

顔画像特徴と眠気の相関に基づくドライバーの眠気検出

佐藤 優伍†

†早稲田大学

野澤 直樹†

†早稲田大学理工学術院総合研究所

森島 繁生‡

‡早稲田大学理工学術院総合研究所

1 はじめに

近年、自動車産業における、安全運転支援システムの技術発展が目覚ましい。しかし、自動車による交通事故は依然として多発している。警察庁交通局によると、平成26年の自動車死亡事故の原因において、漫然運転が最大の割合を占めている^[1]。したがって、漫然運転を未然に防ぐことが求められる。そこで私たちは、漫然運転の一つである居眠り運転に着目した。

ドライバーの眠気を検出する手法として、脳波などの生体情報を測定するものが提案されている。しかし、多くの既存システムは、ドライバーの身体にセンサーを装着する必要があるため、運転に集中することへの妨げとなる。したがって、ドライバーの身体に非接触な眠気検出手法が求められる。そこで中村ら^[2]は、正面から撮影した顔動画像を用いて、ドライバーの眠気度合を推定する手法を提案した。中村らの眠気検出では、顔動画像より得られる複数の特徴量に対して、機械学習が用いられている。しかし、各特徴量の眠気に対する有効性を考慮していないため、推定に有効でない特徴量まで含まれてしまっている。よって、眠気検出に適切な学習モデルとはいえない。

そこで本手法では、特徴量選択を用いた眠気検出を行う。眠気推定に有効な特徴量を選択するために、眠気変動と各特徴量の相関を求め、定量的評価を行う。評価結果に基づく、有効な特徴量によって構築された学習モデルにより、先行研究の推定精度改善を実現した。

2 データベースの構築

2.1 ドライバーの撮影

まず、データベース構築のため、運転中のドライバーの顔表情の様子を近赤外光カメラによって、正面から撮影する(図1)。撮影では、実際の運転環境を再現するために、ドライブシミュレータ(図2)を用いる。その際、ドライバーの眠気を誘発させるため、室内を消灯した上で、高速道路周回コースを速度一定で運転させる。本手法では、この撮影を被験者11名に対して実施した。



図1. 眠気検出に用いる顔動画像



図2. ドライブシミュレータ

2.2 眠気度合の評価

ドライバーの眠気度合の評価として、北島ら^[3]の評価基準を用いる。運転中のドライバーに対し、理学的測定手法を修得した評定者2人がこの評価基準に基づき、5秒毎に眠気度合(以後、眠気レベル)を「レベル1: 全く眠くなさそう」、「レベル2: やや眠そう」、「レベル3: 眠そう」、「レベル4: かなり眠そう」、「レベル5: 非常に眠そう」の5段階で主観評価する。各ドライバーに対し評価された眠気レベルを正解値として扱う。以降このデータベースを基に眠気検出を行う。

3 顔特徴の抽出

眠気発生に伴った顔特徴を抽出するために、主に二つの顔特徴変化に着目する。第一に、眠気が強まるにつれ、頬が緩む、目の開きが小さくなるといった顔特徴変化がある。第二に、眠気に抗うために、眉間や法令線などに皺が発生するといった顔特徴変化がある。

これらの顔特徴変化を、ドライバーの顔動画像より定量的に表現する必要がある。中村らは、第一の頬が緩む、目の開きが小さくなるといった顔特徴変化を、顔画像上38か所における、「覚醒時と眠気発生時の特徴点^[4]2点間距離の変化量」によって特徴量として表現した(図3)。また、第二の眉間や法令線などに皺が発生するといった顔特徴変化を、顔画像上5か所における、「特定領域における覚醒時からのエッジ強度の変化量」によって特徴量として表現した(図4)。本手法でも同様の特徴量をドライバー顔動画像より計算する。なお、1フレーム毎に計算したこれら2種類の特徴量を、1次元配列に格納し、300フレーム(5秒)毎に平均したものを学習・テストデータとして用いる。

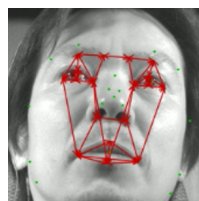


図3. 特徴点2点間距離

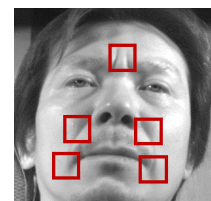


図4. エッジ検出領域

”Driver Drowsiness Detection based on Correlation between Facial Image Features and Drowsiness”

†Yugo SATO †Naoki NOZAWA ‡Shigeo MORISHIMA

†Waseda University

‡Waseda Research Institute for Science and Engineering

4 特徴量選択と学習

眠気検出に有効な特徴量を評価するために、眠気変動と3章において計算した各特徴量の相関を求める。具体的には、2.2節において評定された正解値の眠気レベル変動と各特徴量の相関係数を同一のデータベース11名の動画に対し計算する。計算結果を図5に示す。

本手法では、全特徴量のうち、相関係数が平均値よりも大きな特徴量を眠気検出に有効な特徴量（以後、有効特徴量）とする。これら有効特徴量に対し機械学習を用いることで、眠気検出を行う。特徴量選択による推定精度の変化を比較評価するため、機械学習には先行研究と同様、k近傍法を用いる。

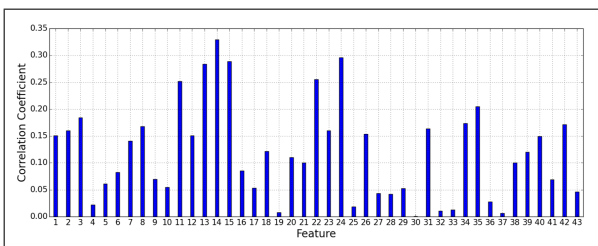


図5. 眠気レベル変動と各特徴量の相関係数

5 眠気レベルの推定

テストドライバーの顔動画より、4章において選択された有効特徴量を計算する。これらの特徴量に対しk近傍法を用いることで、眠気レベル1から眠気レベル5の5クラス分類を行う。また、通常、眠気レベルの急激な上昇もしくは低下は起こり難いため、以下の二つの制約を設ける。

- 30秒間で2段階以上高くしない。
- 10分間で2段階以上低くしない。

以上の方法より、最終的なドライバーの眠気レベルを得る。

6 推定結果

被験者11名を対象としたLeave-one-out法より眠気レベルの推定テストを実施した。図6に、ある被験者の推定結果を示す。

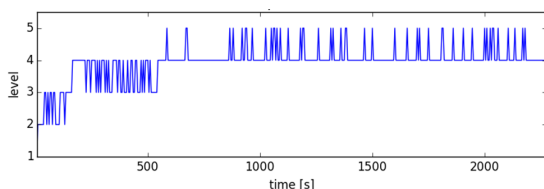


図6. 眠気レベル推定結果の一例

被験者全員分の推定結果を、各眠気レベルの正解値と推定値のRMSE (Root Mean Squared Error), 相関係数より評価する。図7, 図8に被験者11名分のRMSEと相関係数を示す。

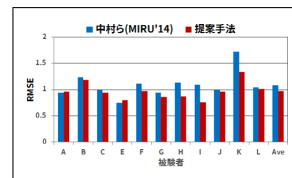


図7. RMSE

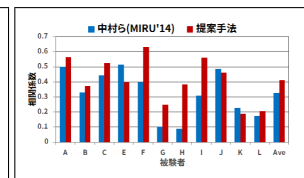


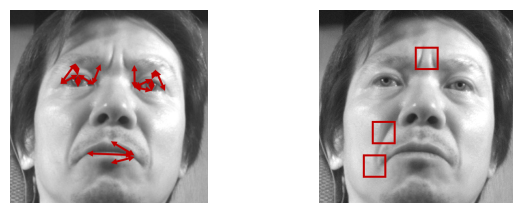
図8. 相関係数

平均RMSEにおいて、先行研究の1.08に対して、提案手法では0.96という結果が得られた。また、平均相関係数において、先行研究の0.32に対して、提案手法では0.41という結果が得られた。以上の結果より、提案手法では、RMSE, 相関係数ともに平均推定精度の改善が確認できた。

7 まとめと今後の課題

本手法では、特徴量選択とk近傍法を併用した眠気検出手法より、先行研究の推定精度改善を実現した。今後は、より高精度な眠気検出を実現するため、k近傍法以外の様々な機械学習と合わせて実験する必要がある。

また、有効特徴量を顔画像上で可視化して評価したところ、特徴点2点間距離を示す特徴量は、目と口領域に集中していることが分かった(図9a)。すなわち、眠気発生に伴い、目・口において眠気に起因する顔特徴が表れる傾向があると考えられる。また、エッジ強度を示す特徴量は、顔画像上左右非対称に分布していることが見て取れる(図9b)。この点から、眠気に起因する顔特徴の表れ方に左右非対称性があると考えられる。今後は、こういった目・口領域の特徴や、対称性の変化といった顔特徴を考慮する予定である。



(a) 特徴点2点間距離

(b) エッジ検出領域

図9. 有効特徴量の可視化

参考文献

- [1] 警察庁交通局. “交通事故統計(平成27年11月末)”, 2015.
- [2] 中村太郎ら. “顔表情特徴に基づくドライバーの眠気検出”. 第17回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU) 論文集, pp. SS1-11, 2014.
- [3] 北島洋樹ら. “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.
- [4] Atsushi Irie et al. “Improvements to Facial Contour Detection by Hierarchical Fitting and Regression”. In *Proc. of ACPR*, pp. 273-277. IEEE, 2011.