

本稿の研究へのそもそもの動機は、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^{2,3)}。

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する。

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。

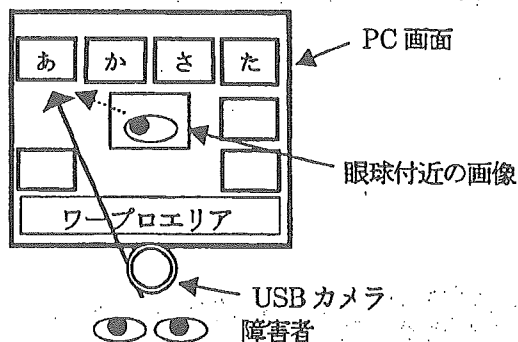


図1 PC版 Etran 画面
Fig.1 Etran screen on PC

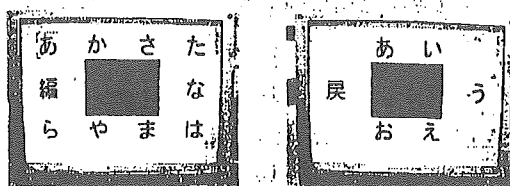


図2 子音「あ」の選択（左）と選択後の母音の表示（右）（「あ」の選択場面）

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。

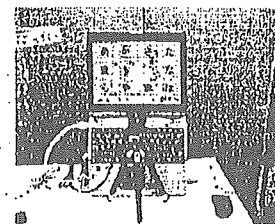


図3 システムの概観
Fig.3 General system view

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回リハビリ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、年齢とともに聴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、初心者でも簡単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

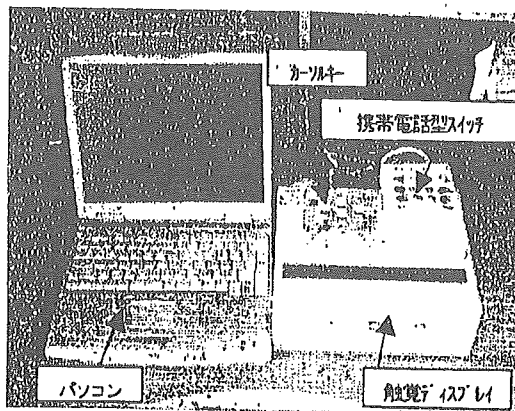


図1 カナ呈示機のシステム構成

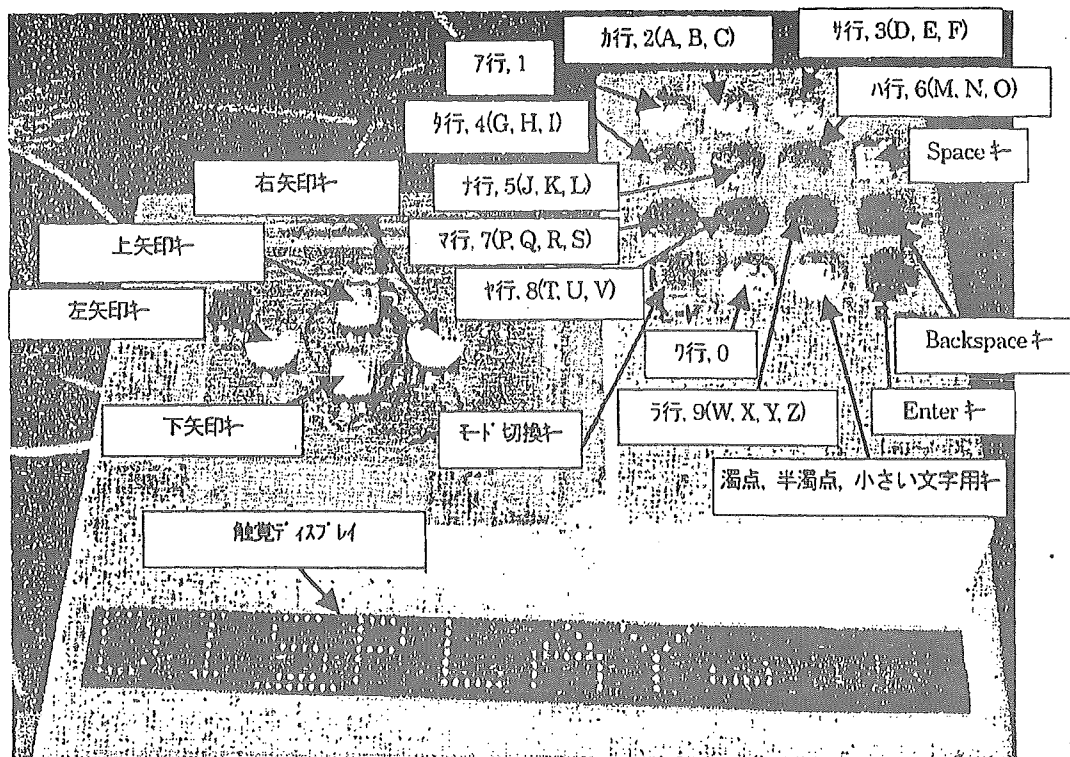


図2 カナ表示機の触覚ディスプレイとキー配置

ディスプレイモジュール (SC-5) を10個使用したもので、 8×8 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、「Y」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 $7 \times$ 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呈示できるカナ呈示機である。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呈示機

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呈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

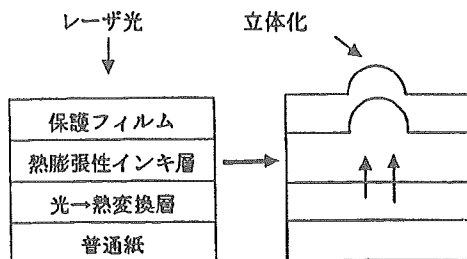


Fig.1 Heat Form Paper for 3D Laser Printer



Fig.2 3D Laser Printer

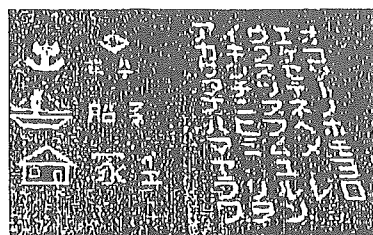


Fig.3 3D Output Pattern

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）、カナ呈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

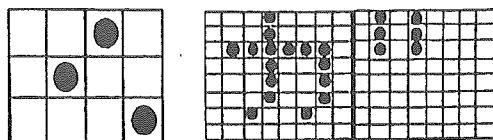


Fig.4 Kana character on Braille and tactile kana display

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2.4mm, 1セル32×12ピンでW29mm×D85mm)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12×横10ドットで約28mm 四方, 全体はW170mm×D29mm)の表示を行うこととなる。図5には左に3mm ピッチのセルを10個利用して10文字分を出力, 右に2.4mm 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。

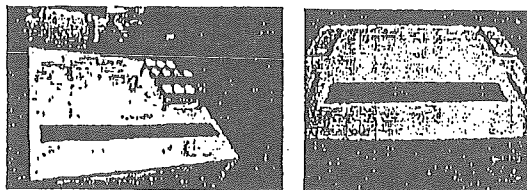


Fig.5 Tactile Kana display

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。

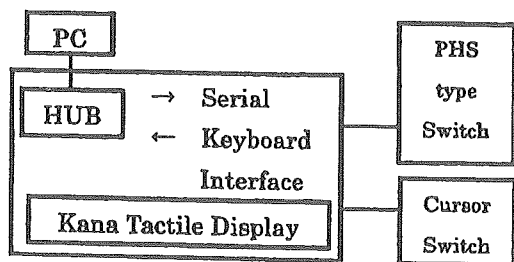


Fig.6 Schematic diagram of System

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

点字や指点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.htm
- [2] <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0808-2cl.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ー・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、対象ユーザー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実行し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 (ボケベル方式) 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。

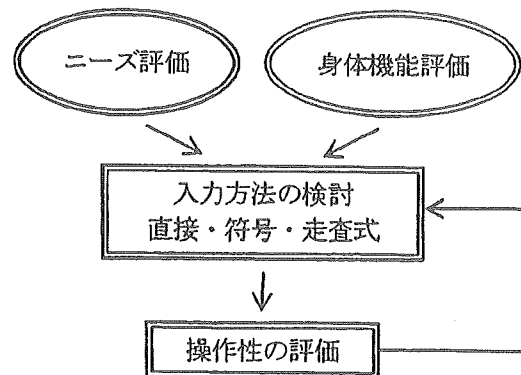


図1 機器選択の流れ

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。

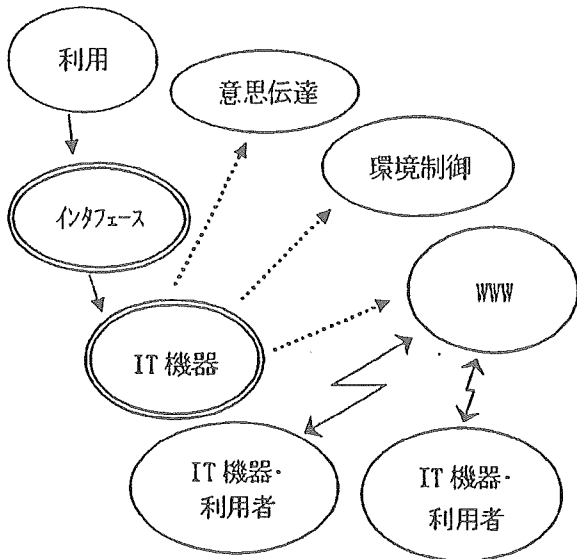


図2 IT機器の利用状況

研究・開発対象を挙げればきりが無いが、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⁴⁾、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、指で指し示めず、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 & Stratton, 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

ビデオキャプチャ画像処理による視線検出及び意思伝達装置への応用

伊藤 和幸^{†a)} 伊福部 達^{††}

Image Processing with Video Capture for Eye Movement Measurement and Its Application to Eye Control System

Kazuyuki ITOH^{†a)} and Tohru IFUKUBE^{††}

あらまし 本研究では、重度肢体不自由者向けに視線を利用した意思伝達システム（視線入力方式文字入力装置・環境制御装置）を安価に提供できるようなシステムを開発する。視線の検出には、画像処理ボードを利用した高精度・高機能なものが市販されているが、それらを使用するとコストダウンが困難であり実用に結び付かないという欠点があるため、本研究ではビデオキャプチャした画像をソフトウェア的に処理することで視線検出を行い、システムにかかるコストの削減を図った。近年のパソコン性能の向上により、ノートパソコンの使用も可能でありシステムのコンパクト化も実現できた。

キーワード ビデオキャプチャ、視線、支援機器、重度肢体不自由者

1. ま え が き

筆者らはこれまでに、重度肢体不自由者の QOL（生活の質）向上を目指し、眼球運動（視線）を利用した意思伝達装置（文字入力によるコミュニケーション装置や環境制御）の開発を行っている [1]~[3]。背景には、筋ジストロフィー患者や筋萎縮性側索硬化症患者（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い四肢運動機能に障害が生じ、文字盤への指差しや走査選択式装置 [4] へのスイッチ操作が困難になるため、意思の伝達に利用できる身体部位が眼球だけになる場合も出てくるためである。

眼球運動を意思伝達機器の操作に利用するには、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witch 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 [5], [6]。しかし、これらの方法は走査選択式であるがゆえに操作効率の悪さがネックとなっている。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 [7]~[10]。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、操作は分かりやすく、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の価格が実用に結び付かない原因となっている。

市販の視線検出装置を利用した場合、これらは一般的には研究向けであるために高い性能（60 Hz のサンプリング時間またはそれ以上の時間分解能と高精度な空間分解能）が要求されており、日常生活で利用できる程度の価格にはなりにくい。しかも、視線検出装置の需要は多いものではなく、ハードウェアを利用したシステムでは、大量生産によってコストダウンを実現するのは困難となる。

そこで本研究では、眼球運動を利用した障害者向け意思伝達システム（視線入力方式文字入力装置と環境制御装置）の実用化を目指し、課題の一つであるシステムコストの削減を目標とする。具体的には、視線の検出を専用のハードウェア（視線検出専用機）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の開発により、コストの削減を図る。以下、2. でビデオキャプチャによる画像処理の概要について述べ、3. で視線入力方式コミュニケーション装置の開発内容、4. で環境制御装置の開発内容について述べる。5. でまとめを行う。

[†] 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所, 所沢市
Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, Tokorozawa-shi, 359-8555 Japan

^{††} 東京大学先端科学技術研究センター, 東京都
Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, Meguro-ku, Tokyo, 153-8904 Japan

a) E-mail: ito@rehab.go.jp

2. ビデオキャプチャによる画像取込みと処理

本研究では、ビデオキャプチャにより画像をパーソナルコンピュータ（以下、パソコン、PC）に取り込み、その画像をソフトウェアにより処理して視線の検出を行うこととする。

本研究で開発するシステムで利用したハードウェアは、ノートパソコンのほかには視線入力式文字入力装置では安価なビデオキャプチャ用 PCI ボードと PCI ボード用拡張ボックス、PC カード、環境制御装置では USB カメラとテレビリモコンであり、画像処理専用ボードを利用しないことでシステムにかかるコストの削減を図っている。

ビデオキャプチャした画像で処理を行う方法を採用した理由には、視線の検出を行うにはビデオ信号を画像処理ボード上で処理して行うのが一般的であるものの、意思伝達向けには研究向けの性能を追求する必要はなく、10-15FPS（frame per second）程度の処理能力と後述するような空間分解能があれば十分実用的となることが挙げられる。また、近年のパソコン性能の向上（CPU 性能、大容量メモリの搭載）により、ソフトウェア的に画像処理を行ったとしても十分実用的となることも開発を進める上で有利な点となった。

システムは OS として Microsoft Windows XP、コンパイラに Visual C++ を利用してアプリケーションを作成する。そのアプリケーション上では Windows Driver Model を利用して画像を取り込み、その画像をソフトウェア的に処理して視線の計測を行う（図 1）。

3., 4. では、それぞれ視線入力式コミュニケーション装置と環境制御装置の概要について説明する。視線により文字入力を行うのか、簡単な環境制御で十分なのか、障害者のニーズにより利用するアプリケーショ

ンを決定する。

3. 視線入力式文字入力装置の概要

3.1 視線検出方法

眼球運動を意思伝達に使用するためには、機器の利用者がどこを見ているか（＝視線）を検出する必要がある。人の視線を検出する試みは最近の話題ではなく、19 世紀の後半より視線検出技術が研究されている [11]。計測方法としては、EOG 法 [12]、強膜反射法 [13]、角膜反射法 [14], [15] 等が提案されており、本研究では角膜反射法を視線検出方法として採用した。角膜反射法は眼球に当たった光源（一般的には赤外光）の光が角膜上で反射する点（角膜反射点）と瞳孔中心点を検出し、これら二つの特徴点の相対的な位置関係を利用することで視線方向を検出する方法であり、市販の視線検出装置では画像処理ボードで二つの特徴点を抽出するのが一般的である。本研究では、画像処理ボードを使用せずにビデオキャプチャした画像から二つの特徴点を抽出することで視線の検出を行う。

3.2 画像処理手順

画像の処理手順は、以下のとおりである。

3.2.1 画像（640 × 480 画素）の取込みと表示

眼球付近の画像を取り込み、その画像をアプリケーション上（画面右下）に表示する。その結果、画像表示用のモニタを別途接続する必要がなくなり、システムがコンパクト化する。画像の取込み及び処理は、サンプリング速度が速ければ速いほど視線を移動させたときの追従性が良いが、現状ではソフトウェア的な処理能力と CPU への負担を考慮して 15FPS とした。

3.2.2 角膜反射点の特定

取り込んだ画像を高いしきい値で 2 値化し、画像内の白い箇所を検索し、角膜反射点とみなす。したがって、眼鏡における反射が角膜反射点とみなされると正確な視線検出が行われないため、その場合は画像内に眼鏡の反射が入らないように取込み位置の工夫が必要となる。また、顔面における不要な反射を抑えるために必要以上に室内が明るくならないように考慮する。

3.2.3 瞳孔中心点の特定

しきい値を低く設定して再度 2 値化し、角膜反射点付近にある黒いパーツを瞳孔とみなす。そのパーツに楕円近似を施し瞳孔の中心点を算出する。

3.2.4 視線の検出

3.2.2, 3.2.3 の処理により二つの特徴点が検出されるので、画面上の基準点（四隅）を見つめてキャリブ

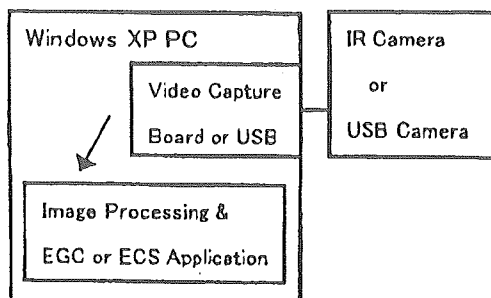


図 1 システム構成
Fig. 1 System configuration.

レーション（校正作業）を行うことで、画面上の視点
が算出できる。

3.3 視線入力式文字入力装置

視線入力式文字入力装置は図2のように、ノート
パソコンと赤外光源、赤外カメラ、PCIビデオキャ
プチャボード、PCIボード用拡張ボックス、拡張ボク
ス用PCカードで構成され、片足ベッドサイドテー
ブルに乗せられる程度となっている。現状ではUSBカ
メラに赤外対応のものがなく、本システムでは赤外カ
メラのビデオ信号をPCIキャプチャボード経由で取
り込み利用した。図2中央の三脚に固定されているの
が赤外光源と赤外カメラ、左の液晶ディスプレイ下部
にあるのが拡張ボックスである。液晶ディスプレイは
下部に赤外カメラと光源を固定しベッド上にアームで
伸ばせば、仰臥位（仰向けの状態）でも利用可能とな
る。図3、図4にシステム構成と設置概要を示す。

3.4 文字の表示及び選択方法

日本語文字入力の場合、使用する文字は清音46文
字のほかに濁点、半濁点、長音記号、編集・漢字変換用
の選択肢などを加えると60個程度の選択肢が必要とな
る。これらすべてを一つの画面内に表示し、それぞ
れを見ている視線を検出できる性能（空間分解能）を

追求すると研究向けのシステムと同程度のコストがか
かるために、市販の福祉用視線入力装置では、画面上
の10個程度の選択肢を選択できる程度の性能として
いる。その場合の文字選択方法は、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[8],[10]。

一方、本システムでは図5に示すように初期画面に
一度に60個の選択肢（文字及び編集・漢字変換用文
字）を表示し、第1段階（図5左）では4個ごとの
グループを選択し、第2段階（図5右）では選択した
グループ中の文字をもとの選択個所の周囲に再表示し
て、最終的に目的の文字を選択する方法を提案する。
これは、選択肢の近傍に確定用の注視個所を配置し、
選択肢を見つめた上で確定個所へ視線を移動させるこ
とで誤選択なくかつ高速に選択を行うことを示した先
行研究[16]の有効性を応用したものである。更に、初
期画面に全文字を表示することで目的の文字を見つけ
やすくなるという利点に加え、画面上の15分割（3行
5列）個所を見つめる視線の検出を行えばよいので、
高い視線検出精度が要求されないという利点もある。
15inchのディスプレイを視距離60cm程度で利用す
ると、一つの分割個所は5.92deg程度の視角となり、
高性能な機器に比べてはるかに容易な視線検出機能の
設計が可能となる。

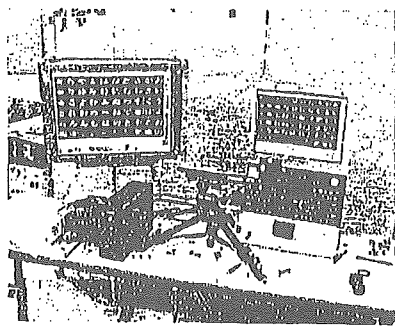


図2 視線入力式文字入力装置の概観
Fig.2 Eye gaze communication system.

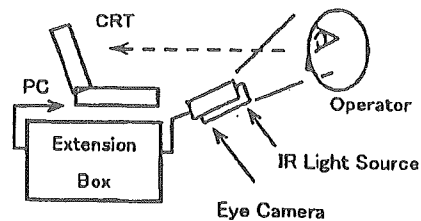


図4 装置の設置概要
Fig.4 Arrangement of measurement equipment.

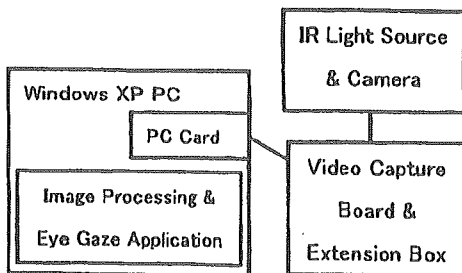


図3 視線入力式文字入力装置のシステム構成
Fig.3 System configuration of EGC system.

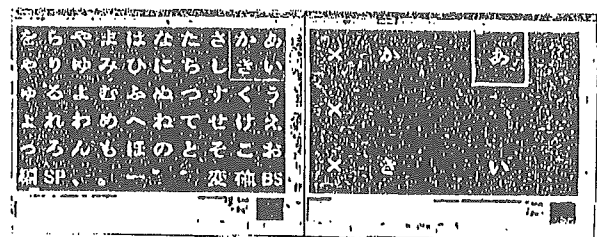


図5 初期画面と第2段階画面
Fig.5 Screen of 1st, 2nd phase.

文字グループの設定は、現状では4個ごととしたが6個(3行2列)ごととする事も可能である。この場合、分割数は10分割(2行5列)となり視線検出機能の設計は更に容易になるが、第1段階では縦並びだった文字列が第2段階では横並びとなる。本システムでは、画面上の15分割個所を見つめる視線検出精度が十分得られていること、第1・第2段階における文字の並びが統一されることを基本として、文字グループの設定を4個とした。文字並びの変更による混乱の有無や使用感の善しあしなど、他の設定による使用評価は今後の検討課題としたい。

また、第1段階で選択した個所は第2段階では空白となり、その個所を見続けても文字は選択されないため、いわば休憩個所となる。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、目的の個所を設定時間見つめ続けることで行っているが、選択個所のすべてが文字の場合、選択を意図しない個所を見つめていても文字が確定されるとその訂正作業も必要になり疲労が増す、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個所を設けた。

図5では、第1段階では右上の「あいかき」個所に視線があり、ここが選択されると第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個所が空白となり、その個所周辺に「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。

文字の確定は、図6のように算出される画面上の視線移動速度と継続時間により視線の状態を移動・停留(目的の文字を見つけ、移動速度がしきい値以下で低下し始めた状態)・注視に分類し、注視状態において最も注視頻度の高い文字を注視文字としている[1]。停留の設定時間は文献[1]で議論したような初期値を設定するが、短すぎると感じる場合には利用者に合わせて調整することとし、第1、第2段階それぞれにおいて変更を可能としている。注視の設定時間も同様である。

図5右の「×」個所は、選択すると文字選択を行わずに初期画面へ戻るため、初期画面で誤った個所が選択されても修正作業の必要がなくなる。図7に示す漢字変換画面にある文字は、それぞれ「〈,〉」: 変換範囲の変更、「→」: 変換する文節の変更、「前」: 変換の前候補へ戻る、「変」: 再変換、「確」: 変換候補の確定、「カナ」: 片仮名へ変換、「×」: 変換画面から初期画面へ戻る、機能を意味する。漢字変換はWindows標準のMS-IMEを利用し、単語登録(「おはようございま

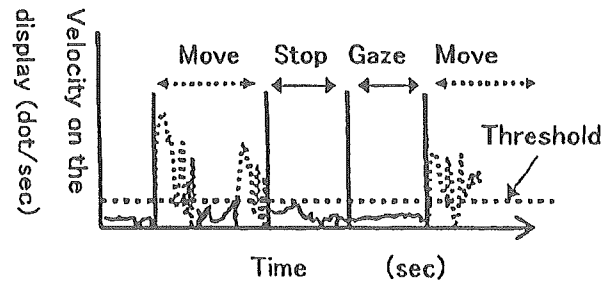


図6 移動速度による視線状態の分類
Fig. 6 Classification of eye movement.

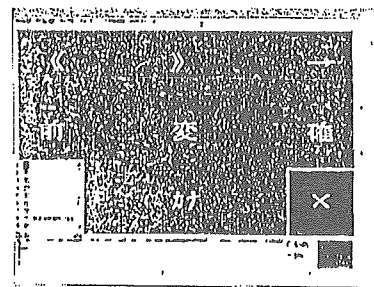


図7 漢字変換中の画面
Fig. 7 Kana-Kanji translation.

す」を「おは」などで登録し変換)により効率的な変換を行うことはできるが、単語予測機能は付加していない。

4. 環境制御装置

視線入力装置には画面上の15個所を見つめる視線の検出精度が要求されたが、眼球の左右への動きと円を描くような大きな動きを計測できる程度の精度であれば、システムを更に簡略化することができる。既に、Werdnig-Hoffmann (ウェルドニッヒ-ホフマン) 症患者自身によるテレビ制御システムをWindows 98をOSとした環境で開発しており[2],[3]、本研究では同様の機能をWindows XPをOSとしたシステムで構築し、USBカメラの利用も可能とした。

4.1 患者の状況

導入対象である患者の随意的な運動部位は眼球のみであり、意思の伝達は問いかけに対してYESの場合には円を描くように眼球を大きく回し(右回り)、NOまたは思案中には眼球を動かさないことで行っている。患者及び家族のニーズは、視線により文字入力を行うことよりはテレビの制御を患者自身で行えるようにしたい、ことである。

本患者に対しては数個のスイッチ制御が目的であり、病室内での実用性が重視される。数個のスイッチ制御

であれば EOG 法も有力だが、電極を皮膚に装着するための導電ペーストにかぶれるため採用できない経緯があった。そこで、可視光下で撮影した顔面付近の画像から虹彩と眉毛の重心位置を検出し、これらの相対的な位置関係を大まかな視線とすることで環境制御に結び付ける方法を採用した。

画像処理手順は以下のとおりである。

4.2 画像処理手順

4.2.1 画像 (640 × 480 画素) の取込み

アプリケーションの起動とともに顔面の画像を取り込み、アプリケーション上に表示する (図 8)。現状ではテレビの制御に必要な処理速度に合わせて 15FPS によるサンプリング及び処理を行う。

4.2.2 処理範囲の設定

虹彩と眉毛を処理するため、画像内に二つの方形フレームを定め処理範囲を設定する (図 9)。処理範囲の変更はマウスによるドラッグ操作で行い、ドラッグ & ドロップによりフレーム全体を移動できる。フレーム間の距離をロックすることでフレーム間の相対位置を保ったまま処理範囲全体を移動することも可能となっている。

4.2.3 グレースケール化及び 2 値化

取り込んだ画像を 256 階調のグレースケールに変換後、しきい値により 2 値化し (図 10)、しきい値以上

の画素のみ表示する。しきい値の調整はフレームごとに行う。

4.2.4 ラベリング処理

処理フレームごとに画素数によるマスクサイズ (Mmin, Mmax) を設定し、該当するパーツ (Mmin < M < Mmax) のみラベリングする。設定サイズより小さなパーツ (虹彩左にある目頭の影) や大きいパーツ (眉毛右にある頭髪影) は処理対象から除外する。

4.2.5 形状分析

ラベリングされた各パーツの重心 (X, Y 座標)、画素数を算出する (図 11)。ラベリング処理同様、重心を中心としたサークルサイズ (Smin, Smax) を設定することで、該当するパーツ (Smin < S < Smax) のみ抽出することで、サイズ外のパーツ (右上の髪の毛など) は処理対象から除外される。また、眉毛に対して自動追従を実行すると、フレーム内の眉毛の重心位置が一定となるように処理フレーム範囲が自動的に移動するため、頭部の位置が CCD カメラに対して変動しても、ある程度は画像内での自動対応が可能となる。

4.2.6 処理結果によるリモコン制御

形状分析で処理された各値をもとに、環境制御用アプリケーションでテレビリモコンの制御を行う。

処理結果の概要を図 12 に示す。環境制御用には、眉毛の重心 (X_o, Y_o)、虹彩の重心 (X_i, Y_i)、各パー

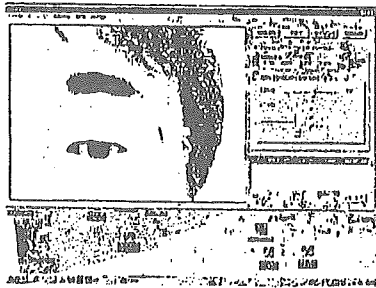


図 8 画像処理アプリケーションの起動
Fig. 8 Image processing application.

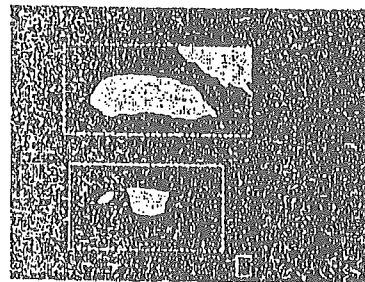


図 10 2 値化処理
Fig. 10 Binary processing.

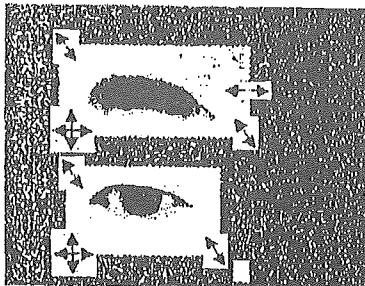


図 9 処理フレームの設定
Fig. 9 Arrangement of frame for image processing.

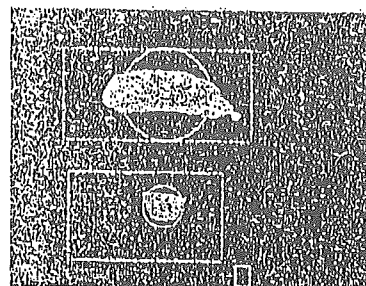


図 11 形状分析
Fig. 11 Analysis of shape.

ツの画素数値を利用し、

$$dX = X_o - X_i, dY = Y_o - Y_i \quad (1)$$

が相対値となり大まかな視線の推定が可能となる。

4.3 テレビの制御

テレビリモコン制御用の処理は、画像処理で求めた虹彩と眉毛それぞれの重心座標値を1秒間に10個保存し(10Hzのサンプリングとなる)、順次バッファ内でその値を更新しながら、2ch(テレビ電源とチャンネル操作)の制御を行うこととする。

4.3.1 電源操作

電源を操作するには、テレビを見ている状態と見ていない状態の眉毛と虹彩の相対値(大まかな視線方向)を検出し、図13のようにX方向の境界値(x1)による電源オン(テレビを見ている状態)とオフエリア(見ていない状態)を設定する。x1の調整は介護者が左右カーソルキーで値を変更するため、複数の基準点を見つめるキャリブレーション作業は不要となる。

電源スイッチは、電源オンエリアに虹彩が設定時間(例えば2.0秒とすれば20個のサンプリングデータ)以上得られていればオン、得られなければオフする。図13中の黒円(虹彩中は白円)はサンプリングごとの虹彩の重心点を示し、眼球の動きがなくなれば、重心の移動はほとんどなくなる。図では利用者が左を見た後、最終的に右を見ている。設定時間の経過後に機

器の制御を行うこととしたのは、画像の取込み状態による出力値のちらつきや瞬間的な眼球の移動(サッカー)等を電源操作のための動きと認識しないようにするためであり、テレビから目をそらしても設定時間内に再度テレビを見れば電源はオフされないこととなる。

4.3.2 チャンネル操作

また、テレビを見ながら円を描くように大きく眼球を動かすことでチャンネルをアップさせる機能も付加した。眼球が大きく動いたことを判定するには、1回の行為が1秒以内で終了するため、連続する10点の虹彩の座標値につきX、Y各方向の最大移動量(dx, dy)と移動軌跡による描画面積(A)を算出し、各値が設定範囲内(dx_min < dx < dx_max, dy_min < dy < dy_max, A_min < A < A_max)であった時点を大きな眼球運動と認識させた。dx_min, dy_min, A_minは、チャンネル変更を意図しない眼球運動に対する誤動作を排除するために設定している。dx_max, dy_max, A_maxは、サッカーなどによる大きな出力値や、カメラの前を人が横切った場合など、通常の画像と大きく異なる画像が得られ、結果的に眼球運動とはみなせない値が出力される際にも対応するために設定している。また、本システムでは眼球移動の方向も判断できるため、今後練習により左回りの運動ができればチャンネルダウンなど他の操作に対応させることも可能である。

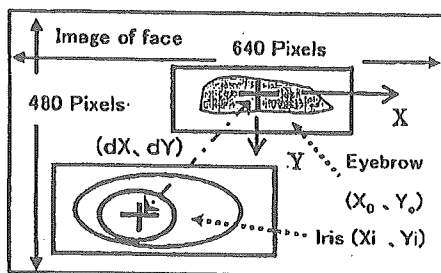


図12 画像処理結果の概要
Fig.12 Result of image processing.

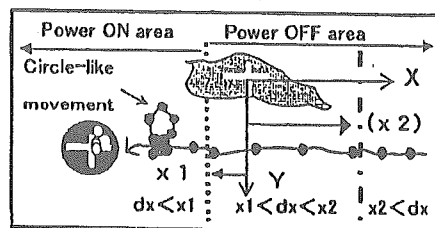


図13 エリアの設定例と虹彩(視線)の移動
Fig.13 An example of area setting and movement of an iris.

図14に病室内の配置概要と装置の設置概要を示す。USBカメラ(Argo Lu055M-IOなど)に付属の望遠レンズにより患者の顔面付近を撮影し、画像処理で求めた値を処理してテレビの制御を行う。リモコン制御機(PATLITE PHC-100)はRS-232C経由でパソコンと接続し、本システムの利用時にテレビの正面に設置する。

4.4 画像処理の追加機能

本システムにおいて適切な処理結果を得るためには、2値化処理におけるしきい値設定を適切に行う必要がある。天候の変化(晴れ-曇り)や時間経過による日照量の変化により病室内の明るさが変わるため、図15のようにしきい値以上の部位が目尻付近にも出現ししきい値を調整する必要がある。単純に重心位置を算出するだけでは正しい虹彩の重心位置を算出できないため、未操作(電源がオンされない)になる場面もあった。

そこで、まず図16のように画像上のしきい値以上

の画素を縦方向へ加算して横方向のヒストグラムを求め、その最大値個所からヒストグラムの谷となる個所を検索し、谷個所から最大値方向の画像を虹彩とみなして重心を求める処理を追加した[3]。図16のヒストグラムでは中央部分が谷となり、左側の山部分が虹彩となる。この処理を加えて虹彩の重心を算出した結果

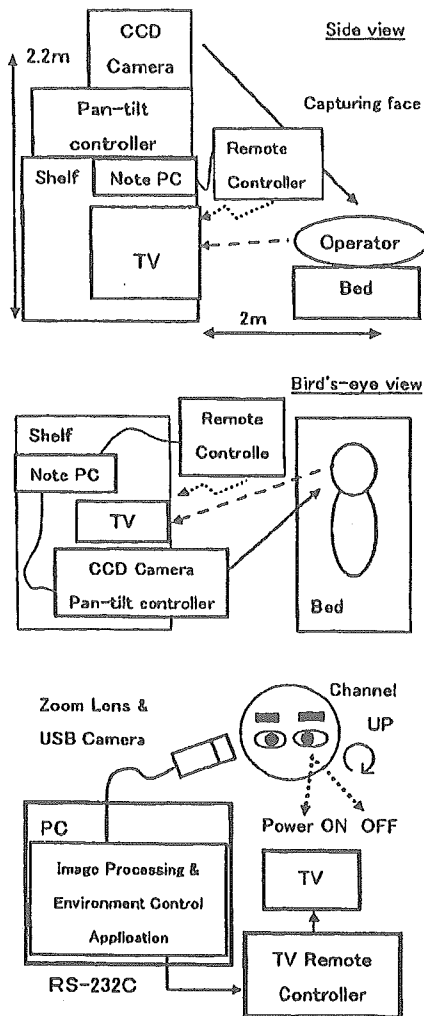


図14 病室内での配置と装置の設置概要
Fig.14 Arrangement of measurement equipment.

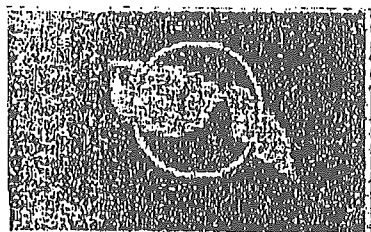


図15 虹彩以外の部分もしきい値以上になる場合
Fig.15 Gravity was deviated from iris center.

を図17に示す。

ヒストグラムを利用した処理の効果を検討するために、同一の2値化しきい値のもとで眼球運動を連続的に3時間程度(午後2時~5時)計測し、虹彩の重心位置が正しく算出されるかどうかをチェックした。その結果を表1に示す。表中左端は経過時間とその間の顔面付近の明るさの平均値を示す。総移動回数は患者がテレビから目をそらして図15、図17のような画像が得られた回数、正処理数は図17のように虹彩の重心が正しく算出された回数、誤処理は図15のように

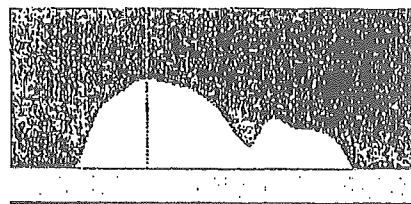


図16 しきい値以上の画素を縦方向に加算したヒストグラム

Fig.16 Histogram means pixels more than the threshold are vertically added.

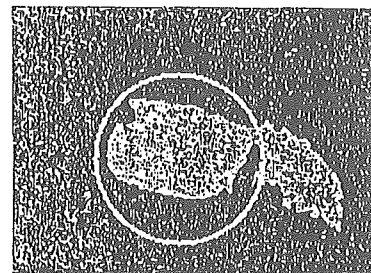


図17 ヒストグラム利用時の虹彩重心位置検出
Fig.17 Accurate iris center of gravity is calculated with histogram.

表1 ヒストグラム処理の有無による処理結果
Table 1 Results of improved processing (Iris center of gravity is calculated with/without histogram).

経過時間(分)と明るさ(lux)	ヒストグラム処理	総移動回数(回)	正処理回数(回)	誤処理回数(回)
0~4(350)	有	11	11	0
4~6(260)	有	21	21	0
6~12(360)	無	14	0	14
12~15(350)	無	87	0	87
15~22(340)	有	89	68	21
108~123(330)	有	20	12	8
123~125(300)	無	24	0	24
161~171(260)	無	41	0	41
171~182(250)	有	78	78	0

正しく算出されない回数を示す。22~108分間は診察及び理学療法による計測の中断、及び患者が睡眠したためテレビを見ていない状態である。

ヒストグラム処理を適用すると、0~6, 171~182分間では虹彩の重心を正確に算出できている。ヒストグラム処理を適用しない6~15, 123~171分間ではすべて誤処理となっているが、虹彩と目尻の画像が連結した状態で谷個所を検出せずに重心を算出しているためである。しかし、この間ではどの移動に対しても谷個所は検出されており、ヒストグラム処理を適用すれば虹彩の重心は正しく算出できたことになる。一方、表中下線を付加した15~22, 108~123分間はヒストグラム処理を適用していても誤処理が見られる。これは、ヒストグラム中に谷個所が検出されず算出された重心が正しい位置からずれたためである。

全移動回数385回中ヒストグラム処理により谷個所を検出できなかった回数は15~22, 108~123分間の29回で、誤処理の割合は約7%程度となるが、ヒストグラム処理を適用すれば室内の明るさに合わせて常に2値化しきい値を変更する必要はなく、新規に追加した機能として有効であった。谷個所が検出できない場合には最大値個所を中心に虹彩個所を推定するなど最適な処理方法を検討する必要があるだろう。

5. む す び

比較的安価なビデオキャプチャ機器を利用し、重度身体障害者の自発的な意思表示を補助するシステムを簡易的に構築することが可能となった。本システムでは視線検出処理をソフトウェア的に行うために、処理機能とサンプリング速度の兼ね合いでどの程度の機能追加が有効かを考慮する必要がある。ヒストグラム処理の追加程度であれば大きな影響はなかったが、精度を高めるために更に複雑な処理を追加すると処理速度が犠牲になり、トータルでの操作性が悪くなることに留意しつつ追加する機能を考慮していく必要があるだろう。

パソコン本体の性能や周辺機器の性能は飛躍的に進歩しており、今後はデジタル画像による画像処理を行うことが可能になると予想される。XGA (1024×768画素)、SXGA (1280×1024画素) クラスの画像を利用し複雑な処理を行うとしても、十分実用的な処理が実現できると考えられるため、重度障害者向けの意思伝達手段に限らず、健常者の利用においても対応できるような技術が開発されることを期待したい。

今後、更なるシステムの高機能化・簡易化も視野に入れ、臨床例を増やしながら評価を継続していきたいと考えている。

文 献

- [1] 伊藤和幸, 数藤康雄, 伊福部達, “重度肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーション装置,” 信学論 (D-1), vol. J83-D-1, no.5, pp.495-503, May 2000.
- [2] 伊藤和幸, “画像センサを用いた眼球運動による環境制御システム,” 信学誌, vol.85, no.1, pp.57-59, 2002.
- [3] 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, vol.5, no.4, pp.429-436, 2003.
- [4] 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.
- [5] 山田光穂, 福田忠彦, “眼球運動による文章作成・周辺機器制御装置,” 信学論 (D), vol. J69-D, no.7, pp.1103-1107, July 1986.
- [6] 落合 積, 石松隆和, 高見 修, 松井俊治, “目の動きを利用した身体障害者用文字入力装置の試作,” 日本機械学会論文誌 (C), vol.63, no.609, pp.140-144, 1997.
- [7] R. John and C. Francis, “An eye movement communication control system for the disabled,” IEEE Trans. Biomed. Eng., vol.37, no.12, pp.1215-1220, 1990.
- [8] <http://www.gen.co.jp/GENTECH.html>
- [9] <http://www.eyegaze.com/indexdis.htm>
- [10] <http://www.t-works.co.jp/9100.html>
- [11] L. Young and D. Sheena, “Survey of eye movement recording methods,” Behav. Res. Methods & Instrum., vol.7, no.5, pp.397-429, 1975.
- [12] 久野悦章, 八木 透, 他, “EOGを用いた視線入力インタフェースの開発,” 情報学論, vol.39, no.5, pp.1455-1462, 1998.
- [13] M. Mitsuho and F. Tadahiko, “Quantitative evaluation of eye movements as judged by sight-line displacements,” SMPTE J., pp.1230-1241, 1986.
- [14] 奥山文雄, “角膜反射による眼球運動の測定,” VISION, vol.3, no.2, pp.81-88, 1991.
- [15] 伴野 明, 飯田宗夫, 小林幸雄, “画像処理による非接触視線検出法に関する一検討,” 昭 63 信学秋季全大, D-1-121, 1988.
- [16] 大野健彦, “視線を用いた高速なメニュー選択作業,” 情報学論, vol.40, no.2, pp.602-612, 1999.

(平成 16 年 5 月 21 日受付)

画像処理を利用したマウスポインティングデバイスの開発について

伊藤 和幸[†] 湯下 和雄[‡]

[†] 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

[‡] 株式会社 日立ケーイーシステムズ 〒275-0001 千葉県習志野市東習志野 7-1-1

E-mail: [†] ito@rehab.go.jp

あらまし 標準マウスの利用が困難な頸髄損傷者向けのマウス代用装置として、頭部の動きをマウスの動きに連動させるヘッドポインティングデバイスが市販されている。しかし、ゲイン調整が十分にできないことから頸髄損傷者に適合できない事例があり、適切なデバイスの開発が望まれている。当研究所では、これまでに頸髄損傷者向けのパソコン入力装置としてレーザーポインタを利用した光キーボードを開発しているが、開発コンセプトはキーボード代用装置としての位置づけであり、これを利用したマウス操作はインタフェースとしては最適でないという課題が残っている。そこで、液晶画面に当てたレーザーポインタの照射箇所をソフトウェア的な画像処理により検出し、マウスカーソルの移動に連動するシステムを開発してマウスインタフェースの改善を行った。

キーワード 頸髄損傷者、光キーボード、偏光フィルタ

Light Spot Operating Mouse (LSO-M) for Cervical Spinal-Cord Insured LSO-Keyboard User

Kazuyuki ITOH[†] Kazuo YUGE[‡]

[†] Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities,

4-1 Namiki, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-8555 Japan

[‡] Hitachi Keiyo Engineering & Systems, Ltd. 7-1-1 Higashinarashino, Narashino-shi, Chiba, 275-0001 Japan

E-mail: [†] ito@rehab.go.jp

Abstract Although some mouse emulate devices (head mouse pointing device: head movement is linked to mouse cursor movement) are marketed for SCI (spinal cord insured) PC user who cannot use a normal mouse, there are some cases that they cannot use these devices, because gain adjustment cannot be done enough. Therefore we have developed light spot operating mouse system, which detects an irradiation point of the laser pointer on a liquid crystal screen with image processing software and links to mouse cursor movement. As mouse cursor moves to a laser irradiated point, it is comfortable for SCI PC user to operate GUI windows system.

Keyword Cervical Spinal-Cord Insured, Light Spot Operating Keyboard, PL-Filter

1. はじめに

当研究所では、これまでに頸髄損傷者向けのパソコン入力装置としてレーザーポインタを利用した光キーボードを開発している[1]。この装置を開発した当初はOSがMS-DOSの頃であり、開発コンセプトはキーボード代用装置としての位置づけである。その後、OSはWindowsに移行し、GUI(Graphical User Interface)が主流の利用環境ではマウスを利用する頻度が非常に高くなってきた。光キーボードは頸髄損傷者により臨床評価され、キーボード代用装置としての有効性は認め

られているが[2]、マウスカーソルの移動操作は各移動方向(上下左右と斜め方向の8方向)に対応するセンサにレーザー光を照射することで行っているため、移動の方向によっては頭部の向きと視線方向が一致しない場合があり、インタフェースとしては最適でないという課題が残っている。

本発表では、光キーボードユーザに対するマウスインタフェースを改善するため、液晶画面に当てたレーザーポインタの照射箇所をソフトウェア的な画像処理により検出し、その箇所へマウスカーソルを移動するシ