

仮想空間での上肢リハビリテーションシステムの構築

Construction of an Upper Limb Rehabilitation System in VR Space

郭 書祥 山本 啓嗣 龐 牧野
S. Guo K. Yamamoto M. Pang

香川大学

KAGAWA University

E-mail: s10t459@stmail.eng.kagawa-u.ac.jp

Abstract

近年、日本において高齢化が進んでいる。また、高齢者の脳卒中の死亡率は高く、一命を取り留めた場合でも片側麻痺といった後遺症が残る場合がある。本研究では、片側麻痺患者に効果的な仮想空間でのリハビリテーションシステムの構築を目指す。

1. はじめに

現在、日本では高齢化が進んでおり、2007年には超高齢社会に突入している。高齢者が生活していく上で、上肢は最も使用頻度の高い部位であり、老化によって機能の低下した上肢に対するリハビリはとても重要である。また、脳血管疾患、いわゆる脳卒中は日本ではがん、心疾患に次いで死亡原因の第3位になっており、その患者数は高齢化に伴い、さらに増加することが予想される。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い。しかし、増加傾向にある脳卒中患者に対し、介護士、療法士の数が不足している。そこで介護士、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。片側麻痺患者に対してのリハビリ方法として効果的なものに、両側トレーニングがある。両側トレーニングとは、片側麻痺患者の健常な手足から筋肉の表面筋電位 (sEMG) を測定し、麻痺側の手足を採取した信号に基づき、取り付けたデバイスによって訓練を行う方法である[1]~[6]。

2. 研究目的とアプローチ

本研究では、両側リハビリテーション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、上肢から sEMG 測定し、特徴抽出を行った後、パターンを識別し上肢動作を分類する。実験では、測定した sEMG を用いて、VR 内でのリハビリテーションシステムを構築し、実験を行う。

3. 特徴抽出法

sEMG の特徴抽出方法には Root Mean Square(RMS)を用いる。RMS とは、統計値や確率変数の散らばり具合を表す数値である。もとなる値は正と負の両方を取り、良く変化する値の強度を統計的に表す。もとの値を二乗した上で相加平均し平方根をとるものである。

N 個の数 $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ について二乗平均平方根は式 (1) で表すことができる。

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2} = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_N^2}{N}} \quad (1)$$

4 実験装置

4.1 仮想空間 (VR)

仮想空間 (VR) は、コンピュータグラフィックスや音響効果を組み合わせて、人工的に現実感を作り出す技術である。VR は 3 次元の空間性、実時間の相互作用性、自己投射性の三要素を伴う。インターフェースは通常、視覚および聴覚を利用するが、触覚、力覚、前庭感覚など、多様なインターフェースを利用する[4]~[8]。図 1 に作成した VR の上肢モデルを示す。

4.2 AD ボード

AD ボードは、アナログ信号をデジタル信号に変換し、多くのセンサ情報を取り込むことができる。超音波や振動などの高度な時系列分析や、音響やビデオ信号の検査、試験、画像信号処理やレーダーなどの測定に使われる。図 2 に実験に用いた AD ボードを示す。チャンネル数の増設と多チャンネルの同時サンプリングを可能とする。今回は、チャンネルを 2 つ使い、実験を行う。



図1 作成したVRの上肢モデル



図2 ADボード USB-4716

5. 実験方法

5.1 sEMG の測定

被験者は健常な成人男性である。sEMG を測定するチャンネルは、二つ使用する。測定に使用する筋肉は、曲げ動作時に使用される指屈筋と、伸ばし動作時に使用される指伸筋で、各筋肉にチャンネルを一つずつ装着する。[7],[8] sEMG の測定動作は指の曲げ伸ばし運動である。リラックスした状態で3秒間静止し、曲げ動作を5秒間行う。その後、伸ばし動作を5秒間行う。動作はすべてを繰り返し5回行い、その平均のsEMGを用い、閾値を設定する。実験の様子を図3に示す。

5.2 VR による動作識別

測定したsEMGを用い、VRで動作識別を行う。動作及びチャンネル数やチャンネルをつける位置はsEMGを測定した条件と等しくする。RMSを用い、sEMGの特徴抽出を行い、求めた値より多くのsEMGが流れればVRが動作するよう閾値を設定する。

6. 実験結果

測定したsEMGをグラフ化したものを図4,5に示す。この際、式(1)を用いて指屈筋の閾値を0.025、指伸筋の閾値を0.045と設定する。測定したXrmsの値が設定した閾値を超えた場合、VRが動作するよう設定する。図6に、リアルタイムでのVRを用いた動作識別の実験の様子を示す。



(a) 曲げ動作



(b) 伸ばす動作

図3 被験者のsEMG測定実験

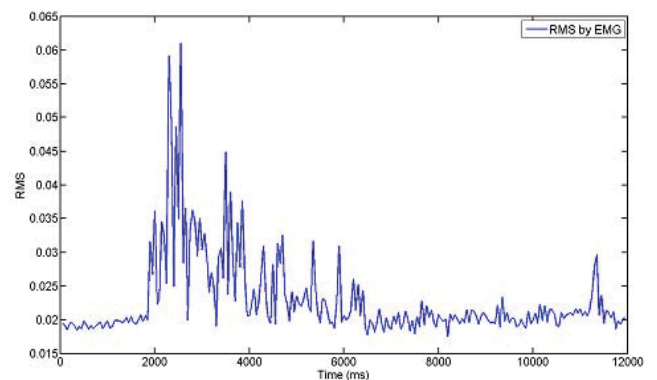


図4 指屈筋のsEMGの変化

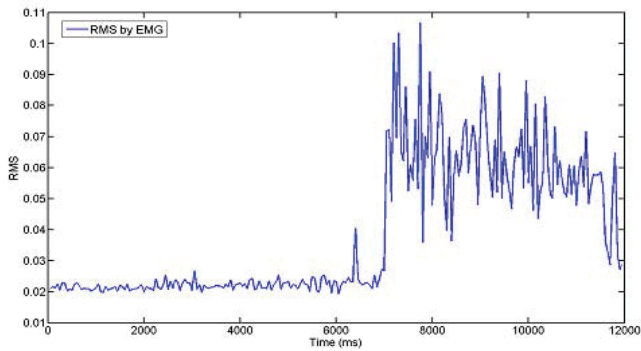
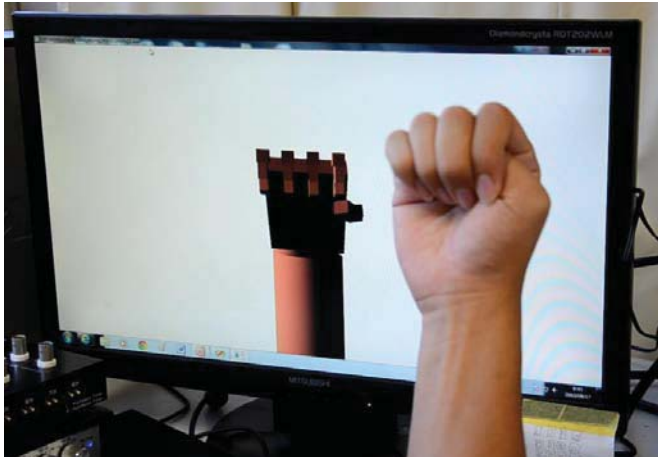


図5 指伸筋の sEMG の変化



(a) 曲げ動作



(b) 伸ばし動作

図6 動作識別の様子

実験を 10 回繰り返した結果、指の曲げ動作は、10 回中 6 回、伸ばし動作は 10 回中 10 回 VR が正常に動作した。

7. まとめと今後の課題

今回 sEMG の測定及び識別、VR を用いた動作識別を行った。実験結果より、指屈筋の sEMG のパラメータにばらつきが見られた。ばらつきが大きい場合、RMS

で識別を行った際、求めた X_{rms} より小さいパラメータが増加する。このことが原因で曲げ動作の識別率が低くなってしまったと考えられる。

また、今回特徴抽出に用いた RMS では、 X_{rms} を求めた際に、ばらつきが小さい場合においても X_{rms} より小さいパラメータが出てしまうため VR の動作の識別率を下げてしまう原因になる。

今後は、指屈筋のパラメータのばらつきを小さくするため、チャンネルの位置を考え、測定を行う。

識別法に SVM を用いて、動作の識別率の向上を目指す。また、VR は現在曲げているか、伸ばしているのかの識別しかできず、曲げ動作や伸ばし動作を途中で止めた際の識別ができない。今後は動作を停止した際に、VR も停止する連続動作可能なシステムを構築していく。

参考文献

- [1] 郭書祥, Mohd Yazid Bin Kamarudin, 宋智斌, 吉田俊一: 上肢の VR リハビリテーションシステムに関する研究. 第 15 回知能メカトロニクスワークショップ, B2, 愛媛, 日本, 2010.
- [2] Shuxiang Guo, Zhibin Song: VR-based a Novel Active Rehabilitation System for Upper Limbs. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 230-235, Japan, August, 2008
- [3] 芝軒 太郎, 村上 隆治, 島 圭介, 辻 敏夫, 大塚 彰, 陳 隆明: VR を利用した筋電義手操作トレーニングシステムの開発と仮想 Box and Block Test の実現. 日本ロボット学会誌, Vol. 30, No. 6, pp. 621-628, 2012.
- [4] Zhibin Song, Shuxiang Guo, Muye Pang, Songyuan Zhang, Nan Xiao, Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Exoskeleton Rehabilitation Device in Elbow Joint, Journal of Medical and Biological Engineering(JMBE), doi: 10.5405/jmbe.1337, in press, Mar 26, 2013.
- [5] Zhibin Song, Shuxiang Guo, Nan Xiao, Liwei Shi, and Baofeng Gao, Implementation of Human-Machine Synchronization Control for Active Rehabilitation Using an Inertia Sensor, Sensors, Vol. 12, No. 12, pp. 16046-16059, 2012.
- [6] 郭 書祥, 杉 洋一郎, 龐 牧野, sEMG 信号に基づく上肢両側トレーニングシステムに関する研究, 第 18 回知能メカトロニクスワークショップ, pp.76-81, 8.27-8.28, 高松, 日本, 2013.
- [7] Ashish D Deshpande, Jonathan Ko, Dieter Fox and Yoky Matsuoka: Control strategies for the index finger of a tendon-driven hand, the International Journal of Robotics Research, 32 (1), pp. 115-128.
- [8] Muye Pang, Shuxiang Guo, Songyuan Zhang: Finger Joint Continuous Interpretation based on sEMG Signals and Muscular Model: Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp.1435-1440, August 4-7, Takamatsu, Japan, 2013.