

手書き文字練習における 指・ペン間での書写技能向上性に関する調査

菅野一平*¹ 新納真次郎*¹ 久保田夏美*² 中村聡史*¹ 鈴木正明*¹

A Comparison between Finger and Pen for Handwriting Practice

Ippei Sugano*¹, Nino Shinjiro*¹, Natsumi Kubota*², Satoshi Nakamura*¹, Masaaki Suzuki*¹

Abstract - People can handwrite not only by stylus pens but also by their finger on the smartphone. Here, there is no knowledge about the difference of characteristics between by using the stylus pen and by finger in the situation of practice handwriting. In this work, we implemented Mojivator which we proposed in the past work as the smartphone application and conducted the evaluation test of handwriting practice in order to compare using a pen with a finger. As a result, we found that there was no big difference between using the pen and finger for the practice.

Keywords : Average Character, Handwriting, Handwriting Practice Method, Finger, and Pen

1. はじめに

コンピュータが広く普及しているにも関わらず、現代の日本においては、履歴書や手紙など、日常的に手書き文字を書く人は7割強存在する^[1]。また、文字を手書きする習慣をこれからの時代も大切にすべきという人は9割以上存在している^[1]。このように、我々が手書き文字を利用する機会はいまだに多く、手書き文字を好意的に捉えている人は多いことがわかる。また、そもそも日本語の読み書きは言語活動の基礎力として広く必要とされ、小学生のころからカタカナやひらがな、漢字のなぞり書き練習や書き取り練習をすることが重要とされており、学習指導要領としても定められている^[2]。

近年ではスマートフォンやタブレットなどの手書き入力可能なデバイスが普及し、手書き文字を練習するためのアプリケーションも多く存在している。こうしたアプリケーションでは、スタイラスペンを用いずとも、指で手書きし、練習することが可能である。ここで、紙に対して手書きを行う場合は、鉛筆やペンといった筆記具を用いて手書きする機会の方が圧倒的に多く、指で手書きをする機会は無に等しい。そのため、スマートフォンやタブレットなどでの手書き文字練習において、指で練習できるが、指で練習することの効果について懐疑的な人も多い。この問題は、鉛筆やペンでの筆記動作と、指での筆記動作が異なるため、指での文字練習の効果が実際に鉛筆やペンといった筆記具を用いた手書きにおいても活かされるのかが明らかになっていないことが原因である。もし、指による文字練習で、スタイラスペンでの文字練習と同程度に書写技能が向上することがわかれば、スタイラスペンを用いる必要はなくなり、スマート

フォンやタブレットを用いた手書き文字練習がより手軽になると期待される。本研究の目的の一つは、スマートフォンやタブレットなどを用いた手書き文字練習において、指とスタイラスペンとを用いた場合に、どういった差があるのかを検証することである。

一方、これまで我々は、ユーザが書いた文字とお手本文字をリアルタイムに融合することによって文字練習のモチベーションを保ちつつ、書写技能を向上させる手書き文字練習システムである Mojivator を実現してきた^[3]。Mojivator による手書き文字練習手法は、なぞり書きでの練習手法に比べ、モチベーションを保てるのが過去の研究で明らかにしてきたが、指による練習で Mojivator が効果的なのかについては明らかにできていなかった。また、これまでの研究では日本語を習得している20歳以上の大学生および社会人に対し、ひらがなや漢字などの練習をしてもらっていたため、新しい言語の文字練習において、Mojivator がなぞり書きに比べて効果があるのかを検証できていなかった。

そこで本研究では、Mojivator およびなぞり書きでの練習を可能とするアプリケーションを、指やスタイラスペンなどを用いて手軽に練習可能とするため、スマートフォンやタブレット用のアプリケーションとして実装する。また、実際にこのアプリケーションを指あるいはスタイラスペンを使用して日々利用してもらい、比較実験を行うことで、指での文字練習とスタイラスペンでの文字練習、そして Mojivator による練習となぞり書きによる練習において、上達度合いに違いがあるかを検証する。ここでは、実験協力者がこれまで書きなれている日本語の文字と、これまで全く書いた経験のない梵字（サンスクリット語の文字）を選定し、その上達度に違いがあるかを検証する。

*1: 明治大学

*2: 株式会社ユーザーローカル

*1: Meiji University

*2: User Local, Inc.

2. 関連研究

佐藤ら^[4]は、Android 端末を用いたひらがな学習支援システムを提案している。このシステムでは、スマートフォンのガラス表面を超音波振動させ、「とめ」や「はらい」といった重要な箇所に対して触覚情報を提示することにより、正しく書字学習することを促している。また、浦ら^[5]は運筆リズムを可視化することにより短時間で書字技能を上達させる手法を提案している。岡崎ら^[6]は、書字が困難な児童向けに、なぞり書き機能や筆順やストロークの自動評価機能などをもつ漢字学習支援ツールを提案および実装している。また、実際に教育実践を行い、教育の場面で有効であることを示している。

こうした手書き練習を支援するシステムは研究だけでなく、製品化も多数なされている。その一つとしてチャレンジタッチ^[7]があげられ、ユーザが漢字を入力した後に止め・撥ねなどの部分的な評価だけでなく、文字全体のバランスを評価もできるものとなっている。さらに、お手本との違いをスライダによって確認することもできる。芳野ら^[8]は、書字に問題のある学習障害者向けに、ニンテンドーDS で動作する書字訓練ゲームソフトの開発を行っている。このソフトウェアでは文字練習にゲーム性を付加することで、文字練習のモチベーションを保つというものである。

一方野波ら^[9]は、手本を見ながら文字を書く臨書において、初心者による文字のバランスとることを容易にする学習支援システムの構築を行っている。このシステムでは、ユーザの熟達度に応じて提示する文字を変化させることで学習効率を高めている。また、AR 技術を用いた書写学習支援を実現するアプリケーションの開発も行われている^{[10][11]}。これらのアプリケーションでは、お手本文字を半紙上にプロジェクタで投影し、習字を行ううえでのポイントの提示や、ユーザの長所や短所の評価、フィードバックを行うことで指導者がいなくても学習を可能とし、学習速度の向上を支援している。また、山崎ら^[12]は、新しい手書き文字練習の形態を提案しており、書写における筆の運び方に着目し、それを疑似的にシステム側で再現するというアプローチで研究を行っている。運筆を再現するにあたって、お手本となる文字のストロークの特徴点から運筆情報と反力を推定し、ペン型反力デバイスを通してユーザに疑似的な運筆のフィードバックを返すことで手書き文字練習をすることができるシステムとなっている。

これらの研究は文字練習をペンや筆で行うことを前提としているが、本稿で指での文字練習が有効であることがわかれば、新たなアプローチから文字練習を支援することが可能であると期待される。

3. Mojivator

我々が提案してきた Mojivator は、ユーザが書いた手書き文字をリアルタイムにお手本の文字と融合し、提示するものである。このユーザの手書き文字とお手本文字との融合のため、Mojivator では、手書きストロークの点列を、スプライン補間することにより点間の距離を狭くしたうえで、フーリエ級数展開を行い、 t を媒介変数とした式を導出する。この式について、 t を 0 から π まで変化させて描画することで手書き文字を表現する。

上記の方法を利用してユーザの手書き文字と、お手本の手書き文字それぞれについて数式により求め、このお手本の手書き文字の数式に α 、ユーザの手書き文字の数式に $1 - \alpha$ を掛け合わせることによって、任意の融合率 α による加重平均化処理を行えるようにする。この融合割合 α の値が高ければ高いほど、融合文字にはお手本文字の要素が多く含まれることになり、お手本により近づくことになる (図 1)。そのため、ユーザは、Mojivator を用いることで、自身の手書き文字を実力以上にお手本に近い手書き文字として書くことができる。また、長期実験により、なぞり書きに比べモチベーションを保つことを確認できていた。

ここで、これまで実現してきたシステムは Processing で実装されており、Windows または MacOS 上で動作するもので、スマートフォン上で動作させることができず、気軽に練習できるものではなかった。実際、これまでの研究では手書き文字練習のために研究室に毎日来てもらい、ペンタブレットを利用して練習してもらう必要があり、大きな手間があった。そこで本研究では、Mojivator システムをスマートフォン上で動作するよう、Swift を用いて iOS 用のアプリケーションとして実装し、AppStore で公開を行った^{*3}。これにより、Mojivator システムを、いつでもどこでも利用可能となり、またスタイラスペンおよび指での文字練習を可能となった (図 2)。

本システムでは、図 2 に示すように入力すべき文字のストロークがシステム上部に表示され、その文字をシステム中央のキャンパスに入力するようなものになっている。ここで、ユーザが入力している間はユーザ自身のストロークが提示される。また、ユーザが 1 つのストロー

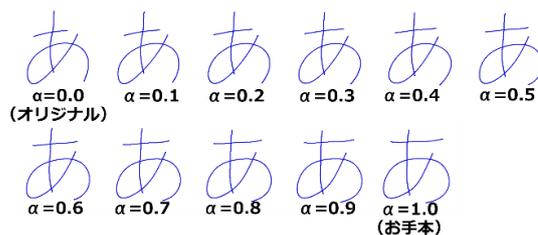


図 1 融合割合 α による字形の変化

Fig.1 Weighted Average Characters from 0.0 to 1.0

*3: Mojivator:
<https://itunes.apple.com/jp/app/mojivator/id1258412424?mt=8>

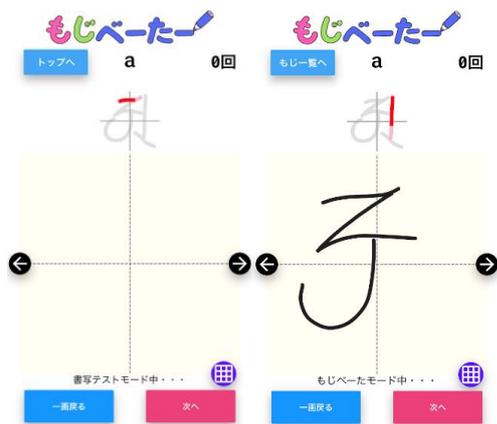


図2 書き順の提示と入力後の文字

Fig.2 A Screen Snapshot of Mojivator for iOS

クを入力し終えるごとに、そのユーザのストロークとあらかじめ用意してお手本となる文字のストロークを融合し、アニメーションして提示するものである。右下の次へボタンを押すと、右上の練習回数を示した数字が増加し、繰り返し練習できるものとなっている。

4. 実験

4.1 実験内容

本研究では、手書き文字練習を指またはペンを用いて行った際に、ユーザの上達度にどのような違いが表れるのかを検証するために実験を行う。また Mojivator の有用性を確認するために、なぞり書きによる文字練習との比較も行う。つまり実験では、表1に示す2×2のマトリクスに関する実験を行うことになる。

表1 比較する実験項目

Table 1 Comparison of Each Practice Method

	Mojivator	なぞり
指による練習	指・Mojivator	指・なぞり
ペンによる練習	ペン・Mojivator	ペン・なぞり

本実験システムは、Mojivator の練習ができる「Mojivator 練習」、なぞり書き練習ができる「なぞり練習」、書写技能を測るための「書写技能テスト」の3つのモードからなる。

「Mojivator 練習」では、お手本となる文字のストロークデータをあらかじめ用意しておく、ユーザが指定のキャンパス内に書いた時、入力したストロークに対応するお手本のストロークを加重平均化できるような仕組みになっている。全ての文字列が書き終わった時点で「次へ」を押すと、加重平均化処理後の文字を保存することができ、保存と同時に今まで書いていたストローク情報は消される。また、「一画戻す」を押すことで、最後に入力されたストロークを消すことができる。

𑀀(a)	𑀁(i)	𑀂(u)	𑀃(e)
𑀄(o)	𑀅(ka)	𑀆(sa)	𑀇(ta)
𑀈(ha)	𑀉(ma)	𑀊(ya)	𑀋(ya)
𑀌(wa)	𑀍(ga)	𑀎(tya)	𑀏(bha)

図3 選出した16字の梵字

Fig.3 Selected 16 Characters from Sanskrit

「なぞり練習」では、お手本文字がマス上に表示され、次にユーザがなぞるべきストロークを赤で示す。さらに、アニメーションでストロークを表現することでなぞる方向を示している。「一画戻す」や「次へ」といった文字を書く以外の機能は「Mojivator 練習」と同様である。

「書写技能テスト」では、お手本文字がマスの上に表示されており、臨書の形式で文字を書いてもらう。このモードではお手本文字との融合はされない。文字を書く以外の機能は「Mojivator 練習」、「なぞり練習」と同様である。

本実験ではある言語の初学者が、その言語の基本的な文字を練習するという状況をターゲットとしているため、実験協力者が書いたことがない文字を選定する必要がある。ここで、アラビア語はそもそも書く方向が異なり、文字が連続しているため平均化が容易ではない。また、中国語の簡体字や繁体字は、ともに日本人にとってそこまで違和感のあるものではなく、ハングル語は、文字の構成要素がシンプルであるうえ、日本人にはハングル語を習得している学生がいることも考えられる。そこで、ある程度複雑で、なじみがあまりない「梵字」を実験用の文字として採用した(図3)。また、ユーザが書き慣れた文字でも上達するかを検証するため、ひらがたと漢字についても選出した。日本語と梵字をそれぞれ16文字ずつの計32文字を選出し、それらについて実験を行った。

なお、本実験で利用するお手本文字は、日本語についてはHG正楷書体-PROフォントを、梵字についてはAp梵字悉曇式フォントを、著者が複数回丁寧になぞり書きし、平均化処理を行うことによって生成した。

4.2 実験手順

実験では、明治大学総合数理学部に所属しており、iPhone 7, iPhone 8およびiPhone Xを所有している大学生22名(男性15名,女性7名)に実験協力を依頼した。また、実験協力者には、実験用の練習システムを自身のスマートフォンにインストールしてもらった。

次に、実験協力者らを、無作為に以下の4グループに分けた。

- Mojivator を用いて指で練習するグループ (6名)
- Mojivator を用いてペンで練習するグループ (5名)
- なぞり書きを指で練習するグループ (6名)
- なぞり書きをペンで練習するグループ (5名)

実験協力者には、システムを用いた手書き文字練習を、指定された練習方法で毎日1文字につき3回以上、4日間連続で行うよう依頼した。ここで、指で文字練習をする実験協力者には、利き手の人差し指で練習するように指示した。また、ペンで文字練習をする実験協力者には、Zspeed タッチペン超極細 1.45mm を貸与し、練習において必ず使用してもらった。練習の環境を統一するため、Mojivator の融合割合は $\alpha = 0.4$ とし、電車などの体が揺れる場所での練習は控えるように実験協力者らに指示した。

また、4日間の練習を通して、実験協力者のペンを用いた書写技能が向上したかどうかを検証するため、初日の練習前と最終日の練習後に、実験監督者の監視のもと書写技能テストを行ってもらった。このテストでは、選定した32文字をそれぞれ3回ずつペン(ペンによる手書き文字練習で利用するものと同じZspeed タッチペン超極細 1.45mm)で書いてもらった。

さらに中期練習実験として、それぞれのグループから無作為に3人ずつ選出し、4日間の練習と書写技能テストの後に、追加で4日間練習をしてもらった。また、全日程終了後に、再度書写技能テストに取り組んでももらった。つまり、中期練習実験の対象者には、合計3回書写技能テストに取り組んでももらった。

4.3 手書き文字の上達に関する検証方法

定量的に上達度合いを評価するために、テストの文字とお手本文字を比較し、どれくらい上達したのかを検証する。また、練習前の書写技能テスト、練習後の書写技能テストそれぞれについて、同じ文字を3回ずつ書いてもらっているため、その3回の間でのブレ(手書き文字の安定度)についても検証する。

ここで、お手本文字とユーザの書いた手書き文字、ユ

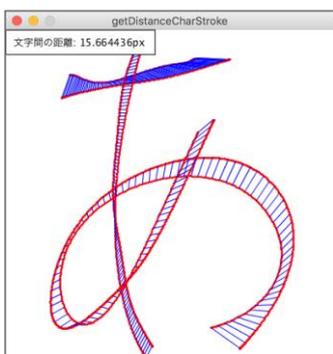


図4 文字間のユークリッド距離

Fig.4 A Visualization of Euclidean Distance of Two Characters

ーザの手書き文字間の類似、ユーザ内での複数回の手書き文字の安定度を定量的に評価するにあたって、これまでの研究で行なったストローク間のユークリッド距離を算出する解析手法^[13](ストロークを100等分するような点を求め、比較したい手書き文字のストローク同士を対応づけられる点同士のユークリッド距離の平均を算出する)を用い、手書き文字間に、どれだけの違いがあったかを計算する。例えば手書き入力した「あ」と、お手本の「あ」がどれだけ離れているかを可視化したのが図4である。この青領域が少なくなればなるほど、よりお手本に近い文字をユーザが入力できたということになる。

なお本研究では、字形の変化だけを定量的に評価するために、各手書き文字の相対的な位置やサイズなどによる差は、正規化をすることで、統一することにした。

4.4 実験結果

実験結果の分析では、テスト時のデータが外れ値(mean $\pm 2 \cdot SD$)をとる実験協力者が1名いた。そのため、この実験協力者を除いた、21名分のデータをもちいて分析する。1名を除去した後の、各グループの実験協力者数は下記の通りである。

- Mojivator を用いて指で練習するグループ (5名)
- Mojivator を用いてペンで練習するグループ (5名)
- なぞり書きを指で練習するグループ (6名)
- なぞり書きをペンで練習するグループ (5名)

図5, 6は日本語、または梵字においてグループごとに上達度の平均をグラフであらわしたものである。上達度は、4日間または8日間の練習前のテストの文字と練習後のテストの文字からそれぞれお手本文字とのユークリッド距離の平均値を計算し、どれほどお手本文字との差がなくなったかを百分率で示したものである。練習後の値が練習前の値より小さくなっているほどより上達していることを示している。

まず、日本語の練習についてグループごとの平均を見ると、Mojivator+指は5.56%、Mojivator+ペンでは-2.12%、なぞり書き+指では6.95%、なぞり書き+ペンでは8.08%上達している。Mojivatorとなぞり書きを比較すると、なぞり書きの方が良い結果となっている。しかし、それぞれについてt検定を行ったところ、有意差は認められなかった($p < 0.05$)。そのため、ユーザ自身が書き慣れている文字の練習において、指による練習とペン、Mojivatorとなぞり書きによる練習の上達度の差はないといえる。また、梵字の練習に対してグループごとの平均を見ると、Mojivator+指は4.91%、Mojivator+ペンは2.98%、なぞり書き+指は-6.01%、なぞり書き+ペンでは3.42%上達している。しかし、こちらについてもt検定の結果有意差は認められなかったため($p < 0.05$)、ユーザ自身が初めて練習した文字においても指による練習とペン、Mojivatorとなぞり書きによる練習の上達度において差はないといえる。

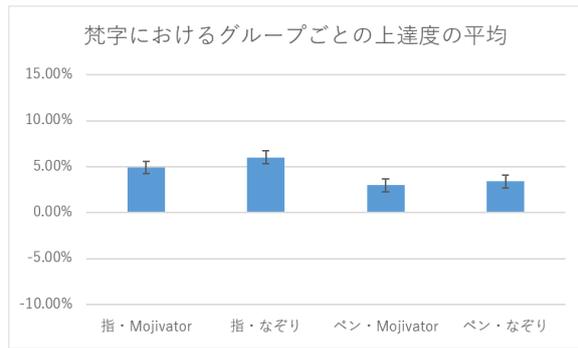
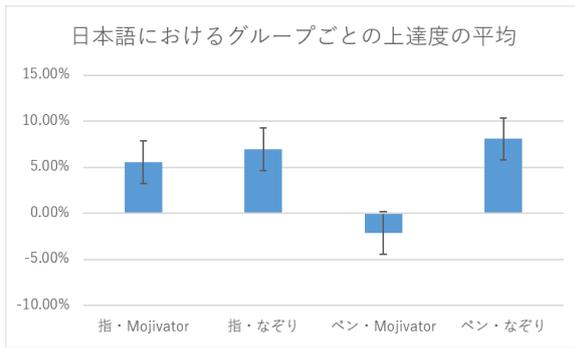


図5 グループごとの4日間の練習前と練習後の文字の上達度の平均 (左: 日本語, 右: 梵字)

Fig.5 Improvement of Handwriting after Four Days' Practice (Left : Japanese, Right : Sanskrit)

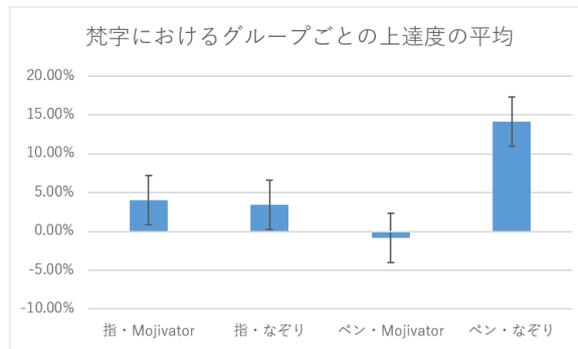
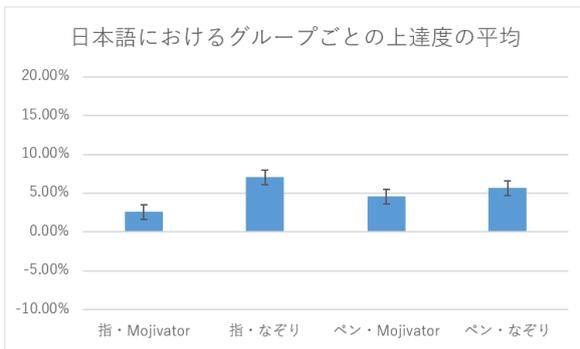


図6 グループごとの8日間の練習前と練習後の文字の上達度の平均 (左: 日本語, 右: 梵字)

Fig.6 Improvement of Handwriting after Eight Days' Practice (Left : Japanese, Right : Sanskrit)

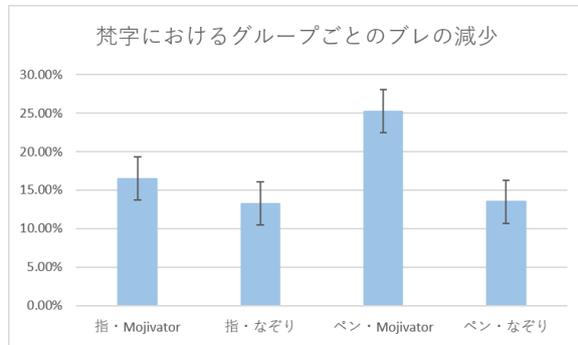
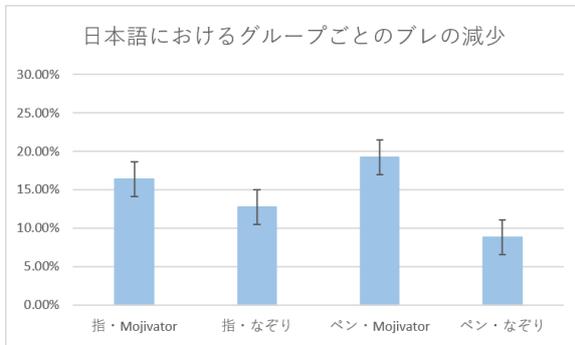


図7 4日間の練習後と練習前の文字のブレの減少具合 (左: 日本語, 右: 梵字)

Fig.7 Reduction in Shake of Handwriting After Four Days' Practice (Left : Japanese, Right : Sanskrit)

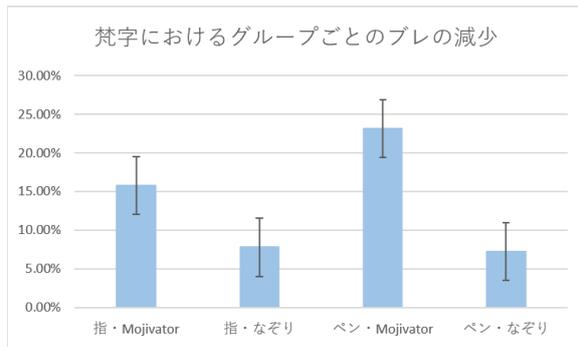
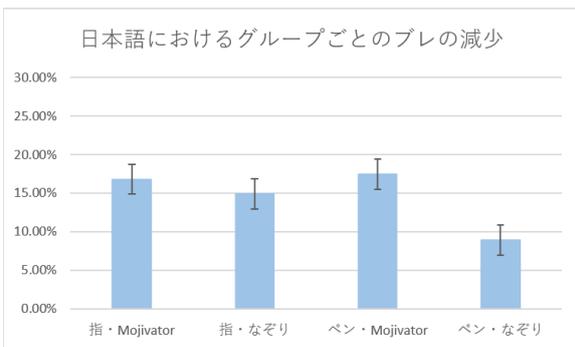


図8 8日間の練習前と練習後の文字のブレの減少具合 (左: 日本語, 右: 梵字)

Fig.8 Reduction in Shake of Handwriting After Eight Days' Practice (Left : Japanese, Right : Sanskrit)

図7, 8はユーザごとに練習前と練習後の文字のブレの減少具合をユークリッド距離によって計算したものである。ここでは、テストの1回目の文字と2回目の文字, 2回目の文字と3回目の文字, 3回目の文字と1回目の文字のユークリッド距離を計算することで、自身の文字がどれだけ安定しているかを算出する。これを練習前と練習後のテストの文字に対して行い、どれだけ文字がユーザ自身に定着したのかを比較する。この数値が高いほど、ユーザの文字のブレが減ったことになり、より安定して文字を書けていることになる。

まず、日本語においてブレはMojivator+指の平均では、短期では16.33%, 長期では16.79%減っていた。Mojivator+ペンでは、短期では19.24%, 長期では14.90%減っていた。またなぞり書き+指は、短期では12.75%, 長期では17.43%減っていた。なぞり書き+ペンでは、短期では8.78%, 長期では8.91%減っていた。また、梵字においてブレは、Mojivator+指では、短期で16.49%, 長期で15.79%減っていた。Mojivator+ペンでは、短期で25.24%, 長期で23.14%減っていた。またなぞり書き+指では、短期で13.27%, 長期で7.79%減っていた。さらになぞり書き+ペンでは、短期で13.50%, 長期では7.23%減っていた。

以上の結果より、Mojivatorを利用した練習の方が、安定度が高いことがわかる。一方、t検定を行ったところ梵字におけるMojivator+ペンとなぞり書き+ペンのみ有意に差があることが確認できた ($p<0.05$)。

表2は文字ごとにユーザの書いた文字とお手本文字とのユークリッド距離を計算し示したものである。この値が大きいほどお手本文字の字形と違い、練習後の値が練習前の値より小さくなっているほど上達したことになる。多少のばらつきはあるものの、日本語においては「西」,

「ゆ」, 「よ」, 「る」, 「き」が上達しやすい文字であることがわかる。梵字においては「𑖀(a)」, 「𑖩(wa)」, 「𑖪(ka)」, 「𑖯(tya)」, 「𑖰(ma)」が上達しやすい文字であるといえる。

5. 考察

実験より、ペンによる文字練習と指による文字練習の上達度は、日本語、梵字ともに有意差がなく、効果に差がないことが明らかになった。ただ、有意差はないものの梵字に関しては指で練習したほうがペンで練習するよりも上達している傾向があったことから、今後は実験協力者の数を増やし、検証を行っていく予定である。

今回、有意差はないもののなぞり書きに比べMojivatorを利用した実験協力者の書写技能は向上していなかった。これは、今回の実験で融合割合を一定にして文字練習を行ってもらったためであると考えられる。つまり、ユーザはある程度、自身の文字を崩したり自身の書きやすいように書いたとしても提示される文字はお手本文字と融合されている文字であるため、上手に書けていると思いついでしまったことが原因として挙げられる。今後は日数や期間に応じて融合割合を下げるなどして、ユーザが自身の書く文字をお手本文字に無意識的に似せようとするような工夫が必要である。

一方、安定度については日本語においては有意な差はみられなかったが、梵字についてはペンにおいて有意になぞり書きよりもMojivatorのほうが安定して文字を書いていた。以上のことより、Mojivatorは自身の特色ある字形で安定させるのに効果的であることがわかる。また、Mojivator+指とMojivator+ペンで比較すると、Mojivator+ペンのほうがよりブレが減少していることから、指よ

表2 文字ごとのユークリッド距離の平均と標準偏差

Table 2 Euclidean Distance of Each Character

文字ごとの平均				文字ごとの標準偏差		
	練習前平均	練習後平均	上達度	練習前標準偏差	練習後標準偏差	
あ	36.17	36.07	0.26%	あ	8.74	9.72
文	33.14	33.22	-0.23%	文	7.36	5.99
母	30.56	31.33	-2.53%	母	7.12	8.26
必	30.28	29.07	3.99%	必	6.42	7.46
ふ	28.96	28.07	3.06%	ふ	4.69	5.11
き	33.79	31.22	7.62%	き	9.01	8.53
子	28.67	27.13	5.34%	子	5.69	5.53
西	32.14	28.52	11.28%	西	8.47	7.52
ぬ	39.24	40.93	-4.31%	ぬ	13.81	15.43
女	36.99	37.41	-1.11%	女	7.16	11.62
る	38.01	35.19	7.41%	る	15.22	13.00
承	28.63	27.30	4.66%	承	3.78	7.65
辻	32.88	30.91	6.02%	辻	8.62	9.10
を	34.67	33.49	3.39%	を	7.50	8.36
よ	31.77	27.95	12.03%	よ	7.27	6.04
ゆ	36.78	32.84	10.69%	ゆ	9.10	9.52

文字ごとの平均				文字ごとの標準偏差		
	練習前平均	練習後平均	上達度	練習前標準偏差	練習後標準偏差	
𑖀	39.64	35.63	10.12%	𑖀	11.74	10.81
𑖩	29.81	29.49	1.09%	𑖩	7.87	8.91
𑖪	30.11	30.61	-1.65%	𑖪	7.65	8.92
𑖫	34.47	32.31	6.25%	𑖫	7.19	6.58
𑖬	32.68	32.72	-0.11%	𑖬	6.12	9.13
𑖭	32.61	30.05	7.85%	𑖭	6.02	7.57
𑖮	30.04	26.81	10.75%	𑖮	5.63	8.22
𑖯	37.44	35.23	5.89%	𑖯	7.09	12.06
𑖰	31.25	29.92	4.25%	𑖰	8.32	6.52
𑖱	23.94	23.61	1.37%	𑖱	5.29	6.68
𑖲	30.54	30.53	0.03%	𑖲	5.06	6.36
𑖳	26.62	26.84	-0.84%	𑖳	5.91	7.79
𑖴	31.27	28.69	8.26%	𑖴	6.54	7.92
𑖵	26.32	28.97	-10.09%	𑖵	6.04	10.58
𑖶	30.52	27.84	8.77%	𑖶	6.97	5.07
𑖷	30.71	30.42	0.96%	𑖷	6.44	8.11

りもペンのほうが文字を短期間で定着させることができるということがいえる。

文字ごとの上達度を比較したところ、比較的画数が少ない文字や、1 ストロークが長い文字が上達していることがわかる。これは、比較的短いストロークの場合、指による手書きが短くなりすぎるまたは長くなりすぎるのが原因として考えられる。実際に左利きの実験協力者のコメントで、指で練習する際、ファットフィンガー問題のため、書いている部分を直接見ることができないことが挙げられた。また、指とディスプレイとの間の摩擦があるため、ある程度大きく動かそうとしてしまう。その結果、摩擦のために全く指が動いておらず予定より短くなってしまったり、摩擦を考慮して大きく動かそうとして予定より長く書いてしまったりといったような問題が生じてしまう。つまり、短いストロークからなる比較的画数が多い文字の練習において、ディスプレイサイズに制限がある場合は、こうした問題を回避するような工夫が必要になると考えられる。

6. まとめ

本研究では、手書き文字練習において指による練習と、ペンによる練習に違いがあるのかを比較検証するため、スマートフォン上で手書き文字練習を可能とする仕組みを実装した。また、日本語と梵字を対象とし、指とペンでの練習について、我々がこれまで実現してきた Mojivator と、なぞり書きを利用した比較実験を実施した。実験の結果、指での文字練習はペンでの文字練習と同様に手書き文字を上達させることを明らかにした。これにより、スマートフォンやタブレット端末での練習はペンでも指でも同様の上達が見込めることがわかった。

一方、練習した手書き文字がどの程度安定するかという点について同じく分析を行ったところ、Mojivator はなぞり書きより短期間でユーザに文字を定着させられることがわかった。しかし、今回の実験は4日間、または8日間という短い期間であったため、今後長期的に実験を実施し、検証を行っていく必要がある。

今後は、海外の留学生や、幼児や小学生などを対象とした日本語の手書き文字習得実験を実施していく予定である。また、今回実装したアプリケーションを広く配布し、その利用を観察することによって、手法の優位性を検証していく予定である。一方、Mojivator の融合割合を一定にすると望ましい上達が見込めないという問題に関しては、調査と検証を行っていくとともに、適切に融合割合を変化させるシステムを実現予定である。

謝辞

本研究の一部は、JST ACCEL（グラント番号 JPMJAC1602）の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 文化庁：平成26年度「国語に関する世論調査」の結果の概要；pp.1-8 (2014).
- [2] 文部科学省：小学校指導要領；
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1356250.htm (2018/06/28 確認).
- [3] 久保田，新納，中村，鈴木 Mojivator：手書き文字の自動融合により書きたくなる練習支援システム；WISS2016 (2016).
- [4] 佐藤，陽奥，杉妻，坂井，水野：ひらがな書字学習における触覚化支援手法；情報処理学会インタラクシオン 2018 (2018).
- [5] 浦，遠藤，山田，宮崎，安田：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；電子情報通信学会技術研究報告，Vol.113，No.109，pp.23-28，(2013).
- [6] 岡崎，井上，中村，渡辺，園田：書字困難児童の学習特性に適応した手書き漢字学習支援ツールの開発と評価；電子情報通信学会論文誌，Vol.J98-D，No.1，pp. 42-51 (2015).
- [7] ベネッセ：チャレンジタッチ；
<https://sho.benesse.co.jp/touch/>，(2018/06/28 確認).
- [8] 芳野可奈子，高田雅美，天白成一，城和貴“ニンテンドーDS を用いた書字学習トレーニングソフトの開発”，情報書路学会研究報告，pp.81-84,2005.
- [9] 野波，竹川：臨書初級者のための文字バランス学習支援システムの提案；情報処理学会研究報告，Vol.114，No.73，pp.81-86 (2014).
- [10] 七戸，岩田，山邊，中島：AR 技術を利用した書写学習支援アプリケーションにおける効果の観測；情報処理学会第72回全国大会，Vol.72，No5，pp.155-156 (2013).
- [11] 中村，山口，森島：motebi～文字を手書きで美しく書くための支援ツール～；WISS2016 (2016).
- [12] 稲見，富永，松原，山崎：筆記具の動きを学ぶ体感型書き方学習システム；電子情報通信学会論文誌，Vol. J87-D-1，No.12，pp. 1128-1135 (2004).
- [13] 佐藤，新納，中村，鈴木：利き手・非利き手の平均手書き文字における類似性の検証；情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン，Vol.2018-HCI-176，No.20，pp. 1-8 (2018).