

自動運転時における段階的な警報の有効性と 運転者の対応挙動に関する研究

野々山 大信[†] 高橋 信[‡]

東北大学工学研究科[†] 東北大学工学研究科[‡]

1. はじめに

近年安全な交通社会の実現に向けて自動運転技術への期待が高まりつつある。現在の自動運転はあらゆる道路環境や気象条件等で自動運転車が安全な走行が行える技術水準には至っておらず、米国自動車技術者協会 SAE が提案し米国道路交通安全局 NHTSA が採用しているレベル [1][2]において、レベル 3、4 の自動運転はあくまで・道路条件・地理条件・環境条件等を満たした、限られた運行設計領域(ODD)内のみで安全に機能することを担保したものにすぎない。そのため ODD の範囲外でシステムの作動継続が困難な場合には、介入要求に応じて運転者が適切に介入することが求められる。介入には状況認識に費やす時間的猶予が必要であり、システムは危険を予測しより早期のタイミングで警報を発生させる必要がある。しかし予測情報に基づく警報には、交通状況の改善した場合に結果的に運転者による介入が不要となる場合もあり、運転者に誤報と判断される場合もある。誤報の発生は警報システムへの不信につながる可能性があり、支援の有効性に影響を及ぼす可能性がある。本研究では、レベル 3 相当の自動運転を想定したシミュレータを使用し、介入に関する警報に対する挙動の個人ごとの特徴を明らかにし、更に警報システムに対する信頼と、警報への対応挙動の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 手法

本研究では自動運転における TOR 発生時の報知方法として、予測情報をもとにして早期に発生する予備警報と緊急性の高い本警報を段階的に発生させる警報システムを提案し、自動運転を模擬したコース追従課題を作成し主課題とし実験を行った。

2.1 コース追従課題

追従課題は画面上に表示される車両を模擬したシンボルを操作しコースの追従を行う(図 1)。実験参加者は手動運転モードと自動運転モードの 2 種類を状況に応じて使用し課題をおこなう。自動運転モードは追従性能に限界を設け、自動運転モード作動中にコースの一定箇所には差し掛かると介入要求が発生する。介入要求は車両シンボルの点滅による視覚刺激と警報音による聴覚刺激によって行われる。介入要求後は車両シンボルが徐々にコースから外れていき、コースから完全に外れると自動運転モードから手動運転モードに強制的に切り替わる。介入後は数秒間自動運転モードに切り替えることはできず、手動モードで主課題を行う必要がある。



図 1 コース追従課題

Fig.1. tracking task

2.2 警報システム

主課題のコース追従課題の中で、自動運転モード中に介入要求が発生した際の警報として段階的警報を準備した。警報は予備警報と本警報の 2 段階に分かれて発生する。予備警報はカーソルがコースから逸脱し始める 8 秒前から 4 秒間発生し、本警報はコースから逸脱する 4 秒前から発生する。予備警報は誤報も含み、この場合では予備警報が 4 秒間発生した後本警報は発生せず、自動運転モードが解除されることもない。介入要求発生時に自動運転モードから手動運転モードに切り替えた時点で各警報は止まるように設定した。

2.3 視線計測

本研究では実験参加者が介入要求発生時にどのタイミングで副次課題を中断し、主課題を再開するかに着目し視線データの取得を行った。視線データの計測には Tobii Pro Fusion を使用した。視線計測は主課題を提示するディスプレイを中心に行い、主課題画面上の一定範囲を見ているかで主課題をおこなっているかどうかの判断を行った。主課題の視線計測上に視線がない場合副次課題を行っているとは判断した。

2.4 リスク認知特性の評価

本研究では、被験者の警報に対する挙動とリスク認知特性の関係性を評価した。実験参加者ごとの固有のリスク認知に関しては Balloon Analogue Risk Task (BART) により評価を行った。BART とは Lejuez et al. [3] が作成した、画面上に表示された風船を膨らませるタスクであり、その風船を膨らませた数をリスクテイキング行動指標としている。Lejuez et al. は、質問によって報告されたギャンブル行動やシートベルトの日着用等のリスクテイキングへの関与度と BART での行動指標が強く相関することを明らかにしている。本研究では危険感受性と危険取行性に関する指標を用いて実験参加者の危険に対する特性を調査し、主課題での予備警報及び本警報への反応との関係性を検討した。

3. 分析及び結果

実験参加者には実験前に同様の内容で教示を行ったが、実験参加者間で介入要求への対応が異なる場合があることが視線データおよび録画映像から明らかになった。予備警報にどのように対応するか、本警報にどのように対応するかに着目したところ以下のような対応が確認できた。

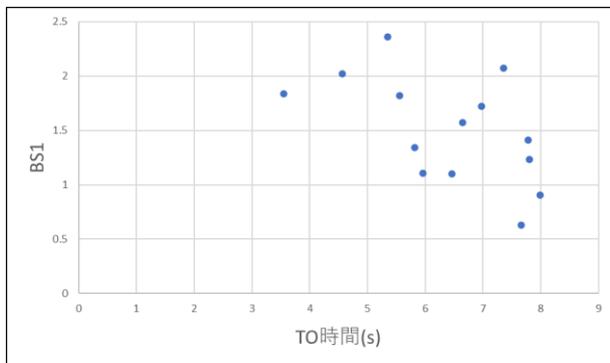


図2 TO時間とBS1 (危険感受性指標)

Fig.2. take over time and BS1

- ・ パターン1 (即応)

予備警報発生後、副次課題を中断し主課題を再開。再度自動運転モードに切り替えるまで主課題のみを行う。

- ・ パターン2 (様子見)

予備警報発生後、主課題の確認と副次課題を並行して行う。

- ・ パターン3 (無視)

予備警報には一切対応せず、本警報発生後に副次課題を中断し主課題を再開する。

図2に警報に対し能動的に自動運転を解除した被験者のBS1 (危険感受性指標) と予備警報発生から自動運転解除までに要した時間を示す。BS1の数値が小さいほど被験者の危険感受性は高くなる (危険な状況と感じやすい)。BS1 と TO 時間は負の相関を示しており、危険感受性が高い被験者程、警報に対し速やかに反応し自動運転から手動運転に切り替える傾向にあること示された。

4. まとめ

本稿では自動運転における段階的警報の有効性に着目し、シミュレータを使用した認知実験を行った。

実験結果からは同じ内容の教示を行った場合でも実験参加者により介入要求に対して異なる対応を行うことが取得した視線データおよび録画映像から確認できた。本研究では、こうした対応の違いを3つのパターンに分類した。3つのパターンの評価基準は、予備警報及び本警報への反応に要した時間である。

実験参加者は全ての予備警報及び、本警報に同一のパターンで対応するわけではないことも実験結果から確認された。こうしたパターン遷移の要因としては、課題への習熟や主課題への対応の失敗などの要因が考えられる。さらに、BARTにより測定した危険感受性指標とTO時間が対応しているなど、実験参加者固有と考えられる資質が、警報への対応に影響を及ぼす可能性が確認できた。

5. 参考文献

[1]NHTSA: Federal automated vehicles policy; NHTSA (2016).
 [2]SAE: SAE international standard J3016 (2016).
 [3]C. W. Lejuez, R. P. Jennifer, K. W. Christopher, R. B. Jerry, R. E. Susan, S. L. Gregory, S.R. David, B. A. Richard, "Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART).," Journal of Experimental Psychology, 第 巻 8, 第 2, pp. 75-84, 2002.