

上肢障害者のコンピュータ入力に関する新規アプローチ

New device for people with upper limb impaired to access computer

代表研究者	川崎医療福祉大学教授 Prof., Kawasaki Univ. of Medical Welfare Shigeru OHTA	太田 茂
協同研究者	岡山県立岡山養護学校教諭 Teacher, Okayama School for the Handicapped Children Masaoki KAWATA	河田 正興
	自営電子技術者 Freelance, Electric Engineer Mikio UCHIYAMA	内山 幹男
	東京都立府中養護学校教諭 Teacher, Fucyuu School for the Handicapped Children Yuusuke EDA	江田 祐介
	富士通 FIP 社員 Software Engineer, Fujitsu F.I.P. Syuusaku SHIGE	繁 周作
	弘前大学助教授 Assist. Prof., Hirosaki University Satoshi KOYAMA	小山 智史
	日産自動車(株)社員 Mechanical Engineer, Nissan Motors Corporation Akira MOSHIZUKI	望月 朗

Even a people who cannot write letters by his own hand owing to motor impairment can make a sentences using a computer with special keyboard if necessary. Character information which is stored in computer memory can print or display easily using visual or tactile symbols, and pronounce using speech synthesizer. Adding that, electronic information which is processed by computer can send and receive *via* telephone lines, so hearing impaired people can communicate to others using telephone as well as faximile. Thus, computer can enhance communication abilities of people with disabilities, and make it easy to participate in normal society.

We developed rotary input devices and testify them by applying people with motor impaired such as cebral palsy who is suffering from involuntary movement. Each device has more than 4 contacts to be able to use self-controlled scanning input method and to shorten input time. So, we conclude that these rotary input devices can enable people with cebral palsy to handle computer. We desire to enhance them in cooperation with bio-signals.

研究目的

現在, 量産されているパソコンやワープロは,

普通のキーボードが打て, かつ, ディスプレイの表示内容が読める人が使うことを前提として作ら

れている。しかし、目や手が不自由なため読み書きができない人や言語障害があって喋れない人こそ、こうした電子機器の手助けを必要としている。例えば、英国のホーキング博士は、側索性筋萎縮症のため手足がほとんど動かず、気管切開後は喋ることもできなくなった。それでも、彼は微かに動く手でスイッチを操作し、一文字ずつ入力して綴った文章を音声合成装置で喋らせている。不自由な体でケンブリッジ大学教授の重責を全うしているのは、ひとえに彼の天賦の才能と努力の賜物ではあるが、もし、彼がコンピュータのない時代に生まれていたら、今の生活が望めたであろうか。彼にとって、コンピュータはもはや体の一部といえよう。

コンピュータがもたらす恩恵は、多くの障害者や高齢者に及ぶ。例えば、手や目が不自由だと筆記具を持って字を書くことができないが、そういう人でもキーボードさえ操作できれば、コンピュータを用いて文章を作ることができる。普通のキーボードが使えなくても、その人に合わせた特殊スイッチを用意すれば、ホーキング博士のようにコンピュータが利用できるようになる可能性は大きい。

コンピュータは大量のデータを高速処理するための機械であるが、その進化の過程で豊かな表現能力を持つようになった。写真と見紛うばかりのグラフィックス画面にも驚かされるが、文字情報の表現に関しても有能である。コンピュータの記憶装置内に電子的に蓄えられた文字情報は、容易に点字や普通の文字（視覚障害者の世界では墨字という）の形で表示したり印刷できるし、音声合成装置を用いて喋らせることもできる。また、コンピュータが扱う電子情報は、容易に電気通信網を介して送受することができるので、コンピュータは通信機器としても役立つ。この事実は最近のパソコン通信の普及が証明している。つまり、コンピュータは耳の不自由な人達の通信機器としても有用であり、FAXとは一味違ったコミュニケーションを可能にする。

このように、コンピュータは、体の不自由な人のコミュニケーション能力を高めることによっ

て、身体的ハンディキャップを持つ人達の社会参加を容易にすることができる。

私達が通産省に働きかけて成立させた「情報処理機器アクセシビリティ指針」の知名度は低く、まだ、全てのパソコンやワープロなどに反映されるには至っていない。これまでのパソコンは商品としては未成熟な段階にあったが、不幸中の幸いというべきか、利用者が手を入れる余地が残されていたのでメーカーに頼らず改良することができ、多くの人を手や目の不自由な人のための機器やソフトウェアをいくつか開発してきた。最近、パソコンのハードウェア性能が著しく向上し、それに伴ってOS機能も強化されたが、これはOSのブラックボックス化、つまり、利用者が手を入れる余地が大幅に減少してきたことを意味しており、視覚情報の偏重傾向とともに新しい問題となりつつある。

これまでにさまざまな文字入力装置が開発されているが、障害種別を超えて利用できる汎用的な入力方式は存在しない。今回、我々が試作した重度肢体不自由者用入力装置も、本質的にごく少数の人のためのものである。しかし、選択肢が多ければ各人の症状にあった機器を見つけることが容易になるので、多種多様な入力手段を用意することには重要な意味がある。試作機の利用対象者は、脳性麻痺の人達にしばしば見られるタイプの腕や手はある程度動くが細かい制御が困難なため、普通のキーボードが使えない人達である。もし、普通のキーボードがなんとか使えるのであれば、そちらを利用することが望ましい。なぜなら、今回の試作機は走査式入力装置と呼ばれる範疇に属するもので、普通のキーボードに比べれば入力時間が長い。試作機の利用対象者は、そうした欠点は承知の上で使わざるを得ない人達で、必然的に人数は極めて少ない。非効率的な仕事という見方もできるだろうが、それだからこそ、我々は研究する価値があると考えている。

研究経過

(1) 現状における肢体不自由者用キーボード 操作法とその限界

肢体不自由者全員がコンピュータ利用に支障が

あるわけではない。上肢が自由に動くのであれば、市販のワープロやパソコンが使える、その方が便利である。

最近、画像処理が盛んになったとはいえ、コンピュータが取り扱うデータの大半は今だに文字データ（含む数値・記号）である。その文字データの代表的入力方法である『直接入力方式』は名前こそ厳めしいが、「あ」と書いてあるキーを押し下げると「あ」という文字が入力されるという、ごく単純な方式である。コンピュータで利用できる文字種類が極めて多いため、普通は、一つのキーに複数の役割を割り当て、キー数を減らしキーボードを小型化している。キー間隔は、普通の人には問題ないが、手の動きを正確に制御できない人には狭すぎ、間違えて隣のキーを押してしまう危険性がある。しかし、標準的なキーボードには100個程度のキーがあり、すべてのキーを大きくするとキーボード全体が大きくなって手が届かなくなりそうだし、価格的にも不利になる。

『符号入力方式』を用いれば、少ないキーで多くの文字が表現できる。符号としてはモールス符号が有名である。モールス符号は長点と短点の組み合わせで構成されており、正確な打ち分けは結構むずかしいが、これを二つのキーに対応させれば手の不自由な人でも使えるようになる。キーが少ない分、入力機構が小型化できるという特徴を活かして、手の動く範囲が極めて狭い筋障害者（筋ジス患者など）のためのモールス・キーボードが開発されている。点字に慣れた視覚障害者のための6点入力装置も『符号入力方式』の一種であり、入力速度面では『直接入力方式』より有利とも言われているが、効率よく利用するためには符号を暗記するの必要があり、誰でもすぐ使える方式とは言えない。

上述の入力方式がいずれも使えない人のために『走査入力方式』がある。その中でも代表的な『自動走査式入力方式』では、ディスプレイ画面にアルファベットまたはカナの文字表（例えば、50音表）を表示しておき、一定時間ごとにカーソルを移動（走査）させ、入力したい文字の上にカーソルが来た時にスイッチを押すことで、文字を選択

する。

ホーキング博士も愛用しているこの入力方式は、手や指の可動範囲が狭くても、その範囲内では正確に制御できる筋障害者には問題ない。しかし、緊張すると不随意運動が発生するアテトーゼ型脳性麻痺の人達には適さない。彼らの多くは、カーソルが目的のキーに近づいてくると緊張が過度に高まり失敗の可能性が高くなるだけでなく、血圧や心拍が跳ね上がるという江田らの報告¹⁾もあり、健康上の不安がある。この問題は、利用者が自分自身の意思でカーソルを移動させるように変更すれば解決できると考えられる。我々は、こうした入力方式を『自律走査入力方式』と呼んでいる。

自律走査入力装置は一個のスイッチで操作できる。例えば、ディスプレイ画面に50音表を表示しておき、スイッチを押す度にカーソルを隣の文字に移動させればよい。しかし、この一次元的移動方法では入力時間が極めて長くなる。これは走査入力方式の本質的欠点ではあるが、入力時間の長短は利用者の心理的ストレスに直結する問題なので、極力短縮したい。自律走査式では、マウスやジョイスティックを用いて、カーソルを2次元的に動かすことで入力時間が短縮できる。しかし、標準キーボードが使えない人に、マウスが使えるだろうか？そこで、我々は、重度肢体不自由者でも利用可能で、かつ、ジョイスティックと同等の機能を持つ回転式入力装置の開発に着手し実現した。

(2) 今回試作した回転式入力装置

現在、脳性麻痺の人達が肢体不自由者の中で占める比率はかなり高い。脳性麻痺の中でも緊張すると不随意運動が起こるアテトーゼ型の人達は、標準キーボードは勿論、簡単なスイッチ操作すら困難に感じている。そもそも、キーボードは多数の電気スイッチの集合体であり、電気スイッチは「押す/放す」という動作を確実に実行しなければならない。しかし、手の不自由な人にとっては、これは結構むずかしいことで、本人は一度だけ押したつもりでもマイクロに見ると細かい振動状態（チャタリング）となり、本人の意志に反して何度

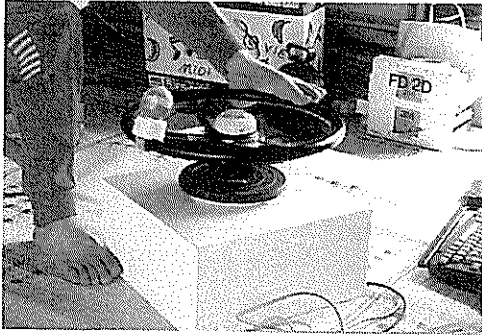


図1. 自動車のステアリングホイールを用いた回転式入力装置

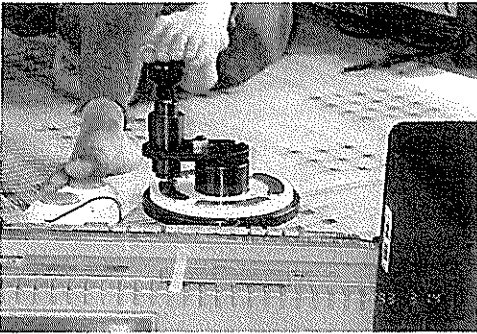


図2. クランク型回転式入力装置1号機

も押したことになる場合がある。アテトーゼ型の人達の中には、筆記用具を持って字を書くことは困難であるが、自動車の運転はできるという人達がいる。不思議に思われるかも知れないが、自動車のステアリングホイールは軸がしっかりと固定されており、腕の運動は円周方向だけに制限されている。このため、安定した運転操作ができるものと思われる。

したがって、回転機構を主体とする入力装置があれば、不随意運動に伴う脳性麻痺の人達も安心して入力操作ができるであろう。この仮説を証明するため、我々は、回転操作を基本とする入力装置を2種類試作し、様々な原因による上肢障害を持つ人に試用して貰って効果を確かめた。回転入力装置は、自律走査方式の利用を前提としており、利用者の自由意思を尊重し、かつ、入力時間を短縮するために、カーソルが上下左右に動かせること、つまり、4個以上の接点を有することを開発条件とした。

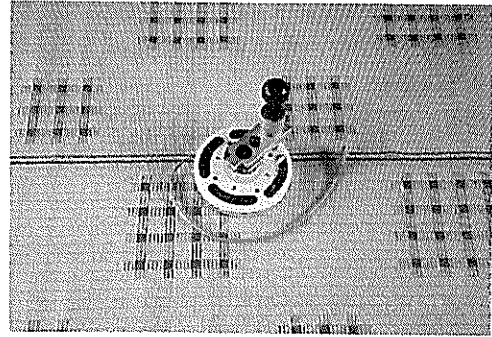


図3. クランク型回転式入力装置2号機

まず、図1に示す機器は①自動車のステアリングホイールをそのまま流用したものであり、図2および図3は、②回転半径を縮小したL型クランクを用いたものである。①ではホイールを回転した後、ホイールに固定した電気接点を押し下げ、②ではクランク型ハンドルのグリップを持って回転させた後、グリップ部分を押し下げて位置情報を入力する。外観からは想像しにくいですが、これらの回転入力装置は、ジョイスティックと呼ばれる入力装置とはほぼ同じ働きをする。図2と図3の機器の違いは材料と重さである。図2の機器は大半の部品が鉄製で約8kgと重い。一方、図3の機器では磨耗部分以外をアルミ材に変更した結果、約3kgと軽くなった。なお、図1の機器も何度か改造した。

また、多重操作の組み合わせによる入力操作の確実性を高める仕組みも付加した。前述のチャタリングは、単一のスイッチに頼ると避けられないが、複数のスイッチを同時に操作して、それらの論理積が成立した時だけ入力操作を有効とするようなチャタリング防止機構は開発可能である。つまり、不随意運動に伴う不必要な動きをコンピュータに伝えないようにすることで入力の実確性を高めることができ、コンピュータの利用が可能な層を拡大できる。今回は、市販の足踏み式スイッチを肘や膝・肩などで押すことで、チャタリング防止を図ることにした。

研究成果

以上述べたような発想によって試作した回転式入力装置を複数の上肢障害者に試用して貰った結

果、予想どおり、脳性麻痺の人達には有効だが、手が動かせる範囲に制約がある頸椎損傷や筋障害の人達には適さないという結論を得た。また、回転半径、回転トルクおよび位置確定後のスイッチ押し下げに要する力などについては、個人差が極めて大きいことも確認された。個人差については、回転半径以外の寸法は、ある程度、調整できるようにしておいたのだが、その調節範囲を超えてしまう人もいた。本体の重さについては、重いほど安定はするが持ち運びが大変なので、底面の材質や固定方法を工夫して、軽く、しかも、安定性の高いものにする必要がある。また、①の自動車用ステアリングホイールは②のクランク型ハンドルと異なり、体から遠い側の座標位置を入力する場合にハンドルの手元部分が操作の邪魔になることがあるため、絶対位置を入力するのではなく、操作開始位置からの変位量を入力する方が良いという要望があった。この点については、設計時点で検討はしたが、工作のむずかしさから断念した経緯がある。なお、チャタリング防止機構として用いた足踏み式スイッチは、こうした用途を前提に設計されたものでもないため、バネが固く使いにくいという指摘があった。

自律走査方式の特徴は、利用者の意志によってカーソルを動かすことにあり、アテトーゼ型脳性麻痺の人達が自動走査方式の利用時に見せる緊張による不随意運動を減らす効果が期待される。これを確認するため、江田らにならい血圧と心拍の計測を検討した。今回の試作機器にはこうした生体信号測定機能を内蔵させていないため、社会福祉法人・旭川荘・旭川児童院が所有する日本光電製のポリグラフを借用し、テレメータ式心電計を被験者の胸部に装着して心拍の計測を行った。計測システムの概要を以下に示す。

◎RM-6000 ポリグラフシステム仕様概要

●アンブユニット AB-621G/●サーマルアイレコーダユニット WS-681G

●心拍測定装置 AT-601G/●テレメータ送信機 ZB-141G/●テレメータ受信機 ZR-601G

①自律走査方式の②自動走査方式に対する優位性を証明するため、自律走査方式（試作機使用）

と、単一スイッチを用いた自動走査方式とを同一被験者（旭川児童院在住者）に比べて貰い、操作中の心拍変化を観測した。その結果、自律走査機器利用時の心拍変化範囲は、安静時とほぼ同程度（平均値で±3%以下）であるのに対し、自動走査機器利用時の心拍変化範囲は、常に±6%程度変動しており、かつ、所望の文字を選択する瞬間には、極度に緊張する様子が観測された。ただ、文字選択の際、全身が大きく動き胸部にも大きな筋電位が発生し、心拍数計測が不能になるため、心拍変化の最大値は測定できなかった。しかし、自律走査機器利用時には、こうした筋電による妨害は観測されないため、この点からも自律走査方式の優位性が認められる。

脳性麻痺児・者の症状は個人差が大きい。もし被験者が自由に選べたなら、もっと精密な測定が可能だったと思われるが、測定器管理元の意向から外部の人の測定は困難（内部の人でも重度障害を持つ人に測定器設置場所に来て貰う自体、大変なことである）という事情が最終段階で判明し、1名という最少人数の被験者に対してのみ測定を行い、かつ、効果判定は実験担当者の目視に頼った。定量的測定こそが「科学的」とは言えないまでも、このような状況下で、最終結論を出さざるを得ないことは大変残念ではあるが、今回実施したような比較的簡単な計測でも、被験者に多大の肉体的・心理的負担を与えていることは明白であり、これ以上の要求は人道的な見地から憚られた。

入力時期の分布は、①自律走査方式では、短い時は10秒、長くても45秒で次の文字が選択できたのに対し、②自動走査方式では、1分以下で終了することは皆無であった。ただし、自動走査方式では、入力時間は走査速度の設定値に大きく左右されるので、両者を単純に比較することはできない。なお、自律走査方式では、利用者が位置決めを完了し確定するまで次のステップに進まないから、自動走査方式のような誤作動は発生しえない。逆に言えば、自動走査方式では誤操作が多く、しかも、やり直しに時間がかかるため、全体的な入力作業効率は自律走査方式の方が明らかに

高い。

脊椎損傷者などに利用してみて貰った時の観測結果と、ポリグラフによる計測結果とから、自律走査方式の優位性は明白であるという結論を得た。したがって、試作機の存在価値は高いと考えられる。

今後の課題と発展

回転式入力装置をなるべく多くの人に使って貰うためには、回転半径、回転トルクおよび位置確定用スイッチ押下力などを調整できるようにする必要があるが、機構上の約から、調整範囲は有限とせざるをえず、量産する場合は、対象ユーザーの能力分布や動作特性を事前に調査しておく必要がある。

重さについては、移動する場合も考慮して本体は軽量化し、ネジなどで机に固定する方法を検討する。また、ステアリングホイールを使う場合は、絶対位置のみを検出するのではなく、操作開始位置からの変位量も利用できるよう、回転方向（右回転/左回転）や回転角度といった多様な情報が検出できるよう改良したい。この際、単位時間当たり回転角度が検出できる機構を備えた既存の操舵装置が利用できれば便利である。

また、チャタリング防止機構としては、市販の足踏み式スイッチに代えて、押し下げに力を要しない方式のものに取り替える必要がある。

普通のスイッチを操作することが困難な人でも、生体信号の変化を検出すれば、コンピュータが利用できるかもしれない。この観点からは、我々は、筋電・脳波・皮膚抵抗などの生体信号に強い関心を持っており、別途、研究を進めている。安全性や操作性、信頼性などに問題がなければ、試作機器との併用も検討してみたい。多様な信号源を組み合わせることで入力安定化が図れるの

ではないかと期待している。

ホーキング博士ほど有名ではないが、コンピュータを活用することによって社会参加を果たし社会に貢献している人達が日本にも多数存在している。このことは、国内数十ヶ所を訪問してハイテク福祉の動向調査結果^{2),7)}から明らかである。日本の水準は決して低くない。

体の不自由な人の社会参加の手段として、パソコンやワープロは重要^{3)~6)}である。これまで述べてきたような工夫によってコンピュータを利用できるようになった人達が新しい能力を得て社会参加の度合を深めることは、その人たちのためだけではなく、今後、高齢化社会となることが確実な日本において、人的資源の有効利用という面でも大変意味がある。エレクトロニクスの先進国である日本には、こうした面での国際貢献が求められている。我々の得た成果が、社会の発展に役立つことを切望して止まない。

発表論文リスト

参考文献

- 1) 江田裕介:「脳性まひ児の表現活動とその技術的援助」福祉システム研究会(1992).
- 2) 浅野史郎編・高松鶴吉・太田 茂著:「障害者の可能性を広げるコンピュータ」中央法規出版(株)(1990).
- 3) 太田 茂:「困った時のエレクトロニクス」中央法規出版(株)(1991).
- 4) 太田 茂:「米国欧州における身体障害者のための電子機器事情」月刊アスキー, 1989年8月号スペシャルレポート.
- 5) 太田 茂:「電子機器アクセシビリティ実現への世界的取組み」電子情報通信学会誌, 1989年10月号
- 6) 富安芳和・八代英太編・太田 茂ほか著:「ADAの衝撃」学苑社(1991).
- 7) 太田 茂:「暮らしが変わる, ハイテク福祉」中央法規出版(株)(1992).