

力覚装置を用いたイラスト描画練習支援システムの開発

鈴木 浩平¹ 竹島 由里子¹ 加納 徹¹

東京工科大学

1. はじめに

近年、スマートフォンや携帯型ゲーム機を用いて電子機器上に絵を描いたり、タブレット端末を利用して文字を学習するなど、デジタル技術を利用したさまざまな学習支援システムの開発が行われている [1]。中には、力覚装置を用いた動作誘導による文字の練習システム [2] も提案されており、高い練習効果が確認されているが、これを絵の練習支援に応用したシステムは未だ開発されていない。そこで、我々は先行研究として力覚装置を用いた描画支援システムのプロトタイプを提案した [3]。本プロトタイプは、描画の際に絵の線上に沿って誘導する力と、線からはみ出した際に線上に戻す力を力覚装置により実現することで、描画の練習支援を行うというものである。しかし、誘導と制御は円、楕円、円弧に対してのみ適用可能であったため、描画支援が可能な対象が限られてしまう問題があった。

そこで本研究では、ベジェ曲線に沿った誘導と制御を実装することで、任意のイラストやキャラクタに対応可能な、描画練習支援システムを提案する。多くの画像描画ソフトウェアにおいて、線分はベジェ曲線で表現されることから、任意の線分は容易にベジェ曲線に変換可能であることから、本システムは汎用的の高いものになることが期待される。システムの有効性は、ユーザテストにより検証する。

2. 提案手法

2.1 力覚装置

本研究では、描画支援の際に Geomagic 社の Geomagic Touch (図 1) [4] を使用する。これはペン型の力覚デバイスで、スタイラスの部分三軸方向へ移動可能となっており、三次元的な反力を提示することができる。その他の主な仕様を表 1 に示す。

表 1 Geomagic Touch の主な仕様

作業空間	160 W × 120 H × 70 D mm
位置分解能	450 dpi
最大提示力	3.3 N

*Development of drawing practice system for illustration using haptic device

¹ Tokyo University of Technology

図 1 Geomagic Touch

2.2 動作誘導

提案手法では、力覚装置を用いた動作誘導を行う。まず、手本として使用するイラストやキャラクタ画像を入力する。次に、入力した画像データを構成する線分をベクトル化 (ベジェ曲線化) し、動作誘導の設定を行う。動作誘導は、ベクトルに沿ったスタイラスの誘導と制御により実現する。

描画方向に沿ってスタイラスを移動させる「誘導」では、進行方向に向かう力をスタイラスに与える。実際には、手本のベジェ曲線上の微小区間に注目し、ある点から隣り合う点にスタイラスが動くように、以下の力を与える。

$$\mathbf{F} = \frac{\alpha}{\sqrt{dx^2 + dy^2}} \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 α はスタイラスに与える力の大きさを表す係数、 dx, dy はそれぞれ、ベジェ曲線上の微小区間における x 方向の変化量、 y 方向の変化量を表す。距離で除しているのは、算出する力の絶対値を一定にするためである。式 (1) の力をスタイラスに与えることにより、描画方向に沿ってスタイラスが移動する力を連続的に感じることができる。

正しい描画位置にスタイラスに戻す力を与える「制御」では、スタイラスが描画する線から大きく離れないように、以下の力を与える。

$$\mathbf{F} = \beta \begin{pmatrix} q_x - p_x \\ q_y - p_y \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 β は制御の強さを表す係数、 p はスタイラスの座標、 q はスタイラスからの距離が最短になる描画線上の点の座標を表す。式 (2) は、描画線からスタイラスが離れるほど、スタイラスを正しい描画位置に引き戻す力が強くなることを示している。

上記の誘導と制御の式より算出した力を合成し、力覚装置に与えることで、イラスト描画の練習支援が可能となる。

3. 実験

3.1 実験方法

手本画像に対して、「誘導・制御あり」と「誘導・制御なし」の描画練習をする実験を行う。ユーザテストの手順は以下の通りである。

- (1) 1分間の自由操作
- (2) イラスト描画
- (3) 最大5分の描画練習
- (4) イラスト描画

まず、力覚装置に慣れてもらうため、1分間の自由操作を行う。そして、描画練習の前後で手本画像のイラストを描画してもらい、練習の効果を評価する。練習中は、手本画像を描画領域の背景に薄く表示し、評価用のイラストを描く際は、手本画像を描画領域の外部に表示するものとする。

3.2 評価方法

評価は、描画結果が手本画像とどれだけ類似しているかを数値化することで行う。絶対的な座標値の評価ではなく、イラスト構成要素のバランスを評価するため、描画結果を拡大・縮小、平行移動、回転させ、手本画像と最もマッチングするように変換する。マッチングは、描画した線分上の各点から、手本画像の線分上の最も近い点までの距離を算出し、その平均距離を最小化することで行う。このとき算出された、描画結果と手本画像との平均距離を、評価の指標とする。

3.3 実験結果

手本画像として解像度 1000 × 1000 の金魚のイラストを用意し、6人に対してユーザテストを実施した。3人が「誘導・制御あり」の練習を、他の3人が「誘導・制御なし」の練習を行い、それぞれが練習の前後に描いたイラストに対して、手本画像からの距離を計測した。また、練習前と練習後の手本からの距離の比率を、上達率として算出した。実験結果を表2に示す。

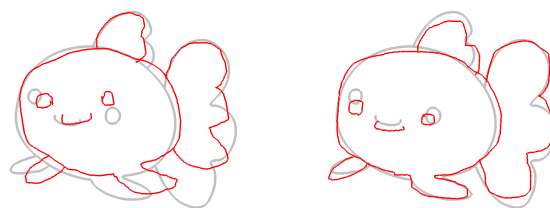
表2 各練習方法での実験結果

練習方法	被験者	手本画像との距離 [pixel]		上達率
		練習前	練習後	
誘導・制御あり	A	23.05	18.29	1.260
	B	22.87	18.27	1.252
	C	24.30	22.84	1.064
誘導・制御なし	D	22.16	19.56	1.132
	E	19.88	17.60	1.130
	F	21.47	20.72	1.034

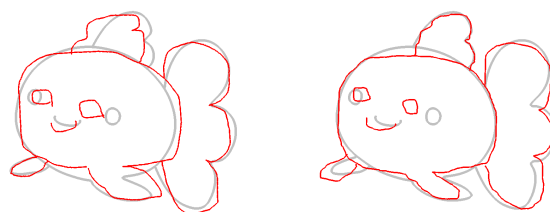
結果を見ると、すべての被験者が練習前よりも手本に近いイラストを描けていることが確認できる。「誘導・制御

なし」の練習でも効果があったのは、練習の過程で力覚装置の操作に慣れたためであると考えられる。また、個人差はあるものの、「誘導・制御あり」の練習のほうが、高い上達率を示す被験者の数が僅かに多いことがわかった。

それぞれの練習方法で、上達率が最も高かった被験者 A と被験者 D の結果を、図2と図3に示す。いずれも練習によって、ほぼすべての構成要素がバランスよく描けるよう上達していることが確認できるが、被験者 D では目の位置など、一部手本画像を再現できていない箇所が残っている。



(a) 練習前 (b) 練習後
図2 被験者 A の結果 (誘導・制御ありの練習)



(a) 練習前 (b) 練習後
図3 被験者 D の結果 (誘導・制御なしの練習)

4. まとめ

さまざまなイラストに対応可能な描画練習支援システムを提案し、ユーザテストを実施した。実験の結果から、「誘導・制御あり」で描画練習を行うことで、イラスト描画技術が向上する可能性が示唆された。しかし、「誘導・制御なし」でも描画技術は向上する傾向にあり、「誘導・制御」を用いることによる明確な有意性の確認には至らなかった。今後は被験者の数を増やし、本提案手法の有効性を検証していくことを予定している。

参考文献

- [1] Yong Jae Lee, C. Lawrence Zitnick and Michael F. Cohen: Shadowdraw: Real-time user guidance for freehand drawing, ACM Transactions on Graphics (2011)
- [2] 村瀬悠佑, 村上和, 触覚誘導デバイスを用いた文字練習システムの提案, 映像メディア学会技術報告 (2014)
- [3] 青山麗実, 竹島由里子, 加納徹: 力覚装置を用いた描画スキル向上システムの開発, 芸術科学フォーラム (2016)
- [4] Geomagic Touch, 入手先 (<http://www.geomagic.com/ja/products-landing-pages/haptic>)