

# ペイントツールにおける最適手ぶれ補正の自動設定 Automatic Setting of Hand Trembling Compensation Optimization in Painting Tool

森本 大資†  
Daisuke Morimoto

縄手 雅彦†  
Masahiko Nawate

## 1. まえがき

パソコンは障害者にとっても、就労、コミュニケーションなどの手段として、必要不可欠のものとなってきている。しかし、上肢に障害を持つ人にとってマウスを自由自在に操ることは難しく、手ぶれなどが障害によって発生してしまう。

作業療法との関連を見ると、脳性麻痺の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、そのとき、握力の不足や上肢の不随意運動や可動範囲の制限により生じる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、ドロー系ツ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[1][2]などが行われてきた。

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[3]はあるものの、継続的なぶれをともなう動きについてのマウス軌跡の補正の研究は筆者らが知る限り行われていない。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][5]。ソフトウェア的な処理を取り入れることにより、経済的かつハードウェアに依存しないで様々な障害の度合いに対応できるツールの開発を目指してきた。

これまでの研究で、健常者のデータを基に、障害者の手ぶれのデータを健常者の平均的なデータになるような移動平均を取る個数を提示し、提示値の妥当性について調査を行った。提示した補正值はすべての被験者について、自動設定された補正值で補正を行う方が補正を行わないときよりも使いやすいという結果が得られたが、限界値の決定については被験者の主観的な要素が大きな影響を与えていたことがわかった[5]。

今回は限界値とともに被験者の選択した最適値も調査を行い、自動設定値をより最適値に近づけるために自動設定の閾値の見直しを行い、自動設定された補正值の妥当性の検討を行う。

## 2. 手ぶれ補正值の自動設定法

### 2.1. 基準値の設定の見直し

自動設定方法は大小2つの円のガイドの間に円の描画を行い、そのときマウス座標と円の中心との間の距離 $r$ の変化をぶれとして見ていく。(図1)。以前の設定[5]では5Hzより大きな周波数の手ぶれとして判別することとした。つまり、図2に示すように隣接するぶれの極値 $r_{\max}-r_{\min}$ 間の時間 $\Delta t_{pp}$ が100ms以上だと任意のマウスの移動と判別し手ぶれの数には入れなかった。

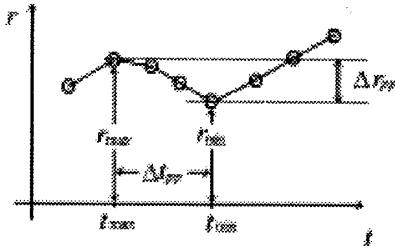


図2. 円の中心からの距離 $r$ の時間変位

しかし、障害者に実験を行ってもらった結果、健常者の平均の描画速度が274.9 pixel/sだったのに対し、障害者の描画速度は79 pixel/sから251 pixel/sと幅広く、全体的に健常者よりも遅い描画速度となった。そしてぶれの周波数成分は想定していた5Hz以上に大きなスペクトル強度を示さなかった。そのため、実際に必要な補正值よりも小さな値の補正值が自動設定されている可能性があり、任意のマウスの移動と手ぶれの判別の閾値の見直しが必要であった。

閾値の再設定の方法としては、 $\Delta t_{pp}$ を増大させてていき、手ぶれと認識するぶれを増やし、新しい閾値で自動設定された補正值が限界値をない $\Delta t_{pp}$ の値の調査を行った。その結果、 $\Delta t_{pp}$ は3Hzに相当する167msの時に、自動設定された補正值がすべての被験者の限界値を越えなかつたため、この $\Delta t_{pp}$ の値を新たな閾値として再設定した。

### 2.2. 手ぶれ補正值の自動設定手法

開発したツールではマウスイベント発生時のマウス座標と描画開始からの時間をms単位で収集を行っている。しかし、リアルタイム処理を行っていないWindows環境に置いてはサンプリング周期は一定ではなく、ツールをインストールした環境や使用した入力デバイスにより、数msから数十ms単位で変わることが確認されている。そこでツールを使用する環境上で使用者のマウス軌跡に対して補正值を増やしながら補正を行い、補正後のマウス軌跡が健常者の平均的な描画軌跡の状態になった時の補正值の値に5を足したものを作成した。ここで、5を足すのは健常者でもあっても手ぶれがあるため、その手ぶれを除去するためである。

## 3. 実験方法

### 3.1. 自動設定値の調査

見直された自動設定で妥当な値が設定されているかを調査するために、脳性麻痺の障害を持つ10歳から27歳の被験者7名に補正值の自動設定を行ってもらい、その後、自動設定値から補正值を増加させていく、一番描きやすい補正值(最適値)と限界値の調査を行った。

†島根大学 総合理工学部

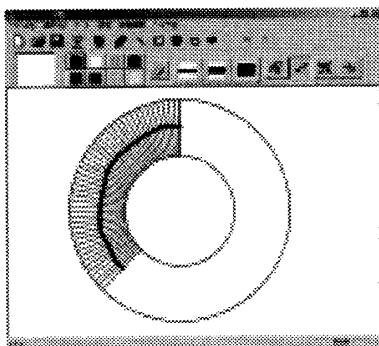


図2. 等速描画用のガイドを用いた自動設定の様子

### 3.2. 描画速度と最適値の関係性

自動設定の基準値の基となるデータは健常者の平均描画速度 274.9 pixel/s であった。しかし、障害者の以前の実験での描画速度は 79 から 251 pixel/s と幅広い範囲にわたっていた。描画速度によって最適値の変化が大きい場合、自動設定された補正値の妥当性が損なわれる可能性がある。そこで、描画速度に応じて自動設定の基準値の変更の必要性があるのかを検証するために描画速度と最適値の依存性の調査を行った。

実験方法としては、描画速度をなるべく一定とするため、一定速度で移動するガイドを表示(図2)してガイドと同じ速さで描画を行い、補正値を増やしていく最適値および限界値の調査を行った。ガイドの移動速度は 50 から 300 pixel/s の間を 50 pixel/s 単位で調査を行った。20 代の健常者 6 名に実験を行ってもらった。

## 4. 実験結果

### 4.1. 自動設定値の調査

自動設定値、最適値、限界値のそれぞれの値は表 1 に示す。被験者については、被験者 5 以外は手ぶれ、上肢の可動範囲の制限等ではなく、健常者と同等の操作が可能であった。被験者 5 については、実験中、不随意運動による突発的な大きなぶれが観測された。

表 1. 補正値の調査結果

被験者	1	2	3	4	5	6	7
自動設定値	5	5	5	5	10	5	5
最適値	10	5	5	5	25	30	10
限界値	10	10	10	10	25	30	10

自動設定値が、最適値、限界値とともに超えることがなく、7人中3人の被験者において最適値と自動設定値が一致した。また、最適値に0(補正無し)がないことからすべての被験者について手ぶれの補正効果があることがわかる。

自動設定値については限界値を超えることがなかったため、使えない補正値が設定されることではなく、7人中3人については自動設定された値が最適値と一致した。被験者 6 については、手ぶれ、上肢の可動範囲の制限は観測できず、描画された軌跡は健常者と変わらないものだったが、被験者の主觀により最適値が増加した例と考えられる。

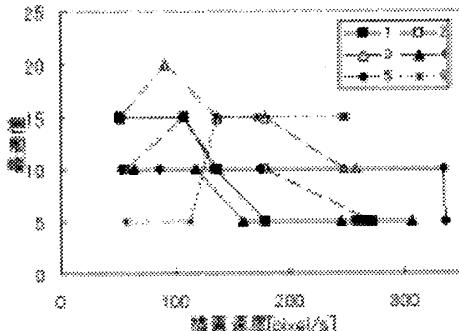


図3. 最適値の描画速度依存性

### 4.2. 描画速度と最適値の関連性

描画速度と最適値の関係について図 2 に示す。被験者 6 を除いて、全体的に速度が遅くなるほど、最適補正値が増加する傾向が見られた。

2,3,6 の被験者で 50 pixel/s 付近の補正値が下がっているが、速度が遅い状況では補正値間での効果のちがいの判別するのが難しくなるため、被験者の主観的な影響が大きな要素となった結果だと考えられる。

今後、描画速度と最適値の関連性を自動設定に組み込むことにより、様々な描画速度においても適切な補正値の設定が行えて、自動設定の更なる改善が見込まれる。

## 5. まとめ

閾値の見直しを行った自動設定による結果は、被験者 7 人中 3 人に対して最適値を自動設定することができた。

描画速度の要素を自動設定に取り入れることにより精度の高い自動設定の実現が可能だと考えられる。

## 謝辞

実験に協力をしていただいた東部島根心身障害医療福祉センターの皆様に深く感謝いたします。この研究は一部、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] T. Igarashi, S. Matsuoka, S. Kawachiya, and H. Tanaka, "Interactive Beautification: A Technique for Rapid Geometric Design", Proc. UIST, pp.105-114, 1997
- [2] B. Yu, "Recognition of Freehand Sketches Using Mean Shift", Proc. IUI'03, pp.204-210, 2003
- [3] 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
- [4] M. Nawate, D. Morimoto, S. Fukuma and S. Honda, "A Painting Tool with Blurring Compensation for People Having Involuntary Hand Motion", Proc. ITC-CSCL2004, pp.7D1L-2-1-7D1L-2-4, 2004
- [5] D. Morimoto, M. Nawate, "FFT Analysis on Mouse Dragging Trajectory of People with Upper Limb Disability", Proc. CME2005 (to be published)