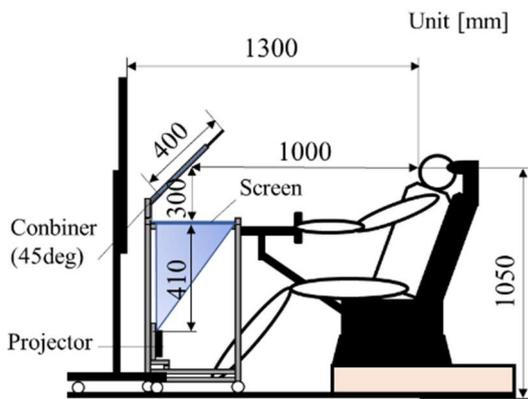


Fig. 2 Configuration of HUD

### 3. 路面呈示支援システムの概要

本研究では、信号機に設置されているセンサにより自車の位置と対向直進車の位置や速度の情報を取得し、路車間通信技術を用いて自車に情報を与えることを想定している。取得した情報をもとにHUDを用いて、対向直進車の前方の余裕に応じて路面へ情報を呈示する。

Fig. 3に対向直進車前方の路面へ呈示する余裕領域の色分けについて示す。右折を行う上で、余裕のある車間距離を確保している領域を緑色で呈示し、余裕のない領域を赤色で呈示することとする。ドライバーが右折を実施する車間距離をもとに、右折の可否を判断する基準として、対向直進車前方の車間時間4sとする。判断基準から対向直進車側、1sの領域を余裕の境界として黄色で呈示する。仮に、対向直進車速が10m/sの場合には、右折可否の判断基準は対向直進車前端から40mの位置となり、判断基準から対向直進車側の10mの領域が余裕の境界となる。Fig. 4に、HUD上で接近する対向直進車の余裕領域を呈示したイメージを示す。

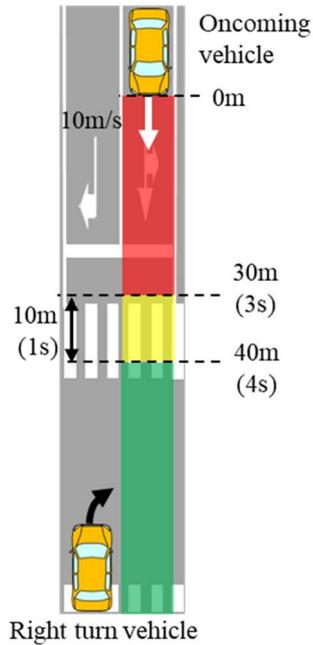


Fig. 3 Definition of the margin area in front of oncoming vehicles



Fig. 4 Image of space margin indication on road surface

### 4. HUDを用いたDS実験

本研究では、実験参加者が片側一車線で右折レーンのある交差点を走行する。対向直進車の条件として、10m/sの一定の速度で走行し、車間距離は20m~80mの間で間隔を20mずつランダムな順序となるように設定した。自車は交差点50m手前から走行し、右折レーンで待機して、対向直進車が複数台走行する中、右折が可能だと判断した時に右折を行った。

本研究では、対向直進車間の車間距離をランダムとしているため、試行回数が少ないと、対向直進車同士の車間距離の順序によっては、特定の車間距離で右折を行うこととなる。それを防ぐために、試行回数を多く行うこととする。HUDを用いて対向直進車の前方に情報呈示を行う「支援あり」と、路面呈示を行わない「支援なし」の順で10回ずつ走行を行い、それらを2回繰り返して計40回走行する。なお、支援なしの

場合、ディスプレイに表示される運転風景はコンバイナを介して走行を行った。実験参加者は、普通自動車免許を保有する、DSの運転に習熟した20代の男性3名であり、事前にインフォームドコンセントを得た。実験開始前にDSでの運転および支援システムに習熟するために、十分に練習走行し実験を行った。

Fig. 5に実験参加者3名分の車間距離の条件に応じた右折実施率を示す。右折実施率は、対向直進車の車間距離の条件に応じた右折を実施した回数を、右折を実施しなかった回数も含めた全回数で除したものである。支援の有無によらず、車間距離が20mと40mで右折を実施しなかった。支援ありの場合、車間距離60mの条件では右折実施率が高くなり、車間距離80mでは支援なしで右折を実施しないことがあったが、支援ありの場合必ず右折を実施した。支援により、対向直進車の前方余裕がどれだけあるかを認識できるため、右折の可否における判断がしやすくなったと考えられる。

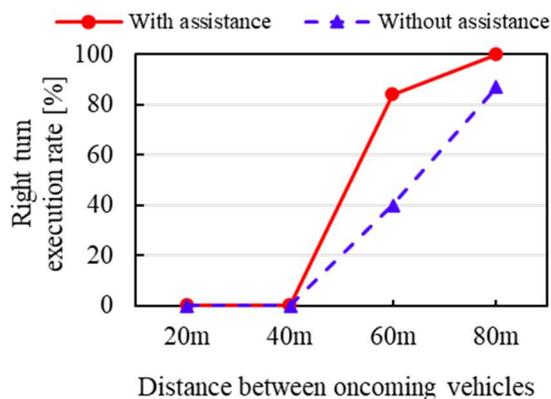


Fig. 5 Right turn execution rate

次に、支援により右折実施の可否の判断が容易になったことによる、右折実施の効果を確認するために、右折を見送った回数について着目する。見送った回数は、対向直進車1台目通過後の対向直進車同士の各車間距離の条件において、右折を実施しなかった回数である。支援の有無による右折を見送った回数の平均値と標準偏差を Fig. 6 に示す。支援ありは支援なしと比べて見送り回数が少なく、危険率 1%未満で有意差が確認された。支援なしでは右折が実施できる余裕のある対向車同士の車間距離で右折を実施しないことが多いが、支援により右折実施の可否の判断がしやすくなったことにより、右折できる余裕のある対向車同士の車間距離を見逃さずに右折を実施でき、見逃し回数が減ったことが考えられる。

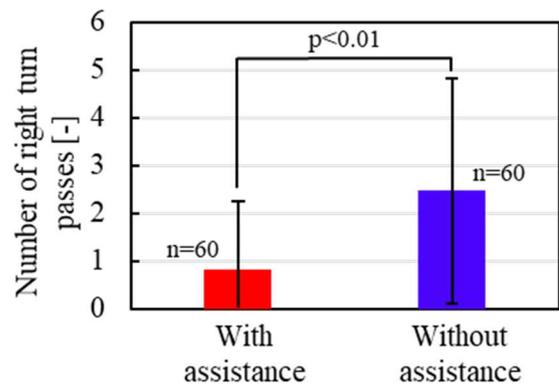


Fig. 6 Number of right turn passes

右折を見送った回数が減少したことから、右折実施の可否の判断が容易になったことが考えられる。そこで、判断が早まったかどうかを調べるために、発進遅れ時間に着目する。対向直進車の車間距離の条件における発進遅れ時間の平均値と標準偏差を Fig. 7 に示す。発進遅れ時間は、対向直進車の前端が交差点中央を通過してから自車が発進する（アクセルを踏む）までの時間である<sup>8)</sup>。車間距離が 60m の条件では、支援ありの場合に支援なしよりも発進遅れ時間が短く、危険率 10%未満で有意傾向が確認された。右折をする上で余裕がある領域が支援によって分かるため、判断が早くなったと考えられる。車間距離が 80m の条件では、支援の有無による発進遅れに有意な差は確認されなかった。車間距離 60m と比べて、右折を実施する余裕領域が長いため、余裕をもって発進することができたため、発進遅れ時間に差が出なかったと考えられる。

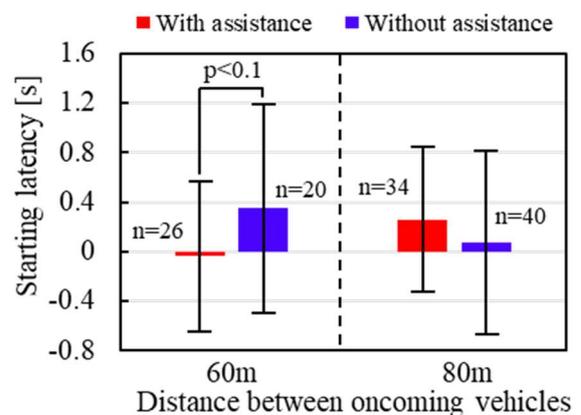


Fig. 7 Right turn starting latency in each direction between oncoming vehicles

支援の有無による対向直進車との衝突の危険性について調べるために右折時の対向直進車との車間距離に着目する。Fig. 8 に対向直進車の車間距離の条件における自車と対向直進車の車間距離の平均値と標準偏差を示す。この車間距離は、自車が右折を行った際に、対向直進車中央の経路を自車の中心が通過した時の距離である。車間距離が 60m の条件では、支援ありの場合に支援なしよりも自車と対向直進車の距離が長く、危険率 1%未満で有意差が確認された。発進遅れ時間が短いため、車間距離が長くなったと考えられる。車間距離が 80m の条件では、支援の有無による自車と対向直進車との距離に有意な差は確認されなかった。

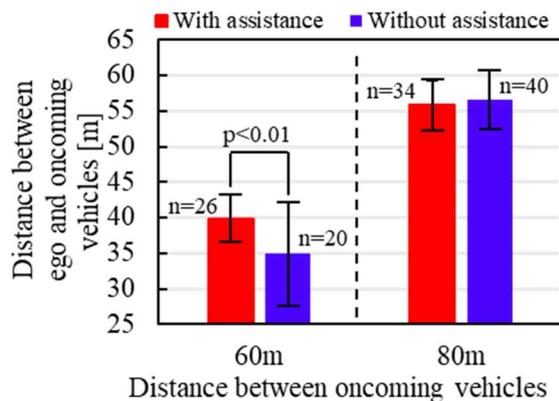


Fig. 8 Distance between ego and oncoming vehicles in each distance between oncoming vehicles

路面に呈示する情報を、HUD を用いた場合と、DS の模擬映像上に直接描画<sup>4)</sup>する場合を比較すると、車間距離 60m で右折を実施しないことや発進遅れで有意差を確認することができなかったが、他の結果は同様となった。全体的な傾向としては、描画方法が異なっても支援なしと比べて、支援ありが安全に効率よく右折を行われた。

## 5. 結語

本研究では、信号交差点における右折事故を防止するために、対向直進車の前方の路面に余裕領域をHUD上へ呈示し、その有効性をDS実験により検証した。HUD上に支援情報を呈示した場合、支援により車間距離が長い条件では、支援なしと比べて右折実施率が上がった。また、実施可能な車間距離を見送った回数が少なくなった。発進遅れ時間は、車間距離60mの場合、支援ありは支援なしと比べて、短くなった。そ

のため、自車と対向直進車の車間距離をより長く確保し、右折を行えるようになった。また、情報呈示をHUDに描画した場合でも、直接描画<sup>4)</sup>した場合と同様に、支援なしと比べて支援ありが安全に効率よくなる傾向となった。

## 参考文献

- 1) 総務省統計局, “令和 5 年中の交通事故の発生状況”, [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00130002&tstat=000001027458&cycle=7&year=20230&month=0&result\\_back=1&tclass1val=0](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00130002&tstat=000001027458&cycle=7&year=20230&month=0&result_back=1&tclass1val=0) (参照日 2024 年 7 月 10 日) .
- 2) 中村俊佑, 菅沼英明, 菊池一範, 本間亮平, “インフラ協調型右折時衝突防止支援システムの効果評価”, 自動車技術会論文集, Vol. 64, No. 2 (2015), pp. 449-454.
- 3) 田谷文宏, 北原格, 亀田能成, 太田友一 “NaviView:動的環境センシングによる運転者への視覚支援の取り組み”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演論文集 (2005), pp. 168-173.
- 4) 吉永隼斗, 塚原悠貴, 風間恵介, 丸茂喜高, “対向車前方の余裕領域を路面に呈示する右折支援システム”, 日本大学生産工学部第 56 回学術講演会講演概要 (2023), pp. 152-153.
- 5) 三咲デザイン合同会社, “ドライビング・シミュレータ Sirius”, <https://md-sirius.com/> (参照日 2024 年 10 月 4 日) .
- 6) 丸茂喜高, 山崎光貴, 三浦裕弥, 道辻洋平, “ヘッドアップディスプレイを用いた信号交差点でのドライバ判断支援システム”, 日本機械学会論文集, Vol. 84, No. 866 (2018), p.18-00134.
- 7) 上野裕史, 前田公三, 落合清史, “右折行動に関する運転行動分析”, 自動車技術, Vol. 46, No. 9 (1992), pp. 41-45.
- 8) 鈴木桂輔, 井田雄也, 山田喜一, “交差点右折ドライバモデルの構築と右折衝突防止支援情報による事故低減効果の分析”, 自動車技術会論文集, Vol. 40, No. 3 (2009), pp. 925-932.