

前橋市における交通事故発生場所におけるドライバー状態の研究†

今村一之*, 渡辺雅人*, 野村保友*, 王鋒*

1 はじめに

自動車事故のほとんどが所謂ヒューマンエラーによって起きており、警察庁交通局のデータによれば、自動車同士の事故発生の場合、出会い頭衝突は5.4%、右左折時衝突が3.0%でそれぞれ一位、二位となっている。前橋市において人身事故が最も多かった国道と市道が交わる交差点での事故形態は、右折時と追突が約7割を占めている。同様に法令違反別死亡事故件数によると、平成29年までの10年間で漫然運転による死亡事故件数が最も多いと報告されている。従って、事故の多い自動車運転の右左折時や運転者の漫然時の生体情報を監視し、危険な状態に特徴的な情報を検出することは、事故防止にとって極めて重要である。眼球は角膜表面と網膜の間に数ミリボルトの電位差を有しており、両こめかみに装着した電極から左右の眼球運動に関連した電位変動（眼電図, Electro-Oculogram, EOG）を記録することができる。本研究ではシールドケース内でドライブシミュレータ操作時のEOGを記録して、交差点の右左折時、道路状況によってどのようなEOGが記録されるかについて調べた。

2 交通量とEOGの関係性について

2.1 EOGの記録

本研究では、ドライブシミュレータ (City Car Driving, Forward 社) を用い、ハンドルや操作ペダルはシールドし、被験者の左右こめかみ (水平方向 EOG 記録用) と右目上・下部 (垂直方向 EOG 記録用) に電極を装着した。被験者はシールド内で120 cm前方に設置した50インチ4Kのディスプレイ上に表示される動画像を用いて運転操作を行った。本シミュレータにおいて画面内を走行する車や人の混雑度を11段階 (レベル0は人や車が全く無い状態で、レベル10は渋滞状態で通常の走行が困難になるほど混在している状態) に変更する事ができる。EOGはサンプリング周波数1kHz、バンドパスフィルター0.08~30 Hzで記録し、0.15~2.0 Hz帯域 (運転時に2.0 Hz以上の周波数帯域にはEOGは記録されなかった) におけるEOGパワー積分値を求めるオリジナルプログラムを用いた。

2.2 混雑度によるEOGパワー積分値の増加

混雑度レベル0と比べ、レベル4、8のパワー積分値は有意に増加した (図1)。このパワー積分値は被験者の日常生活での自動車運転の頻度と有意な相関は見いだされず、滅多に運転しない被験者の方がやや大きいことが

見いだされた。

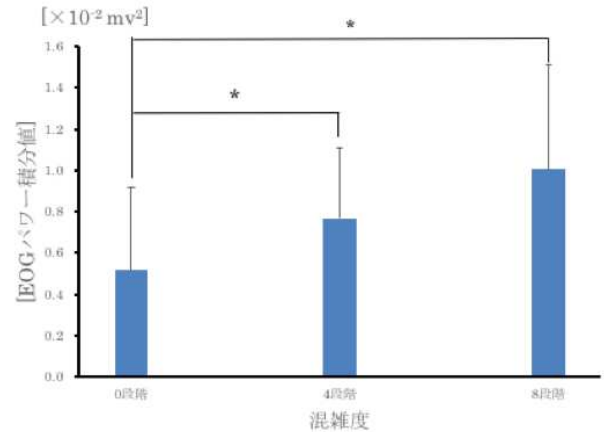


図1 交通状況に依存した低周波 EOG パワー積分値の変化 (N=10, Mean±SEM, paired t-test, *p<0.05).

2.3 右左折時のEOG

一般的に眼振とは不随意の眼球の往復運動であり、振り子様眼振や律動性眼振が知られているが、眼、脳、神経系統の疾患が原因となって病的な眼振が生じることが知られている。生理的には視運動性眼振 (鉄道眼振) が生じるが、今回シミュレータで右左折操作をする際に特徴的な眼振が生じることを発見した (図2)。視運動性眼振の一種であると思われるが、ノコギリ型 EOG 波形が特徴的であることから Saw Waveform EOG (SW-EOG) と呼ぶことにした。被験者の眼球運動のビデオ動画の解析によって、SW-EOGは進行方向を見つめ、少し中央に素早く視線を戻すという眼球の微細な動きの繰り返しにより、生じていることが明らかになった。

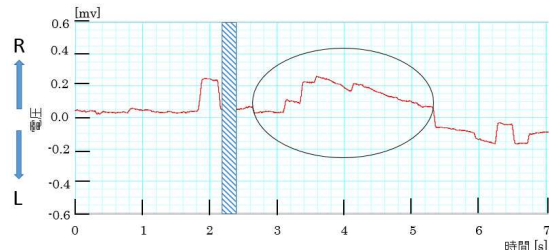


図2 右左折時に発生するSW-EOG (○で囲んだ波形) 中央の青斜線カラムで被験者はハンドル操作を開始して右折している。

† 原稿受理 平成31年5月10日 Received May 10, 2019

* システム生体工学科 (Department of Systems Life Engineering)

発生事例を詳細に検討した結果、SW-EOG は被験者が進行方向に注意が集中している際に特徴的に発生しており、発生しない場合は、同じ進行方向だけでなく、周囲の他の車両や人に注意が向いていたことがわかった。例えば、交差点において左折する際、対向車線から右折する車と接触事故を起こした場合は想定する。左折する運転者に車と接触する瞬間まで SW-EOG が出現していた場合、この運転者は接触するまで進行方向しか注視しておらず、進行方向以外に注意が向いていなかったということが想像できる。

実際に我々は、昨年、前橋市内で最も交通事故が頻繁に発生した交差点を全ての方向から進入し、右左折した際の動画を撮影し、この画像を用いて前述のシミュレーションを行った。その結果、どの進入方向からでもドライバーにこのような SW-EOG が発生することが確認できた、今後は実際に自動車を運転中にこの交差点でどのような EOG が発生するか詳細に検討する必要があるが、このような SW-EOG が交通事故分析や、事故防止システムの開発の一助となることが期待される。

3 漫然運転時の EOG

3・1 漫然状態の検出

実験中に被験者に漫然状態を誘発しやすくするために、ドライブシミュレータの条件を夏、晴れ、夕暮れ、高速道と設定し、この条件で 30 分以上のシミュレータ操作を行わせた。車の混雑度はレベル 0 もしくは 4 とし、乱雑さは標準レベルとした。被験者に操作開始前後で睡眠心理スケール (1. 非常にはっきり目覚めている。から 9. とても眠く、眠気と闘っている。) までを 9 段階で回答させるカロリンスカ睡眠スケール(KSS), 10 cm の直線上で眠気の状態を直感的に線を引くことで回答させる視覚的アナログスケール(VSS) を用いて眠気の増大を確認した。正面から撮影したビデオ画像から半目やゆっくりとした眼瞼の閉鎖を EOG 記録上にマークした。本研究ではこれらのマークの直前 1 分間を漫然運転時と定義し、この間の EOG を完全に覚醒している状態で記録された 1 分間の EOG と比較した。

3・2 覚醒時と漫然時の EOG 特性の相違

上記のシミュレータ条件では、単調な高速道運転に伴い、集中力の低下や眠気が誘発される可能性が考えられた。実際に記録された EOG の 0.15~2.0 Hz 帯域を周波数分析しその積分値を求めた結果、覚醒時に比べ漫然時の EOG パワー積分値は有意に減少することが見いだされた (図 3)。このことは覚醒時に生じていた眼球運動の頻度および大きさが減少したことによって EOG パワー積分値が減少した可能性が考えられた。漫然時には覚醒時に比して、眼球運動が緩徐になり、この周波数帯の EOG 積分値が減少するものと想像される。

異なる道路状況、運転状況で同様な実験を繰り返したところ、2.2 で述べた混雑度と EOG の関係と眠気による EOG の変化は一義的に関係づけることは困難であった。その原因の一つとして入眠初期に、Slow Eye

Movement (SEM) として知られている緩徐な眼球運動による EOG が特徴的に混入してくる事があげられる。

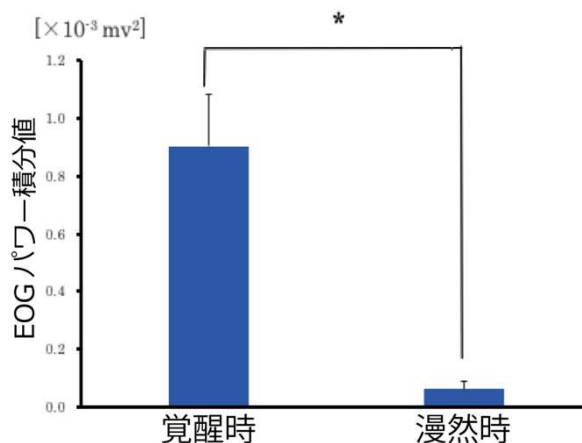


図 3 漫然運転時には覚醒時に比べ EOG パワー積分値が有意に減少する (N=5, Mean±SEM, paired t-test, *p<0.05)

SEM は無意識に発生する眼球運動であるが 0.5 Hz の周波数成分を含んでいるため、EOG 記録中に SEM が混入すると逆に今回調査した周波数帯域の EOG パワー積分値は増大してしまう。従って、単純に EOG パワースペクトルのサイズだけでは、漫然状態を検出することは困難であるように思われた。今後、様々な道路、交通混雑状況で今回見いだされた現象をさらに詳細に検討することによって、運転者が漫然状態に陥る直前の EOG 変化を検出する必要がある。現在、自動運転技術が急速な進歩を遂げている。GPS を利用した車両の自動誘導そのものは、人工知能 (Artificial Intelligence, AI) の導入により、さらに進化するものと考えられるが法的な整備や倫理的な問題が解決不可能な問題として残されている。完全な自動運転システムの導入までの過渡期に最も交通事故が多発すると予想されており、人が機械操作に対して責任を負うとなれば、漫然状態を回避する技術は今後も極めて重要であると考えられる。本トピックスで取り上げた人側の状態を積極的にコントロールするこのような技術開発研究は、安全運転を支援するものとして今後大いに期待される。

4 謝辞

この研究は前橋工科大学地域活性型研究事業に採択され実施したものです。本研究を実施するにあたり、(株)ミツバのご支援も合わせていただきましたことに感謝申し上げます。

5 参考文献

1. 渡辺雅人(2019)ドライブシミュレーター運転時の眼電図解析, 平成 30 年度 前橋工科大学システム生体工学科卒業論文
2. R. D. Ogilvie, "The process of falling asleep", Sleep Medicine Reviews, 5(3): 247-270, 2001.