

## 低時間分解能顔動画における瞬き特徴を用いたリアルタイム居眠り検出法の性能評価 Performance Evaluation of Real Time Doze Detection Method in Low Time Resolution of Face Image

杉本 大樹<sup>†</sup>                      内藤 千裕<sup>†</sup>                      高野 博史<sup>†</sup>  
Daiki Sugimoto                  Kazuhiro Naito                  Hironobu Takano  
小島 祐幸<sup>††</sup>                      河村 弘之<sup>††</sup>                      中村 清実<sup>†</sup>  
Hiroyuki Kojima                  Hiroyuki Kawamura                  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のことを指す。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、車両情報[1]やドライバーの生体情報を用いるものがある。車両情報のみを用いるものは、カメラを使用するため、人間が目で見えないものは通常認識できず、雪や雨で見えにくくなった場合など車線や車体を認識できない場合がある。また、心電[2]などを用いる方法では、ドライバーに特殊なセンサーを取り付ける必要があるといった問題が生じる。一方、瞬き特徴のみで居眠り判定を行う方法は、カメラを利用し、瞬きを捉えることでドライバーに非接触かつ車両状況に左右されない。そこで、これまでの研究では、覚醒度が低い状態の時にのみ生じる瞬き特徴である瞬目群発と単独瞬目の閉眼時間を用いたリアルタイム居眠り検出法を開発した。そして、リアルタイム居眠り検出法の評価のために、覚醒度低下の検出実験を行い、適切なタイミングで居眠り検出ができることを示した。しかし、居眠り判定解析に用いた顔表情動画は、30fps で撮影したものであるが、運転環境などの実用的な環境では、30fps の動画を高画質で継続的に撮影することは難しくなるといった問題が生じると考えられる。本研究では、顔動画の時間分解能を下げたときの居眠り性能評価を行った。

### 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。眠気表情値から覚醒水準を推定することにより、瞬き特徴を用いて覚醒水準の変動に対する居眠り検出性能の評価を行っている。

#### 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てもらい、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。

### 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。従来研究では、図 1 に示すように、隣り合う瞬目の閉眼の頂点から頂点までの時間間隔を瞬目間隔としている。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とで、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 回以上連続したときを瞬目群発と定義した。また、2 回以上連続して瞬目群発と判定された一連の瞬きは、1 つの瞬目群発と定義する。

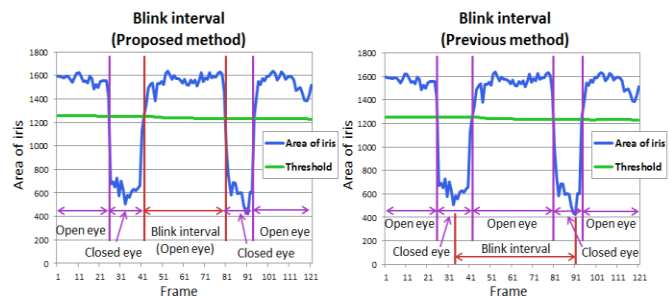


図 1 瞬目群発判定のための瞬目間隔の定義

### 3. リアルタイム居眠り検出法

本研究では、瞬き特徴のみで居眠り判定を行う。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、それらの閉眼時間より居眠り判定を行う。

### 4. 覚醒低下検出実験

居眠り判定を行うために、覚醒低下を記録する実験を行った。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、一人あたり 30 分の試行を 2 回行った。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、アクセル操作を行ってもらった(単純運転作業課題)。試行中の被験者の顔をカメラで撮影し、実験映像を瞬きによる居眠り判定と眠気表情値の解析に使用する。実

<sup>†</sup> 富山県立大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University  
<sup>††</sup> 現代自動車日本技術研究所, HMJRD

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、解析可能なデータは、12名の23試行分となった。本研究では、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。

## 5. 実験結果

図2に、眠気表情値に対するリアルタイム居眠り判定タイミングを示す。ここで、赤○は瞬目群発、緑▽は瞬目群発の第1閉眼時間が1秒以上(警報1)と判定したタイミング、黄▽は瞬目群発の第2閉眼時間が1秒以上(警報1)となったタイミング、赤◇は瞬目群発の第2閉眼時間が2秒以上(警報2)となったタイミング、紫△は単独瞬目の閉眼時間が2秒以上(警報1)と判定したタイミング、青◇は単独瞬目の閉眼時間が2秒以上(警報2)となったタイミングを示している。縦軸は眠気表情値、横軸は時間を示している。本研究では、眠気表情値が2~3の間で瞬き特徴により居眠りと判断することを目標としている。これは居眠り警報システムとして、眠ってしまう前を検出する必要があるためである。

図2から、SubD-1では、573秒のとき瞬目群発の第2閉眼時間(警報1)で居眠りと判定している。このときの眠気表情値は2.7であり、適切なタイミングで居眠り判定が行われていることがわかる。他の被験者においても被験者の覚醒が低下した時のみ居眠り判定が行われ、居眠り警報の数も覚醒度に応じて増減し、両者の関係が同期しているという結果が得られた。これにより時間分解能が30fpsの時に適切なタイミングで居眠り判定が行われ、すべての居眠り検出できることが示された。

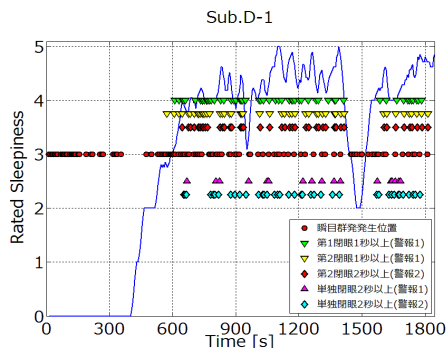


図2 SubD-1の居眠り判定タイミング

### 5.1 低時間分解能における居眠り検出性能評価

居眠り判定に用いた実験中の顔動画は、全て30fpsで撮影を行った。居眠り警報システムを実用化するためには、低時間分解能での居眠り検出性能の評価が必要になる。そこで、実験映像を15, 10, 5, 3, 1fpsとして居眠り判定を行い、最初に警報が出たタイミングを30fpsの時と比較した。その結果、10fpsの時、居眠り判定タイミングは23データ中21データが30fpsと一致した。よって10fpsまで居眠り検出性能に変化がなく、5~1fpsでは、30fpsの時に比べ居眠り判定タイミングが早くなることがわかった。

次に、長時間での居眠り判定性能の評価として、警報時の眠気表情値を各時間分解能ごとに調べた。全被験者の平均と標準偏差を図3に示す。図3から、警報時の眠気表情値は、1fpsの時、平均値は下がり、標準偏差も大きくなっているが、それ以外については、顔動画の時間分解能を低

くしてもほとんど変わらないことがわかった。さらに、警報数について解析を行った結果、10fpsまでは30fpsの時と変わらないが、5fps, 3fps, 1fpsの場合、警報数が増えた。とくに1fpsでは、眠気表情値も低くばらつきも多いため覚醒度が低下していない場合も居眠り警報を出すことがわかった。これらのことから、10fpsまでは30fpsの時と変わらないことが示された。

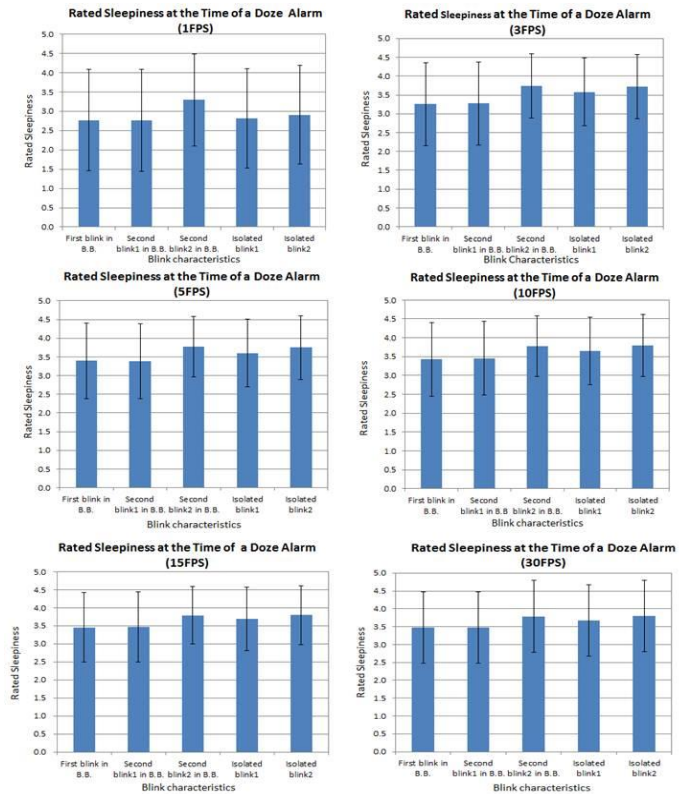


図3 警報時の眠気表情値

## 6. おわりに

本研究では、リアルタイム居眠り検出システムの実用化のために、実験映像を低時間分解能にしたときの居眠り判定タイミングと警報時の眠気表情値を調査し、居眠り性能評価を行った。その結果、覚醒低下が見られなかったデータを除く全23データ中21データにおいて、10fpsまで30fpsと変わらない結果が得られた。このことより、10fpsまで居眠り検出性能に変化がないことを示した。今後の課題としては、低解像度の顔映像を用いた居眠り検出性能の評価を行う必要がある。

### 参考文献

- [1] 實川裕敏, Giden Stein, “単眼カメラで実現するぶつからないクルマ”, NIKKEI ELECTRONICS, pp.71-78, 2012.
- [2] 長瀬敦嗣, 岸本圭史, 河中治樹, 小栗宏次, “ECOC法を用いたドライバの認知不具合の多クラス識別”, 電気情報通信学会, 信学技報, Vol.109, No.58, pp.25-30, 2009.
- [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.