

走行環境内の認知対象への注意と事象関連電位 P300 の関係

Relationship between attention to traffic objects and event-related potentials P300

山本 悠貴[†] 我妻 伸彦[‡] 信川 創^{†††} 稲垣 圭一郎[†]
Yuki Yamamoto Nobuhiko Wagatsuma Sou Nobukawa Keiichiro Inagaki

1. はじめに

運転に必要な情報の 90%は、視覚情報に基づいている。運転中におけるヒトの認知とそれに基づく車両操作においては、走行環境の情報を脳に取り込み、それを視覚的に把握・処理し、運転行動を決定している。このとき、交通事故の要因である見落としや脇見運転、漫然運転[1]による、歩行者や信号、標識など視覚認知対象に対する認知ミスは、判断・操作の遅れをもたらす、結果として交通事故につながる。こうした視覚機能に起因する交通事故を減らすためには、運転中の注意や認知に関する脳活動を理解することが重要である。

最近、我々は走行環境の認知実験において、人工的な視覚認知対象を用い、視覚注意に関する脳波である事象関連電位 P300[2]を測定した。視覚認知対象に対する注意を反映する P300 応答を評価したところ、運転経験や注意強度により、その応答速度が変化することを明らかにした[3,4]。先行研究[3,4]では、走行環境内に呈示した人工的な視覚認知対象への認知を課題としている。一方で、実際の走行環境には歩行者や他車両など注意すべき対象が多数存在する[5]。P300 の出現には認知対象への注意が深く関連することを考えると、先行研究のような人工的な視覚対象を用いずとも、走行環境内の認知対象に対しても運転者の注意は向くと考えられ、結果、P300 が生じると考えられる。

本稿では、走行環境の認知実験において脳波計測を実施した。走行環境内に存在する運転時の認知に必須な交通対象に対して P300 の応答特性について検証した結果について報告する。

2. 方法

2.1. 実験環境

図 1 に実験環境を示す。実験環境は、あご台、運転席、脳波計測と刺激制御に使用するパーソナルコンピュータ(PC)、ディスプレイ(1920×1080)、反応時間測定用 iPad、脳波計(Polymate Mini, 株式会社ミュキ技研)から構成されている。視覚刺激には、34 種類の走行シーンを利用した。自動車の運転席から走行環境を観察しているような体験をできるように、投影した PC ディスプレイと被験者の距離を 60cm とした。この条件は、運転中の機能的視野(約 ±20°)を考慮して、±30° の視野となるように決定した[6]。なお、本実験は、中部大学倫理審査委員会に実験手法の承認(20210016)を得て実施された。また、すべての方法をヘルシンキ宣言に則って実施した。

2.2. 走行環境の認知実験

本研究では、運転免許取得済みの年齢 21~24 歳の健康

な成人男性 11 名が走行シーン認知時の脳波計測に参加した。被験者は、視力が正常または矯正済み(免許記載の眼鏡またはコンタクトレンズ使用)であり、かつ正常な脳波パターンを呈示した。被験者の覚醒状態を Karolinska Sleeping Scale[7]の日本語訳を用いて確認し、レベル 3 以上(眠気の基準)と回答した被験者は実験に参加しないこととした。実験に際し、各被験者には、本研究の目的や実験内容を十分に説明したうえで、インフォームドコンセントを得た。

実験では、視覚認知対象が出現する走行シーンを 34 個視聴させた。これらのシーンは PC ディスプレイにランダムに投影した。視覚認知対象に対する応答を計測するため、被験者には走行シーン内に出現する視覚認知対象を認知したら出来るだけ早く、iPad の反応ボタンを押す課題を課した。

2.3. 走行環境内の視覚認知対象について

実験で用いた 34 種類の走行シーンを事前に分析し、安全運転のために認知が必要となる認知対象(標識、信号、他車、歩行者、交差点など)を注意深く探索し、対象物の出現タイミングとその割合を求めた。本研究では、無限遠点を中心とした垂直 25%の矩形範囲に対象物の中心が入ったときを、ターゲットの出現タイミングとした。今回の走行シーンデータセットでは、信号、車両、歩行者、交差点、横断歩道、道路標識について、それぞれ 11%、12%、18%、12%、16%、31%の割合で各視覚認知対象が出現していることを確認した。

2.4. 脳波計測

脳波計測には、Polymate Mini AP108(株式会社ミュキ技研)を用いた。脳波計測する際の電極は、世界標準とされている国際 10-20 法[8]に従って配置した。国際 10-20 法は頭の大きさに関係なく、ほぼ一定部位に電極を配置ができ、大脳の全領域をカバーできる利点を持つ。本研究では 7 つの電極部位(AF3, AF4, T7, T8, Cz, O1, O2 で脳領域全体をカバー)と 2 つの参照部位(A1, A2)の計 9 チャンネルを採用し、サンプリング周波数 500Hz で脳波を記録した。

2.5. 解析

事象関連電位 P300 は頭頂を中心として優位に分布し、左右差はないとされる。さらに、P300 は低頻度刺激や注意が向いている刺激を基準に切り出した脳波を 20~30 回程度加算平均することで求められる[2]。本研究では、頭頂にあたる Cz チャンネルから測定された脳波に注目した。

P300 は δ 帯で最もよく観察されることから、計測した脳波に δ 帯(1-5Hz)の通過帯域を持つバンドパスフィルタを掛けた。各視覚認知対象に対する P300 を算出するため、視覚認知対象ごとに対象出現 200ms 前から 800ms 後の脳波を切り出し、DC 成分の除去を施したのち加算平均した。

[†] 中部大学 Chubu University

[‡] 東邦大学 Toho University

^{†††} 千葉工業大学 Chiba Institute of Technology

なお、P300 を求めるための加算平均処理は、前述の指標毎ならびに被験者毎に実施した。このうち被験者毎に求めた P300 を、平均処理して P300 の出現率の算出した。

P300 は、課題などに依存してその応答波形が異なることから、その定義が複数存在する[8]。一般的に、低頻度な刺激を呈示した後に、潜時 250~800msec に出現する陽性の電位が P300 と定義される。本研究では、視覚認知対象の出現後 250~800msec にピークをもつ陽性の応答を P300 と定義した。なお、この範囲に 2 つピークが観測された場合は、N100 と N200 の間に観測されたピークを選択しないように、2 番目のピークを P300 として採用した。

3. 実験結果

3.1. 走行環境における認知対象に対する P300 応答

はじめに、視覚認知対象ごとに求めた P300 の結果について述べる。図 2 は走行シーンを視聴した際の各視覚認知対象に対する P300 応答をまとめたものである。交差点(cross roads)、横断歩道(intersections)では、650-700msec 付近に顕著なピーク振幅を示す P300 が観測された。車両(vehicles)、歩行者(peDESTrians)、および信号(signals)では、650-700msec 付近に P300 のピーク振幅が現れたが、ピーク振幅は鈍く(小さく)なっていた。道路標識(road signs)については、P300 は確認されなかった。

3.2. 走行環境内の認知対象の種類と P300 出現率

次に、各被験者の P300 応答の平均から求めた P300 出現率の結果について述べる。表 1 は、走行環境内の各視覚認知対象の種類と P300 出現率をまとめたものである。P300 の出現率は、被験者事に横断歩道と交差点では、P300 事象関連電位の観測率は共に 81.8%であり、6 種類の交通対象物の中では比較的高い値を示した。車両、歩行者、信号については、それぞれ 72.7%、63.6%、54.5%であった。道路標識では、P300 の観測率は 9.1%であり、図 2 の応答に明確な波形が現れていないが、極めて少数 P300 が存在していた。

4. まとめ

本研究では、走行シーン視聴時の脳波計測を実施し、安全運転における適切な運転判断に必要な視覚認知対象に対する事象関連電位 P300 の応答を検証した。結果では、視覚認知対象の種類により、P300 の出現率や加算波形に見られる P300 応答の明瞭さが異なることを確認した。P300 が注意を反映することを考慮すると、P300 の出現率が高い(明瞭な P300 が確認できる)視覚認知対象は、ドライバの注意を誘導する能力が高く、その逆の場合には、注意を誘導する能力が考えられる。今後は、視覚認知対象がドライバの注意を誘導する能力を、視覚認知対象の種類が呈する顕著性などの特性を考慮して更に検討する予定である。

謝辞

本研究は科研費(22K12138)の助成を受け実施したものである。

参考文献

- [1] T.A. Dingus, F. Guo, S. Lee, J.F. Antin, M. Perez, M. Buchanan-King, J. Hankey, Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. PNAS, vol.113, pp.2636–2641, 2016.

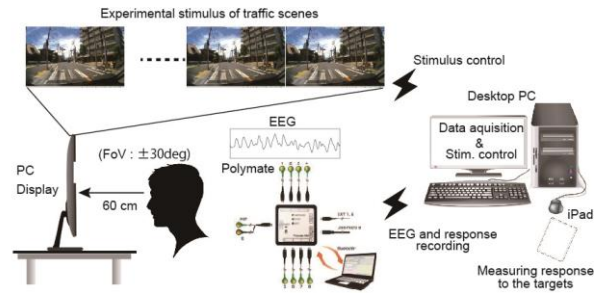


図 1. 実験環境

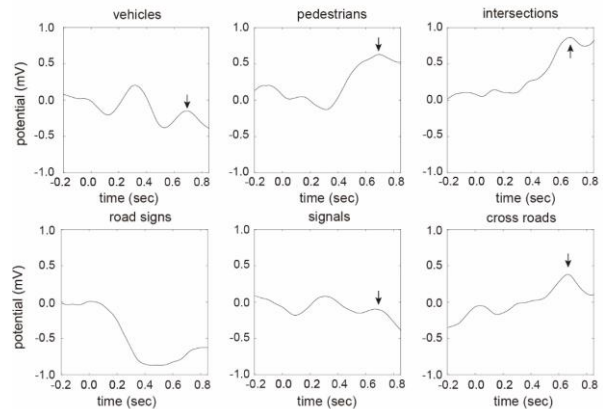


図 2. 異なる視覚認知対象に対する P300 の応答
図中の矢印は P300 のピーク振幅を示す

表 1. 視覚認知対象の種類と P300 の出現率

object type	P300 observation rate
vehicles	72.7% (8/11)
pedestrians	63.6% (7/11)
intersections	81.8% (9/11)
road signs	9.1% (1/11)
signals	54.5% (6/11)
cross roads	81.8% (9/11)

- [2] J. Polich, Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. Clin. Neurophysiol., 118, 2128–2148, 2007.
- [3] K. Inagaki, N. Wagatsuma, S. Nobukawa, The effects of driving experience on the P300 event-related potential during the perception of traffic scenes, Int. J. Environ. Res. Public Health, vol.18, 10396, 2021.
- [4] K. Yamamoto, S. Nobukawa, N. Wagatsuma, K. Inagaki, Effect of visual attention and driving experiences on the event-related potential P300 in the perception of traffic scenes, IEEE APSIPA 2021.
- [5] L. Evans, The dominant role of driver behavior in traffic safety. Am. J. Public Health, 86, 784–786, 1996.
- [6] R. Tanishige, K. Doman, D. Deguchi, Y. Mekada, I. Ide, H. Murase, A study on the prediction of driver's pedestrian detectability considering characteristics of human fields-of-view while driving., IEICE PRMU2014-196. vol.114, pp.223-228, 2015.
- [7] T. Åkerstedt, M. Gillberg, Subjective and objective sleepiness in the active individual. Int. J. Neurosci., vol.51, no.1-2, pp.29-37, 1990.
- [8] H.H.Jasper, The ten twenty electrode system of the international federation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 10, 371–375, 1958.