

令和元年5月22日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00281

研究課題名(和文) ドライバの無意識下の脳活動と注意力との関係に基く安全な自動運転システムの開発

研究課題名(英文) Development of safe automated driving system based on the relationship between driver's unconscious brain activity and attention

研究代表者

伊東 敏夫 (Ito, Toshio)

芝浦工業大学・システム理工学部・教授

研究者番号：70707695

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：自動運転中のドライバーの覚醒維持を目的とした無意識に刺激を与えるタスクと、何もしない条件を合わせた6種類の環境について、一般ドライバー16名を対象に、ドライビングシミュレータと実車環境で脳活動を比較した結果、何もしない条件では12名中10名が入眠脳波を示し、各タスクを行うことで入眠脳波を減らすことを能動的なタスクで確認した。特に、ステアリングの把持が一定の覚醒作用を持つこと、音声刺激は内容だけでなく声自体への慣れの考慮が必要であること、光刺激はドライバーが気づかない範囲で覚醒支援を行えること等が判明した。また、覚醒効果に加齢による睡眠障害と感覚器官の機能低下による影響の可能性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自動運転でドライバーが何もしないと覚醒度が低下するものの、ステアリングを保持するだけで覚醒度が向上することが判明した。よって、今後実用化が期待できる自動運転中に手動運転に切替えるタイプの自動運転システムにおいて、自動運転中に課するドライバーへの条件等のルール化に役立つことができる。

研究成果の概要(英文)： We compared among five tasks about the keeping arousal effect. This experiment was conducted for 16 general drivers by using driving simulator and actual driving. From the results of facial video, subjective evaluation and brainwave analysis, the number of driver who fell asleep was decreased by using any tasks. "Holding steering wheel" had a good effect for keeping drivers arousal level. However, "Pushing button" task was insufficient effect for it. Voice stimulus was affected by habituation. Light stimuli had possibility of maintaining driver's awakening level with low workload. Moreover, it is suggested that age group of the driver influences their awakening level.

研究分野：自動運転

キーワード：自動運転 テイクオーバー 覚醒

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1)自動運転車は、車両に搭載した各種センサやカメラからの情報を基に自動運転システムが独自に認知・判断・操作を行い、車両を目的地へと運ぶ。運転におけるあらゆる作業をシステムが担うことで、自動運転中のドライバの作業負荷は小さくなるため、それに伴う覚醒度の低下が懸念されている。自動運転レベルについて、SAE (Society of Automotive Engineers) は、システムの機能に応じてレベル0からレベル5の6段階でクラス分けし、一般に自動運転と呼ばれるシステムはレベル2以上であるものの、レベル2, 3の段階ではドライバによる周辺環境監視や緊急時の対応が必要とされている。したがって、ドライバの覚醒度が低下する事態は避けなければならない。

(2)走行中のドライバの眠気対策手法として、センサやカメラ等でドライバの低覚醒状態を検出し、刺激を与えるというものがある。しかし、この手法では覚醒状態が低下する環境を改善できないため、刺激呈示後もしばらくすると再び眠気に襲われる可能性がある。

### 2. 研究の目的

(1)ドライバの覚醒状態に関係なく常に刺激を与えるタイプの手法は、煩わしさや刺激への馴化という課題こそあるものの、これらをうまく対処することができればドライバの覚醒状態維持を非常に容易に実現できる。そのため、本研究では常に一定の刺激を与えつつ覚醒状態を維持する手法を開発する。

### 3. 研究の方法

(1)従来手法として 何もしない、ステアリング把持、ボタン操作タスク、サッカード誘導視覚刺激、提案手法として 周辺情報提供タスク、単独光明滅タスクを採用する。

(2)実験は全6回、合計120分の自動運転で構成されており、それぞれの実験において協力者はドライビングシミュレータに乗車し、あらかじめ作成した走行コースで20分間の自動運転(速度上限時速70km, TTC10秒)を体験する。走行中、協力者は6種類のタスクと共に過ごす。このうち、他タスクを評価する際の基準として用意した、何もせずにただ前方の監視のみを行うというものである。実験中の協力者の姿勢については、基本的には本人がリラックスした姿勢とし、のボタン操作時以外は両手を下した状態とした。実験の順序による影響を抑えるため、実験の順序は被験者ごとにランダムとした。これらの実験は協力者ごとに二日間に分けて行われた。実験の進行具合が交通状況や後述する脳波計の調整等によって大きく変化するため、一日あたりの実験は2~4回とする。同様の実験を実車でも行う。

(3)実験協力者は普通自動車免許を保有し、日常的に運転を行う健康な一般ドライバ16名(男性9名、女性7名、年齢22~73歳、平均43.44歳±16.97)とする。

(4)脳波から覚醒度の評価を行うため、協力者は頭部に脳波計を装着した状態で実験し、脳波の計測位置は、国際10-20法および拡張10-20法に従い、AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1, O2とする。

### 4. 研究成果

(1)12名の脳波から波比率(图中 $r_a$ )の時間変化を算出し、それをタスクごとに平均した。タスク毎の時間変化を示したグラフを図1に示す。また、20分間の実験を200秒ごとの6区間に分割し、それぞれの区間において波比率の値を比較した結果を図2に示す。これらの図は、グラフが上に上がるほど眠気が強いことを示している。20分間の実験で最も安定して低いタスクはステアリング把持であった。区間毎に見ると、サッカード誘導刺激以外のタスクには実験開始後すぐに波比率の上昇が起きているのに対し、サッカード誘導刺激は前半の3区間にて波比率の上昇が抑えられ、ステアリング

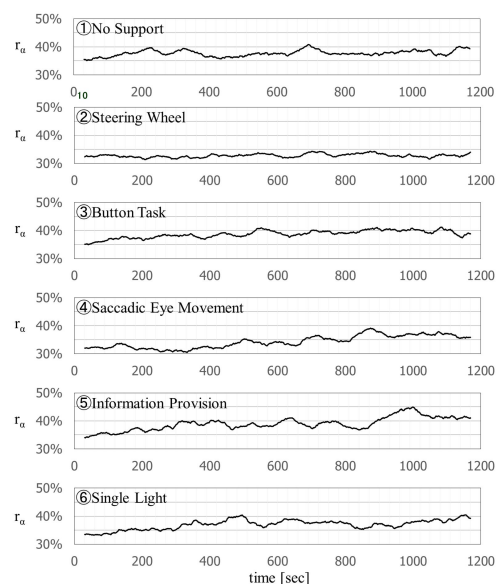


図1 Time variation of mean arousal level

把持に近い傾向を示していることがわかった。

(2)12人中10人の入眠が確認された。これは当初の想定よりも多かった。これについては、実験の多くが何もせずに20分間座り続けるというもので退屈になりやすく、時間帯も昼過ぎが多かったため、自分の運転の必要がないと感じることによって緊張感が低下し、眠気に対する抵抗も起こりにくかったと考えられる。

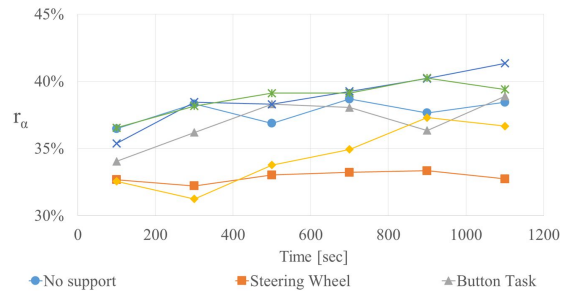


図 2 Arousal level comparison among tasks

(3)最も覚醒維持効果があると考えられるタスクはステアリング把持となった。この理由としては、自動運転中に身体を動かしたことで、手動運転時と同じ姿勢をとったことが関係していると考えられる。能動的な行為は覚醒に与える影響が大きい。能動的なタスクが受動的なタスクよりも高い覚醒維持効果を示していた。自動車の車内は狭く、長時間同じ姿勢となることが多いため、ステアリングを把持し、実際に回転させるという能動的な負荷が効果的に覚醒維持につながったと考えられる。脳内では自動運転であると認識していても、普段の運転と同じ姿勢となることにより自然と運転への集中度が高まる可能性が示唆された。

(4)ボタン操作タスクも能動的な運動であるが、脳波解析による覚醒度は他のタスクと似た傾向となった。作業タスクが単調で頻度も低かったために十分な覚醒効果が得られなかった結果と考えられる。

(5)周辺状況提供タスクでは、半数以上の協力者が入眠する結果となった。多くの協力者は実験後半に入眠しており、覚醒度のグラフでも後半に大きな覚醒度低下が表れている。ここから、音声刺激に対する慣れが生じたと考えられる。あらかじめ準備した複数の情報を走行地点ごとに呈示することで新鮮な刺激を提示できるものの、ドライバー側はただ呈示される音声を聞くだけであるため、意識を向けなければただの音刺激となってしまう。これにより、情報ではなく声に対する馴化が生じたものと考えられる。

(6)サッカー誘導刺激と単独光明滅タスクについては、サッカー誘導刺激に一定の効果が表れている。ドライバーは能動的にサッカー運動を起こしているものの、身体的な負担は少なく、単純な光刺激を用いて目や脳に働きかけるものであるため、ドライバーに大きな負荷を感じさせずに覚醒効果を与えていたといえる。しかし、光刺激に関して「視線を下に向けると眠くなる」というコメント等があり、光刺激を提示する際のレイアウトについても検討する必要がある。

(7)協力者の属性別に入眠の割合では、若年者が37%であったのに対して、老年者は83%であり、有意な傾向が確認され、ドライバーの年齢層によって刺激の効果が大きく変わった。年齢層ごとに異なる入眠傾向が表れた要因として、加齢に伴う睡眠障害と感覚器官の機能低下が考えられる。高齢者は総睡眠時間の減少のほか、浅い睡眠の増加や中途覚醒等による睡眠効率の悪化が報告されている。これらの症状がドライバーに対して慢性的に発生している場合、本人が前日の睡眠時間を十分にとっていても実際には睡眠が足りておらず、日中に眠気が表れやすくなる可能性がある。さらに、高齢者には睡眠相の前進による早寝早起きの傾向が表れやすく、

これも日中の眠気発生の要因となると考えられる。また、加齢は視覚や聴覚といった感覚器官にも影響を与えることが知られており、視野の狭窄や聴力低下、可聴域の縮小といった症状が現れる。これにより、若年・中年ドライバと比較して老年ドライバは覚醒維持刺激が見えにくくなっていたとか、シミュレータから聞こえる走行音が聞こえづらくなるとか、覚醒維持刺激の感じ方が鈍くなるなど差異が生じていた可能性もある。以上のことから、ドライバの覚醒を扱う際には、全ドライバー一律ではなく、利用者の年齢層や特性を深く考慮することが重要と考えられる。

<引用文献>

鈴木圭輔,宮本雅之,平田幸一:3.高齢者睡眠障害の特徴とその対策,日本内科学会雑誌,103巻,8号,p.1885-1895(2014)

5.主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

阿部晃大,古谷涼,伊東敏夫,自動運転時のドライバ覚醒維持を目的とした各種タスク効果の脳波解析による比較,査読有り,自動車技術会論文集 Vol.49,2018,pp.422-427

〔学会発表〕(計 6 件)

伊東敏夫,阿部晃大,自動運転から手動運転への操作主権移動時のドライバ状態,日本機械学会2016年度年次大会論文集,J1810201

伊東敏夫,阿部晃大,古谷涼,自動運転から手動運転への操作主権移動要求タイミングの影響度,自動車技術会2017年春季大会学術講演会講演予稿集,20175498

阿部晃大,古谷涼,伊東敏夫,自動運転時のドライバ覚醒維持を目的とした各種タスク効果の脳波解析による比較,自動車技術会2017年秋季大会学術講演会講演予稿集20176194

古谷涼,阿部晃大,伊東敏夫,自動運転中のドライバの覚醒度維持HMIに関する研究,自動車技術会2018年春季大会学術講演会講演予稿集,Vol.59, No.18

Akihiro Abe, Toshio Ito, Study on Effective Tasks for Keeping Driver's Arousal Level High in Automated Driving, ITS AP-Fukuoka, 2018

Akihiro Abe, Toshio Ito, Study on Effective Tasks for Keeping Driver's Arousal Level in Automated Driving, World Congress Copenhagen, 2018

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年:  
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6.研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。