

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 2 日現在

機関番号：13903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650351

研究課題名(和文)動作体験によるリハビリテーション訓練システムの開発

研究課題名(英文)Development of rehabilitation training system using experience of motion

研究代表者

坂口 正道 (Sakaguchi, Masamichi)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60283727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、脳卒中片麻痺の運動障害に対する新しいリハビリテーション訓練システムの開発を行った。拡張現実感(AR)技術を用いたリハビリテーション訓練システムを開発し、身体所有感の転移について定量的な評価を行った。麻痺があり手が上手に屈曲させられない場合でも、CGの手が正しく屈曲することで、自分の手を屈曲させている感覚を体験させることができた。また、書字訓練を想定したリハビリテーション訓練システムを構築した。医師や理学療法士等リハビリテーションの専門家との協力体制を確立し、今後の発展システムについて検討した。

研究成果の概要(英文)：This research developed the new rehabilitation training system to the motility disturbance of the piece paralysis of stroke. The rehabilitation training system using augmented reality technology was developed, and evaluation quantitative about transition of a sense of self-ownership was performed. Even when there was paralysis and it was not made for a hand to be cocked well, the feeling which is making its hand cocked was able to be made to experience by the hand of CG being cocked surely. Moreover, The rehabilitation training system which supports writing a character was built. Structure for cooperation with specialists in rehabilitation, such as a doctor and a physiotherapist, was established, and the future development system was examined.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：運動機能回復 リハビリテーション 動作体験 身体所有感 力触覚提示

## 1. 研究開始当初の背景

高齢化社会の進行や生活習慣の変化に伴い、脳卒中患者が増加している。脳に損傷を負うと、その損傷部位により様々な障害が発生するが、その中でも片麻痺という運動障害を伴うことが多い。脳卒中による運動障害は、発症後早い段階でリハビリテーションを行えば機能回復が見込めるが、一定以上の期間が過ぎると回復の度合いが鈍っていくと考えられていた。しかし、運動学習の考えを取り入れ、随意運動を反復することにより、脳神経回路を再建したり回復させたりする手法が注目され、反射経路を使用した手法を繰り返し適用することで、有意に運動機能が回復する事例が示されている。鹿児島大学川平教授の促通反復療法は、NHK 特集で全国放送され、大変な話題となった。運動学習では、運動意図、指令に合わせて感覚フィードバック信号を提示することが必要である。また、自分自身で筋肉を動かしている感覚を持つことが、運動学習を推進させ機能回復を促進する。関連する研究として、ミラーセラピーという鏡を用いて健側の手を患側の手と重ねて見せて運動を錯覚させる方法や、筋電信号や脳波信号を計測し、その情報を視覚的にフィードバックしたりロボット等を用いてフィードバックしたりする研究が行われている。

これに対し、本研究では、独自に開発している技能体験システムをリハビリテーション訓練システムに応用する。技能体験システムとは、技能計測システムで先生の動作と力覚を計測し、技能提示システムを用いて生徒（体験者）に動作と力覚を同時に提示する。書道を対象とした技能体験システムを開発しているが、本システムを用いて書道技能を体験すると、まるで先生の手と自分の手が重なり、まるで自分の手で文字を書いている感覚が得られた。

そこで、本研究では、この技能体験システムを用いて動作の体験を行わせ、同時に筋電や脳波の計測やフィードバックと組み合わせることで、脳神経回路の再建や回復を促進し、運動機能回復を実現する。

## 2. 研究の目的

本研究は、脳卒中片麻痺の運動障害に対する新しいリハビリテーション訓練システムの開発を目的としている。随意運動を反復することにより、脳神経回路を再建したり回復させたりする手法が注目されている。運動学習では、感覚フィードバックや自分自身で筋肉を動かしている感覚を持つことが重要である。研究代表者は、技能体験システムを用いることで、先生の手と自分の手が重なり、まるで自分の手で文字を書いている感覚を得ることに成功している。そこで、本研究では技能体験システムと筋電の計測や力触覚フィードバックを組み合わせたり、拡張現実感 (AR) 技

術を利用したりすることで、新しい運動機能回復リハビリテーション訓練システムの開発を行う。

## 3. 研究の方法

平成 24 年度は、バーチャルリアリティ (VR) 技術の一種である拡張現実感 (AR) 技術を用いた上肢リハビリテーション訓練システムを開発した。患者の手にマーカーを装着し、マーカーをカメラで撮影することで患者の手の位置情報を計測し、手の位置にコンピュータグラフィックス (CG) で作成した手の映像を重ねて表示した。また、患者の上肢の筋電信号を計測し、筋電信号から手を動作させる意志を計測した。麻痺があり手が上手に屈曲させられない場合でも、CG の手が正しく屈曲することで、自分の手を屈曲させている感覚を体験させた。また、実際に麻痺のある患者に対しても体験実験を実施し、その効果について検討した。

平成 25 年度は、平成 24 年度に開発した AR 技術を用いた上肢リハビリテーション訓練システムを改良し、小型モニタの位置を調整することで、自分の手がある位置に CG の手が重なって見えるようなバーチャルハンドリハビリ訓練システムを構築した。開発したシステムを用いることで、患者の手の位置に重ねて表示した CG の手の映像に対し、どの程度身体所有感の転移が起きているのか、定量的な評価を行った。また、モーションキャプチャシステムと同期させて書画動作のリハビリテーション訓練を実施するために、手書き文字支援ロボットデバイスを開発した。また、開発したシステムについて、医師や理学療法士とも協力して評価法の検討と有用性の検証を行った。

## 4. 研究成果

(1) 本研究では、バーチャルリアリティ (VR) 技術の一種である拡張現実感 (AR) 技術を用いた上肢リハビリテーション訓練システムを開発した (図 1 参照)。患者の手にマーカーを装着し、マーカーをカメラで撮影することで患者の手の位置情報を計測し、手の位置にコンピュータグラフィックス (CG) で作成した手の映像を重ねて表示した。また、患者の上肢の筋電信号を計測し、筋電信号から手を動作させる意志を計測した。麻痺があり手が上手に屈曲させられない場合でも、CG の手が正しく屈曲することで、自分の手を屈曲させている感覚を体験させることができた。また、CG の手が物体に接触した場合に、振動を利用した触覚フィードバックを行った (図 2 参照)。触覚フィードバックを追加することで、手が対象物に触れている感覚を提示できた。実際に麻痺のある患者に対しても体験実験を実施し、その効果について検討した。



図 1 : AR 技術を用いた上肢リハビリテーション訓練システム

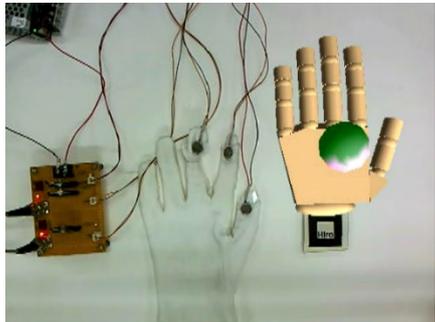


図 2 : 振動刺激を利用した接触感覚フィードバック

(2) 位置と力覚の同時提示による技能体験の官能評価を実施した。自分自身の動作(技能)を体験することで、技能自体の伝達について直接的に評価を行った。位置と力覚を同時に提示することによる相乗効果を確認した。

(3) 拡張現実感 (AR) 技術を用いた上肢リハビリテーション訓練システムを改良し、小型モニタの位置を調整することで、自分の手がある位置に CG の手が重なって見えるようなバーチャルハンドリハビリ訓練システムを構築した (図 3 参照)。このバーチャルハンドリハビリシステムを用いて、被験者の手の位置に重ねて表示した CG の手に対し、どの程度身体所有感の転移が起きているのか、定量的な評価を行った。評価には、アンケートによる内観報告、ドリフト量の計測、そして筋電信号を用いた。CG で表示されたバーチャルハンドにも身体所有感の転移が起きていることを確認した。

(4) 書字訓練を想定したリハビリテーション訓練システムを構築するために、手書き文字支援ロボットデバイスを開発した (図 4 参照)。



図 3 : バーチャルハンドリハビリ訓練システム

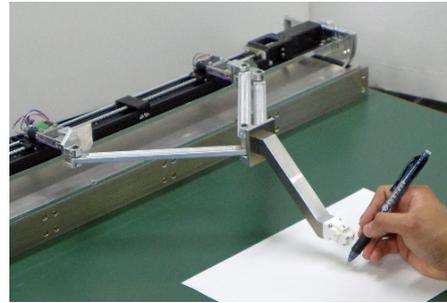


図 4 : 手書き文字支援ロボットデバイス

(5) 医師や理学療法士等リハビリテーションの専門家との協力体制が確立され、開発したシステムの評価方の検討や有用性の検証を行い、今後の発展システムについても検討した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Jumpei Arata, Masashi Hattori, Shohei Ichikawa, Masamichi Sakaguchi: Robotically Enhanced Rubber Hand Illusion, IEEE Trans. on Haptics, Vol.7, 2014, in press  
DOI: 10.1109/TOH.2014.2304722

[学会発表] (計 8 件)

- ① 青山真士, 齋藤恭裕, 坂口正道, 藤本英雄: AR を用いた上肢リハビリ訓練システムの構築, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012, 1P1-006 (2012.5.28).
- ② 川上文啓, 坂口正道, 藤本英雄, 武居直行, 青木広宙: 位置と力覚の同時提示による技能体験の官能評価に関する研究, 日本

- ロボット学会第 30 回記念学術講演会,  
4C1-4 (2012. 9. 20).
- ③ 青山真士, 齋藤恭裕, 松永瑞希, 坂口正道:  
AR を用いた手指麻痺リハビリ訓練システム  
の評価, 生活生命支援医療福祉工学系  
学会連合大会, OS1-2-2 (2012. 11. 2).
  - ④ 齋藤恭裕, 青山真士, 松永瑞希, 坂口正道:  
AR と生体信号と用いた上肢リハビリ訓練  
システムの開発と評価, 第 13 回計測自動  
制御学会システムインテグレーション部  
門講演会, 3J1-4, pp. 2471-2474  
(2012. 12. 20).
  - ⑤ 坂口正道, 松永瑞希, 青山真士, 齋藤恭裕,  
荒田純平: 視覚刺激と触覚刺激を同期さ  
せた上肢リハビリ訓練システムの開発,  
日本機械学会ロボティクス・メカトロニ  
クス講演会 2013, 1A2-C11 (2013. 5. 23).
  - ⑥ 坂口正道, 西和田昌恭, 青山真士: VR 技  
術を用いた運動学習評価システムの試作,  
第 14 回計測自動制御学会システムインテ  
グレーション部門講演会, 2I1-5,  
pp. 1553-1555 (2013. 12).
  - ⑦ 坂口正道: バーチャルリアリティ技術を用  
いたリハビリテーション最前線 (指名  
講演), 医工学治療 (日本医工学治療学会  
第 30 回学術大会抄録集), Vol. 26, No. 87,  
p. 91 (2014. 03. 22).
  - ⑧ 坂口正道, 青山真士: 拡張現実感を用いた  
バーチャルハンドイリュージョンシステ  
ムの開発, 日本機械学会ロボティクス・メ  
カトロニクス講演会 2014 (2014 年 5 月発  
表).

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: 技能訓練システム  
発明者: 坂口正道  
権利者: 名古屋工業大学  
種類: 特許  
番号: 特願 2012-274390  
出願年月日: 2012 年 12 月 17 日  
国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

坂口 正道 (SAKAGUCHI MASAMICHI)  
名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教  
授

研究者番号: 6 0 2 8 3 7 2 7