

## レバーの感度調節によるジョイスティックの操作性改善 Operability improvement of the joy-stick by the sensitivity adjustment of the lever

具志堅 翔†  
Sho Gushiken

神里 志穂子†  
Shihoko Kamisato

野口 健太郎†  
Kentaro Noguchi

佐竹 卓彦†  
Takahiko Satake

石田 好輝†  
Kouki Ishida

### 1. はじめに

アシスティブテクノロジーとは、肢体不自由児や高齢者など身体の機能や動作に何らかの不自由をもった人々に対し、電子機器や装具を用いた補助によって QOL (Quality of Life: 生活の質) を向上させることを目的とした取り組みである[1]。アシスティブテクノロジーの取り組みの中で、電子技術や情報技術をもとに開発された機器を e-AT 機器と呼び、肢体不自由児は e-AT 機器を用いることで、介助者の手を借りて行なっていた活動を自力で実行することが可能になり、達成感や満足感を得ることができる[2]。近年、特別支援学校では様々な e-AT 機器が活用されており、児童の自立的活動の支援に役立てられている[3, 4]。その中で、マウスの操作ができない肢体不自由児に対して、ジョイスティックやトラックボールなどのポインティング・デバイスを使用することで、コンピュータの操作を補助する取り組みが行なわれている[5]-[7]。しかし、市販のジョイスティックはレバーとボタンが一体となっているため、上肢に麻痺を持つ肢体不自由児が操作する場合、誤ってレバーとボタンを同時に押ししてしまうなどの誤操作が起きていた。

そこで我々は、レバー部分とボタン部分を切り分けたレイアウトフリーのジョイスティック型マウスを開発し、誤操作に関する問題を改善した[8]。今回、開発したジョイスティック型マウスを用いて肢体不自由児と健常者の操作特徴を比較することで、ジョイスティック型マウスの操作における課題について検討を行なう。また、課題の改善方法について検討する。

### 2. マイコンを用いたジョイスティック型マウスの開発

開発したジョイスティック型マウスの外観を図1に示す。開発したジョイスティック型マウスは、カーソルの移動操作を行なうレバー部分、クリックなどの操作を行なうボタン部分、これらをマイコンにより制御する部分の3つから構成され、モジュージャックによって相互に接続している。レバーとボタンを切り分けてあるため、上肢に麻痺のある肢体不自由児が操作する場合にも、レバーとボタンを同時に押ししてしまうといった誤操作が起きなくなった。接続にモジュージャックを用いる理由としては、脱着が簡単で丈夫であること、一般的に使用されているため故障時に代用できることなどがある。制御部分にマイコンなどの主要な回路を置き、レバー部分やボタン部分から切り離すことで操作の衝撃により回路が故障するリスクを軽減し、配置の自由度を向上させている。

マイコンには、ルネサスエレクトロニクス社の 16bit ワンチップマイコン「H8/3052F」を用いた。マイコンのプログラムを書き換えることでジョイスティック型マウスの制御方法を変更することができる。レバー部分とボタン部分の回路図を図2に示す。ボタン部分には二つのマイクロスイッチを使用し、それぞれ右クリックと左クリックの操作に対応させた。レバー部分には2つの可変抵抗を使用し、レバーを倒すことで可変抵抗の抵抗値が変化するようにした。レバー部分の可変抵抗とボタン部分のマイクロスイッチは、それぞれマイコンに搭載された A/D コンバータのアナログ入力端子に接続されている。A/D コンバータに入力される電圧からマイクロスイッチの状態や可変抵抗の抵抗値を計算している。また、レバーが直立している状態の可変抵抗の抵抗値を基準値とし、レバーを深く倒すほど可変抵抗の抵抗値と基準値の差が大きくなるようにしている。レバーを倒し、抵抗値の変位量が閾値を上回った時点で入力として検出され、コンピュータのカーソルの動きに反映される。上記の閾値を変更することで、レバーの感度を変えることができる。同様に、レバーの入力方向を検出する範囲の広さや、カーソルの移動速度、レバーの入力の分解能などを変更することができる。

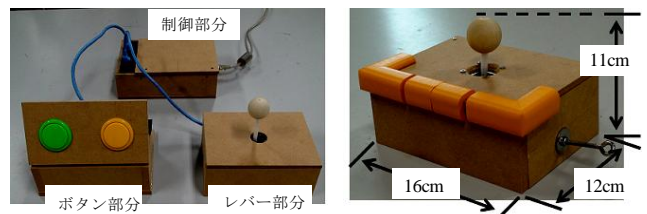


図1. ジョイスティック型マウスの外観

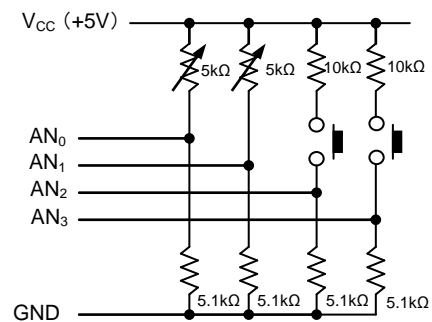


図2. レバー部分とボタン部分の回路図

†沖縄工業高等専門学校, Okinawa National College of Technology

‡豊橋技術科学大学, Toyohashi University of Technology

### 3. 肢体不自由児と健常者の操作特徴比較

肢体不自由児の操作特徴を把握し、ジョイスティック型マウス操作における課題について検討するため、肢体不自由児と健常者の操作特徴を比較する。

#### 3.1 実験条件

実験環境を図3に示す。被験者の指定した位置にジョイスティック型マウスのレバー部分とボタン部分を固定し、コンピュータのディスプレイに図4に示した画像を表示する。図4の画像には5つの点が描かれており、各点はディスプレイの縦軸と横軸に対して、45度・35度・25度・15度となる位置に等間隔に配置されている。そのため、各点とディスプレイの軸との角度が小さくなるほど、細かい操作が必要となる。被験者は、ジョイスティック型マウスを操作してカーソルを移動させ、図4の画像に描かれた点をなぞる。被験者は肢体不自由児（男性、10才）1名、健常者（男性、20才）1名とする。被験者の肢体不自由児は上肢に麻痺があり、不随意運動の症状が見られる。また、上記の被験者はどちらも開発したジョイスティック型マウスを数回使用した経験がある。

操作性評価の指標として、タスク実行時の操作に要する時間とカーソルの移動距離を計測する。また、動作負担の評価指標として、光学式モーションキャプチャを用いて、被験者の手の甲、手首、肘、肩に取り付けたマーカーの移動距離を計測する。



図3. 実験環境 1

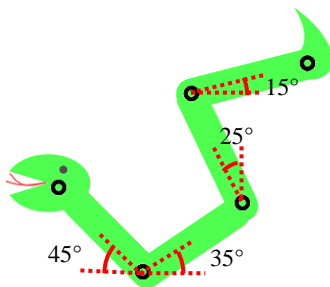


図4. ディスプレイに表示する画像 1

#### 3.2 実験結果と考察

カーソルの移動軌跡を図5に示す。操作に要する時間とカーソルの移動距離を図6のグラフに示す。また、右腕の移動距離を図7のグラフに示す。図6のグラフを見ると、肢体不自由児の操作時間は 32 [sec]、健常者の操作時間は 34 [sec]である。カーソルの移動距離は肢体不自由児が 32 [cm]、健常者が 36 [cm]となっており、操作時間とカーソルの移動距離については肢体不自由児と健常者の間に大

きな差は見られない。しかし、図7のグラフを見ると肢体不自由児の右腕の移動距離は手の甲・手首・肘・肩の順に、47.36・48.23・39.84・33.12 [cm]、健常者は 30.18・26.43・26.93・21.10 [cm]となっており、大きな差があることが確認できる。これらの実験結果から、肢体不自由児は健常者に比べて動作の負担が大きいと考えられる。このことより、操作に要する動作負担を軽減できるジョイスティック型マウスの検討が必要であると考えた。

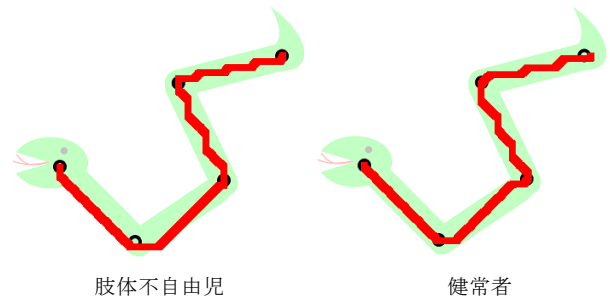


図5. カーソルの移動軌跡

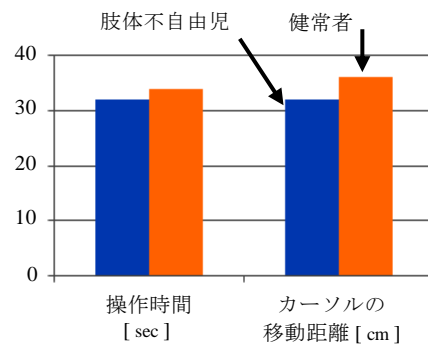


図6. 操作時間とカーソルの移動距離

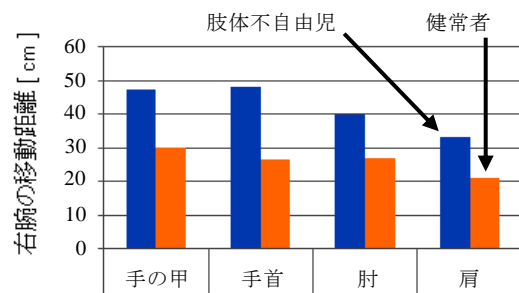


図7. 右腕の移動距離

### 4. レバーの感度調節の有効性検討

4章で得られた実験結果から、本章ではジョイスティック型マウス操作に要する動作負担の軽減方法について検討する。4章で行なった実験の被験者のような上肢に麻痺を持つ肢体不自由児は、特定の上肢動作が困難であるために、特定方向へのレバー操作を苦手としている場合がある。その場合、苦手とする操作の動作負担が大きくなるとともに、操作時間も増加すると考えられる。我々は、

使用者の苦手とする操作に対して、レバーの感度を向上させ操作時間を短くすることで、動作負担を軽減できると考え、レバーの感度調節による操作時間の補正を行なう。そして、操作時間の補正が動作負担の軽減に有効かどうかを検討する。

#### 4.1 実験条件

実験環境を図8に示す。コンピュータのディスプレイとジョイスティック型マウスのレバー部分とボタン部分は、被験者の指定した位置に固定する。コンピュータのディスプレイには図9に示した画像を表示する。図9の画像には、上下左右と斜めの8方向を指す矢印が描かれている。被験者はジョイスティック型マウスを操作し、画像中の矢印で指定した方向にカーソルを移動させる。この際に被験者がレバーの入力操作に要する時間を計測する。本稿では、入力操作を“被験者がレバーの操作を開始したときから、指定した方向への入力がコンピュータ上で検出されるまでの操作”と定義する。今回は実験中の映像から入力操作に要する時間を計測する。実験はそれぞれ3回ずつ行ない、平均値を実験結果とする。本実験では、マイコンによるレバーの感度調節の有効性検討を目的としているため、被験者を健常者1名とする。上記の被験者は右利きだが、今回はジョイスティック型マウスの操作に不慣れな左手を使用してもらった。また、上記の被験者は開発したジョイスティック型マウスを数回使用した経験がある。これまでの研究の中で、肢体不自由児はレバーの入力操作に特に時間を要していることが観察できた。そのため、入力操作に要する時間を計測し、操作性評価の指標とする。また、光学式モーションキャプチャを用いて、被験者の手の甲、手首、肘、肩に取り付けたマーカーの移動距離を計測し、入力操作における動作負担の評価の指標とする。



図8. 実験環境2

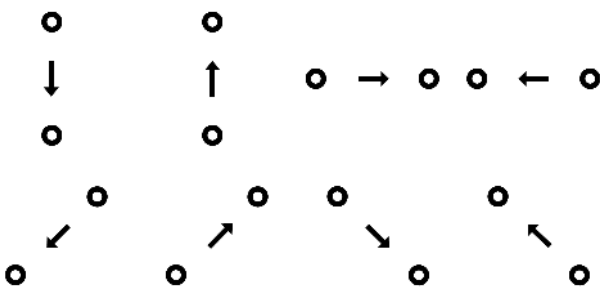


図9. ディスプレイに表示する画像2

#### 4.2 補正前の操作性評価

レバーの感度調節を行なう前のジョイスティック型マウスを用いて、図9に示した各方向に対して、被験者が入力操作に要する時間を計測した。実験結果を図10に示す。図10の入力操作に要する時間のレーダーチャートを見ると平均値が0.7 [sec]となっており、右上・右下・下・左下・左上の各方向は平均値よりも値が大きいことがわかる。また、上・右・左の各方向は平均値よりも値が小さい。この結果について、被験者は右上・右下・下・左下・左上の各方向への入力操作を苦手としており、上・右・左の各方向への入力操作を円滑に行なうことができると考える。従って、右上・右下・下・左下・左上方向への入力操作に対してレバーの感度調節を行ない、操作時間を平均値以下に補正する必要がある。

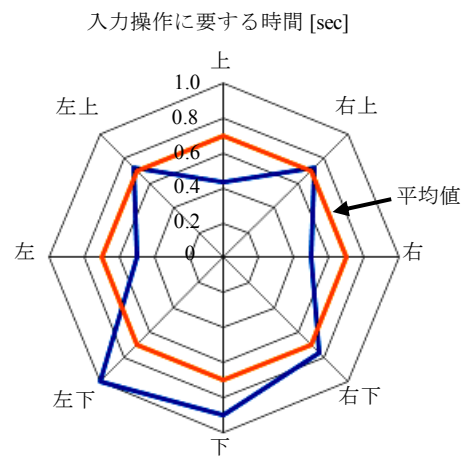


図10. 補正前の入力操作に要する時間

#### 4.3 補正後の操作性評価

5.2章で得られた結果をもとに、右上・右下・下・左下・左上方向への入力操作に対して、レバーの感度を調節し、再度実験を行なった。実験結果を図11、図12、表1、表2に示す。図11の入力操作に要する時間のレーダーチャートを見ると、補正後の値は全て0.57~0.33 [sec]の範囲に収まっており、補正前の平均値0.7 [sec]よりも小さい値となっている。また、表1を見ると補正前の標準偏差が0.19 [sec]であるのに対し、補正後の標準偏差は0.07 [sec]となっており、補正前に比べて入力操作に要する時間のばらつきを軽減できているといえる。表2の入力操作に要する腕の移動距離を見ると、補正前は平均値が3.93 [cm]、標準偏差が0.92 [cm]であるのに対し、補正後は平均値が3.06 [cm]、標準偏差が0.69 [cm]となっている。従って、補正後は補正前に比べて入力操作に要する動作の負担を軽減できているといえる。以上の結果から、レバーの感度調節による操作時間の補正は、動作負担の軽減に有効であると考えられる。

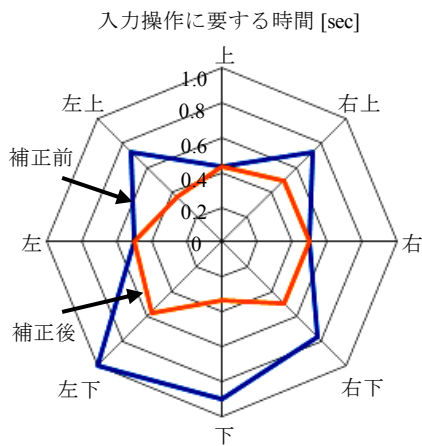


図 11. 補正後の入力操作に要する時間

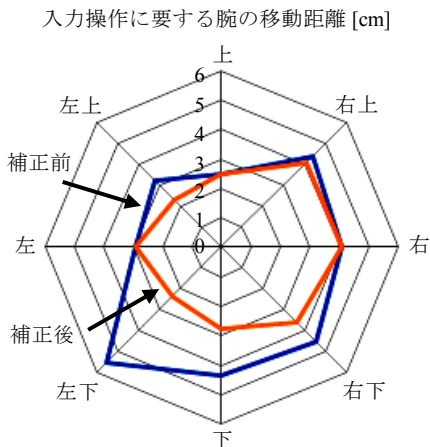


図 12. 補正後の入力操作に要する腕の移動距離

	平均値 [sec]	標準偏差 [sec]
補正前	0.7	0.19
補正後	0.46	0.07

表 1. 入力操作に要する時間

	平均値 [cm]	標準偏差 [cm]
補正前	3.93	0.92
補正後	3.06	0.69

表 2. 入力操作に要する腕の移動距離

## 5. まとめ

今回、ジョイスティック型マウスの汎用性向上を目的とし、レバーとボタンを切り離れたレイアウトフリーのジョイスティック型マウスを開発した。その結果、配置の自由度の低さから起こる誤操作をなくすことができた。また、肢体不自由児の操作特徴を把握するため、肢体不自由児と健常者を対象にジョイスティック型マウスの操作特徴を比較した。その結果、肢体不自由児は操作に要する腕の移動が大きく、動作の負担を軽減する必要があるということが確認できた。次に、動作負担を軽減するため、レバーの感度調節によって被験者の苦手な操作に

対して操作時間の補正を行なった。その結果、苦手な操作に要する動作負担を軽減することができた。ジョイスティック型マウスの使用者ごとに、苦手な操作に要する動作負担を軽減できれば、汎用性の向上に繋がると考えられる。

今回の実験では、健常者を対象としてレバーの感度調節の有効性を検討した。今後は肢体不自由児に対しての有効性を調査する。また、今回はレバーの感度調節や操作時間の計測などを手動で行なったため、補正に長い時間を要した。今後は、レバーの感度調節や操作時間の計測を自動化し、短時間で補正を行なうことのできるジョイスティック型マウスについて検討する。

## 謝辞

本講演会の一部は、豊橋技術科学大学の高専連携教育研究プロジェクトの支援を受けたことを明記し、ここに謝意を表します。

## 参考文献

- [1]日本機械学会, “機械工学便覧 応用システム編 v9 医療・福祉・バイオ機器”, 丸善株式会社 (2008).
- [2]中邑賢龍, 塩田佳子, 阿部紗智子, 高橋幸太郎, 奥山俊博, 中野泰志, “福祉情報技術(e-AT)製品ガイド”, ころろリソースブック出版会 (2004).
- [3]マジカルトイボックス・チャレンジキッズ研究会, “特別支援教育におけるコミュニケーション支援”, ジアース教育新社 (2005).
- [4]秋本公志, “静岡県内の特別支援学校における支援機器の活用について”, 静岡大学教育学部研究報告 (人文・社会・自然科学篇), No.60 (2010).
- [5]宮崎信次, “手足を使わないパソコン高速入力インターフェイス”, バイオメカニズム, Vol. 17, pp.227-234 (2004).
- [6]具志堅翔, 具志堅一生, 神里志穂子, 野口健太郎, 佐竹卓彦, “AAC教材の使用動作測定による操作性の比較”, 情報処理学会第72回全国大会共通講演論文集 (2010).
- [7]具志堅翔, 神里志穂子, 野口健太郎, 佐竹卓彦, 石田好輝, “動作解析を用いた AAC教材の操作性評価”, 第31回バイオメカニズム学術講演会, pp.61-64 (2010).
- [8]具志堅一生, 具志堅翔, 神里志穂子, 野口健太郎, 佐竹卓彦, “拡大代替コミュニケーションのためのジョイスティック型マウスの開発”, 情報処理学会第72回全国大会共通講演論文集 (2010).