

機関番号：32601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20700465

研究課題名（和文） 環境との相互作用を活用した人間の動的な適応能力を改善するリハビリ訓練技術の開発

研究課題名（英文） Development of rehabilitation training technology to improve human's dynamic adaptability by the interaction with environments

研究代表者 武藤 剛 (MUTO TAKESHI)

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号：50433701

研究成果の概要（和文）：本研究では、正確な肢体運動制御に必要な心的なはたらきの一つである *Body Image* に注目し、動的な環境との相互作用の中で人間が新たに認知-運動機能を獲得する過程の実験的解析とその工学的な応用を進めた。具体的には、肢体麻痺患者の書字訓練及び、上肢関節の屈伸動作の訓練における *Body Image* の補正を目的とする訓練装置の提案と、その有効性評価を行った。

研究成果の概要（英文）：Focusing on *Body Image* as a psychological function to control precise limb motion, this study performed experimental analysis of the process to gain new cognitive-motor function by the interaction with dynamic environments and their engineering applications. Concretely training devices to modify *Body Image* to improve preciseness of handwriting and bending-and-stretching exercise of upper limb were suggested, and evaluated the effectiveness of them.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野： ヒューマンインタフェース，福祉工学，

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： ボディイメージ，リハビリテーション，相互引き込み，福祉工学，複雑性

1. 研究開始当初の背景

発達心理学やリハビリテーション科学の領域では、人間の新たな認知-運動機能の獲得には身体動作を介した外部環境との相互作用が必要であることが示唆されている。しかし、福祉工学の分野での障がい者の機能回復訓練の支援機器の設計・開発において、そのような相互作用を積極的に活用するための枠組みは提案されておらず、真に障がい者の機能回復を支援できているとは言い難い。そのため、外部環境との相互作用という観点

からの新たなリハビリ訓練装置の設計論が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

申請者らは、これまでの研究で、このような外部環境との相互作用を活用したリハビリ訓練が、人間が状況に応じて動作をリアルタイムで変化させ、外部環境に動的に適応する機能 (**Dynamic adaptability**) の改善に有効であることを報告している。そこで、本研究では、このような適応機能を生み出す認知

一運動機能の1つである *Body Image* (人間が動作を行う際に、それを事前にシミュレートすることのできる心的なはたらき) が障害により変化してしまうことに注目し、外部環境との動的な相互作用という観点から *Body Image* を改善するリハビリ訓練装置の開発を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、片側性、又は両側性の肢体麻痺障害の改善過程を具体的な対象として、環境との相互作用に基づき人間が環境への動的な適応能力を獲得していくメカニズムの解析とその工学的な応用技術の開発を行った。特に、肘関節の屈伸運動を対象とした、比較的単純な動作における *Body Image* と、より複雑な動作である硬筆の書字動作における *Body Image* の、双方の改善を目的とした訓練装置の開発と、その有効性の検討を行った。

(1) 単純な上肢動作を対象とした訓練装置

図1のような上腕を模したCG画像によって提示される周期的に関節角度が変化する仮想的な鏡像に、患者がリアルタイムで動きを同調させることで、リハビリ訓練を行う Biofeedback 訓練装置の開発をすすめた。

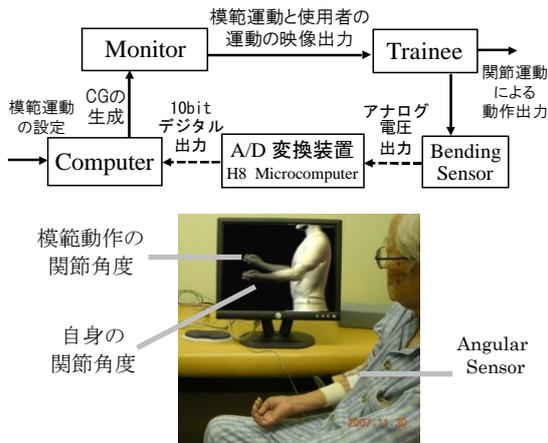


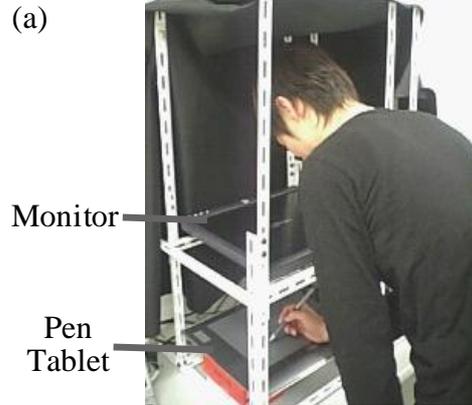
図1 単純な上肢動作を対象とした *Body Image* を改善する訓練装置

(2) 複雑な上肢動作を対象とした訓練装置

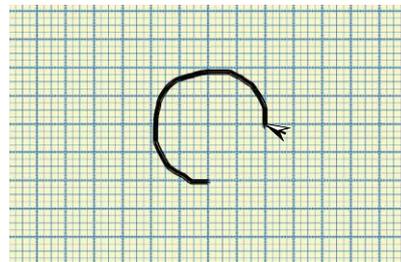
図2のような書字訓練装置を開発した。被験者はPCモニター上で模範的な書字が行われるプロセスをリアルタイムで見ながら、その真下にあるペンタブレット上でペン入力デバイスにより同様の書字を行うことができる(図2(b))。これにより、書字に必要な *Body Image* が不完全であっても、その視覚的な情報による補完がなされることがわかる。

特に、より効率的な書字訓練を実現する目的で、この装置を2台組み合わせ、図2(c)のような訓練者と被訓練者、2名によって行うインターパーソナルインタラクションに

基づく書字訓練を実現するシステムを構築した。この機能によって、訓練者と被訓練者の間で、視覚的なイメージを交換できるので、模範となる運筆動作を、訓練者が被訓練者の動きに応じてリアルタイムでコントロールすることが可能となる。



(a)



(c)

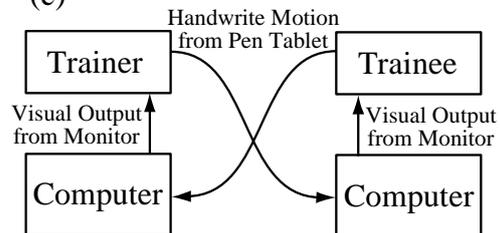


図2 書字における *Body Image* を改善する訓練装置

4. 研究成果

(1) 単純な上肢動作を対象とした *Body Image* の補正

上肢肢体運動における *Body Image* の補正には、単に、模範動作を提示するだけでなく、本提案装置に実装されているような、訓練者から装置へのより正確な適応動作を促すためのフィードバック機能が不可欠であることが明らかとなった(図3)。そして、そのような機能によって、図4のような *Body Image* の改善がさらなる *Body Image* の改善を促す連鎖的な形式の改善メカニズムの実現が可能となることが示唆された。

さらに、このような仕組みに基づき、より効率的な訓練効果が期待できる Biofeedback 技術として、提示される模範動作からも使用

者の動作に適応するインタラクティブな形式の訓練装置の試験的な開発をおこない、その訓練がより効率的な *Body Image* の改善を実現できる可能性も示された (図 5)。

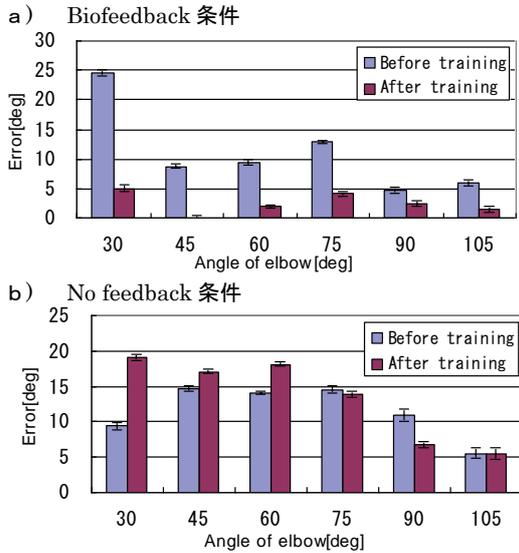


図 3 Biofeedback による *Body Image* の改善



図 94 連鎖的な *Body Image* の改善メカニズム

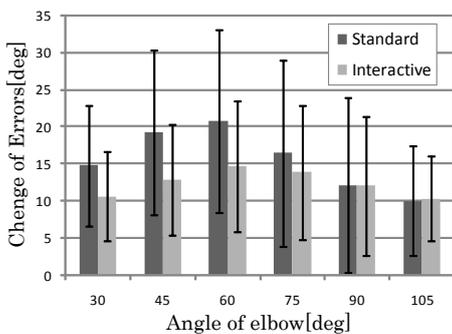


図 5 インタラクティブな形式の訓練による *Body Image* の改善

これらのことから、比較的単純な動作を対象とした *Body Image* の補正訓練において、我々の提案する Biofeedback を活用した訓練装置が、障害によって変化してしまった *Body Image* の再建に有効であること、そして、そのような機能によって実現される連鎖的な形式の改善メカニズムの積極的な活用が効率的な *Body Image* の改善に有効であることが示された。

(2) 複雑な上肢動作を対象とした *Body Image* の補正

作成した訓練装置を用いた書字訓練の実験を行った結果、正しい運筆プロセスを映像として一方向的に提示した場合では、書字の精度が十分改善されなかった。しかし、訓練者と被訓練者が映像を介してリアルタイムで、運筆プロセスを交換する形式の訓練では、その書字精度が改善されることが明らかとなった (図 6)。このことから、効率的な運筆動作の学習には、本研究が提案するような、視覚的なフィードバックに基づく *Body Image* の補正及び、その補正された *Body Image* と予測的なフィードフォワード制御によるスムーズな運筆動作の、双方を実現できるインターパーソナルなインタラクションに基づく書字の支援が有効であることが示された。

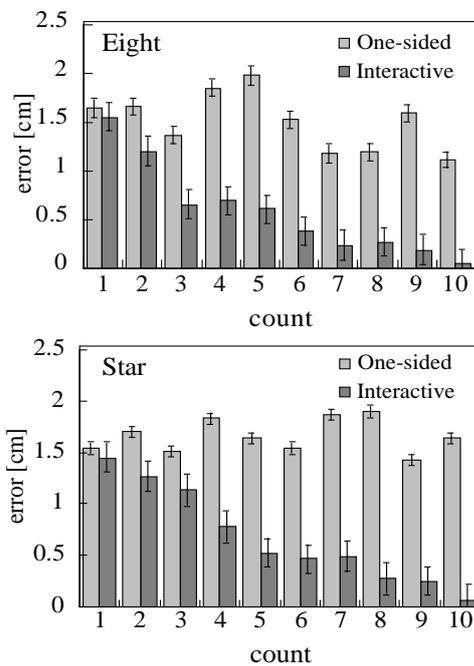


図 6 インタパーソナルな書字訓練における *Body Image* の補正プロセス

(3) 研究成果の位置づけ

Body Image を補正する訓練手法の 1 例として、ミラーセラピー [Ramachandran, 1999] が挙げられる。また、本研究と同様にモニタにより提示される映像を用いた *Body Image* の支援技術も提案されている [Giroux, 2003], [Sirigu, 2005]。

しかし、これらはいずれも使用者自身による模範動作の自演や、模範動作への一方向的な適応によるものであり、外部環境との相互作用という観点からの訓練技術ではない。一方、本研究成果は、人間が新たな機能獲得をする局面と個体間の相互作用の関係を対象としており、福祉工学や、学習支援技術などの領域において、そのメカニズムの技術的な応用に対し示唆を与えうるものである。

(4) 今後の展望

近年、認知運動療法や、音楽運動療法、CI療法のような、脳の高次機能への直接的な働きかけを用いた、リハビリ訓練手法が目立っている。このような手法は、**Neurological Rehabilitation** と呼ばれ、障害の原因となっている脳機能そのものを回復させることを目的としている点で、従来のリハビリ訓練とは大きく異なる。すでに述べたように、本研究で改善の対象とした *Body Image* も、頭頂葉連合野や、**Bimodal Neuron**, **Mirror Neuron** といった、高次の脳機能との関係が示唆されている。このような点から、今後の展望として、様々な患者を対象とした臨床実験をすすめ、本研究のような外部環境との相互作用との観点からの **Neurological Rehabilitation** に基づく福祉工学技術としての有効性を検討することを予定している。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① 土屋喬, 小宮山撰, **武藤剛**, 運筆音を活用した書字訓練装置の開発, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 12, No. 4, 2010, pp. 451-458
- ② **武藤剛**, 佐久田博司, 小宮山撰, 柴喜崇, 福田倫也, *Body Image* の改善を目的とした Biofeedback 技術の提案, バイオフィードバック研究, 査読有, Vol. 37, No. 1, 2010, pp. 53-62
- ③ **武藤剛**, 松井田有加, 佐久田博司, 福田倫也, 柴喜崇: Biofeedback を用いた *Body Image* のリハビリ訓練装置の開発, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 11, No. 4, 2009, pp. 421-428
- ④ **武藤剛**, 石川莉子, インターパーソナルなインタラクションに基づく書字支援技術, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol. 11, No. 1, 2009, pp. 37-44

[学会発表] (計9件)

- ① 土屋喬, 小宮山撰, **武藤剛**, マルチモーダルな情報を用いた書字訓練装置の開発, Proc. of the Human Interface Symposium2010, 2010年9月9日, 滋賀, pp. 469-472
- ② **武藤剛**, 他者とのインタラクションに基づく *Body Image* の支援技術, ヒューマンインタフェース学会コミュニケーション支援専門研究会第3回研究談話会, 2010年3月7日, 浜松
- ③ T. Muto, S. Komiyama, R. Ishikawa, Inter-Personal Interaction for Handwrite Training ~ a Study for Development of Handwrite Skill Training Robot~, Robot and Human Interactive Communication

2009 (RO-MAN2009), Oct. 1st, 2009, Toyama, Japan, pp. 1173-1178

- ④ 土屋喬, 小宮山撰, **武藤剛**, 運筆音を活用した書字訓練装置の開発, Proc. of the Human Interface Symposium2009, 2009年9月3日, 東京, pp. 773-776
- ⑤ **武藤剛**, 松井田有加, 佐久田博司, 柴喜崇, 福田倫也, Biofeedback による *Body Image* のリハビリ訓練装置の開発, 日本バイオフィードバック学会 学術総会抄録集, 2009年6月28日, 大阪, pp. 40 (日本バイオフィードバック学会学術総会優秀プレゼンテーション受賞)
- ⑥ 土屋喬, 小宮山撰, **武藤剛**, 聴き書字: パーチャル運筆音によるペン習字支援, 情報処理学会 インタラクション 2009 予稿集, 2009年3月6日, 東京, pp. 132-133
- ⑦ 石川莉子, 小宮山撰, **武藤剛**, 書字訓練におけるボディイメージ支援プロセスの解析, Proc. of the Human Interface Symposium2008, 2008年9月3日, 大阪, pp. 661-664
- ⑧ **武藤剛**, 松井田有加, 福田倫也, 柴喜崇, Biofeedback による *Body Image* のリハビリ訓練装置の開発, Proc. of the Human Interface Symposium2008, 2008年9月3日, 大阪, pp. 655-660
- ⑨ **武藤剛**, コミュニティ機能の創出を志向した身体的インタフェース技術, CATKAT 研究会, 2008年7月12日, 東京

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 書字訓練支援装置

発明者: 武藤 剛, 小宮山 撰, 土屋 喬

権利者: 学校法人青山学院, 武藤 剛

種類: 特許

番号: 特願 2009-017418

出願年月日: 21年6月8日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://raweb.jm.aoyama.ac.jp/aguhp/KgApp?kojinId=gefcb>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武藤 剛 (MUTO TAKESHI)

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号: 50433701