

VR を用いた手指リハビリテーションシステムの研究

○劉 毅（香川大学），郭 書祥（香川大学），赤松 知輝（香川大学）

Study on a VR-based Rehabilitation System

○Yi LIU (Kagawa University), Shuxiang GUO (Kagawa University) and Tomoki AKAMATSU (Kagawa University)

Abstract: This paper proposed a novel VR-based rehabilitation system in order to facilitate home-based self-rehabilitation for post-stroke patients. The proposed system allows the patients to manipulate a 6-DoF haptic device to catch a virtual ball on the computer screen. Surface electromyography (sEMG) signals collected from the subjects are utilized to perform hand motion recognition based on a threshold control. A preliminary hand ball grasping experiment was carried out to evaluate the proposed VR-based rehabilitation system.

1. はじめに

近年, 日本では急速に高齢化が進んでおり, 高齢者が増加することにより, 脳卒中の患者数も増加すると推測されている. さらに脳卒中は, 一命を取り留めた場合でも片側麻痺などの後遺症が残る場合が多く, 近年の介護, リハビリの要因の一位に上げられている. しかし, 介護士などの医療機関のスタッフは年々減少傾向にある. そこで介護士や療法士を必要としないリハビリテーションシステムの開発が求められている[1].

2. 研究目的とアプローチ

本研究では, 上肢リハビリテーションシステムのデバイスとして仮想空間 (VR) に作成した上肢を用いて, 片側麻痺患者に対するリハビリテーションシステムの構築を目指す. そのために, 3次元(X, Y, Z)のVR環境を構築し, ファントム触覚デバイスを使用し, 患者の運動情報を得られる. 同時に手首から筋電図(sEMG)を測定し, 二乗平均平方根(RMS)を使用し特徴抽出とフィルタ処理を行う. 測定実験により, ボール把持の sEMG 閾値を決定し, VR を用いたリハビリ訓練を行う. 提案したリハビリシステムの概要を Fig.1 に示す.

3. 手指動作の sEMG 信号の特徴抽出

人間の手指動作の運動パターンを反映することができ, sEMG を取得するため, RMS (Root Mean Square) を用いて, 特徴抽出を行う[2].

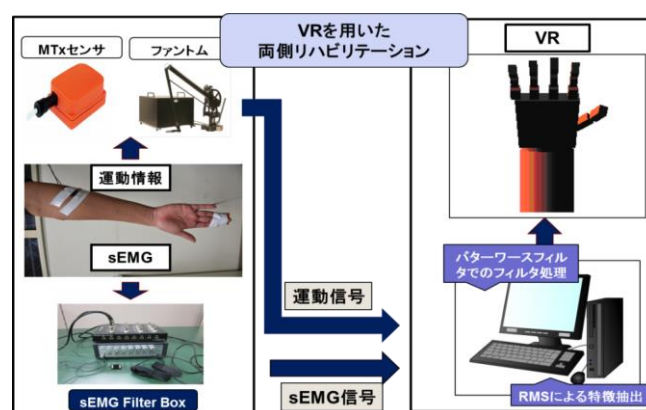


Fig.1 提案したリハビリシステムの概要

本研究では一定時間の筋放電における sEMG 信号を二乗して, 範囲内の平均を求めたあとで平方根をとる. 式を以下の式(1)に示す.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N X_i^2} \quad (1)$$

手指を曲げるときに発生する筋電位は指屈筋を測定対象とする[3]. その特徴抽出結果を Fig. 2 に示す.

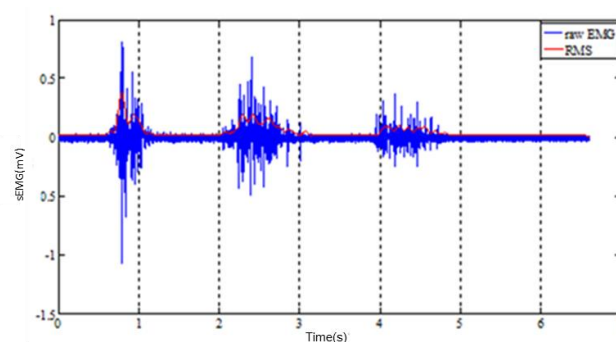


Fig.2 曲げ動作の sEMG 特徴抽出

ボール把持の閾値設定のための sEMG の測定を行う際にバターワースフィルタのフィルタカットの周波数を決定する。周波数を下げるとグラフはより滑らかになり閾値設定が容易になるが、元のデータと比べるとグラフが右にずれるようになる。これでは処理に時間がかかるようになり、タイムラグが大きくなると考えられる。そのため、周波数は 2Hz に設定し測定を行う。測定結果からボール把持の閾値を 0.04mV に設定する。

4. VR を用いたボールの把持実験

3 次元 (X, Y, Z) での VR 環境を用いたボールの把持実験を行った。被験者は健康な 20 代男性である。被験者がファントムデバイスのスタイラスを操作し、初期位置からコンピューターグラフィックス上の仮想手指を X, Y と Z 方向に動作させ、ボールの位置で把持を行う。筋電センサを測定対象の指屈筋に装着し、測定した sEMG と設定された閾値比べ、大きくなっていき、曲げ動作を判明し、ボールが消えるようになっている。その後伸ばし動作を行い、実験終了とする。Fig. 3 にファントム力覚デバイスを用いたボール把持実験の実験結果を、Fig. 4 にファントム力覚デバイスを用いたボール把持実験の位置変化を、Fig. 5 にファントム力覚デバイスを用いたボール把持実験の sEMG の変化を示す。指屈筋を測定した sEMG は、ファントム力覚デバイスを X, Y, Z 方向に動作させた時はほとんど変化がなく、把持をした時のみ変化していることがわかる。把持を行うとモニターの hand モデルも把持を行うことを実証した。

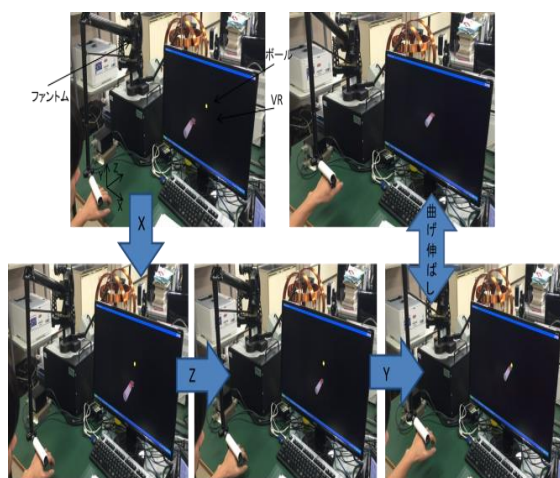


Fig.3 ファントムデバイスを用いたボール把持実験

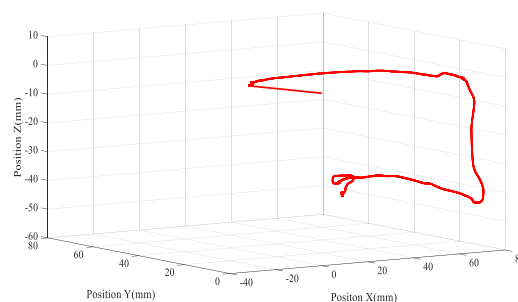


Fig.4 ファントム力覚デバイスの位置軌跡

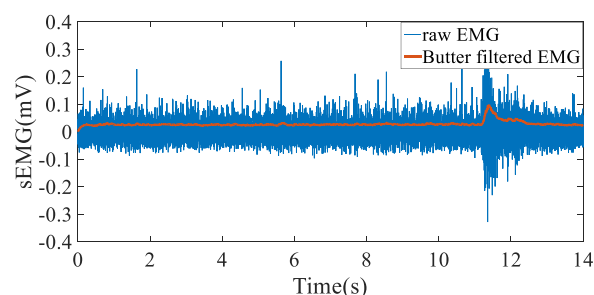


Fig.5 ボール把持実験の sEMG 信号の変化

5. 結論

本研究では、手指リハビリテーションシステムのデバイスとして仮想空間 (VR) に作成した手指を用いて、片側麻痺患者に対するリハビリテーションシステムの構築を目指し、RMS を用いて、手指の曲げ動作の sEMG の特徴抽出を行い、フィルタ処理を行った。ボールを使用した実験を行うことで、視覚的にもより効果があるのではないかと考え、リハビリシステムは閾値通りの動作を確認した。今後の課題としては、さらにタイムラグを減少させること、デバイスを用い、力フィードバックを加えられるようにすること、などが挙げられる。

参考文献

- [1] Yi Liu, Shuxiang Guo, Hideyuki Hirata, Hidenori Ishihara, Takashi Tamiya, "Development of a powered variable-stiffness exoskeleton device for elbow rehabilitation", Biomedical Microdevices, DOI: 10.1007/s10544-018-0312-6, 2018.
- [2] Shuxiang Guo, Muye Pang, Baofeng Gao, Hideyuki Hirata, Hidenori Ishihara, "Comparison of sEMG based Feature Extraction and Motion Classification Methods for Upper-limb Movement", Sensors, DOI: 10.3390/s150409022, 2015.
- [3] 吉岡 大輝, 郭 書祥, 劉 毅: "sEMG を用いたリハビリテーションシステムの特性評価に関する研究", 計測自動制御学会 SI 部門講演会 SICE-SI2018, pp.510-511 (2018)