

自動車の乗り心地評価に向けたシミュレータ走行時における生体信号多変量解析

情報科学科 鳥居 耕太

指導教員：小栗 宏次

1 はじめに

自動車の乗り心地評価には、車両の振動を直接計測する評価方法と、熟練ドライバーによる官能評価を用いる評価方法がある。このうち官能評価では、形容詞を利用して評価したり、官能評価に基づく評価式が用いられている。しかしながら、これらの官能評価はいずれも主観的な評価となっているため、定量的な評価が困難である問題点がある。そのためドライバーの状態を客観的に数値として知ることのできる追加の指標が必要である。熟練ドライバーの主観値による評価を補助する役割の指標を加えることで、熟練ドライバーがより定量的で正確な診断をすることができるようになる。

そこで、腕や顔表情の筋電位変化など、生体信号を用いた客観的な評価方法が提案されている [1, 2]。しかしながら、これらは特性の差が出やすい旋回時・車線変更時における検討となっており、直線道路における検討はされていない。本研究の目的は、筋電位や視線情報、皮膚情報などの生体信号を用いて、特性の異なる車両で直線道路を走行した際に、特性に追従して変化する生体信号を明らかにすることである。そのための基礎的研究として、エンジントルク特性を変化させた状態でドライバーの生体信号を取得し、どの特徴量が車両特性の影響を受けているのかを多変量解析によって明らかにする。

2 エンジン特性判別に有効な特徴量の選択手法

筋電位、皮膚温度、皮膚電位、視線情報を計測する。本研究では筋電位として図 1 に示されるような、眉間に皺を作る役割を持つ皺眉筋、口角を上げる役割を持つ大頬骨筋、奥歯を噛みしめる役割を持つ咬筋と、ハンドルを握る際に力が入る腕橈骨筋を計測する。各信号の一定区間の平均値 (A)、標準偏差 (S)、周波数成分 (F) を抽出し計 46 個の特徴量を判別に用いる。各特徴量とエンジントルク特性の関係が不明であるため、教師を必要としない機械学習手法である k-means 法を利用し、総当たりで特徴量を複数選択し適用する。式 (1) に k-means 法における最適解である評価関数 J を求める式を示す。

$$J = \min_{\vec{c}_k, k=1,2} \sum_{i=1}^n \sum_{\vec{X}_i \in X_k} \|\vec{X}_i - \vec{c}_k\|^2 \quad (1)$$

今回はエンジン特性が異なる車両と通常車両の判別であるため、2 個のクラス X_k にクラスタリングする。初期値 \vec{c}_k をランダム

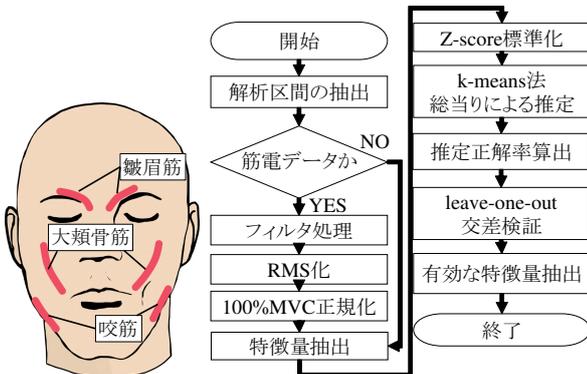


図 1: 顔面筋電位 図 2: 多変量解析のフローチャート図

に選択し J の上昇が無くなるまで推定にかけ、車両特性をどの割合で分類できたかを正解率として算出する。特徴量数毎で最も正解率の高かった特徴量の組み合わせを、その特徴量数における正解率とする。また、それぞれの特徴量に leave-one-out 交差検証により重み付けを行う。多変量解析のフローチャートを図 2 に示す。

3 エンジン特性判別に有効な特徴量の選択実験

エンジントルク特性に追従して変化する生体信号を検証するため、ドライビングシミュレータ (DS) を用いて計測実験を行った。長さ約 1200 m の直線コースを走行する。慣らし走行を 2 回、通常車両で 1 回走行した後にエンジンタイヤ間のギア比を変更した車両を 1 回走行する計 4 走行を 1 セットとし、普段から運転している被験者 3 名で計 10 回ずつ DS を用いた走行を行った。その後得られた生体信号に対して多変量解析を行い、車両特性の分類結果が実際の車両特性とどれだけの割合で合致しているかを正解率として算出した。適用する特徴量の数を 1 個から 8 個まで増やした場合の正解率の推移の結果を図 3 に示す。縦軸は被験者 3 人で共通の特徴量を用いた場合の正解率の平均値を示している。処理時間の都合により特徴量数 6 つ以降は総当たりを利用する特徴量を 46 個から 10 個に絞って実行した予測値を示している。特徴量数 1 から正解率が 0.75 と最も高い特徴量数 4 までの推定で使用された特徴量を表 1 に示す。皺眉筋の周波数成分や振幅平均値が被験者によらず共通して有効であり、今回使用した統計量において咬筋はエンジン特性判別に不要であることが示された。

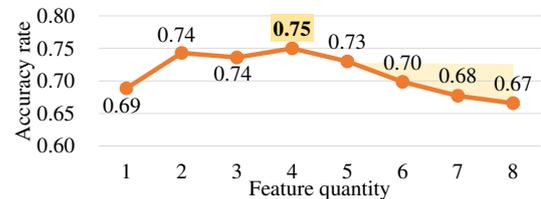


図 3: 総当たりによる車両特性判別の判別正解率の推移

表 1: 特徴量数 4 までで選ばれた特徴量とその回数

部位	統計量	回数	部位	統計量	回数
皺眉筋	$A \cdot F$	5	腕橈骨筋	$S \cdot F$	2
大頬骨筋	$A \cdot F$	2	瞬目数	-	1
咬筋	-	0			

4 まとめ

本研究では、自動車の乗り心地を客観的に評価するため、生体信号を用いて車両特性の判別を行った。生体信号から抽出した筋電位・皮膚情報・視線情報の特徴量に対して多変量解析を行った結果、皺眉筋が特に有効であることが示された。今後の課題として、有効と示された部位について、他の統計量を追加した推定が挙げられる。

参考文献

- [1] J. Healey, et al. IEEE, 2002, pp. 218-221.
- [2] 倉森, 他. 感性工学, 2006, 6(2), 87-92.