

緊張性アテトーゼ型脳性麻痺を対象とした描画支援システムの開発

Development of Drawing Assist System for Tenseness Athetoid Cerebral Palsy

○中尾智幸 (岐阜大) 青山寛明 (岐阜大) 矢野賢一 (三重大)
宮川成門 (岐阜県生活技術研究所) 堀畑聡 (日本大)

Tomoyuki NAKAO, Gifu University
Hiroaki AOYAMA, Gifu University
Ken'ichi YANO, Mie University
Naruto MIYAGAWA, Research Institute for Human Life Technology
Satoshi HORIHATA, Nihon University

Key Words: Human-machine interface, Cerebral palsy, Involuntary motion, Pointing device, Drawing assistance, Moving average method, Blurring compensation

1. 緒言

身体障がいを持つ方の中には、自己表現の手段として様々な創作活動を行っている方が多い。創作活動の一つに絵画があり、身体障がいを持つ方は残存機能を活かして絵を描いている。彼らが創作活動を満足に行えるかどうかは障がいの程度に依存しており、不随意運動を伴い自分の意志通りに身体を動かせない場合には、細かく正確な動作が困難となり、絵を描きたくても描くことができない。

入力デバイスからポインタ描画までの処理に関して、不随意運動の影響を除去するシステムに関する研究がある。IBM社は、1次のローパスフィルタのカットオフ周波数をダイヤルを回すことで調整するという簡素な仕組みを用いて Assistive Mouse Adapter を開発した [1]。また森本らは、不随意運動による影響をリアルタイムに減衰させるペイントツールを開発した [2]。手振れの減衰手法には、移動平均法による平滑化だけでなく、大きな振れへの対策手法として切り替え補正手法と強制補正手法を提案している。しかしながら、従来手法ではマウスを机上で滑らせることやクリックができる程度の軽度な麻痺患者には有効であるが、非周期的な強い不随意運動を持つ患者の場合は、入力デバイスの平面保持の困難さ、振えの非周期性、強弱の不規則さにより効果を期待できない。

そこで本研究では、緊張性アテトーゼ型脳性麻痺患者を対象とし、リアルタイムに不随意運動の状態に適した補正を実現する可変型フィルタリング技術を開発し、非周期的な強い不随意運動を有しても絵の描画を可能とする描画支援システムを開発することを目的とする。

2. 実験環境

対象者のための入力デバイスには、平面保持が必要なマウスやペンタブレットは適さず、三次元的に動作可能かつ三次元座標を計測可能なデバイスが必要となる。本研究では、入力デバイスとして小型ハプティックインターフェースである PHANToM Omni (SensAble社製) を用いた。実験環境を Fig.1 に示す。ここで、使用者に対して左右方向を x 軸、前後方向を y 軸、上下方向を z 軸として設定した。

3. 不随意運動解析

不随意運動による影響を減衰させる可変フィルタ設計のための予備実験として、被験者による入力デバイスの操作実験を行った。具体的には、被験者にディスプレイ上で

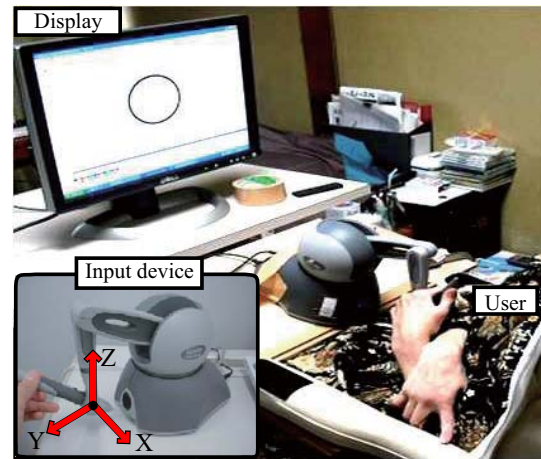


Fig. 1 Experimental environment

0.08[m](280ピクセル)の円の内側にポインタをできるだけ保持してもらう実験を行った。

被験者の操作動作には、恒常的な弱い不随意運動と、突発的な強い不随意運動が混在している。スペクトル解析では、強さの異なる不随意動作と随意動作が胴帯域に存在することが明らかとなり、それらの区別を周波数解析で行うことは困難であることがわかった。そのため速度変化に着目し、指標として各軸の合成速度(以下、速度成分)を用いた解析を行った。速度成分の算出式を式(1)に示す。

$$v_{3d} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (1)$$

ここで、 v_x, v_y, v_z はそれぞれの軸方向の速度である。各サンプリング間における速度成分と空間移動量の相関図を Fig.2 に示す。図中 (a) は弱い不随意運動のデータであり、図中 (b) は強い不随意運動のデータである。これらの相関図から、移動量と速度成分には線形の関係にあり、移動量が大きいほど速度成分が高くなるのがわかる。これらのことから、不随意運動の強弱を区別する指標として速度成分を使用できることと、速度成分と移動量との関係性を明らかにすることができた。

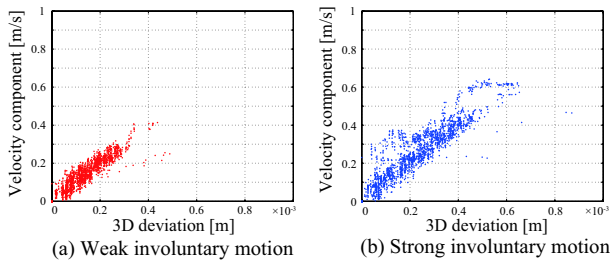


Fig. 2 Correlation chart between deviation and velocity

4. 可変型フィルタの設計

解析結果から、速度成分の変化に応じて移動平均法の減衰量を変化させるフィルタを設計した。速度成分による減衰量の重み係数 w_i は式 (2) に示されるように設計した。 w_i により、速度成分が小さいときは通常の減衰量で、速度成分が大きいときは減衰量を大きくすることが可能である。現在の補正点座標 G_i は、式 (3) に示されるように移動平均を応用し、1 サンプル前の補正点座標 G_{preb} と過去一定区間の計測値との変化量に重み付けをすることで算出される。ここで、移動平均時間 N は 2[s]、重みの最大係数 $\alpha = 1$ 、次数 $n = 3$ と設定した。サンプリング数 S は 7500 である。 $w_i = 0.5$ とするカットオフ速度 T は弱い不随意運動の速度成分の最大値である 0.3[m/s] に設定した。

$$w_i = \frac{\alpha T^n}{T^n + v_{3di}^n} \quad (2)$$

$$G_i = \frac{1}{NS} \sum_{k=i-N}^i [G_{preb} + w_k(P_k - G_{preb})] \quad (3)$$

次に xy 座標平面における原信号を Fig.3(a) に、移動平均及び速度成分による重み付けした軌道を Fig.3(b) に示す。移動平均を用いた軌道は不随意運動による影響を減衰していることが確認できるが、原点周辺において反発するような軌道を描いており、強い不随意動作の影響を減衰しきれていないことがわかる。これに比べ同じ領域において可変型フィルタを用いた軌道は大きく変化しなかったことがわかる。この領域以外は同様な軌道を描いている。この結果から、設計した可変型フィルタは突発的な強い不随意運動に適応して減衰量を増加させることを実現した。

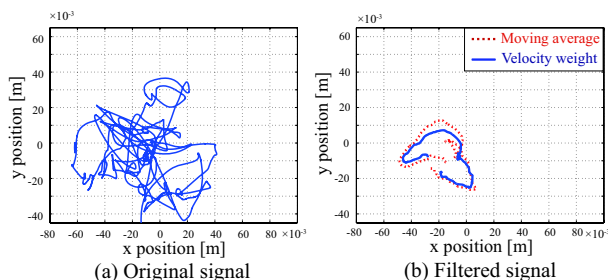


Fig. 3 Comparison of correction effect using method of moving average with weight coefficient

5. 描画支援実験

本システムを用いて実際に被験者に絵を描いてもらった。作品はスタンピングという絵画技法により描く花の絵である。スタンピングとはスポンジや布の塊など様々なものでキャンバスを叩くように色付けする技法である。ペイント

ソフトは、水彩画のタッチで描画が可能であるフリーソフトウェア「落とし水」を利用した。可変型フィルタを用いず描画した作品を Fig.4 に、可変型フィルタを用いて描画した作品を Fig.5 に示す。

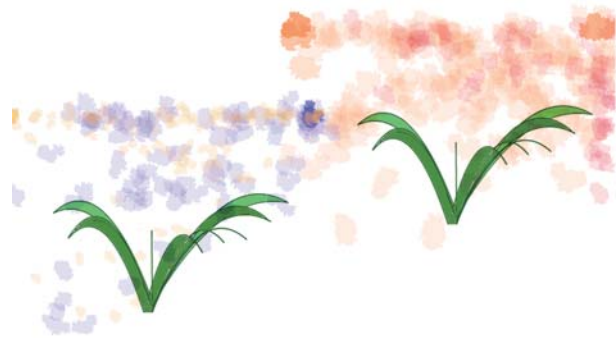


Fig. 4 「Flower」 drawn by subject on original signal



Fig. 5 「Flower」 drawn by subject on filtering

可変型フィルタを用いない場合では描画位置がキャンバス全体に離散しているが、可変型フィルタを用いた場合では描画位置が自然な領域に安定し、意図する位置近傍への操作が可能になったことがわかる。結果として、簡単な色つけではあるが、本システムにより利用者自身の感覚にもとづき、描画することが可能となった。

6. 結言

本研究では、緊張性アテトーゼ型脳性麻痺の方を対象とし、速度成分による可変型フィルタを用いて不随意運動の影響を減衰させる描画支援システムを開発した。開発した可変型フィルタは、動作方向と移動距離が不規則かつ方向転換が頻繁に発生する不随意動作の影響を良好に減衰した。結果として、緊張性アテトーゼ型脳性麻痺を持つ患者による描画支援実験の結果、本システムの有効性を確認した。

参考文献

- [1] J. L. Levine, M. A. Schappert, "A mouse adapter for people with hand tremor," IBM SYSTEMS JOURNAL, 2005
- [2] 森本大資, "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," 電子情報通信学会 信学技報, HIP2003-136(2004-03), pp59-64, 2004