

書字におけるボディイメージ支援技術の開発

石川 莉子[†] 武藤 剛[†]

Development of Support Technology for the Body Image in Handwriting

Riko Ishikawa,[†] Takeshi Muto[†]

1. はじめに

脳梗塞などの脳神経系疾患は、しばしば片側性肢体麻痺を引き起こすことが知られており、日常生活に必要とされる肢体運動を正しく制御することを困難とさせる。その原因として、筋力や関節可動角度によって特徴付けられる身体運動の自由度の低下が挙げられるが、それだけでなく実際に肢体運動の適切なコーディネートに必要とされる無意識的な身体感覚（本研究ではボディイメージと呼ぶ）も変化してしまうことも知られている¹⁾。

従来このような感覚を訓練する手法としては、Ramachandranらによって提案されているミラーセラピー^{1),2),3)}が挙げられる。これは患者自身が健側の手で模範となる運動をリアルタイムで提示することによって患側のボディイメージの支援を行う手法である。本研究ではこのような手法をもとに、これまで工学的な障害支援技術の開発ではあまり注目されてこなかった肢体運動のボディイメージに注目し、それを支援するための装置の開発を進めている。本稿では、上肢麻痺の訓練でよく用いられる書字訓練を取り上げ、我々が新たに構築したボディイメージの支援装置の紹介と、その有効性評価に関する報告を行う。

2. 実験装置

我々の提案する支援装置は、Fig.1のように構成されている。被験者はPCモニター（Dell E193FPP）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（WACOM Intuos3 PTZ-930/GO）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。これにより、書字に必要なボディイメージ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。このようなボディイメージの支援技術は、Giroux⁴⁾やSirigu⁵⁾らによって提案されているが、本研究はそれを書字支援に応用するための手法を新たに提案するものである。

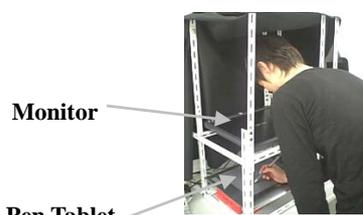


Fig.1 ボディイメージの支援装置

3. 実験

3.1 書字におけるボディイメージ

書字に必要なボディイメージを計測するため、単純な図形を描画するタスクを用いた予備実験を行った。特に、書字を行うことのない健常者の非利き手側をボディイメージが十分獲得されていない麻痺側と見立て、6名の健常者を対象として、利き手側及び、非利き手側で円を描いた場合の比較を行った。具体的には、利き手側で自分の運動を視覚的に見ながらの書字 (a)、視覚的な情報提示が行われない場合の利き手側の書字 (b)、非利き手側で自分の運動を視覚的に見ながらの書字 (c) の3パターンの書字プロセスの計測を行った。

その結果の1例をFig.2(a)-(c)に示す。すると、(a)の場合に比べ、(b)や(c)では、書字の開始点と終点の線の接続がなされていないことがわかる。また、このような傾向を定量的に評価するため、すべての被験者の書字の開始点と終点の距離の計測を行った。その平均値をFig.2(d)に示す。すると、先ほどの例と同様の傾向を有意に確認することができた($p < 0.01$)。

これらの結果から、書字における運筆運動の制御には、ボディイメージだけでなく、視覚的な情報のフィードバックも大きく関わっている可能性が明らかになった。また、このことから視覚的な情報提示に技術的に介入することが、不完全なボディイメージを補完する上で有効であることが予想される。

3.2 ボディイメージの支援

予備実験を踏まえ、視覚的な情報のフィードバックに介入し、不完全なボディイメージを支援する装置のプロトタイプを開発した。その概要を、Fig.3に示す。

[†] 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科
Department of Integrated Information Technology, College of
Science and Engineering,
AGU - Aoyama Gakuin University.

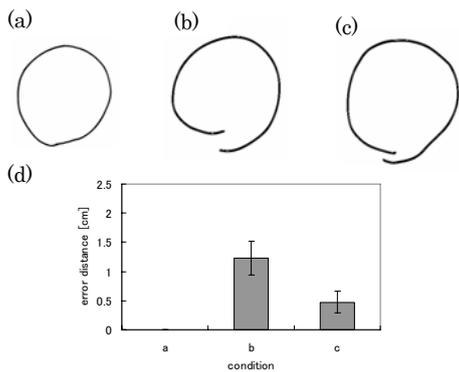


Fig.2 書字プロセスの比較

これは、Fig.1の装置を2台組み合わせたものとして構成されている。一方の被験者（被験者A）は、もう一方の被験者（被験者B）の書字プロセスである、事前に記録されたペンタブレットから入力された書字プロセスを観察しながら書字を行うことができる。従って、被験者Aが障害者で、被験者Bが健常者であれば、被験者Bによって提示される模範的な書字プロセスを観察しながら書字を行うことができる。従って、仮に正しいボディイメージが獲得されていなくても、適切に文字を描けることを期待できる。また、本装置には両被験者の間で書字プロセスをリアルタイムで交換する機能も実装されており、被験者Bも同様に被験者Aの書字プロセスを観察しながら、書字を行うことが可能となる。この場合、模範を提示する側は、必要に応じて障害者側の書字の様子を伺いながら進めることができるので、一方的に模範動作を提示するだけでなく、一方の被験者の運筆に応じたペースで模範をインタラクティブに示すことが可能となるメリットがある。

Fig.4に、そのような実験を行った一例を示す。(b)は、予備実験と同様に健常者の非利き手側を片麻痺患者の患側に見立て、非利き手で予備実験よりも複雑なタスクである”8”の字を天地逆さまの書き順で書いた結果である。すると、通常の書き順でかつ右手で書いた場合(a)に比べ、描かれた文字の曲線の曲率が不安定で文字全体が変動している様子がわかる。このことから、非利き手側で”8”の字を天地逆さまの書き順で書くためのボディイメージは十分獲得されていなかったと考えられる。また、(c)に同一被験者で提案装置による健常者による利き手側を用いた書字による一方向的な支援を行った場合の例を示す。すると、(b)に比べ、曲線の曲率の変動も少なく書字が安定に行われていることが確認できる。また、(d)に提案装置によって模範的な書字プロセスがインタラクティブに提示された場合のデータを示す。すると、(b)に比べ、ゆがみは補正されているだけでなく、(c)と比べても曲率の急激な変動箇所が少なくなっているように見受けられる。次にこの様な傾向をより詳細に解析するため、書字の始点と終点のずれの長さを計測した。Fig.5に(c)と

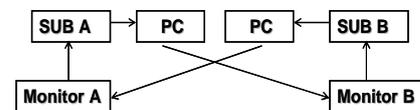


Fig.3 提案するボディイメージの支援装置

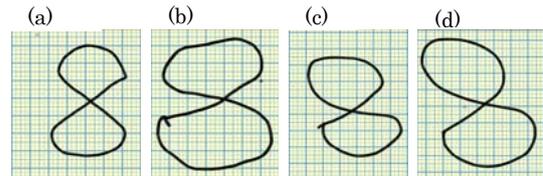


Fig.4 ボディイメージを支援された書字

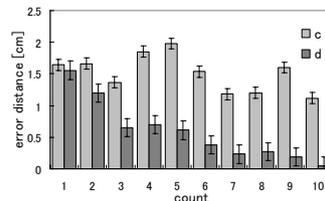


Fig.5 回数による比較

(d)の条件下において、同じ被験者が同様の”8”の字を書字を10回行った際の始点と終点のずれの平均値を示す。すると一方向的な形式による

支援(c)では、書字の始点と終点のずれの大きさが減少する傾向($p = 0.50$, One-way repeated ANOVA)は見られなかったが、インタラクティブな形式による支援(d)では、有意に減少する傾向($p < 0.01$, One-way repeated ANOVA)が見られた。このことから、繰り返し試行を行う場合では、一方向的な形式よりもインタラクティブな形式の支援の方が正確な書字に必要なボディイメージをより正しく補完できていたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、書字課題を用いたボディイメージの支援技術の提案を行った。その結果、正確な書字をするための模範的な運筆をリアルタイムで提示できる手法の提案と、そのような装置による支援が適切になされることで、正確な書字に必要なボディイメージを部分的に補完できる可能性を示した。また、ボディイメージ支援技術として従来提案されている手法である、模範的な書字プロセスの様子を一方的に提示する手法を発展させ、教師役の被験者が患者役の被験者と書字タイミングを合わせながら模範となる動作を示すインタラクティブな支援技術の提案も行った。そして、そのような手法のほうがより効果が高い可能性を示した。

今後は、本研究で新たに提案したインタラクティブな形式のボディイメージの支援の有効性をより詳細に検討する予定である。

参考文献

- 1) V.S. Ramachandran, Sandra Blakeslee : 脳のなかの幽霊, 角川書店 (1999).
- 2) 手塚康貴, 松尾篤 : 脳卒中方麻痺患者に対するミラーセラピー : 理学療法学, Vol. 22 (2005).
- 3) Altschuler, E.L., Wisdom, S.B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D.M., Ramachandran V.S.: Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353, pp.2035-2036 (1999).
- 4) Giroux, P., Sirigu, A.: Illusory movements of the paralyzed limb restore motor corex activity. *Neuroimage*, Vol. 20, S107-111 (2003).
- 5) A.Sirigu: Last but not least: *Perception*, Vol. 34, pp. 1153-1161 (2005).