

事故の可能性を自己注意により未然に回避する運転支援システムに関する研究

日大生産工(院) ○竹中 聡 日大生産工 栗谷川 幸代

1 緒言

今日の技術発展により、交通事故やドライバ負荷の軽減を目的とした運転支援システムが研究開発され、ドライバは様々な状況で有益な支援を受けられるようになってきた。しかし、日本では依然年間4000人以上の人が交通事故で死亡している。平成25年度の交通死亡事故発生件数を法令違反別に見ると漫然運転が16.1%で最多である。したがって、生理計測や運転行動からドライバの状態を推定する研究が盛んに行われている。しかし、リアルタイムかつ高精度に漫然状態を検知する方法は未だ確立されていない。また、運転支援システムの課題の一つとして、ドライバのシステムに対する依存が懸念されており、これによりドライバが漫然状態へ誘導されてしまう可能性もある。我々は、支援システムは人間の本来の能力を退化させることなくドライバの安全を確保することが重要と考えている。

そこで本研究では、危険の発生前からドライバの意識を危険の可能性に向けさせて安全運転を促す支援システムを提案し、この支援システムの評価実験を行うことで、受容性および有効性、個人適合の方法について検討した。

表1 日本における死亡事故の主な違反

主な違反	件数	%
漫然運転	687	16.1
脇見運転	542	12.7
運転操作不適	504	11.8
安全不確認	432	10.1
歩行者妨害等	248	5.8

2 提案する注意情報支援

図1は我々の運転支援システムのコンセプトを示している。従来の運転支援システムは警報や車両制御からなり、事故要因の発生に対して事故回避への支援が行われる。一方、我々の提案する支援システムは、事故発生の可能性が高い環境で事前にドライバに情報提供を行う。このシステムを使うことで、事故要因発生前の段階からドライバが自ら安全運転を行い、そもそも危険な状況になることを回避すること、また事故要因が発生しても事故要因や警報に対して瞬時に反応し、円滑かつ確実な対処により被害を軽減すること、そして、ドライバが支援システムに依存せず、自らの能力を維持向上することを期

待する。

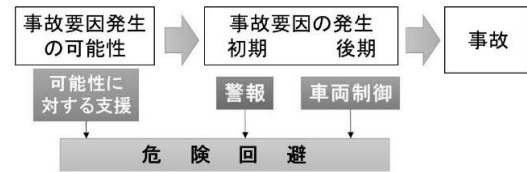


図1 段階的な支援の構造

現状でも事故の可能性がある状況に対する支援として、事故多発地点における看板や、高速道路の傾斜やトンネルにおいて速度の出しすぎを防止するペイント等がある²⁾。しかし、これらはそこを通過する全てのドライバに等しく、全く同じ方法、タイミング、内容での支援を提供することになる。提案する支援では、高齢者には早めに支援する、初心者には頻度高く支援する、既に安全運転をしている人には提示しない等、多様なドライバ特性や状態に合わせて支援を個人適合することが可能となる。

本研究では、まず事故要因発生の可能性に対する支援のひとつとして、事故が予想される複雑な環境下に対して、事前にドライバの注意を危険の可能性に向けさせて安全運転を促すことでそもそも危険との遭遇機会を減らす注意情報支援システム(以下注意支援)を考えた。第一段階として、この注意支援について実際の使用を想定し、注意支援への慣れや、実際に危険が発生し警報を行った場合等の状況に対して、主観評価や運転行動から注意支援の有効性について検討した。第二段階では、個人適合を行う上での適切な提示タイミングを検討した。

3 注意情報支援の個人適合

3.1 注意情報支援のドライバ受容性

運転支援において、警報や車両制御等は事故要因の発生に対して効果を発揮するため、ドライバは支援に対して多少のお節介さを感じても危険回避の有難さが上回り、システムは受容されやすい。一方、提案する注意支援は、事故発生の可能性に対する支援のため効果を発揮するほど安全運転により実際の危険が発生しない状況が多くなると考えられ、ドライバは有難さを実感しにくい。したがって、支援にお節介さを感じるとシステムを受容し難くなると考えられるため、支援

Driving Support System to Avoid Occurring Accidents by Self-Caution

Satoru TAKENAKA and Yukiyo KURIYAGAWA,

はなるべくお節介さが無いように行う必要がある。したがって、システムの受容に問題が無いよう、注意支援を評価する前に、個人適合を行うこととした。

3.2 交通シーンおよびシナリオ

ドライビングシミュレータ（以下 DS）を用い、複雑な環境下での事故が起きる可能性が高い市街地を想定した交通環境を用意した。複雑な環境として“歩道の人通りが多くなる”，または“車線に多くの駐車車両が配置されている”状況を考えた。この区間に近づいた際には、前方に対する注意支援を行った。図 2 に交通シーンの一例を示す。

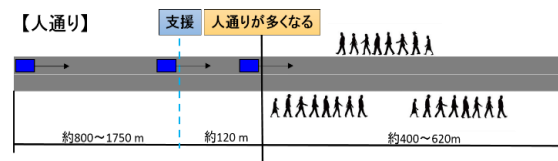


図2 人通りの多い交通シーン

3.3 危険性の高い状況での注意支援

注意支援は気づき音の後に、ディスプレイに人通りまたは駐車車両が多いことを文章および絵で表示し、同時に音声により「速度に注意」とアナウンスした。これらの情報提示に要する時間は約 2.2 秒である。表示を図 3 に示す。



図3 画面の表示

有益と感じる情報はドライバの運転スキルによって異なるとの報告がある³⁾。これは、運転タスクに対する余裕の有無によるものと考えられている。そのため、注意支援はドライバのスキルにより変えることを考え、アナウンスの有無とした。注意支援の構成を表 2 に示す。アナウンスの有無の理由として、スキルが高いドライバは、余裕があり自分で判断できるので、指示することでお節介に感じると考えた。スキルが低いドライバは、余裕が無いため減速の指示がある方が有難いと感じると考えた。

表 2 二種類の注意支援

注意支援	運転スキル	事前注意喚起の内容		
		気づき音	表示	音声
α	高い	有り	有り	無し
β	低い	有り	有り	有り

3.4 実験参加者

本実験では、約 60 名に事前アンケートを実施して 12 名を実験参加者として選択した。事前アンケートでは、運転歴や運転頻度、運転スキルについての質問等の回答を得た。加えて、いくつかの漫然状態と

考えられる状況において、表 1 に示した 2 種類の注意支援を使いたいかどうかの回答を得た。選出は、音声無の注意支援を使いたいスキルの高い人と、音声有の注意支援を使いたいスキルの低い人で各 6 名ずつとした。

実験参加者はインフォームドコンセントを得ており、日常的に運転を行っている平均年齢と標準偏差が 41.3 ± 12.6 歳の男女 12 名である。本実験は日本大学生産工学部「人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を受けて実施した（承認番号 S2014-4）。

3.5 個人適合

今回の注意支援で個人適合した項目は、タイミング、音の種類、音の大きさ、画面の位置の 4 つである⁴⁾。実験参加者は実際に注意支援を体験しながら個人適合を行った。タイミングは、複雑な環境からの距離で制御を行った。その結果、平均と標準偏差は -118 ± 44.2 [m] となった。音の種類は、7 種類の中から事前調査で選択率の高かった 3 種類の音に絞り、実験参加者は 3 種類の中から 1 種類の音を選択した。結果として、各音に対して 3~5 名に分かれた。画面の位置は実験上の制約から、センターコンソール位置とダッシュボード位置での 2 択とした。結果として、10 名がダッシュボード位置を選択した。

また、個人適合した注意支援を、 α と β についてそれぞれ体験した。その結果、12 名中 9 名が β の方が有用だと評価した。そのため実験では注意支援を個人適合したパラメータで提供するが、共通設定として画面はダッシュボード位置、支援構成は β とした。

4 注意支援の評価実験

4.1 交通シーンおよびシナリオ

実験走行は注意支援がある走行を複数回行った。次に、実際の危険が発生した際の注意支援の効果を評価するため、歩行者の飛び出しを発生させ、運転者に横断者検知警報(以下警報)を提示した。実験参加者を「注意支援を受けた後に警報が提示される群(A 群)」と「注意支援を受けずに警報が提示される群(B 群)」に分け、歩行者検知警報提示前のドライバの前方への注意状態を群間で変化させた。本実験のシナリオを図 4 に示す。

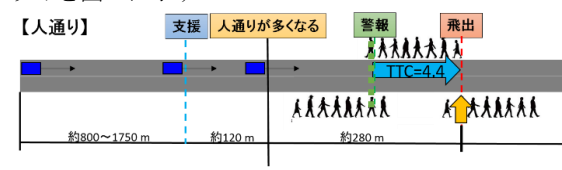


図4 模擬したシナリオ

4.2 横断者検知警報

警報タイミングは自車の進行方向に対する横断者

までの距離を相対速度で除して求まる衝突余裕時間（以下 TTC）で制御した。先行研究⁵⁾より、本研究での警報タイミングはTTC=4.4[sec]で「ビープ音+音声ガイダンス(約 1.5sec)」と設定し、ドライバから歩行者は見えない時点での警報とした。

4.3 教示

実験走行は一貫して知らない道として走行するよう教示した。その上でまず、初回走行時には“システムを初めて使う時（以下初見時）”，複数回走行後には“システムに慣れてきた時(以下慣れた時)”として、それぞれ漫然状態および通常状態で 1 回ずつ走行するよう教示した。次に、常に通常状態で走行するよう教示し、複数回の走行を挟み飛出を発生させた。

4.4 計測項目

注意支援や警報に対するドライバの状態を多面的に捉えるために、運転行動と視線行動を計測した。各走行後には Visual Analog Scale（以下 VAS）を用いて自身の運転行動や各システムに関するアンケートに回答させ、最終走行後には実験に関するインタビューを行った。VAS は「全くそう思わない」を「-100」，「とてもそう思う」を「100」としてスコア化した。

4 注意支援の評価実験の結果

4.1 ドライバの経験が評価に及ぼす影響

注意支援の効果として、平均速度と標準偏差が $57.0 \pm 0.6[\text{km/h}]$ の状態から支援提示により、区間内で $6.3 \pm 4.4[\text{km/h}]$ の減速が確認できた。そこで、主観的な評価についての推移について検討を行った。

ここでは、“初見時”および“慣れた時”において漫然状態と通常状態で走行するよう教示した走行の 4 走行、飛出有りの時およびその直後の走行の 2 走行についてスコアの平均と標準偏差を算出し、注意支援がお節介でなかったか、注意支援は役に立ったかについての評価を図 5 に示す。図より、初見時は他に比べやや評価が高い傾向にあるが、一貫して評価が高い傾向で推移していることがわかる。図 5 で飛出時ではややばらつきが大きい、直接的な効果が表れる警報と相対的に評価し、注意支援の評価が低下した人もいると考える。そこで次節では、飛出時の警報の評価および効果に着目し検討を行う。

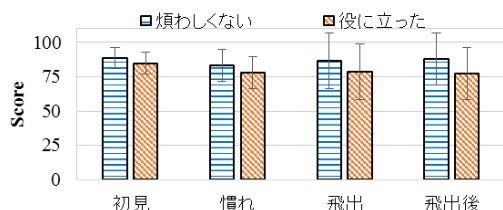


図5 各条件における主観評価の結果

4.2 飛出がドライバに与える影響

運転行動の違いから警報提示時の状況が他の実験参加者と異なる 4 名を除いた 8 名の結果を検討する。

4.2.1 警報タイミングに対する主観評価

注意支援の有無による警報の感じ方の差を見るため、図 6 に各実験参加者および各群平均の警報タイミングの適切さに関する主観評価結果を示す。図より、A 群が全般的に警報タイミングの評価が高いことがわかる。これは、A 群は警報前からドライバの注意が前方に向けられていたため、警報後の歩行者認知が円滑に行われたためと推察される。

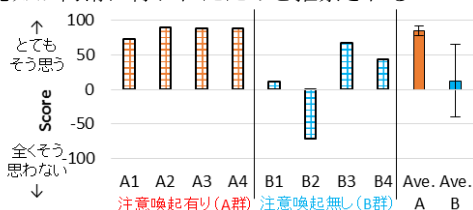


図6 タイミングに対する主観評価

4.2.2 ドライバの対処行動

警報後の横断者回避に伴うドライバの情報処理過程を、警報が鳴った時点からアクセルを離す時点(A)，アクセルを離した時点からブレーキを踏み始める時点(B)，ブレーキを踏み始めた時点からブレーキ開度最大までの時点(C)，ブレーキ開度が最大の時点から前後方向速度が $0[\text{km/h}]$ になる時点(D)に分けて、それぞれに費やした時間を算出した。図 7 に結果を示す。

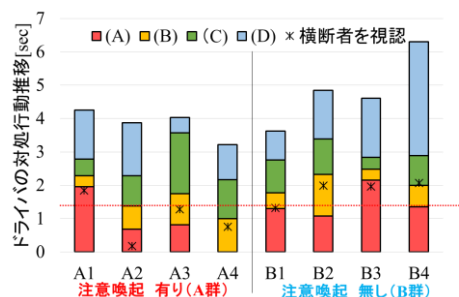


図7 ドライバ対処行動の時間推移

図中の時間 0[sec]は警報時を示しており、x印は歩行者視認時点を示している。図より、A 群は B 群に比べて全般的に歩行者視認時点からブレーキ踏力が最大になる時点までが長い傾向にあり、これは A 群がより早く危険に気づき、適切な対処行動が取れたことを示している。B 群は A 群と比べて反応時間が遅れることで、ブレーキ踏力が最大になる時点までの時間が短くなっている。この結果から、A 群は注意支援により飛出に対する注意力を保持しており、対処行動が適切に行えたといえる。

5 適切な提示タイミングの実験

評価実験により、提案する注意支援の有効性が確

認された。そこで次の段階として、提案する注意支援を異なる交通環境に適応させるために、まずは提示タイミングに着目した。

3.5での個人適合の結果では、注意支援の適切なタイミングを“自身が事象に気づく前にその情報が提示され、その直後に事象を確認できる”ことを重視する人が多かった。そこで、DSを用いて昼間および夜間の状況を再現してドライバの視認可能距離を変化させた際の注意支援の適切なタイミングを検討する。

5.1 交通シーンおよびシナリオ

交通シーンは図4に示した人通りが多い状況と同様である。このシーンにおいて、遠方まで見える昼間と、近方しか見えない夜間を設定した。夜間はDSの夜間模擬機能を利用して、視認可能距離を前照灯が照射される約40mとした。

5.2 注意支援の設定

注意支援の構成は3.3で前述した通りである。本実験では、情報提示終了時におけるドライバの複雑な環境の視認可否の違いを検討するため、提示開始タイミングを、昼間は環境が見え始める地点として環境より手前200m、夜間も同様な考え方で手前70mに設定した。

5.3 実験条件

実験参加者全員が昼間で提示タイミング200mの注意支援の評価を行った後、夜間での提示タイミングが200mのグループと夜間での提示タイミングが70mのグループに分けた。実験参加者は普通自動車免許を保有する男子大学生計5名である。計測項目は、主観評価および車両前後速度である。

6 適切な提示タイミング実験の結果

図8の縦軸に、“支援のタイミングは適切だったか”に対する結果を示す。図より多くの実験参加者が夜間でも昼間とほぼ変わらない評価である。夜間の評価が低い実験参加者は前方を極端に注意しており、夜間の人通りが既に見えていたため遅かったと回答した。図8の横軸には注意支援を聞き終わった時点の自車速度と進行方向に対する複雑な環境下までの距離からTTCを算出した結果を示す。図より、TTCでは昼間は長く夜間は短めとなっているが、TTC=4[s]と短めでも人通りに気づかなかった実験参加者の評価は良好である。縦軸および横軸を総合的に見ると、夜間の70mや200mの同条件内でも速度の違いからTTCは異なるが、タイミング評価への影響は見られない。加えて、自身のタイミングの判断基準をいくつか提示（その他・複数回答可）して回答さ

せたところ、5名全員が“事象に気づく前に知らせてくれること”を選択した。また実験後のインタビューでは、支援を聞き終わって丁度良く人通りが目に入るのが最適なタイミングであるが、遅れて人通りが見えてしまうよりは、5秒程度なら早めの方がまだ受容出来るとの回答も複数人から得た。これらのことから、注意支援のタイミングは、TTCよりも事象が見える前か否かが重要視されている。

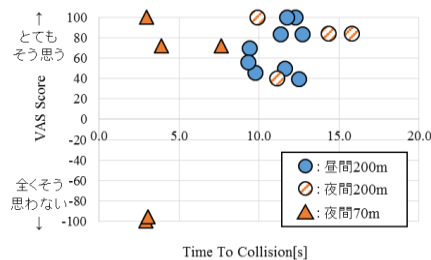


図8 タイミング評価とTTCの関係

7 結言

平常的に事故の可能性が高い場面において、前方への注意を促す支援があることで、警報後の危険事象に対する認識が早まり、その後の判断や操作を円滑に行えていることが明らかとなった。ドライバは警報のみの支援で急に対処行動を迫られるよりも、危険が顕在化する前に行う注意支援の効果を好意的に評価した。このことより、本研究で提案した注意支援は、潜在的に危険な状況を減らすことに有効である可能性が示された。また、支援タイミングの受容性について、ドライバが事象を視認する前に提示することが重要である。最適なタイミングは視認直前だが、少しでも遅れるとお節介さに繋がるため、実用上はやや早めの方が受容性の面で有用である。

参考文献

- 1) 内閣府 平成25年交通安全白書 (2013)
- 2) 韓亜由美ほか オプティカルドットシステム 道路環境のアフォーダンス可視化による運転者支援：一その開発と4年間の実証的分析結果一, 生産研究, 66, pp.147-154
- 3) 黒田浩一ほか ドライバにとって有益な情報の要因に関する一考察(第2報)ー情報の有益性を向上させるための情報提供ルールの構築一, 自動車技術会論文集, vol.43, No.1, 2012, pp.141-146
- 4) 宇野宏ほか 視聴覚表示の物理特性を利用した主観的印象の伝達に関する研究, 自動車技術会論文集, Vol.31, No.4, October 2000, pp.73-78
- 5) 市川一成ほか 「運転支援システムのための注意喚起システム構築とその評価に関する研究」 日本大学大学院生産工学研究科機械工学専攻, 平成25年度