

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月25日現在

機関番号：32425

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500903

研究課題名（和文） 力覚により運筆を支援した視覚障害のための書字訓練システム

研究課題名（英文） Writing training system for the visually impaired to help stroke by force

研究代表者

村井 保之（MURAI YASUYUKI）

日本薬科大学・薬学部・准教授

研究者番号：30373054

研究成果の概要（和文）：本研究では、視覚障がい者の書字訓練を支援するため、力覚装置を用いた書字訓練システムを提案した。本システムは、登録された文字データに基づき力覚装置からの力覚により、運筆を制御することで、書字中の距離感を出すとともに、紙の上の筆記感触を再現し、学習者が筋運動感覚のパターンとして記憶できることを目指した。試作したシステムでは力覚装置の提示力が、実際の筆記に近い状態で墨字の形状や筆記時の力加減を表現できることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of our study is to help visually impaired people to learn how to write. We developed a writing training system with haptic interface. This system controls brush strokes based on template characters by the haptic interface. It focused on showing a length of one stroke while writing, providing a pseudo-sense of writing on the paper, and enabled learners to memorize kinetic task as a pattern. The prototype system makes it clear that the haptic interface is to express shapes of letters and handwriting pressure exactly.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：視覚障害補償，力覚，書字訓練，ヒューマン・インタフェース

1. 研究開始当初の背景

視覚障がい者の間でも点字より墨字の使用が求められている。視覚障がいには、先天障害と事故や病気などによる中途での障害があり、文字の字形を知っている中途視覚障がい者は書き位置さえ教えれば、簡単な文字はなんとか書くこともできる。しかし、その手書きの能力（記憶）は使用しなければ失われる。また、多くの先天視覚障がい者は、最低でも自分の名前は書けるように訓練は受けるものの、そこまでには至らないことがおおい。墨字で自分のサインを書きたいと願っている視覚障がい者は多い。

これまでの墨字の訓練では、手のひらやレーザーライタ（線が盛り上がる特殊な用紙）が使われてきた。だが、手のひらは複雑な漢字を書き表すことができない。また、レーザーライタは、筆順を直接的に感じることは不向きである。そこで、電子レーザーライタが、国立特殊教育総合研究所と筑波技術大学により開発された。これは、触覚ディスプレイ装置とタブレット入力装置を合わせ持ったもので、右手でタブレット入力した書字を左手の触覚ディスプレイで感じることで、筆順を感じながら漢字を学習することができる。電子レーザーライタの開発により、書字の学習は飛躍的に向上したが、練習の初めは晴眼者が指導する必要がある。

そこで、研究代表者は、筆運び（運筆の遅速、ペンの触感など）を力覚装置で補う（具体的にはペン先に抵抗を与え制御する）ことで、介助者なしに、よい字形が書ける書字訓練システムを開発することに思い至った。

2. 研究の目的

視覚の欠如の下での書字では、方向感覚は比較的安定であるが距離感覚が不安定になる。特に漢字では、偏旁間で筆運びが大きいので、距離感がつかめないと正しい墨字をかくことは難しい。そこで、習字では先生が筆を持った生徒の手を上から握って導くことにより、運筆時の微妙な筆遣いを教えてくれる。文字通り、手を取っての指導である。この指導は、筆順だけでなく、書字で最も大事な運筆の感覚を覚えさせることにある。この指導方法を、力覚装置で再現することにより、書字の筆運びをまねることができ、それにより、文字の記憶も容易になるとともに、触覚ディスプレイ装置だけでは学習できない、バランスの良い字形が学習できると考える。

開発するシステムは、力覚デバイスとタブレットを学習者のインターフェースとし、力覚装置を仮想のペンとして用い筆運びを力覚で制御、タブレットは学習者の書いた文字をコンピュータで評価するための入力とする。力覚デバイスにより学習者は書字中の距離感と力覚デバイスにより生成される紙へ

の筆記と類似の感覚を感じながら学習を進められ、タブレットから入力された文字を評価し、うまく書けない文字を集中して学習できるような、視覚障がい者に適した自律型の書字訓練システムを構築する。

3. 研究の方法

本研究課題では、握っている力覚装置のスタイラス（ペン型のインターフェース）が擬似的な筆となって、誰かに介助・誘導してもらうような力を力覚装置が出力して書字練習を行う。そのため、スタイラスを駆動して字を書かせる書字力覚データを、練習する文字について作成する。

目標とする“練習用文字に対する書字力覚データ作成システム”はタブレット上に書いた文字がスタイラスの3次元駆動時の力覚データとして変換されるものである。教師用文字の力覚データとして、タブレットに書いたスタイラスの動作をそのまま模擬できるモードと、動作の強弱や移動速度を任意に調整できるモードの、2種類を用意する。これを行うために力覚フィードバック装置およびタブレットを用意する。

力覚装置で筆順や筆跡を繰り返し学習することは、運筆感覚を鍛えて漢字の規則性を体得することにある。作成した書字力覚データを使って、スタイラスを無人で走らせてタブレットに書いた文字が、汎用の文字認識ソフトを通して（もしくは晴眼者を通して）文字として認識できるかを確認した後に、その書字力覚データをシステムに登録する。

研究課題の中心である“力覚による書字訓練システム”では、力覚装置の提示力が、実際の筆記に近い状態で墨字の形状や筆記時の力加減を表現できているかを確認し、その上で、学習者に興味を持ってもらうように、ゲームの要素を取り入れたシステムとする。運筆の誘導時にはニューラルネットワークや自己組織化マップ（SOM）などを用いたパターン認識技術を利用して力覚デバイスのパラメータ調整を行う。このパラメータ調整が不十分な場合、ファジィ距離場の空間混雑度を判断（筆面の混んだところは減速するなど）して、運筆の誘導を決定する。

システムを使い書いた文字を学習者自身が確認するため、全盲者には触覚ディスプレイを、弱視者には拡大表示のための大型液晶ディスプレイを、それぞれ使用して書字された文字を提示する。視覚障害者がワープロで漢字変換を行う場合、詳細読みと呼ばれる漢字の用例を音声で聞いて漢字を識別しているので、書字した漢字がどのような詳細読みになるかを確認するためにスクリーン・リーダーソフトも利用する。

訓練結果を評価するための“訓練結果の墨字評価システム”は、タブレットに書いた書

習者の文字を判定するために、さまざまな汎用文字認識ソフトを用いた認識率の評価も行う。墨字評価システムの結果から、力覚による書字訓練システムのプログラム修正が発生した場合には、運筆誘導のためのニューラルネットワークのパラメータ、力覚デバイスの各種パラメータの調整を別の手法で構築する。

4. 研究成果

試作したシステムは、PC、力覚装置 (Phantom Omni) および触覚ディスプレイからなる学習システムと、学習した文字が判別可能かを判定するためのPCとタブレットからなる評価システムで構成される。図1に試作したシステムの一部を示す。システムは、筆運び (運筆の遅速、ペンの触感など) を力覚で補い、ペン先に抵抗を与えて制御することで字形も学べる書字訓練システムである。手に持ったスタイラスをタブレット面上で動かして書字をするが、その際、スタイラスに力覚を与えて、運筆や摩擦等をパターンとして身体に記憶することで、実際の書字に備える。タブレット上の書字は、ディスプレイと同時に触覚ディスプレイ上にも表示される。

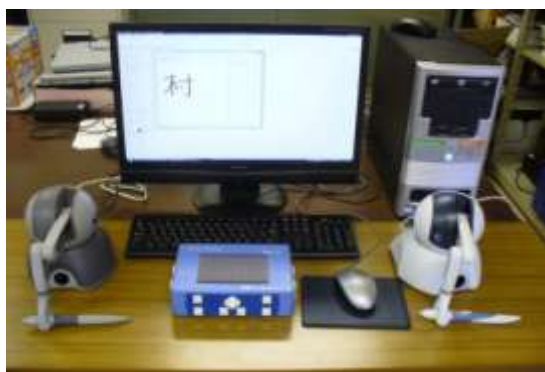


図1 訓練システム

4. 1 学習

書字訓練の準備として、介助者は学習する文字データを力覚装置でペンの動きとして登録する。登録されたデータを用いて、学習者は力覚装置のスタイラスをペンに見立てて、力覚を頼りに運筆学習を行う。書字中の運筆か、または移動中の運筆かの区別は、書字面に対するスタイラスの反力で充分に分かるが、音による提示も行う。学習に際しては進度に応じた学習モードを選択し、力覚の関与度合いや誘導の強弱等に関する細やかな段階で進めることができる。

なお、システムの利用開始に際しては、力覚装置の操作感覚、書字感覚をつかむ学習が必要となるので、力覚装置を2台設置し、その内の1台を介助者が使用し、介助者の書字を学習者の力覚装置で再現する“マスタ・ス

レーブ方式”を用いることも可能である。学習者が力覚装置や書字感覚に慣れたら、力覚装置1台での書字訓練に移行し、繰り返し学習する。

学習者は、学習している文字が実際に認識できるかを確認するために、タブレットで読み取った書字を手書き文字認識ソフトを通して評価システムで判読させる。試作システムではMicrosoft Windowsに標準装備されているIMEパッドの手書き入力を利用している (図2参照)。入力された文字が正しい漢字として認識されているかは、読み上げソフトを通して学習者に知らせる。



図2 評価システム

4. 2 学習モード

学習システムは習熟度に合わせて、強い力覚、弱い力覚、力覚なし、の3つの学習モードが選択できる。

(1)「強い力覚」モードは、スタイラスが能動的に強い力で動き、学習者はスタイラスの動きで運筆を学習する。

(2)「弱い力覚」モードは、スタイラスは受動的な弱い力のみで動き、学習者の運筆が外れるのを監視する。

(3)「力覚なし」モードは、スタイラスに力覚を与えず、書字面を逸脱しそうなときに音で警告し、スタイラスがロックされる。

学習者は、初期段階では、強い力覚モードで学習することにより、運筆データに基づくストロークで受動的に手が誘導され、その運筆感覚を習得してもらう。ある程度の運筆感覚が得られたら、弱い力覚モードに移行し、能動的にスタイラスを動かし運筆感覚を強化してもらう。本システム的设计で最も重要視するのは弱い力覚モードであり、この部分の作成に以前の研究で得られた手法や知識を適用する。最後は、力覚なしモードであり、体得した運筆感覚の下で書字の学習を繰り返し行い、評価システムと連動しながら実際の書字に備える。

4. 3 ペン先の距離感覚訓練

試作システムでの学習により字形と運筆感覚が得られるが、力覚装置の解像度の関係もあり小さな字を書くためにはさらなる訓練が必要となる。そのための訓練プログラムを試作した。試作したプログラムは、画面に点を9個表示し、表示された点をペンタブレットでポイントすると beep 音を発生し位置

を報せる。中心の点を基準点としてペンの移動距離感覚を体得するまで繰り返し訓練を行う。なお、各点はそれぞれ別の音を発するためどの点をポイントしているか判別可能である。また、基準点は他の点より大きくして基準点に戻りやすくした。

4. 4 まとめ

“力覚による書字訓練システム”および“訓練結果の墨字評価システム”を試作した。試作システムで、登録された文字データに基づき力覚装置からの力覚により、運筆を制御することで、書字中の距離感を出すとともに、紙の上の筆記感触を再現し、学習者が筋運動感覚のパターンとして記憶できることを目指した。試作したシステムでは力覚装置の提示力が、実際の筆記に近い状態で墨字の形状や筆記時の力加減を表現できることが確認できた。しかし、実際の筆記に必要な1cm四方の小さな字を書くためには力覚装置のスタイラスに移動の自由度があり過ぎるため精密な誘導が難しいので装置に工夫化必要である。また、視覚障がい者にとって一般的な漢字の書き順で漢字を書くことは難しい。特に筆画の結合点がうまくつながらないことが多いので、一筆書きのようにペン先を離さずに書けるような書き順を検討する必要もある。現在、開発したシステムを実際に視覚障がい者にテストしてもらい、調整および改良を行うため筑波技術大学と調整中である。テストでは訓練課過程におけるエラー（手本の文字位置と訓練者の運筆位置との距離の差など）を記録し訓練の進捗とエラーの関係に基づいた客観的な評価を行う。また、利用後の学習者へのアンケートによる主観的な評価も行う。研究成果をロシアの教育関係の学会で発表したところ好評を得たので、本システムが外国語においても有効であると考えられる。

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4件）

(1) Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Masaji Kawahara, Masahiro Miyakawa, Kanji Writing Practice for the Visually Impaired Using Haptic Interface, Proc. Perspectives of System Informatics (PSI'11) Eighth International Andrei Ershov Memorial Conference, pp.7-14, 2011.

(2) Yasuyuki Murai, Masaji Kawahara, Hisayuki Tatsumi, Tomoyuki Araki, Masahiro Miyakawa, Congestion Recognition for Arm Navigation -Aids for the Visually Impaired-, Proc. 2010 IEEE International Conference on Systems, Man

and Cybernetics, pp.1530-1535, 2010.

(3) Yasuyuki Murai, Masaharu Kawahara, Hisayuki Tatsumi, Masahiro Miyakawa, KANJI WRITING TRAINING WITH HAPTIC INTERFACE FOR THE VISUALLY IMPAIRED, Proc. International Forum on Multimedia and Image Processing (IFMIP2010), CD-ROM, 2010.

(4) Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Masahiro Miyakawa, Aiding Arm Navigation of a Visually Impaired Person, - Workspace Congestion Judgment by Neural Network -, Proc. Perspectives of System Informatics (PSI'09) Eighth International Andrei Ershov Memorial Conference, pp.1-7, 2009.

〔学会発表〕（計4件）

(1) 村井保之, 巽久行, 宮川正, 力覚装置を用いた視覚障がい者書字訓練システム, 第9回情報科学技術フォーラム(FIT2010), 九州大学, 福岡, 2010.9.

(2) 村井保之, 巽久行, 宮川正弘, 力覚デバイスを用いた視覚障がい者運筆訓練システム, 電子情報通信学会技術研究報告(ET2009), 筑波技術大学, 茨城, 2010.1.

(3) 村井保之, 巽久行, 宮川正弘, 力覚による視覚障がい者の運筆の支援, 第8回情報科学技術フォーラム(FIT2009), 東北工業大学, 宮城, 2009.9.

(4) 村井保之, 巽久行, 宮川正弘, ニューラルネットによる混雑認識を用いた視覚障がいの腕の誘導, 第8回情報科学技術フォーラム(FIT2009), 東北工業大学, 宮城, 2009.9.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村井 保之 (MURAI YASUYUKI)

研究者番号：30373054

(2) 連携研究者

巽 久行 (TATSUMI HISAYUKI)

研究者番号：30188271

(3) 連携研究者

宮川 正弘 (MIYAKAWA MASAHIRO)

研究者番号：70248748