

走行シーン認知における視認対象に対する事象関連電位 P300 の解析 Analysis of event-related potential P300 on object recognition in driving scenes

山本 悠貴[†]
Yuki Yamamoto

我妻 伸彦[‡]
Nobuhiko Wagatsuma

信川 創^{†††}
Sou Nobukawa

稲垣 圭一郎[†]
Keiichiro Inagaki

1. はじめに

交通事故は大きな社会問題の一つである。近年、人工知能の進歩に伴う効果的な高度道路交通システム(ITS)の開発により、交通事故の発生件数は減少傾向にある[1]。一方で、見落としや脇見運転、漫然運転など、ヒューマンエラーに起因する事故は依然として多く発生している[2]。交通事故の原因は、安全不確認、脇見運転、ついで動静不注視の順に多く、視覚機能との関連性が特に指摘されている。運転に必要な情報の 90%は、視覚情報に基づいている。運転時におけるヒトの認知とそれに基づく行動(操作)においては、走行シーン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。このときに前述の交通事故原因のように、歩行者や信号、標識などの運転時の認知や判断に必要な視覚認知対象の見落としや発見の遅れは、判断・操作の遅れにつながる。こうした視覚機能に関連する交通事故は、有効な運転免許証を持っていても運転経験の少ないドライバより、運転経験の多いドライバの方が発生頻度が低くなる[2,3]。こうした知見は、運転における認知機能が経験によって改善もしくは最適化される可能性を示唆している。これらを鑑みると視覚由来の交通事故の抑制のためには、こうした経験によって変容する注意や認知の理解が必要不可欠である。

最近、我々は走行シーンの認知実験において、人工的な視覚認知対象を用い、これに対する認知時の脳波を測定した。その結果、注意に関連する事象関連電位 P300 が人工的な視覚認知対象物の出現に関連して発生した。さらにその応答潜時が運転経験により早くなること[4]、教示による注意意識の強さにより発生頻度が変化すること[5]を見出した。こうした我々の視覚認知と事象関連電位 P300 応答に関する先行研究[4,5]では、走行シーンに呈示した人工的な視覚認知対象を用いているが、実際の運転では歩行者や他車両などの注意しなければならない視覚認知対象が多数存在する。運転時には、こうした認知すべき対象物の認知が安全な運転行動に密接に関わる[6]ため、ドライバは注意を払う可能性が高い。すなわち、先行研究のような人工的な視覚認知刺激でなくとも、注意を反映する P300 が出現すると考えられる。本研究では、走行シーンの認知実験において脳波計測を実施し、異なる視覚認知対象に対するドライバの事象関連電位 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 に本実験で利用した環境を示す。実験環境は、走

[†] 中部大学 Chubu University

[‡] 東邦大学 Toho University

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

行シーンを投影するために使用する PC ディスプレイ、高さ調節が可能な椅子、あご台、刺激制御と脳波測定に使用する PC、脳波計(Polymate mini, ミユキ技研)から構成されている。実験では、複数の走行シーンを実験時の刺激として用いた。実際の運転のように車外環境を見ることができるよう、投影された PC ディスプレイと被験者の距離を 60cm とした。体動などアーチファクトを防ぐため、あご台で被験者の頭を固定した。なお、本実験は、中部大学倫理審査委員会の承認のもと実施された。

2.2. 走行シーンの認知実験

実験では、運転免許取得済みの年齢 19~26 歳の健康な成人男性 7 名が走行シーンの視覚認識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する者に限定した。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、走行環境認知を想定して、視覚認知対象が出現する走行シーンを 9 個視聴させた。このとき被験者には通常の運転と同様に走行シーン内の視覚認知対象を確認するように教示した。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、運転時のハンドル位置と類似した箇所に設置したストップウォッチを押す課題を課した。

2.3. 走行シーンと視覚認知対象について

ビデオカメラで撮影された異なる 9 つの走行シーンを実験に用いた。走行シーンは、市街地でそれぞれ約 1~2 分、合計で約 10 分であった。こうした 9 つの走行シーンを事前に分析し、標識や信号、他車両、歩行者などの視覚認知対象の出現のタイミングや出現割合を求めた。なお、出現タイミングは、視覚認知対象が出現し対象物として認知可能となったタイミングとして定義した。今回

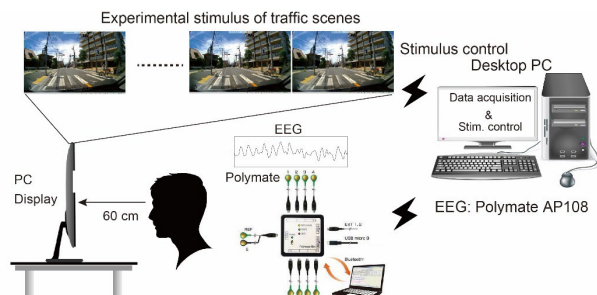


図 1. 実験環境 走行シーンを投影するために使用する PC ディスプレイ、調節可能な椅子、あご台、刺激制御と脳波測定に使用する PC、および脳波計(Polymate mini)で構成されている。記録された脳波は Bluetooth 接続で PC に転送される。走行シーンや脳波計測は MATLAB で制御した。

実験に用いた全走行シーンにおいて、各視覚認知対象の出現時間は、それぞれ標識 28%、信号 17%、横断歩道 13%、交差点 10%、歩行者 9%、車 8%であった。

2.4. 脳波計測

脳波計測には、ミュキ技研製の Polymate Mini AP108 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[7]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。本研究では頭頂部である Cz、前頭部である AF3、AF4、側頭部である T7、T8、後頭部である O1、O2 を計測点として用い、サンプリング周波数 500Hz で脳波を記録した。

2.5. 解析

本研究の P300 のデータ解析では従来の P300 で最も応答が計測されやすい Cz[8]において計測した脳波を用いた。計測した脳波に 1-5Hz の通過帯域を持つバンドパスフィルタを掛け P300 を構成する周波数帯域を抽出した。フィルタ処理を施した後に、DC 成分の除去を行なった。一般に、P300 は低頻度な刺激や注意が向いている刺激をトリガとして切り出した脳波を 30 回程度加算平均することで求められる[8]。本研究でも各視覚認知対象をトリガと捉え、それらの出現から 0 秒~0.6 秒の区間の脳波を切り出した。その後、視覚認知対象物ごと、および全視覚認知対象物で加算平均処理を行うことで、それぞれの P300 応答を評価した。また、P300 が検出された場合、P300 の頂点潜時とその振幅を求めた。

3. 実験結果

3.1. 走行シーンにおける物体に対する P300 反応

図 2 は、全視覚認知対象に対する P300 応答である。図中、実線は平均値、薄い青の部分は標準偏差 ($\pm 1SD$) である。視覚認知対象の出現後 0.25 秒から 0.4 秒の間に陽性の電位が生じており P300 が出現することが確認できる。なお、潜時は 0.340 秒と人工的な視覚刺激を用いた実験[4]とほぼ同様の潜時特徴が見られた。ピーク振幅 0.375mV であり、先行研究よりかなり小さな値となることが確認された。これは、脳波計測時の接触抵抗の違いによるものと考えられる。最後に、視認対象物に対して計測した反応時間は、 1.2 ± 0.5 秒であり、一般的な反応

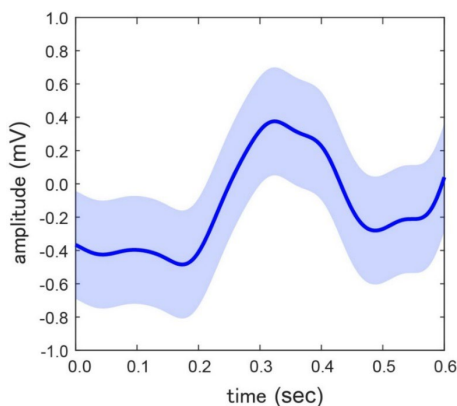


図 2. P300 の平均波形 全視覚認知対象に対する事象関連電位 P300 応答。平均波形は被験者 7 人の応答から算出した。実線と薄い青は平均値と $\pm 1SD$ である。

表 1. 視覚認知対象と P300 出現の関係

type of objects	rate of P300 observation
vehicles	85.7 %
road sign	42.8 %
signals	42.8 %
pedestrians	28.5 %
intersection	14.2 %
crossing	14.2 %

時間と比べてかなり反応が遅い。これは走行シーン上に視覚認知対象が多数出現する場合もあり、注意が分散した結果が反応時間に影響した可能性が考えられる。

3.2. 視覚認知対象に対する認識率

表 1 は、視覚認知対象ごとの P300 出現率をまとめたものである。視覚認知対象ごとの P300 出現率は、他車両が最も高く、ついで道路標識や信号が中程度、歩行者、交差点、および横断歩道では低頻度であった。

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、シーン内に出現する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、先行研究による人工的な視覚刺激を用いた実験と同様に P300 の特徴が検出できた。このとき走行シーンに含まれる視覚認知対象の種類によって、P300 の出現を分析したところ、認知対象の種類により、P300 の出現傾向が大きく変化することが確認された。今後は、この視認対象物の種類と注意を反映する事象関連電位である P300 の応答特性を解析し、シーン認知と注意、P300 の関連を詳細に評価する予定である。

謝辞

本研究は科研費 (22K12138) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Japanese National Police Agency. The Occurrence of Traffic Accidents and the Traffic Violation Control in 2017; Japanese National Police Agency: Tokyo, Japan, 2017.
- [2] K.Bucsuházy, E.Matuchová, R.Zůvala, P.Moravcová, M.Kostíková, R.Mikulec, Human factors contributing to the road traffic accident occurrence. *Transp. Res. Procedia*, 45, 555–561, 2020.
- [3] G.Underwood, P.Chapman, D.Crundall, Experience and Visual Attention in Driving. In *Human Factors of Visual and Cognitive Performance in Driving*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. 89–116, 2009.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] L. Evans, The dominant role of driver behavior in traffic safety. *Am. J. Public Health*, 86, 784–786, 1996.
- [7] H.H.Jasper, The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371–375, 1958.
- [8] J. Polich, Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clin. Neurophysiol.*, 118, 2128–2148, 2007.