

# 路面に情報を呈示する車線変更支援システムの 従来支援との比較による効果の検証

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

近年、自動車の運転支援システムが普及しており、ドライバの運転操作の負担を軽減する支援が開発されている。しかし、自動車の運転が苦手であると意識する人は依然として多い。苦手な運転行動に関するアンケート調査<sup>1)</sup>では、車線変更が苦手だと答えたドライバは56.0%を占め、さらに、91.6%のドライバは車線変更に関する運転支援技術に期待していると答えた。車線変更を苦手とする原因として、後側方車に対する認知・判断が難しいことが考えられ、ドアミラーを通して後側方車を目視した際の状況を答える実験では、実際の状況と異なった認知をし、後側方車の到達時間を見誤る結果が示された<sup>2)</sup>。車線変更先に対する認知・判断は難しく、後ろから接近する車両の動きを予想しづらと考えられる。

既に普及している車線変更時の運転支援として、ブラインドスポットモニター (BSM: Blind Spot Monitor) がある<sup>3)</sup>。BSMは、ドアミラーにインジケータを搭載し、衝突の危険性がある場合に点灯する支援である。後側方車が自車の死角に進入した場合と、自車に対し大きい相対速度で接近した場合に点灯する。しかし、BSMが提供する情報は、車線変更の実施可否のみであり、実施可否のタイミングについては提供されない。苦手意識を持つドライバにとって、自分で実施のタイミングを計り、判断することは難しく、実施可能な車間距離で実施できない可能性がある。車線変更の可否のみでなく、可否のタイミングについても、BSMのようにドアミラーに情報を呈示すると、限られたスペースに呈示される情報が過多となり、ドライバの視線移動も伴うため、ドライバの心的負荷が生じることが考えられる。

視線移動を伴わずに、タイミングについての情報をドライバに伝える手段として、路面上に情報を呈示する方法が考えられる。そこで、車線変更が可能な領域 (以下、車線変更可能領域とする) を路面上に仮想的に呈示する支援システ

ム (以下、路面呈示支援とする) が提案された<sup>4)</sup>。ドライビングシミュレータ (以下、DSとする) を用いた実験により、支援がない場合と比べ、安全に効率よく車線変更を実施することが可能になった。しかし、路面呈示支援が、BSMのような従来の支援と比較して、どの程度有効であるのかは明らかになっていない。

そこで本研究では、DS実験により車線変更可能領域を路面上に呈示する支援システムをBSMと比較することで、BSMに対する路面呈示支援の有効性を確認する。

## 2. 支援システムの概要

路面呈示支援では、後側方車をセンシングすることで、後側方車の自車との相対的な位置と速度の情報を取得し、これをもとに支援する情報を、HUD (Head-Up Display) を用いて路面上へ仮想的に呈示することを想定している。

車線変更可能領域は車線変更開始位置と車線変更終了位置の2つの指標により定義される。それらの詳細は参考文献<sup>4)</sup>に記載されており、ここでは、その概要について説明する。Fig. 1に支援システムの各指標について示す。Fig. 1(a)は車線変更開始位置を示したものである。後側方車が自車に接近している状況において、この位置から車線変更が可能になることを示すものであり、後側方車が自車を追い越す位置である。自車速度 $v$ と後側方車が自車を追い越すまでの時間 $TTP_i$  (Time To Passage) をかけたものから求められる。車線変更終了位置をFig. 1(b)に示す。後側方車が自車に対してある程度離れている状況において、この位置からの車線変更が危険であることを示すものである。この位置は、後側方車の前端が自車の後端に到達する位置を基準としている。この基準はFig. 1(b)に示す破線であり、これに従って車線変更を行った場合、後側方車と衝突する可能性があるため、衝突防止の余裕を設ける必要がある。そこで、自車と後側方車との衝突余裕時間 $TTC_{i+1}$  (Time To Collision) から最小余裕時間 $TTC_{min}$ を引くこ

---

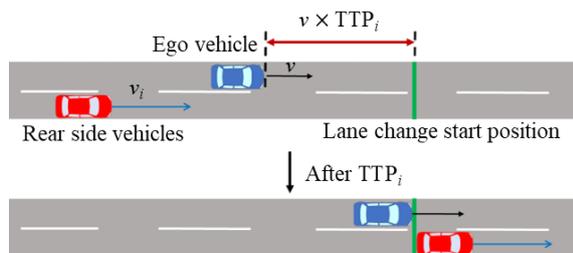
Effectiveness of Lane Change Assistance System Indicating Information on Road Surface in Comparison with Conventional Assistance System

Yuki TSUKAHARA, Keisuke KAZAMA and Yoshitaka MARUMO

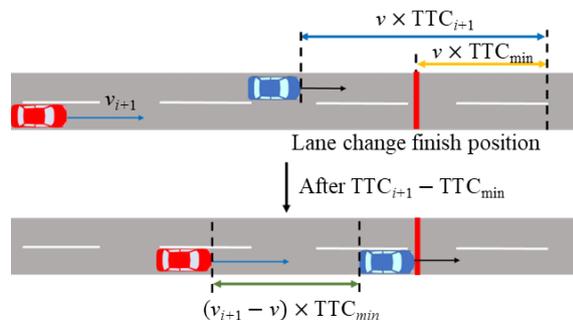
とで、自車と後側方車が衝突する前の位置に車線変更終了位置を呈示することができる。

これらの指標をDS上に呈示した際のイメージをFig. 2に示す。各指標は横幅2車線分呈示するものとし、車線変更開始位置を緑、車線変更終了位置を赤のラインで呈示する。さらに、自車が車線変更可能領域内を走行していることをドライバーに認識させるために、自車前方に水色の矢印を呈示する。

路面呈示支援の有効性について比較、検討するために、従来の支援としてBSMを想定する。路面呈示支援と同様に、後側方車をセンシングすることで、後側方車の自車との相対的な位置と速度の情報を取得し、この情報をもとにドアミラーにあるインジケータを用いて、後側方車の接近を情報として呈示する。Fig. 3にBSMの検知領域である死角領域と接近領域の2種類を示す。死角領域は、自車の死角となる領域であり、領域内に後側方車両が存在する場合にインジケータが点灯する。接近領域は、死角領域から後方の領域であり、この領域内に後側方車両が存在し、自車に対する後側方車のTTCが小さい場合に、インジケータが点灯する。BSMの情報呈示のイメージをFig. 4に示す。インジケータはサイドミラーの右上部に三角形で呈示される。点灯している際にウィンカを作動させた場合は、インジケータの点滅と警告音で車線変更の実施が危険であることをドライバーに伝える。

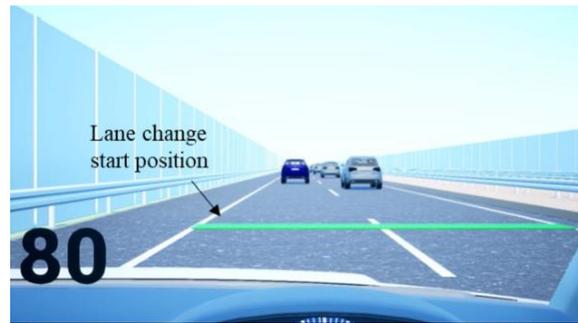


(a) Lane change start position

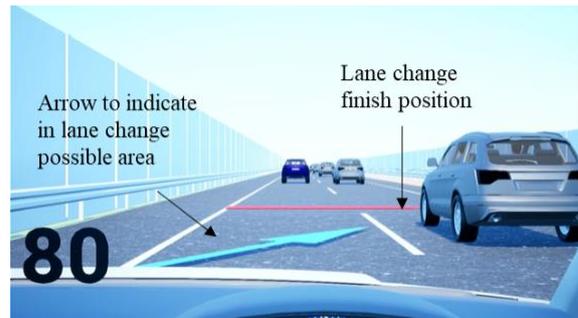


(b) Lane change finish position

Fig. 1 Definition of indication for assistance system indicating information on road



(a) Lane change start position



(b) Lane change finish position

Fig. 2 Indication image of evaluation indices for assistance system indicating information on road



Fig. 3 Detection area of BSM



Fig. 4 Image of Indicator for BSM

### 3. 実験条件

本研究では、定置型DSにより支援の有効性を検討する。使用したDSのソフトウェアは三峯デザイン合同会社製のSirius<sup>5)</sup>である。実験参加者は、片側2車線の高速道路を走行車線から追越車線へ車線変更を行う。初期状態では自車は走行車線に停止した状態とし、周辺には車両は存在しないものとした。自車が加速を始め、ある速度を超えた瞬間に先行車と後側方車を出現させるように設定した。実験参加者は周辺車両が出現した後に、車線変更が可能だと思っ

た任意のタイミングで車線変更を実施するように指示した。

出現する周辺車両はそれぞれ一定の速度で走行するように設定し、先行車は自車前方に速度80km/h、後側方車群が速度100km/hで走行する。さらに、後側方車群のうち前方の5台は、自車が車線変更を行わずに後側方車群との安定した相対速度を確保するために、ダミー車両として車間距離をすべて一定になるように30m間隔で走行させる。それ以降の後側方車群の車間距離は、ドライバーが車線変更の実施を判断させるために、30m~60mの間で間隔を10mずつランダムな順序となるように設定した。

本研究では、後側方車群の車間距離をランダムな順序としているため、試行回数が少ないと、車間距離の順序によっては、特定の車間距離で車線変更を実施することになる。それを防ぐために、試行回数を多く行うこととする。本研究では、路面上へ情報呈示を行う支援と、ドアミラーに情報を呈示するBSMの順で10回ずつ走行を行い、それらを2回繰り返す計40走行を行う。実験参加者は、普通自動車運転免許を保有する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。

#### 4. 実験結果

Fig. 5に実験参加者3名分の車間距離の条件に応じた車線変更の実施率を示す。実施率は各車間距離の条件において車線変更を行った回数を、その車間距離では車線変更を行わなかった回数も含めたすべての回数で除したものである。車間距離40mの条件では、BSMに比べ、路面呈示支援の方が低かった。さらに、BSMの場合では車線変更後に後続車と衝突する事例が2件確認された。50mの条件では路面呈示支援の方が高く、60mの条件においては、BSMでは実施しなかったことがあるのに対し、路面呈示支援では必ず実施した。路面呈示支援により、車線変更が可能な車間と不可能な車間の区別を容易に判断できるようになったことで、比較的短い車間距離で車線変更することを抑制し、比較的長い車間距離では積極的に車線変更を実施した。

BSMで車間距離40mへの車線変更を実施した際に、衝突する事例が確認されたことから、40mへの車線変更は、後側方車に衝突するリスクが高いことが考えられる。そこで、車間距離40mの条件で車線変更を実施した際の接近リスクを調べるために、車間距離40mおよび比較対象として50mのそれぞれの条件で、車線変更を実施した際の自車と後側方車の車間距離の

最小値について着目する。なお、BSMの場合に確認された車間距離40mの条件で衝突した事例については、最小値を0mとして扱う。Fig. 6に各支援における最小車間距離の平均値および標準偏差を示す。最小車間距離の平均値は、車間距離50mでは各支援ともに20m程度であった。40mの場合、路面呈示支援では、50mの場合と同程度の結果であったが、BSMでは10m未満と短く、路面呈示支援と比べ、衝突するリスクが高いことがわかる。

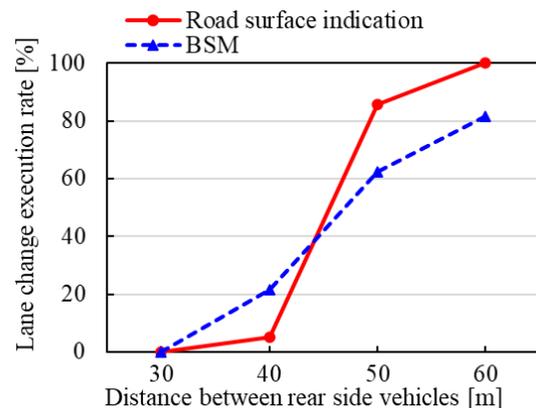


Fig. 5 Lane change execution rate

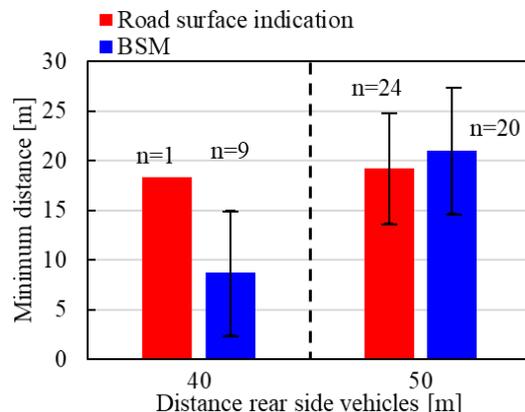


Fig. 6 Minimum distance

車線変更の可否の判断が容易になったことによる、車線変更の実施の効率を確認するために、車線変更を見送った回数について着目する。見送った回数は各支援において、ダミー車両通過後の後側方車同士の各車間距離の条件において、実施をしなかった回数である。Fig. 7に見送った回数の平均値と標準偏差を示す。路面呈示支援の見送った回数はBSMと比べて少なく、危険率5%の有意な差が確認された。車線変更の可否の判断がしやすくなったことにより、車線変更が可能な車間距離を見逃さずに実施をし、見送る回数が減ったため、効率よく車線変更が実施できるようになったと考えられる。

見送った回数が減少したことから、実施の判断に迷いがなくなったことが考えられる。そこで、実施可否の判断が早まったかどうかを確認するために、車線変更開始時間に着目する。車線変更開始時間は、自車が後側方車に完全に追い越された時点から、自車の右端が車線境界線上に乗った時点までの経過時間とした。各車間距離の条件において、車線変更開始時間の平均値および標準偏差をFig. 8に示す。いずれの車間距離においても、路面呈示支援ではBSMと比べ、車線変更開始時間は短く、危険率は、車間距離50mの場合、10%未満の有意傾向であり、60mの場合は1%未満の有意な差が確認された。車線変更の可否の判断が事前に行えるようになったことで、実施の判断が早まり、開始するタイミングも早くなったことが考えられる。また、車間距離50mの場合に、60mほどの有意差が確認されなかったのは、車間距離50mでは、車線変更の開始が遅れると車線変更が危険な状況になるため、そのような場合には、そもそも車線変更が行われないためであると考えられる。

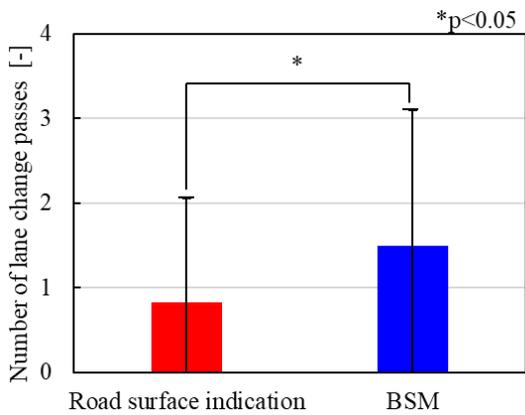


Fig. 7 Number of lane change passes

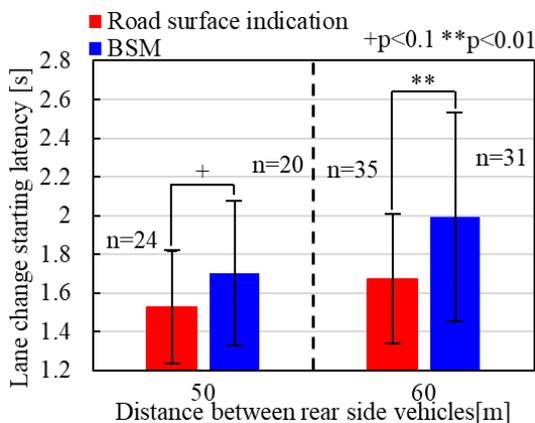


Fig. 8 Lane change starting latency

## 5. 結語

本研究では、路面へ情報を呈示する車線変更支援が、従来のドアミラーに情報を呈示する支援に対し、どの程度有効であるかを確認するために、DS実験により、2つの支援の比較を行った。結果をまとめたものを以下に示す。

- 路面上へ視覚的に車線変更可能領域を呈示することにより、BSMと比べ、後側方車同士の車間距離が比較的短い条件では実施することが少なくなり、比較的長い条件では実施することが多くなった。BSMでは、2件の衝突が確認され、後側方車との車間距離が短くなるような危険な車線変更が行われた。
- 車線変更の可否の判断がしやすくなったことにより、実施可能な車間に対する車線変更を見送った回数が少なくなった。
- 事前に車線変更の可否の判断ができるようになったことで、車線変更を実施するタイミングが早くなった。

以上のことから、BSMと比べ、路面呈示支援により、安全に効率よく車線変更を実施することが可能となった。

## 参考文献

- 1) 日産自動車株式会社, 日本マーケティング本部, "高速道路にできれば乗りたくないと感じる「#高速道路ナース」を調査", <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000098.000009883.html> (参照日 2024年10月10日).
- 2) C. Bernhard, D. Oberfeld, H. Hecht, "Rear-view perception in driving: Distance information is privileged in the selection of safe gaps", *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, Vol. 86 (2022), pp. 263-280.
- 3) 信時宜和, 高橋達朗, 清水賢治, 松本成司, 花田充基, "後側方障害物警報システムの開発", *マツダ技報*, Vol. 26, No. 21 (2008), pp. 124-130.
- 4) 塚原悠貴, 風間恵介, 丸茂喜高, "車線変更が可能な領域を路面に呈示する運転支援システム", *日本機械学会第32回交通・物流部門大会予稿集*, (2023).
- 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10日).