

力覚装置を用いて書道の運筆を支援する 書道訓練システムの開発と評価

程 子軒[†] 加納 徹[†] 赤倉 貴子[†]

[†] 東京理科大学工学部情報工学科

1. はじめに

書道文化に関する基礎調査報告書[1]によると、書道文化は喪失の危機に瀕している。書道技術の継承手段としては、力覚装置を用いた動作誘導による文字練習システムが提案されている[2]。しかし、このシステムは、筆の高さについて未検討であるなど、改善の余地が残されている。

本稿では、力覚装置を用いて、筆の高さを含めた運筆の支援が可能な書道訓練システムを開発し、その有効性を定性的な観点と定量的な観点から検証する。

2. 書道訓練システム

本システムは、実際と同様な書字を提示し、熟練者が操作したログ(正解データ)をもとに、運筆の制御を行う。図1に、システムのユーザインタフェースを示す。



図1. システムのユーザインタフェース

2.1 運筆制御

本システムでは、動作を制御することによって練習効果の向上を図る。動作制御の力を感じやすくするため、平面方向と高さ方向を分割した制御を行う。平面方向の制御の力 F_p と高さ方向の制御の力 F_h は、現在の位置 $p = (p_x, p_y, p_z)^T$ と現在の位置から一番近い正解データ $q = (q_x, q_y, q_z)^T$ を利用し、(1)式から算出する。ただし、 k_p, k_h は定数である。

$$F_p = k_p \begin{pmatrix} q_x - p_x \\ 0 \\ q_z - p_z \end{pmatrix}, F_h = k_h \begin{pmatrix} 0 \\ q_y - p_y \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

2.2 その他の機能

運筆制御の機能の他に、以下の機能を実装した。

- 1画前/最初の状態に戻る
- 正解データの線画の表示/書字の重量
- 任意の画数からの運筆支援
- 制御の力の方向の可視化

3. 評価実験

システムにおける制御の有効性を測るために、被験者を、システムの制御を利用する群(制御あり群)と利用しない群(制御なし群)に分けた。さらに、システムを利用することによる上達への影響を考慮し、システムを利用せずに実際の毛筆と半紙を用いる群(システムなし群)を設けた。このとき、システムを利用する群は被験者単独で、システムなし群は指導者の下で訓練を行う。被験者は、半紙、システムで書かれた課題書字を事前調査として提出した後、10分間課題書字を訓練する。訓練後、事前調査と同様に事後調査を行う。本実験では、課題書字を「永」の楷書書字とした。

4. 結果・考察

実際の字について、熟練者3名が定性的な評価したところ、いずれの群も上達していた。次に、システムを利用した群の操作ログと正解データを定量的に比較するため、Dynamic Time Warping (DTW) を用いた。実際の評価には、事前調査 D_{pre} と事後調査 D_{post} から算出した上達度 $U_D = 1 - D_{post}/D_{pre}$ を利用する。表1に、各群の各方向の上達度を示す。

表1. システムにおける各群の上達度の平均(標準偏差)

	平面方向	高さ方向
制御あり群	0.344 (0.178)	0.264 (0.273)
制御なし群	0.413 (0.136)	0.037 (0.332)

この結果から、いずれの群も上達していることがいえ、制御の力を利用することで、高さ方向の動作が有意に正解データに近づくことが示唆された ($p < .05$)。

5. まとめと今後の課題

本研究では、力覚装置を用いた書道訓練システムを開発した。本システムを利用することで、書道の運筆動作が上達することが示された。さらに、運筆動作の制御によって、熟練者の動作に近づくことが示唆された。

今後は、より正確な技術継承のため、回転方向の動作制御についても検討を行っていく。

参考文献

- [1] 日本書道ユネスコ登録推進協議会, “書道文化に関する基礎調査報告書,” 2019.
- [2] 村瀬, 村上, “触覚誘導デバイスを用いた文字練習システムの提案,” 映像情報メディア学会技術報告, vol.38, no.23, pp.53–56, 2014.