

本稿の研究へのそもその動機は、2003年度にフランスで論争となった安楽死問題に端を発する。[1]の著者は、交通事故になって全身不随となった後も、親指だけを用いて安楽死の権利を訴えた。いかに過酷な状況になろうとも、人間同士のコミュニケーションが重大であることを本参考文献を通して痛感したことが、本研究に結びついた。

文 献

- [1] V. Humbert. *Je vous demande le droit de mourir*. Michel Lafon, 2003. ISBN: 2840989921.
- [2] K. Itoh. Evaluation of display-based morse keyboard emulator. In *Proceedings of 12th Japanese Conference of Advancement of Rehabilitation Technology*, volume 12, pages 113-116, August 1997.
- [3] K. Tanaka-Ishii and I. Frank. Dit4dah: Predictive pruning for morse code text entry: towards an entry system for the seriously impaired. In *International Joint Conference on Natural Language Processing*, page to appear, 2004.
- [4] C.M. Wu and C. H. Luo. Morse code recognition system with fuzzy algorithm for disabled persons. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 26(5):202-207, 2002.

PC 利用による Etran 方式の意思伝達方法

Emulate of Etran type Kana Board by use of PC

伊藤 和幸 (国立身体障害者リハビリテーションセンター 研究所)

山本 智子 (狭山神経内科病院)

I. はじめに

ALS 患者や筋ジストロフィー患者などの重度障害者が介護者などとコミュニケーションをとる方法の一つに、透明なアクリル板や塩ビ版を使用した透明文字盤の利用がある。この方法は、透明文字盤には50音表や単語を記入し、障害者が順次見つめる透明文字盤上の文字や単語を裏側の介護者が推測して意思の伝達を行うものである。視線を利用して直接的に文字を選択していく方法は走査式¹⁾よりも効率が良いこと、アクリル板のコストは数千円程度であること、透明文字盤を用意するだけなので複雑なセッティングが不要であること、コミュニケーション場面により(文章の作成、定型句の選択等)、適宜文字盤を変えることで障害者の目的に即したコミュニケーション環境を素早く整えられるというメリットもある。一方、デメリットとしては長い文章を作成したい場合には選択した文字を介護者が記憶するか、メモ書きして保存する必要があることである。さらに、一度作成した文章を後日編集したい場合には、ワープロなどに保存しておく作業も必要となる。

本報告では、編集機能を補うためにパーソナル・コンピュータ(以下、パソコン)を利用し、USBカメラを利用したビデオキャプチャにより画面上に障害者の目の画像を表示して、視線を読み取ることのできるEtran形式のシステムを開発したのでその内容について記述する。

II. 透明文字盤を利用した意思伝達方法

透明文字盤を利用し視線の方向で意思を伝える方法には、EyeLinkとEtranと呼ばれる方式がある²⁾。

EyeLink方式は障害者の見つめる文字と介護者の視線が一直線になるように(お互いに見つめあう: eye contact)、間にある透明文字盤を動かす方法で、障害者の意図する文字や単語・シンボルが目と目を

結ぶ線上に移動してくると、次第に文字の向こう側に正面向きの相手の目が見えることになる。

Etran方式は障害者の視線方向を利用する方法で、中央部を空白とした透明文字盤の周辺に選択肢を配置し、障害者の見つめる選択肢を介護者が推測していく方法である。文字を選択する場合、日本語であれば46音の清音、濁点、半濁点、長音記号などの選択肢が必要で、全てを表示すると視線方向がどの文字を示しているかが判断しづらい。そこで、EyeLink形式では文字盤を大きくして1文字分の範囲を大きくするなどの工夫が必要となる。Etran形式では、文字の配置を上下左右に斜め方向を加えた8方向などとし、最初に「あかさたな・・・」(子音)を選択してから、母音を選択するなど、2段階で1文字を選択する方法が採用されている。母音の位置は予め決めておき、最初に選択した子音に合わせて介助者が母音を読み上げる方法を採用。

III. パソコンを利用した Etran 形式の代替

パソコンを利用し、ビデオキャプチャした画像を画面上に表示させることで前述の方法のうちEtran形式を代替することが可能となる。具体的には、眼球付近の画像をビデオキャプチャし、反転させた上で画面の中央に表示させるアプリケーションを作成する。選択する文字は画面の周辺に配置し、障害者は画面上に配置された文字を見つめ、介護者は画面中央に表示された目の向きを推測して障害者が画面上のどの文字を見つめているかを読み取る、という方法となる。透明文字盤を利用する場合には障害者と介護者が対面していたが、介護者は障害者の脇に位置して障害者と介護者は同じ方向を向くことになる。図1、2はパソコンを利用した場合の表示内容であり、起動しているアプリケーションは片目付近の画像をビデオキャプチャし画面中央に反転して表

示す。眼球付近の画像を反転表示することで文字の位置と視線方向が一致し、透明文字盤を挟んで障害者と対面しなくても視線方向を推測することができる。介護者はマウスを使用して画面周囲に配置した文字上にカーソル（文字を囲む枠）を移動させ、介護者が判断している文字がどの文字であるかを障害者にフィードバックする。障害者は望みの文字がカーソルで囲まれていれば目を閉じる等のOKの合図を出せばよい。子音の選択後、周囲の文字は母音表示に換え、再度障害者に望みの文字を見つめてもらい、最終的に1文字が決定する。

アプリケーションでは、子音とその後の母音の選択は全て左クリックで行い、確定された文字が画面下部のワープロエリアに入力される。ビデオキャプチャ機能で目の画像を反転表示するとともに、文字編集機能（簡易テキストエディタ）によりアプリケーション上で選択した編集キー（漢字やカタカナへの変換、カーソルの移動、文字削除）を選択することで文字編集が可能となっている。簡易テキストエディタはキーボードからの直接操作も可能である。

文書の保存や読み込み、新規作成を行うことも可能であるが、メニュー操作中には文字盤が隠れるため、ファイル名などは予め打ち合わせる必要がある。

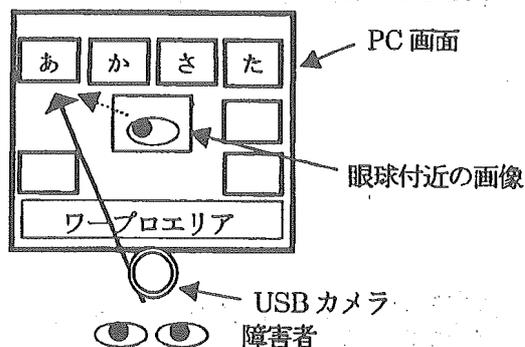


図1 PC版 Etran 画面

Fig. 1 Etran screen on PC



図2 子音「あ」の選択 (左) と選択後の母音の表示 (右) (「あ」の選択場面)

Fig. 2 1st (consonant) and 2nd (vowel) screen on PC

システムはノート型の Windows パソコン (OS は Windows XP, Visual C++によりアプリケーションを作成) と USB カメラで構成され、短時間の利用であればバッテリー駆動により電源ケーブルが必要となり、コンパクトな構成となっている (図3)。USB カメラは眼球付近の画像を拡大撮影する必要があることから Web 用の広角カメラではなく、望遠レンズや接写リングの選択が可能なCマウントタイプ (例: Argo, Lu055M-IO) のものを利用した。適切な保持具が用意できれば、カメラと小型ノートパソコンか液晶モニターをベッド上に設置して仰向けのままでも利用が可能となる。

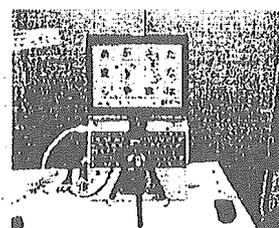


図3 システムの概観

Fig. 3 General system view

IV. まとめ

PCを利用し簡易な構成で Etran 形式の透明文字盤を代替できるシステムを開発した。コスト的にはアクリル製透明文字盤の利用に勝ることはないが、透明文字盤の持つ欠点を補う機能が実現できたと考えられる。今後、臨床現場で評価を行い本システムに不足する機能を検証し、より実用性のあるものへと改善していきたいと考えている。

V. 参考文献

- 1) 数藤康雄, “コミュニケーション機器調査研究報告書”, テクノエイド協会, 1991
- 2) 山本智子, “視線コミュニケーションの基礎 EyeGaze で文字を伝える Etran と eyeLink”, ATAC カンファレンス 2001 テキスト, pp.26-27, Nov. 2001
- 3) 山本智子, 眼球運動が障害された ALS 患者が使用可能な透明文字盤の工夫, 第16回リハ工学カンファレンス講演論文集, Vol.16, pp.105-108, Aug. 2001

盲ろう者の PC 利用を目的としたカナ呈示機

A Tactile Display System in the Use of a PC for Deaf-blind Users

障害者職業総合センター ○坂尻正次, 岡田伸一
 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 伊藤和幸
 東京電機大学理工学部 富田英雄
 東京大学先端科学技術研究センター 伊福部達

I. はじめに

視覚と聴覚に障害のある障害者を一般的に盲ろう者という。日本国内における盲ろう者の人口は2万人程度と言われている¹⁾。盲ろう障害は、視覚と聴覚のそれぞれの障害の程度(全盲・全聾、全盲難聴、弱視・全聾、弱視・難聴)、それぞれの障害の発生時期や順序(先天盲ろう、中途盲ろう、盲ベース、聾ベース)、受けてきた教育等の環境によって多様な障害特性を示すので、支援技術を適応する場合にもこれらのことを考慮する必要がある²⁾。

全盲・全聾の状態であっても、点字を使用することができる盲ろう者は、点字印刷物から情報を得ることができるし、点字ディスプレイを備えたパソコンを使用し電子メールやWebブラウザを利用することもできる。しかし、盲ろう者の中でも、全盲・全聾の状態、点字を使用していない場合、その盲ろう者は単独で情報を取得することができない。

点字の修得は盲ろう者の情報取得の上で重要であるが、「聾ベース」と言われている後天的視覚障害・先天的聴覚障害の盲ろうの場合や、中途盲ろうの盲ろう者は、点字の修得が困難な場合が多い。また、年齢とともに触覚の機能及び触パターン認識の機能が低下し、さらに年齢とともに点字触読能力が低下することも知られている。

そこで、我々は点字ではなく文字そのものの形を触覚ディスプレイに表示することにより、点字を修得していない盲ろう者が文字を読み書きするためのカナ呈示機の開発をおこなってきた。

この度、触覚ディスプレイ上に10文字分の表示が可能な試作機を開発したので報告する。

II. 試作カナ呈示機

図1に試作したカナ呈示機の構成を示す。カナ呈示機は、パソコン、触覚ディスプレイ、携帯電話型スイッチ、カーソルキーから構成されている。パソコンには、日本語のスクリーンリーダーWinVoieがインストールされており、その点字出力を利用して触覚ディスプレイ上に点字ではなく文字の形そのものを表示する(ASCIIコードで定義されているカナ・英数字・記号を表示)。本試作機が対象とするユーザーはフルキーボードによる入力に慣れていない場合が多いと予想されるので、携帯電話型スイッチは、初心者でも簡便に利用することができるように携帯電話の入力方式を採用した携帯電話型スイッチを備えている。カーソルキーはパソコンのキーボードにあるカーソルキーと同様の機能を持つが、触覚ディスプレイと携帯電話型スイッチの近くに配置するために外付けのカーソルキーを備えることとした。

図2にカナ呈示機の触覚ディスプレイ及びキー配置を示した。触覚ディスプレイは、KGS社製の触覚

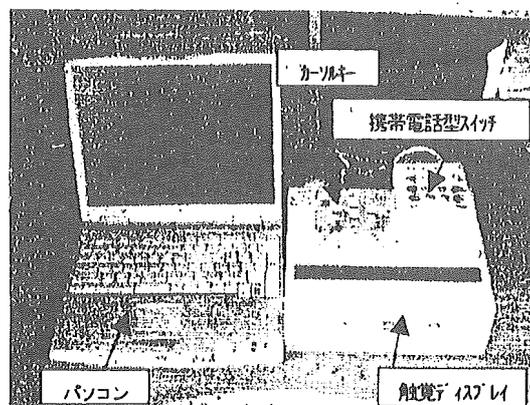


図1 カナ呈示機のシステム構成

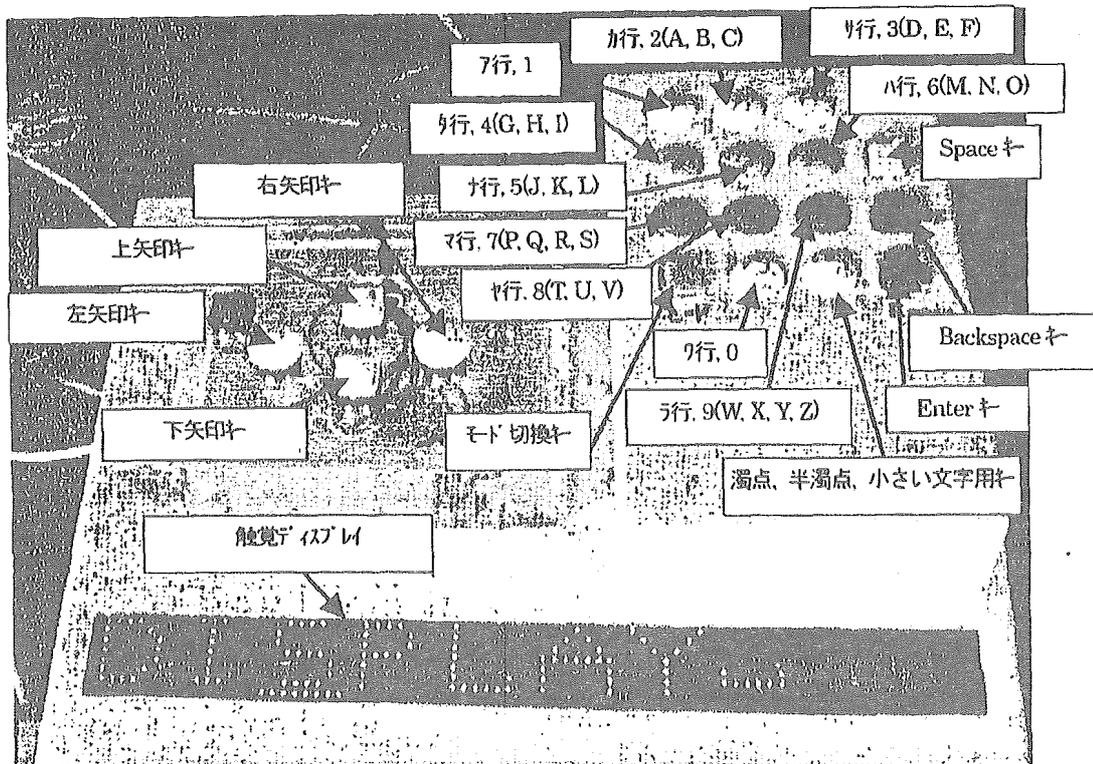


図2 カナ表示機の触覚ディスプレイとキー配置

ディスプレイモジュール (SC-5) を10個使用したもので、8×80ドットの触知ピンが3mmピッチで配置されている。図2の触覚ディスプレイ上には「DISPLAY」と表示されている。「S」の下の横線は画面上のカーソル位置を表しており、「V」の後に表示されている記号はスペース (空白) である。触覚ディスプレイには10文字を表示することができる。1文字に対して8×8ドットの領域を使用しているが、隣り合う文字のドットがつながると文字と文字の境目を触読することが難しくなる。また、文字を入力・編集するためには、カーソル位置を確認することが必要になるので文字の下にカーソル位置を表示するための下線を表示する必要がある。そこで、1文字のフォントを縦7×横6ドットの領域でデザインした。フォントのデザインにあたっては、盲ろう者の意見を参考に作業を進めた。

携帯電話型スイッチは、図2で示したようなキー配置になっている。モード切替キーにより「カナ」→「アルファベット・数字」→「記号」→「カナ」

というように入力モードが切り替わる。詳細は省略するが一般的な携帯電話での入力方式とほぼ同じである。なお、濁点・半濁点の表示には2文字分の領域を用いている。

試作機では、電源投入時に自動的に WinVoice と MSWord が起動し、図2で示したスイッチにより文字を簡便な操作で入力・編集できるようになっている。なお、フルキーボードによる操作で、点字ディスプレイを利用するように操作することも可能である。

参考文献

- (1) 福島智, “盲ろう者とノーマライゼーション”, 明石書店, 東京, 1997.
- (2) 坂尻正次, “盲ろう者 (視覚と聴覚の重複障害者) のコミュニケーションと福祉用具の活用,” 高齢者・障害者のための福祉用具活用の実務 (追録第32~36号), 福祉用具活用研究会 (編), pp. 309-313, 第一法規, 東京, 2003.

13-83-12 仮名パターンの表現方法とその効果

○ 伊藤 和幸

国立身体障害者リハビリテーションセンター 研究所

Kazuyuki ITOH, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

1. はじめに

盲ろう者（視・聴覚重複障害）にとって、触覚は唯一の情報入手経路であり、点字をはじめとして触読による情報の提供方法が検討されている。点字による触読法は最も効率の良い情報取得法であるが、その習得率は視覚障害者でも10%程度と高いものでなく[1]~[2]、受傷が後天的・高齢時の場合にはその読み書きを修得できないことも予想される。また、盲ろう者は視覚・聴覚に重複して障害をもつためにその障害特性は多様性を示し、取得してきたコミュニケーション手段にも様々な方法がある[3]。これらの状況から、当研究所では情報提供の一手段としてカタカナパターンの表示により情報を提供できる装置を開発している。

一つは、専用紙への任意の立体パターンが出力可能な個人用三次元レーザ・プリンタ[4]、もう一つはピン・ディスプレイ上にカタカナパターンを表示できるカナ表示機である。カナの出力を選択したのは、途中で障害を受けた場合にはカナの概念があるため、点字や指点字を利用するよりは習得に困難を伴いにくいと予想されるためである。

2. 三次元レーザ・プリンタ

触読パターンの作成原理は、図1に示すように熱発泡性インクを塗布し表面を保護した熱発泡用紙に半導体レーザ光を照射し、発生する熱によって立体パターンを作成する形式である[4]。図2にレーザ・プリンタの概観を示す。大きさは一般的なインクジェット・プリンタ程度で、用紙はA4サイズを用意している。用紙へのパターン出力は、予め作成したカナフォントの印字（専用エディタによるフォントの作成と文書編集後のカタカナ形状出力）とビットマップ出力に対応し、ビットマップ上で出力ポイントを指定することで、図3左側のような任意の立体パターンが作成できる。触読に適したフォントに関しては先行研究があり[5]、初期値としてのフォントにはこれらが反映されている。本システムは専用紙への出力であり書き換えは不可能なため、地図や教材等への利用法が考えられる。

3. ピン・ディスプレイを用いたカナ表示機

KGS社製のピン・ディスプレイを利用し、ピンの離散的な集合としてカタカナを表現するカナ表示システムを開発している[6]。カナフォントは予め作成しておき、P

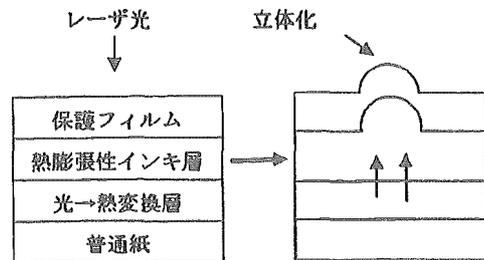


Fig.1 Heat Form Paper for 3D Laser Printer

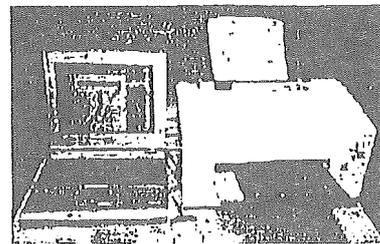


Fig.2 3D Laser Printer

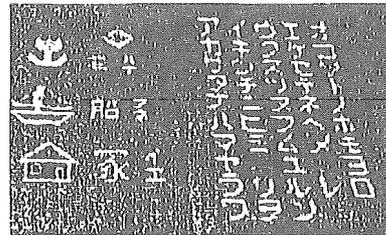


Fig.3 3D Output Pattern

Cからの文字コードに対応してピン・ディスプレイ上で表示を行う。本システムではスクリーンリーダであるWinVoice[7]を改良し、PC操作の全てが点字ではなくピン・ディスプレイ上のカタカナに替えて出力するため（図4）、カナ表示を手がかりにワープロ・ソフトを利用して盲ろう者自身が文書を作成する、メールソフトによりコミュニケーションをとるなど、実用的な利用が可能になる。

図4では1セル8×8ピン、ピン間隔3mmピッチのセル（W2.4mm×D2.4mm）を用い、1セルで1文字（24

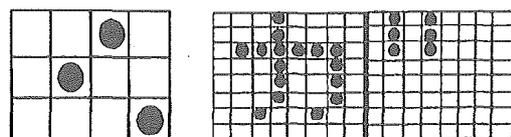


Fig.4 Kana character on Braille and tactile kana display

mm 四方) を表現しているが、ファインピッチ・ピン・ディスプレイ (同じく KGS 社製でピン間隔 2.4 mm, 1セル 3.2 × 1.2 ピンで W 29 mm × D 85 mm) を利用することで表現力の増加 (濁音半濁音を 1 文字範囲内に表現するなど) が期待できる。その場合には 2 セルを横置きにして、カナ表示部で 6 文字分 (1 文字縦 1.2 × 横 1.0 ドットで約 28 mm 四方, 全体は W 170 mm × D 29 mm) の表示を行うこととなる。図 5 には左に 3 mm ピッチのセルを 10 個利用して 10 文字分を出力, 右に 2.4 mm ピッチのセルを 2 個利用して 6 文字分を出力したカナ表示機を示す。

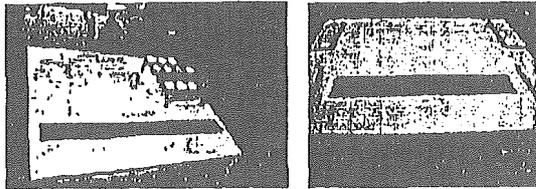


Fig.5 Tactile Kana display

図 6 はシステム概念図で、WinVoice からの出力はシリアル経由でカナ表示機へ送信され、内蔵したフォントデータに対応してカナが出力される。また、カナ表示機にはキーボード代用装置が組み込まれており、PC 操作や入力された文字は USB 経由で PC に反映される。カナ表示機内には HUB とシリアル-USB 変換機を内蔵させ、パソコンとカナ表示機とを 1 本の USB ケーブルで接続することで機器周りの簡略化を図っている。

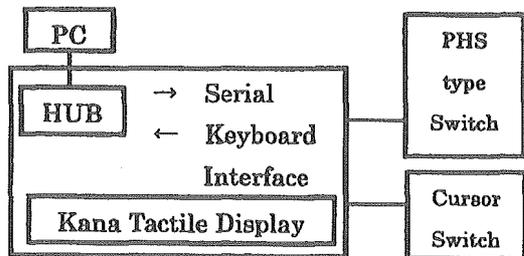


Fig.6 Schematic diagram of System

本システムでは PC 操作の全てがカタカナで表示されるので、スタートボタンを押すとカナ表示機上では「スタート」と表示され、押したボタンがスタートキーであることが確認できる。続いて「P」キーを押すと、「Program」と表示されるので、それらを触読して操作内容を確認することができる。ブラインドタッチが可能であれば、標準キーボードから文字を入力することもできるが、別途携帯電話形式の文字入力機能を内蔵させ、文字候補を確認しながら

確定操作により入力を行うキーボード代用機能も提供している。また、カーソルキーも標準キーボードとは別に用意し、誤操作の要因を出来るだけ少なくした (図 6)。

ワープロ・ソフトへの文字入力作業により本システムの使用評価を行った結果 (被験者は、アイマスクをした障害のない者 6 名 (A~F: 5 回, D は 3 回) と、盲ろう者 1 名 (G: 中途障害, 2 回) で、被験者 A~F には意味のある文章 (イロハニ... の清音 46 文字と文節ごとに空白を 7 箇所挿入した計 53 文字), 盲ろう者には自由に文章を入力するように指示し、入力中の確認操作を含めた入力時間を計測した), どの被験者 (1 名以外) も 2 回目もしくは 3 回目に 1 文字あたりの入力時間の減少傾向があり、カナ表示による確認方法は少ない練習回数で操作を習得できることが伺えた (1 名は計測初期からほぼ同じ) [6]。また、日数経過による入力時間の減少傾向があり、継続して使用することで操作効率が向上することが期待できる。盲ろう者の使用評価は 2 回だけであるが、操作を理解すると他の被験者と遜色ない入力操作を行っていた。携帯電話式の文字入力操作は、どの被験者もほとんど誤操作なく入力が可能であった。

4. まとめ

点字や指字を習得していない盲ろう者でも、カナ形状の触読により情報を得ることが出来るような支援機器を開発した。両者とも実用面ばかりではなく、先天的な視覚障害者向けにはカナの学習教材としての利用方法も考えられる。

参考文献

- [1] http://www1.mhlw.go.jp/toukei/h8sinsyou_9/1-3.html
- [2] <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0808-2c1.html>
- [3] 「視覚と聴覚の重複障害者の就労を支援するためのコミュニケーション支援機器に関する研究」報告書, 日本障害者雇用促進協会 障害者職業総合センター, 調査研究報告書 No. 46, 2002
- [4] 伊藤他: ダイレクト発泡による触読パターン作成用三次元レーザ・プリンタの開発, 第 26 回感覚代行シンポジウム, 53-56, 2000
- [5] 西村他: 触覚での読み取りに適したフォント ForeFingerM(3) - 離散ドットの可能性. 第 11 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 100, 2002
- [6] 「点字利用が困難な盲ろう者のための文章作成システムの開発に関する研究」報告書 (主任研究者: 伊藤和幸) 平成 13-15 年度厚生労働科学研究費補助金報告書, 厚生労働省, 2004
- [7] <http://www.nbs.co.jp/>

特 集

IT 利用に必要な支援～リハ工学（研究者）の立場から

国立身体障害者リハビリテーションセンター 研究所 伊藤 和幸

1. はじめに

本特集の「IT利用に必要な支援」というタイトルには様々な修飾語がつく。肢体不自由者がIT機器を利用して望みの活動ができるようになるためには、機器の開発だけでなく供給サービス、在宅サポートなどの様々な支援があって成り立つものであり、前ページに多岐にわたる立場からの記述がなされている。本稿では、リハ工学（研究者）という立場から、研究・開発・評価にかかわることが中心となる研究機関、大学の役割という観点で報告を行いたい。

2. 研究機関、大学における活動

製品を開発、製造、販売し利潤を上げなくてはならない民間企業とは異なり、研究機関や大学では目先の利潤にとらわれず、また、長期的な展望に立った研究活動ができる。大学は学内にある様々な分野（工学だけではなく医学、言語学、他様々な研究分野）との融合が期待できる場所でもある。ただし、好き勝手にしてよいというわけではなく、研究活動にあたっては明確な目的を立てたうえで具体的な目標を設定し、その実現に向けた活動が必要である。ユビキタス（偏在性）・ウェアラブル（装着型）というキーワードに代表されるようなIT産業の活発さやIT政策の提言などに後押しされて、総務省、文部科学省、厚生労働省などのIT関連研究費へも申請しやすくなってはいるが、近年予算枠の削減は顕著であるし、研究実績に対する評価の目も厳しくなっている。適切な目標設定と研究実施力がなければ研究費の取得はおろか、継続不可能となること

は念頭におかなければならない。

一方、研究機関・大学にとって悩ましいのは、製品化では民間企業に勝つことはなく、また、製造を行うことが期待されている役割ではないものの、研究対象とする福祉分野は最も製品化が望まれる分野であるということである。製品化まで実現すれば理想的であるが、①医学・工学・他分野などにおける学術的な解明（基礎）→②それらの障害者環境への適用（応用）→③製品化への取り組み（製品化）、のバランスをうまくとりながら活動を行うことになろう。特に①～②間のループは何度行ってもよく、障害者環境へ適用した結果不明な点があれば、基本の解明に戻ることも必要である。

民間企業が福祉分野へ参入することが少ないのは、福祉機器は一般製品とは異なり、対象ユーザ層の特殊性と人口の少なさなどから多品種少量生産品とならざるをえないためであるが、民間でも福祉分野への参入を考えている企業は少なからずあり、時には、「このような技術シーズがあるが福祉分野に利用できないか」「福祉分野に参入したいものの、様子がわからないので教えてほしい」という企業からの問い合わせを受けることも事実である。障害者側のニーズと民間企業側のシーズ間を橋渡しして、両者がうまくマッチすると製品化が実現する場合もある。

3. 機器選択の流れ

利用者にとって最適なコミュニケーション機器を選択するまでの一般的な流れを紹介する。コミュニケーション関係の問題は、移動とともに肢体不自由者にとって大きな問題のひとつであり、利用者にとって最適なコミュニケーション環境を整えることが重要となる。そのための手順は以下のような流れとなるが、その内容は研究者だけでなく様々な支援

国立身体障害者リハビリテーションセンター
研究所
〒359-8555 埼玉県所沢市並木4-1

者を含めて考えてよい。

1) 事前評価 (利用者のニーズ、身体機能の評価)

まず、事前評価として利用者のニーズ評価 (何がしたいのか)、身体機能評価 (運動・感覚・認知機能の評価 (何ができるのか)) を行う。本稿に合わせてみると、ニーズは IT 機器を利用したさまざまな活動を行うことであるが、日常生活におけるコミュニケーションや環境制御のニーズが高い場合もある。身体機能の評価は、操作可能な身体部位・稼動範囲の評価、感覚・認知機能の評価などであり、身体機能に合わせてどのような操作系が適しているかを判断することが目的となる。

2) 入力方式の検討

次いで、ニーズと身体機能を同時に考慮しながら、入力方式の検討を行う。入力方式の分類・体系化にはさまざまな経緯¹⁻³⁾があるが、代表的には 3 種類の方法 (直接入力: direct input、符号化入力: coding input、走査式入力: scanning input) があり、それぞれの方法により操作が要求される身体機能やスイッチ数、入力速度に違いがある。

入力方式の詳細は文献に譲るが¹⁻³⁾、何らかの文字を入力することを一例とすれば、直接入力はキーボードやマウスのように目的の対象をダイレクトに選択する (「あ」を入力したければ、「あ」の箇所をポインティングし確定操作を行う) 方法で、身体機能としてはポインティング能力が要求されるが入力速度は速い。頭部の動きをマウスの移動と連動させるヘッドポイントや注視している箇所を選択する視線入力も直接入力である。ポインティング操作ではないが、音声入力も直接入力方式に分類してよいだろう。

走査式は目的の対象までカーソルを走査させ確定する (文字盤の「あ」までカーソルを移動させ確定する) 方法で、一般的にはカーソル走査を自動的に行い確定操作することで文字が入力される。操作するスイッチ数が少ないので重度肢体不自由者に適しているが、走査式であるため入力速度は遅い。

符号入力は直接入力と走査入力の中間的な入力方法で、複数のスイッチ入力を符号化して入力を行う方法である。たとえば、モールス符号を利用すれば、「・」と「ー」を組み合わせると入力し確定すると

その組み合わせに割り当てられた文字が入力できる。「・ー」はアルファベットでは「a」、カタカナでは「イ」が割り当てられている。利用する符号体系は何でも良いが、符号内容を記憶するか (memorized base)、符号の入力に対応する状況を適切に表示する方法 (displayed base) を併用しないと利用しにくい。「あかさたな・」の子音に対応するスイッチ入力の後「あいうえお」の母音に対応するスイッチを入力する方法 (ポケベル方式) や、「あかさたな・」の子音に対するスイッチを母音分押す方法 (携帯電話方式: 「あ」のスイッチを 2 回押すと「い」になる) も符号入力と考えてよい。

3) 使用評価

最終的には、実際の操作環境の中で操作性を評価する。入力スイッチや補助具の適合作業 (フィッティング)、疲労や 2 次障害の有無の判断、習熟度などを評価し入力方式を再検討することも考慮に入れる。機器を利用する障害者だけではなくセッティングする中間ユーザの存在、利用者のニーズの変化も考慮する必要もあろう。2) ~ 3) 間のループは、利用者の操作環境が満足されるまで繰り返し行う必要がある。

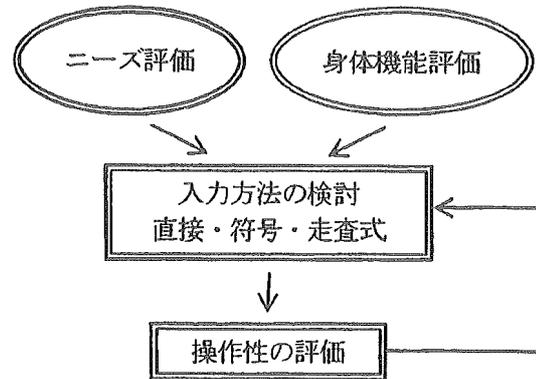


図1 機器選択の流れ

4. IT 機器の利用と研究・開発課題

単体で機能するコミュニケーションエイドや環境制御装置も IT 機器に分類してよいと思うが、現状では意思伝達 (介助者や周囲の人とのコミュニケーションなど) や環境の制御という目的も IT 機器の機能に含まれると理解してよいだろう。パソコンや PDA、携帯電話など、端末の形態は異なっても、

IT機器を利用して意思伝達、環境制御、インターネット環境を利用したメールのやり取りやWEBサイトの閲覧、ファイルの転送などを行うことになる。

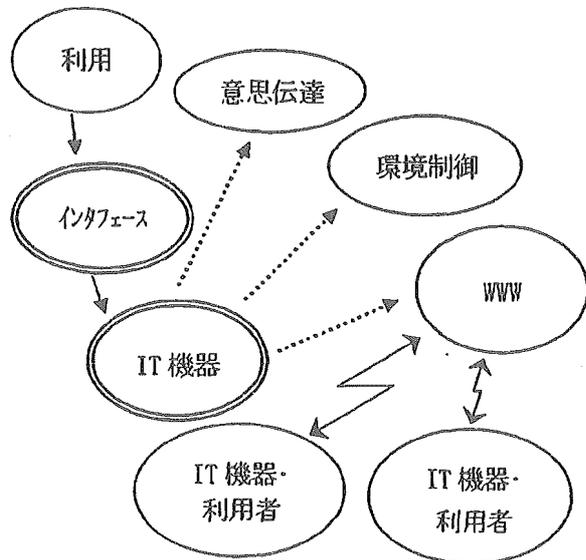


図2 IT機器の利用状況

研究・開発対象を挙げればきりがないが、限られた身体機能を入力に結び付けてIT機器を操作するには標準の入力機器のままでは困難をとまなうため、図2のように何らかの障害者向けインタフェースや入力機器が必要となる。様々な操作を効率よく行うためには、いずれの入力方式においても補助機能・機器を開発することとなる。乱暴な言い方をすれば、現状ではIT機器の操作はカーソルやマウス操作によるアイコンやメニューバーの選択と確定操作やキーボード操作によるワープロやメールソフトでの文字入力操作に代表され、これらのインタフェースの開発が必要となる。

開発例を挙げてみると、初期にはキーボード・マウス機能を持ったハードウェア単体を外部接続することで標準機器を代替していたが⁶⁾、最近では、スイッチなどの入力をパソコン上のアプリケーションで処理しソフトウェア的にキーボードやマウスとして機能する手段で実現できるようになった⁵⁾。

また、キーボードやマウス機能の代替だけでなく、さらに高性能な作業をソフトウェアで行なう技術も進歩している。既に環境制御装置では音声認識による操作が実現しているように、ソフトウェアによる

画像処理や動作解析などもノートパソコンレベルで可能になっている⁶⁾。身振りなどをゲームの入力手段として利用する試みもあり⁷⁾、今後の研究によりIT機器操作に結び付けることも十分可能であろう。

一方、ソフトウェア処理機能の向上に伴い、Pet e⁵⁾や携帯電話のように最初の数文字を入力するとその文字に続く単語が漢字変換を含めて候補となって出てくる単語予測機能も現実的となり、文字入力における効率化にも寄与するようになってきた。学習により、使用頻度の高い漢字を変換候補の上位に配置させる機能はワープロソフトでは普通に行われている作業であるし、走査式における文字選択の効率化という意味では、使用頻度や単語予測によって文字盤配列を並べ替えることで効率化を実現させたり⁸⁾、走査カーソルを複数用意し選択された文字の組み合わせにより意味のある単語や文章に組み立てなおす⁹⁾、という研究もある。単語予測などは言語モデルの構築と適用など、他分野の研究成果が反映された結果であろう。

今後、ソフトウェア処理機能とコンピュータのハード的な性能(CPU性能、大容量メモリの搭載、小型化など)とは、相乗効果でさらに向上していくことが予想される。端末装置(キーボードやマウスなど)やスイッチを直接操作しなくても、顔を向ける、指で指し示めす、視線を向けるなどの行為や脳波の変動をインタフェースとすることで利用者の意思を反映できるシステムは健常者の利用環境でも大きな課題となっているため、その研究成果を障害者環境にも応用できることを期待したい。

ソフトウェアを利用するメリットは、利用者の個人特性(スキャン速度の変更やチャタリングの有無などの入力特性、他)を容易に反映できることでもある。個人特性を変数化してアプリケーション利用時に反映させれば、個人にカスタマイズした設定でアプリケーションを利用できるし、個人特性をファイル化、保存、転送できれば、遠隔地であっても支援者が適切に設定して返送するという支援方法もある。また、オペレートナビを利用する際に見られるように、各操作場面に適したスクリーンキーボードが利用者のホームページにアップロードしてあり、好みに応じてダウンロードして利用できるという方法も有効であろう。

順序が逆になったが、前述の事前評価においては、これまで Try-and-error や経験の積み重ねに頼ってきた領域を定量的に判断できる計測・評価システムが求められている。例えば、脳性まひ者の動作計測を行い不随意運動が混じった動きの中から随意運動を区別できるようなアルゴリズムがあるか、という命題には明確な答えがないのが現状である。また、重度の Locked-in 状態において微小な動きを捉えるセンサや脳波などの生体信号を直接入力に利用できるシステムの開発なども、重度の障害者を直接サポートする支援者（機器提供者、在宅サポート者など）から求められている。使用評価においては、実際の利用環境において各入力方式間の操作効率の違いや習熟度の変遷などを明らかにしておく、最適な操作環境を選択する際の指針となりうる。

5. 最後に

身体機能の計測システム、センサの開発に始まり、具体的なインタフェースの開発、操作性評価など、3、4章で記述した研究・開発要素の内容はほんの一例に過ぎない。最近では福祉工学の名を前面にした学部も多く見受けられるようになってきたため、大学における研究活動にも大きな期待が寄せられている。理論的な研究や機器の試作だけに終わることなく、是非とも実際の操作環境において評価を行うような活動スタイルを期待したい

参考文献

- 1) Vanderheiden GC, Grilly K : Nonvocal Communication Techniques and Aids for the Severely Physically Handicapped. University Park Press, Baltimore, 1975
- 2) Vanderheiden GC : Overview of the basic selection techniques for augmentative communication : present and future, Bernstein LEEd, The Vocally Impaired, Grune & Statton, 1988, 5-37
- 3) Cook AM, Hussey SM : Assistive Technologies : Principles and Practice. Mosby, New York, 1995, 311-373
- 4) <http://www.kokoroweb.org/main.html> - 「製品名索引」より、キーボード機能では、大型キーボード（直接式）、CutKey（符号式）、モールス・キーボード（符号式）など、マウス機能では、こねこの手、らくらくマウス、ヘッド・マスターなど
- 5) <http://www.kokoroweb.org/main.html> - 「製品名索引」より、「できマウス。」シリーズ、オペレートナビ、Pet e など
- 6) 伊藤和幸: ビデオキャプチャによる眼球運動計測および環境制御への応用, ヒューマンインタフェース学会誌, 5(4), 429-436, 2003
- 7) 吉野和芳・他: ジェスチャによる家庭用ゲーム機のコントロール, 第17回リハ工学カンファレンス講演論文集, 17, 201-204, 2002
- 8) 中村内彦・他: 分割文字盤および付加文字盤を使用した意思伝達装置の操作性について, 第18回リハ工学カンファレンス講演論文集, 18, 219-220, 2003
- 9) 森大毅・他: 複数カーソルを用いた走査型文字入力方式の高速化, 電子情報通信学会技術研究報告 WIT02-60, 102(420), 65-70, 2002

コミュニケーション支援のための肢体不自由者の 身体特性に関する研究

樋口宜男¹ 伊藤英一² 伊藤和幸³ 奥 英久⁴ 河合俊宏⁵ 田中芳則⁶ 寺師良輝⁷
中山 剛³ 畠中 規⁸ 森 大毅⁹

¹立命館大学, ²長野大学, ³国立身体障害者リハビリテーションセンター, ⁴岡山理科大学,
⁵埼玉県総合リハビリテーションセンター, ⁶広島大学, ⁷総合せき損センター,
⁸横浜市総合リハビリテーションセンター, ⁹宇都宮大学

E-mail: higuchi@media.ritsumei.ac.jp

あらかし 肢体不自由者のコミュニケーション支援においては使用者のニーズを満たす支援機器を選び、それを身体特性に適合させることが重要である。このとき、使用者の可動域、巧緻性、動作圧を定量的に計測することが必要となるため、その計測方法を提案した。また、以前にはなく、利用者使いやすい新たな支援技術として、視線検知を用いた文字入力方式および言語情報を利用した効率的文字入力方式を提案した。
キーワード 肢体不自由者, 可動域, 巧緻性, 動作圧, 視線検知, 言語情報

Characteristics of Residual Functions in Persons with Physical Disabilities for the Selection and Adaptation of Augmentative and Alternative Communication Devices

¹Norio HIGUCHI ²Eiichi ITO ³Kazuyuki ITOH ⁴Hidehisa OKU ⁵Toshihiro KAWAI
⁶Yoshinori TANAKA ⁷Yoshiteru TERASHI ³Tsuyoshi NAKAYAMA
⁸Tadashi HATAKENAKA and ⁹Hiroki MORI

¹Ritsumeikan University, ²Nagano University, ³National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities,
⁴Okayama University of Science, ⁵Saitama Rehabilitation Center, ⁶Hiroshima University, ⁷Spinal Injuries Center,
⁸Yokohama Rehabilitation Center, ⁹Utsunomiya University

E-mail: higuchi@media.ritsumei.ac.jp

Abstract In order to support communication of persons with physical disabilities, it is important to select the most suitable device to them and to adapt it to the characteristics of their residual functions. The measurement of range of motion and pointing accuracy of their hands or sticks they use, and the measurement of operating pressure to push switches are important to select and adapt communication devices adequately for persons with physical disabilities. The authors have proposed new methods to measure them quantitatively. They have also proposed new efficient methods for character input using eye gaze control and linguistic information.

Keyword Persons with Physical Disabilities, Range of Motion, Pointing Accuracy, Operating Pressure to push switches, Eye Gaze Control, Linguistic Information

1. はじめに

人間は一人では生きられない「社会的な存在」である。対面する相手が直接人間である場合もあるし、機械を介して人間とコミュニケーションする場合もある。さらには機械それ自身とコミュニケーション（一般には「操作」という）する場合もある。人間における情報の送受過程は、外界から情報を得るための「情報収集」あるいは「情報獲得」と、自分の意思を外界に伝えるための「情報発信」あるいは「意思伝達」に分けられる。視覚障害や聴覚障害が「情報獲得に支障をきたす障害」であるのに対して、肢体不自由は発声発語障害と並んで「情報発信に支障をきたす障害」である。人間の生活を維持する場合、各種の生理的な欲求の解消を含め意思を外部に伝える必要性は高く、情報発信に支障をきたした場合、肢体不自由者にとって非常に大きな不都合を生ずる。

肢体不自由の場合、その様態は障害の原因となる疾病や外傷の種類によって千差万別である。また、同一の疾病や外傷であっても障害者によって障害の程度に大きな差がある。さらに進行性の疾病においては、発病からの経過時間によっても障害の程度が異なる。脊髄損傷や頸髄損傷のように損傷部位によって障害の程度が類型化できる障害もあるが、これはむしろ例外的であって、全く同じ障害を持っている人は二人といたないと言っても決して大げさな表現ではない。それだけにそれぞれの障害にあった支援の方法の選択が大きな課題となる。

肢体不自由を分類する場合、概ね次の三つの要素を考えなければならない。

(1) 可動部位と可動域

体のどの部位が動くか、またその部位を使ってどこまで届くか。

(2) 筋力

動かせる部位でどれだけの力が出せるか。
(実際測定するときはスイッチ操作に有効な動作圧を測定する必要がある。)

(3) 巧緻性

その部位をどの程度本人の意思に従って正確に動かせるか。

実際の障害の例を用いて上記の三つの要素の意味を説明する。

例えば、筋萎縮性側索硬化症（以下、ALSと略記する）の場合、四肢の筋肉が衰えて徐々に動かなくなり、さらに呼吸筋が衰えて自律呼吸が困難になるために、人工呼吸器を装着する。このような障害の場合、目や眉の動きで情報発信を行わなければならないことが多い。ALSの場合、可動部位が徐々に限定されていき、同時に筋力が低下していく。従って、可動部位と筋力

を中心に支援の方法を選択しなければならない。

これに対してCP（脳性まひ）の場合は筋力があっても巧緻性に問題があり、本人の意思通りに動かせない場合が多い。一般的には「不随意運動」と呼ばれる現象であり、ある動作をしようとする意思が強ければ強いほど筋肉が緊張し、思う動作が出来なくなる傾向がある。

上記のとおり、肢体不自由者にはいろいろな障害の様態があるだけでなく、視覚や聴覚、あるいは発達障害などとの重複障害者も多い。また、成人に満たない肢体不自由児もいる。このため、利用者の視力や知的発達の程度などの諸要因も同時に考慮しなければならないが、本研究では基礎的な研究の端緒として重複障害を伴わない成人の肢体不自由者を対象とした。

以下では2.で肢体不自由者に対するコミュニケーション支援の流れとその中で本研究班が取り上げる研究テーマの位置付けを、3.~6.では個別の研究テーマの研究方針と研究進捗を、最後の7.ではまとめと次年度以降の課題を述べる。

2. 肢体不自由者に対するコミュニケーション支援の流れと各研究テーマの位置付け

2.1 コミュニケーション支援の流れ

肢体不自由者に対するコミュニケーション支援の流れを図1-1に示す。まず利用者および利用者の環境を評価し、体全体および特定の部位の保持の手段を講ずる。ここではこれを「ポジショニング」と呼ぶ。（実際には後述する意思伝達手段の方法によって利用者の姿勢を再検討することもあり、必ずしも両者は独立ではない。）

さらに意思伝達手段を選択する。意思伝達手段を選択する場合、次の各要素を決めなければならない。

<第1段階 表現形式の選択>

- a) メッセージの構成要素の選択
- b) メッセージの出力形式の選択

<第2段階 伝達手段の選択>

- c) スイッチ操作に用いる身体機能の選択
- d) メッセージの構成要素を選択する方法の選択

上記のように「表現形式」と「伝達手段」が決まったら、それらの条件に合った機器を選択し使ってみる。すると、多くの場合何らかの問題が生ずるので、それらの問題を解決して利用者本人に合ったものにしていかななければならない。これが図1-1に示す小さい方のフィードバック・ループである。通常数回の見直しを経て初めて本格導入に至る。

前述した通り、疾病によっては進行性のものもあり、加齢の影響もあるため、障害の状況が変化することは良くある。この場合評価自身をやり直す必要があり、

抜本的な見直しが必要になる。図中では破線で示した大きなフィードバック・ループがこれである。

以上が大まかな支援の流れであるが、さらにそれぞれの段階でどのような要素を考慮すべきかをさらに説明する。

2.2 評価時に考慮すべき問題

評価時に考慮すべき項目として表 1-1 に示すようなものがある。評価すべき項目として利用者自身に関するものと環境に関するものがある。

2.3 ポジショニング時に考慮すべき問題

ポジショニング時に考慮すべき問題として、体全体の姿勢をどうやって保持するかという問題と、特定の部位、特に機器を操作する部位をどうやって保持するかが問題になる。表 1-2 に具体的な指示方法の例を示す。

2.4 意思伝達手段の選択

第 1 段階の表現形式の選択に含まれているメッセージの構成要素の選択とは、メッセージとしてシンボルを使うのか、成句を使うのか、単語を使うのか、文字を使うのかなどの選択である。「シンボル」とは意味を表す図形であり、知的障害がある場合などに特に効果的である。「成句」とは決まった文言であり、日常生活において頻繁に使われる定型的な文章の全体またはその断片である。シンボルや成句が予め用意されたものであるのに対して、文字を使えば任意の内容を表現することができるが、入力の煩雑さなどから成句や単語

で用が足りる場合にはそれらが好んで使われる。

メッセージの出力形式の選択とは表現されたメッセージをその場で音声として出力するのか、印字するのか、コミュニケータなどの画面に表示するのか、メールとして送信するのかなどである。

第 1 段階の検討を終えると、最終的にどのような形式のメッセージをどういう表現手段で表示するのかというコミュニケーションの形態がほぼ決定する。もちろん第 2 段階の検討の結果、第 1 段階での結論を変えざるを得ない場合もある。

次は第 2 段階のスイッチ操作に用いる身体機能の選択である。障害の程度によって、呼吸あるいは目の動きだけしか使えない場合もある。スイッチ操作に用いる身体機能が決まると、それに付随して使えるスイッチの数も決まってくる。使えるスイッチの数によってメッセージの構成要素を選択する方法に大きな差がある。メッセージの構成要素を選択する方法と適用するための条件を表 1-3 に示す。

スイッチの操作に用いる身体機能は障害の様態によって異なり、通常の手指による押下以外に、足指やマウススティック（注：口にくわえた棒）、タイピングエイド（注：手のひら等に固定して使うタイピング用の棒）による押下の他、瞬き、呼気などがある。

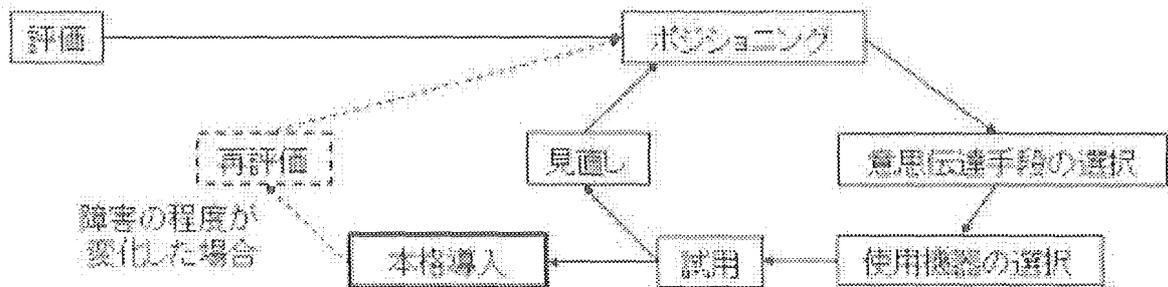


図 1-1. 肢体不自由者に対するコミュニケーション支援の流れ

表 1-1. 利用者および環境の評価時に考慮すべき問題

評価対象	利用者	環境
評価項目	<ul style="list-style-type: none"> ・可動部位 ・可動域 ・動作圧 ・巧緻性 ・視力 ・知能（理解力、言語能力） ・重複障害の有無 ・禁忌事項 	<ul style="list-style-type: none"> ・物理的環境 使えるスペースの広さ 支援拠点からの距離 ・経済的環境 ・人的環境 介助者・支援者の有無 介助者・支援者の種類と力量

表 1-2. ポジショニング対策時に採用する支援策の例

対象部位	体全体	特定部位
方法	・ ベッド, 椅子, 車いす, 他	・ 机, ひじ掛け, 他 ・ (上肢が挙げられない場合) スプリングバランサー, 他

表 1-3. メッセージの構成要素を選択する方法

操作可能なスイッチ数	分類	概要	適用のための条件	適用例
多数 (三つ以上)	ダイレクト法	(キーボードを含む) 複数のスイッチからどれかを選択することにより, メッセージの構成要素を選択する. 比較的入力速度が速い.	手足の指, マウススティック, タイピングエイド, 視線などによって 2 次元平面上の 1 点を支持できること	キーボード オンスクリーン・キーボード, 視線入力型キーボードなど
少数 (二つ以下)	スキャン法	自動または手動により入力候補となるメッセージの構成要素の候補を順次変更しつつ, ある時点で「選択」する. 全構成要素を一巡するための時間がかかるため, 入力速度は遅い.	重度の障害により, 一つまたは二つのスイッチしか使えない場合	重度障害者用意思伝達装置, 環境制御装置 (注: 家庭内の電気製品などを制御する装置)
	符号化法	モールス符号などを用いて入力する. 少数のスイッチで操作可能でありながら, 入力速度は比較的速い.	重度の障害により少数のスイッチしか使えず, しかも符号を記憶できる知能を有する場合	モールス符号を用いた入力方式

注) スイッチとは, 何らかの操作によって電気的なオンの状態とオフの状態を機械に伝えるためのもの. キーボードも多数のスイッチの集合体.

2.5 研究テーマの位置付け

本研究班としては, 以上で述べた支援策全体の流れの中で,

- ・ 肢体不自由者自身の身体特性の定量的な把握と,
- ・ 個別支援技術の開発

の 2 点に絞って研究を進める.

前者においては, 可動域, 巧緻性, 動作圧を定量的に把握する手法を確立する. 本研究は利用者にとっての最適な機器の選択に役立つだけでなく, それらのデータに基づいた新たな機器技術のための基礎データとして利用できる. 障害によっては可動域が極めて限られているが, 可動域と巧緻性を同時に計測することにより, 可動域内の位置に応じて大きさの異なるスイッチを配置することが可能となり, 効率的な入力手段の確立に寄与する. さらにマウススティックを使った場合には頭部から見たときの角度によってスティック先端の制御精度および動作圧に差が出ることは容易に想像でき, マウススティックの特性を考慮したキーボードの提案なども可能となる.

一方, 後者においては, 視線を用いた文字入力手法および言語情報を利用した効率的な文字入力手法の研究を行う. ALS 患者などの全身性まひの患者にとって

は視線入力が効率の良い入力方法として期待されており, 本研究の成果が待たれている. 一方, これまであまり考慮されていなかった言語情報の利用についても今回新たなテーマとして取り上げた. これは特定領域研究という制度を利用して, これまでになかった異なる研究分野での情報交換を促進し, 支援技術の新たな方向性を見出すためのものである.

以下ではそれらの研究テーマについて順に研究方針と研究進捗を述べる.

3. 可動域と巧緻性の計測

肢体不自由者自身がパソコンやコミュニケーションエイドを操作し, 他者とのコミュニケーションを円滑に進めるには, 介助者あるいは支援者は, まず初めに, 肢体不自由者本人の可動域と巧緻性を見て意思伝達方法の選択 (インターフェース) を考えていかななくてはならない. これは介助者や支援者が観察眼を働かせ, 経験によって意思伝達手段を決め, 操作スイッチを選択する場合がほとんどと言ってよいだろう. 例えば介助者は常日頃, 肢体不自由者を介助している中で, どの部位がどの程度, 動かせることができるのかということ概ね把握している. 操作スイッチを選ぶことは,

いわば介助者や支援者の経験等に依存し、試行錯誤を繰り返すことで、最終的にスイッチを決めるわけであるが、これには時間も根気も費やすことになり、進行性難病のある肢体不自由者が対象である場合には、必ずしも適切な方法とは言えない。

本研究では、肢体不自由者のどの部位がどの程度動かせ、どのスイッチを選択すべきかを、可動域と巧緻性を計測し、身体特性を定量的に把握することにより、試行錯誤の回数を減少させ、容易に操作スイッチ選択を行うことを目的とする。

可動域を計測する方法としては、人間の動作分析を行うために空間座標計測装置を用いる方法や、スポーツ分野での客観的な身体運動情報を数値化するために簡易的にビデオカメラ、デジタルカメラを用いる方法がある[1]が、この方法では利用者が結果を得るまでに時間がかかることになり、また容易に操作スイッチを選択することは困難であると考えられる。そのため、可動域と巧緻性をほぼ同時に計測する方法を検討した結果、3次元空間計測ではなく、2次元上での可動域とその操作のための巧緻性を考慮して、タッチパネル式のディスプレイとソフトウェアを組み合わせれば、それが可能になると考えられる。

そこで、まず可動域と巧緻性を計測するためのタッチパネル式のディスプレイの条件であるが、

- (1) 現在のデスクトップパソコン附属のフルキーボード程度のサイズ、
- (2) ディスプレイはフラットであり、身体部位および自助具での移動が容易であること、
- (3) 利用者が自助具を使用する場合があるので、応答は静電容量式ではないこと、

とした。その結果、条件を満足する、タッチパネル・システムズの19型タッチパネル付きTFT(ET1925L)を選定した。

巧緻性計測ソフトウェアは、このTFT附属のユーティリティ等を参考にWindowsで動作するソフトウェアを開発した。巧緻性計測ソフトウェアとして

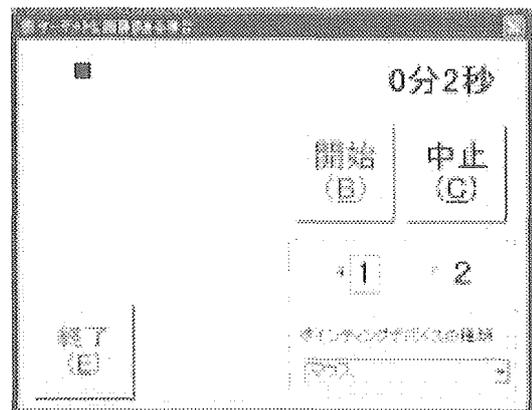
- (1) 目標に大きさがあある場合に、目標を指し示すまでの時間を計測するソフトウェア、
 - (2) 画面上に縦横の線で示された目標点と指し示された点との距離を計測するソフトウェア
- を試作した。これらのソフトウェアはキーボード使用時およびポインティング・デバイス使用時の可動域と巧緻性の測定を目的としている。

まずキーボード使用時に関して言えば(1)はある大きさを持つキーを押すまでの反応時間を調べるためのものであり、(2)はそれぞれの位置における指示精度を計測するためのものである。(2)の計測の結果、著しい位置依存性が現れれば、指示精度の高い位置には小さ

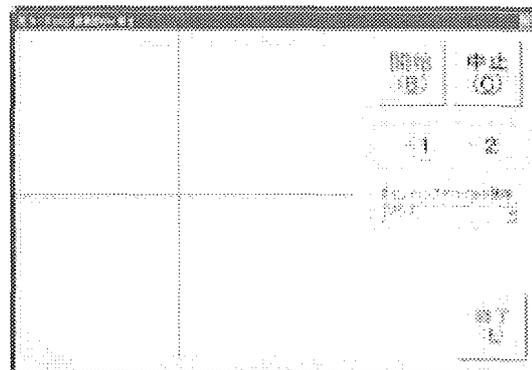
なキーを配置でき、小型で使いやすいキーボードの試作が可能になる。

これらの計測結果はポインティング・デバイス使用時についてみれば、(1)は一定の大きさがあるアイコンや文字の選択のしやすさを計測していることになり、(2)は作図などの精度を計測していることになる。

以下に(1)および(2)の動作画面を示す。(1)、(2)とも目標を複数回画面に表示することにより、複数回の測定結果の平均値を計測する。



(1) 目標に大きさがあある場合



(2) 目標に大きさがあない場合

図 3-1 巧緻性計測ソフトウェア画面

上記、タッチパネル付きTFTと巧緻性計測ソフトウェアを用いて、まず健常者で実験や検証を行い、次に実際に頸髄損傷者や脳性まひで上肢操作が難しい方などの利用者にご協力いただき、データ収集に努める予定である。

4. 動作圧の計測

表 1-3 で示されるスイッチ数が二つ以下の場合において、使用される操作スイッチ(コミュニケーションエイドやパソコン操作に利用される障害者用スイッチ)を選択することは健常者におけるスイッチの選択

とは異なり困難な場面が多い。例えば、筋力が低い場合には動作力の低いスイッチを選択すれば良いのだが、一般的に市販されているスイッチの動作力にはそれほど多くの種類があるわけではなく、同一形状で複数の動作力が選択できるようなスイッチはほとんどない。さらに、筋力が十分であれば単にスイッチを押下げることは可能であるが、不随意運動が多く発現する利用者では意図しない動作により誤操作となることも多い。そのため、意図する動作を明確にするため、ある動作力以上の力でなければ動作しないスイッチも必要となる。

このようにスイッチの選択・適が個々の利用者の障害や疾患、身体機能によって異なる現状では、リハビリテーション現場などにおける操作スイッチの選択では、既存の、あるいは手持ちの操作スイッチの中から利用者が「使える」操作スイッチを試行錯誤的に選択していることが多い。また、身体機能によってはスイッチの形状や動作原理（押す、引く、曲げる、回す、傾ける、触れる、吹く、など）を限定しなくてはならない利用者もおり、そのような場合においては形状や動作原理は適切であったとしても誤操作が多かったり、筋力が低いために操作できなかつたりすることもある。

そこで、まず現状の把握として、利用者が操作スイッチを利用してコミュニケーションエイドやパソコンなどを操作する際に、どのような力でスイッチにアプローチしているのかを、動作圧の時系列変化を定量的に計測してみることにした。

すでに個々の障害者が利用している操作スイッチの動作圧を計測するためには、特殊な計測機能をもったスイッチを利用することができない。そこで、日常的に利用している操作スイッチと身体との間に配置することが可能な小型フィルム状の感圧抵抗体を用いた圧力計測システム（図 4-1）を製作した。



図 4-1. 操作圧計測システム

システムは操作スイッチの表面に配置したフィルム状の感圧抵抗体（図 4-2）で検出された圧力値を計測ユニットでデジタル変換し、一定の間隔（最大 10ms 間隔）で USB インタフェースを経由してパソコン（WindowsXP）に送られる。感圧抵抗体は任意の大きさに加工でき、現在利用しているものは外形 25mm ϕ 、検出部 7mm ϕ となっている。

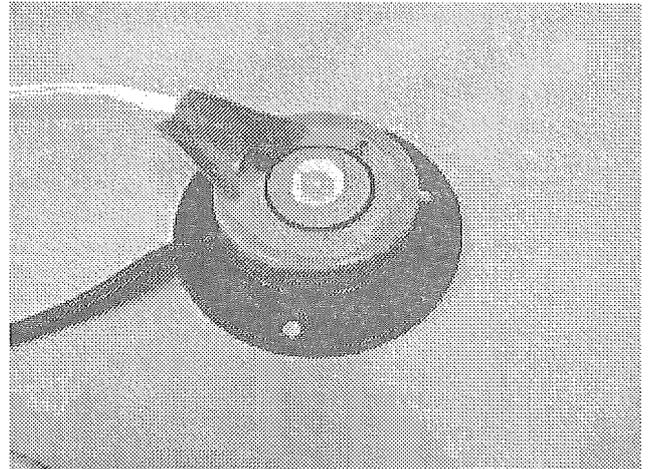


図 4-2. 感圧抵抗体をスイッチトップに装着した状態

パソコンでは計測ユニットにコマンドを送る制御機能、リアルタイムに圧力値を表示するモニター機能（図 4-3）、計測データを保存したり読み出したりするデータ管理機能などを有している。

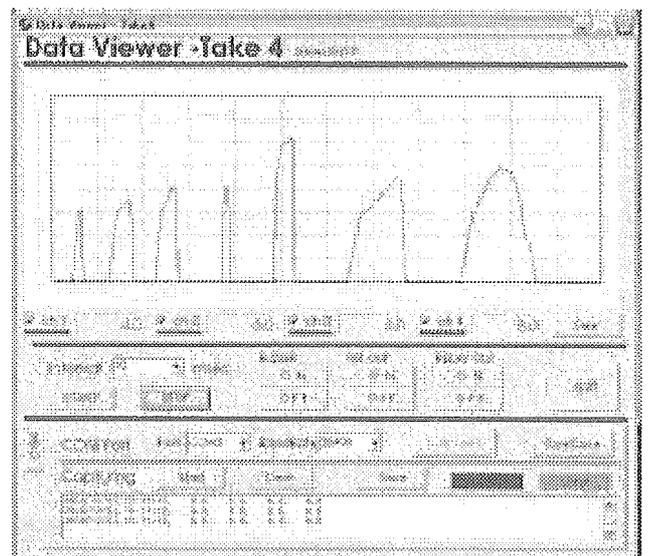


図 4-3. 操作圧計測ソフトウェア画面

今後は、データを単なる圧力変化だけではなく、絶対値(kPa)に変換するための校正機能の追加と、スイ

ッチのタイミングと圧力変化を計測する機能を追加し、健常者を被験者としたデータ収集を開始する予定である。

5. 視線を用いた文字入力手法

筋ジストロフィー患者やALS患者のような重度の障害者では、病状や症状の進行に伴って四肢の運動機能に障害が生じ、前述されたようなスイッチの操作が困難になる。このような場合、随意運動の残りやすい眼球運動を利用することになる。従来は上下左右への眼球の動きや目の開閉をスイッチのON-OFFとして検出し、1スイッチの走査選択式装置への入力に利用する方法が採用されている[2]。一方、近年では文字やアイコンを見つめるだけでそれらを選択できる視線入力方式のシステムが提供されるようになってきた[3]-[6]。視線入力方式は障害者が見つめた対象をそのまま選ぶことのできる直接的な選択方法で、操作はわかりやすく、文字入力に応用した場合、入力効率にも優れている。しかし、セッティングの困難さや高額な価格が実用に結びつかない原因となっている。

伊藤らはシステムにかかるコストの低減を目的として、視線の検出を専用ハードウェア（高額な視線検出用装置）に依存せず、ビデオキャプチャにより取り込んだ画像をソフトウェア的に処理するシステムを開発した[7]。本分担課題では、これまでに開発しているシステムのバージョンアップを目的とする。具体的には、画像の取り込みにUSBカメラを利用することでシステムをさらに簡略化すること、介護者のセッティングにおける負担の軽減を目指して、両目範囲程度の画像を取り込み、視線の推定を行うシステムの開発である。これまでは片目範囲を拡大撮影して画像処理することから、正確なセッティングが求められていたこと、利用者の動き（介護による動き）により眼球が撮影範囲から外れると利用できなくなることがネックであったため、広い範囲（両目が入る程度の範囲）を撮影して画像処理することでこれらを解決する。

図5-1にこれまでに開発しているシステムの設置概要を示す。ノートパソコンを利用することでシステムは簡略化されているが、ビデオキャプチャボードを用いているために拡張ボックス（図中左下のボックス）が必要となっている。今年度の開発では、ビデオキャプチャボードでなくUSBカメラを利用するためシステムはさらに簡略化する。

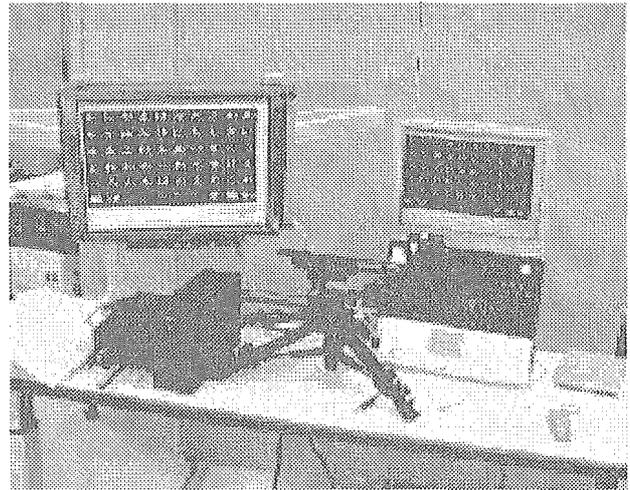
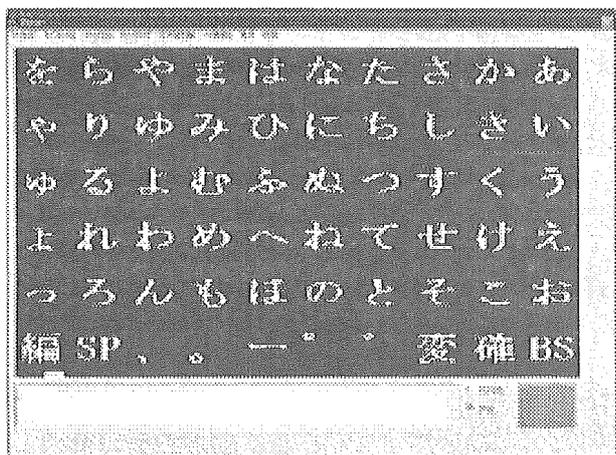
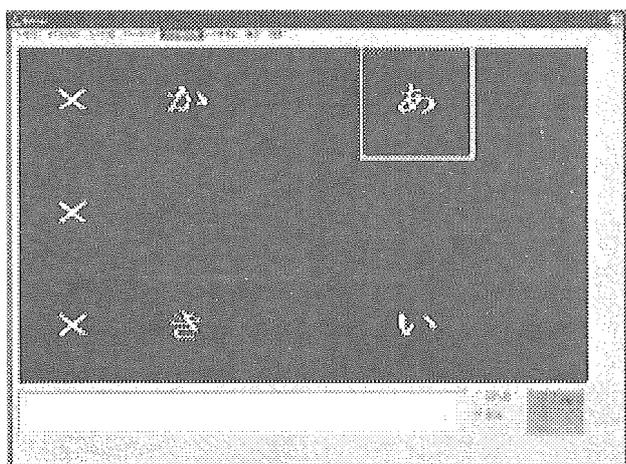


図5-1 これまでの視線入力式文字入力装置の概観

本システムにおける視線検出空間分解能は、専用ハードウェアを用いた場合よりはるかに低下している。空間分解能の低下は画面上で選択できる文字数に影響し、10個程度の選択肢を選択できる場合には、まず「あかさ・・・」を表示した画面から一つを確定し、その後選択した子音に対応する母音（例えば「か」を選択した後は「かきくけこ」）を表示して、最終的に目的の文字を確定する方法が採用されている。本システムでは15個程度の選択肢は十分に選択できることから、図5-2に示すように初期画面に一度に60個の選択肢（文字および編集・漢字変換用文字）を表示し、第1段階（図5-2(1)）では4個ごとのグループを選択し、第2段階（図5-2(2)）では選択したグループ中の文字を元の選択箇所周囲に再表示して、最終的に目的の文字を選択する方法としている。この表示方法であれば、低い空間分解能に対応すると同時に、初期画面に全ての文字を表示するため目的の文字を見つけやすいという利点がある。また、第1段階で選択した箇所は第2段階では空白となり、その箇所をそのまま見続けても何も選択されないため、いわば休憩箇所となる。文字の確定は、瞬きもできなくなる患者も存在することを考慮して、目的の箇所を設定時間見つめ続けることで行っているが、選択箇所の全てが文字の場合、選択を意図しない箇所を見つめていても文字が確定され続けてしまい疲労が増す、という意見がこれまでの臨床評価を通じて出されたため、休憩の意味合いも含めて空白箇所を設けた。図5-2では、第1段階では右上の「あいかき」箇所に視線があり、ここが選択されると次いで第2段階のような表示となる。第2段階では第1段階で選択した右上箇所が空白となり、その箇所周囲に「あいかき」が配置され、目的の文字を再度注視・確定することとなる。



(1) 初期画面



(2) 第2段階画面

図 5-2 初期画面と第2段階画面

今後、両目範囲を撮影し画像処理した場合に得られる空間分解能にあわせ、最適な文字選択方法を検討していく。

6. 言語情報を利用した効率的な文字入力手法

ALSなどの重度肢体不自由者が自らの意志を伝える道具として、パソコンによるコミュニケーション装置が普及している。eメールや家族との会話など、任意の文章を入力する目的には、その手段として五十音表上でカーソルを走査させる方式を提供するコミュニケーション装置が多い。走査法が要求するのは1スイッチの操作だけであるから適用範囲は広いが、カーソルが目的とする文字に到達するのを待たねばならないため入力速度が非常に遅いという欠点がある。

これに対し、森ら[8]は従来法の列方向の走査におけるカーソルを2本に増やした新しい走査型文字入力方式を提案している。この方式では、初めに列選択を行うが、このときは2列が同時に選択される。続いて行

の選択を行うと、結果として2文字が出力される候補文字となる。出力文字列は、統計的言語モデルを用いた処理により自動的に一意に決定される。仮に、自動的に選ばれた文字が100%正しいとできる場合には、五十音表の右半面の文字を左半面の文字と同じ待ち時間で選択できるから、その分だけ高速に入力できる。また、自動的に決定された文字に誤りが含まれている場合でも高速化できることが理論的に証明されている[8]。(例えば誤り率5%のとき約30%高速化)

ところで、走査型文字入力では、筋力が低下している患者は狙ったタイミングでスイッチ操作ができないため頻りに誤入力を起こす。このため、走査速度を低く設定せざるを得ず、入力に時間を要する原因となっている。また、誤入力のために生じる訂正操作が入力速度をさらに低下させている。しかしながら、その誤り特性はこれまで詳細に調べられてこなかった。

分担課題「ALS患者の身体特性を考慮したコミュニケーション支援機器の開発」では、上記の現状を踏まえ、誤入力が避けられないことを前提とした高効率な走査型文字入力方式を開発することを目的とする。具体的には、[8]の統計的言語モデルを用いた出力文字列の自動選択法を応用し、言語モデルを情報源のモデル、入力誤り特性を通信路のモデルとして事後確率を最大にする文字列を選ぶことにより自動誤り訂正を実現する。このシステムを実現するためには、ALS患者が走査型文字入力方式で文字を選択する際にどのような誤り方をするかに関する定量的なデータが必要である。そこで平成16年度では、ALS患者のデータ収集に先立ち、健常者を被験者とした文章入力実験を行うとともに、提案する方法の誤り訂正能力を確かめる実験を行った。

6.1 誤り特性測定実験

健常者4名を被験者として走査型文字入力における入力誤り特性を測定した。テキストは全てひらがなの1文章(約500字)を用い、実験用の走査型文字入力プログラムの画面上に入力すべきテキストが順次提示されるようにした。走査速度は1ステップ500msから100msまでの100ms刻みとして測定した。被験者には、例え誤って入力しても構わず次の文字を入力するよう指示した。

入力誤りの測定結果の頻度分布を図6-1~6-3に示す。横軸は入力すべき位置を0とした行あるいは列方向の誤差を、縦軸は頻度の割合を示す。健常者の場合には、走査速度500msのときにはほとんど正確に入力できているが、300msでは遅れ方向に若干の誤差が生じ始め、100msでは進み・遅れ両方向にかなりの入力誤りが生じていることがわかる。

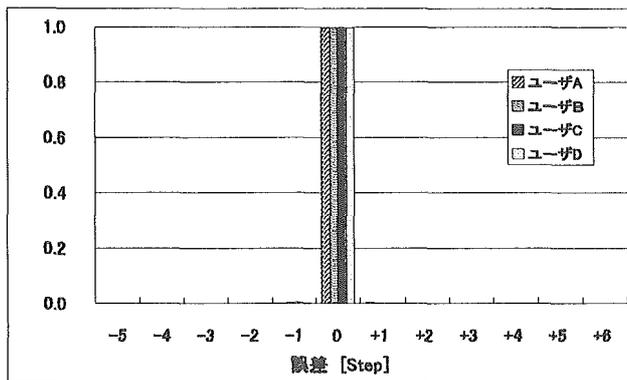


図 6-1 入力誤りの頻度分布 (500 ms)

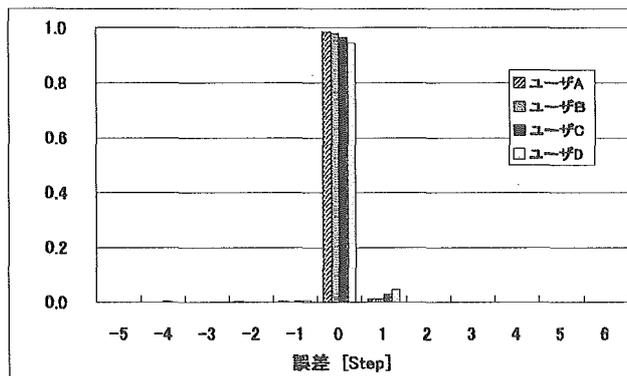


図 6-2 入力誤りの頻度分布 (300 ms)

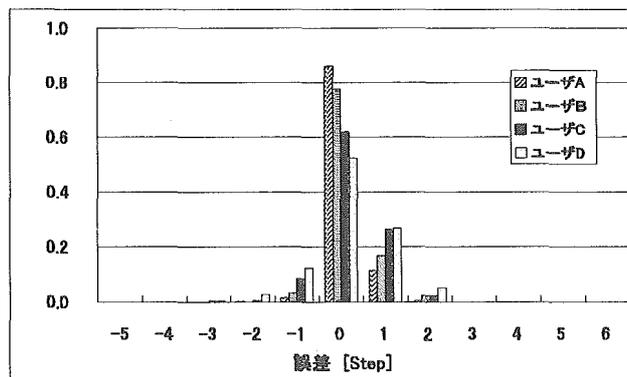


図 6-3 入力誤りの頻度分布 (100 ms)

6.2 自動誤り訂正

x をユーザが意図した文字、 y をユーザがスイッチ操作により実際に選択した文字とする。自動誤り訂正は、以下の事後確率を最大とするような x をシステムが出力することにより実現する。

$$P(x|y) = \frac{P(x)P(y|x)}{\sum_x P(x)P(y|x)}$$

ここで、 $P(x)$ はいわゆる言語モデルであり、[8]と同様に仮名文字 n-gram を用いる。ここでは $n=3$ とした。また、 $P(y|x)$ は意図した文字 x が y になる確率

であるから、上記の誤り特性そのものであり、以下の自動誤り訂正実験ではユーザAの誤り確率を用いた。自動誤り訂正実験は、計算機シミュレーションによって行った。評価テキストは、誤り特性測定実験で用いたテキストを繰り返して作った合計約 10000 字を用いた。入力文字は上記の誤り特性に従ってランダムに置換した。

結果を表 6-1 に示す。走査間隔が小さくなり速度が上がって行くと、自動誤り訂正の効果が大きくなるのがわかる。しかし、誤り率は依然として大きい。これは、走査間隔が大きい場合には $P(y|x)$ が非常に小さい上に、言語モデルである $P(x)$ が back-off 平滑化によりそれほど小さい値を取らないことが原因のひとつであった。

ここまでで述べた自動誤り訂正の枠組では、ユーザから得られる情報は入力文字であるとしていた。しかし、カーソル移動とスイッチ操作のタイミングの関係に注目すれば、同じ列あるいは行が入力されてしまったとしても、ユーザの意図がその前あるいは後の列あるいは行であったと推定できる可能性もある。つまり、ユーザから得られる情報は文字ではなくスイッチ操作時刻 t であるとするのである。この場合には、誤り訂正は以下の確率を最大とする x を求める問題となる。

$$P(x|t) = \frac{P(x)P(t|x)}{\sum_x P(x)P(t|x)}$$

平成 17 年度以降は、タイミングに着目した誤り訂正の実現可能性を探るべく、誤り特性 $P(t|x)$ の測定を進める予定である。

表 6-1 文字正解率のシミュレーション結果 (%)

	500ms	400ms	300ms	200ms	100ms
訂正前	99.83	99.33	98.27	82.01	78.35
訂正後	99.85	99.41	98.37	86.36	82.84

7. まとめと今後の展望

今年度は研究実施初年度であったため、本研究班としての研究テーマの決定と研究テーマ実施に当たっての実験装置の仕様の検討を重点的に行った。来年度は今年度策定した研究方針に従って、肢体不自由者に協力してもらった実験と、実験結果に基づく実験装置の見直しを行う。肢体不自由者との協力体制については今年度既に班会合に参加してもらって、肢体不自由者のニーズの把握に努めたが、来年度はさらに被験者として協力してもらおうと共に、利用者としての意見を述べてもらう予定である。

これまで介助者や支援者の経験で行ってきた肢体不自由者のコミュニケーション支援の技術を体系的にま