

近赤外分光法による Take-Over 時のドライバ脳血流解析

情報科学科 広野 龍一

指導教員：河中 治樹

1 はじめに

交通事故の低減や環境負荷の軽減などを目的とした、自動運転技術が注目されている。自動運転ではシステムによって自動化されている操作の度合いによって、段階的に自動運転レベルが定められている。自動運転レベル 3 では、システムが運転を継続することができない状況に陥った際にドライバに運転の権利を譲渡する場面が想定される。このとき運転権利の譲渡を行う要請を Take-Over Request (TOR), 譲渡が行われるまでのドライバの準備時間を Take-Over Zone (TOZ), 実際に譲渡が行われることを Take-Over (TO) と呼ぶ。TO の概要を図 1 に示す。レベル 3 においてドライバは部分的に運転の義務から解放されるが、システムの要請に対応することが可能なように常に意識の覚醒を保つ必要がある。

TO の可否を判断するために自動運転中のドライバモニタリングの研究が進められている。先行研究では、近赤外分光法(NIRS: Near-infrared Spectroscopy)を用いて、自動運転と手動運転それぞれの場合におけるドライバの脳活動を比較した [1]。その結果、自動運転時において手動運転以上の精神負荷がかかっている可能性を示唆した。しかし、比較に用いた指標は各条件の oxy-Hb 濃度の平均値のみである。そこで本研究では、oxyHb 濃度変化の時系列的な変化に着目し解析を行う。

2 NIRS 信号の前処理と解析方法

NIRS は生体を透過しやすい近赤外光を用いて、ヒトの頭部を流れている血流量から相対的な oxy-Hb 濃度変化を算出する手法である。ヒトの脳は領域ごとに異なる情報を処理していると考えられている。本研究では、認知、判断、記憶などを司る前頭前野と、身体を動かす意思を伝える運動野の 2 領域において計測を行う。

NIRS 信号には本来の計測目的である脳賦活による oxy-Hb 濃度の変動以外に、体動や全身性血流動態など様々なアーチファクトが混入することがある。そのため本研究では解析の前処理として、脳機能性血流変動を得るために血流動態分離を行い、全身性血流動態を除去する。次に計測ノイズや呼吸、体温調整などによる影響を取り除くために、離散ウェーブレット変換によって波形成分を分離し、多重解像度解析によって NIRS 信号を再構築する。

NIRS 信号は同条件においても異なる結果が計測されることがある。本研究では、同条件で複数回計測を行い、NIRS 信号波形に対し加算平均を行う。また、NIRS 信号は相対値であるため、各数値を絶対値として比較することは出来ない。そこで、NIRS 信号波形の変動傾向を分析するために、各解析区間について NIRS 信号に対し最小二乗法を用いて 2 変数の直線近似を行い、取得した近似直線の傾きを評価の指標として用いる。

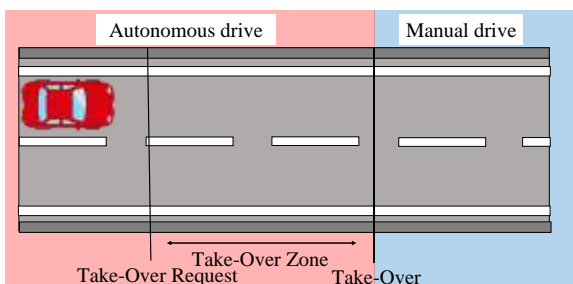


図 1 運転権利の譲渡における各区間とその名称

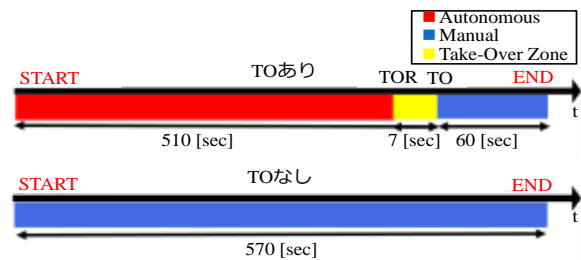


図 2 計測実験のプロトコル

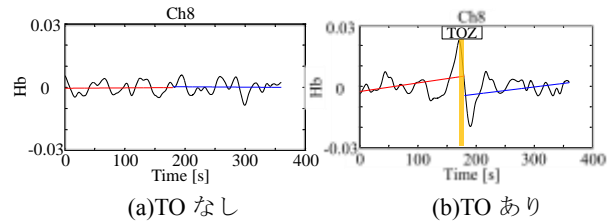


図 3 Ch8 における両条件の oxy-Hb 濃度変化

3 Take-Over 時のドライバ脳機能計測実験

本実験ではドライビングシミュレータを使用し自動運転と手動運転が可能なコースを構築した。走行コースは市街地を模擬した 2 車線道路の左車線とし、“TO あり”と “TO なし” の 2 条件を行った。“TO あり”では 510 秒自動運転を行った後、60 秒間手動運転を行った。このとき自動運転の区間においては、被験者には読書をするように指示をした。また、TOZ は先行研究より 7 秒とした[2]。TO なし条件では 570 秒間手動運転を行った。各条件のプロトコルを図 2 に示す。被験者は運転免許を取得している健康な男性 3 人(22±0 歳)で行い、oxy-Hb 濃度変化を前頭前野 17 箇所と運動野 13 箇所から取得した。本研究では計測したそれぞれの箇所を Ch として扱う。

仮説として、TOZ では手動運転を開始するにあたり、周囲の状況を認知するため脳活動は活発になることが考えられる。そのため、TOR から次第に oxy-Hb 濃度が上昇すると考えた。結果について、一部の Ch で TOZ において oxy-Hb 濃度が減少することが分かった。例として、図 3 に Ch8 における oxy-Hb 濃度変化を示す。縦軸は oxy-Hb 濃度の変動を表し、横軸は時間の推移を表す。また、黄色く塗られた領域は TOZ を表す。減少した理由として、NIRS 信号は相対値であるため、読書による脳活動のほうが大きく、TOZ における脳活動を上回ったため、oxy-Hb 濃度は上昇しなかったと考えられる。

4 まとめ

本研究では、自動運転レベル 3 における TO 時のドライバの状態の分析のため脳活動の時系列変化を解析した。

自動運転と手動運転の切り替えを模擬した実験を行った結果、切り替えの直後において、oxy-Hb 濃度の急激な減少を示す箇所が存在することが分かった。

今後の課題として、本研究で設定した走行シナリオは、直線道路と単調なもので行ったため、車線変更など実際にドライバの操作を伴うシナリオを設定し、複雑化した条件化でドライバの脳血流解析を行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] S. Sibi *et al.*, IEEE IV, pp419-425, 2016.
- [2] T. Yamada *et al.*, PLoS ONE, 7(11), 2012.