

平成 22 年 4 月 15 日現在

研究種目：若手研究（A）  
 研究期間：2008 ～ 2009  
 課題番号：20680030  
 研究課題名（和文） 運動学習モデルによるバーチャルリアリティ片麻痺上肢訓練システムの開発と効果検証  
 研究課題名（英文） Development of arm training system for hemiplegic upper-extremity after stroke using virtual reality motor learning and evaluation of the effect.  
 研究代表者 古澤 義人 (Furusawa Yoshihito)  
 東北大学・病院・医員  
 研究者番号：70396498

研究成果の概要（和文）：脳卒中片麻痺上肢の機能訓練法として、効果的かつ日常的に実施可能な訓練法が求められている。今回、ミラーニューロンシステムによる運動学習モデルを用いた訓練装置を作成し、上肢訓練の遂行を画面上のバーチャルな模擬手の動きに合わせて行なうことにより効果的な機能回復を図ることを目的とした。健常者、脳卒中片麻痺患者を対象とし、訓練システムを用いた動作解析、使用感の検証を行ない、効果的な動作を分析した。

研究成果の概要（英文）：A training method that can be executed effectively and daily is requested for hemiplegic upper-extremity after stroke. In this study, a new training system was developed using the theory of mirror neuron system. The system was consisted of PC, display and motion sensor of an affected hand. Subjects were required to move the affected hand on the desk according to the movement of the virtual hand in the display. The effects of imitating movement for hemiplegic training were evaluated by 3D motion analysis and questionnaires with healthy subjects and hemiplegic patients.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	11,100,000	3,330,000	14,430,000
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
年度			
総計	13,200,000	3,960,000	17,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション、片麻痺上肢、運動学習、バーチャル・リアリティー、動作解析

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 脳卒中片麻痺の上肢機能リハビリテーションと脳の可塑性

脳卒中片麻痺の上肢機能リハビリテーションは、従来健側への機能訓練を主体とし利

き手交換など健側での ADL の改善が目的にされ、患側に対しては関節可動域の改善など廃用や痙縮に対する対応が行なわれていた。しかし脳の可塑性に関する神経基盤が明らかになってきたこととともに、患側に対する

アプローチにより麻痺自体の改善効果が急性期のみならず慢性期においても得られることが明らかになってきた。

## (2) 新たな治療法の現状と問題点

訓練法の一例として片麻痺患者の非麻痺側をスリングなどで拘束して麻痺肢の使用を強制する CI 療法 (Constraint-induced movement therapy) があり、米国を中心に広く普及している。また日本リハビリテーション学会編纂の脳卒中ガイドラインでは、CI 療法を始め、経頭蓋磁気刺激、治療的電気刺激、治療用ロボットがエビデンス I b レベルに位置づけられ推奨されている。このため従来の訓練法に加え、新たに脳可塑性の知見を生かした訓練方法の検討や心理学的知見や工学技術の導入が行なわれるようになってきた。

一方これらの治療法の問題点として、治療に多大な時間と人的資源、高度な装置などを要することがあり、現実的には実施が困難なことが多い。このため、より効率的かつ簡易的に実施が可能な訓練法が望まれる。

## (3) 運動学習による効率的な訓練の可能性

片麻痺の治癒過程を運動学習の面から捉えたときに、課題指向型の ADL 訓練・豊富な練習量が必要であることが明らかになった。また学習効果の定着率は、試行間時間を多くとる、動作にバリエーションをつける、複数の課題を行なう、順序をランダムにすることにより向上することがわかっているが、具体的に訓練の量、間隔、種類、訓練量をどのようにするか介入の方法論についてはまだほとんど検討されていない。

近年、他者の動作の観察や模倣に際して活動するミラーニューロンシステムが注目されており、認知神経科学の分野で広く研究が行なわれている。ヒトの脳機能画像から前頭葉・頭頂葉に機能局在がみられ、模倣動作は運動学習につながるしくみとして注目される。このような運動学習研究における知見をいかした片麻痺上肢訓練への応用についてはまだ研究がほとんど行なわれておらず、可能性が期待される。

## 2. 研究の目的

今回、運動学習モデルにおける片麻痺上肢訓練の効率化を期待し、ミラーニューロンシステムの理論から模倣動作を行なうことによる訓練の効果を検証することを研究の目的とした。

また、簡易的なバーチャルリアリティ装置による訓練法を開発する事により、日常診療および自宅での訓練にも用いる可能性を拓くことも目標とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 訓練装置の開発

麻痺側上肢訓練を、バーチャルリアリティによる模擬手の動きに合わせて支持的に行なうことができるシステムを作製した (図 1)。装置は、PC、ディスプレイ、WEB カメラ、3 軸モーションセンサーから構成され、被検者は机の上にて患側上肢の訓練を行なう。

課題はコンピューターソフトにより制御され、画面上に模擬手を提示し訓練が指示される (図 2)、被検者は麻痺手にセンサー装着し机の上にて指示通りの動作を遂行する。動作は様々な種類の模倣によって行なわれ、麻痺レベルに合わせ、ゲーム的要素を取り込み



訓練が意欲的に行えるものとした (図 3)。

### (図 1) システム外観図

カメラとモーションセンサーを用い麻痺手の動作をモニターする。課題はディスプレイ上に提示される。



### (図 2) 提示画面

机上のターゲットに対応するバーチャルな空間を提示し、種々の上肢動作訓練を実施する。

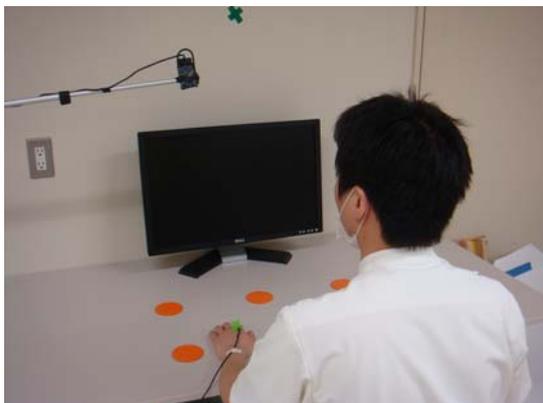


(図3) ゲーム画面の一例  
モグラたたきゲーム。ターゲットに提示された記号に応じて複数の上肢動作を行なう。

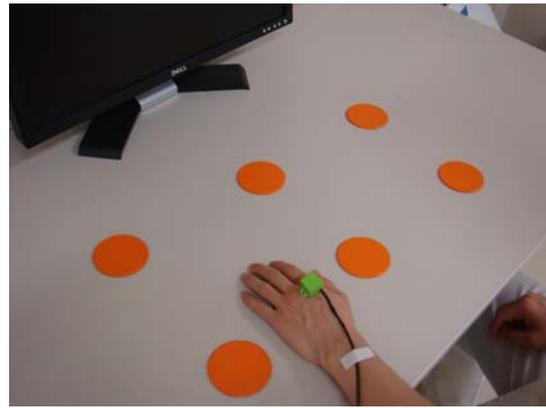
## (2) 実験

対象は、健常被検者および脳卒中片麻痺患者 Brunstrom stage III以上とし、各4名を測定した。前述のシステムを用い、以下の訓練を施行した。(図4, 5)

- ①健常被検者および片麻痺患者により、装置の動作検証と改良を行なった。
- ②健常被検者と片麻痺患者の上肢の3次元動作分析を行ない、それぞれの動作特性を解析した。動作分析は、所定の部位に反射マーカーを設置してモーションキャプチャーシステムにより記録した。遂行動作は、手の到達運動、手関節の底屈・背屈屈運動、肘関節の回内・回外運動とした。
- ③健常被検者と片麻痺患者の模倣動作の有る無しによる即時効果を調べた。模倣動作として、単純模倣、順序記憶、画面上物体操作を設定した。



(図4) 訓練風景  
訓練装置は、座位となり机の上に麻痺側上肢を置き、眼前のディスプレイに提示された指示によって所定の動作することによって行なう。



(図5) モーションセンサー  
手背部に固定し、3軸動作をモニターする。

## 4. 研究成果

(1) 被検者によるシステムの検証  
操作性、安全性、センサーの精度について、ビデオ分析およびアンケート調査を行なった。麻痺患者においては、上肢屈曲パターンを生じ、動作が十分に行えない例も多く、到達距離を机上ターゲット間の距離の調整、動作角度の設定にて対応した。有害事象はなく安全性においては特に問題を生じなかったが、センサーを手背に固定するため、長時間の装着において違和感が生じた。また、比較的単純な動作訓練であるため、10分以上の長時間の使用については疲労と飽きを生じる傾向があった。このため、ゲームとして利用、外部入力機器への対応など拡張性を持たせ日常的な活用も出来るよう改良したところ、比較的長時間の利用も可能となった。以上より、限界はあるものの概ね簡便なバーチャルリアリティ環境による訓練システムを構築することが出来た。

### (2) 上肢動作分析

片麻痺患者においては、麻痺 stage の低い患者ほど屈曲パターンを誘発し体幹による代償を要した。手到達運動、肘関節回内外運動、手関節底背屈屈運動の順で動作が困難となる傾向があった。また、長時間施行により、動作パターンの変化を生じた。疲労と屈曲パターンの誘発と考えられた。

(3) 視覚提示の有る場合と無い場合を比較したところ、動作の速度、軌跡、スムーズさにおいては有意差を示さなかったが、動作の視覚提示があった方が訓練による実施時間、動作が容易となった。また、模倣動作は単純模倣より順序動作および物体操作の間に、動作の速度、軌跡、スムーズさにおいて有意差は見られなかった。

以上より、今回は、長期的な訓練効果の検証が出来ず単回の即時効果の評価にとどまった。このため模倣動作による訓練効率の変化において十分な効果の検証が行えなかったが、バーチャルリアリティ技術を用いた模擬手の提示により上肢動作が容易に行える可能性が示唆された。またゲーム要素を取り入れることにより、長時間の実施が可能であることが考えられた。今後、訓練要素のさらなる検討と長期介入効果を検討する必要がある。日常診療でも導入できる簡便な片麻痺上肢の訓練システムにおいて、模倣動作による訓練効果の可能性を示した。

#### 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)

[学会発表] (計1件)

動作分析用反射マーカー装着に関する一工夫、古澤義人、第30回臨床歩行分析研究会、2008.11.2、北海道工業大学(札幌)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

古澤 義人 (Furusawa Yoshihito)

東北大学・病院・医員

研究者番号：70396498

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

出江 紳一 (Izumi Shinichi)

東北大学・大学院医工学研究科・教授

研究者番号：80176239