

肢体不自由者向けカーソル移動制御ソフトウェアの開発 —— 多様なポインティングデバイス操作に対応するための改良と有用性評価の取り組み ——

渡 辺 崇 史

日本福祉大学 健康科学部

島 田 真太郎

テクノツール株式会社

大 鐘 俊 也

テクノツール株式会社

Development of the Cursor Movement Control Software for People with Physical Disabilities - Improvement of Application Possibility for the Various Pointing Device Operations -

Takashi Watanabe

Faculty of Health Sciences, Nihon Fukushi University

Shintaro Shimada

Technotools Corporation

Oogane Toshiya

Technotools Corporation

Keywords: アクセシビリティ, アシスティブテクノロジー, ホパリング, インタフェース, 代替入力手段, 支援技術

1. はじめに

先行研究において、肢体不自由による運動機能障害のある人（以下、利用者）のパソコン等の情報機器操作方法は、表1のように分類整理できることを示した^[1]。また利用者は、ポインティングデバイス操作の可否がパソコン操作方法に大きく影響していること、特に脊髄性筋萎縮症、筋ジストロフィー、筋萎縮性側索硬化症等の神経筋疾患による肢体不自由がある場合、利用者自身が望む・望まないに関わらず、表1に示す 期の操作手段を、

やむなく適用せざるを得ないという問題を指摘した^{[2][3]}。

この問題を解決するために、利用者の障害や操作特性に応じてポインティングデバイス操作時のカーソルポインタの動きを制御可能とするソフトウェア（Cursor Movement Control Software, 以下、CMC）を開発し、その有効性を明らかにした^{[4][5]}。今後さらにCMCが多様な利用者の情報機器操作に役立つ手段として利用されるようにするためには、以下の2点が課題であると考えられる。

表 1：身体機能とパソコン操作の対応方法

身体機能のレベル	パソコン操作の対応方法
期：身体の可動域減少はあるが、直接選択操作（キーボード）やオブジェクト選択（ポインティングデバイス）が可能	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者に適合した入力デバイスの選択および製作改造（小型キーボード、操作移動量の小さいポインティングデバイス等） ・身体負荷軽減のための配慮（文字予測変換ソフトの適用、ソフトウェアによるカーソル移動量や感度の調整等）
期：限られた身体部位での4方向以上の随意的な身体の動きが可能。	上記の対応方法に加え、 <ul style="list-style-type: none"> ・ソフトキーボードの適用（画面上にキーボードを表示させてポインティングデバイスで選択して文字入力をする）
期：2方向以下の随意的な身体の動きが可能な場合。または、随意的な生体反応が検出できる場合	操作スイッチあるいは生体反応を検知するセンサーと、スキャン入力式ソフトウェアの利用（重度障害者用意思伝達装置も含む）。

- ・課題 1：CMC 適用対象となる利用者は、ポインティングデバイス操作において、カーソルポインタ移動操作のみならず、クリック操作も困難であることが想定されるため（例：クリックスイッチまで手指を伸ばして押すための可動域と筋力が発揮できない）、これらの操作への対処手段を実装する必要がある。
- ・課題 2：頸髄損傷者および、脳性麻痺や脊髄小脳変性症等による不随意運動がみられる場合等の、さまざまな利用者への適用可能性の検証が必要である。そこで本研究では、これらの課題に解決するための CMC（以下、新 CMC）の開発を目的として取り組んだ。

2. 研究計画・方法

2.1 新 CMC の設計仕様

CMC はポインティングデバイス操作の方向と移動量（以下、倍率）を制御することで、利用者の多様な身体状況と操作環境に対応できるようにしたアプリケーションである。CMC の基本的なアルゴリズムを述べる。CMC はカーソル移動時に発生する Windows API メッセージを受け取り、カーソル座標値を取得して制御を行う。パソコンディスプレイ上において（図 1）、現在のカーソル位置 $P(x_p, y_p)$ より、利用者のポインティングデバイス操作によってベクトル M の操作がされ $M(x_m, y_m)$ に移動した時、カーソル移動量 L と方向 θ_m は (1), (2) 式となる。 θ_m は現在位置 P を始点とするベクトル M と P を通る水平軸とがなす角である。そして予め設定した設定値（制御方向 θ_c , 制御範囲 θ_f , 倍率 a ）によってベクトル C に変換し、カーソルを $C(x_c, y_c)$ に移動させディスプレイ上に表示する。

$$L = \sqrt{(x_m - x_p)^2 + (y_m - y_p)^2} \tag{1}$$

$$\theta_m = \tan^{-1} \frac{y_m - y_p}{x_m - x_p} \tag{2}$$

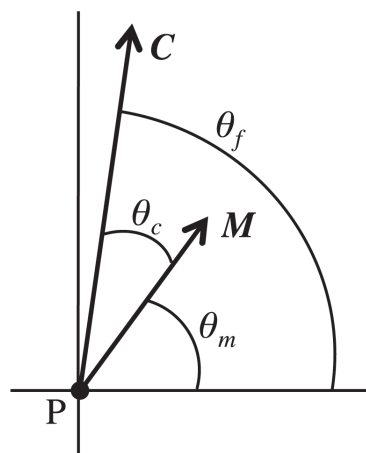


図 1：CMC によるカーソル移動制御の方法

新 CMC は、先行研究で開発した CMC の仕様^{[41][5]}を基にして改良を行った。CMC は方向制御として独立制御モード (Separate control mode), 2 方向モード (Bidirectional mode), 方向変換モード (Alternative mode) を実装しているが、新 CMC の開発にあたり、表 2 のように各方向制御モード名称を変更した。

表 2：新旧 CMC の制御モード名称の対応表

従来の CMC	新 CMC	
独立制御モード	詳細モード	Separate control mode
2 方向モード	ラフモード	Bidirectional mode
方向変換モード	二方向モード	Alternative mode

そして、第1章に示した課題1, 課題2を解決するために、以下の機能の開発および実装可能性の検討を行った。

(1) 最新 OS への対応

現在の CMC は Windows 8.1 まで対応しているが、最新 OS (2018 年 3 月現在) である Windows 10 に対応させる。加えて、CMC の制御モード設定画面や各種オブジェクトデザイン等のユーザーインターフェースを再設計する。

(2) ホバリング機能の実装

ポインティングデバイスのクリック操作が困難な利用者に対応するために、ホバリング機能を利用可能とする。ホバリング機能とは一定時間オブジェクト上にポインタカーソルが停止すると、自動的にクリック操作がされる機能である。

(3) タブレット型端末への対応

Android OS 端末でもパソコンで使用するポインティングデバイスが利用可能である。CMC は Windows OS 用のアプリケーションであるが、利用者の情報機器へのアクセシビリティ向上のため、Android OS 端末への実装可能性を検討する。

2.2 各種ポインティングデバイス利用時の新 CMC 適用有用性の検証

先行研究では、限られた手指のみでポインティングデバイスを操作する Ⅱ期レベル (表1 参照) の肢体不自由がある利用者を想定し、トラックボールを用いてカーソル移動操作実験を実施した^{[6][7]}。その結果、Ⅱ期レベルの利用者のポインティングデバイス操作特性や、個々の肢体不自由の程度に合わせてカーソルの移動特性を調整可能とする手段の必要性を示した。トラックボールは Ⅱ期レベルの利用者に最もよく利用されるポインティングデバイスの1つではあるものの、他のポインティングデバイスでも先行研究と同様な傾向がみられるのかどうかを確かめる必要がある。すなわち、各種ポインティングデバイスを用いて同様な実験を実施し、新 CMC の適用有用性を検証する必要がある。

そこで本研究では、アイソトニック (等張性) 系ポインティングデバイスとアイソメトリック (等尺性)

系ポインティングデバイス各種を用いて、先行研究^[7]と同様のカーソル移動実験を実施した。

2.3 利用者による新 CMC の適用有用性の評価

さまざまな運動機能障害がある利用者に対して新 CMC の有用性について検証するために、日常的にポインティングデバイス操作を行っている利用者および、機能障害や利用環境等により制限を受け、ポインティングデバイス操作に何らかの困難さを持っている利用者を実験協力者として、先行研究^[7]と同様のカーソル移動実験を実施した。なお、実験協力者として依頼する利用者は、先行研究で実施した脊髄性筋萎縮症以外の神経筋疾患 (筋ジストロフィー, 筋萎縮性側索硬化症等) や、脳性麻痺等による不随意運動による肢体不自由者および、頸髄損傷者とした。

3. 結果

3.1 新 CMC の機能と改良点

新 CMC は、Windows 10 での動作を可能とするとともに、Windows API からのカーソル座標値取得の時の割り込み処理方法を改良することで、多様な自動クリック機能を有するアプリケーションである“クリックアシスト^[8]”との併用を可能し、ホバリング機能を持たせることができた。

また各制御モードの設定画面とテストモードは以下のように改良し、各種制御モードの選択および設定値変更作業の容易性や明瞭性の向上を図った。さらにテストモード実行時のログビューアを実装し、ポインティングデバイス操作評価ツールとしての機能を持たせた。

(1) 詳細モード

関節拘縮等による可動域制限や筋力低下等によって操作しづらい特定の方向がある場合、利用者の身体状況に合わせて方向ごとに個別に移動方向と量を設定することで操作性を向上させるモードである。新 CMC では移動方向制御の向きを色分け表示するようにした。図2の設定例では、垂直上方向を右上方 30 度、垂直下方向を左下方 15 度、水平方向を左右とも下方 5 度に設定してあるので、設定方向への操作はそれぞれ垂直、水平方向への操作と見なされて画面上のカーソルが移動する。

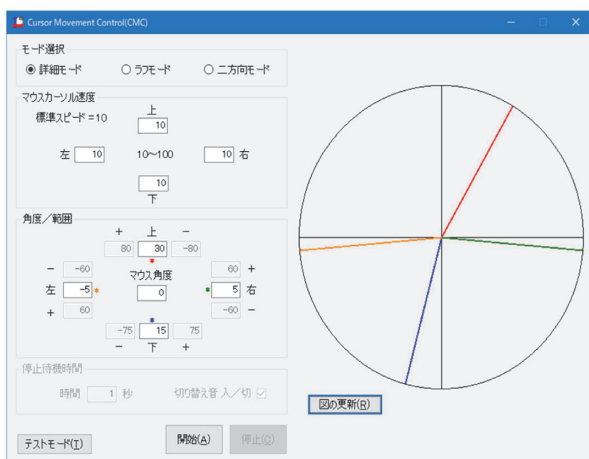


図2 詳細モード設定例



図4 二方向モード設定例

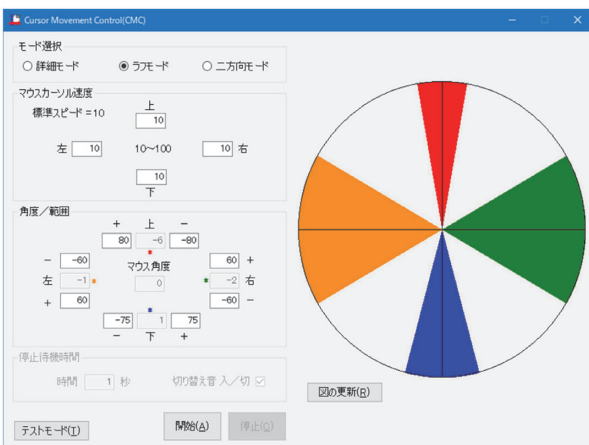


図3 ラフモード設定例

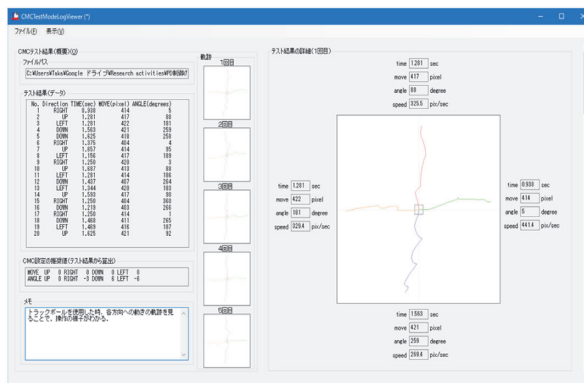


図5 テストモードのログビューアの表示例

(2) ラフモード

可動域制限だけでなく、不随意運動や運動失調等により巧緻性が低下している場合、確実かつ実用的なカーソル移動操作を実現するために、設定範囲内のポインティングデバイス操作を垂直上下または水平方向の、十字方向へのカーソル移動に変換するモードである。この設定範囲の設定値を図3のように色分け表示し視覚的に分かりやすくした。図3の設定例では、色分けされた垂直上方向±10度、下方向±15度、水平方向は左右とも±30度の範囲での操作において、それぞれ垂直上下方向または水平左右方向へ画面上のカーソルが移動する。

(3) 二方向モード

進行性疾患等により、さらなる筋力低下や可動域

制限等がみられる場合であっても、限られた手指等の2方向の動きによってポインティングデバイス操作を利用し続けられることを想定したモードである。新CMCでは図4の“マウス角度”に“0,180,-90,90”のいずれかを入力したときの、利用者のポインティングデバイス操作方向とカーソル移動方向の関係を表示させた。実際の操作では設定方向へポインティングデバイス操作が行われると、垂直上下方向または水平方向のいずれかのみカーソルが移動する。そして設定した停止待機時間だけ現在位置にカーソルが停止すると(図4では1秒)、カーソル移動方向が現在までの方向からもう一方の移動方向に切り替わる。

(4) テストモードの改良とログビューアの実装

テストモードとは所定のカーソル移動課題を実施することで、制御モード設定値の決定と利用者のポ

インテュイティブデバイス操作を記録する機能である。新 CMC では、テストモード実行後に詳細モードの初期設定値が自動適用される自動プリセット機能を実装した。加えて、ログビューア (図 5) を作成し、テストモード実行時の利用者のポインティングデバイス操作特性データを数値とカーソル移動軌跡にて一体的に表示し、機器適合相談時の検討ツールや共有手段として活用できるようにした。そのため、メモ欄に必要事項を記入して保存する、評価結果を印刷する等の機能を実装した。なおこれらのデータログは、数値データ (テキスト形式) および画像データ (bmp 形式) として保存されているので、個別に参照したり、他の分析に利用することもできる。

3.2 新 CMC の適用有用性の評価

各種ポインティングデバイス利用時の新 CMC 適用の有用性評価では、表 3 に示した各種ポインティングデバイスを用いた実験を実施した。なお本実験は、ポインティングデバイス操作も含めたパソコン操作に対して特段の配慮が必要のない人を実験協力者としているが、初期の肢体不自由のある利用者を想定した実験であるため、各ポインティングデバイスの操作は、表 3 に示した操作部位に限定して行うものとした。特に示指および母指による操作は、実験協力者の前腕の回内外および肩や肘関節等による代償動作で操作しないように、必ず手首部内側をテーブル上に接触させて操作することを指示して実施した。

利用者による新 CMC の適用有用性の評価においては、実験協力者それぞれに個性が高いことから、個々の日常的な操作環境とはかけ離れた実験条件での定量的な評価せず、面談によるインタビュー、新 CMC 適用前後のポインティングデバイス操作の変化の観察とログビューアおよびデータログの解析、実験協力者の主観的评价および諸活動や身体の変化等の、定性的評価に重点を置き実施した。

なおこれらの実験は、日本福祉大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施している。

3.3 タブレット型端末への対応

Android OS への適用の検討を行った。Android OS には障害者向けにアクセシビリティ機能を提供するアプリケーションを作成するためのアクセシビリティサービスという仕組みが用意されている^[9]。アクセシビリティサービスとしてアプリを作成すれば、OS や他のアプリの画面情報を取得したり、クリック操作等に直接影響を及ぼしたりすることが可能となる。しかしながら、現段階ではマウスカーソルの座標値は取得できるものの、マウスカーソルを制御することは難しく、CMC の機能実装とその評価までには至らなかった。

4. 今後の予定

開発した新 CMC は、多様な利用者やポインティング

表 3 : CMC 適用有用性の検証に用いるポインティングデバイス

ポインティングデバイス	利用機器	操作部位	想定する肢体不自由のある主な利用者
アイソトニック (等張性) 系	据え置き型トラックボール	Expert Mouse (ワイヤレス式, ケンジントン製)	神経筋疾患による
	タッチパッド	ワイヤレス式 (ELECOM 製, M-TP01DSW)	
	一般的なマウス	光学式ワイヤレスタイプ (GEPC071AW)	比較対象として
	装着型ジャイロマウス	Zono (Quha 製)	四肢麻痺等による
	視線入力式	視線測定器 (Sentry Gaming Eye Tracker, SteelSeries 製)	
アイソメトリック (等尺性) 系	小型ジョイスティックマウス	TJM3A-A01 (テクノツール製)	脳性麻痺等による不随意運動, 神経筋疾患および頸髄損傷による

デバイスの適合相談に関わる支援者に広く利用していただきたいこと、そして新 CMC 機能充実のためにフィードバックを得たいことから、ウェブサイトに公開しダウンロード可能とした^[10]。

新 CMC のタブレット端末への適用については、機能の実装まで至らなかったが、検討した Android OS は情報機器のみならず、さまざまな支援機器にも利用され始めているので、各種支援機器のアクセシビリティ向上のための手段として新 CMC が活用できるように、今後も実装可能性を継続して検討する。

また現在、新 CMC の有用性評価を実施しているが、その結果を新 CMC の機能充実に反映させることのみならず、実施結果を公開することで利用者の生活支援および支援技術の向上に貢献したい。

謝辞

本研究は、日本福祉大学健康科学研究所助成を受けて実施した。

【引用文献】

- [1] 渡辺崇史：在宅支援機器とテクノロジー，*Medical Rehabilitation*, No. 113, pp. 77-83 (2009)
- [2] 渡辺崇史，富板充，手嶋教之：多様な個別支援事例に基づくコミュニケーション機器操作方法の整理分析，第 27 回ハ工学カンファレンス講演論文集，pp. 131-132 (2012)
- [3] 渡辺崇史：肢体不自由者のポインティングデバイス操作特性の解明とその個別性に対応したソフトウェア開発に関する研究，立命館大学大学院博士論文，2 章 (2013)
- [4] Takashi Watanabe et al.: Application of Cursor Movement Control Software for People with Physical Disabilities: Two Case Studies, *Assistive Technology: From Research to Practice*, IOS Press, Vol.33, pp. 467-472 (2013)
- [5] 渡辺崇史，畠山卓朗，富板充，奥山俊博，手嶋教之：肢体不自由者向けカーソル移動制御ソフトウェアの開発と実証評価，*日本生活支援工学会誌*, 13 (2), pp. 29-36 (2013)
- [6] 渡辺崇史，畠山卓朗，奥山俊博，手嶋教之：肢体不自由者のポインティングデバイス操作におけるカーソル移動特性の推測，*ヒューマンインタフェ*

ス学会論文誌，14 (4), pp. 383-392 (2012)

- [7] 渡辺崇史，畠山卓朗，富板充，奥山俊博，手嶋教之：電動ベッド臥位姿勢環境における単指でのポインティングデバイス操作の特徴，*ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 15 (3), pp. 73-82 (2013)
- [8] テクノツール株式会社：クリックアシスト。
<https://www.ttools.co.jp/product/hand/clickassist/index.html>, (2018.09.01 確認)
- [9] Google: Building Accessibility Service.
<https://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility/services>, (2018.09.01 確認)
- [10] テクノール株式会社：CMC (Cursor Movement Control Software).
<https://www.ttools.co.jp/product/hand/cmc/index.html>, (2018.09.01 確認)