

⑬自動運転中の二次タスクと運転引継ぎに関する研究

自動車安全研究部
中央大学

※阿部 晃大
速水 亮

加藤 洋子
戸井 武司

関根 道昭

1. はじめに

レベル3以上の自動運転システムでは、あらかじめ定められた運行設計領域内（operational design domain、ODD）において、車両の運転に必要な「認知・判断・操作」をシステムが担う。そのため、自動走行中にドライバは運転操作から解放されることとなる。国連協定規則第157号¹⁾は、レベル3のシステムに車両故障やODDの逸脱が発生して自動運転が継続困難となった際、運転引継ぎ要求（transition demand、TD）を提示することを求めている。TDは少なくとも光学式の信号とし、それに加えて音響式または触覚式の信号のいずれかによるものとされている。TD提示後10秒以上経過してもドライバが応じない場合は、リスク最小化制御（minimum risk manoeuvre、MRM）が開始される。そのため、TDを受けたドライバは速やかに運転を引継ぐ必要がある。

2019年に改正された道路交通法では、これまで運転中に禁止されていた携帯電話の保持通話やカーナビ画面の注視等について、自動運転の継続が困難となった際にドライバが直ちに運転を引継ぐことを条件として、罰則を適用しないとされた。これは自動運転中に一定の運転以外の作業（二次タスク）に従事することを認めるものであり、今後自動運転技術がさらに発展していくことにより、他の二次タスクについても解禁に向けた議論がなされていくとみられる。

自動運転はドライバの負担を軽減するものの、眠気を生じさせるおそれがあると言われており²⁾、覚醒を維持できる過ごし方が課題になる。しかしながら、自動運転中のドライバが動画視聴などの二次タスクに没入していた場合、TDに気づかない、もしくはTDの警告音を動画の効果音と誤解して運転を引継がない可能性がある。自動運転システムはまだ普及しておらず、TDの適切な提示方法に関する検討は十分ではない。本研究ではTDとしての警告音に注目し、スマートフォンを用いた二次タスクの内容や、警告音の音質が運転引継ぎ行動に与える影響を調査した。

2. 二次タスクと警告音

この実験では3種類の二次タスクを検討した。①動画視聴課題条件では、6種類の動画から好きなものを選んで視聴した。②計算課題条件では、図1に示すようにスマートフォンの画面上に一桁の数字をランダムに2個表示し、その和の下一桁を入力する作業を繰り返して行った。③課題なし条件では、スマートフォンを片手で持つのみで何も行わなかった。

警告音は周波数1.6kHz、音圧60dB(A)とし、吹鳴周期2Hzと6Hzの2種類を用意した。これらは暗騒音と重ねても十分聞こえる音であり、吹鳴周期により緊急感が異なることを確認している³⁾。

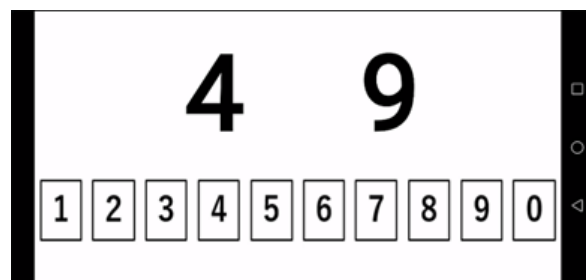


図1 ②計算課題条件におけるスマートフォン画面

3. 実験概要

3. 1. 実験シナリオ

実験参加者はドライビングシミュレータ（DS）に乗り、片側3車線の高速道路の第2車線を時速80kmで自動走行した。走行中はスマートフォンを片手で持ち、指定された課題を行った。走行開始から6分後に助手席側のスピーカから警告音が10秒間（引継ぎ余裕時間）提示され、その間に実験参加者はできるだけ速やかに二次タスクを中断し、アクセルペダルもしくはブレーキペダルを踏み込むか、ステアリングを操作することによって運転を引継ぐよう求めた。運転を引継がない場合、本研究ではMRMについて検討しないため、警告音終了とともに自動運転を解除した。

実験に使用したコースは2種類とし、TDが曲線半径300mのカーブで提示される道路1と、直線で提示

される道路 2 を実験参加者ごとにランダムな順序で行った。本発表では道路 1 の結果について述べる。

3. 2. 実験参加者

運転免許を保有する実験参加者を研究所外部から募集し、20 代から 50 代の若年者 18 名（男性 9 名、女性 9 名）、60 代から 80 代の高齢者 19 名（男性 13 名、女性 6 名）が参加した。

4. 実験結果

4. 1. 警告音に対する印象

警告音に対する印象について、8 項目を 7 段階で評価した結果を図 2 に示す。若年者・高齢者ともに吹鳴周期 6Hz は 2Hz よりも危機感や緊急感を抱きやすいことがわかる。

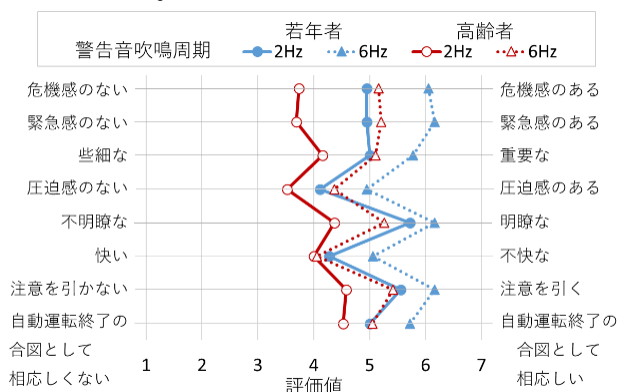


図 2 警告音に対する印象

4. 2. 警告音に対する反応

警告音の提示開始から運転引継ぎ行動をとるまでの時間を実験映像から求めた。吹鳴周期による明確な違いは見られなかったため、合算して図 3 に示す。①動画視聴と②計算課題の平均反応時間は③課題なし条件より長くなる傾向がみられた。反応時間は特に①動画視聴において長く、動画に含まれる音声は TD の認識に悪影響を及ぼしたと推測される。

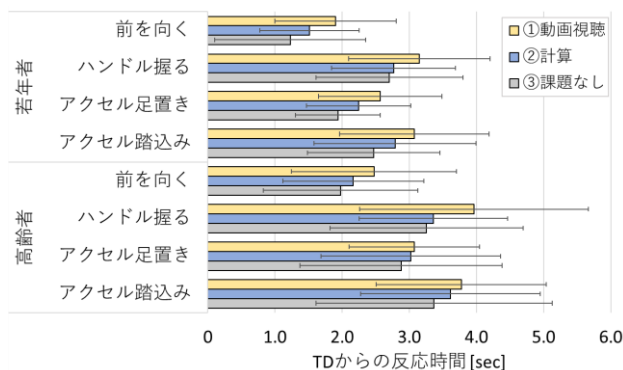


図 3 TD 提示からの平均反応時間
(吹鳴周期合算、エラーバーは標準偏差)

4. 3. 運転挙動

DS の走行ログから、運転引継ぎ後 10 秒間の「進行方向の移動量に対する左右方向の移動量の割合」を求めた。値が小さいほど道路線形に沿って走行したことを意味し、図 4 に示す結果では、一部を除き②計算課題の値が最も低くなった。②計算課題には集中力を要するものの、問題の区切りで容易に中断できることから、運転を引継ぎやすかったと推測される。また、吹鳴周期 6Hz の警告音は 2Hz よりも左右移動量が少なかった。警告音の危機感や緊急感がドライバの注意を促し、適切な運転につながったと考えられる。

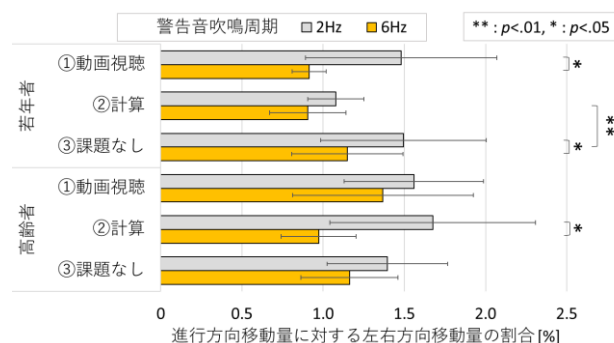


図 4 進行方向に対する左右方向の移動量の割合

5. おわりに

今回の実験結果から、自動運転中に従事する二次タスクの内容や警告音の特性によって反応時間が短くなり、引継ぎ後の運転挙動が安定する可能性があることを確認した。実際の自動運転環境でドライバ自身が好む二次タスクに没入する場合、運転引継ぎや車両挙動のパフォーマンスが低下するおそれがある。また、より複雑な交通環境での運転引継ぎ行動についても検討する必要がある。今後はより現実的な二次タスクや交通環境が運転引継ぎ行動に与える影響や、有効な TD の提示方法などについて研究する予定である。

参考文献

- 1) UN Regulation No. 157 - Automated Lane Keeping Systems (ALKS) (2021)
- 2) 本間亮平、若杉貴志、小高賢二：高度自動運転における権限移譲方法の基礎的検討、自動車技術会論文集、Vol.47、No.2、p.537-542 (2016)
- 3) 五十部健太、戸井武司：セカンダリアクティビティと警告音の差異による自動運転引継ぎ時の行動評価、日本音響学会研究発表会講演論文集 (秋季)、No.1-11-7 (2021)