

ト PC (UM-PC) に組み込み、これに情報提示用の音声合成ソフトを加えて、文書入力に特化したノートテイキングシステムのプロトタイプを試作し、入力インタフェースの基本設計思想とユーザインタフェースの操作性について検討を行う。

(3) 被験者による評価実験

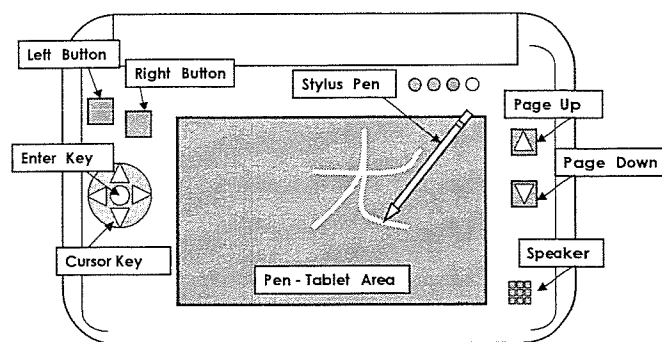
試作したプロトタイプを用いて、理療教育課程に在籍している中途視覚障害者に対して実用的な手紙文例集より選定した文章を入力してもらい、ペン入力方式による文書作成時間および改良したオンライン手書き文字認識エンジンの認識精度を調べ、本システムの有効性を検討する。

C. 結果

(1) 評価実験方法

試作したプロトタイプを用いて (図 1), 理療教育課程に在籍する入所者に対して、操作性と認識精度の評価実験を実施した。実験に参加していただいた中途視覚障害者は 8 名 (男性 6 名, 女性 2 名) で、1 名を除いては、キーボードによるタッチタイピングなどの操作が不慣れなパソコンの初心者である。また、タブレットを用いたペン入力操作も全員が初めてであった。参加者の平均年齢は 49 歳 (38 歳 ~ 57 歳) で、糖尿病性網膜症、白内障、緑内障、網膜色素変性症などの疾病により途中で視覚障害になられた方々である。参加していただいた被験者には、実験の目的および趣旨、結果の公表方法について事前に説明を行い、同意を得た上で実験を実施した。評価用のサンプル文章として、認識率の低下の要因となっていた低画数文字が多く含まれる一般手紙例文集より無作為に選出した未学習文字 112 文字、6 文例を用意した。入力実験は各被験者毎に別々の時間に行い、担当者が入力する文章を読み上げて被験者に伝えて、入力してもらった。その後、時間を異にして合計 2 回ずつの筆記入力データを採取した。

(2) 実験結果



Button Layout

Table 1. Comparison of the input time per character for three type input methods.

[Unit: Number of character/min]

	First trial	Second trial	Average
Total Average.	13.2	16.0	14.6
Max.	17.8	20.5	19.1
Min.	9.6	12.8	11.2

Text data: 112 Japanese characters (Letter example)

Subjects: 8 blind persons (6 male and 2 female)

Table 2. Results of character recognition accuracy.

[Unit: %]

Recognition Accuracy	1 st candidate	2 nd candidates	3 rd candidates
First Trial	92.7	97.2	98.3
Second Trial	93.9	97.3	98.5
Ave. of Twice	93.3	97.3	98.4

表 1 に、本システムを用いて中途視覚障害者に日本語文章を入力してもらったときの 1 分あたりの平均入力時間を示す。1 回目の試行では、最大で約 18 文字/分、最小で約 10 文字/分、2 回目の試行では、それぞれ最大 20 文字、最小 13 文字に入力時間が早くなっていることが分かる。いずれも、音声読み上げ時間なども含めた時間であるために、タッチタイピングによるキーボード入力と比較すると、かなり遅いペースではあるが (1 文字あたりの平均

入力時間は約4秒、認識時間は平均約200[mS]）、ペン操作やボタン操作の慣れによっては、さらに文字の入力速度の向上は期待できると考えられる。さらに、今回の入力実験における文字認識率を表2に示す。平均文字認識率は、第1候補で93.3%、第3候補まで含めた累積認識率は98.4%であった。以前実施した手紙例文サンプルによる認識実験では、平仮名などの低画数文字の占める割合が多く、特徴量の減少と視覚情報欠如による文字筆記により冗長な文字や突発的な筆順変動が生じたことにより認識率が非常に低下したが、今回のハイブリッド型認識エンジンの導入により、低画数文字の認識精度が向上したことが確認できた。

D. 結論

理療教育課程に在籍する中途視覚障害者の学習支援を目的としたペン型ノートテイキングシステムの基本設計思想とその有用性について検討を行った。従来、開発した認識処理系では、実際の手紙文などの入力時には平仮名などの低画数文字が文中の4割以上を占めるために、文字認識精度が低下する傾向が見られた。これらを解決するひとつの手段として、晴眼者向けに開発されたオンラインとオフライン認識手法を併用したハイブリッド型認識処理系を新たに加え、複数の認識手法の投票制により文字認識精度を改善することを試みた。中途視覚障害者による被験者実験の結果、本設計思想により試作したプロトタイプは、情報機器に不慣れな初心者でも簡単な説明で利用することができ、音声応答まで考慮しても1文字あたり平均4秒程度で入力ができる見通しを得た。また、文字認識精度は、新たな認識処理系の追加により、第1候補の平均認識率は93.3%、第3候補までの累積認識率は98.4%にまで向上し、音声読み上げ時間まで考慮すると候補文字3文字で殆ど正解文字を呼び出すことが可能な精度が得られることを確認した。実際に筆記入力実験に参加していただいた中途視覚障害者から

の意見として、「漢字や文字の記憶維持にも有効である」、「ペン入力で文字が記録できて便利」といった本システムの優位性を指摘していただいた。また、その他の要望として、「第3候補まで正解文字がなかった場合は、再入力した方が入力効率は良い」、「1文字入力ではなく、連続して認識して欲しい」、「確定ボタンと文字候補選択のボタンが離れていて使いにくい」などの意見もあり、仮名漢字変換機能の追加やNグラム手法を用いた誤り訂正処理などを加えて、次年度に改善を加えていく予定である。

E. 研究発表

[1]. 清田公保、江崎修央、伊藤和之、伊藤和幸、
“中途視覚障害者の学習支援を目的としたペン入力学習ノート‘Pen-Talker’の開発”、電子情報通信学会技術研究報告、WIT2006-77, pp. 25-30, (2007)

投票制を利用した文字認識精度の向上実験について

分担研究者 江崎 修央 鳥羽商船高等専門学校 制御情報工学科 講師

研究要旨： 投票制を利用した文字認識精度の向上実験について

視覚障害者の筆記する文字は偏と旁が重なったり離れたりと変形が大きい場合がある。このような文字を従来からの手法で文字認識させようとしても高精度な認識率を得ることは難しいと考えられる。そこで、本稿では視覚障害者が筆記する文字を高精度に認識するため、画像処理の前処理の違いによる投票制を利用した文字認識系の構築を行った。その結果、1位では28%であった認識率が10位までの累積認識率で60%程度近くまで向上した。

A. 研究目的

視覚障害者の筆記する文字は偏と旁が重なったり離れたりと変形が大きい場合がある。このような文字を従来からの手法で文字認識させようとしても高精度な認識率を得ることは難しいと考えられる。そこで、本稿では視覚障害者が筆記する文字を高精度に認識するため、画像処理の前処理の違いによる投票制を利用した文字認識系の構築を行った。なお、今回はオフラインの文字認識系を想定し実験を行った。

B. 研究方法

近年、文字認識手法において、複数の認識処理系を組み合わせることで高精度に認識を行う多数決法の有効性が確認されている。

図1に今回提案する投票制の概要を示す。1文字ずつの文字画像データが入力として与えられる。その画像に対して認識処理を行う前に、複数の画像処理手法を組み合わせる前処理を行うことにより、いくつかの文字画像が生成される。これら別々の前処理を施された画像に対して文字認識処理を行うと、同じ文字画像にもかかわらず別の認識結果を得

る可能性がある。つまり、元画像をそのまま認識処理した場合に正しい結果が得られなかった場合であっても、適切な前処理を行うことにより正しく認識される場合がある。ただし、前処理に関してはどの手法の組み合わせが適切かは元画像によって違う為、すべての組み合わせ網羅することとした。

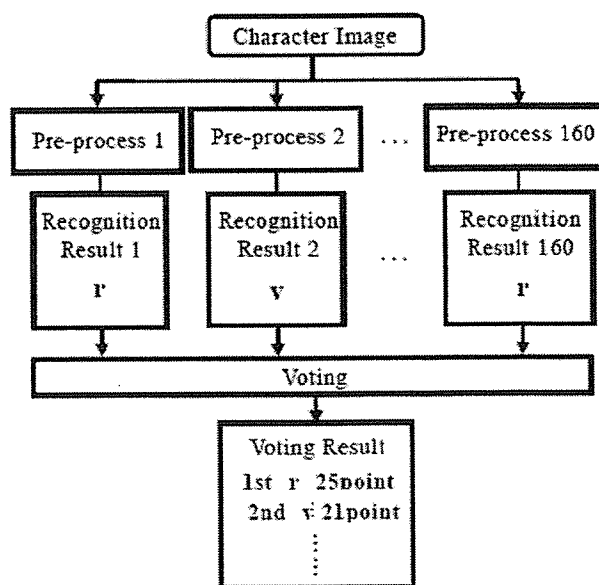


図1 投票制による文字認識処理の結果
初期画像として用意する画像は次の5つとした。
それらは、「元画像（カラー画像）」、「グレースケー

ル画像」,「ブルーグレー画像 (RGB の青要素のみの画像)」,「レッドグレー画像 (RGB の R のみ)」,「グリーングレー画像 (RGB の G のみ)」である。

上記で述べた 5 つの画像を初期画像として,それぞれに以下に示す 5 種類の前処理をすべての組み合わせ合わせて施すこととする。5 種類の前処理は「2 値化」,「ノイズ除去 (メディアンフィルタ)」,「階調反転」,「ガンマ補正」,「モルフォロジ演算によるトップハット処理」である。

これら 5 つの前処理の組み合わせの数は $2^5=32$ 通りとなる。つまり, 5 つの初期画像それぞれに対して, 32 通りのすべての組み合わせの前処理を施すことにする。これにより, 5 (初期画像数) \times 32 (前処理の組み合わせの数) = 160 通りの画像が生成されることとなる。今回利用した OCR 処理系は AI ソフトの「活字文書 OCR ライブラリ」である。このソフトウェアは, 1 つの画像に対して 1 つの候補文字列を出力するので, この投票制を利用した認識処理系の投票総数は 160 票となる。最終的には, 投票結果の多い順から上位 10 候補を出力する。

C. 結果

投票制による文字認識処理の結果が図 2 である。グラフの横軸は順位, 縦軸は認識率を表している。1 位の結果は 28%だが, 2 位, 3 位と累積するごとに認識率が上がっていった。1 位ではまだ認識精度が低いものの, 2 位まで見るだけでも認識精度は 38%, 10 位まで累積結果で認識率は 50%程度に上がることを確認した。

D. 結論

単純な文字認識処理では高精度に認識できなかった文字であっても, 提案した投票制を利用する文字認識系を利用することにより認識率が向上するという傾向を得ることができた。

今回利用した文字データはオフラインデータであった為, 今後はペン入力時に時系列的に得られる

オンライン文字データを併用したハイブリッドな認識系を構築し, 高精度に文字認識処理を行う予定である。

また, 1 文字認識で判断が付きにくい文字 (例えば「工場の工」や「カタカナのエ」など) であっても, 前後の文字候補からそれらの遷移確率などを利用して認識精度の向上をはかる誤り訂正処理系の構築も目指していく。

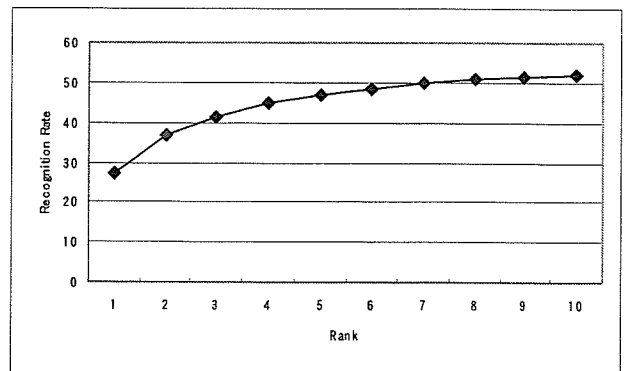


図 2 投票制による文字認識処理の結果

E. 研究発表

[1]. 江崎修央, 砂崎由樹, 中西航, 清田公保, “視覚障害者向けレストランメニュー画像からのメニュー読み上げシステム”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2006-82, pp. 41-46, (2007)

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
伊藤 和之、 佐島 毅、 香川 邦生	理療教育課程に在籍する 中途視覚障害者の学習手 段の実態—書字と読字に 困難を有するケースを中 心に—	日本特殊教育学 会第 44 回大会発 表論文集	—	183	2006
伊藤 和幸、 伊藤 和之	点字, 文字利用が困難な高 齢中途視覚障害者のため の理療教育課程における 学習支援システムの開発 並びに普及に関して	電子情報通信学 会福祉情報工学 研究会技術研究 報告書	106(57)	83-87	2006
伊藤 和幸、 伊藤 和之	文字利用が困難な高齢中 途視覚障害者のための理 療教育課程における学習 支援システムの開発並び に普及に関して	第 21 回リハ工学 カンファレンス 講演論文集	21	211-212	2006
Itoh, K.	Light Spot Operated Mouse Emulator for Cervical Spinal-Cord Injured PC Users	Proc. of the 10 th International Conference, ICCHP 2006	—	973-980	2006
伊藤 和幸	レーザー光線を利用した頸 髄損傷者向けマウスポイ ンティングデバイス	電子情報通信学 会論文誌(D)	J90-D(3)	771-779	2007
清田 公保、 江崎 修央、 伊藤 和之、 伊藤 和幸	中途視覚障害者の学習支援 を目的としたペン入力学習 ノート“Pen-Talker”の開発	電子情報通信学 会技術研究報告	WIT2006-77	25-30	2007
江崎 修央、 砂崎 由樹、 中西 航、 清田 公保	視覚障害者向けレストラン メニュー画像からのメニュ ー読み上げシステム	電子情報通信学 会技術研究報告	ITS2006-82	41-46	2007

理療教育課程に在籍する中途視覚障害者の学習手段の実態

—書字と読字に困難を有するケースを中心に—

○伊藤 和之 佐島 毅 香川 邦生

(国立身体障害者リハビリテーションセンター) (筑波大学) (健康科学大学)

Key words : 理療教育 中途視覚障害者 学習手段

1. 目的

理療教育課程に在籍する中途視覚障害者が、理療師の国家資格を取得し職業的自立を果たす上で、個々の実態に即した学習方略、すなわち学習手段と学習方法を早期に獲得することは重要であると考えられる。

香川ら(1997)によると、中途視覚障害者は点字の習得・使用が難しく、盲学校専攻科在籍者に比べ、より低い視力でも普通文字(以下、墨字とする)を使用することが明らかとなっている。そのため、弱視レンズ・拡大読書器のほか、テープレコーダー・PC・DAISY 専用機など様々な器機を学習に活用している。しかし、試行錯誤を繰り返し、非効率的な学習を行っている者が少なくない。

そこで、本研究では理療教育課程在籍者の使用している学習手段の実態を明らかにし、点字や墨字の使用に困難を抱える中途視覚障害者の学習方略構築の支援の方向を見出す基礎資料を得ることを目的としている。

2. 調査の方法

1) 対象者：2001～2004 年度当センター理療教育課程 1 年生、計 162 名(平均年齢 41.4±11.4 歳)

2) 調査方法：自記式質問紙調査及び半構造化面接

3) 調査内容：調査は以下のふたつの内容から構成し、結果について適宜分析することとした。

〈調査Ⅰ〉①年齢 ②性別 ③視力 ④眼疾患 ⑤視覚障害以外の疾病 ⑥過去の職業 ⑦点字の学習歴

〈調査Ⅱ〉①授業時、自習時、試験時の 3 場面における筆記具と学習補助具 ②学習手段の使用上の悩み ③学習手段に関する今後の予定

4) 調査期間：各年度とも 7 月中旬

3. 当センター理療教育課程入所者の実態

1) 調査Ⅰの結果と考察

視力 0～0.02 未満の者が 162 名中 38 名(23.5%)で、全体に占める割合は減少している。特に視力 0～指数弁に属する者は 25 名(15.4%)で、同じ視力程度の者が少ない。

そして、香川ら(1997)で注目され始めた糖尿病性網膜症の割合は低い視力群ほど高い傾向を示し、視力 0～指数弁群では 36.0%で最も高い。また、30 歳以降の群にいわゆる 2 型糖尿病の者が分布している。入学時においては、文字手段に困難を抱えるケースが比較的多く、視力の高い在籍者と同じ教室で学習に取り組む際の心理的な負担感が増すことが推察される。

眼疾患で最も多い網膜色素変性症は各視力群に分布しているが、視力 0.3～1.2 群では 55.9%であり、高い視力群ほど割合が高い傾向を示す。特に、50～69 歳群では 60.4%を占め、視力 0.01～0.02 群、0.03～0.09 群を合わせると 60.5%である。発症から入学までの期間の長さが同われ、障害の程度や年齢に応じたケアが必要である。

2) 調査Ⅱの結果と考察

授業時、自主学習時、試験時の 3 場面における筆記具と学習補助具の使用の実態から、中途視覚障害者の学習は様々な学習手段の組合せに支えられていることが判る。使用文字を書字と読字の両面からみた場合、3 群 13 類のうち 8 類に分布していることから伺える(Table1)。

特に、墨字群 2-C 類の 3 名は、実際は文字手段を獲得しておらず、試験時に問題の音訳テープを聴き、読返しは不可能だが墨字で解答している。この 3 名は全員が糖尿病性網膜症であり、年齢は 49 歳～60 歳と高く、視力は 0.02 以下であった。

また、点字使用者群を試験時の補助具の使用から下位分類すると、1-B 類は全員が問題を音訳テープで聴き、解答は点字で行っている(Table2)。この類に属する 28 名のうち 21 名(63.6%)は 30～49 歳群に、20 名(60.6%)が視力 0～指数弁群に、そして、11 名(33.3%)が糖尿病性網膜症群に属している。

以上から、点字、墨字の各使用者群に文字使用が困難なケースの存在が明らかとなり、入学早期の学習方略構築の支援が必要であることを示唆している。

今後は、新たに開発中のノート・テイキングの手段を含め、中途視覚障害者の多様な実態に応じた文字入力手段の検討をし、授業の録音物に頼るのみの学習ではなく自らノートをとることのできる有効な方法を模索したい。

【文献】

1) 香川邦生, 柿澤敏文, 坂本洋一(1997) : 視覚障害更生施設等入所者の視覚障害原因等調査研究(代表香川邦生). 筑波大学心身障害学系, p2-25.

Table1 書字と読字からみた使用文字の状況(n=162)

使用文字(群)	組合せ(類)	内容	人数(名)	割合(%)
1 点字 (n=33)	1-A	書字も読字も可能	5	15.2
	1-B	書字は可能だが読字は授業以外の学習場面に使用	28	84.8
	1-C	書字は可能だが読字は不可能	0	0.0
2 墨字 (n=116)	2-A	視覚補助具なしで書字も読字も可能	26	22.4
	2-B	視覚補助具を用いて書字と読字が可能	87	75.0
	2-C	書字は可能だが読字は視覚補助具を用いても不可能	3	2.6
3 両用 (n=13)	3-A	書字は点字で読字は墨字	0	0.0
	3-B	書字は点字で読字は点字と墨字の併用	4	30.8
	3-C	書字は墨字で読字は点字	1	7.7
	3-D	書字は墨字で読字は点字と墨字の併用	0	0.0
	3-E	書字は点字と墨字の併用で読字は点字	0	0.0
	3-F	書字は点字と墨字の併用で読字は墨字	0	0.0
	3-G	書字も読字も点字と墨字の併用	8	61.5

Table2 試験時の補助具からみた

点字使用者群の下位分類(n=33)

組合せ(類)	下位分類	内容	人数(名)	割合(%)
1-A (n=5)	1-A-a	音訳問題を使用しない	3	60.0
	1-A-b	音訳問題を使用する	2	40.0
1-B (n=28)	1-B-a	音訳問題を使用しない	0	0.0
	1-B-b	音訳問題を使用する	28	100.0

(ITOU Kazuyuki, SASHIMA Tsuyoshi, KAGAWA Kunio)

文字利用が困難な高齢中途視覚障害者のための理療教育課程における学習支援システムの開発並びに普及に関して

Development of a Learning Support System in Riryo Education for Elderly Persons with Visual Impairment and its Popularize Strategy

国立身体障害者リハビリテーションセンター 伊藤 和幸 (研究所)・伊藤 和之 (理療教育部)

キーワード：中途視覚障害者、職業教育、理療教育、学習方略、ノート・テイキング

1 はじめに

我が国における中途視覚障害者の多くは、あん摩・マッサージ・指圧師、はり師、きゅう師の国家資格取得による職業的自立を目指しており、全国5箇所の国立施設理療教育課程に在籍し、3年もしくは5年にわたる専門教育を履修している。履修に際し、全盲者は点字を、弱視者は普通文字(墨字)を使用するが、中途視覚障害者は点字の習得・使用が難しく¹⁾、特に、糖尿病性網膜症者は末梢神経障害も伴うため、点字の触読が困難となる。併せて、医療系科目の専門知識を点字の読み書きのみで履修するのは困難であり、弱視者の中にも障害の程度や進行によっては、墨字の使用が困難となるケースが後を絶たない。音声出力を伴ったパソコンによる文章作成システムも開発されているが、渡辺はパソコン操作の慣れへの困難さが²⁾、石川³⁾は文字入力 of 困難さが利用の阻害要因であることを指摘している。

近年では学習補助具の多様化も進み、弱視レンズ、拡大読書器、テープレコーダーをはじめ、パソコン、DAISY専用機、電子辞書、携帯電話など様々な器機を所有し、学習に活用するケースが増えているが、適切な文字入力手段(学習手段)を持たない中・高齢層の中途視覚障害者は、試行錯誤の末に録音機器を用いて授業を記録し、自習時に聞き返す学習方法を導入している。しかし、1コマ45分の授業を6コマ分録音するという方法は、復習やまとめに膨大な時間を要するために負担が大きく、非効率的である。

そこで本研究では、理療教育課程での学習においてノート・テイキングに苦慮する中・高齢層中途視覚障害者の学習支援システムを構築することを目的

とする。個々の障害やニーズに合わせたノート・テイキングツールを開発するとともに、評価を行い、学習方略・普及に関する指針を得るものとする。

2 背景となる調査研究

背景として、当センター理療教育課程在籍者を対象として行った調査研究(調査対象:2001~2004年度当センター理療教育課程1年生 計162名(平均年齢41.4±11.4歳))により、どのような学習手段が使用されているかが明らかにされている⁴⁾。

考察として、以下の点が挙げられる。

1) 使用文字の実態把握の重要性

理療教育課程における中途視覚障害者の使用文字は書字、読字、学習場面によって異なり、一義的に判断することができないため、学習手段に関する支援の際には、これらの実態を詳細に把握する必要がある。試験時は補助具の持込みが制限されるとともに、使用の実態がより鮮明となる。特に音訳問題の使用は読字の補助のほか、画数の多い漢字の確認を目的とするケースもあり、詳細な調査が必要である。

2) 「読む学習」と「聞く学習」の模索

墨字使用者の内省報告として、①過去に適切な訓練を受けていない、②教科書や教材のフォントが読みにくい、③授業の進度に書字と読字の速さが対応できない、④教科書や教材等の読字量が多く、眼が疲れるなどが挙げられている。

その補助手段として弱視レンズや拡大読書器が活用されるが、拡大読書器は制度面と経済面から個人が複数台所有しにくいいため、自習時の活用に留まっていると考えられる。また、録音物や音訳教材の活

用は、上記内省を含め、授業内容の記憶媒体としての機能を託しているものと考えられる。点字使用者同様、聞くことに重点を置いた学習方略を導入している傾向が見出される。

3) 視力程度と学習手段

筆記具、学習補助具双方において、他の視力群に比べて学習場面ごとの変動が最も著しいのは、視力0.03~0.09群である。特に、自習時に太さと濃さを備えたサインペン・マジックの使用率が高く、弱視レンズ、拡大読書器、テープレコーダー、DAISY専用機の使用率も60%を超え、多様性が顕著である。授業時にできないノートの作成を自分の書きやすい環境下で行っているためと考えられる。

また、この群では書く学習、読む学習、聞く学習の組合せを図るケースと三者の間で試行錯誤を繰り返すケースが混在している様子が伺え、学習方略の獲得に時間と支援を要すると考えられる。

3 本研究における検討事項

本研究では、以下4点について検討を行う。

3.1 実態に合わせた支援課題の明確化

平成13年度からの継続調査をベースとして、国立リハセンター理療教育課程に在籍する中途視覚障害者の学習方略の実態調査を行う。授業時、自習時、試験時での筆記具や学習補助具の活用の実態と問題点、更にニーズを明確にする。

3.2 文字入力システムの開発と提案

文字入力システムに関しては、先行研究を基に、携帯電話方式⁵⁾、点字タイプライター方式、モールス信号方式⁶⁾、50音仮名入力方式、オンライン手書き文字入力方式(ペン入力方式)⁷⁻⁸⁾などの文字入力手段と音声支援を組み合わせた文字入力システムを開発する。録音機器へのタグ付けなど、在籍者の評価を適宜加えながら上記以外の入力方法も検討する。

3.3 システムの技術評価の実施

初年度に開発した文字入力システムを導入して、授業時・自習時における技術評価を実施する。4月から9月まで(理療教育課程前期)の期間、各々が選択した文字入力システムを学習に導入し、自記式質問紙調査及び半構造化面接、また観察法により評価を得ることとする。次に、評価結果の分析をし、各文字入力システムの改良に関する基本設計を行う。

3.4 理療教育課程における中途視覚障害者の学習支援システムの構築

前年度までの基本設計を基に、文字入力システムの改良、同一対象者の使用による再評価を通して学習方略獲得のための学習支援システムの構築を図る。また、利用対象者を他の国立4施設に拡大して、同システムの普及方法に関して検討を加える。同時に、調査票の充実と効率的なシステム操作法習得プログラムの作成を図る。

引用・参考文献

- 1) 香川邦生, 柿澤敏文, 坂本洋一: 視覚障害更生施設等入所者の視覚障害原因等調査研究(代表香川邦生), 筑波大学心身障害学系, 2-25, 1997
- 2) 渡辺哲也: "視覚障害者がWindowsを学習する上での問題について-Windows パソコン利用状況調査から-", 視覚障害リハビリテーション協会紀要, 視覚障害リハビリテーション協会, No6・7, p32-39, 2001
- 3) 石川充英: "視覚障害者のパソコン利用の現状と課題", 第13回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 視覚障害リハビリテーション協会, p68-71, 2004
- 4) 伊藤和之, 佐島毅, 香川邦生: 理療教育課程入所者の学習手段の実態について-墨字使用者を中心に-, 弱視教育, 日本弱視教育研究会, 43(4)(印刷中), 2006
- 5) 伊藤和幸, 坂井忠裕, 坂尻正次: 点字の習得が困難な盲ろう者向けパソコン利用支援機器について, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT02-74, 2003
- 6) 伊藤和幸, 数藤康雄: キーボード代用装置の開発とその使用例, 第13回ライフサポート学会講演予稿集, 13, 127, 1997
- 7) 江崎修央, 清田公保, 滝沢穂高, 山本眞司: 中途失明者のためのオンライン日本語入力システム, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT02-70, 2002
- 8) 長野宏輔, 江崎修央, 清田公保, 水野慎士, 山本眞司: 中途失明者用日本語入力システムのPDAへの実装と評価, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT03-51, 2003

点字，文字利用が困難な高齢中途視覚障害者のための 理療教育課程における学習支援システムの開発並びに普及に関して

伊藤 和幸[†] 伊藤 和之[‡]

[†] 研究所, [‡] 理療教育部, 国立身体障害者リハビリテーションセンター 〒359-8555 埼玉県所沢市並木 4-1
E-mail: [†] ito@rehab.go.jp [‡] kazu@rehab.go.jp

あらまし 中途視覚障害者は文字使用に困難を抱えながら学習を行うケースが少なくない。理療教育課程に学ぶ中途視覚障害者の学習方略の構築を支援する基礎資料を得るために、当センター理療教育課程入所者を対象に主として学習手段の実態把握を調査した結果、対象者の使用文字の多様性が示された。特に、視力 0.03~0.09 群では、自習時におけるサインペン・マジックの使用率が上がり、弱視レンズ、拡大読書器、テープレコーダー、DAISY 専用機の使用率が 60%を超えており、書く学習、読む学習のほか、点字使用者同様いわゆる「聞く学習」の組合せを模索しながら学習をする中途視覚障害者の実態が明らかとなった。本研究では、中途視覚障害者の職業教育並びに自立更生に寄与するために、理療教育課程での学習時に点字や普通文字、パソコンでの文字入力に困難を有し、ノート・テイキングに苦慮する中・高齢層中途視覚障害者の学習支援システムの構築を目的とする。個々の障害やニーズ変化への対応を目指し、携帯電話式、オンライン手書き式など新たな文字入力手段と音声支援を組合せたノート・テイキングツールを開発するとともに学習時の評価を行い、学習方略・普及に関する指針を得るものとする。

キーワード 中途視覚障害者, 職業教育, 理療教育, 学習方略, ノート・テイキング

Development of a Learning Support System in Riryo Education for Elderly Persons with Visual Impairment and its Popularize Strategy

Kazuyuki ITOH[†] Kazuyuki ITOU[‡]

[†] Research Institute, [‡] Department of Riryo, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities
4-1 Namiki, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-8555 Japan

E-mail: [†] ito@rehab.go.jp [‡] kazu@rehab.go.jp

Abstract For elderly persons with visual impairment, they have difficulty for using Braille or PC, literacy of printed letters in vocational riryo education. As a result of investigation to grasp which types of letters are used and how students learn in department of riryo at NRCD, we have become aware of the diversity of used letters and learning support tools among the students. Especially with 0.03-0.09 eyesight, felt pen magic is more frequently used at the self-study time, and learning support tools (ex. lens, CCTV, a tape recorder and DAISY exclusive device) are utilized over 60%. It is also found that they compare and examine about learning support tools (combination of writing, reading, hearing and sound recording tools). In this research, the purpose is to develop of a note-taking (easily writing and reading note) devices and construction of learning support system for students of NRCD who have difficulty for using Braille or PC. We will develop note-taking device with combination of new input devices (cellular phone type input terminals, online handwrite recognition device, etc.) and voice support, in accordance to the change of their needs and the state of disability, and evaluate in learning. We will pursue a criterion of learning strategy and popularization.

Keyword Persons with Visual Impairment, Vocational Education, Education of Riryo (School of Massage, Acupuncture and Moxibustion), Learning Strategy, Note-taking

1. はじめに

我が国における中途視覚障害者の多くは、あん摩・マッサージ・指圧師、はり師、きゅう師の国家資格取得による職業的自立を目指しており、全国5ヶ所に設置された国立施設（函館、塩原、所沢、神戸、福岡）の理療教育課程に在籍し（2005年11月1日現在、平均年齢40歳前後の中途視覚障害者が419名、網膜色素変性症と糖尿病性網膜症の在籍者は、例年全体の6割を占め、中・高齢層に多い）、3年もしくは5年にわたる専門教育を履修している。

施設入所に際し、全盲者は点字を、弱視者は普通文字（墨字）を使用するが、香川らの報告にもあるとおり、中途視覚障害者は点字の習得・使用が難しく[1]、特に、糖尿病性網膜症者は末梢神経障害も伴うため、点字触読の困難さは顕著である。そのため盲学校専攻科在籍者に比べ、より低い視力であっても普通文字（以下、墨字とする）を使用することが明らかとなっている。

併せて、医療系科目の専門知識を点字の読み書きのみで履修するのは困難であり、弱視者の中にも障害の程度や進行によっては、普通文字の使用が困難となるケースが後を絶たない。パソコンに入力した文字を音声でフィードバックする文章作成システムも開発されているが、渡辺はWindowsパソコンの操作に慣れるのに困難を伴うことを[2-4]、石川[5]は文字入力の困難さが利用の阻害要因であることを指摘している。

近年では学習補助具の多様化も進み、当センターの入所者の中にも、弱視レンズ、拡大読書器、テーブルコーダーをはじめ、パソコン、DAISY専用機、電子辞書、携帯電話など様々な器機を所有し、学習に活用するケースが増えているが、上記のように、適切な文字入力手段（学習手段）を持たない中・高齢層の中途視覚障害者は、試行錯誤の末に録音機器を用いて授業を記録し、自習時に聞き返す学習方法を導入している。しかし、1コマ45分の授業を6コマ分録音するという方法は、復習やまとめに膨大な時間を要するために負担が大きく、非効率的である。

その一方で、個々のニーズに応じた筆記具や学習時に用いる器機等の選択・活用、環境整備など、学習方略に関する組織的な支援は行われていないのが現状である。

そこで本研究では、理療教育課程での学習において点字や普通文字、パソコンでの文字入力に困難を有し、ノート・テイキングに苦慮する中・高齢層の中途視覚障害者の学習支援システムを構築すること目的とする。個々の実態に即した学習手段と学習方法を早期に獲得するとともに、個々の障害やニーズ変化への対応が可能となるように、携帯電話式、オンライン手書き式など新たな文字入力手段と音声支援を組合せたノート・

テイキングツールを開発し、学習時の評価を行い、学習方略・普及に関する指針を得るものとする。

2. 背景となる調査研究

本研究の背景として、当センター理療教育課程在籍者を対象として行った調査研究があり、どのような学習手段が使用されているかが明らかにされている[6]。

2.1 調査の方法

1. 対象者

2001～2004年度当センター理療教育課程1年生 計162名（平均年齢41.4±11.4歳）

2. 調査方法

自記式質問紙調査及び半構造化面接

3. 調査内容

調査は以下のふたつの内容から構成し、結果について適宜分析した。

〈調査Ⅰ〉①年齢 ②性別 ③視力 ④眼疾患 ⑤視覚障害以外の疾病 ⑥過去の職業 ⑦点字の学習歴

〈調査Ⅱ〉①授業時に使用する筆記具 ②授業時に使用する補助具 ③自習時に使用する筆記具 ④自習時に使用する補助具 ⑤試験時に使用する筆記具 ⑥試験時に使用する補助具 ⑦学習手段の使用上の悩み ⑧学習手段に関する今後の予定

4. 調査期間

各年度とも7月中旬

2.2 墨字使用者の使用文字と学習手段

1) 使用文字

対象者の使用文字を書字と読字の両面からみると、点字使用群(33名)、墨字使用群(116名)、両用群(13名)の3群13類のうち8類に分布している。このうち墨字使用群は3類に分かれ、①視覚補助具を用いずに書字と読字が可能なのは26名(22.4%)、②視覚補助具を用いて書字と読字が可能となる者が87名(75.0%)、③書字は可能だが読字は視覚補助具を用いても不可能である者が3名(2.6%)となっている(表1)。

さらに、試験時の学習補助具の使用状況から墨字使用群は10類に下位分類される。特に②に属する者は、ルーペ等を恒常的に用いる者、拡大読書器を用いると読字が可能となる者、読字はほとんどせず録音物や音訳教材を用いる者など多様な実態を呈し、③に属する者は、試験の解答に墨字を用いるが、見直しは不可能である(表2)。

2) 学習手段の使用の全体像

①筆記具：鉛筆は学習場面による大きな変化はなく恒常的に使用されている。これに対してボールペンの使用は、授業時が116名中62名(53.4%)、自習時が64名(55.2%)、試験時は46名(39.7%)であり、サインペン・マジックの使用は授業時が32名(27.6%)、自

表1 書字と読字からみた使用文字の状況 (n=162)

使用文字(群)	組合せ(類)	内容	人数(名)	割合(%)
1 点字 (n=33)	1-A	書字も読字も可能	5	15.2
	1-B	書字は可能だが読字は授業以外の学習場面に使用	28	84.8
	1-C	書字は可能だが読字は不可能	0	0.0
2 墨字 (n=116)	2-A	視覚補助具なしで書字も読字も可能	26	22.4
	2-B	視覚補助具を用いて書字と読字が可能	87	75.0
	2-C	書字は可能だが読字は視覚補助具を用いても不可能	3	2.6
3 両用 (n=13)	3-A	書字は点字で読字は墨字	0	0.0
	3-B	書字は点字で読字は点字と墨字の併用	4	30.8
	3-C	書字は墨字で読字は点字	1	7.7
	3-D	書字は墨字で読字は点字と墨字の併用	0	0.0
	3-E	書字は点字と墨字の併用で読字は点字	0	0.0
	3-F	書字は点字と墨字の併用で読字は墨字	0	0.0
	3-G	書字も読字も点字と墨字の併用	8	61.5

Table2 試験時の学習補助具の使用からみた墨字使用群の下位分類 (n=116)

組合せ(類)	下位分類	内容	人数(名)	割合(%)
2-A (n=26)	2-A-a	音訳問題を使用しない	24	92.3
	2-A-b	音訳問題を使用する	2	7.7
2-B (n=87)	2-B-a	視覚補助具と音訳問題を使用しない	19	21.8
	2-B-b	視覚補助具は使用しないが音訳問題は使用する	12	13.8
	2-B-c	弱視レンズのみ使用する	34	39.1
	2-B-d	弱視レンズと音訳問題を使用する	14	16.1
	2-B-e	拡大読書器のみ使用する	6	6.9
	2-B-f	拡大読書器と音訳問題を使用する	1	1.1
	2-B-g	弱視レンズ・拡大読書器と音訳問題を使用する	1	1.1
2-C (n=3)	-	視覚補助具は使用しないが音訳問題は使用する	3	100.0

習時が49名(42.2%)、試験時が24名(20.7%)となっている。筆記具の未使用者は授業時と自習時に3名(2.6%)である(図1)。

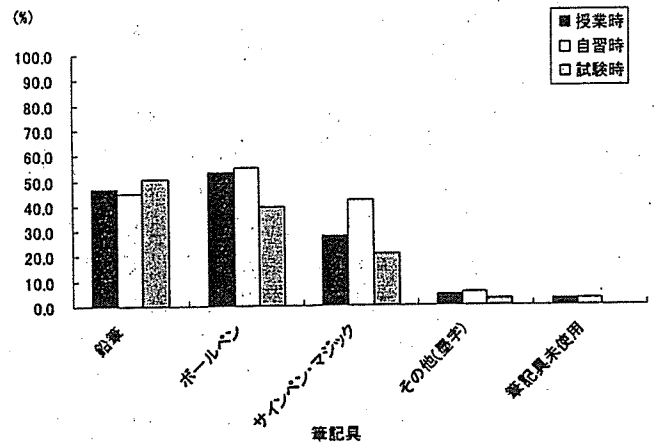


図1 学習場面別の筆記具の使用 (n=116)

②学習補助具：弱視レンズは、視力0.01~1.0の対象者の間で学習場面ごとに用いられている。

拡大読書器は、自習時に視力0.01~0.9の範囲で57名(49.1%)が用いているものの、授業時は4名、試験時は8名に留まっている。

また、点字使用者同様テープレコーダーの使用が顕著であり、授業時と自習時には116名中57名(49.1%)が、試験時には33名(28.4%)が使用している。DAISY専用機は授業時に2名だが、自習時に48名(41.4%)が使用し、このうち34名(29.3%)はテープレコーダーと併用している。

PCは自習時に33名(28.4%)が使用しているが、点字使用者ほど使用率は高くない。授業時の使用は2名に留まっている(図2)。

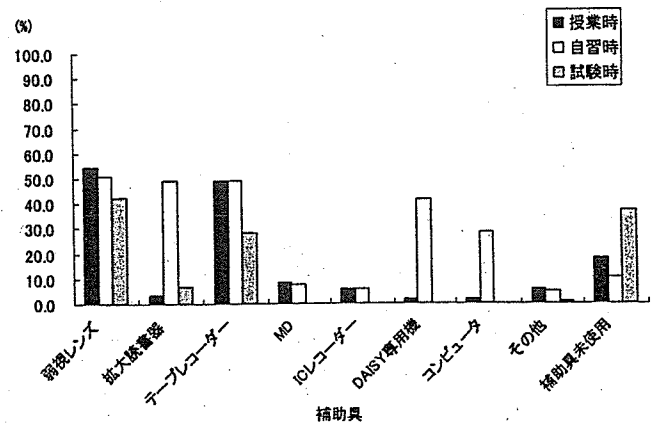


図2 学習場面別の学習補助具の使用 (n=116)

2.3 考察

1) 使用文字の実態把握の重要性

理療教育課程における中途視覚障害者の使用文字は書字、読字、学習場面によって異なる場合が多く、一義的に判断できないことが明らかである。学習手段に関する支援の際は、これらの実態を詳細に把握する必要がある。

また、試験時は補助具の持込みが制限されるとともに、使用の実態がより鮮明になる。2-B類の下位分類2-B-aに属する者は試験時のみ2-A類として捉えられ、学習手段の支援に関する緊急性は低いと考えられる。それ以外の者は、視覚障害の程度に応じて補助具を組合せている。特に、音訳問題の使用は読字の補助のほか、画数の多い漢字の確認を目的とするケースもあり、詳細な調査が必要である。

2-C類3名は、自習時に授業の録音をテープレコーダーで再生し、DAISY専用機で音訳教科書を聞いている。ボールペンは記憶の手段に限定した使用であり、1名がPCでまとめを作成するのみである。試験時に音訳問題を再生し、解答はボールペンで白紙に記述するものの、読み返しはできない。3名とも点字は実用レベルに達していない。ノート・テイキングの手段の獲得が今後の課題と考えられる。

2) 「読む学習」と「聞く学習」の模索

墨字使用者の内省報告として、①過去に適切な訓練を受けていない、②教科書や教材のフォントが読みにくい、③授業の進度に書字と読字の速さが対応できない、④教科書や教材等の読字量が多く、眼が疲れるなどが挙げられている。

その補助手段として弱視レンズや拡大読書器が活用されるが、拡大読書器は制度面と経済面から個人が複数台所有しにくいと、自習時の活用に限られていると考えられる。組織的な環境整備が求められる。

また、録音物や音訳教材の活用は、上記内省を含め、授業内容の記憶媒体としての機能を託しているものと考えられる。点字使用者同様、聞くことに重点を置いた学習方略を導入している傾向が見出される。

3) 視力程度と学習手段

筆記具、学習補助具双方において、他の視力群に比べて学習場面ごとの変動が最も著しいのは、視力0.03~0.09群である。

特に、自習時に太さと濃さを備えたサインペン・マジックの使用率が高く、弱視レンズ、拡大読書器、テープレコーダー、DAISY専用機の使用率も60%を超え、多様性が顕著である。授業時にできないノートの作成を自分の書きやすい環境下で行っているためと考えられる。

また、この群では書く学習、読む学習、聞く学習の

組合せを図るケースと三者の間で試行錯誤を繰り返すケースが混在している様子が伺え、学習方略の獲得に時間と支援を要すると考えられる。

3. 本研究における検討事項

本研究は平成18年度より開始する厚生労働科学研究費補助金(長寿科学総合研究事業(H18-長寿-一般-011))により実施するものであり、以下4点について検討を行う。

3.1 理療教育課程在籍者の学習手段並びに学習方法の実態に合わせた支援課題の明確化

平成13(2001)年度からの継続調査をベースとして、理療教育課程に在籍する中途視覚障害者の学習手段と学習方法、即ち学習方略の実態調査を行う。対象者は、国立身体障害者リハビリテーションセンター理療教育課程在籍者とする。

調査方法は、学習手段については自記式質問紙調査とし、授業時、自習時、試験時での筆記具や学習補助具の活用の実態と問題点、更にニーズを明確にする。また、学習方法については半構造化面接及び観察法による実態把握を行う。学習手段の調査を基にして、本研究の主旨に同意した対象者に聞き取りを行うとともに、授業時、自習時の観察によって、学習手段の活用の実態と、ノート・テイキング及びまとめの方法などについて明らかにする。

3.2 文字入力システムの開発と提案

文字入力システムの開発に関しては先行研究の成果を利用する。多くの中途視覚障害者が苦慮するパソコンでのキーボード操作を無くし、携帯電話方式[7,8]、点字タイプライター方式、モールス信号方式[9]、50音仮名入力方式、オンライン手書き文字入力方式(ペン入力方式)[10-12]などの各文字入力手段と音声支援の組合せによる新たな文字入力システムを開発する。

これらを理療教育課程在籍者に提案し、学習時における実践的な技術評価を行うことで、中途視覚障害者の学習方略獲得を支援するシステム構築に関する指針を得ることとする。

検討する入力方法は上記に限らず、在籍者の評価を適宜加えながら録音機器へのタグ付けなども検討する。

3.3 障害の程度やニーズに対応したユーザインタフェース(メニュー関連)の構築

初年度に開発した文字入力システムを導入して、授業時・自習時における技術評価を実施する。具体的には、各学年から対象者を募り、4月から9月まで(理療教育課程前期)の期間、各々が選択した文字入力システムを学習に導入し、自記式質問紙調査及び半構造化面接、また観察法により評価を得ることとする。次に、評価結果の分析をし、各文字入力システムの改良に関

する基本設計を行う。

3.4 理療教育課程における中途視覚障害者の学習支援システムの構築

前年度までの基本設計を基に、文字入力システムの改良を行い、同一対象者の使用による再評価を通して、学習方略獲得のための学習支援システムの構築を図る。本システムは、①障害の程度並びにニーズ等に関する調査票、②文字入力システム、③システム操作法習得プログラムで構成する。また、利用対象者を他の国立4施設に拡大して、同システムの普及方法に関して検討を加える。本システムは、特別な訓練を要せずに文字入力システムが活用できることを目指すため、調査票の充実と効率的なシステム操作法習得プログラムの作成を図る。

4. 期待される効果

本研究の推進は、理療教育課程における中・高齢層中途視覚障害者の学習方略獲得を支援するシステムの基盤となる。そして、学習遂行上における不安要因の軽減と学習効果の向上が予想され、国家資格取得による社会参加の促進に寄与するものと考えられる。本研究の成果に応じて評価対象者を他の国立施設に拡げることが想定している。

参 考 文 献

- [1] 香川邦生, 柿澤敏文, 坂本洋一: “視覚障害更生施設等入所者の視覚障害原因等調査研究(代表香川邦生)”, 筑波大学心身障害学系, pp2-25, 1997
- [2] 渡辺哲也: “視覚障害者の Windows パソコン利用状況”, 日本障害者雇用促進協会障害者職業総合センター, 資料シリーズ No. 22, 2001
- [3] 渡辺哲也: “視覚障害者が Windows を学習する上での問題について- Windows パソコン利用状況調査から-”, 視覚障害リハビリテーション協会紀要, 視覚障害リハビリテーション協会, No6・7, p32-39, 2001
- [4] 渡辺哲也, 指田忠司, 長岡英司, 岡田伸一: “視覚障害者の Windows パソコン及びインターネット利用・学習状況-2002年調査-”, 第12回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 視覚障害リハビリテーション協会, p115-118, 2003
- [5] 石川充英: “視覚障害者のパソコン利用の現状と課題”, 第13回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 視覚障害リハビリテーション協会, p68-71, 2004
- [6] 伊藤和之, 佐島毅, 香川邦生: “理療教育課程入所者の学習手段の実態について- 墨字使用者を中心に-”, 弱視教育, 日本弱視教育研究会, 43巻4号(印刷中), 2006.
- [7] 伊藤和幸, 坂尻正次, 吉成瑞穂, 富田英雄: “点字・指点字利用が困難な盲ろう者向けのカナ提示によるエディタ・システム”, 第17回リハ工学カンファレンス, Vol.17, pp.419-422, 2002
- [8] 伊藤和幸, 坂井忠裕, 坂尻正次: “点字の習得が困難な盲ろう者向けパソコン利用支援機器について”, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT02-74, 2003
- [9] 伊藤和幸, 数藤康雄: “キーボード代用装置の開発とその使用例”, 第13回ライフサポート学会講演予稿集, Vol.13, p.127, 1997
- [10] 江崎修央, 清田公保, 引地徹, 中田星児, 山本眞司: “中途失明者用オンライン日本語入力システムの評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, HCS00-19, 2000
- [11] 長野宏輔, 江崎修央, 清田公保, 水野慎士, 山本眞司: “中途失明者用日本語入力システムのPDAへの実装と評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT03-51, 2003
- [12] 江崎修央, 清田公保, 滝沢穂高, 山本眞司: “中途失明者のためのオンライン日本語入力システム”, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT02-70, 2002

Light Spot Operated Mouse Emulator for Cervical Spinal-Cord Injured PC Users

Kazuyuki Itoh

Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, Japan
ito@rehab.go.jp
<http://www.rehab.go.jp/ri/index.html>

Abstract. The purpose of this study is to develop a mouse emulator system for cervical spinal-cord injured PC user. In this system, a laser illuminated point on a liquid crystal display is detected with image processing software developed for this system and the mouse cursor moves the detected point. The evaluation results indicate that the proposed method is comfortable for cervical spinal-cord injured PC user to operate GUI windows system.

1 Introduction

Persons with physical disabilities such as cervical spinal-cord injured (SCI) require assistive devices to use personal computers (PC), because their physical disabilities hinder them from utilizing a normal keyboard and a mouse. Although a mouse or head stick is the simplest assistive tool for them, the frequent use of these tools might cause additional disabilities or disease in other parts of their bodies. In order to prevent such side effects, we had developed a light spot operated keyboard (LSOK) for SCI PC-users since 1989. When it was initially developed the operating system (OS) was MS-DOS, so the development concept was to cast it as a keyboard emulate device. Thereafter, operating systems shifted to Windows, and the use of a mouse increased dramatically in graphical user interface (GUI) situation. LSOK have been clinically evaluated by SCI person, and have been found to be effective as a keyboard emulate device [1]. However, moving the mouse cursor is performed by illuminating a laser light onto a sensor corresponding to each shift direction (8 directions that include up and down, left and right, and diagonally) so, depending on the direction, the direction of the head and the line-of sight do not always match. In order to improve the mouse interface in relation to the LSOK user, we developed a system (light-spot operated mouse emulator) that detects laser illuminated points on a liquid crystal display (LCD) using image processing software and moves the mouse cursor to those sites.

2 Development Background

2.1 Existing Mouse Emulators

Mouse pointing devices for SCI PC users have been reported and some products are commercially available. These products use a switch operation for each direction and a joystick type operation [2]. And other devices perform a mouse operation by linking

K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2006, LNCS 4061, pp. 973–980, 2006.
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006

head movement with mouse cursor movement [3], thereby effectively utilizing the residual function of the SCI person. When using these devices, gain (setting of amount of mouse cursor move corresponding to head movement) and sensitivity are set. Problems occur, however, if these settings are not appropriate. With gain, strict calibration on commercially available products is not required, but the user must move the head so that the mouse cursor reaches the target site, such as an icon and menu bar. If the head can only be moved slightly, the mouse cursor may not always move to the periphery of the screen.

2.2 Adaptation to LSOK Users

We examined introducing the commercially available product Tracker-One [3] /Track-IR [4] for LSOK users (SCI person) for the purpose of using a Windows PC mouse, but the distance between the PC screen (19 inch) and user was about 90 cm, so there were some cases in which the mouse cursor did not move to the periphery of the screen using the gain adjustment the instrument was equipped with. A mouse pointing function that utilized a laser pointer was also desired because users were experienced with keyboard operations using a LSOK.

3 Detection of Pointing Sites on the Liquid Crystal Display Using Image Processing

If the user illuminates the laser pointer where he/she wishes to move the mouse cursor and the mouse cursor moves there, that should suffice for user interfacing. The present system is an application in which images uploaded with a USB camera are software processed, the laser illuminated point on the LCD is detected, and the mouse cursor follows the detected point. The procedure is as follows:

3.1 Use of Polarizing Filter

A polarizing filter is incorporated into the LCD on a PC. When an image is taken through a filter that has been rotated 90 deg, the LCD only appears black (Fig 1: Left, rotated 0 deg → Right, rotated 90 deg), and the LCD frame is easily detected.

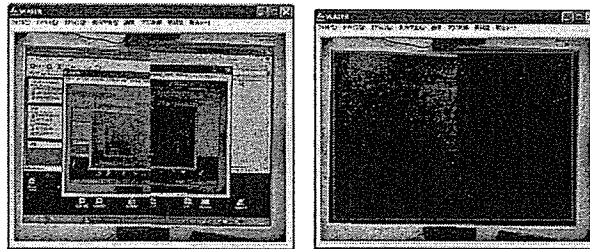


Fig. 1. CRT image with rotated 0 deg and 90 deg PL-filter

3.2 Use of USB Camera

The LCD is imaged using a USB camera that utilizes the above mentioned polarizing filter, and the uploaded image is processed using software. The system is simplified by not using hardware such as an image processing board. Because laser light is reflected onto the screen periphery, two USB cameras are set up whereby an image from each one is synthesized to produce one image (640 x 480 pixels).

3.3 Software Image Processing

The uploaded image is converted to the binary data using the threshold setting and the LC frame is detected. The LC frame inside the synthesized image is not at this time a perfect square, so it is made into a square by calculating the left upper and right lower coordinates using the procedure below. Fig. 2 shows schematically the left upper part of the binary screen data. Each cell shows one pixel. '1' is actually "0xFFh".

Cy[m+1]-Cy[m]												
	m	Cy[m]										
	0	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	2	5	1	1	0	1	0	1	1	0		
2	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
1	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
1	6	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	n		0	1	2	3	4	5	6	7		
	Cx[n]		7	7	4	3	2	3	3	2		
	Cx[n+1]-Cx[n]		0	3	1	1	1	0	1			

Fig. 2. Calculation of frame upper left coordinates

Cx[n] is the total value of the pixels in which the pixels in each row (Y=0~480) are '1' up to x=0~640. Similarly, Cy[m] is the total value of the pixels in which the pixels in each column (x=0~640) are '1' for Y=0~480. Next, the biggest differences between Cx[n] and Cx[n+1], and Cy[m] and Cy[m+1] were calculated, and the points where 10 pixels were added (or subtracted) to each were defined as the frame upper left coordinates. In the example in the figure above, the intersection point is where n=2 on the left edge and m=2 on the upper edge, and the coordinates are x=12 and Y=12. The situation is the same for the right lower coordinates.

Next, large bright pixels ('1') on the LC frame are illuminated point and the barycentric position of these pixels is considered the illuminated point of the laser pointer. The threshold was adjusted depending on the usage situation.

3.4 Mouse Cursor Moving

Fig. 3 is a schematic drawing of when the application is operated. The thick line is the PC screen. The application (long broken line) shows a screen in which the liquid crystal (LC) has been imaged. The mutual position of the LC frame (dotted line) detected within the screen and the illuminated detected point within the frame (o within the dotted line) is calculated, and then this is reflected onto the mouse cursor position (arrow) on the LCD to move it. In Fig. 3 a laser illuminated point has been detected at the top right of the LC frame, whereby the mouse cursor on the PC screen moves to the upper right position.

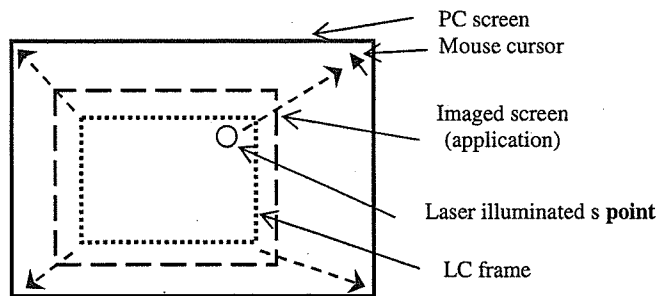


Fig. 3. Positional relationship between the calculated LC frame and laser illuminated point and mouse cursor position

Image processing occurs at about 10 FPS (frame/sec), and the coordinates for the laser illuminated point accumulate in the buffer at any time. For movement of the mouse cursor, the laser pointer movement amount m (dots/frame) for each frame is calculated, and that movement amount is performed after a continuous time (trajectory delay: T sec) has passed while the movement amount is no higher than the specified value M . By this process, if the laser pointer is moved quickly (M dots/frame or higher), then the mouse cursor will follow it after T sec after it has stopped, but if it is moved slowly, the mouse cursor will follow it if the speed is no more than M dots/frame). LSOK user perform mouse operations such as left and right clicking and dragging by illuminating the laser light on a special sensor set up at the periphery of the LCD, so to perform click operations by the above movement processing the mouse cursor does not follow movement even when the head is moved. It is possible to change the setting values for M (dots/frame) and T (sec) to meet the circumstances of the user.

3.5 Outline of System Set Up

The system is arranged as per Fig. 4. The sensors set up around the LCD are sensors for moving the mouse cursor used by the LSOK user. They are used to evaluate usage such as that discussed below.

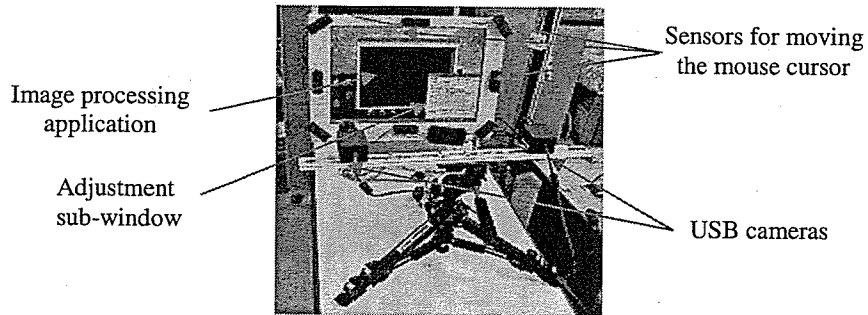


Fig. 4. System arrangement

4 Usage Evaluation

Usage was evaluated by comparing pointing operations that use the present system and pointing operations that use an optical sensor for movement. The parameters evaluated were the time it took for the mouse cursor to move to a target circle (T1 sec) and the time it took for clicking to be completed after the mouse cursor connected at first with the target (T2 sec).

As shown in Fig. 5, target circles appear in random order, one positioned in the center, and 30 positioned around it (in 8 directions, with three circles emanating out in each direction, and 6 circles around the periphery), so the subjects performed the operation by moving the cursor onto the target - which appeared in order from the center → periphery 1 → center → periphery 2 and so on - and selecting the target by hitting the laser on the optical sensor for left clicking. On the screen the selected target disappeared and only the target that should be next selected appeared. The movement time T1 was calculated as the time taken for the mouse cursor to reach the target after left clicking.

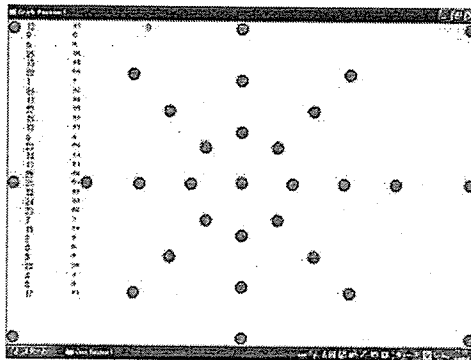


Fig. 5. Position of target circles

Subjects were one SCI person (SCI-A: 3 times by optical sensor), and three able body people (Able body -B: 1 person who used the LSOM system 1 time and the optical sensor 3 times; Able bodies -C & -D: 2 people who used the optical sensor 3 times). The SCI subject had used LSOK continuously for 13 years and was experienced at moving the mouse cursor using an optical sensor for mouse movement. The able bodied subjects had never before performed either type of operation.

Screen resolution was 1024 x 768 dots and the target circle size was 26 dots in diameter, which were the same values as one side of the 'Close/Minimize/Maximize' button in a standard display. The movement speed of the mouse cursor was set at 80 dots/sec. Sampling of mouse cursor positioning was performed every 50 ms. The values in the light-spot operated mouse system were set at 10 dots/frame for M and 0.4 sec for T.

5 Evaluation Results and Discussion

The performance of users was evaluated based on throughput (Amount of work processed in a specified time) values as defined below [5].

$$\text{Throughput} = \frac{\log_2(D/W+1)}{T1} \quad (1)$$

D is the distance from the departure point to the target center, W is the target diameter, and T1 is the movement time. Units are bits/sec.

Table 1 shows the throughput values. The value in the table is the mean throughput value for the 30 target site selections. Calculations were made for each measurement until the target was reached (approach route) and from the target back to the center (return route).

When a movement was performed using the LSOM, the mouse cursor moved for a length of time that combined the time taken to lean the head towards the target and the tracking delay time, so a higher throughput value was obtained compared to when the optical sensor was used. Because on the return route the target position is always in the center and it does not need to be verified compared to the approach route, the throughput value for the return route is high. This is the same as when the optical sensor was used.

Table 1. Results of throughput (mean ± SD, bit/sec)

	Evaluate Times					
	1		2		3	
SCI-A	1.80±0.27	1.78±0.27	1.82±0.22	1.71±0.29	1.82±0.24	1.87±0.24
LSOM(B)	2.68±0.71	2.88±0.42	2.61±0.73	2.90±0.41	2.64±0.69	2.89±0.39
AB-B	1.10±1.42	1.09±0.38	1.16±0.44	1.16±0.35	1.21±0.37	1.10±0.33
AB-C	1.28±0.40	1.18±0.38	1.32±0.45	1.24±0.48	1.28±0.40	1.37±0.44
AB-D	1.04±0.39	0.88±0.29	1.22±0.41	1.09±0.30	1.20±0.31	1.14±0.41

The value was higher for the person with SCI than for the able body subjects because the former was experienced in movement operations using the optical sensor, and because he was good at fine control when the cursor approached the target. The same subject also rarely overshoot the target.

Table 2 shows the mean time (T2) from when the cursor contacted the target to when the click was completed. When using the LSOM, the operation time was 30-60% shorter than the operation time for the optical sensor. As with throughput, the mean value of T2 was less for the subject with the SCI subject. However, this value also included recovery time when the target was overshoot and the cursor traveled to the opposite side, so the result reflected the high level of operational experience of the SCI subject.

Table 2. Results of T2 (mean ± SD, sec)

	Evaluate Times					
	1		2		3	
SCI-A	1.2±0.6	1.3±0.8	1.0±0.5	1.0±0.5	1.0±0.6	0.9±0.3
LSOM(B)	0.9±0.4	1.1±0.4	1.2±0.3	0.9±0.3	0.9±0.6	1.0±0.3
AB-B	3.1±1.7	2.0±1.2	2.7±1.5	1.9±0.9	2.7±1.4	1.9±0.9
AB-C	1.8±0.9	1.1±0.8	1.5±0.9	1.7±0.8	1.4±1.1	1.0±0.7
AB-D	2.2±1.7	1.5±1.8	1.9±1.1	1.6±0.9	1.4±0.8	1.5±1.3

As a reference, Table 3 shows the total number of times the target was overshoot in the movement experiment using the optical sensor. Compared to the record of a maximum of 36 times on the initial effort by the able-bodied subject B, the SCI subject-A only overshoot the target 1 to 3 times, which indicates the level of experience of that person.

Table 3. Results of overshooting the target (times)

	Evaluate Times					
	1		2		3	
SCI-A	3	2	3	3	1	1
AB-B	36	20	28	14	28	5
AB-C	13	11	11	8	14	10
AB-D	13	11	16	15	8	14

As can be seen in Table 2 and Table 3, it could be expected that even when a person was inexperienced at operating the optical sensor, they could, with practice, acquire similar ability to the SCI subject who participated in the measurements. However, as shown in Table 1 and Table 2, big improvements in the throughput value and T2 (the time from mouse arrival at the target to clicking) were seen when moving the mouse cursor using the LSOM compared with the optical sensor. And, based on the evaluation experiment, operability was better when the LSOM was used.