

ドライバ状態に合わせた警報タイミングの在り方に関する研究

日大生産工(院) ○竹中 聡 日大生産工 栗谷川 幸代
アルパイン(株) 大西 佳成 アルパイン(株) 中里 智章

1 緒言

日本の交通事故件数¹は年間約60万件発生している。近年では事故件数は減少傾向にあるが、自動車の稼働率当たりで見た交通事故率は30年近く130[数/億走行キロ]で推移しており、事故件数の減少は、車の稼働率の低下による見かけのもので、自動車が稼働することによって起こる事故の発生率は長年変わっていないといえる。事故の内訳を見ると、ヒューマンファクタによる事故が多発しており、第一当事者が自動車である事故は、全体の9割以上を占めている。

田久保²は、ドライバがヒューマンエラーを発生させる負荷は、道路状況の複雑さと車両操作性に対するドライバの情報処理能力の相対的關係で定まり、負荷が過大になるとヒューマンエラーが発生するとしている。

近年の技術の発展により、交通事故やヒューマンエラー、ドライバ負荷の軽減を目的とした様々な運転支援システムが研究、開発されて、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、ドライバへ情報を提供するシステムにおいて伝達方法が不適切な場合には、ドライバの負荷が高まることでヒューマンエラーを引き起こし、かえって事故につながってしまう可能性がある。そこで、本研究では適切な支援情報の伝達方法を検討し、その評価方法を構築することを目的とする。

2 運転支援システムの在り方

2.1 段階的な支援

ドライバが様々な支援を受けられるようになった一方で、こういった支援に意識的もしくは無意識的に人間が過度にシステムに頼ることで人間本来の持っている能力を退化させてしまえば、本末転倒である。そのため、運転支援システムが必要以上にドライバの支援を

することなく、なるべくドライバ自身の能力により危険状況を回避することが望ましいと考えられる。そこで運転支援は、段階的にドライバを支援していくことで、ドライバに対して過干渉にならずに、ドライバを活性化するように支援を工夫する必要がある。

例えば危険に対する支援であれば、まずは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ことで、そもそも危険との遭遇機会を減らし、それでも飛び出しなどの危険な状況を検知した場合には、ドライバへ危険な状況について情報提供を行い、ドライバの認知を早めて危険への対応をスムーズに行えるような支援を行う。そこでもドライバ自身の対応で危険が回避できない場合には、最終的には機械が操作に介入し車両制御を行うことで、危険を回避するといった段階的な支援が必要だと考えられる。つまり、運転支援システムは基本的にはドライバ自身の能力により危険状況の回避を行うための情報を提供して、ドライバが対応できない状況においては必要に応じた警報や車両制御などを行う。これにより、人間が過度に運転支援システムに頼ることなく、ドライバ自身が本来持っている能力を発揮することで、ドライバ自身の能力維持および向上にも繋がるものと期待される。図1にこの段階的な支援の構造を示す。

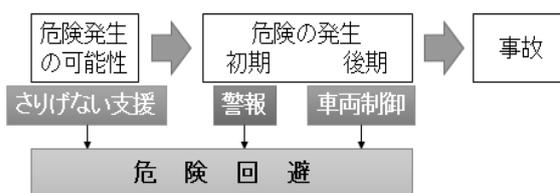


図1 段階的な支援の構造

なお、危険な状況がほぼ確定している状況では実際に危険事象が起きるため、回避できたかどうかといった効果の善し悪しによって

Concept of Warning Timing Suitable for State of Driver

Satoru TAKENAKA, Yukiyo KURIYAGAWA,
Yoshinari ONISHI and Tomoaki NAKAZATO

評価が大きく左右される。一方で、危険の可能性に対しては実際の危険が起きるかどうか未確定であるうえ、支援により危険が回避できていたとしても、ドライバは支援によって避けられたのか、もともと起こり得なかったのかの判断がつかず、ドライバが効果の評価を適切に行うことは難しいものと考えられる。また、ドライバにとって未知の可能性に対して、毎回注意を向けさせられるような支援では、お節介に感じ使われなくなってしまう。そこで、可能性情報については、緊急性や重大性が低い場合危険回避の効果ではなく、いかにお節介を取り除くかが重要となる。この可能性に対するお節介の少ない支援を本研究では、さりげない支援と呼ぶ。

一方で、危険な状況が発生しドライバが何らかの行動を起こして対処しなければ事故となる場合には、よりスムーズにドライバが危険に対応できるよう支援システムがドライバに適切な情報提供を行う必要がある。こういったシステムは、一般に警報と呼ばれるが、この段階での支援は、情報の伝達が上手くいかないと、ドライバが危険に対応する時間を減らしてしまい、危険度が高まってしまう。そこで、より確実に安全に危険を避けるため、ドライバへいかにして上手く情報を伝達するかが重要となる。

2.2 ドライバの状態に合わせた支援

情報を効率的に伝達するうえで、ドライバがどう受け取るかは大きな問題となってくる。宇野ら³⁾の検討では、色や形、音の大きさや断続性、周波数など視聴覚モダリティの物理的特性を変化させ、ドライバが感じる緊急性・重大性を量的に推定している。その結果、ドライバに伝えたい情報内容に応じて適切な物理特性を用いることで、円滑な情報伝達を実現できると予想している。ドライバへの支援の段階によって重大性や緊急性が異なることから、各段階で伝達モダリティの物理的特性を変化させることが情報をスムーズに伝達するうえで必要であることがわかる。

さらに、支援の感じ方は、例えばドライバがペーパードライバであったり、運転がせっかちであったりといったドライバの特性や、集中していたり、眠気や疲労によって漫然状態であったりと、その時々ドライバ状態によって変化すると考えられる。そのため、ドライバの特性

や状態を把握しておき、支援を行う時々に合わせて支援の形を変化させる必要があると考えられる。

3 警報タイミングの実験

3.1 実験目的

支援システムとしては段階的に考える必要があるが、実際の事故を防ぐという意味では、危険に対して一番近い位置の情報提供支援である警報が一番重要であるため、本論文ではまず警報に着目した。警報時のドライバの状態を計測し、警報がドライバにどのような影響をおよぼすのか検討を行った。

3.2 実験概要

実験の安全性や再現性の観点から、条件の統制が可能なドライビングシミュレータ(以下、DS)を用い、歩行者飛び出しに対する警報のタイミングを変えて実験を行った。交通環境の概略を図2に示す。住宅地を模擬したDS内の片側1車線の単路で、対向車線には、約330mにわたって連なる渋滞車列群を設置した。渋滞車列群は、それぞれ約600mの間隔を空けて3か所に設置し、全長約3kmとなるコースを使用した。そのうち1つの渋滞車列群で、車の中から歩行者が飛び出すよう設定した。実験参加者はインフォームドコンセントを得た男子大学生2名である。

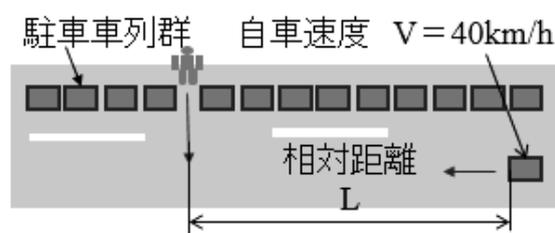


図2 交通環境概略

警報タイミングの条件として、歩行者とのTime To Collision(以下、TTC)を、自転車から歩行者までの進行方向の相対距離Lを自転車速度Vで除することで設定した。運転者が既に危険を認識している場合とそうでない場合に適切な警報は異なると考え、警報時に歩行者が「既に見える位置」「丁度見え始める」「まだ見えない」のタイミングとなるように、TTC=2.4, 3.4, 4.4secと、警報無しの4条件を設定した。これを図3に示す。

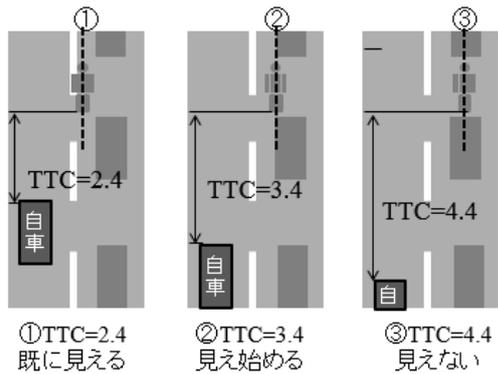


図3 警報タイミング設定

また、ドライバの状態条件として、前方への危険予測割合を変えるため、わき見の有無の2条件を設定し、計8条件を行った。警報には「歩行者あり」という音声を用いた。速度条件は、ペダルを最大まで踏み込んだ状態で40km/h一定となるよう設定し、実験参加者には40km/hで走行するよう教示した。

主観評価や運転行動、生理反応から警報時の状態を推定するため、計測データとして、車両速度、アクセル・ブレーキペダル操作量、心電図、呼吸曲線、皮膚電気活動、視線行動、眼球運動を計測した。また、各走行後にVisual Analog Scale(以下、VAS)を用いて主観評価アンケートに回答して頂いた。

ここではそのうち、主観評価および、運転行動、視線行動について述べる。

3.5 ドライバの警報評価における仮説

実験条件として、警報のタイミングが早かった場合や情報伝達が上手くいかなかった場合には、ドライバが危険な状況の判断が瞬時にはつかずに、ブレーキ踏みかえ時間の増加や、視線探索行動の増加が考えられる。一方で、警報のタイミングが遅かった場合には、急ブレーキ傾向や、警報前から危険事象の視認が発生していることが確認できると考えられる。また、脇見をしている場合には、ドライバが現状を把握できていないため、危険に対してだけではなく周辺状況の把握等に時間がかかると考えられ、脇見していない時よりもっと早いタイミングでの支援が適切であると考えられる。

4 実験結果

4.1 警報に対する主観評価

VASを用いて、警報についての主観評価を

収集した。結果の一部を以下に示す。図4において、警報のタイミングが適切な場合は0を、もっと早くしてほしい場合は100を、もっと遅くしてほしい場合は-100を示す。警報タイミングとして、両者とも、もっと遅くと答えた条件は無く、TTC=4.4がほぼ適切と答えている。しかし、脇見の有無で比較すると、subAは仮説通り脇見有りの方が早くしてほしい傾向にあるが、subBでは逆に脇見無しの方が早くしてほしいとなった。図5では、警報のおかげで回避行動(安全運転傾向)を取ることができたと思う場合は100を、思わない場合は-100を示す。subAは条件間で評価に大きな差が出ているが、subBは条件による変化は小さい。

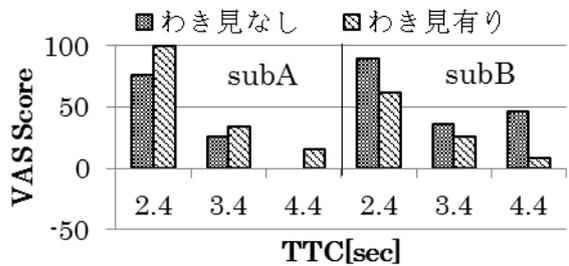


図4 警報タイミングについての主観評価

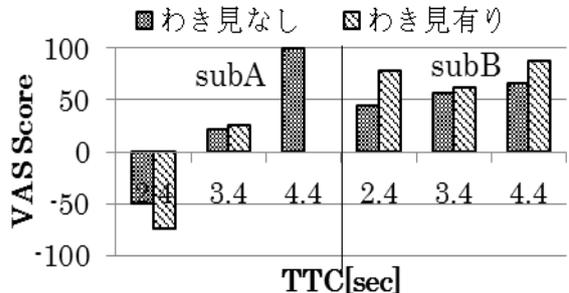


図5 警報による回避行動についての主観評価

4.2. 視認時間差とペダル操作時間

警報タイミングの条件設定や脇見の有無によって、警報の後に歩行者が出現するタイミングが異なるため、歩行者の飛び出しを視認した時間によって、運転行動に差が出ると考えられる。そこで、歩行者がドライバから見える位置に到達してから、ドライバが歩行者を視認するまでの時間を縦軸に、歩行者を視認してからアクセルを離すまでの時間を横軸に表したものを図6、ブレーキを踏んでから停止するまでの時間を図7に示す。図6より、視認までの時間が長いと、アクセルを離すまでの時間が短くなり、視認までの時間が長い

と逆に、アクセルを離すまでの時間が長くなった。一方図7では、ブレーキ後について条件間や視認時間差による顕著な傾向は、見られなかった。

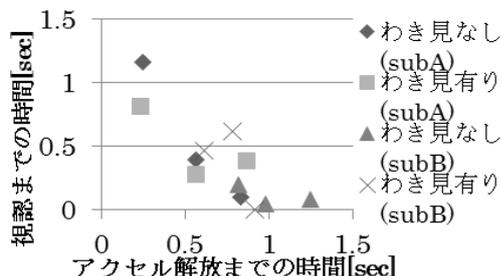


図6 視認時間とアクセル操作の相関

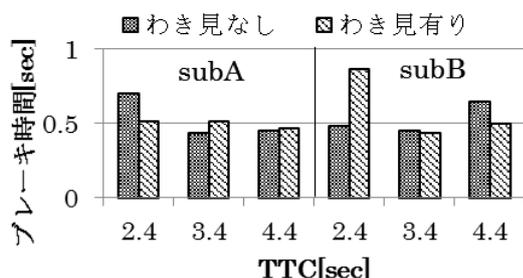


図7 ブレーキから停止までの時間の比較

4.3. 警報情報の認識時間

警報後に人を視認するまでの時間とタイミングの評価の関係を表したものを図8に示す。TTC=2.4では警報より先に歩行者を認識しており、仮説通り危険事象の認知後に警報を行うのはタイミングが遅いことがわかる。一方で、タイミングの評価は視認するまでの時間が長くなるほど良くなり、1.5秒ほどで丁度良いと評価されている。また、警報後1.5秒ほどで丁度良い理由として、今回用いた警報音声は約1秒であり、その警報を聞き終えて状況を理解した後に丁度良く歩行者を発見したため、タイミングの評価が良くなったのではないかと考えられる。

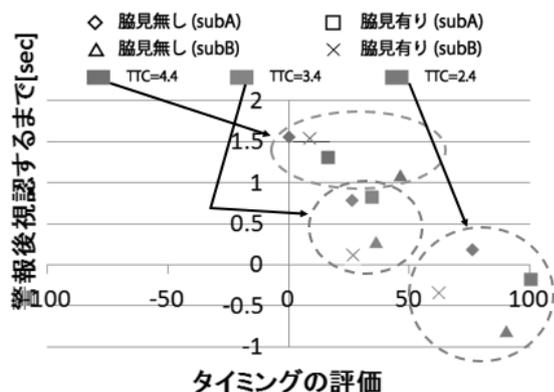


図8 視認時間差によるタイミングへの影響

5 考察

主観評価の結果から、今回の条件ではTTC=4.4の警報が最適であると考えられる。このことから危険事象の判断対応には4.4秒ほどの時間が必要であるか、もしくは、歩行者が見える前に警報をするのが良いと推測できる。そのため、適切な警報を提供するためには、ドライバの状態を推定する必要があると思われる。また図6, 7から、視認が遅れると、これに伴い歩行者との距離が近くなることで対応時間が少なくなるが全体的に操作が早くなるわけではなく、早い段階で時間を取り戻そうとアクセルを早く離し、そこで時間が確保できればブレーキ操作にまでは影響しないと考えられる。また、図4のsubBで脇見無しの方がタイミングを早くしてほしいことや、図5のsubBで条件間の差がほぼ出ていない理由として、subBは頻繁に車列を気にしており、今回の脇見は、本人の意思による自然な脇見ではなく、あるタイミングで脇見を行っていたため、不自然な脇見となり逆に前方への注意が集中したことが考えられる。

6 結言

警報がドライバに与える影響として、視認が遅れ、危険への対応時間が短くなると、運転操作の直後の急操作で取り戻そうとする様子が確認された。これより、警報はスムーズに視認できるよう、タイミングを含めた提示方法を検討する必要がある。ただし、条件間での視認時間が異なるため、追加検証が必要である。また、適切なタイミングがTTCによるものか、歩行者が警報時に見えるか否かによるものかの検証が必要である。

参考文献

- 1) 財団法人交通事故総合分析センター：交通統計平成24年度版
- 2) 田久保宣晃 交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察, IATSS Review, Vol.30, No.3, Sep.2005, pp.23~32
- 3) 宇野：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