

1. はじめに

運動に伴う筋疲労の客観的疲労評価手法として、筋活動電位 (EMG: ElectroMyoGram) を用いることが知られている。筋は一般的に 3 種類の線維に分類でき、遅筋線維 (Type I)、中間筋線維 (Type IIa)、速筋線維 (Type IIb) が知られている。近年、筋線維群の特徴と代謝の関係に着目し、高負荷時の初期使用割合が低い Type I と初期使用割合が高い Type IIb が、疲労とともにその使用割合に逆転が生じる現象 (交差が存在する) を利用して、一定の筋疲労に達するタイミングを推定する方法が提案されている [1]。しかし、被験者によって運動初期の筋線維使用割合が Type I と Type IIb で逆転する者がおり、文献 [1] の手法が使えない場合があった。

そこで本研究では、これらの原因が体脂肪率、皮下脂肪厚といった身体的特徴に起因すると仮定し、身体的特徴に基づき被験者をクラス分類した上で、筋線維使用割合が逆転する現象の補正を目指す。

2. 身体的特徴によるクラス分類

身体的特徴のうち、身長、体重、体脂肪率、皮下脂肪厚の各値を標準化してベクトル化し、各ベクトルを単位ベクトルに変換して特徴ベクトル $\mathbf{B}$ とする。つぎに、ベクトル間のコサイン類似度に基づいて被験者をクラス分類する。コサイン類似度は

$$\cos \theta_{uv} = \frac{\mathbf{B}_u \cdot \mathbf{B}_v}{|\mathbf{B}_u| |\mathbf{B}_v|}, \quad (-1 \leq \theta \leq 1) \quad (1)$$

として表され、 $\cos \theta_{uv} \geq 0.7$ のとき、Fig. 1 に示すよう被験者 u と v を線分で結び、同一グループとしてまとめる。ここで $\mathbf{B}_u$ 、 $\mathbf{B}_v$ は被験者 u と v の特徴ベクトルであり、 $u \neq v$ である。なお、Fig. 1 のクラス内特徴を確認したところ、クラス 1 は筋線維使用割合にゆらぎが少なく、クラス 2 は多かった。そのため、クラス 1 を基準としてクラス 2 を補正する。

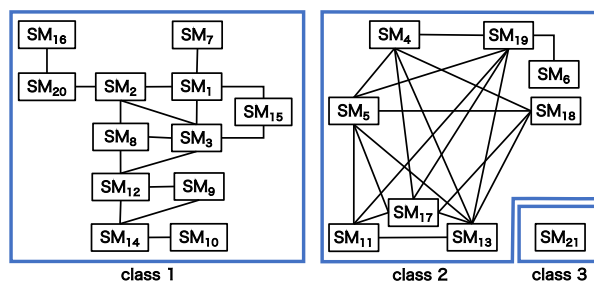


Fig. 1 被験者 SM₁～SM₂₁ のクラス分類

Table 1 重回帰分析の係数

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
Type I	10.50	-1.53	-1.06	0.63	0.90
Type IIa	26.33	-3.10	3.36	1.27	2.18
Type IIb	63.16	4.63	4.43	0.64	3.07

Table 2 補正前後の精度検証 (クラス 2)

被験者	使用割合の整合性		交差の有無		疲労時間 [s]		誤差率 [%]		
	補正前	補正後	補正前	補正後	VAS	補正前	補正後	補正前	補正後
SM ₄	×	○	—	×	180	—	—	—	—
SM ₅	×	○	—	×	240	—	—	—	—
SM ₆	×	○	—	×	210	—	—	—	—
SM ₁₁	×	○	—	○	210	—	270	—	-28.6
SM ₁₃	×	○	—	×	270	—	—	—	—
SM ₁₇	×	○	—	○	270	—	300	—	11.1
SM ₁₈	×	○	—	○	180	—	210	—	16.7
SM ₁₉	○	○	×	×	180	—	—	—	—

3. 重回帰式による筋線維使用割合の補正

選定された身体的特徴を説明変数 x_i 、筋線維使用割合の初期値を目的変数 y_i として重回帰式

$$y_j = \sum_i \beta_i x_i + \beta_0, \quad i \in 4, j \in 3 \quad (2)$$

で表現する。ここで、 x_i は各々身長、体重、体脂肪率、皮下脂肪厚であり、 y_i は各々 Type I、Type IIa、Type IIb の初期値である。 β_i は偏回帰係数である。(2) 式を用いて以下の手順により補正を行う。

- Fig. 1 のクラス 1 を対象として偏回帰係数 β_i を筋線維ごとに求める (Table 1)。
- クラス 2 に対し、Table 1 の係数を用いてクラス 1 と同等な筋線維使用割合の初期値を算出し、クラス 2 のデータセットの初期値を補正する。

4. 検証・考察

クラス 1 への補正初期値を用いてクラス 2 を補正した結果を Table 2 に示す。筋線維使用割合の初期値における整合性は補正前後で、補正前に不整合であった被験者は改善された。Type I と Type IIb の交差の有無に関しては、筋線維使用割合が不整合の場合、評価対象外とし、補正後に被験者 3 名の交差が改善した。補正前後の VAS による主観的疲労と疲労推定時間の精度は、Type I と Type IIb の交差が得られた被験者において改善傾向が見られた。

5. おわりに

重回帰分析による筋線維使用割合の補正を提案した。提案手法により、筋線維使用割合の補正の有意性を確認できた。

参考文献

- [1] 中島, 他: EMG を用いた筋線維タイプに基づく筋疲労推定モデルの構築, 電学論 C, **140**(7), 697/704 (2020)