

K-049

手ぶれ補正機能つきペイントツールにおけるマウスカーソル位置補正の効果 Effect of mouse cursor position adjustment in a paint tool with blurring compensation

森本 大資†

Daisuke Morimoto

縄手 雅彦†

Masahiko Nawate

1. まえがき

不随意運動のような手の意図しない動きを伴う身体障害者はマウスの操作においても健常者ほど滑らかに取り扱うことは難しい。ポインティングデバイス関連の研究では、ポインティング時に発生する手ぶれの補正に関する研究 [1] はあるものの、研究例はあまり多くない。また、作業療法との関連を見ると障害を持つ子供にコンピュータを利用して、絵を描かせたり、ぬり絵をさせている場合が見られるが、その手ぶれに関する議論はなされていないようである。ただし、絵を描画することについては、例えば、ドローストールでは手描き描画軌跡を自動認識により直線や円弧に置き換える研究 [2] [3] などが行われてきた。

我々はマウス移動時のぶれをリアルタイムで除去することを目的として研究を行ってきた [4]- [6]。これまで、手ぶれなどの運動障害を持つ人のために、個々の障害の度合いに対応したマウス操作を可能とするために、運動障害の種類から、ぶれの種類を常に生じる細かいぶれと突発的な大きなぶれの2つに分類し、移動平均法を用いてマウス軌跡を補正する手法を提案し [4]、その手法をペイントツールに実装し、医療機関で評価実験を行った [5]。その結果、移動平均という単純な方法でもぶれの除去がある程度実現できることがわかったが、障害の程度の個人差が大きく一人一人の状況に合わせた最適化が求められていることがわかった。また、突発的な大きなぶれに対して、移動平均法以外の手法を提案 [6] も行ったが、これについては、ぶれ発生時にほとんどの被験者が描画を中断し、描き直すため、その重要度が高くないことも判明した。

これまでの実験では自分の意図しないカーソル軌跡が移動平均法のために発生することやカーソルの動きが遅くなることなど操作性への不満が強く出ていたため、本論文では、手ぶれ除去効果と使用者の主観的な効果の認識度を向上させるためにマウスカーソル位置補正による影響を示すとともに、移動平均を取る個数 n の値を変えることが個人の障害の度合いとどのような関係があるかを調査した。

2. マウスカーソル位置補正

以前のペイントツールにおいては実際のマウス座標ではなく平滑化後の移動平均法による補正座標 $S'_i(x_i^{smooth}, y_i^{smooth})$ が目に見えるようにしていたが、マウスカーソルと描画座標の間に差ができて描画しにくいという欠点があった。そこでマウスカーソルの位置を強制的に補正後の位置に移動させることで補正効果の向上と使用者の補正効果の認識度に向上があると考えた。

しかし、マウスカーソル位置を強制的に SetCursorPos 関数で移動させることにより MouseMove イベント

ト時の入力座標がマウス座標とは変わってくるため、移動平均法を用いたカーソル位置補正時の出力座標 $S'_i(x_i^{smooth}, y_i^{smooth})$ を次のように変えた。

$$x_i^{smooth} = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=I-n+1}^I x_i + \sum_{j=I-n}^{I-1} \sum_{i=2}^j (x_i - x_i^{smooth}) \right\} \quad (1)$$

$$y_i^{smooth} = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=I-n+1}^I y_i + \sum_{j=I-n}^{I-1} \sum_{i=2}^j (y_i - y_i^{smooth}) \right\} \quad (2)$$

ここで、入力座標を $P_i(x_i, y_i)$ とし、 I は現在の座標を表し、 n は移動平均をとる個数を示す。

3. 実験方法

3.1 カーソル位置補正の評価

東部島根心身障害医療福祉センターにおいて、 $n=20$ で移動平均による補正を行いながら、カーソル補正がある場合とない場合それぞれについて1回ずつ表示した円(半径150ピクセル)と正方形(1辺300ピクセル)のガイドをなぞってもらい、合計4回分の描画座標を保存し、ガイドと描画座標との二乗平均誤差を取り、 t 検定を行いカーソル位置補正の効果が有意であるか調べる。実験後に操作性と補正効果について7段階評価で補正無しとどちらが良いかアンケートを取った。4をどちらとも変わらないとし、数字が大きいほど補正の方が良い評価とした。

カーソル補正のない場合の被験者は8歳から30歳までの主に脳性麻痺の障害を持つ人17名で、使用した入力デバイスは日常使っているものを使用してもらった。具体的にはマウス、ペンタブレット、トラックボールであった。カーソル補正がある場合の被験者はマウス使用者の中から9名に行ってもらい、カーソル補正の効果についてはマウスのみ条件において比較を行った。

図1に開発したツールと、それに実験用の円ガイドを表示した様子を示す。

3.2 n の変化実験

障害の度合いは様々でこれに対応するためには、個人ごとの最適な n の値を設定する必要がある。しかし、マウスが取る座標の数にはCPU依存性が見られ、1秒間ペイントツールが取得する座標データ数を調査すると、PS/2マウスを使う場合、CPUがIntel Pentium4 2.4GHzのマシン上では座標を取る個数が1秒間に約105個に対して、Celeron 1.7GHzのマシン上では1秒間に約62個の座標データを取得し、コンピュータのCPUの性能により、座標数が変化することが確認できた。USB接続の光学マウスなどではCPUの性能に関係なく1秒間に

†島根大学総合理工学部, ECS, Shimane Univ.

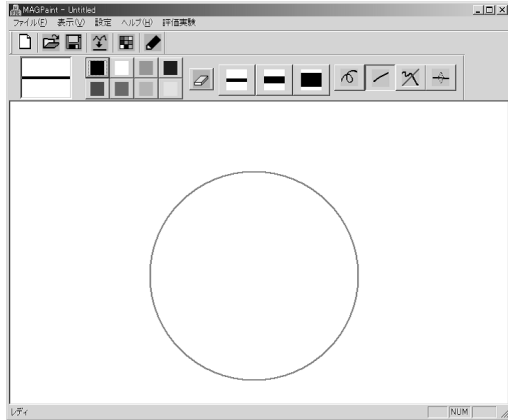


図 1: 円ガイド表示の様子

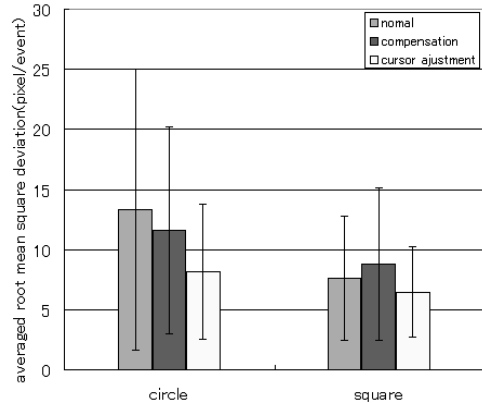


図 2: カーソル位置補正効果の比較

約 125 個一定の座標データを取ることがわかった。そのため、 n の値は異なる実験環境においては単純に比較することはできない。3.1 の実験ではすべてのデバイスに対して $n=20$ として行い、個人別で 1 回しかデータを取らないことや誤差の平均を取ることにより個人の障害の度合いに対するデータが取れていないことが問題となった。そのため、実験環境における手ぶれの度合いと n の値の変化に対する補正効果の変化を調査するために、次のような実験を行った。

CPU が Celeron733MHz のマシン上で PS/2 マウスを使用し、被験者はセンターでマウス使用者の中から 5 名に行ってもらった。実験方法は円と正方形のガイドを n の値を 0、10、20、30 で色を変えて被験者には n の値を伏せた状態でそれぞれの n の値に対して 3 回ガイドが表示され、ガイドをなぞってもらいそのときの二乗平均誤差と n の関係を調査した。

4. 実験結果

4.1 カーソル位置補正の効果

図 2 に二乗平均誤差の比較の結果を示す。カーソル補正の有りに無しに関係なく $n=20$ の移動平均がかかっている。円、正方形ともに誤差について減少が確認された。しかし t 検定の結果有意水準 5 % で有意な差があるとは言えなかった。

主観的意見については図 3、図 4 の上側にカーソル位置補正無しの場合、下側にカーソル位置補正ありの場合、それぞれ操作性と補正効果のアンケート結果を示す。

アンケート結果からは操作性に不満を持っている人の比率が 83.4 % から 55.6 % と半数近くまで減少し、補正効果がわかると答えた人が 33.3 % から 66.7 % まで上昇して半数以上の人々が補正効果について良い評価を与えた。カーソル位置補正ありの場合が操作性、補正効果ともに向上していることがわかる。

4.2 n の変化実験

図 5、図 6 に円と正方形それぞれにおける個人別の二乗平均誤差の n 依存性を示す。予備実験を行った結果から健常者が補正無しで円の描画を行う場合の誤差の値は約 2~6 ピクセル/イベントの間であった。今回の被験者の中で補正を必要とする人は誤差の値が 6 ピクセル/イ

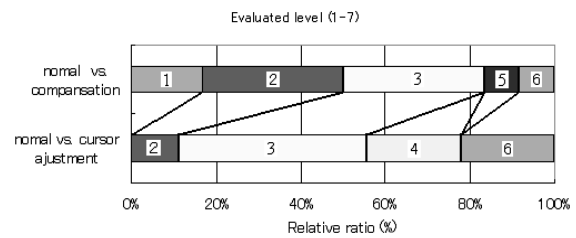


図 3: 操作性のアンケート結果

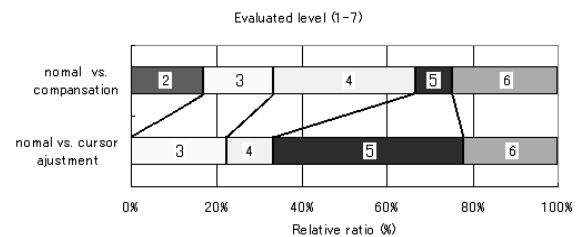


図 4: 補正効果認識度のアンケート結果

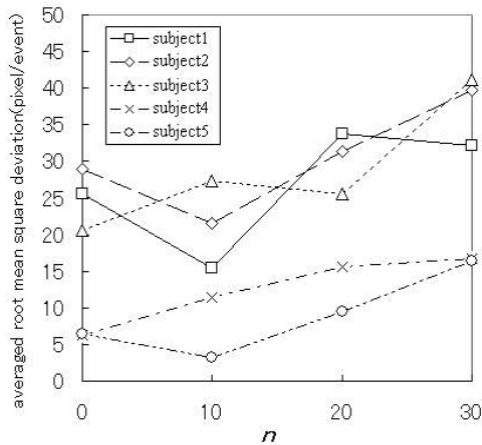
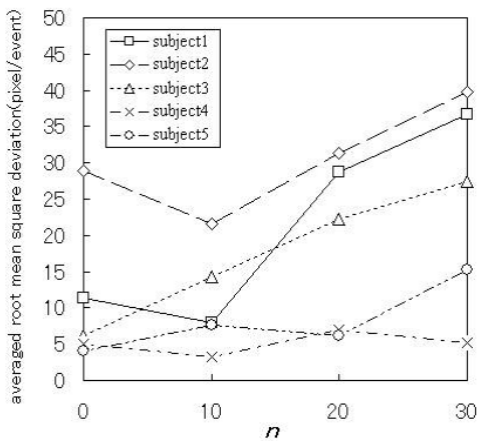
イベントを大きく越える人にと考えられ、図 5 では被験者 1、2、3 が $n=0$ 、つまり補正を行わない状況においては誤差が大きく補正を必要とする人に該当する。被験者 1、2 については $n=10$ で誤差が少なくなり、それ以上の n の値に対しては誤差が増加する傾向となった。

図 6 の正方形についても、被験者 1、2 が補正を必要とする人と考えられ、両方の被験者ともに円と同様の結果となった。

5. 考察

カーソル位置補正については定量的にも主観的にも大きな影響があることがわかった。操作性についてはカーソル位置が描画位置と離れていると操作の感覚が特殊になるため否定的な意見があったが、カーソル位置補正を行うことで通常の描画感覚に近づき、否定的な意見が減った。しかし、約半数の人たちが操作性に不満を持っているため、さらなる改良が必要である。

補正効果については、なぞるといふ実験方法の性質上

図 5: 円の n 依存性図 6: 正方形の n 依存性

から上手く書こうとすると描画速度が日常で絵を描くときの描画速度よりも遅くなり、移動平均法を用いた補正の効果が弱まることが考えられたが、誤差の減少の確認はできた。しかし補正効果の認識について否定的な意見については、描画速度が遅いことにより補正効果が弱まったことに原因があると考えられる。

n の変化実験については、補正を必要とする人に対しては、 $n=10$ の補正を行ったことにより、誤差の減少が見られた。しかし、 n の値を大きくするほど、また、丁寧になぞろうとするときなどに手ぶれによるぶれではなく、カーソル位置補正手法が原因の誤差が出てくる人も確認できた。これはカーソル表示位置が内部での計算用の座標よりも戻して描画していることが原因だと考えられる。

健常者による予備実験で、なぞるという実験方法と実際の描画により近いと思われる 2 点間の描画という実験方法の 2 つの実験方法を比べたところ、なぞる場合の方が描画速度が約 30% 以上遅くなっていた。また、それぞれの描画軌跡について FFT で周波数解析を行ったところ、明らかな違いが見られた。この結果から、絵など

の描画を行うときの評価を行うになぞるという実験方法を用いるのは最適ではないと考えられる。

今後の課題としては、以下の項目があげられる。

- 実験方法についてはなぞるという手法では、実際に描画をする状況とは違うため、実験精度を向上させるためには、より実際に近い実験手法の提案が必要である。
- n の値の実験結果を用いて、被験者の障害の度合いを測って、自動的に n の値を設定する機能の実装を行う。
- カーソル位置補正手法が原因の誤差を減少させるような対策の検討が必要である。

6. まとめ

カーソル位置補正を行うことにより操作性、補正効果の認識度が向上した。カーソルの表示位置が手ぶれ補正において重要な要素であることを確認できた。

n の変化と障害の度合いについては、補正を行わない時の誤差が明らかに大きな人の場合は、 $n=10$ の時などの誤差が減少するような個人に適している n の値があることが確認できた。しかし、健常者とほとんど変わらないくらいのぶれの人については n の値を大きくするほどカーソル位置補正が原因の誤差が増えて n を大きくする必要性は大きくなかった。

謝辞

実験を引き受けていただいた永田氏をはじめ東部島根心身障害医療福祉センターの皆様へ感謝致します。また、多くの有益な助言をいただいたビッグボイス代表渡辺哲也氏にも感謝致します。この研究は日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（C）, 14550359）により行われた。

参考文献

- [1] 斎藤, 西田, 辻野, 都倉, "マウスドライバの改良によるポインティング精度改善について", 情報処理学会論文誌, vol.40, pp.405-413, 1999
- [2] T. Igarashi, S. Matsuoka, S. Kawachiya, and H. Tanaka, "Interactive Beautification: A Technique for Rapid Geometric Design", Proc. UIST, pp.105-114, 1997
- [3] B. Yu, "Recognition of Freehand Sketches Using Mean Shift", Proc. IUI'03, pp.204-210, 2003
- [4] 森本, 縄手, 安部, 渡辺, 福間, 本多, "不随意運動を伴う運動障害を持つ人のためのマウス軌跡の制御", FIT2002 K-1, pp.369-370, 2002
- [5] 森本, 縄手, 渡辺, 安部, 福間, 本多, "手ぶれ補正機能を有するペイントツール", FIT2003 K-55, pp.543-545, 2003
- [6] 森本, 縄手, 渡辺, 安部, 福間, 本多, "運動障害を持つ人のための手ぶれ補正機能つきペイントツール", 信学技報, HIP2003-136, pp59-64, 2004