

眠気度推定のための瞬目群発や単独瞬目の特徴解析 Characteristics of Blink Bursts and Isolated Blinks for Sleepiness Estimation

杉本 大樹[†]
Daiki Sugimoto

高野 博史[†]
Hironobu Takano

中村 清実[†]
Kiyomi Nakamura

1. はじめに

居眠りとは、疲労や睡眠不足などにより覚醒水準が低下した状態である。近年、自動車などの運転環境において、居眠りが原因となる事故が多発している。従来の居眠り運転を検出する方法として、生体情報である心電を用いるものがある[1]。しかし、従来の検出法では、推定精度に課題があるとされており、覚醒度がさほど低くない軽度の眠気については検出できないなど段階的な眠気度推定にはいたっていない。また、居眠りを推定する方法としては、心電や目の開度、着座情報などを組み合わせたものが提案されているが、多くの指標を用いるため、複数の計測装置が必要である[2]。そこで、瞬きから得られる情報のみを用いて眠気度を段階的に推定することが可能となれば、1つの指標でドライバーの覚醒状態の推移を把握することができるため、簡易な計測装置でドライバーの居眠り状態を推定できると考えられる。我々は、これまでに瞬目群発と単独瞬目の閉眼特徴を用いたリアルタイム居眠り検出法を開発し、瞬きのみで覚醒度の低い状態を検出できることを示した。

本研究では、瞬きから得られる情報のみによる段階的な眠気度推定を目的とし、推定を行う上で有効な瞬き特徴を調査した。本稿では、人の覚醒度の低下を記録する実験を行い、覚醒度の低下に伴う瞬目群発や単独瞬目などの瞬き特徴の変化について解析を行った結果を述べる。

2. 生理学的知見

2.1 覚醒水準

覚醒水準とは、様々な段階の意識レベルを指し、警戒、不安、注意集中、眠気などと関係している。自動車運転中といった人的要因による事故防止には、ドライバーが覚醒していることが大前提である。本研究では、覚醒水準の変動を示す指標として、眠気表情値を採用する。眠気表情値により推定した覚醒水準と瞬き特徴を比較することで、段階的な眠気度推定を行う上で有効な指標を得るための解析を行う。また、本研究では、眠気表情値の正確性を確認するために心電計測も行う。

2.2 眠気表情値

眠気表情値とは、第三者が被験者の表情から眠気を客観的に評価した指標のことを言う。本研究では、評価者2名に被験者の実験中の顔動画を見せ、被験者の眠気を6段階で5秒ごとに評価をしてもらう。被験者が眠っている時を5とし、全く眠くなさそうな時を0とする。この2名の評価値の一致率が高く、また、偶然性を考慮した一致度の尺度であるCohenの κ 統計量の値が共に有意である場合、評価者2名の平均値を眠気表情値としている。

2.3 瞬目群発

瞬目群発とは、数秒の間に瞬きが連続して発生する現象のことをいう。瞬目群発の定義は研究者によって異なる。図1に、瞬目群発判定のための瞬目間隔の定義を示す。ここで、青の波形は黒目面積を表し、緑の線が閉眼判定のための閾値となる。閾値より大きい黒目面積は開眼とし、閾値よりも小さい黒目面積は閉眼と判断される。本研究では、瞬目間隔を隣り合う瞬目の開眼時間と定義する。これにより覚醒低下時に発生する長い閉眼を伴う瞬目群発を検出することができる。ここで、瞬目間隔が1秒以下の瞬きが2回以上連続した時を瞬目群発と定義した。また、連続して瞬目群発と判定された一連の瞬目を1つの瞬目群発群と定義する。

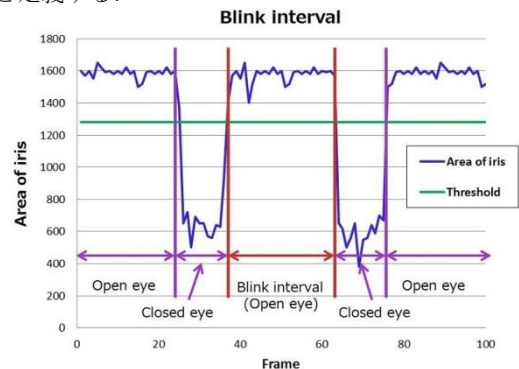


図1 瞬目群発判定のための瞬目間隔の定義

3. 瞬き検出法

本研究では、瞬き特徴のみで眠気度推定を行う。目検出には、浅野らのパーティクルフィルタを用いた目検出法[3]を使用する。そして、目位置情報を利用し黒目面積計測を行い、加藤らの自動瞬き閾値判定法[4]により、開眼、閉眼の判定を行う。これにより、フレーム毎の開眼、閉眼データが得られる。この開眼、閉眼データを用いて、覚醒度が低い状態の時にのみ生じる瞬目群発と単独瞬目の瞬き特徴を検出する。そして、覚醒水準変動を表した眠気表情値と比較し解析することにより眠気度の推定を行う。

4. 覚醒低下検出実験

眠気度推定のための解析を行うために、覚醒低下を記録する実験を行った。実験装置を図2に示す。実験開始は、最も覚醒が低下する14時より実施し、被験者数は12名、1人あたり30分の試行を2回行った。図に示すように、被験者にはスクリーンに映した運転中の動画を見せ、ハンドルとアクセル操作を行ってもらった(単純運転作業課題)。実験中の被験者の顔は2台のカメラで撮影され、DVDレコーダに記録した。記録した実験映像を瞬きによる眠気度推定と眠気表情値の解析に使用する。また、被験者に電極を装着してもらい被験者の心電を計測する。実験を行った結果、覚醒低下が見られなかったデータを除くと、解析可

[†] 富山県立大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

能なデータは、12 名の 23 試行分となった。本稿では、被験者 X の 1 試行目のデータを Sub.X-1、2 試行目のデータを Sub.X-2 と表記する。なお、計測した心電データについては、眠気表情値の正確性を確認するために用いる。

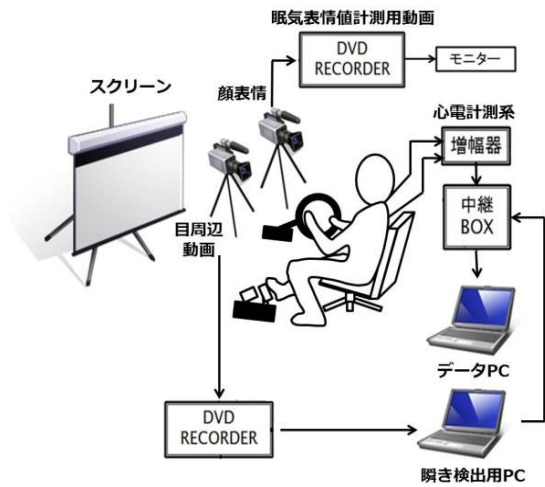


図 2 実験装置の全体図

5. 瞬き特徴解析

本研究では、瞬きのみを用いて眠気度を推定することを目的としている。瞬きによる段階的な眠気度推定を行うための瞬きの指標を明らかにするために、覚醒低下検出実験において得られた結果から、眠気表情値による覚醒度変動と瞬き特徴を比較し、解析を行った。

5.1 覚醒水準変動に対する平均閉眼時間

眠気度推定のための瞬き特徴解析の 1 つ目の解析として眠気表情値に対する瞬目群発と単独瞬目の平均閉眼時間の変化を調査した。この結果を図 3 に示す。ここで、左縦軸は眠気表情値であり、青色の波形は覚醒水準の変動を示す。右縦軸は瞬きの平均閉眼時間を示している。また、横軸は実験時間を示している。緑の棒グラフは、瞬目群発の平均閉眼時間、薄緑の棒グラフは、単独瞬目の平均閉眼時間を示している。なお、棒グラフの時間間隔は、30s としている。

図 3 の結果より、被験者が眠くなるにつれて平均閉眼時間が長くなっていることがわかる。特に、瞬目群発の閉眼時間については、長くなるという傾向が見られた。

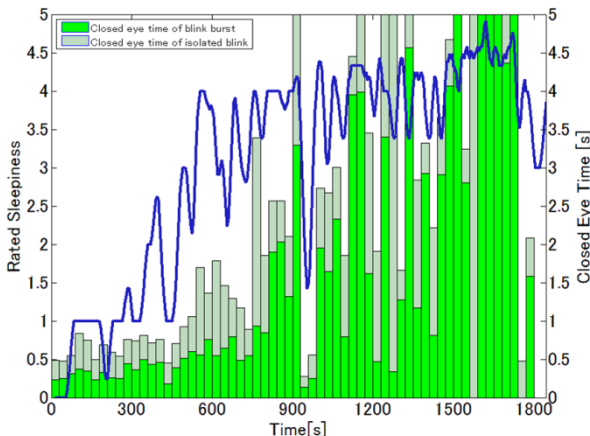


図 3 被験者 L-1 の平均閉眼時間

5.2 瞬目の発生頻度解析

次に、眠気表情値の各値に対して、瞬目群発中の瞬目の閉眼時間がどのような比率で発生するかを調査した。被験者 D-1 について解析した結果を図 4 に示す。グラフの縦軸には、各閉眼時間範囲に対する瞬目の発生比率、横軸は眠気表情値を示している。図内の T_c とは、閉眼時間範囲を示している。

図 4 から、被験者が覚醒しており、起きている状態と言える眠気表情値が低い値の時は、閉眼時間が 1.0s より短い瞬目のみが発生していることがわかる。また、被験者の眠気が強くなるにしたがって、閉眼時間の長い瞬目の発生比率が大きくなっていることが示された。このように、眠気表情値の各値に対して、瞬目群発中の瞬目の閉眼時間について、発生比率に違いが生じるということがわかった。

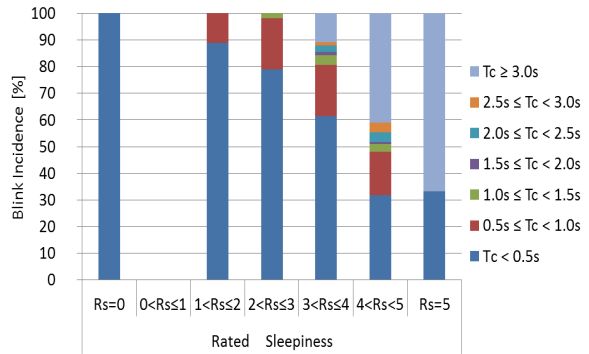


図 4 瞬目群発内瞬目の閉眼時間の発生比率

6. おわりに

本論文では、瞬きのみによる段階的な眠気度推定を目的とし、推定を行う上で有効となる指標を調査するために、覚醒度の低下を記録する実験を行い、瞬目群発や単独瞬目などの瞬きの閉眼時間特徴について解析を行った。その結果、眠気度を表す眠気表情値に対して、眠気が強くなるにしたがって、閉眼時間が長くなるという傾向が見られ、眠気と瞬目群発や単独瞬目の閉眼時間との間に相関が見られることがわかった。また、瞬目群発内の閉眼時間の異なる瞬目の発生比率について調査した結果、眠気表情値の各値に対して、閉眼時間の異なる瞬目の発生比率に違いが生じることを示した。

今後は、被験者を増やすことにより、今回の結果が段階的な眠気度推定に有効であるかを明確にする必要がある。そして、この指標を用いて瞬きのみを用いた段階的な眠気度推定システムを開発することが課題である。

参考文献

- [1] 横山清子, 松岡孝幸, 水野康文, 高田和之, “心拍変動パラメータによる車輛運転時の眠気推定,” 信学技報, Vol.110, No.469, pp.47-52, 2011.
- [2] 今井章博, 小栗宏次, “居眠り運転時の特徴的な眠気推移傾向を組み込んだ眠気レベル推定手法の提案,” 電子情報通信学会論文誌 (D 編), Vol.J96-D, NO.4, pp.1012-1019, 2013.
- [3] M. Asano, H. Takano, and K. Nakamura, “Eye detection method using particle filter and gradient directional features for eye input device,” International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences and Image Processing (IC-MED), Vol.4, No.2, pp.139-153, 2011.
- [4] 加藤秀太, 高野博史, 中村清実, “瞬き検出のための黒目面積を用いた自動閾値設定法,” FIT2012, pp.365-366, 2012.