

顔画像によるドライバ覚醒努力の定量化に関する研究

章 忠, 三宅 哲夫, 今村 孝(第2工学系,メディア信号処理コア)

1. はじめに

通常, ドライバは視覚や聴覚などの感覚を用いて周囲の状況の認識や予測を適切に行い, 自動車を運転している. しかし, ドライバの精神状態の変化や疲労・体調不良などによってそれらの感覚が鈍感になると, 注意力の散漫や判断力の減退が引き起こされ, 結果として重大な事故を招く可能性がある. そのような事故を防ぐために, 現在生体信号や循環系の活動指標を用いた様々なドライバの状態推定システムが考案されているが, これらの生体信号や生理指標を測定するためにはドライバに計測機器を取り付けなければならず, 利用者にとっての負担が大きくなる. 一方, ドライバが亢進する眠気からの覚醒努力を起こす際に生理指標に変化が起こり, その覚醒努力の視覚的な特徴と共に報告されている.

そこで本研究では, 利用者にとって検出負荷の低いカメラを用いて顔画像を取得することで, ドライバの覚醒努力行動を検出するシステムの構築を目指す. 特に眉や目, 口の特徴的な動きの追跡を行うことで, 各器官の動きと人間の覚醒努力行動の関係を明らかにする.

2. 眠気と覚醒努力行動との関係

Table 1 に眠気レベルと各眠気レベルに応じた眠気行動と覚醒努力行動を示す. 本研究では眠気の早期発見のためにレベル3βの眠気行動と覚醒努力行動に着目した. これらの行動は外面的にも比較的大きな動作であることから, 検出が容易であると考えられる.

3. 特徴量

上記の各行動を顔画像から検出するために, 顔器官の動きを表す特徴点と特徴量を導入する. Fig. 1 に示すように顔画像から画像処理によって

特徴点と基準点を検出する. 特徴点は顔器官の動きを表すものであり, 基準点は表情の変化に関わらず変動の少ないものとし, 本研究では基準点として目尻と目頭, 鼻孔の midpoint を採用した. また, 両目尻・両目頭の y 座標の平均を基準線とした. 各特徴量の名称と各行動や特徴点との関係それぞれ Table 2 に示す.

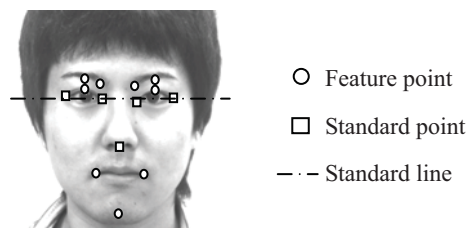


Fig. 1 Feature point

4. 眠気行動と覚醒努力行動の検出

実際に人間がどのように睡眠状態に推移するのかわかるため, 眠気の進行と眠気行動を確認する実験を行った. 被験者はインフォームドコンセントが得られた健康な男性 1 名である. 約 30 分間座位状態でのビデオ視聴中における眠気行動の頻度を目視にて確認した. 解析に用いた動画のフレームレートは 30[fps]である. 本研究では眠気行動として 8~15 フレームと言われている通常の瞬きの 2 倍の閉眼時間を有する閉眼であるマイクロスリープ, 覚醒努力行動として眉の動きを伴う瞬きである意図的な瞬きと一時的な開口現象であるあくびを検出対象とした.

4.1 意図的な瞬きの検出

Fig. 2 に意図的な瞬きを行った際の右眉と, 右眉の特徴量 10 点の標準偏差値, 右目上瞼の特徴量をそれぞれ示す. 特徴量は 10 点平均処理と, 目尻間距離で除すことによる正規化を施してあ

Table 1 Drowsiness behavior and arousal effort behavior

Level	Category	Facial expression	Arousal effort
1	Not sleepy	Closed mouth, Cyclic blink	-
2α	Unrecognized slightly sleepy	Flaccid facial muscle, Decrease blink	-
2β	Slightly sleepy and trying arousal	Flaccid facial muscle, Mass blink	Touch face
3α	Fairly sleepy and no arousal effort	Flaccid facial muscle, Slow blink	Yawn
3β	Fairly sleepy and trying arousal	Open or move mouth, Intentional open eye	Intentional blink, Yawn
4	Sleepy	Not facial muscle move, microsleep	Head fall down

Table 2 Feature Value

No.	Value name	Component	Relation with drowsiness
1	Right Brow	Right brow point from standard line	Intentional Blink
2	Left Brow	Left brow point from standard line	
3	Between Brow	Between both inner corner of brow point	
4	Right Eyelid	Right eyelid point from standard line	Intentional Blink, Microsleep
5	Left Eyelid	Left eyelid point from standard line	
6	Mouth Corner	Between both mouth corner point	Yawn
7	Jaw	Jaw point from standard point	

る. 実験開始 2 分間の安静状態の平均瞼位置と瞬き時の平均ピーク値の中間値を閉眼閾値とし, 右瞼が閉眼と判断されている時間内に右眉特徴量の標準偏差値が 0.85 を超えたときに意図的な瞬きとした. また, ウィンクのような動作も意図的な瞬きとするため, 右目と左目の判定結果の論理和を採用した.

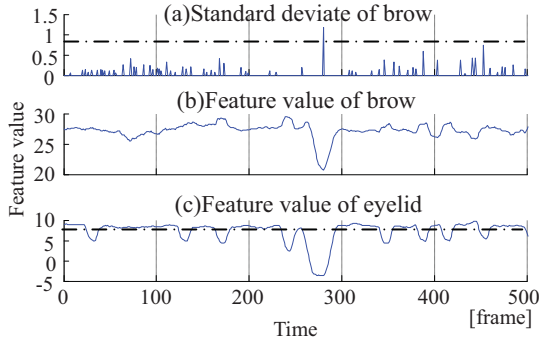


Fig. 2 Intentional blink

4.2 あくびの検出

あくびを行った際の顎の特徴量を Fig. 3 に示す. 実験開始 2 分間の平均顎特徴量の 110% を開口の閾値とし, 連続して 15 フレームの間この値を超えたときにあくびと判定した.

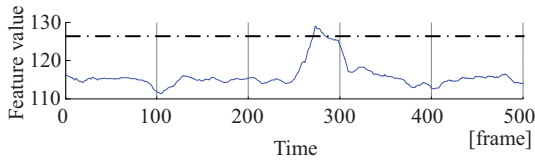


Fig. 3 Yawn

4.3 マイクロスリープの検出

マイクロスリープ時の右目・左上瞼の特徴量を Fig. 4 に示す. 各特徴量が前述の閉眼閾値により 30 フレーム以上の閉眼を行った際にマイクロスリープとした.

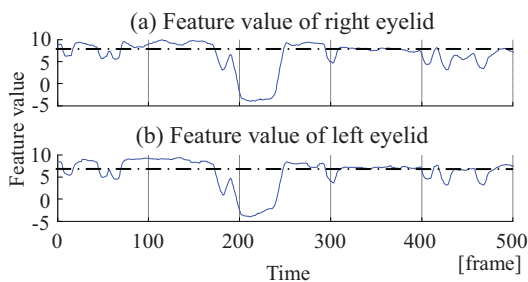


Fig. 4 Microsleep

4.4 検出結果

目視による評価結果と提案手法による検出結果の一例を Fig. 5 に示す. データの区間は 30[sec] とし, 区間数は 60 である.

また, 各区間における評価結果の回数と検出結果の回数の差異の一例を Table 3 に示す. 本提案手法の評価方法として, 同時刻における評価結果と検出結果が同一の場合のみに正解として評価を行った. また, 評価結果では認められたのに提案手法で検出されなかった場合を未検出, 評価結果では行動が認められなかったにも関わらず提案手法によって検出となったものを過検出とし

て, 各割合を式(1)-(3)を用いて求めた. 式中の a は Table 3 に示す行列の各要素, T は全区間数, n は行数である. 意図的な瞬きの正答率は 55%, 未検出率と過検出率はそれぞれ 18.6%, 32.6% となった. 同様にあくびとマイクロスリープの正答率, 未検出率, および過検出率を算出した結果を Table 4 に示す. 全ての行動の正答率の平均は約 73.9% となり, 未検出と過検出の割合はそれぞれ 9.17% と 40.9% となった. 各行動の検出率が 7 割を超えたことから, 検出結果としては概ね良好と言える.

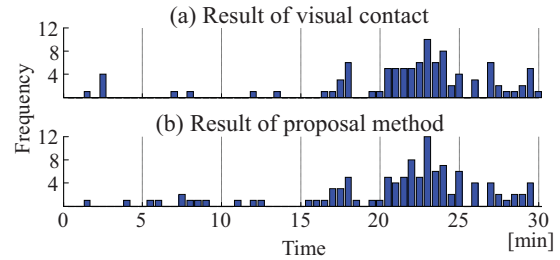


Fig. 5 Each result of intentional blink

Table 3 Evaluation result of intentional blink

Visual contact [times]	Proposal method [times]												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	19	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$\text{正答率} = \frac{\sum_i a_{ii}}{T} \quad (1)$$

$$\text{未検出率} = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i>j} a_{ij} / \sum_i a_{ij} \right)}{n} \quad (2)$$

$$\text{過検出率} = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i<j} a_{ij} / \sum_i a_{ij} \right)}{n} \quad (3)$$

Table 4 Evaluation result of each behavior

	Recognition rate		
	Correct	Un-detection	Fault detection
Intentional blink	55	18.6	32.6
Yawn	88.3	3.2	38.1
Microsleep	78.3	5.7	52.1

5. まとめ

眠気の検出に必要な眠気行動と覚醒努力行動の定量化と検出を行った. 本研究で検出対象とした各行動において, 73.9% の検出率を得た. 誤検出の原因としては画像処理における特徴点検出の際に, 各器官の適切な抽出が行えなかったことが考えられる. 今後は画像処理による特徴点の適切な取得方法の確立と共に, 眠気行動や覚醒努力行動の頻度と眠気レベルの関連付けを行うことで, 眠気状態の定量化を目指す. また, 被験者を増やすことでより多くの眠気行動・覚醒努力行動の定量化を行い, システムの一般化を目指す.