

居眠りによる覚醒水準低下に伴う瞬き特徴の解析 Analysis of Blink Characteristics with the Arousal Level Lowering by a Doze

石岡 敬浩† 田中 浩司† 高野 博史† 中村 清実†
Takahiro Ishioka Koji Tanaka Hironobu Takano Kiyomi Nakamura

1. はじめに

居眠りとは、疲労や睡眠不足、単純作業の繰り返しなどにより覚醒水準が低下した状態である。自動車運転中の居眠りは、危機回避行動ができずに重大な事故を引き起こす原因となる。このような事故を未然に防止するため、瞬き計測による覚醒水準推定モデルの確立に注目が集まっている。居眠り運転を検出する方法として、車両情報を用いるものやドライバーの生体情報を用いるものがある[1], [2]。しかし、瞬きのみによる正確な入眠段階の判定はできていない。本研究では、瞬き特徴の時間変化のみで居眠り判定の指標を得ることを目的とする。そこで、瞬き、眠気表情値及び皮膚電位を計測し、瞬目群発や平均閉眼時間などの瞬き特徴が覚醒水準とどのような関係にあるかを調査した。

2. 覚醒水準と瞬目群発

覚醒水準低下を示す指標として、眠気表情値及び皮膚電位を採用する。眠気表情値及び皮膚電位より覚醒水準を推定し、覚醒水準変化に伴う瞬き特徴量や瞬目群発の変化を調べることで、居眠り判定の指標を得ることを目的としている。以下に眠気表情値、皮膚電位、瞬目群発について説明する。

2.1 眠気表情値

眠気表情値とは、被験者の表情から眠気を客観的に評価した指標である。人間には表情知覚の能力が備わっており、同じ表情に対しては、多くの人が同様の評定を下せることが示されている[2]。これを利用して、被験者の覚醒水準変動を表現する。眠気表情値の測定では、2名の評価者に被験者の実験中の顔動画を見せ、その動画を見ながら被験者の眠気を5段階で5秒毎に評価してもらい、被験者がまったく眠そうでない時は評価者に5と評価してもらい、眠気を催すにつれて徐々に小さい値を記述してもらう。

2.2 皮膚電位

皮膚電位水準の変動は覚醒水準と密接な関係を持っている。覚醒水準が高い時は、負に高い値を示し、眠気を催し覚醒水準が低下した時、陰性が低下する。皮膚電位は目覚めの自覚のある入眠期から変化が表れ始めるため、入眠を予告する早期指標として有効であると考えられている[3]。

2.3 瞬目群発

瞬目群発とは、瞬きの発生間隔が0.5~2.0秒以内であり、数回連続して瞬きが発生する現象である。従来研究によれば、発生間隔が1秒以内の瞬きが2回以上連続して発生すると定義した瞬目群発が、覚醒水準の低下に伴って生じることが示されている[4]。本研究では、瞬目群発の定義を様々に変更し、覚醒水準との関係を調べる。

3. 実験内容

本研究では、眠気表情値、瞬き特徴量を求めるために顔動画を記録し、覚醒水準の指標として皮膚電位の測定を行う。実験中、被験者には運転中の動画を見せ、それに合わせてハンドルやアクセル操作を行ってもらい。実験は一般的に覚醒水準が低下すると言われている14時から開始する。被験者は健康者男性6名であり、被験者1人につき、30分の試行を2回行い、休憩は10分とした。

4. 実験結果

皮膚電位は覚醒水準の低下に対して早期に変化すると言われている[3]。そこでまず、覚醒水準低下と皮膚電位の変化の時間差を明確にするために、被験者の覚醒水準を顔表情から判断した眠気表情値と皮膚電位の時間遅れを考慮した相関解析を行った。解析結果より、覚醒水準との時間遅れを求めるには、時間を区切って相関解析を行う必要があることがわかった。例として、皮膚電位が滑らかに低下している部分を抽出し、眠気表情値と相関解析を行った結果を表1に示す。

表1 皮膚電位の時間遅れと相関係数

	被験者 1	被験者 2	被験者 5
抽出区間[sec]	30-550	80-650	80-1200
時間遅れ[sec]	-175	-85	20
相関係数	0.926*	0.914*	0.975*

* $p \leq 0.01$

表1は、相関が高かった被験者3名の結果であるが、6名の相関係数の平均は0.851となり、全ての被験者で覚醒水準と皮膚電位に正の相関があった。しかし、時間遅れは被験者で異なり、覚醒水準に対して皮膚電位が早期に変化する場合と、遅れて変化する場合があった。このため、今後は覚醒水準を表す指標として眠気表情値を用い解析を行う。次に、眠気表情値と瞬き特徴の相関解析を行った。瞬き特徴量として、瞬目率、瞬き間隔、平均閉眼時間を用いた。その結果、眠気表情値と平均閉眼時間との相関が最も高かった。眠気表情値と平均閉眼時間との相関係数が高かった被験者3名の結果を表2に示す。また、例として被験者1における眠気表情値と平均閉眼時間の時間推移を図1に示す。

表2 眠気表情値と平均閉眼時間との相関係数

	被験者 1	被験者 2	被験者 3
相関係数	-0.609*	-0.647*	-0.800*

* $p \leq 0.01$

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

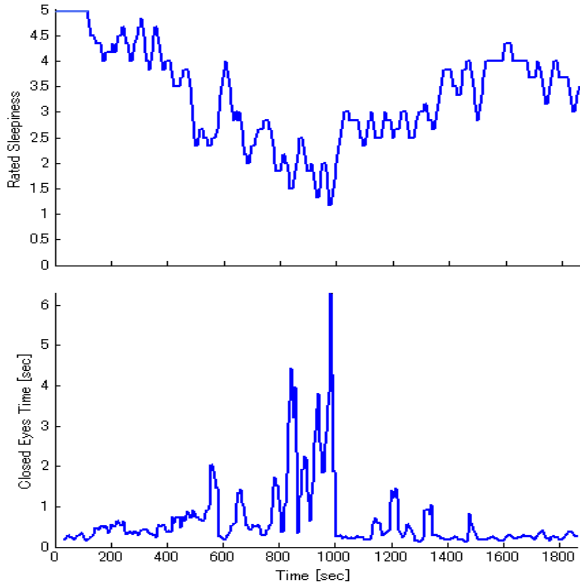


図1 被験者1の眠気表情値と平均閉眼時間

表2より、眠気表情値と平均閉眼時間には負の相関が高く、覚醒水準が低下すると平均閉眼時間が伸長する傾向があることがわかる。図1より、500~1000秒において平均閉眼時間が顕著に変化していることがわかる。しかしこの時点では、眠気表情値は1~3という低い値を示し、すでに覚醒水準が低下しているため、居眠り予測としては、さらに早期に変化する瞬き特徴が必要である。次に、覚醒水準と瞬目群発の関係を調査した。瞬目群発の定義である瞬きの発生間隔は全4タイプとした。4タイプの発生間隔を図2に示す。タイプ1は瞬き後に目を開けた時を開始点とし、次の瞬きを終えて目を開けるまで、タイプ2は目の閉じ始めを開始として次に目を閉じるまで、タイプ3は開眼時のみ、タイプ4は瞬き中の黒目面積の最小値と次の瞬きの黒目面積の最小値の間を瞬き間隔として定義した。発生間隔が1秒以内の瞬きが2回以上連続して発生すると定義した被験者1の瞬目群発の発生位置を眠気表情値の変化と共に図3に示す。図3より、被験者1は1000秒付近でかなりの眠気を催していた。また、瞬目群発は覚醒水準が徐々に低下する区間(0~400sec)や覚醒水準が上昇する区間(1400~1800sec)に多くみられた。ここで、0~1000秒における瞬目群発数を抽出し、眠気表情値に対する瞬目群発の発生頻度を図4に示す。

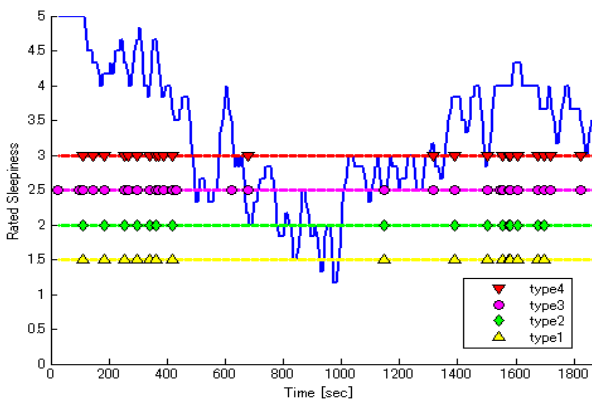


図3 瞬目群発発生位置

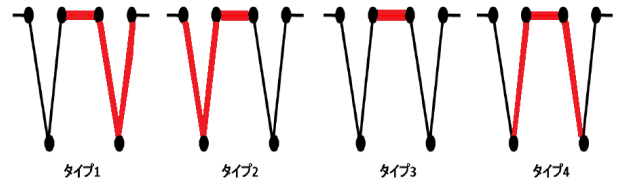


図2 瞬き発生間隔(4タイプ)

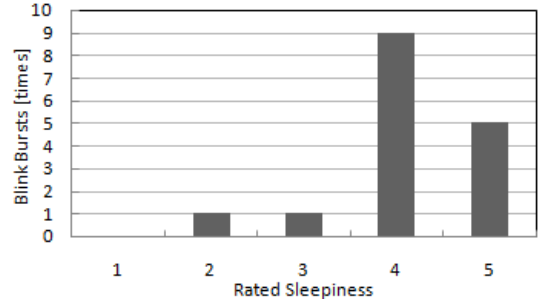


図4 眠気表情値に対する瞬目群発の発生頻度

図4より眠気表情値が4を示す時に瞬目群発が多く発生することが明らかになった。眠気表情値の4はやや眠気を催しているという段階であり、瞬目群発の発生は覚醒水準の早期指標となる可能性があると思われる。

5. まとめと今後の課題

今回の実験では、皮膚電位の覚醒水準に対する時間遅れの検討、眠気表情値と瞬き特徴量、瞬目群発を用いた覚醒水準低下の予測に関する検討を行った。皮膚電位の覚醒水準に対する時間遅れは、被験者で異なり皮膚電位が早期に変化する場合もあれば、遅れて変化する場合もあった。眠気表情値と瞬き特徴量の相関解析の結果では、平均閉眼時間が高い負の相関を示した。瞬目群発の発生タイミングについては、覚醒水準が徐々に低下する区間や徐々に上昇する区間で瞬目群発が頻発することが明らかになった。瞬目群発と平均閉眼時間が、覚醒水準低下を示す指標となり得る可能性があると思われる。

今後は、さらにデータ数を増やし、今回と同様な傾向が見られるのか調査をすることや、瞬目群発が発生する付近の平均閉眼時間や瞬き特徴には、どのような特徴があるのか調査することが必要になる。また、瞬目群発と平均閉眼時間の特徴を組み合わせ、覚醒水準判定に有意な結果が得られるかを検討する。

参考文献

- [1] 杉山和彦, 水野守倫, 中野倫明, 山本新, “画像方式を用いたまばたき計測による意識低下検知,” 豊田中央研究所 R&D レビュー, Vol.31, No.2, pp.51-60, 1996.
- [2] 北島洋樹, 沼田伸穂, 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, No.613, pp.3059-3066, 1997.
- [3] 西村千秋, 小坂明生, 常光和子, 吉沢修治, 南雲仁一, “皮膚電位水準による自動車運転時の覚醒水準評価の試みI,” 人間工学, Vol.23, No.2, pp.103-110, 1987.
- [4] 保坂良資, 渡辺瞭, “まばたき発生パターンを指標とした覚醒水準評価の一方法,” 人間工学, Vol.19, No.3, pp.161-167, 1983.