

機械学習を用いた電気刺激による

リハビリシステムの疲労検出に関する研究

電気工学科 5年 32番 宮丸 歩積 指導教員 電気工学科 河合康典

1 はじめに

脊髄損傷などにより神経障がいを負い、脚を動かすことのできない患者のために、電気刺激を用いたリハビリがある。皮膚表面の電極パッドから電気刺激を与え、皮膚に近い筋肉だけを用いるため、短時間で疲労する。そして筋肉疲労が起こると、制御入力が大きくなり、過大な電流が流れてしまう。

本研究では、疲労・非疲労のデータから機械学習で疲労を判断し、筋肉の疲労を推定するシステムを構築することを目的とする。

2 機械学習を用いた疲労検出

本研究は、人間の下肢の膝関節モデル [1] を用いて、電気刺激による筋肉の疲労を推定することを考える。電気刺激による筋肉の疲労は、未知外乱として、数式モデルと観測値の情報からその偏差を得て、ガウス過程回帰を用いて平均と分散の値から推定している [2]。それに対して本研究は、疲労と非疲労のデータをもとに機械学習することにより、疲労であるかないかを判別するプログラムを開発することで、疲労を判断する。

3 決定木

Google Colaboratory を使用し、分類や判別のために作られる決定木を用いて、木構造(ツリー構造)のデータや図を使って機械学習する。疲労・非疲労のデータのうち 62.7~64.5 [s], 86.3~87.8 [s], 148.1~148.8 [s], 162.5~163.2 [s], 208.7~210.3 [s], 231~232.6 [s] 区間の $X = [\text{膝関節角度}, \text{膝関節角速度}, \text{外乱}, \text{制御入力}]$ のデータを使用し、決定木のモデルを可視化するプログラムを実行する。図1から、はじめに外乱が-47.444, 次に角速度が0.065を基準として段階的に分類されていることが分かる。

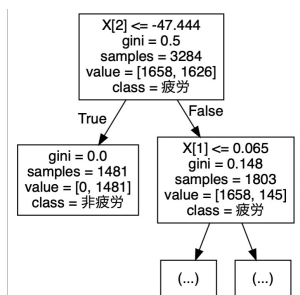


図 1: 決定木

4 K 近傍法

あるデータに着目した時に近隣 k 個のデータの多数決の値を予測として出力する K 近傍法を使用してプログラムを作成する。疲労・非疲労のデータのうち膝が動いている 15.7-17.5 [s] 29.5-31.7 [s] 38.9-40.9 [s] 53.9-55.7 [s] 62.7-65.5 [s] 79.4-79.9 [s] 86.3-87.8 [s] 148.1-150.2 [s] 162.5-163.2

[s]208.7-211.1 [s] 231-232.6 [s] 区間の制御入力 tau, 外乱 d を使用し、機械学習した。図 2 より最適な k パラメータは k=3, 正解率は 99.3 % であった。判別ができているか確認するため、疲労・非疲労のデータの訓練データを疲労・非疲労で色分けして縦軸を制御入力 tau, 横軸を外乱 d として図 3 に示す。プロットしたテストデータから近隣 3 つの点で多数決で判別されており, k=3 で判別されていると言える。

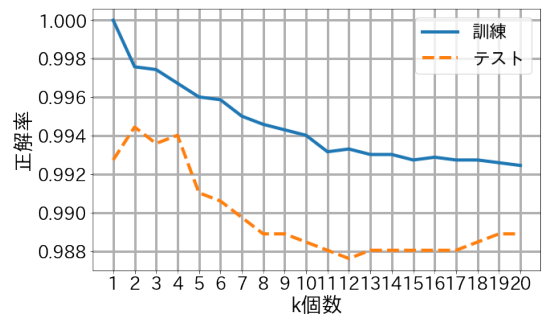


図 2: 正解率の推移

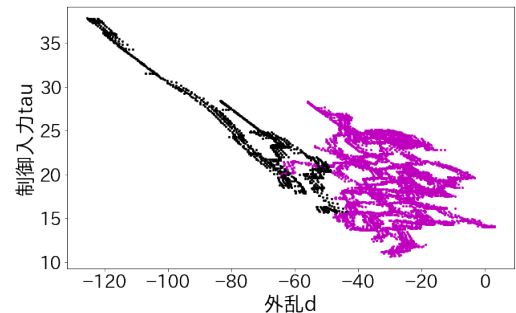


図 3: 疲労・非疲労プロット図

5 おわりに

本研究は、疲労・非疲労のデータから機械学習で疲労を判断し、筋肉の疲労を推定するシステムを構築することを考えた。結果として、未知のデータを読み込んで疲労・非疲労を判別することができた。

参考文献

[1] Y. Kawai, K. Honda, H. Kawai, T. Miyoshi, and M. Fujita, "Tele-Rehabilitation System for Human Lower Limb using Electrical Stimulation based on Bilateral Teleoperation", *Proc. of 2017 IEEE CCTA*, pp. 1446-1451, 2017.

[2] 藤江謙伸, "機械学習を用いた下肢のモデルによるリハビリシステムの制御に関する研究", 石川工業高等専門学校 修了論文, 2022.