

ステアリング振動刺激に対する意識的な応答を用いた覚醒効果の検証

長谷川 陽一

指導教員：小栗 宏次

1 はじめに

近年自動車メーカーから居眠り運転検知システムが開発され、市販車両にも搭載されている。さらに、検知した状態に対して刺激の提示を行い、覚醒状態を維持しようとする研究が行われている。しかし、それらの研究ではドライバーに対して刺激の提示を行うのみである。そこで、本研究ではドライバーに対して刺激の提示を行った後、ドライバーの応答を必要とする覚醒状態維持方法の提案を行う。具体的には、ドライバーに対して KAWAMURA らによって提案されたステアリング振動刺激 [1] を提示した後に、振動刺激を止めるためにステアリングに取り付けられたボタンを押す応答を行うという方法である。この刺激は、ドライバーが眠気を感じ始めるぐらいから刺激の提示を行い、少しでも長くすることが目的である。

本稿では、本研究で用いた眠気状態検知と提案する覚醒維持方法の覚醒効果の検証を述べる。

2 眠気状態検知

眠気状態の検知方法は様々な方法が提案されているが、本研究ではドライバーに非接触であること、指標を継続的に計測できることから、開眼率を用いて検知することとした。開眼率とは、基準の開眼距離に対するある時点での開眼距離の割合のことであり、開眼距離とは目の開き具合のことであり、上瞼から下瞼までの距離のことを指す。

2.1 開眼率計測プログラム

作成した開眼率計測プログラムについて説明する。開眼率の算出は、基準の開眼距離に対するある時点での 1 分間の開眼距離の平均を基に算出を行う。開眼距離は、図 1 に示す手順で画像処理を行い、算出する。基準の開眼距離は、計測開始から 1 分間の開眼距離の平均を用いる。開眼率計測プログラムは、画像処理時間により変化をするものの平均 7Hz で開眼率を算出可能である。

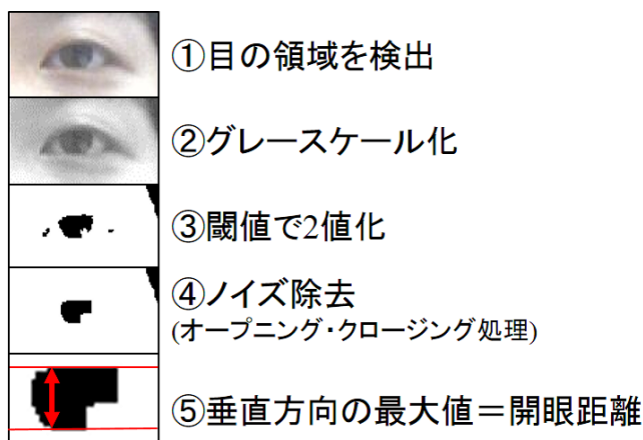


図 1 開眼距離の算出方法

2.2 開眼率計測プログラムの検証

開眼率計測プログラムにより算出された開眼率の精度検証を行う。そのために、開眼距離を精度 $\pm 1\text{mm}$ で計測可能な faceLAB システムを用いる。比較を行うために、ドライビングシミュレータを用いた走行実験を行う。走行コースは、新東名高速道路を模擬したものを、走行速度は 80km/h とした。被験者は 1 名で、走行時間は 30 分である。図 2 に実験にて計測した開眼率の結果を示す。図 2 において、横軸は時間、縦軸が開眼率、開眼率計測プログラムの結果を青色、faceLAB システムの結果を赤色で示す。2 つの平均誤差 2.48%、誤差標準偏差 1.75%、相関係数 0.98 であり、概ね追従できていることから開眼率計測プログラムを用いて開眼率の計測ができることが示された。

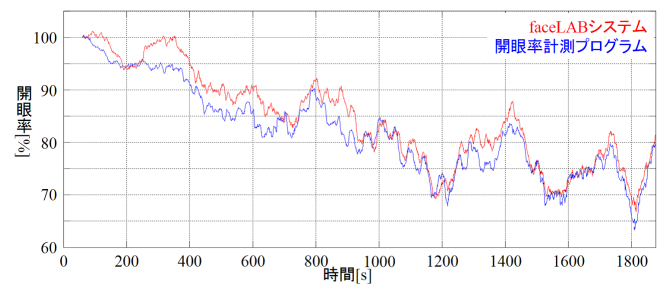


図 2 開眼率計測結果の比較結果

次に、北島らにより提案されている眠気顔表情評定 [2] との比較を行い、作成した開眼率計測プログラムにより算出される開眼率を用いて眠気を検知できるかを検証する。眠気顔表情評定は、1~5 段階で表され、数字が高くなればなるほど眠気が高いことを示し、評定は 2 人で行い、10 秒に 1 回評定され、平均値を評定値として用いることとする。評定した結果を図 3 に示す。図 3 において、横軸は時間、左の縦軸は開眼率、右の縦軸は眠気顔表情評定値を示し、開眼率は青色、眠気顔表情評定値は赤色の線で示す。図 3 を見ると、逆相関の関係にあることがわかる。この結果から、開眼率の低下に伴い、眠気が高まってくるということがわかる。そこで、開眼率を用いて眠気の高まりを検知できることが示された。

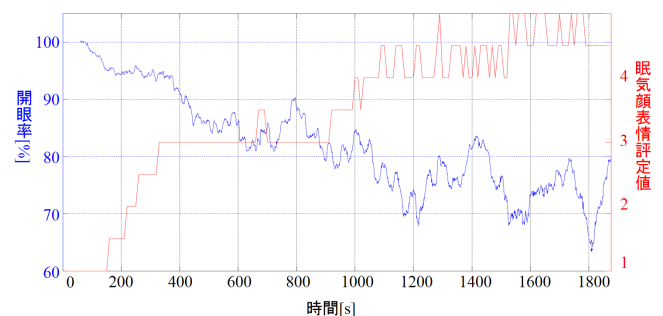


図 3 開眼率と眠気顔表情評定との関係

3 覚醒状態維持

覚醒状態を維持するための刺激として、ステアリング振動刺激を用いることにする。ステアリング振動刺激をドライバに提示した場合の情報伝達経路を図4に示す。図4に示すように、ドライバはステアリング振動刺激を手で受けた後、低次の神経系と高次の神経系を通り、人間の意識へと変わる。ここで、ステアリング振動刺激を受けた後にドライバからの応答を必要とした場合には、図5に示すような情報伝達経路になると考えられる。応答を必要とした場合には、運動命令を脳で考えるため、脳が活性化される。そして、刺激を提示するだけの場合よりも覚醒効果があると考えられる。

そこで、本研究ではステアリング振動刺激を停止するための応答を必要とする状態を覚醒させるための刺激として提案する。以降、提案する状態を意識的な応答と呼ぶ。また、ステアリング振動刺激と意識的な応答を行うためのボタンが付いたステアリングを次世代ステアリングと呼ぶ。

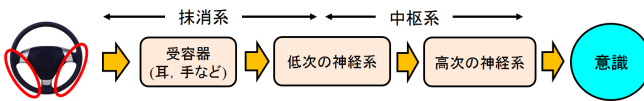


図4 ステアリング振動刺激を提示した場合の情報伝達経路

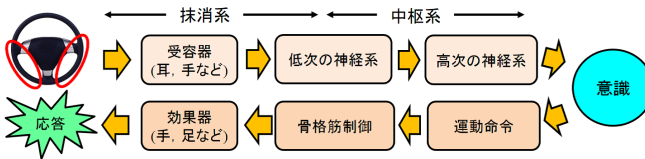


図5 意識的な応答を行った場合の情報伝達経路

3.1 意識的な応答の基礎実験

意識的な応答により、脳が活性化するのかを検証する実験を行う。検証方法は、椅子に着座した被験者に次世代ステアリングを持たせ、ボタンを押す状態、ステアリング振動刺激を受ける状態、意識的な応答が成功する状態、意識的な応答が失敗し振動刺激が止まらない状態の4状態を取らせた。被験者4人に対して各状態3回ずつ行った。各状態の前には閉眼時間を30秒ずつとり、各状態の間には60秒のレスト区間を設けた。評価は脳波を計測して、状態の前後10秒間を周波数解析し状態後に対して状態前の α 波の含有率の変化率を算出して行った。脳波の α 波の含有率は眠気が高くなる[1]と増加すると言われているため、 α 波の含有率の変化率が低い方が覚醒効果がある。図6に全被験者の各状態の α 波の含有率の変化率の平均結果を示す。図6より応答成功の場合に覚醒効果が一番高かった。

3.2 運転中における意識的な応答の覚醒効果の検証

運転中のドライバに対して、意識的な応答を必要とした場合の覚醒効果の検証を行う。本実験では、ドライビングシミュレータを用いた走行実験を行い、眠気の高まりを開眼率を用いて検知し、ドライバに対して各状態を取らせる。本実験ではステアリング振動刺激と応答成功の2状態をを比較することとする。状態は開眼率が90%を下回った際にドライバには取らせた。評価は、開眼率を用いて行い、各状態を取った後の開眼率の傾きを算

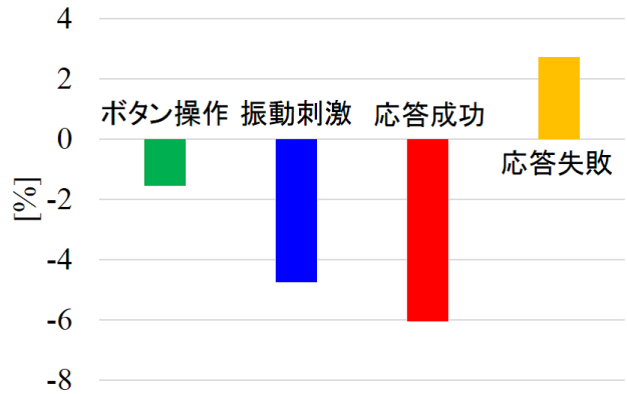


図6 α 波の含有率の変化率

出した。ただし、各状態による効果を見るために、体を動かすやあくびをするなどの自発的な覚醒をドライバが行った場合は、その時間までの開眼率を評価に用いる。開眼率の傾きが大きいほうが覚醒効果がある。図7に各状態における各被験者の開眼率の傾きの結果と全被験者平均の結果を示す。個人差はあるものの、過半数の被験者において、意識的な応答を行った場合に開眼率の傾きが大幅に大きくなっている。このことから、意識的な応答を行った方が覚醒効果があると言える。

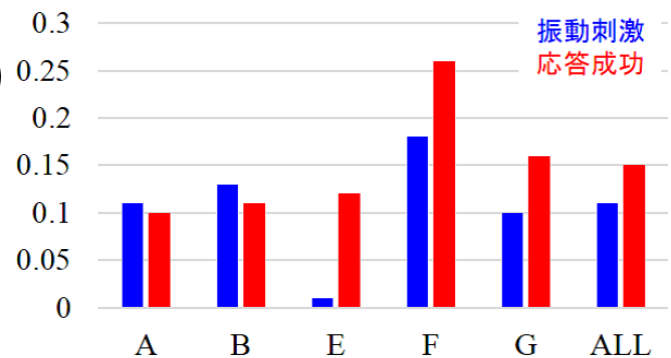


図7 各状態における各被験者の開眼率の傾き

4 まとめ

本研究では、眠気状態を検知するために開眼率計測プログラムを算出し、覚醒状態を維持する方法として、意識的な応答を提案し、脳波と開眼率を用いて覚醒効果の検証を行った。その結果、意識的な応答を行った方が覚醒効果があることがわかった。

参考文献

- [1] Ryota KAWAMURA, Md.Shoaib Bhuiyan, Haruki KAWANAKA, Koji OGURI, “Simultaneous Stimuli of Vibration and Audio for In-vehicle Driver Activation”, ITSWC, pp.1710-1715, 2011.
- [2] 北島洋樹, 沼田仲穂, 山本恵一, 五井美博, “自動車運転時の眠気の予測手法についての研究:第1報, 眠気表情の評定法と眠気変動の予測に有効な指標について”, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.63, (613), 1997.