

京都大学工学部 学生員 ○中村 正裕  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 山田 忠史

京都大学大学院工学研究科 フェロー 谷口 栄一  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 中村 有克

## 1. 研究の背景・目的

一般にドライバーは、運転環境の変化や姿勢の拘束、精神緊張の連続といった要因によって負担を受けると言われており、安全で快適な交通社会の実現を目指すにあたっては、このような運転負担を適切に評価する必要がある。また、近年普及している ITS による運転支援によって運転環境は変化しているが、それに伴いドライバーの運転負担の感じ方も変容している可能性が考えられる。

本研究では、Buijs and van Eden<sup>1)</sup>によって、ストレス反応において重要な役割を果たしていると報告されている前頭前野の活動に着目する。この脳部位における脳血流を近赤外分光法という手法を用いて測定することを通して、生理学的なアプローチから運転負担を経時的に評価することを目指す。

## 2. 実験方法

本研究で用いた近赤外分光法(Near Infrared Spectroscopy: NIRS)という手法では、近赤外光を頭皮上から照射し、大脳皮質などでの散乱・吸収を経て頭皮上に戻った一部を検出する。ヘモグロビンはその酸素化状態によって吸光特性が異なるという特徴を有しており、これを利用して異なる波長の近赤外光を用いることで、脳内の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)や脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-Hb)の濃度長を求めることができる。この手法には、被験者を拘束せず非侵襲で動きに頑健であるというメリットがあり、今回のようなドライバーの脳機能測定には適していると考えられる。本実験では、前述の通りストレス反応との関係が指摘されている前頭前野を測定部位とする。

本実験では、運転環境の設定が容易であって、かつその運転環境を実験試行間で安定して再現できるというメリットから、ドライビングシミュレータを用いる。対象タスクについては、石橋ら<sup>2)</sup>が運転疲労の構成要因の一つとして指摘している「自分に合った運転ペース

表-1 各ケースの条件設定

ケース	実験条件	他車両速度
ケース 1	渋滞のない交通流	50km/h
ケース 2	渋滞	20km/h
ケース 3	渋滞	10km/h
ケース 4	渋滞+情報提供	10km/h

の阻害」に着目し、「追い越しができない状況での前の車にあわせた低速での追従走行」を渋滞とみなして、タスクに選定した。コースは直線状 2000m で、表-1 に示すような 4 種類の条件付けを行った。ケース 2 以降ではコース中央の 1000m において渋滞区間を設定した。ケース 4 では情報提供として、ドライバー左前方に設置したサブモニター上に渋滞区間の残り距離を表示した。全ケースにおいて発生させる交通量は 1300 台/h とした。ここで、設定した交通量や他車両速度は、京都市四条通での実測値を参考としている。

被験者には普通自動車免許を取得している 20 代の男性 6 名に協力してもらい、日をかえて 2 回実験を行った。順序効果が生じないように、各被験者が走行するケースの順序はランダムとした。

また、本実験では「自覚症しらべ」<sup>3)</sup>という質問紙を用いた。これは作業に伴う負荷の特徴と疲労状況の変化を捉えることを目的とした質問紙であり、今回は脳血流動態測定を基にした評価値と比較対照する。タスク前後のスコアの変化に着目できる点、精神面・身体面双方の質問項目を含んでいる点、5 段階評定方式であり小さな変化にも着目できる点から本実験に適していると判断した。

## 3. 実験結果と考察

本研究では、脳活動と関連がある血流の変化をよく表す指標とされている oxy-Hb に着目し、その濃度長の変化量を用いて評価を行う。測定によって得られたデータは呼吸や心拍の影響を含むことから、離散ウェー

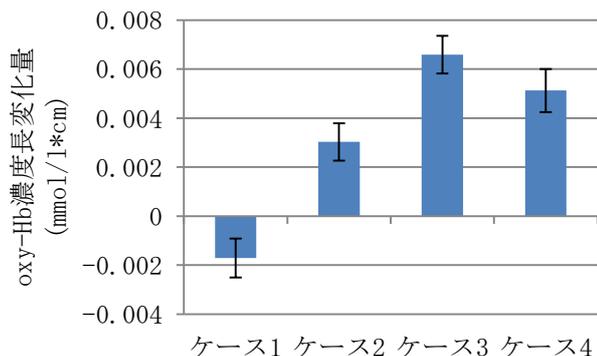


図-1 各ケースにおける oxy-Hb 濃度長変化量

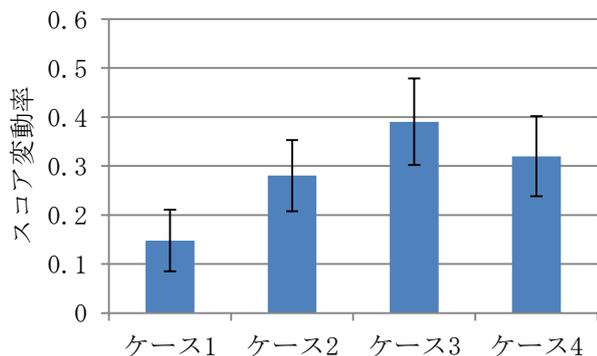


図-2 自覚症しらべスコア変動率

ブレット変換の多重解像度解析を用いてノイズの除去を行った。oxy-Hb 濃度長に関して、各コース中央 1200m(以下タスク区間という)に着目し、タスク区間の濃度長の平均値とタスク区間前 100m の平均値の差分を評価値として用いた。各ケースにおける oxy-Hb 濃度長変化量を図-1 に、自覚症しらべのスコア変動率を図-2 に示す。自覚症しらべについて、今回はスコアの変動率をとることによって実験前と各ケース走行後の変化に着目しており、これが高いほどそのケースの負担が大きいいといえる。両評価値は、タスク区間内の他車両速度が低いケースになるにつれて値が増大しており、ケース間で同じような傾向を示していることが確認できる。このことから oxy-Hb 濃度長変化量が運転に伴う負担の側面を表している可能性が考えられる。

この oxy-Hb 濃度長の、タスク区間中の経時的な変化に着目する。ケース 3・ケース 4 について、タスク区間を走行時間 1 分ごとに分割した際の oxy-Hb 濃度長変化量をそれぞれ図-3、図-4 に示す。ケース 3 では時間の経過につれその値が大きくなっているが、ケース 4 では中盤から後半に向け値が低下していることが見てと

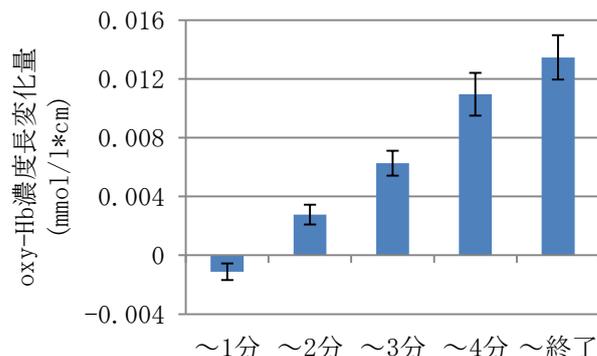


図-3 タスク区間での oxy-Hb 濃度長変化量(ケース 3)

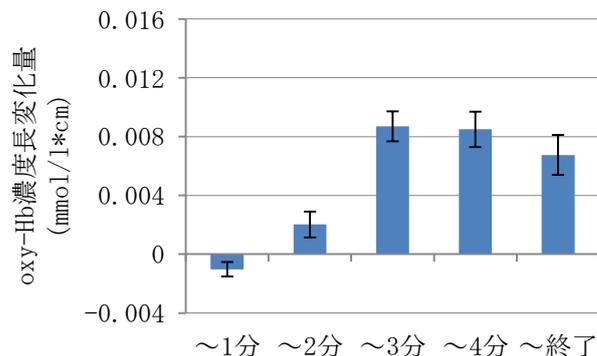


図-4 タスク区間での oxy-Hb 濃度長変化量(ケース 4)

れる。この異なる傾向は情報提供の有無で生じたものと考えることができ、情報提供の効果は渋滞の後半で認められる可能性が示唆される。

#### 4. 結論

今回の実験のタスク・条件設定においては、oxy-Hb 濃度長変化量が運転負担の側面を表している可能性が考えられる。その値は、渋滞内の速度が低下するに伴い増大している。また、情報提供の効果は渋滞の後半で生じることが示唆される。今後、この oxy-Hb 濃度長変化量を用いて様々な運転環境での検討を行い、運転負担の評価に関する考察を進めていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) Buijs,R.M., van Eden,C.G.: The integration of stress by the hypothalamus, amygdale and prefrontal cortex : balance between the autonomic nervous system and the neuroendocrine system, Progress in Brain Research, 126, pp.117-132, 2000.
- 2) 石橋基範, 大桑政幸, 岩崎あゆ子, 赤松幹之: 一般ドライバーを対象とした自動車運転疲労の構成要因調査, 人間工学, 37, pp.266-267, 2001.
- 3) 酒井一博: 日本産業衛生学会産業疲労研究会撰「自覚症しらべ」の改訂作業 2002, 労働の科学, 57.5, pp.295-298, 2002.