

人間の自立を誘う支援技術に関する一考察 (三)

— 自助具の有効性評価について —

西口 宏美

一、はじめに

筆者は、前報においてADL（日常生活動作）や職業生活での作業遂行において重要な役割を担う上肢運動能力の評価方法について、脳性麻痺者の事例を挙げながら検討した（西口、二〇〇三）。脳性麻痺者の場合、知覚・認知機能には何ら障害がないにもかかわらず、痙性や不随意運動といった特有の運動機能障害のために意思決定に基づいた反応行動をとることが困難な場合が多くみられる。また、言語障害も脳性麻痺に多く見られる随伴障害〔注1〕であり、「話し言葉 (spoken language)」という聴覚情報により他者との意思疎通を図ることが困難となる場合が多い。このような場合には、トーキングエイド〔注2〕を用いて言語機能を代替利用したり、PC (personal computer) のワープロ機能を用いて「書き言葉 (written language)」という視覚情報によりコミュニケーションを図ることが有効である。脳性麻痺者が上述したようなコミュニケーション機器を活用する場合には、上肢を用いたキーボード操作が要求されるが、痙性や不随意運動により高度な位置決め動作を伴うキータッチ動作が困難になることも多い（西口他、一九九七）。このような状況に対処するために、WindowsやMac OSなどGUI (Graphical User Interface) 上でのマウスなどのポインティング・

デバイス〔注3〕を用いて入力可能な文字入力ソフト（図1参照）が開発されている〔注4〕。マウスやトラックボールといったポインティング・デバイスを用いると、指を用いた高度な位置決め動作の代わりに左右の手首の回旋や、人差し指・中指の比較的容易なクリック動作で文字入力が可能となる場合も多い。

そこで本報では、脳性麻痺者を対象にマウスやトラックボールといったポインティング・デバイスを用いてのPC画面上でのカーソルの移動と位置決め動作特性について検討することとした。さらには、ポインティング・デバイスの操作性を高める可能性のある拇指や手首、肘を固定するための自助具を用いての動作特性についても検討し、その有効性についての評価を試みたい。

二、自助具とその有効性の評価方法

（一）自助具とは

「自助具 (self-help device)」とは、「低下あるいは損失した感覚機能や行動機能の補助・代替を行う器具やインターフェース」であり、リハビリテーション過程において療法士 (Therapist) により作成されることが多い。また、自助具に対しては、「行動、動作を容易ならしめるための道具」、「残存した機能を喪失した機能の代わりに使ったり、劣化した機能で生活を営むために作成された道具」といった定義 (古賀他、一九七九) がなされており、ADLの自立を目的とした



図1 文字入力ソフト (WindowsXP付属のスクリーンキーボード)

表1 目的動作別の自助具分類

目的動作	内容
家事	炊事や掃除、洗濯、裁縫などに用いられるもの
食事	食器や箸、スプーン、その他の食食用補助用具
更衣・整容	更衣補助用具、整容補助用具（爪、歯、口、顔、髪などの手入れ用）
コミュニケーション	会話用補助用具、書字補助用具、PC・ワープロ、電話機などの補助用具

ものであることがうかがえる。よって、自助具を生活用具として捉えると、表1に示したような目的動作別に分類することも可能である（長寿化社会開発センター、一九九五）。

このようなADLの自立を目的に作成される自助具は、さらに職業生活において利用されることが多く、このような目的で使用されるものは「作業用自助具」と呼ばれている（横溝、一九八五）。

(二) 自助具の有効性評価

① 身体機能の補助・代替からみた有効性の評価

自助具は「低下あるいは損失した感覚機能や行動機能の補助・代替を行う器具やインターフェイス」であり、自己の残存機能を補助したり、代替機能や他者の機能を活用することにより目的の行動を遂行可能にするものである。よって、目的の動作に対して効果的に自助具を用いることによって動作能力の向上を図ることが可能であると考えられる。筆者らは、身体機能の補助・代替という側面からみた「自助具の有効性（effectiveness of self-help devices）」の評価方法の提案を行い、「どの作業に対してどの自助具がどれだけ有効なのか？」という観点から検討を行っている。（西口他、一九九三）。

この評価法は、

a、まず、目的の作業が「どのような身体機能をどの程度必要とするのか」について分析・把握する

b、次に、用いる自助具が「どのような身体機能をどの程度補助・代替するのか」につい

て評価する

c、最後に、「自助具が作業に必要な身体機能をどの程度補助・代替しているか」を評価するという手順で行われる。なお、手順cの評価式は以下の通りである。

$$E_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n \min(x_{ij}, y_{jk})}{\sum_{j=1}^n y_{jk}} \times 100(\%)$$

ただし、

E_{ik} : 作業 i に対する作業用自助具 k の有効性の得点

X_{ij} : 作業 i に要求される身体機能 j の得点

Y_{jk} : 身体機能 j に対する作業用自助具 k の補助・代替の得点

n : 対象とする身体機能の項目数

$$\min(a_1, a_2) = \{a_1 \mid a_1 < a_2\}$$

例えば、「キーボード操作における自助具の有効性」を検討する場合には、図2に示したマトリックスに基づいて評価していく。

② カースルの移動誤差率、加速度波形からみた有効性の評価

「身体機能の補助・代替からみた有効性の評価」に加え、GUI上でのポイントイング操作に用いるカースルの「移動誤差率、移動時の加速度波形」から、自助具の有効性について検討してみたい。

a、移動誤差率

移動誤差は前報において解説したとおり、ポイントイング操作における基点（スタート）から目標点（ゴール）を

結ぶ直線距離に対しての実際のカーソルの移動軌跡長の誤差を算出した上で、直線距離との比を「移動誤差率」と定義する。その計算式は次の通りである。

移動誤差率

$$\parallel (\text{移動誤差} / \text{直線距離})$$

$$\times 100 (\%)$$

$$\parallel (\text{実際の移動距離} -$$

$$\text{直線距離}) / \text{直線距離}$$

$$\times 100 (\%)$$

GUI上でのカーソルの移動軌跡が直線的であれば上述した式で算出される移動誤差率も最小となり、ポインティング操作に要する時間値も短縮されるものと考えられる。

b、加速度波形

上肢を用いる位置決め作業に

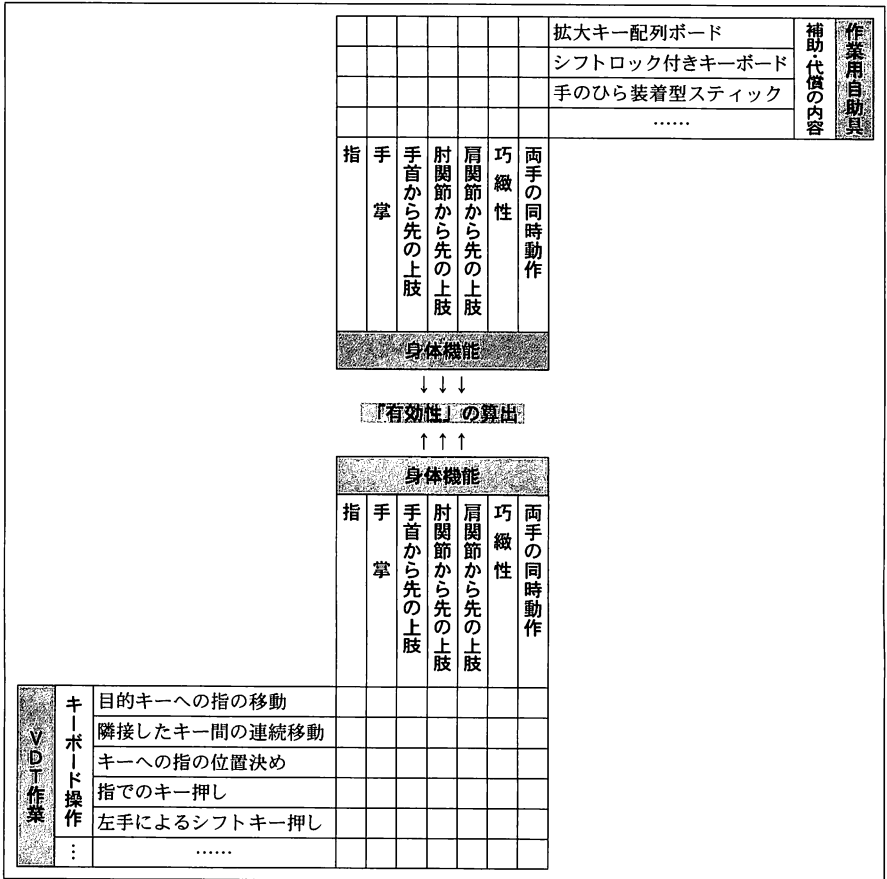


図2 自動具の有効性評価の手順を示すマトリックス（キーボード操作の場合）

ついでに、「バイオメカニズム (Biomechanism) 研究」〔注5〕により、「運動開始から位置決めまでの過程」と「位置決めから作業終了までの過程」において、上肢の加速度が山と谷の組み合わせで出現することが指摘された。また、前半の過程は使用する運動部位および運動方向、大きさなどが予め手順化されているという「プログラム運動」であり、後半の部分は位置決め難易度により修正が加えられる「フィードバック運動」であるという見解が得られている(田村、二〇〇二)。よって、位置決め過程において加速度の山と谷の部分が出現する頻度と難易後との間には関連があると考えられる。

三、GUI上での位置決め作業について

(一) 作成した作業課題

「カーソル移動ならびに位置決め作業課題」は、マイクロソフト社の Visual C++ を用いて作成した。課題画面は図3に示す通りで、画面下部に表示された基点から、カーソルをマウスとトラックボールのそれぞれを操作して、その上部に表示された目標点まで移動してクリックするというものである。なお、使用したPCの画面の解像度は XGA (1024×768ピクセル)〔注6〕規格とした。また、基点の中心から目標点の中心までの距離を300ピクセル、目標点の一边を40ピクセルに設定した。

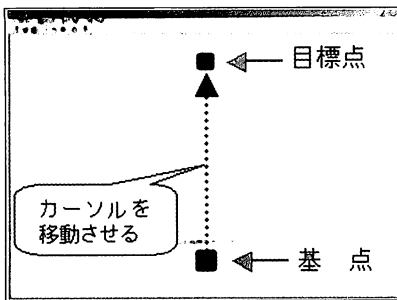


図3 作成した作業課題の内容

(一) 被 験 者

本課題の被験者として、実験の趣旨を説明し了解を得ることのできた、東京都内の印刷工場に勤務している五十二歳の男性に依頼した。この男性は脳性麻痺による四肢麻痺を有し、障害等級は一級である。拇指の九〇度内転、前腕の変形、重度の運動障害、不随意運動、上半身の揺れなどが身体的特徴として挙げられる。

(二) 用いたポインティング・デバイス

本報で検討するGUI上でのカーソル移動ならびに位置決め操作の際にポインティング・デバイスとして用いたのは、二ボタンのマウス（富士通製、FMV-M0105）とトラックボール（サンワサプライ製、TB-350PS）である。

(三) 用いた自助具

低下・損失した上肢機能の補助・代替を行うために、図4～6に示すような自助具を用いた。図4に示した自助具は拇指を固定する機能を持つ「CMバンド（中村ブレイス社製）」である。図5に示したのは手首を固定する機能を持つ「エラストック・リスト・スプリント（日本シグマックス社製）」である。最後に図6に示したのは「エルゴレスト（ヤマギワ輸入取り扱い）」でキーボードやマウス操作の際に肘を支持する機能を持つものである〔注7〕。



図4 母指を固定する作業用自助具

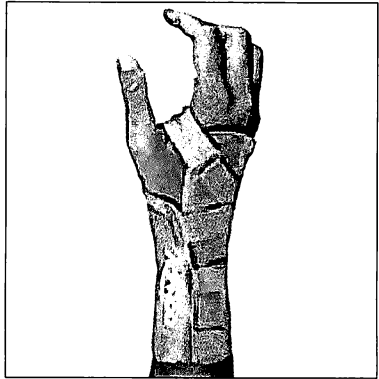


図5 手首を固定する作業用自助具

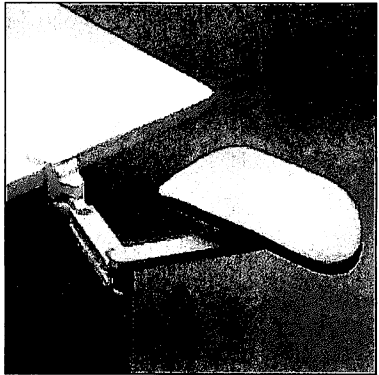


図6 肘を支持する作業用自助具

四、ポインティング・デバイスを用いたカーソル移動・位置決め動作能力特性と自助具の有効性の検討

(一) 移動誤差率について

マウス操作時の移動誤差率についてみると、表2に示すように自助具を未使用の場合の90・5%に比べ、自助具を使用した時の方が減少する傾向が見られた。特に、母指を固定する自助具を使用した場合が最も減少割合が大きく、14・7%という数値を示した。一方、自助具を未使用の場合のトラックボール操作では移動誤差率は53・7%であった。これは、自助具を未使用の場合のマウス操作時における90・5%よりも低い値を示したが、自助具を使用した場

表2 移動誤差率

(単位：%)

	自助具未使用	拇指固定	手首固定	肘支持
マウス	90.5	14.7	62.9	27.0
トラックボール	53.7	75.7	148.5	193.4

合には逆に増大する結果が示された。
 以上より、一事例の結果からではあるが、マウス操作時に拇指を固定する自助具を用いることにより、カーソル操作能力を高める効果があると考えられる。

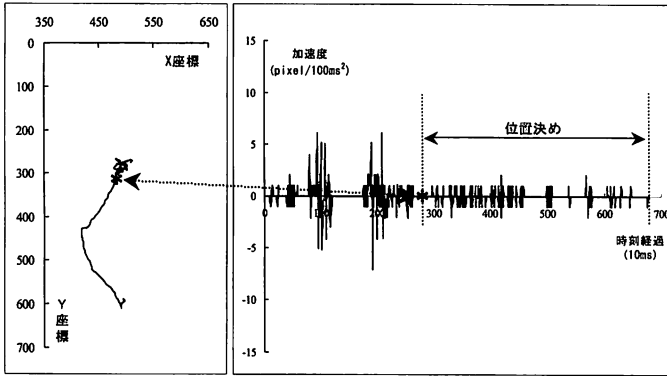


図7 カーソルの移動軌跡とY軸（垂直）方向の加速度波形（マウス使用・自助具未使用時）

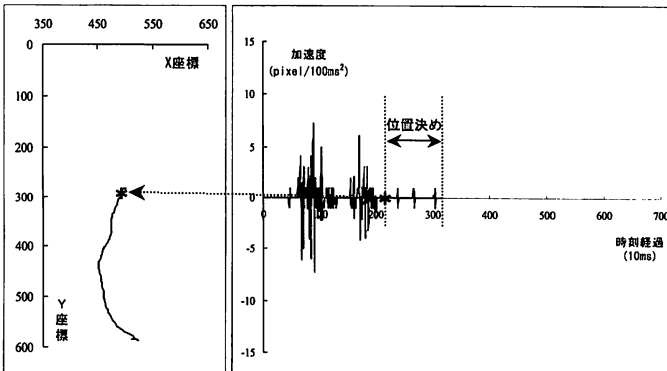


図8 カーソルの移動軌跡とY軸（垂直）方向の加速度波形（マウス使用・手首を固定する自助具使用時）

、カーソル操作

(二) 加速度波形について

移動誤差率の評価より、マウス使用時においては拇指を固定する自助具が有効であることが示唆されたことにより、マウス使用時のカーソルの加速度波形について検討をしてみることとする。図7に「自助具を未使用の場合」のカーソル移動軌跡と垂直方向の加速度波形を、図8に「拇指を固定する自助具を使用した場合」のものを示した。

そこで、図7および図8中に*印で示した点より動作終了時までを「位置決め動作の過程」とみなすと、「自助具を未使用の場合」には約400ms要しているのに対して、「拇指を固定する自助具を使用した場合」には、約100msに短縮されている。このことにより、拇指を固定する自助具はカーソルの位置決め動作能力を高める効果があるものと考えられる。

五、おわりに

以上、PC画面上でのカーソルの移動と位置決め動作を、脳性麻痺者がマウスやトラックボール等のポインティングデバイスを用いて行う際のカーソルの移動特性について、その操作性を高める可能性のある拇指や手首・肘を固定するための自助具を使用するか否かによる結果の相異の検討を行うとともに、自助具の有効性についても考察した。本報では一名の被験者から得られたデータでの検討ではあるが、移動誤差率の低減や加速度波形から読み取れる位置決め時間の短縮などから、当該被験者の場合には指を固定する自助具がポインティング・デバイスの操作能力を高めることが示唆された。今後は、不随意運動型に加えて痙直型の脳性麻痺者の操作特性も検討したいと考えている。

注

- [1] 脳性麻痺者の随伴障害として、麻痺性構音障害に起因する「言語障害」、斜視などの「視覚障害」、「四肢の感覚異常」などが挙げられる。
- [2] トーキングエイドとは、「会話や筆談が困難な人々のために開発された携帯型コミュニケーション機器」を指し、五十音文字盤のキーを押して会話やメッセージを作成することが可能であり、それを音声出力あるいは液晶画面上に文字出力することが可能である。
- [3] ボインティング・デバイスには、マウス、トラックボール、ジョイスティック、タッチパッドなどがある。マウスは、GUI上で稼動するソフトウェアの操作において最も多く用いられているデバイスであり、クリック用のボタンに加え、スクロールボタンが付加されているものもある。また、マウスの座標値をボールの転がりにより検知する「機械式」のものと、反射光を検知する「光学式」のものがある。トラックボールはマウスを裏返した構造になっており、指先でボールを回転させてカーソルを操作するものである。
- [4] マイクロソフト社では、Windows上で稼動するアクセシビリティ・ツールを検索可能なWebを公開している。なおURLは、<http://www.microsoft.com/japan/enable/products/aids.asp>である。
- [5] バイオメカニズム研究に関しては、「生物の形態・運動・情報およびそれらの機能について、工学・医学・生物学・心理学などの立場から、多面的・総合的な解析とその応用を行うもの。従来のバイオメカニクス、機能代行およびロボット研究に加えて、生体情報処理も含めた人間そのもののメカニズムの解明が大きな課題になりつつある。」という解説がバイオメカニズム学会によってなされている。
- [6] ディスプレイ上に画像を表示させるための規格のことを指す。一つのピクセルには一色が表示され、その集合体が文字や画像などとして知覚される。また、ディスプレイ上のピクセル数によって解像度が決まり、標準的な解像度としてはXGA(1024×768ピクセル)規格が用いられているが、最近ではこれを超える規格も登場している。
- [7] 自助具を作成、販売している各社のURLは次の通りである。

・中村ブレイス株式会社 <http://www.nakamura-brace.co.jp/>

・ 日本シグマックス株式会社 <http://www.sigmax.co.jp/index3.htm>
・ ヤマキワ <http://www.yamagiwa.co.jp/top.html>

参考文献

- 長寿社会開発センター（一九九五）『高齢者のための介護機器等マニュアル―排泄編・入浴編・移動編・自助具・その他の関連機器編』、ぎょうせい、一五頁
- 古賀唯夫、原武郎（一九七九）『自助具―機能障害と道具の世界―』、医歯薬出版、一〇五～一三九頁
- 西口宏美（二〇〇三）「人間の自立を誘う支援技術に関する一考察（二）―上肢運動機能の評価方法について―」、東北公益文科
大学総合研究論集第五号、三一～四一頁
- 西口宏美、尾関守、齋藤むら子（一九九三）「作業用自助具の機能性・有効性の評価法に関する一試案」、日本経営工学会誌第四
四巻第三号、二〇〇～二〇八頁
- 西口宏美、佐藤馨（一九九七）「Work Study手法を用いた職業評価法に関する一考察」、職業リハビリテーション第十
巻、一七～二四頁
- 田村博編（二〇〇一）『ヒューマンインターフェイス』、オーム社、三四～三五頁
- 横溝克己監修（一九八五）『心身障害者の職域拡大―自助具・補装具・施設―』、東京都労働経済局、二～五頁