

脳波を指標とした運転熟練度の評価に関する検討 Evaluation of Driving Skill Level Using Electroencephalogram (EEG)

丸野達也[†]
Tatsuya Maruno

後藤祐哉[†]
Yuya Goto

稲垣圭一郎[†]
Keiichiro Inagaki

1. はじめに

交通事故総合分析センターの統計では、近年自動車事故の発生件数は減少傾向にあることが報告されている[1]。減少傾向にある理由の 1 つに、自動車事故の低減と運転負担軽減を目的とした運転支援システムの研究・開発が挙げられる。こうした目的を目指したものとして、ITS (Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム)がある[2]。ITS とは、人と道路と自動車間で情報を受発信して、道路交通が抱える事故や渋滞、環境対策など、様々な課題を解決するためのシステムである。常に最先端の情報通信や制御技術を活用して、道路交通の最適化を図ると同時に、事故や渋滞の解消、省エネや環境との共存を図っている。しかし、これまでのシステムは主に車両特性、道路環境および周辺環境を考慮して設計されているものであるため、自動車における運転行動に欠かすことができないドライバーが呈する多くの情報は、あまり考慮されていない。

ドライバーが呈する情報が考慮された運転支援システムを構築するためには、車両の周辺情報や車両情報とそれに対応したドライバーの情報から人と自動車との関係を探ることが必要である。ドライバーが運転操作を行う際には、認知・判断・操作に関わる情報処理が脳で行われている。運転状態におけるこれらの脳活動の特徴を抽出できれば、車両運転時のドライバーの誤認や操作ミスなどの事故防止の運転支援へ利用することができると考えられる。このとき、例えば事故の多いドライバーもいれば少ないドライバーも存在するように、同じ運転という動作時においても人によって、認知・判断・操作には違いがある。こうした差異に関連する要素として、運転習熟度が考えられる。これを裏付けるように、運転習熟度の低い(初心者)ドライバーは事故件数が多く、運転習熟度の高い(熟練者)ドライバーは事故件数が少ないという傾向が報告されている[1]。従来、運転時の視覚特性や身体反応[3]、注意[4]などと脳活動の関係は研究されつつあるが、運転熟練度と脳活動の関係については、評価が進んでいない。

本研究では、車両運転時を想定した脳波を計測し、運転習熟度と脳波の関連性を評価する。具体的には、運転習熟度の異なるドライバーの脳波を異なる運転シーンにおいて計測し、 α 波や β 波などの脳波帯域と運転熟練度の関連性を評価する。

2. 実験方法

2.1 走行シーン視聴実験

図 1 に車両運転時を想定した脳波計測実験環境の概要を示す。本研究では、2~3 分の運転席から見た走行シーンの動画を使用し、これを表示用の PC へ投影し実験を行った。習熟度は、道路交通状況に関係することが考えられることから、評価実験では、渋滞道路の走行時(動画 A)、市街地

の走行時(動画 B)、高速道路の走行時(動画 C)といった 3 種類の異なる道路走行シーンを用意した。

被験者は、健康かつ正常または矯正視力を有する 20 代の男女 16 人 (男性 15 人, 女性 1 人) とした。被験者の運転熟練度は運転頻度から決定した。本研究では、2 週間に 1 回以上の頻度で運転している人は熟練者、それ以外を初心者と定めた。その結果、初心者は 8 人、熟練者は 8 人であった。

実験では、はじめに実験概要を被験者に十分説明し、インフォームドコンセントを得た後、脳波計を装着し自分が運転をしているつもりで走行シーンを見てもらった。このとき、走行シーン表示用の PC が見やすいように椅子の高さを調節した。走行シーン提示用 PC と被験者の距離は、頭部非固定の実験であり個人ごとに微小な違いがあるが、被験者が運転席から外界を見ているような距離になるように、60cm に調整した。実験は明所で無音に近い環境で実施した。実験時には、体動の影響で脳波に多くのノイズを含む場合があるため、静止するように被験者には教示した。動画が見終わる度にシーンと覚醒度に関する質問をした。

2.2 脳波計測

脳波計測には、emotiv EPOC+を使用した。電極は、国際脳波学会で標準化された国際 10 - 20 法[5],[6]に従って配置した。電極配置に際して、頭皮の油分による計測信号の劣化を避けるため、事前に油分をアルコールで除去した。脳波測定位置は、視覚情報に関する脳波計測ができ、まばたきや表情筋によるノイズが乗りづらい後頭部測定点 O2 とした。脳波は、サンプリング周波数 128Hz で計測した。



走行シーン

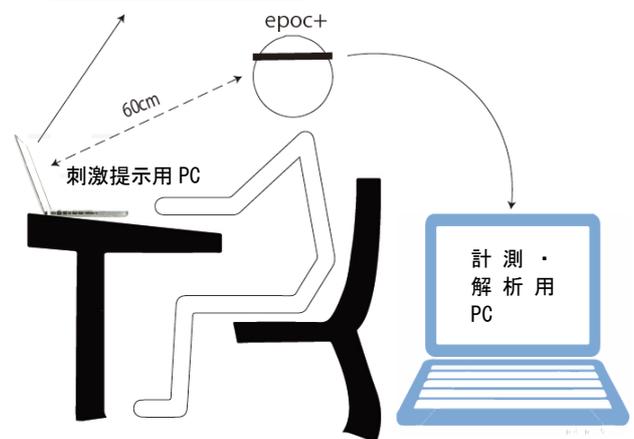


図 1 実験環境

[†] 中部大学工学部ロボット理工学科

3. 解析方法

走行シーン動画視聴時の脳波をフーリエ変換法で解析した。計測された脳波は、DC除去を施した後、1秒ごとに切り出しを行い、ハニング窓による窓処理を行った。その後、フーリエ変換にて周波数スペクトルを算出した。1つの走行シーン動画視聴時の全区間にわたり同様に周波数スペクトルを算出した後、それらの加算平均処理を行った。その後、求めた周波数スペクトルは総和が1となるように正規化した。

4. 結果

図2は、走行シーン視聴時の熟練者(赤)と初心者(青)の正規化した周波数スペクトル例である。この結果から、熟練者に比べ、初心者は、 α 波帯域が少なく、 β 波領域が多くなっていることが確認できる。

図3は、各被験者の α 波(5~12Hz)の正規化した振幅スペクトルを走行シーンごとにまとめたものである。結果からすべての走行シーンにおいて、熟練者のほうが初心者よりも α 波が多いことが確認できる。また、t検定によって有意差を評価したところすべて走行シーンにて有意差が認められた($P<0.05$)。図4は、各被験者の β 波(12~40z)の正規化した振幅スペクトルを走行シーンごとにまとめたものである。結果からすべての走行シーンにおいて、熟練者のほうが初心者よりも β 波が少ないことが確認できる。同様に、t検定によって有意差を評価したところすべて走行シーンにて有意差が認められた(動画A: $P<0.01$, 動画BおよびC: $P<0.05$)。これらすべての実験において、動画視聴後のアンケートで覚醒度の低下を報告する被験者はいなかった。

5. 考察

本実験結果から、走行シーン視聴時において、初心者は熟練者よりも α 波が優位に少なく、一方で β 波が優位に多くなる傾向が確認された。 β 波は、集中や思考を反映するといわれており[7]、今回の走行シーン視聴実験に照らし合わせて考えてみると、初心者ほど走行シーンに対して集中度が高くなるものと考えられる。これはシーン内に存在する車両や歩行者、標識や信号などの視認など、初心者は運転に慣れていないため、全般的に走行シーンを理解するために視線を多く動かして様々な情報をサーチしているためと考えられる。その結果、集中や思考に関連する β 波が増加した可能性がある。また、初心者ドライバーにおける α 波の低下は、こうした行動が緊張につながったためであると考えられる。一方で熟練者は、経験により注意すべき場所を把握しているものと考えられる。この結果、初心者と比べて走行シーンの理解に対しての視線移動と収集する情報量が少なくなり、結果として初心者ほど β 波の増加や α 波の低下がみられなかったと考えられる。

6. まとめ

本実験では、運転初心者と熟練者の運転時の脳波を計測し、運転習熟度と脳波の関連性を評価した。結果、運転習熟度の差は、 α 波ならびに β 波の両帯域において現れることが確認できた。こうした結果から、脳波が運転習熟度に関する一指標になりうることを示した。今後は、運転習熟度眼球運動計測も併せて行い、 α 波ならびに β 波において確認された差異との関連性を評価する予定である。

謝辞

本研究の一部は、科研費若手研究 B(17K12781)のサポートを受けて実施した。

参考文献

- [1] 警察庁交通局, “平成 29 年上半年期における交通事故の発生状況及び道路交通違反取締り状況について” (2017)
- [2] 若生茂雄, “ITS:その研究開発と公共インフラとしての認識”, 信学論, A, vol.J81-A, no.4, pp.465-466(1998)
- [3] 黒木康之, 北川守, 麻生 勤, “運転中の視覚性脳誘発電位および脳波よりみた心身反応”, 人間工学, vol.10, no.3, pp.81-91(1974)
- [4] 寺田佳久, 森川幸治, “脳波によるドライバー注意散漫状態推定技術の開発”, パナソニック技報, vol.57, no.3, pp.73-75(2011)
- [5] H. H. Jasper, “The ten twenty electrode system of the international federation”, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* vol.10, no.371-375 (1958).
- [6] 杉山邦男, 長尾建樹, “脳波電極を正しく貼るコツ”, 検査と技術, vol.41, no.3, pp.213-216 (2013).
- [7] B. Baars, N.M. Gage, “Fundamentals of cognitive neuroscience: A beginner's guide”, Waltham:Academic Press (2013)

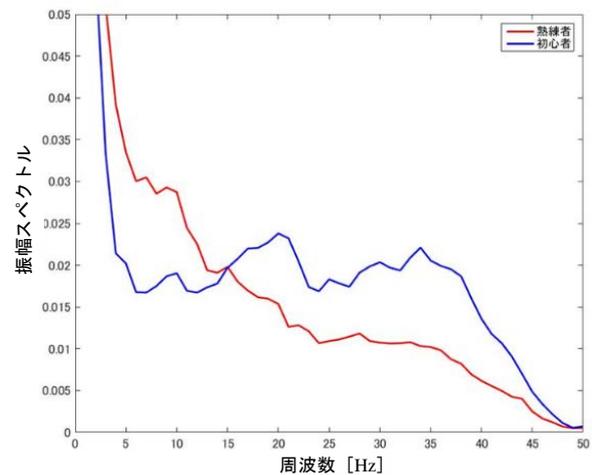


図1 走行シーン視聴時の熟練者と初心者の周波数スペクトル (青:初心者, 赤:熟練者)

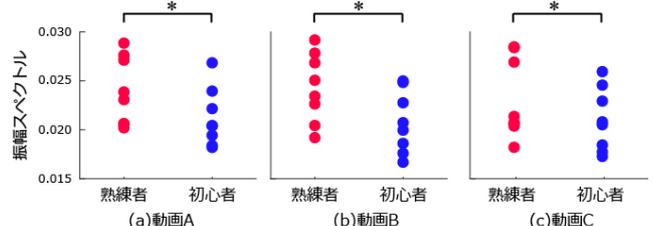


図3 熟練者と初心者の α 波帯域のスペクトル. *は有意差を示し, それぞれ*: $p<0.05$, **: $p<0.01$ である

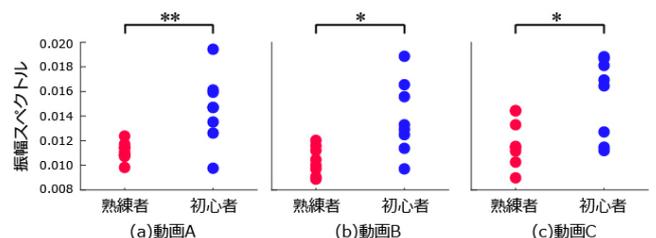


図4 熟練者と初心者の β 波帯域のスペクトル. *は有意差を示し, それぞれ*: $p<0.05$, **: $p<0.01$ である