

## 運筆リズムにより短時間での上達を支援するペン習字アプリ

浦 正広<sup>†</sup> 遠藤 守<sup>‡</sup> 山田 雅之<sup>‡</sup> 宮崎 慎也<sup>‡</sup> 安田 孝美<sup>††</sup>

† 中京大学人工知能高等研究所 ‡ 中京大学工学部 〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

†† 名古屋大学大学院情報科学研究科 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: † ‡ {ura, endo, myamada, miyazaki}@om.sist.chukyo-u.ac.jp, †† yasuda@is.nagoya-u.ac.jp

あらまし ICT の普及に伴い人々が文字を書く機会が減少しており、自身の手書き文字に自信を持たない人が増加している。一方で、ICT の普及を牽引するスマートフォンは、タッチディスプレイを出力インタフェースとしており、文字の練習の場として機能すると考えられる。また、スポーツなどの身体動作では、その上達においてリズムへの意識が重要であるとされるが、書字も身体動作であるといえる。そこで本研究では、運筆リズムを可視化することで、短時間での上達を支援するスマートフォン向けのペン習字アプリを提案する。入出力環境などのスマートフォンの性質を考慮した手本データ提示手法を提案し、被験者実験によりその有効性を確認する。

キーワード 運筆リズム、ペン習字、スマートフォン、アプリ

## A Penmanship Application for Supporting Progress in a Short Time based on Stroke Rhythm

Masahiro URA<sup>†</sup> Mamoru ENDO<sup>‡</sup> Masashi YAMADA<sup>‡</sup>  
Shinya MIYAZAKI<sup>‡</sup> and Takami YASUDA<sup>††</sup>† Institute for Advanced Studies in Artificial Intelligence, ‡ School of Engineering,  
Chukyo University 101 Tokodachi, Kaizu, Toyota, 470-0393 Japan

†† Graduate School of Information Science, Nagoya University Furo, Chikusa, Nagoya, 464-8601 Japan

E-mail: † ‡ {ura, endo, myamada, miyazaki}@om.sist.chukyo-u.ac.jp, †† yasuda@is.nagoya-u.ac.jp

**Abstract** As the opportunities for people to handwrite have been decreasing along with the popularization of Information and Communications Technology (ICT), people who are not good at handwriting have been increasing. Meanwhile, since the interface of smartphones is a touch display, it may be applicable to practice of handwriting. Moreover, in the field of bodily motion such as sports, there are reports that people can make faster progress in it by becoming conscious of a rhythm; besides handwriting is also bodily motion. In this study, we propose a smartphone application for supporting progress of handwriting in a short time by visualizing stroke rhythm.

**Keyword** Stroke Rhythm, Penmanship, Smartphone, Application

## 1. はじめに

Information and Communications Technology (ICT) の普及に伴い様々な情報がデジタル化され、人々が文字を書く機会は減少している[1]。自身の手書き文字に対して自信を持たない層の割合が8割を超えるという調査もあるが[2]、この機会の減少がその要因の1つであるといえよう。一方で、公的な書類や冠婚葬祭などで文字を書く必要に迫られることも多く、同調査にも過半数の人が文字の上達を望んでいるというデータがあり、また、ビジネスの場において手書きが見直されてきているという調査もある[3]。これらより、ICT全盛の現代においても、手書き文字の上達には一定の需要があることが分かる。

文字の上達のためには、個々の字の問題点に基づいて個別に指導を受けられる、習字教室に通うのが最適であると考えられるが、それにはまとまった時間が必要となる。同様に、通信教育でも個別の指導が受けられ、教室とは異なり自分のペースで練習できるが、添削に時間がかかるために間が空いてしまう。また、書籍などにより独習する方法もあるが、これは文字が上達しているかの客観的な評価が得られない。これらの問題に対して、後述するように、ICTにより文字の独習を支援する手法がいくつか提案されている。これらの多くは、入力された文字を評価するアルゴリズムを搭載することにより、独習において採点などのフィードバックが得られるものとなっている。

一方で、普及が急速に進み、人々とICTとの接点となっているスマートフォンは、インタフェースとしてタッチディスプレイを採用している。媒体が紙とディスプレイという違いはあるものの、記録媒体に直接触れることで入力するという共通性もあり、スマートフォンは字の練習の場になると考えられる。実際に、習字を題材としたアプリも数多く提供されているが、これらの多くは、文字の形状に着目し、利用者が手本と同様の形状の文字を書くための練習が行えるものとなっている。しかしながら、スマートフォンは解像度が紙に比べて低く、また、静電容量式のタッチディスプレイは入力検知に一定の面積が必要となるため、繊細な入力が難しく、意図した字を書くことが難しい。そのため、既存アプリは簡易的な練習にとどまり、高い練習効果が期待できない状況となっている。

ところで、スポーツなどの身体動作の習得や上達においては、反復や継続が重要な要素であるが、その際にリズムを意識することが上達を早めるという研究結果がある[4]。文字を書くことも身体動作であるといえることから、筆記具の運びである運筆のリズムを練習に取り入れることで、文字の上達にもその効果が期待できると考えられる。

そこで本研究では、運筆リズムを可視化した手本データを提示することにより、リズムを意識した練習を可能とする、スマートフォン向けの習字支援アプリを提案する。普及が急速に進むスマートフォンをプラットフォームとすることで、多くの人々への提供が可能となる。一方で、スマートフォンの多くは筆圧が取得できないことから、習字のなかでも、線の強弱がないボールペン字を対象とする。また、静電容量式のタッチディスプレイというインタフェースにより、先述の制約が発生することから、それを考慮した手本データの提示、および、練習手法を提案する。被験者実験により、提案手法の実施／未実施時の文字を比較することで、その有効性を確認する。

## 2. ICT による習字支援の現状

書字の際の姿勢や筆記具の持ち方から、筆圧のような動作に関するもの、また、○や△などの形を意識したり右上がりにするといったバランスなど、きれいな字を書くための要素は様々挙げられている[5]。このなかで、一般的ではないものの、運筆のリズムについてもその要素とされている。字の上達のためには、習字教室や通信教育などが一般的に活用されているが、これらは他者により文字を評価してもらうことから、時間的な制約が発生する。これに対して、ICTの活用により対話的に採点を行うなど、上記の要素の独習を支援するような手法が提案されている。

それらのなかで運筆リズムを考慮しているものをみると、まず、上述の様々な要素を支援する、力覚デバイスを用いた習字支援システムが挙げられる[6]。これは、達筆な者が力覚デバイスを用いて書字を行い、遠隔通信によってその教師データを練習している者の力覚デバイスに伝送するものである。これにより、達筆な者の筆記具の持ち方や筆圧、運筆のリズムなど、書字そのものが追体験できる。このため、多くの要素を学習でき、高い上達の効果が期待できる。しかしながら、練習のために一般には普及していない専用のデバイスが必要となることから、多くの人々に提供する手段としては適さない。

運筆リズムを中心に据えているものとしては、動的なぞりという練習法を提案している事例がある[7]。この練習法は、手本となる文字形状そのものを表示するのではなく、いまの地点から手本がどのような方向と速さで書かれているかを示す指示棒を提示し、利用者がそれを参考に文字を書いていくものである。この事例では、PCを練習環境として用い、入力はペンタブレット、出力はディスプレイという異なるインタフェースにより行っている。しかしながら、スマートフォンのような入力と出力を同一デバイスで行うタッチディスプレイでは、表示面に直接触れることになる。このため、文字の推進方向の先にスタイラスペンや手が配置されることもあり、手がガイドとなる指示棒を隠してしまうことが考えられる。

また、運筆音のみを用いた練習方法も提案されている[8]。これは、手本データの1画ごとの線の長さに応じて仮想的な運筆音を生成・再生し、それに合わせて字を書くことで、上達を支援するというシステムである。リズムの習得において視覚情報よりも聴覚情報を用いることが有効であるという研究結果もあることから、これは運筆リズムの習得に有効な方法であるといえ、実際に練習の効果も実証されている。しかしながら、音が再生できない環境では練習が行えず、リズムが習得できないといった問題もある。

その他、本研究と同様に携帯端末をプラットフォームとして用いたものには、携帯ゲーム機向けのソフトやスマートフォン向けアプリなど様々あり、これらは携帯して手軽に練習できるという利点がある。そのなかで運筆リズムを取り入れているものに、PDA端末を用いた事例がある[9]。しかしながら、この事例においては、運筆リズムの利用が、字の形状に重ねて再生して視覚的に確認できるようにする用途にとどまっており、直接的な練習には取り入れていない。また、採点の対象も文字の形状やバランスであり、運筆リズムはその対象となっていない。

### 3. 運筆リズムの可視化によるペン習字アプリ

書字における筆記具の運びである運筆リズムを可視化することで、リズムを意識した練習が行え、短時間での字の上達を可能とする、スマートフォン向けのペン習字アプリを提案する。アプリには手本データの生成と提示、採点の各機能を実装し、手本データの提示においては、タッチディスプレイなどのスマートフォンの性質を考慮した提示手法を提案する。

#### 3.1. 手本データの生成

練習のためには、手本となる文字のデータが必要となる。提案手法では、運筆のリズムが必要となることから、スマートフォンのディスプレイ上で入力された文字を手本データとする。データは運筆リズムの情報を保持するため、入力された座標値と書字開始からの時間とを対で保有する構造とし、座標は10msのフレーム間隔でサンプリングする。この、2フレームの間の距離、つまり、座標値の差を運筆速度として扱う。このとき、センサの更新間隔の関係から、ペンが移動していても座標値に同一の値が格納される場合がある。このため、手本データは前後のフレームの値を用いて平滑化する。

#### 3.2. 運筆リズムに基づく手本データの提示

文字には、1画の中に記筆、送筆、収筆といった筆の運びという流れがあり、また、1画と1画の間など、全体でも流れがある。そこで、これらの流れを視覚的に把握可能な手本データの提示手法を提案する。

##### 3.2.1. 文字の提示

書字の全体の流れを把握するためには、文字をみただけで運筆リズムが把握できることが望ましい。図1 (a)は、入力された手本データとなる文字を単一の太さにより表示したものである。この提示方法では、手本とするべき綺麗な文字の形状は確認できるものの、その文字がどのような運筆により書かれたかが確認できない。一方で、図1 (b)は(a)のデータ採取時の運筆速度を反映させ、運筆速度に反比例するように、線を太くしたものである。書道は、文字の強弱が形状として表れていることから、運筆リズムにも通ずる「とめ・はね・はらい」などといった文字の特徴が把握しやすいとされる。線の太さと運筆速度には明確な相関はないが、一般的に細いところは速く、太いところは遅くなる傾向があり、図1 (b)は運筆リズムがわかりやすい提示であるといえる。しかしながら、この表示では線の中心が分かりづらいといった問題がある。

そこで、図1 (c)で示すように、(a)と(b)を合成したものを提示する手本データとする。実際のストロークは線を濃く、運筆速度を反映させた線を薄く描画することにより、線の中心と速度とが視覚的に把握できるようになる。

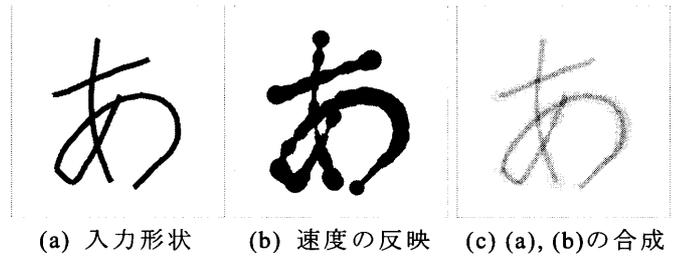


図1. 手本データの提示

##### 3.2.2. 運筆リズムの可視化

筆記具の持ち方により左右されるが、右利きの場合には筆記具と紙などの記録媒体の接点の右下は、手や筆記具により隠れる場合がある。とくに、本研究で対象とするスマートフォンのインターフェースである静電容量式のタッチディスプレイは、接地面に一定の面積を必要とするため、スタイラスペンの多くは先端が半球状になっている。このため、隠れる領域が大きくなり、先行事例のような運筆の進行方向のみのガイド表示では、適切なガイドが行えない可能性が生じる。

以上より、運筆リズムのガイドを図2で示すような円により表す。図2は(a)~(d)の順で「あ」の1画目を時間経過順にキャプチャしたものである。中心の濃い灰色の円はサイズを固定することで常にペン先を接地する位置がわかるようにする。また、周囲にある薄い灰色の円は図1 (b)と同様に、運筆速度に反比例するようにサイズを大きくすることで、速度を視覚的に把握できるようにする。これにより、書字における現在の地点を中心とした全方向に運筆リズムが示されることから、手や筆記具により隠れることのないガイドが実現可能となる。

##### 3.2.3. 起筆タイミングの提示

運筆を文字単位で見たときに、文字の形状には現れない1画からつぎの1画までの間がある。この間も終点からつぎの1画の始点へと筆記具の先端は移動しており、これは1つの文字を書くという一連の流れにおいて必要な要素である。一方で、提案手法では前節で示したように、スマートフォンを用いて手本データを入力することから、この間の筆跡は取得できない。

そこで、起筆のタイミングを明示することで、1画の終点からつぎの1画の始点までの間を視覚的に把握可能とする提示方法を提案する。図3 (a)のように、まず、つぎの記筆点にガイドを表示する。時間がたつにつれて、(b), (c)のように記筆のタイミングを表すガイドを表示し、これらが重なったタイミングで(d)のように実際の筆記が開始される。(b), (c)の移動速度は、(d)で起筆する際の運筆速度であるため、各画の起筆におけるリズムの把握が可能となる。

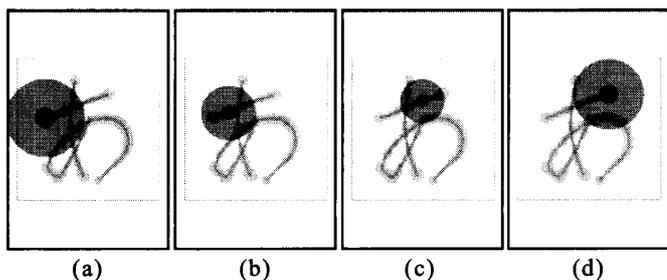


図2. 運筆リズムの可視化

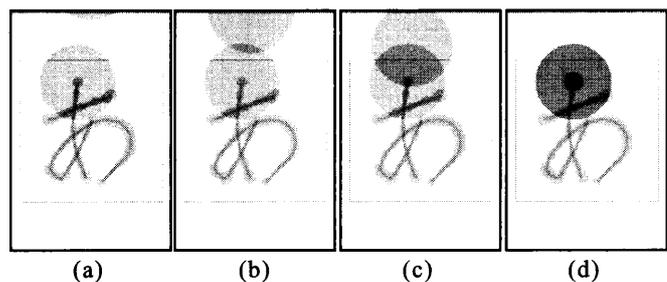


図3. 記筆タイミングの提示

### 3.3. 採点

上達のためには、自身の状況を把握することが重要である。そこで、運筆リズムに基づいて練習結果を採点する。図4 (a)は手本データと練習結果における運筆リズムの差異を、文字上に表わしたものである。手本の線をリズム通りになぞっていると仮定し、各時間における手本データと入力データの座標の距離を算出する。この距離を用いて、距離が近いと緑、少し離れていると黄、離れていると赤といったように、色により差を表すことで、手本の形状と自身の字の形状と運筆リズムの差を、視覚的に確認できる。また、色の和に基づいて点数も表示する。一方で、反応速度には個人差があり、ワンテンポ遅れて手本の運筆リズム通りに入力が行えているケースも想定される。そこで、図4 (b)で示すように、横軸が時間で縦軸が運筆速度のグラフを、手本と入力のものそれぞれ表示する。この形状を比較することにより、自身の練習データが、手本データとどの程度の違いがあるかを確認することが可能となる。

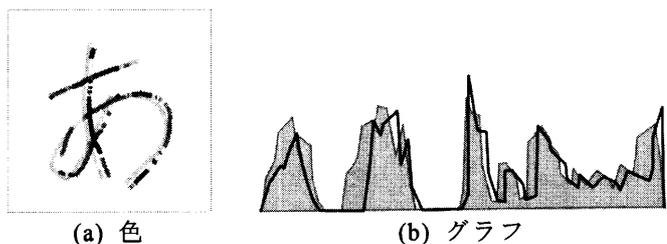


図4. 採点結果の表示

## 4. 評価と考察

提案手法、および、それに基づいて開発したアプリケーションの有効性を確認するために、被験者実験を実施する。

### 4.1. 評価実験

提案手法の有効性を確認するために、表1で示す環境で被験者実験を行う。実験では、スマートフォン上のみならず、紙上での字の変化を調査する。なお、アプリのインターフェースに慣れてもらうために、適当な線を数本配置してそれをなぞってもらい、リズムを可視化した文字の太さおよび円形のガイドと、実際のリズムとの関係性を事前に把握してもらう。

表1. 実験環境

スマートフォン	端末	SC-02B
	OS	Android 2.2
	スタイラスペン	Jot Pro
練習する字	リズムをなぞる字	な
	形のみをなぞる字	ほ

実験の手順を示す。まず、被験者に手本なしの白紙の画面上に対象となる文字を書いてもらう。つぎに、5回の練習を行ってもらい、その後、改めて白紙の画面上に字を書いてもらう。練習に用いる文字は、画数が4画で、送筆の際に輪になる曲りが1つ、終筆の際にはねが1つという、各画の構成要素に類似性を持つ「な」と「ほ」を用いる。「な」は文字の形状に加えて可視化された運筆リズムをなぞる、提案手法による練習に用い、「ほ」は文字の形状のみをなぞる、一般的な練習に用いる。これによる運筆リズムや文字形状の変化を記録し、双方の練習における結果を比較することにより、提案手法の有効性を確認する。

なお、手本データは、それぞれの文字を書道高段者にスマートフォン上で実際に書いてもらったものを用いる。これは、綺麗な字を書くこと前提に制作されており、なぞることが想定されていない。そのため、初見である被験者にとっては、なぞるには速度が速すぎる。そこで、実験は手本データの速度を1/2にしたものにより行う。

また、この練習前と練習後にボールペンにより紙に筆記することで、身に付けたリズムが媒体に依存しないものとなっているかの確認も行う。このため、紙とスマートフォン上で、同じようなスタイルで筆記できることが望ましい。そこで、実験において用いるスタイラスペンは、一般的に用いられるペン先が太いものではなく、ペン先端に設置された透明の円盤によりペン先が隠れない、ボールペンに近い筆記を可能とするものを用いる。

実験結果を示す。まず、アプリ上での字の変化を確認する。図5は提案手法による運筆のリズムをなぞる実験、図7は一般的な文字の形のみをなぞる実験の結果であり、それぞれ、(a)が書道有段者による手本、(b)が練習前に書いた文字、(c)がアプリによる5回の練習後に書いた文字である。また、図6と図8は、それぞれ図5と図7の各文字の運筆リズムをグラフにより表したものである。グラフは横軸を時間、縦軸を速さとしており、グラフの下の実線が1画を、点線が1画の収筆からつぎの1画の起筆までの間を表している。表2と表3は、それぞれ図6と図8のグラフにおける、1画と各画の間の所要時間の比を表したものである。グラフは書字の開始と終了を両端としており、各グラフで書字に要した時間は一致しないため、合計が1となるように調整してある。

字の形状をみてみると、提案手法によりリズムをなぞって練習した場合、図5が示すように、練習前の(b)と後の(c)では形状に差がみられ、(c)は手本である(a)に近くなっているように見える。一方で、一般的な練習手法である字の形状のみを単純になぞった場合、図7の(b)と(c)が示すように、練習前後で形状には差がみられない。手本制作者である書道高段者の見解も、単純になぞった練習の図7(c)の字には変化はなく、提案手法で練習した図5(c)の字は、全体のバランスや線のそりなど、上達がみられるというものであった。

また、運筆リズムをみてみると、この見解と一致する結果が得られた。表2および表3において、各画とその間の所要時間をパラメータとして、コサイン類似度により各文字の運筆リズムの類似度を算出した。結果、提案手法により練習した場合、練習後の字の運筆リズムである表2(c)を基準にすると、練習前である表2(b)との類似度0.98に対して、手本である表2(a)との類似度0.97であり、練習後の字の運筆リズムが練習前よりも手本に類似しているという評価が得られた。また、手本の字の運筆リズムである表2(a)を基準にすると、練習前である表2(b)との類似度0.94に対して、練習後である表2(c)との類似度0.98と、練習後の字の運筆リズムは手本により近いという評価が得られた。一方、単純になぞった場合には、練習後の字の運筆リズムである表3(c)を基準にすると、練習前である表3(b)との類似度0.99に対して、手本である表3(a)の類似度0.93と、練習後の字の運筆リズムは練習前の字と極めて近い、つまり、練習による変化が少ないという評価が得られた。また、手本の字の運筆リズムである表3(a)を基準にすると、練習前の表3(b)との類似度0.92に対して、練習後の表3(c)との類似度0.93と、いずれも一定の差があるという評価が得られた。このように、リズムをなぞった場合の類似度の増加0.04は、なぞっていない場合の類似度の増加0.01よりも大きく、類似度自体も高いという結果となった。



図5. リズムをなぞった結果

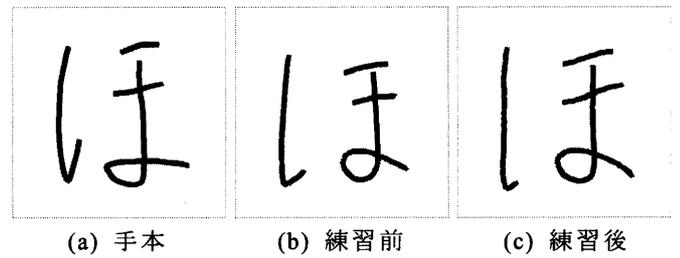


図7. 形のみをなぞった結果

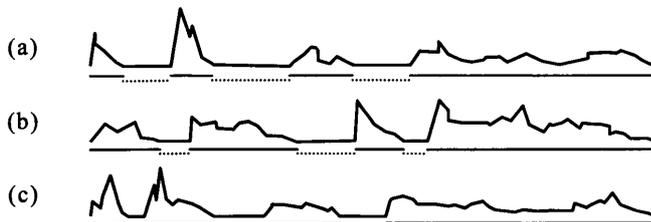


図6 図5における実験時の運筆リズムの比較

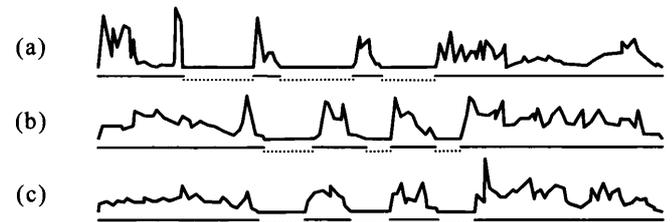


図8. 図7における実験時の運筆リズムの比較

表2 図6の各グラフの各画の所要時間の比

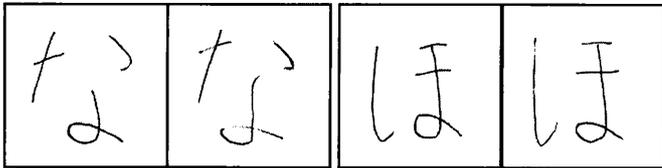
	1	-	2	-	3	-	4
(a)	0.06	0.08	0.07	0.15	0.11	0.10	0.43
(b)	0.13	0.05	0.19	0.10	0.09	0.04	0.40
(c)	0.07	0.03	0.12	0.09	0.13	0.08	0.48

表3 図8の各グラフの各画の所要時間の比

	1	-	2	-	3	-	4
(a)	0.15	0.12	0.05	0.13	0.05	0.09	0.40
(b)	0.29	0.09	0.10	0.04	0.08	0.04	0.36
(c)	0.28	0.08	0.08	0.07	0.09	0.07	0.33

つぎに、上述の実験の実施前後に実際に紙に書いた文字を用いて、比較を行う。多様なデバイスに対応するため、提案アプリは画面サイズに応じて入力領域が変動するようになっているが、実験に用いたスマートフォンのディスプレイにおける入力サイズを計測したところ、4.6cm 四方であった。このため、紙に同一サイズの枠をプリントしたものに、ボールペンにより筆記する。図9は図7の実験の実施前後、図10は図8の実験の実施前後に筆記した字であり、いずれも(a)が実施前、(b)が実施後の文字である。

図からわかるように、提案手法により練習した図9の(b)と練習前の(a)は、それぞれ図5と同様の結果が得られていることが確認できる。一方で、図10については、図7と同様に、実施前と実施後とであまり変化が見られないことが確認できる。



(a) 練習前 (b) 練習後 (a) 練習前 (b) 練習後  
図9 提案手法被験前後 図10 単純なぞり実施前後

## 4.2. 考察

練習を行った時点で、練習に基づいた変化が字に現れることから、同一の被験者が同一の文字による複数の実験を行えない。そのため、同一文字における他の手法と提案手法による上達の差異が確認できず、明確な比較とはいえない部分がある。また、今回は被験者が1名のみであったことから、個人差なども考慮する必要がある。

しかしながら、文字の形状も運筆のリズムも、形をなぞる通常の練習に比べて、リズムをなぞる提案手法では、練習前と後とで変化がみられた。形状については、書道高段者により上達しているという見解が得られた。また、リズムについては、コサイン類似度による比較において、提案手法における練習前の字と練習後の字では、練習後の字のほうが手本の字との類似性が高いことが示された。比較対象が各画に要する時間のみで、各画の内部の速度までは比較しておらず、これも精査する必要はある。しかしながら、単純に形をなぞった場合にはこれらの変化は得られておらず、これは練習法の違いによる有意な差といえよう。

以上より、被験者を増やすなど、より詳細な実験を行う必要があるものの、提案手法には、短時間で字が上達するという、一定の有効性がみられると考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、運筆リズムを可視化することにより文字のリズムを意識した練習が行え、短時間での字の上達を支援する、スマートフォン向けのペン習字アプリを提案した。

スマートフォンは画面サイズが小さく紙ほどの解像度を有しない。また、タッチディスプレイも一般に静電容量式が採用されており、入力検知のために接地面に一定の面積を必要とすることから、スタイラスペンも先端に一定の面積を必要とし、繊細な入力が難しいといった問題がある。以上より、スマートフォンの入出力環境での練習を考慮した、円状のガイドによる手本提示および練習を可能とするインタフェースを提案した。被験者実験により手法実施/未実施時の差異を確認することにより、短時間での字の上達における有効性を確認した。

今後は、提案手法が広く有効性を有するか、多くの被験者による実験により確認したい。その際、文字形状の類似度など、より多くの尺度により、上達の効果について調査したい。また、提案手法により身に付いた運筆リズムが一時的なものにとどまらず、長期的にみても習得できているかの確認も行いたい。その他にも、既存の手法との比較なども行うなどして、提案手法の改善も行っていくたい。

## 謝 辞

中京大学情報理工学部 磯部左弥花氏、同卒業生大竹杏奈氏に感謝します。なお本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金、中京大学プロジェクト型研究教育助成による。

## 文 献

- [1] セガ, 文字に関する意識調査, 2009.
- [2] アイシェア, 文字に関する意識調査, 2009.
- [3] 田中紹夫, "消費感度の高い「手書き派」が増加中," 日経消費ウォッチャー, no.44, pp.26-31, Aug.2012.
- [4] NHK, "リズムで脳を刺激せよ 卵焼き・チャーハン・ゴルフまで!," ためしてガッテン, Jun.2012.
- [5] 山下静雨, もっと「きれいな字!」が書ける本, 三笠書房, 東京, 2003.
- [6] 佐久間正泰, 正守晋, 原田哲也, 平田幸広, 佐藤誠, "SPIDARによる遠隔書道教示システム," 電子情報通信学会技術研究報告, no.MVE99-52, pp.27-32, Oct.1999.
- [7] 魏若愚, 動的な手本提示による習字支援システム, 北海道大学 平成23年度修士論文, 2012.
- [8] 土屋番, 小宮山撰, 武藤剛, "運筆音を活用した書字訓練装置の開発," ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.12, no.4, pp.117-123, Nov.2010.
- [9] 山口達也, 村中徳明, 徳丸正孝, "ペン習字学習支援システム ~ PDAを用いた学習効果 ~," 電子情報通信学会技術研究報告. no.ET2010-73, pp.41-46, Dec.2010.