

B4-21 疲労誘発性生理的振戦に基づく EMG を用いた主観的疲労の推定

知能システム制御研究室 平野 怜央

1. はじめに

運動に伴う疲労には生理学的原理に基づいて身体が直接感じる客観的疲労と、運動者が感じる主観的疲労がある。主観的疲労の原因は、身体内部に起因する内的要因と身体周辺の環境に起因する外的要因に分けられ、これらを入力、主観を出力として構成されるシステムと考える。外的要因は環境条件を一定にすることで固定化可能であることから、主観を左右する要因を内的要因に限定できると考える。なお、身体的な内的要因とは心拍、筋活動電位 (EMG: Electro Myo Gram)、身体的特徴などが想定される。

本研究では内的要因の1つである EMG から抽出した疲労誘発性の生理的振戦 (EPT: Enhanced Physiological Tremor) に基づいて、主観的疲労の推定を目的とする。なお、主観的疲労については VAS 法 [1] を用いて取得する。

2. EMG と EPT

EMG とは、筋活動に伴う筋線維の収縮によって生じる電位を体表面より取得したものである。本研究では、上腕二頭筋を対象とした等尺性収縮を採用し、実験協力者 15 名に負荷 5kg を与え続ける運動を対象として EMG を取得する。EMG には時間経過に伴い振幅が増加する EPT と呼ばれる現象があり、筋活動に参加する α 運動ニューロンの運動単位の数や発射頻度の増加、さらには発射活動の同期化が主な要因とされている [2]。また、EPT の振戦サイクルは 8~12Hz であり [3]、負荷への持続性が高い遅筋線維が発する周波数帯域 (45Hz 以下) の範囲であることから、遅筋線維と EPT には関わりがあると考え、遅筋線維の活動振幅の変化を内的要因として用いる。

3. EPT を用いた主観的疲労推定モデル

筋負荷時の EMG と VAS 法で取得した主観的疲労の関係モデルを以下の手順で導出する。

1. EMG に遮断周波数 45Hz で LPF をかけた後、RMS に変換 (区間 1s、サンプリング時間 0.001s ごとにシフト)
2. RMS の移動平均を算出 (区間 30s、サンプリング時間 0.001s ごとにシフト)
3. 移動平均の区間 10~30s の平均値と標準偏差を用いて全体の標準化を実施 (不安定な初期 0~10s は削除)
4. 標準化した移動平均を線形一次近似で表現
5. VAS 法により取得した主観的な疲労感を線形

一次近似で表現 (VAS は 30s ごとに実験協力者自身が評価)

ここで、上記 4 の傾きを a_e 、上記 5 の傾きを a_v 、上記 3 で標準化した EMG の RMS 移動平均を E' とすると、主観の推定値 \hat{V} は (1) 式となる。

$$\hat{V} = \frac{a_v}{a_e} E' \quad (1)$$

4. 検証・考察

1 名の実験協力者を対象として 3 回分の真値と推定値 \hat{V} を Fig. 1 に示す。Fig. 1 中に各々の平均誤差と標準偏差を示しているが 10% 程度に収まっていることが分かる。ここで、EMG に元々含まれる誤差は 16% 程度であることが知られており [4]、これから 1 名の実験協力者内において再現性が認められると考える。真値について、指数関数的に増加した後対数的に増加する傾向がみられる。これは、主観的に指肢の動揺などの身体反応によって実際の疲労感より大きな疲労感を感じるによって生じると考える。また、推定値が対数的に増加した後、指数関数的に増加する傾向がみられる。これは、遅筋線維の筋線維使用割合増加の傾向と類似しており [5]、EMG の RMS に依存していると考え、真値と推定値の増加傾向の違いから今回の誤差が生じていると考える。

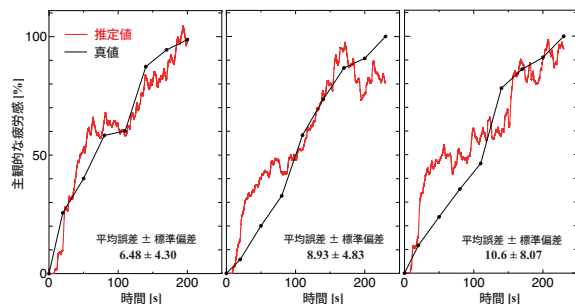


Fig. 1 主観的疲労の真値と推定値

5. おわりに

実験協力者自身が感じる主観的な疲労感の推定を EMG と EPT を用いて試みた結果、EPT からおおよそ主観的な疲労感を推定できることが見出せた。

参考文献

- [1] 村田, 津田, 稲谷: 高齢者における主観的健康アセスメント法の検討, Kurume University Psychological Research, No. 3, pp. 89-98, 2004
- [2] 木塚, 増田, 木竜, 他: バイオメカニズム・ライブラリー 表面筋電図, 東京電機大学出版局, 2007
- [3] 田巻, 萩田, 竹倉, 他: 静的筋収縮持続時の生理的振戦による筋放電活動並びに循環系応答の変化, 日生誌, Vol. 65, No. 12, p. 397, 2013
- [4] 柳田, 金澤, 北村: 身体的特徴と EMG に基づく下肢リハビリシステムの構築, 電学論 C, Vol. 130, No. 7, pp. 1132-1138, 2010
- [5] E. Kadowaki, D. Kushida: Effect of Physical Characteristics on Frequency Components of Electromyography, SICE2020, pp. 1004-1009, 2020