

Stevens のべき法則を用いたドライバの精神負荷状態推定

高橋 さゆり

指導教員：小栗 宏次

1 はじめに

重大な交通事故に直結する最も大きな要因は漫然運転である事が知られている。漫然運転は運転以外の考え事や会話といったドライバに精神負荷のかかった状態である。近年、精神負荷状態を検知する研究は行われているが、違った種類の負荷・コースをランダムに行った場合では推定精度が低い。これはかかる負荷の順番によってドライバが感じる負荷の大きさが変化するためである。そこで本研究では順番の影響を補正することで複数のコース、複数の精神負荷タスクにおけるドライバの精神負荷状態を推定する方法を提案する。

2 精神負荷評価方法

本研究では、精神負荷の程度を主観的精神負荷評価法である NASA-TLX を用いて評価する。NASA-TLX は精神的要求 (Mental Demand: MD), 身体的要求 (Physical Demand: PD), 時間的圧迫 (Temporal Demand: TD), 作業成績 (Own Performance: OP), 努力 (Effort: EF), 不満度 (Frustration level: FR) の 6 項目の評価尺度から構成されている。被験者は 6 つの各項目について 20 段階で評価する。スコアの高い項目から順位付けをし、その値をそのまま重み係数として用いる。NASA-TLX は 100 点満点 (0-100) で算出される (AWWL) [1]。

3 心拍変動から得られる特徴量

心臓の活動は自律神経の影響を受けるため、神経活動と密接な関わりを持っている。そのため心拍変動から得られる特徴量は精神負荷状態の評価に広く用いられている。そこで本研究では精神負荷状態推定に有効と考えられる心拍変動量から得られる特徴量を使用した。

RRI の平均 (AVERRI) と 1 分間あたりの拍動回数 (心拍数 HR), これらは自律神経系との関係が確認されている。SDRR は RRI の標準偏差 (SDRR) と RRI の変動係数 (CVRR = SDRR/AVERRI)。これらは副交感神経の活動を反映することが確認されている [2]。そして RRI 時系列におけるピーク波とトラフ波の毎分当りの総和の割合 TP は精神負荷状態測定のために有用といわれている。HRV1, HRV2, HRV3, HRV4, LF, HF, LFP, HFP はいずれも心拍変動の周波数解析を行うことで算出する各周波数帯域のパワー値から導出される。これらも精神負荷状態推定に有効と言われており、特徴量として使用した。

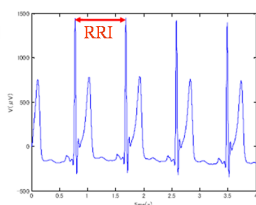


図 1 心電図波形と RRI の定義

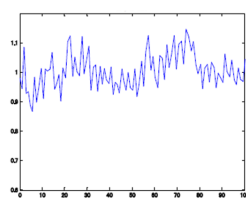


図 2 RRI 時系列データ

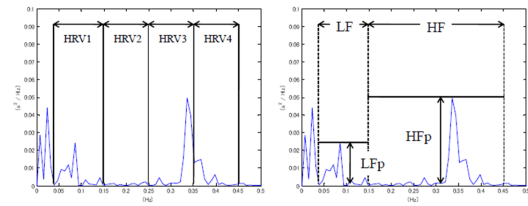


図 3 RRI 周波数解析：パワー値の定義

4 精神負荷推定手法

4.1 重回帰分析

精神負荷状態の推定にはステップワイズを用いた重回帰分析を用いた。複数 (p) 個の説明変数 X_1, X_2, \dots, X_p に心拍変動から得られる特徴量, 一つの目的変数 Y は精神負荷状態 NASA-TLX のスコア (AWWL) である。

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p + \epsilon \quad (1)$$

4.2 Stevens のべき法則

先行研究 [3] では心拍変動を用いて精神負荷状態推定を行っているが一通りのタスクの順番しか行っていない。そこで本研究では複数のコース、複数のタスクをランダムに行った場合の推定を行う。しかし順番が違っても同じタスクをかけたとき心拍変動は同じであるにもかかわらず NASA-TLX のスコアの変化が違うことが確認された。ランダムに行ったことで前走行の影響が NASA-TLX のスコアに出ていると考えられる。

そこで本研究では Stevens のべき法則によって NASA-TLX スコアを補正する。この法則は刺激 (負荷) の大きさとそれを知覚する大きさの関係を表すものであり一般形式は次の通りである。

$$S = kR^n \quad (2)$$

ここで R は物理的刺激的強さ, S は刺激とそれによる感覚の強さを関係付ける精神物理的関数, n は刺激の種類によって決まる指数, k は刺激の種類と使用する単位によって決まる比例定数である (図 4)。例えば光 ($n=0.33$) や音 ($n=0.60$) 刺激の場合、刺激が小さいときに刺激の変化に敏感である。これは物体の存在を検出し定位する機能があるためである。しかし刺激の強度が高くなると反応が鈍くなる。これは強烈な刺激により目や耳が壊れないようにするためである。この体の順応機能により実際の刺激と感覚の大きさの間に違いが生じる。

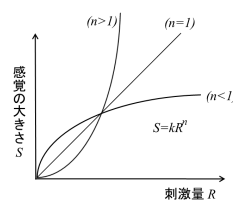


図 4 Stevens のべき法則

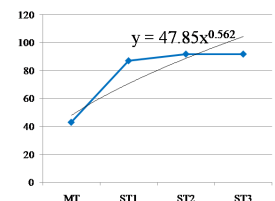


図 5 スコア補正方法

各被験者にそれぞれのタスクを行ってもらいそのスコアに対して被験者毎に式を求め、スコアの補正を行う(図5)。この値をNASA-TLXの真値とする。

5 実験方法

ドライビングシミュレータを用いて走行実験を行った。被験者は10名(男性6名,女性4名,平均年齢22.6)である。被験者にはメインタスク(MT)として通常運転を与え、さらに複数の種類の副次タスク(ST)を与え精神負荷状態の模擬を行った。また、3種類の異なるコースにおける実験を行った。

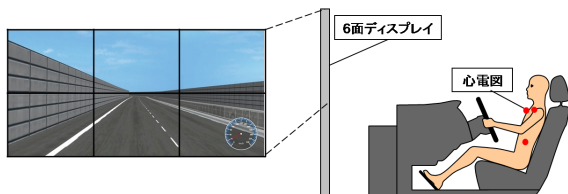


図6 設置模式図

5.1 副次タスク

- メインタスク(通常運転のみ): MT
- 簡単な暗算タスク: ST1
一桁の加算暗算を行う。出題は音声再生,回答は口頭で行った。問題は2秒間隔で出される。
- 音楽聞き取りタスク: ST2
多くのドライバが車内で音楽を聴取していると報告されている。音楽を常に意識して聞いてもらうために、歌詞の中に出てくるキーワード(例:あ行の数)をカウントする作業を行う。
- 暗算タスク PASAT: ST3
PASAT(Paced Serial Addition Test)と呼ばれる作動記憶力を必要とする一桁の加算暗算を行わせた。出題は音声再生,回答は口頭で行った。問題は2秒間隔で出される。PASATは提示した値と、一つ前に提示された値を加算するという作業である。

5.2 走行コース

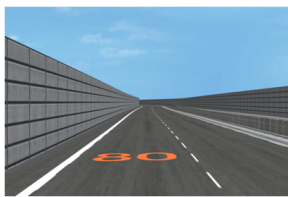


図7 高速道路コース



図8 郊外道路コース



図9 市街地道路コース

走行コースは高速道路,郊外道路,市街地道路の3コースを用いた。

5.3 実験の流れ

被験者をドライビングシミュレータの運転になれさせるために走行練習を行った後,コースとタスクの順番をランダムにして計測を行った。各走行は5分,間に5分の休憩を設けた。各走行終了後にNASA-TLXに回答する。計測項目は心電図とNASA-TLXアンケートである。

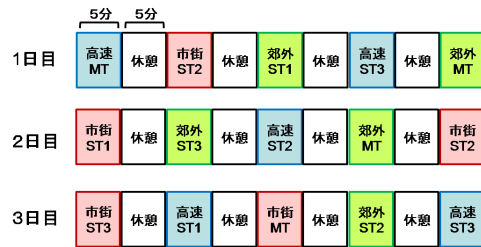


図10 走行の順番

6 提案手法による推定結果

先行研究の手法を用いた場合と,本研究で提案したStevensのべき法則を用いてNASA-TLXを補正した場合の推定結果を示す(図11,12)。先行研究では相関0.64であったが,本研究の手法では相関0.80となった。本研究の提案手法により高い相関で推定することができた。

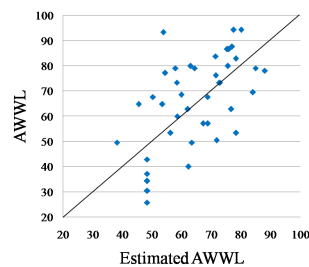


図11 推定結果: 先行研究

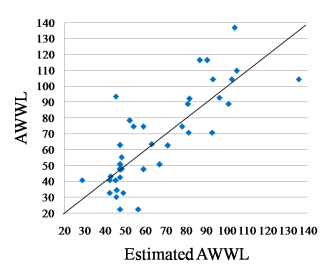


図12 推定結果: 本研究

7 おわりに

本研究ではドライバの精神負荷状態推定を行った。複数のタスクとコースをランダムに行うことで,前走行の影響がNASA-TLXのスコアに出ていたが,Stevensのべき法則を用いてNASA-TLXのスコアを補正することで,その影響を無くすこと提案した。本提案手法により,高い相関で精神負荷状態の推定を行うことができた。

参考文献

- [1] 三宅晋司, 神代雅治: "主観的メンタルワークロードの評価法-NASA-TLXとSWATの紹介および簡便法の提案-", 人間工学, 29, No.6, pp.399-408, 1993
- [2] 村田厚生: "情報探索作業における精神的な作業負担の測定", 電子情報通信学会論文誌A, Vol.J74-A, No.4, pp.706-714, 1991
- [3] Toshiyuki YOKOI: "QUANTITATIVE ESTIMATION OF DRIVER'S MENTAL WORKLOAD USING HEART RATE VARIABILITY", TISWC, 2011