

人間の自立を誘う支援技術に関する一考察（4）

— I D と作業時間の関連からみたマウス操作時における自助具の有効性の検討 —

西口 宏美

一、はじめに

GUI (Graphical User Interface) 仕様の OS (Operating System : 基本ソフト) やアプリケーションソフトが稼動する PC を操作する場合には、マウスに代表されるポインティング・デバイスを使用して、デスクトップ上のアイコンにポインタを移動させてクリックしてアプリケーションを起動する^{〔註1〕}。この GUI は、瘻直や不随意運動により高度な位置決め能力を必要とするキータッチ動作が困難な脳性麻痺者にとつて、アプリケーション起動やメニュー選択を容易にするオペレーション環境となり得ることについては、前報において報告した(西口、二〇〇三)。また、拇指や手首を固定する自助具を利用することにより「ポインタ移動からアイコンをクリックするまでの作業時間値」が短縮され、さらには移動誤差が減少することから、脳性麻痺者にとつて自助具はポインティング・デバイスの操作性向上に有効であることが示唆された。

そこで本報では、前報に引き続き GUI 仕様の OS やアプリケーションソフトの操作に要求されるマウス操作における自助具の有効性を、「I D (Index of Difficulty : 動作の困難さの指標)」と「ポインタ移動からアイコンをクリック

するまでの作業時間」との関連から検討を試みたいと考える。

二、GUI画面上でのポインタ操作

WindowsやMac OS、X Windowなど、GUI仕様のOSの場合、デスクトップ上でのアプリケーション起動や、アプリケーション上でのメニュー選択の際に画面上に表示されているポインタをマウスで操作し、アイコンやメニューをクリックする。

図1にWindows XPのデスクトップ上で、スタートボタンをクリックする場
合、図2にMicrosoft WORD上でWORD上でフォントサイズを変更する場合のポインタ操作の例を示した。

これらより、ポインタの移動方向は「上・下、左・右斜め」さまざまであり、さ

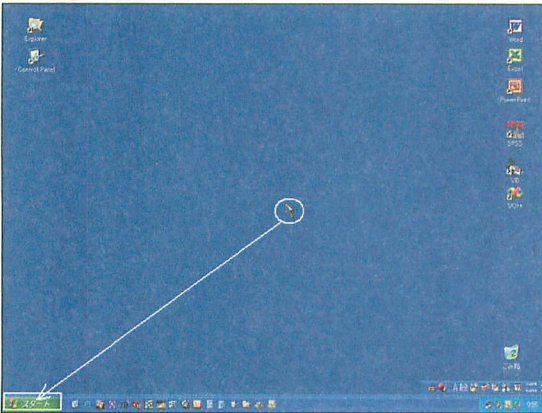


図1 Windowsデスクトップ上でのスタートボタンのクリック

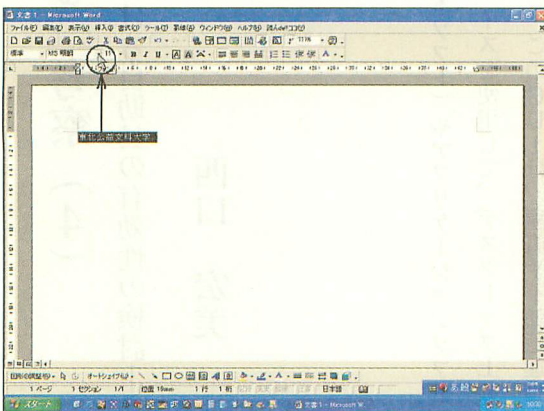


図2 Word上での文字フォントの変更

らにクリックするアイコンやメニューの大きさも多種多様であることがわかる。一般的には、マウスを親指、薬指ならびに掌で保持し、上下方向にはマウスを指の伸展や屈曲、左右方向には手首の内転や外転によりポインタを移動させ^{〔注〕}、目的のアイコンやメニュー上にポインタを移動させて薬指でクリックする操作が行われる。

三、実験方法

(一) 作業課題の内容

GUI画面上においては「上・下、左・右、斜め」多種多様なポインタの移動操作が要求されることは既に説明した。今回は特に上下方向のポインタ移動に焦点を当て、脳性麻痺者のポインティング・デバイスの操作能力が、IDの相異によりどのように変化するのか、また自助具を使用することにより向上するのかどうかについて検討することとする。実験に際しては前報(西口、二〇〇三)で示した「ポインタ移動ならびに位置決め作業課題」を用いた。なお、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、ポインタをマウス操作により、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(二〇二四×七六八ピクセル)規格である。

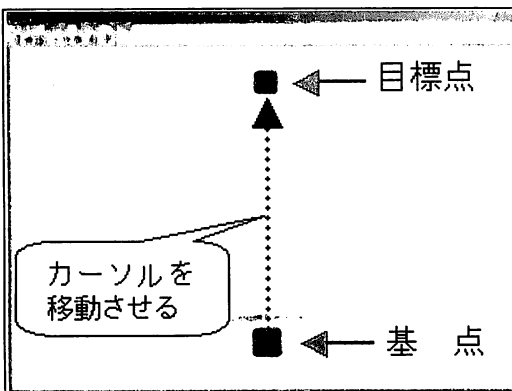


図3 ポインタ移動ならびに位置決め作業課題

この「ポイント移動ならびに位置決め作業課題」においては、異なる移動距離と目標点の大きさの組み合わせで表1に示すような十条件のIDを設定した。なお、実際には各課題遂行時の「基点クリック座標」と「目標点クリック座標」を用いてIDを算出しているため、結果においては表1の値とは若干異なっている。

なお、IDの計算式は以下の通りである（西口、二〇〇三）。

$$ID = \log_2 \left(\frac{2A}{W} \right)$$

ただし、Aは基点から目標点までの距離、Wは目標点の一辺の長さである。

(二) 被験者のプロフィール

被験者は、東京都内の福祉工場に勤務する男性の脳性麻痺者四名であり、プロフィールは表2に示す通りである。

(三) 使用したポイントティング・

デバイスと自動具

本報で検討するGUI上でのポイント移動ならび

表1 IDの設定条件

条件	移動距離(pixel)	目標点の大きさ(pixel)	ID
1	500	25	5.32
2	100	30	2.74
3	300	30	4.32
4	500	30	5.06
5	100	40	2.32
6	300	40	3.91
7	500	40	4.64
8	100	50	2.00
9	300	50	3.58
10	500	50	4.32

(単位：pixel)

表2 被験者の属性

被験者	性別	年齢	障害等級	麻痺部位	病型
1	男性	39	1級	上肢	強い不随意
2	男性	24	2級	四肢	弱い不随意
3	男性	52	1級	四肢	弱い不随意
4	男性	40	2級	四肢	不随意なし

に位置決め操作に用いたポインティング・デバイスは、二ボタンのマウス（富士通製、FMV-MO105）である。さらに低下・損失した上肢機能の補助・代替を行うために用いた自助具は、図4～6に示すような「拇指を固定する機能を持つCMバンド（中村ブレイス社製）」、「手首を固定する機能を持つエラストイック・リスト・スプリント（日本シグマックス社製）」および「肘を支持する機能を持つエルゴレスト（ヤマギワ輸入取り扱い）」である。

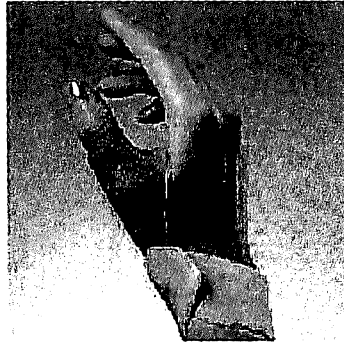


図4 拇指を固定する作業用自助具



図5 手首を固定する作業用自助具

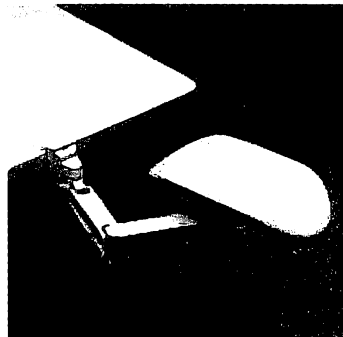


図6 肘を支持する作業用自助具

四、結果と考察

(一) IDと作業時間との関係

IDは、「ポインタ移動ならびに位置決め作業課題」における「動作の困難度」を示す指標「 m_3 」であり、IDの値が

高くなると作業時間値も伸長すると考えられる。そこで、拇指や手首、肘などを固定・支持する自助具を用いることにより作業時間値が短縮され、なおかつIDの変化と作業時間値に何らかの線形関係が確認できれば、自助具の有効性が認められると考えられる。

そこで、各被験者のIDと動作時間との関係を求め、図7-11と10-4に示した。また、IDと移動時間との関係から求められた回帰直線式における係数を「作業時間変化率」とし、自助具の有無における変化を表3に示した。これによると、拇指用の自助具を使用した場合には「被験者1」と「被験者4」において、手首用の自助具を使用した場合には「被験者1」、「被験者2」および「被験者4」において「作業時間変化率」が低減しており、IDの増加率に対して作業時間の増加率が低減していることがわかる。また、肘用の自助具に関しては「被験者2」においてのみ「作業時間変化率」が低減した。

さらにIDの変化と作業時間値との間に何らかの線形関係がどうかの判定は、両者の有相関検定により検討できる。そこで、相関係数と有相関検定の結果を表4に示した。被験者1、2および3において有相関の認められない回帰直線式がみられたものの、その他の回帰直線式においては有意な相関性が認められた。この理由としては、各条件に対する試行が一回のみとしたため不随意運動の発生のために動作時間が延長してしまったことによりIDと操作時間との相関性が低くなってしまうことが考えられる。

(二) 被験者ごとの考察

次に、被験者ごとに自助具の使用の有無による「IDと作業時間値との関係(図7-11と10-4)」ならびに「作業時間変化率(表3)」の結果に基づいて考察していくこととする。

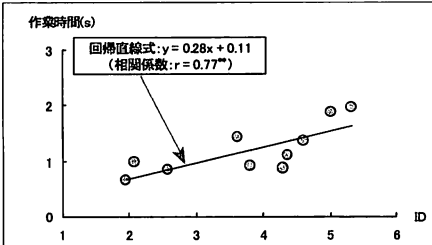


図7-1. 補助具を使用しない場合

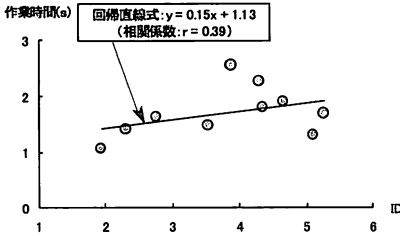


図7-2. 拇指用補助具を使用した場合

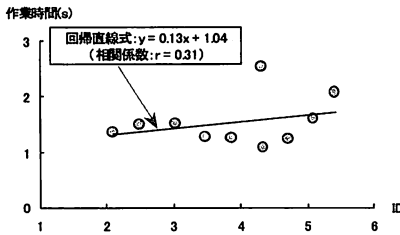


図7-3. 手首用補助具を使用した場合

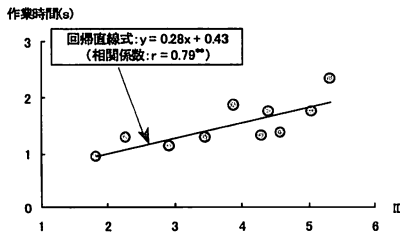


図7-4. 肘用補助具を使用した場合

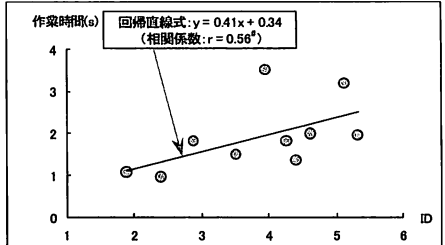


図8-1. 補助具を使用しない場合

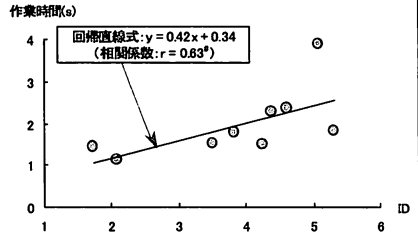


図8-2. 拇指用補助具を使用した場合

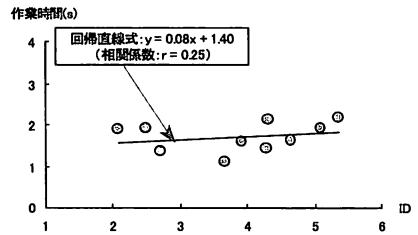


図8-3. 手首用補助具を使用した場合

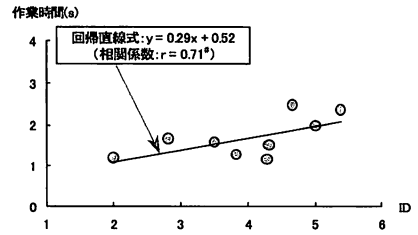


図8-4. 肘用補助具を使用した場合

被験者 1 の ID と作業時間との関係

被験者 2 の ID と作業時間との関係

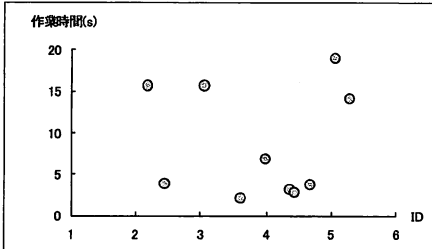


図9-1. 自助具を使用しない場合

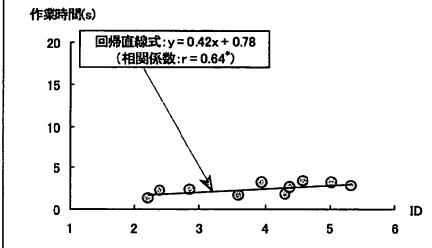


図9-2. 摺指用自助具を使用した場合

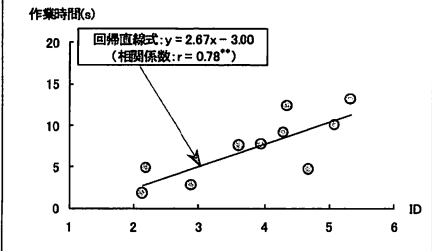


図9-3. 手首用自助具を使用した場合

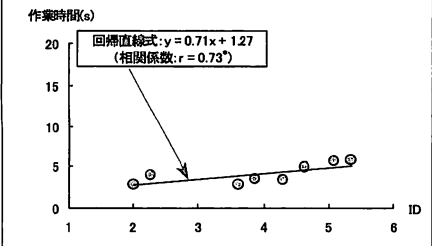


図9-4. 肘用自助具を使用した場合

被験者 3 の ID と作業時間との関係

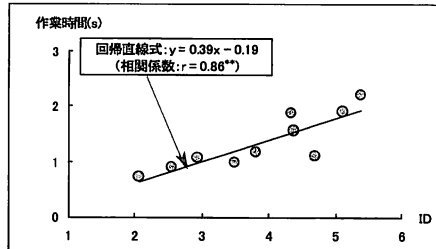


図10-1. 自助具を使用しない場合

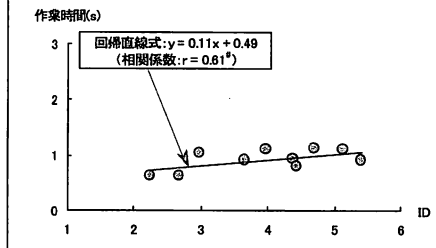


図10-2. 摺指用自助具を使用した場合

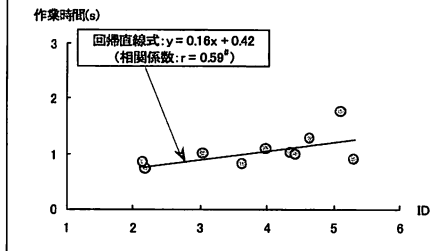


図10-3. 手首用自助具を使用した場合

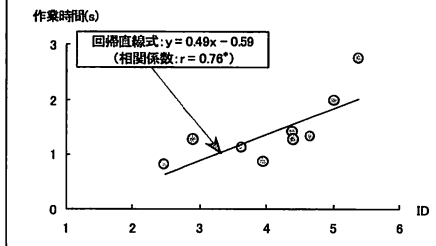


図10-4. 肘用自助具を使用した場合

被験者 4 の ID と作業時間との関係

①被験者 1

この被験者は三九歳の男性であり、パソコン使用歴は八年である。障害等級は一級で上肢麻痺、病型としては強い不随意運動を有している。

「作業時間変化率」に関しては、拇指用ならびに手首用の自助具を使用した場合に低下する傾向が見られた。特に、この被験者の場合には拇指に外転傾向が見られるため、拇指を固定する効用のある自助具を使用した場合には操作能力が向上するものと考えられる。肘を支持する自助具の効果は見られなかった。

②被験者 2

次に被験者 2 は二四歳の男性で、パソコン使用歴は六年である。障害等級は二級で四肢麻痺、病型としては弱い不随意運動を有している。また被験者 1 と同様に、拇指に外転が見られた。

「作業時間変化率」に関しては、手首用ならびに肘用の自助具を使用した場合に低減したが、被験者 1 の場合とは異なり拇指用の自助具を使用した場合には効果は見られなかった。

③被験者 3

被験者 3 は五二歳の男性で、パソコン使用歴はない。障害等級は一級で四肢麻痺、病型としては弱い不随意運動を有している。この

表 3 自助具の使用の有無による作業時間変化率

被験者	自助具なし	拇 指	手 首	肘
1	0.28	0.15 (-)	0.13 (-)	0.28 (±)
2	0.41	0.42 (±)	0.08 (-)	0.29 (-)
3	—	0.42	2.67	0.71
4	0.39	0.11 (-)	0.16 (-)	0.49 (+)

(単位：%)

表 4 I D と作業時間の回帰直線式の相関係数と有相関性

被験者	自助具なし	拇指用の自助具	手首用の自助具	肘用の自助具
1	0.77 (0.01)	0.56 (0.10)	— (-)	0.86 (0.01)
2	0.39 (-)	0.63 (-)	0.64 (0.05)	0.61 (0.10)
3	0.31 (-)	0.25 (-)	0.78 (0.01)	0.59 (0.10)
4	0.79 (0.01)	0.71 (0.10)	0.73 (0.05)	0.76 (0.05)

()内の数値は、有意差が認められる場合の危険率

被験者の場合には、拇指に九〇度の内転や前腕に変形が見られた。

自助具を使用しない場合には、図9-11に示すようにIDと作業時間との間には相関が見られなかった。しかしながら、自助具を使用すると有意な相関関係が見られるようになった。このことより、自助具を使用することにより随意的に移動・位置決め動作が可能となるものと考えられる。さらに「作業時間変化率」に関しては、拇指用の自助具を使用した場合に最も低減した。

④被験者4

最後に被験者4は四〇歳の男性で、パソコン使用歴は四年である。障害等級は二級で四肢麻痺、不随意運動は見られなかった。拇指には若干の内転傾向が見られた。

「作業時間変化率」に関しては、拇指用と手首用の自助具を使用した場合に低減している。

以上のように、各被験者において何らかの自助具を使用することで、マウスを用いたポインタ移動、位置決め操作に有効性が認められることが把握できた。

五、まとめと今後の課題

本報では、「ID」と「ポインタ移動からアイコンをクリックするまでの作業時間」との関連から、「マウスを用いたポインタ移動、位置決め操作」における自助具の有効性について検討した。その結果、被験者のプロフィールとの詳細な関連性については議論できなかったが、何らかの自助具がマウスの操作能力を向上させる効果があることが確認できた。

今後は、障害等級や麻痺、病型などのタイプを網羅し、GUI上でのポインタ操作方向も上下のみではなく、左・右、斜め方向の特性も把握する必要がある。

注

[1] 画面上にウインドウやアイコンなどを表示し、マウスなどのポインティング・デバイスでアイコンやメニューをクリックすることにより容易にアプリケーションを起動することのできるGUI使用のOSが登場するまでは、アプリケーションを起動するために必要なコマンドをキーボードから直接入力するCUI (Character User Interface) 仕様のOSが主流であった。

[2] 上肢や下肢、体幹の関節を他動的に運動させた場合の可動範囲を測定する「関節可動域測定 (Range of Motion Test)」際に使用用語で、指を指関節を中心にまっすぐ伸ばすことを「伸展」、曲げることを「屈曲」と呼び、手首を手関節を中心に内側に回転させることを「内転」、外側に曲げることを「外転」と呼ぶ。「和才嘉昭、嶋田智明編 (一九七七)『リハビリテーション医学全書5 測定と評価』、医歯薬出版、一二九～二〇頁。】

[3] 「マウス操作のような二次元的な自由度を持つ運動の場合には、Fittsの法則が十分には適用できないとの指摘があり、従来の算出式に変わるものが模索されている」との報告もあるが、本研究においては従来の算出式で十分適用可能と判断された。【田村博編 (二〇〇二)『ヒューマンインターフェース』、オーム社出版局、三三～三七頁。】

参考文献

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（二〇〇三）「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―」、東北公益文科大学総合研究論集第六号、三三〜四四頁。