

運転時の経路上の生体計測による漫然状態推定手法の比較及び要因調査

指導教員 菅谷みどり

林 亮輔

1. 研究背景と目的

平成 29 年度の交通事故件数のうち、全体の 8%以上は漫然運転が原因とされる事故であり、その件数は 38,500 件にも及ぶ[1]。加えて運転時の漫然状態は他の事故原因にも潜在的に影響があり、対策が必要である。特にバス運転手は過酷な労働環境の疲労から漫然状態に陥ることが懸念される。

これに対して、FEELYTHM は心拍の揺らぎの解析をすることで、運転手の漫然状態を判定している[2]。しかし(1)先行研究[2]心拍の揺らぎの周波数解析のみでは覚醒度の高い緊張状態と、眠気を伴う漫然状態を判別することが困難である。さらに(2)事業者にとっては、漫然運転ができるだけ正確に判定できるだけでなく、これを誘引する要件を検討し、これに起因する事故を防ぐための仕組みがあることが望ましいが、そうした仕組みは十分に提供されていない。

そこで本研究は、これらを解決するために、漫然状態を心拍の評価のみならず、脳波の評価を行い、精度を比較する。また、これらの状態を誘引すると考えられる要因について、運転時の車内の温度と湿度、車両の速度の計測値との相関をもとに、有効な特徴を調査することを目的とした。

2. 提案

2. 1 漫然状態の判定方法

FEELYTHM では、心拍間隔の揺らぎの周波数成分のうち 1.5~4.0Hz (以下 HF とする)の最大値を漫然状態の判定手票としている。これに対して本研究では、脳波による覚醒度判定を追加し、脈拍による自律神経の計測値を X 軸に対応させ、脳波による覚醒度を Y 軸に組み合わせ、原点からの距離で感情の強度を表し、象限によって感情の種類を定める判定を行う[3]。本研究では特に、観測した感情強度の平均値の 1.5 倍以上の値の範囲を漫然状態として判定するものとした。

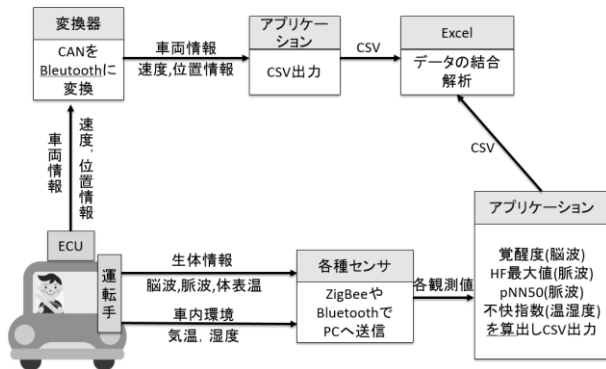


図 1 提案システム概要図

2. 2 提案システムの概要

本研究では、(1)脳波による測定を追加する。実現にあたり、脈波に脳波を追加した Russell モデルをベースとした漫然状態推定を行う。(2)漫然状態が検出された地点を地図上に可視化し、視覚情報により検出地点を抽出しやすくし、解釈の効率化を支援する。システム概要を図 1 に示した。

3. 予備実験

3. 1 概要

本実験は運転手の感情の経路上での変化を、運転時の脈波と脳波から推定した感情値と、感情が想起された地点との関係の対応付けを行った。実験手順は次の通り(1)室温 26 度の車内環境で脳波計と脈拍計を装着(2)1 分間安静後に実験用に設定したコースを約 40 分間運転した。(脈波センサを装着した左人差し指はノイズ回避のためハンドルと接触しないように、立たせた状態で運転)図 2 のコースには 4 つの交差点 2 つの橋があり、それぞれの箇所での感情を測定した。

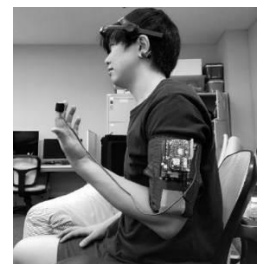


図 2 実験での走行経路

図 3 脳波計と脈拍センサ

3. 2 実験結果

実験経路走行中に退屈の感情が観測できた。特に 3 周目では、最も多く退屈の感情が観測された。また、「晴海橋と橋を降りた交差点」と「新豊洲交差点」で、退屈の感情が観測された。これは二車線一方通行の対向車が存在しない状態で、危機感の低下から低覚醒状態になったことが原因ではないかと推測できる。また、新豊洲周辺では信号渋滞のために退屈したと推測できる。

3. 3 課題

今回の結果では対向車を意識せずに走行できるという経路に依存した原因の他に、渋滞によって退屈の感情が観測されていた。走行経路以外も要因として含まれるので、車両速度など漫然状態の原因と考えられる他の要素も観測するべきである。

4. 比較および要因調査実験

4. 1 予備実験からの改善点

予備実験で用いた漫然状態推定手法と先行研究での覚醒度推定手法の比較評価を行うために、心拍を周波数解析することで周波数帯域ごとのパワースペクトルを算出

し、1.5~4.0(HF 帯域)の最大値を用いることで覚醒度推定手法の再現を試みた。また漫然運転の要因調査のために車両速度と車内温度湿度を測定するデバイスを追加した。

4. 2 実験概要

本実験は(1)漫然状態の推定において、先行研究での手法と提案手法のどちらがより主観に対応があるのかを評価すること。(2)集めたデータを多変量解析することで漫然状態との相関が予測される値を評価する。以上2点を目的としている。実験手順は予備実験と同じものとしたが、実験協力者は経路の下見と車両操作への戸惑いを軽減させるために事前に経路を1周するものとした。また実験装置は図3のように改良した。

表1 適応率と再現率の対応

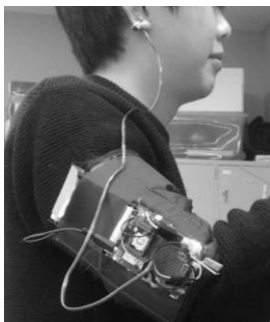


図3 使用したセンサ

	真の結果	
	正	負
予測結果正	TP	FP
予測結果負	FN	TN

4. 3 実験結果

(1) HFの最大値と提案手法の評価

適合率と再現率の計算はそれぞれ適合率= $TP/TP+FP$ 、再現率= $TP/TP+FN$ とした。真の結果に主観評価を利用した(11段階評価の5~10を漫然と定義した)(表1)。先行研究でのHFの最大値の平均値以下を非覚醒、平均値以上を覚醒に分け、先行研究にて定義された指標と提案手法で定義した脳波から算出した”覚醒度”について適合率と再現率を用いて比較する。また、提案手法での低覚醒の内、pNN50より不快と判定された場合(第三象限)の適合率と再現率を表2の”第三象限での距離”にまとめる。

表2 適合率と再現率での比較

	HFの最大値	覚醒度	第三象限での距離
適合率	79%	82%	84%
再現率	67%	68%	34%

(2) 平均値の検定による覚醒度の低下の評価

漫然状態の要因として温度と湿度から算出される不快指数(DI)と車両の速度を測定した。DIは70~76が快適、70未満は寒く感じ、76以上は厚く感じる傾向がある[4]。しかしながら、本実験にて観測されたデータはこの数値内であることが極めて少ないので、平均値を閾値とし、2つにグループ分けした。速度は渋滞時の速度を10km以下と定義し、「渋滞中、停車中」と「走行中」のグループに分けた。検定の結果を図3・図4にまとめた。

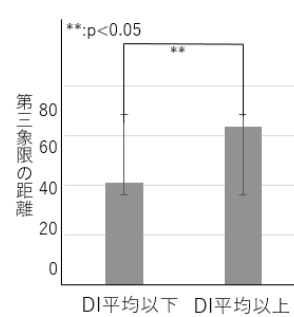


図4 DI別の平均

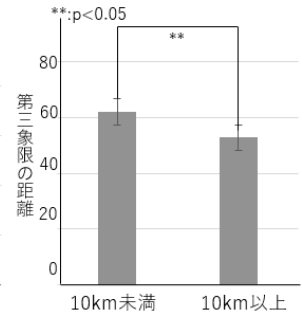


図5 速度別の平均

4. 4 考察

(1)今回の評価方法では、適合率、再現率ともにHFの最大値よりも提案手法の覚醒度の方が高い値を得ることができた。これは漫然状態の推定手法においては脳波を取得することが効果的であることを示している。また第三象限に限定した適合率では、脈拍と脳波による漫然状態の推定が最も誤検知が少ない評価指標であることを示している。これは命に関わるシステムにおいては非常に有用であると言える。

(2)DIの平均値にてグループ分けをすると平均値以下のグループの方が第三象限の平均値は低いこと示されたが、これは寒く感じる方が漫然になりにくいことを示している。また速度でのグループ分けでは、低速度のグループは中速度に比べて漫然状態になりやすいことを示している。

5. まとめと今後の課題

覚醒度の指標としてHFの最大値と脳波と脈拍による生体測定手法を比較し、この提案手法で観測したデータを元に漫然状態の要因の調査を行った。覚醒度の指標としてはHFの最大値よりも提案手法の方が有効な指標であることが示された。第三象限では適合率は高くなり誤検知は低下するが、検知漏れが多くなってしまふ。また生体計測以外にも車内の温度が寒い方が漫然になりやすく、速度が低速でない方が漫然になりにくいことが示された。目的変数を第三象限の距離、速度と快適度を説明変数とした重回帰分析を実験協力者ごとのデータで行ったが、すべて $R^2 < 0.2$ となった。今後より精度の高い予測モデル式の算出ができるような要素を追加し、漫然運転要因の更なる調査が必要である。

参考文献

- [1] 警視庁交通局. “平成29年中の交通事故の発生状況”. 政府の窓口統計. 2018-5-4.
- [2] 中野泰彦, 宮川あゆ, 佐野聡. “ドライバの覚醒度検知技術”. Fujitu 59(4), p.416-420.
- [3] 渡辺一生, 菅谷みどり. “運転時の負の感情反応分析: 生体情報を用いた感情推定とその評価”. 電子情報通信学会. 2018, 信学技報 117, p.205-212.
- [4] Earl Crabill Thom. Future Challenges in Renewable Natural Resources: Proceedings ...