生体センサによるドライバの疲労検知と予測モデルの構築

○高田 一 福田 あお衣 (横浜国立大学)

松井 一 百田 大輔 生貝 友哉 (損保ジャパン日本興亜)

Driver's fatigue detection and construction of prediction model with biological sensors

Hajime TAKADA (Yokohama National University, Faculty of Engineering),

Aoi FUKUDA (Yokohama National University, College of Engineering Science)

Hajime MATSUI Daisuke MOMOTA Yuya IKEGAI (Sompo Japan Nipponkoa),

1. はじめに

最近では自動車の安全技術の発達などにより、交通事故が減少傾向にある。しかし自動車の技術の向上だけでは限度があり、これ以上の減少を目指すのであれば運転手側の問題を解決しなければならない段階に差し掛かっている。今一番多い交通事故の発生原因は疲労により引き起こされる漫然運転である。これは運転以外の行動を伴わない、おしゃべりや考え事などによる前方不注意運転のことで、原因全体の18%と高い割合を占める¹⁾。今後の更なる交通事故低減のためにはドライバの注意や意識といった状態を把握し、それに応じた支援が有効であると考えられる²⁾。

現在、交通事故を未然に防ぐためにセーフティデバイスの導入が計画されている。これは運転者の状態を把握し、居眠りやよそ見を検知して警告を発するシステムである。これに疲労を検出した際に警告を発するシステムを追加するため、運転の邪魔にならない小型の生体センサを用いて疲労感を分析し、検出するアルゴリズムを作ることが最終的な目標である。本研究ではまず先行研究で得られたデータを基に疲労予測算出式を4種類導出した。さらに被験者に小型の生体センサを装着した状態で実車運転してもらい、実験で得られたデータを4種類の疲労予測算出式に代入してそれぞれの式の妥当性を検討する。

2. 方法

2.1 実験概要

本研究では一般人に協力を要請した乗用車による長時間運転と、輸送会社に協力を要請したトラックによる長時間運転の実験を行った。トラックによる長時間運転は実験中に何度か荷の積卸作業を挟んでいる。被験者には運転中、生体センサを装着してもらった。

2.2 実験装置

乗用車実験ではクレンジング済みの脈拍データを入手できるリストバンド型のウェアラブルデバイスA (以下、デバイスA) を、トラック実験では同じくデバイスAと、皮膚温・RRIを測定できるウェアラブルデバイスB (以下、デバイスB) を用いた。どちらも、実用化を見据えた上で、リストバンドタイプの運転の邪魔をせずに手軽に装着できることを重視して選んだ。

2.3 評価指標

実験中に測定した項目は大きく分けて主観量と生理量の2種類である。主観量は乗用車実験では実験前後と実験中に1回ずつ、トラック実験では実験前後のみ実施し、身体的・精神的疲労度に関して問う6項目について紙面上でアンケートを行った。生理量は2.2で記述したデバイスAとBを用いて脈拍、RRI、皮膚温をそれぞれ測定した。

3. 結果

3.1 主観量

6項目の質問を10段階で評価してもらった結果、運転に慣れた被験者だったためかあまり変化は見られなかった。しかし6項目の結果から主成分分析を行って得た値を主観疲労度とすると、0.11から1.2と程度の差は開いたが実験前後で総じて主観疲労度は上昇していた。

3.2 生理量

先行研究によりRRIの揺らぎは結果に与える影響が小さいことが分かっているため、今回はRRIと脈拍をほぼ同義として分析をする。そのためデバイスAから得たデータは、60を脈拍で割って算出した値をRRIの代わりとした。デバイスBはRRIの分散が大きく、外れ値検定をした上でデータを除外したが完全には除外し切れていない

と考えられる。また、皮膚温は変化が非常に小さく正確に計測できていない可能性がある。これらを踏まえた上で分析を進めた。

4. 疲労予測算出式

4.1 疲労予測算出式の導出

先行研究の予測算出式から、小型センサで計測できる指標のうち疲労への寄与率が高いとされた指標を用いて本実験のデータを代入し、主観疲労度と照らし合わせて式の妥当性を検討する。ここで用いたデータは、被験者のセンサ装着後最初に値が安定してから5分間の平均値で除して正規化した。

4.2 RRIによる算出式

$$Y=25.84X_{\text{RRI}}-25.77 \quad (1)$$

全被験者において、疲労予測値は運転初期に一旦下がり、一般道路運転中に上昇する。高速道路では高い値で安定しており休憩中に低下する。どの被験者にも共通する点が多く、汎用性が高い。

4.3 RRIとRRIの2乗による算出式

$$Y=-191.58X_{\text{RRI}}+96.84X_{\text{RRI}}^2+95.45 \quad (2)$$

疲労予測値は全て正の値となり傾向を掴むことは難しい。全被験者に共通する傾向は見られず統一感がないことから、疲労予測算出式としての汎用性に欠けると言える。

4.4 RRIと皮膚温による算出式

$$Y=26.20X_{\text{RRI}}-39.48X_{\text{皮膚温}}+14.56 \quad (3)$$

1人が運転中は比較的高い値で安定し、積卸の作業をきっかけに下がりだした。運転を再開しても30分ほど遅れて最低点となり、その後また上昇し、応答性の低さを感じられる。もう1人は値が安定するタイミングはなく運転の時間経過に従って上昇し続ける。どちらも疲労していると考えられる時に高い値をとる点で共通している。

4.5 RRI・皮膚温とそれらの2乗による算出式

$$Y=-113.07X_{\text{RRI}}-62.02X_{\text{RRI}}^2-1021.18X_{\text{皮膚温}}+485.34X_{\text{皮膚温}}^2+588.30 \quad (4)$$

1人は運転時には値が広い範囲に分散してお

り、積卸作業中には低い値に密集する傾向がある。もう1人は運転時間が経過するごとに疲労が増加している。二つに共通する傾向は見られずこの式も汎用性に欠けると言える。

運転中 休憩中 積卸作業中
◻ ◼ ↔

図1 予測疲労度の一例

5. まとめ

4つの式の結果を見ると、人とタイミングに依らず一番汎用性が高いのは式(1)であると考えられる。式(3)は応答性の低さを感じ、2乗を含む式は負の値を矯正してしまい閾値を出すのが困難になるため、算出式としては向かないと考える。

式(1)を用いて算出した予測疲労度の一例を図1に示す。詳しく見ると、警告を発する閾値については警告の出しすぎにならない事を考慮して、疲労度が4の段階で注意、6の段階で警告が妥当であると考えられる。

また、この算出式を用いて疲労度予測のデバイスを実用化する際、得られたデータを正規化するための初期設定が必要になる。今回の実験から人により基準となるデータが異なることが分かったため、初期設定は各使用者において行い、二度目以降は最初のデータを用いるのが良い。

参考文献

- 1) 警察庁交通局：“平成28年上半期における交通死亡事故の発生状況”、2017
- 2) 林克樹、小栗宏次：“生体情報解析による自動車運転時の精神負荷推定”、電子情報通信学会 信学技報、Vol. 103、No. 489、pp. 13-18、2003