

ユーザに気づかせることなく 書写技能を向上させる手法の提案

久保田夏美^{†1} 新納真次郎^{†1} 中村聡史^{†1} 鈴木正明^{†1} 小松孝徳^{†1}

概要：日本にはペン字に関する資格講座や日本書写技能検定などが多数あり，自身の手書き文字を綺麗にしたい人は多く存在する．しかし大人になるにつれ書写技能を向上させるのは難しく，また字を練習するには時間もかかるため，モチベーションを維持するのが難しく容易ではない．そこで本稿では，ユーザが書いた文字をユーザが気づかないレベルで自動的に綺麗にすることにより，ユーザの書写技能を向上させる手法を実現する．本手法は，ユーザが書いた文字をお手本の文字と割合を変えて融合し平均化することによって自動的に綺麗にするものである．まずは手書き文字にお手本文字を融合させた際にどこまでの融合の割合だと自身の文字だと認識してしまうのかを実験的に明らかにする．また実験により明らかになった融合の割合を用いて，システムを実装し，自動的に綺麗にすることによって人の文字がどのように変化するかについて検討を行う．

キーワード：手書き文字，平均文字，書写技能，文字教育

1. はじめに

現代日本において，日本語の読み書きをすることは言語活動の基礎力として広く必要とされている．そのため小学生の頃からひらがなやカタカナ，漢字などのなぞり書き練習や書き取り練習をすることが重要視され，学習指導要領としても定められている[1]．また，大人になっても手で文字を書く機会は多く，各種の契約書類や手紙，就職活動での履歴書など，さまざまな場面で手書き文字を利用することになる．さらにペン字に関する資格講座や日本書写技能検定，硬筆書写検定など文字に関する検定が多数存在している[a]．このことから，手書き文字を綺麗に書くことに関心をもつ人が少なくないことがわかる．

さて，このように日本では文字を綺麗に書くことに関心をもつ人が少なくないと言えるが，大人になるにつれて字の癖が身についていくため，文字の変動が少なくなり，書写技能の向上は容易ではなくなっていく[2]．これらのことは，個人の手書き文字の筆跡がほぼ固定される「筆跡の恒常性」という特徴と，その固定された筆跡に他のものとは異なりその人自身の癖が文字として表現される「筆跡の希少性」という特徴からも明らかである[3]．これらの特徴があるため，手書き文字の変動には大きな労力が必要となり，綺麗な文字を習得することは難しいとされる．また，基本的な手書き文字練習では単調ななぞり書きを求められることが多く，単純作業であるため継続することができず，途中で辞めてしまうといった問題もある．

そこで本稿では，あまり労力をかけず，長期的に継続可能な形で，ユーザの書写技能を向上させることを目的とする．この目的を達成するために，ユーザが書いた手書き文字をユーザ自身が気づかない程度にお手本の文字と融合し，美化して提示することで，ユーザの書写技能を向上させる

手法を提案する．本手法によって，ユーザが自身の文字の変化に気付かずに文字を書き続けることで，少しずつ自身の書写技能が向上していると思込み，次第に文字がお手本に似ていった結果，ユーザの手書き文字が綺麗になると期待される．また，自身の文字が知らず知らずのうちに綺麗になることで，書くという行為へのモチベーションを高め続けることが期待される．

そこでまず本稿では，ユーザの手書き文字にお手本文字を融合させた際に，どの程度の割合で融合し加重平均化した文字だと自身の文字と認識するかを実験的に明らかにする．次に，本提案手法をプロトタイプシステムとして実装し，実験で明らかになった融合割合を用いて，ユーザの文字がお手本文字と自動的に加重平均化される手法を利用した書写実験を実施する．これらの実験により，本提案システムがどの程度書写技能の向上に有効なのかについて検討する．

2. 関連研究

文字や図形を手で書くということの支援を目的とした研究は，今までにも多くなされている．

武井ら[4]は，教える側が漢字の字形などの評価箇所を自らカスタマイズすることができるシステムを提案している．これは，既存の漢字学習システムには柔軟性がなく止め・撥ね・払いなどに重みを置けないことを問題としており，こうした細かい部分の評価を可能とするものである．

芳野ら[5]は，書字に問題のある学習障害者の訓練用のニンテンドーDS 専用の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学習に，ゲーム性を加えることで学習意欲を持続させるといったものである．例えば，ただお手本に従ってなぞる行為を反復させるのではなく，目

^{†1} 明治大学
Meiji University

a)ユーキャン：ペン字書道系講座のご紹介：<http://www.u-can.co.jp/pen/index.html>

で見て楽しい絵を提示することで、自ら線を描こうという意思を促している。また、ストロークの始点と終点にアイコンを提示し、それをタッチしなければいけないなどのゲーム要素を取り入れることにより、お手本の介助者がいなくても、当人だけで文字を学習することができるようになっている。

新納ら[6]は、平均手書きの手法を利用し、書き直しを自動的に平均化することで、絵を描くのが苦手な人でも綺麗な図形を描くことを可能にするプロトタイプシステムを実装している。

野波ら[7]は、手本と見比べながら文字を書く臨書において、臨書初級者が文字バランスをとることを容易にする学習支援システムを構築している。このシステムでは、ユーザは半紙をタブレットの上に置き、それをなぞることで臨書を行うが、筆の一部に導電性テープが貼り付けてあり、タブレット側で筆の位置情報を取得している。この情報を生かし、ユーザの熟達度に応じて提示する文字を変化させ、学習効率を高めている。また七戸ら[8]は、AR (Augmented Reality) 技術を用いて書写学習の支援をするアプリケーションの研究を行っている。このシステムでは、お手本文字を半紙上にプロジェクタで投影し、カメラでユーザが書いた文字の太さなどをリアルタイムで、習字を書く上でのポイント[9]や、学習者の長所や短所などを評価しフィードバックすることで、場所を問わずに学習を行うことで、学習速度の促進を支援している。

このように、既存の手書き文字学習を支援するシステムは、ユーザに勉強させ、書く練習を通して綺麗にするという意識の中で、いかに効率的かつ楽に学習できるかということに焦点を当てている。それに対して本稿では、「文字の練習をしている」という学習意識自体を根本的になくすことに焦点を当て、ユーザが本システムを利用することで練習しているという意識を与えず、知らず知らずのうちに手書き文字が綺麗になっていることを目指す。

3. 提案手法

ユーザが意識することなく書写技能を向上させることを可能とするため、我々は下記のようなサイクルからなる仮説を立てた。

はじめに、ユーザに手書きで文字を書いてもらう。ここで手書き文字をリアルタイムでお手本文字と融合させ、綺麗になった文字を生成してユーザに提示する。ユーザは提示された文字を自身の書いた文字として認識するため、ユーザはその少しだけ綺麗になった字を自身の字と思い込む。次に、ユーザに再度同じ文字を書いてもらうと、先ほど提示された文字の形が頭にインプットされているため、最初に書いた文字よりも少しだけ綺麗な手書き文字となる。この、少しだけ綺麗になった手書き文字もまたお手本文字と

融合されることで、さらに少しだけ綺麗になり、ユーザに提示される。このように書写と融合の繰り返しによって、最初の自身の文字は次第にお手本の手書き文字に近づいていく (図 1)。

上記は仮説ではあるが、このようなサイクルが出来上がると、無意識のうちにユーザが自然と綺麗な文字が書けるようになることが期待される。本研究ではこのサイクルを促すシステムを構築し、使用した際にどのような変化が手書き文字に現れるかを検証する。

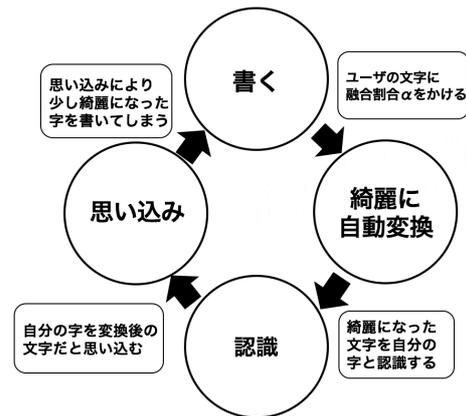


図 1 システムを用いた時の書写技能向上サイクル

なお手書き文字とお手本文字の融合については、中村らの手法[10]を改良して用いる。まず、入力されたストロークの点の座標データを取得し、その座標列をスプライン補完することにより点間の距離を狭くする。次に、この点列からフーリエ級数展開により t を媒介変数とした下記の式により表現する。

$$\begin{cases} x = f(t) \\ y = g(t) \end{cases} \quad -\pi \leq t \leq \pi$$

ただし $f(t)$ は

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt)$$

と表すことができる ($g(t)$ も同様に考えることができる)。ここで、お手本文字のあるストロークの数式を

$$\begin{cases} x = f_1(t) \\ y = g_1(t) \end{cases} \quad -\pi \leq t \leq \pi$$

と表し、ユーザの手書き文字のお手本と対応するストロークの数式を

$$\begin{cases} x = f_2(t) \\ y = g_2(t) \end{cases} \quad -\pi \leq t \leq \pi$$

と表すと、平均化された数式は

$$x = \frac{f_1(t) + f_2(t)}{2}$$

$$y = \frac{g_1(t) + g_2(t)}{2}$$

と求めることが可能となる。この式の t の値を0から π まで変化させて描画することで平均手書き文字が生成される。本提案手法ではこの平均化における融合割合を変化させるため、一方の式に α を、他方の式に $1-\alpha$ を掛け合わせることで任意の $\alpha(0 \leq \alpha \leq 1)$ による加重平均化処理を行う。

$$x = \alpha f_1(t) + (1 - \alpha) f_2(t)$$

$$y = \alpha g_1(t) + (1 - \alpha) g_2(t)$$

本稿では、この α を融合割合と呼ぶ。この融合割合が高ければ高いほど、自身の手書き文字にお手本文字の要素が多く融合され、お手本文字により近づくことになる。

図2は、左から順に α の値を変化させながら2人が書いた「波」という字の加重平均文字を生成している様子である。

4. 融合割合 α に関する予備実験

本実験では、お手本の文字と自身の文字を融合した時に、どの程度の融合割合までは気づかず許容されるのかについて調査する。

4.1 事前準備

手書き文字の融合割合を調べる実験のため、10人のデータセット構築者(大学生9人、大学教員1人)に手書き文字データセットを構築してもらった。なお、そのうち1人は書道歴が長く段位を持つ。

データセット構築者には、液晶ペンタブレットを用いて漢字13文字を書いてもらった。実験に用いた漢字13文字とは、綺麗に書くのが難しい文字ランキング[11]に掲載されている10文字(子, 富, 案, 空, 色, 夢, 道, 波, 理, 敬)に加え、書写に必要な技法が8種すべて含まれている漢字(永字八法)の「永」、一画一画のバランスを取るのが難しいとされている「女」「様」の計13文字とした。また、手書き文字の1回ごとのブレを軽減するため、全ての文字を3回ずつ書いてもらい、中村らの手法[10]を用いて各データセット構築者の平均手書き文字を生成した。なお、入力デバイスには、Wacom製の液晶ペンタブレットCINTIQ

13HDを使用した。

次に、予備実験のお手本となる人を、書道経験が長い1人に加え、主観的評価で決めた比較的文字に癖がなく整った字形の3人の合計4人をお手本文字として選定した。また、それ以外の6人を実験協力者とした。

4.2 実験システム概要

本実験システムでは、図2に示すように融合割合 α を0から1まで0.1間隔で等分し、加重平均化して平均文字を生成する。ここで生成された11文字を、図3に示すように1文字ずつランダムに提示し、その文字が自身の文字であると感じるかどうかを実験協力者に判定してもらう。なお複数選択可とし、自身の文字であると感じるものも選べるようにした。なお、同時に全ての加重平均文字を提示しない理由は、全ての文字を同時に見比べて判断することを防ぐためである。また、ランダムに文字を並べることで、変化の割合が順番に、均一に変化しているという先入観から加重平均文字を選択することを防いでいる。なお、一度出した選択もボタン操作をすることによって修正可能としており、ユーザが「次の漢字へ」ボタンを押すと選択した融合割合がデータとして保存され、次の漢字へと遷移するようになっている。

本システムはProcessingを用いて実装した。

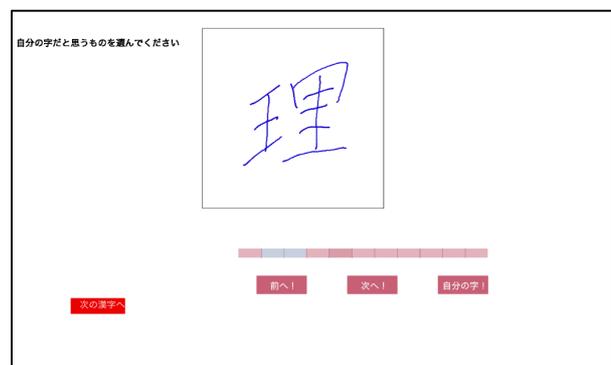


図3 融合割合文字提示システム

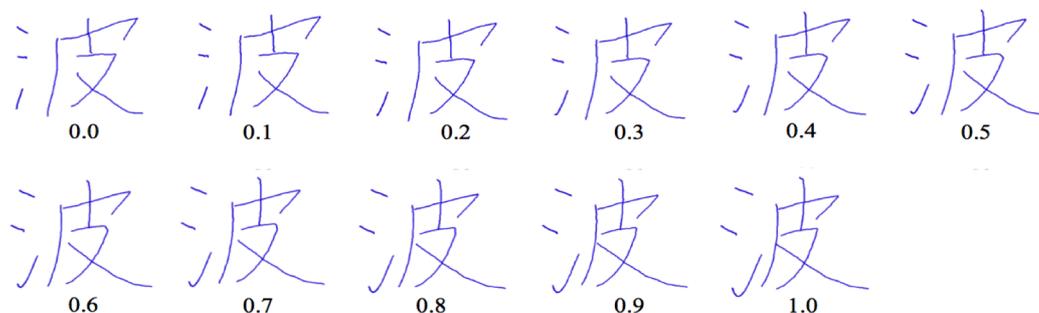


図2 融合割合 α における漢字の変化

4.3 実験手順

どの程度までお手本文字の融合割合を高くすると、自身の文字と認識しなくなるのかを明らかにするため、自身の手書き文字とお手本文字の融合割合を変化させつつユーザに提示し評価してもらう。

予備実験では、ユーザの文字とお手本文字を融合した際に、融合する漢字によってどの程度融合割合に差が生じるのか、お手本となる人によってどういった融合割合における違いがでるのかについて検証する。ここではお手本となるA～Dさんそれぞれのお手本手書き文字と、実験協力者6人(E～Jさんとする)の自身の手書き文字の加重平均文字を提示し、それを自身の文字と認識できるかを判断してもらった。これを事前準備で選定した漢字13文字について実施し、その際に実験協力者が選んだ加重平均文字の融合割合の値を測定した。実験の施行回数は、計13(文字)×4(人)=52回である。なお、実験協力者には選んだ文字の融合割合は提示していない。

4.4 結果と考察

図4は予備実験において、お手本となった4人についてユーザが自身の文字と認識した融合割合 α の最高値(自身の文字と判定された文字の中で、最も融合率が高い値)と最低値(同じく、最も融合率が低い値)の平均値を示したものである。

図4の結果より、まずユーザが気づかない融合割合 α の値は、A、C、Dさんがお手本の場合は0.4以上であるとユーザが自身の文字と認識できない可能性が高くなることがわかる。ここで、Bさんの値はかなり低いものとなっているが、これは図5のようにBさんの字の大きさが小さいことが原因として考えられる。文字について詳しく見ていくと、比較的画数の少ない漢字の「子」や「女」などの漢字は、誰のお手本文字においても融合割合の最高値が高いことがわかる。つまり、これらの文字は、お手本文字の要素が自身の手書き文字に多く含まれていても、自身の文字と判断する傾向にあったと言える(Bさんを除く)。これは、画数が少ないことにより自身の手書き文字だと判断する要素が少ないためだと考えられる。一方、「様」や「夢」などの画数の多い漢字は融合割合の最高値が低い傾向にあり、お手本文字の要素が多いと自身の文字と認識しにくくなることわかる。これは画数が多い漢字は文字のバランスや、止め、撥ね、払いなどユーザごとに「筆跡の希少性」が出てしまう。そのため、融合割合を高くすると、平均文字を見た際に自身の文字ではないという判断につながると言える。

また今回の実験では、システムの設計上正しい書き順で漢字を書いてもらう必要があったため、実験協力者には漢字の書き順をあらかじめ口頭で説明したが、多くの漢字において書き順の誤認が見受けられた。中でも「波」の書き順の正答率はとても低く、お手本との融合割合も低い傾向

にあった。このことから、普段と違う書き順で文字を書いたことによって、自身が想定している文字の形とは違う文字を書いてしまい、結果的に文字の特徴量が増加し、お手本と自身の文字の違いを見分けることが容易になったと考えられる。

次に、図4の結果よりAさんだけ最低値にばらつきがあったため、書道経験者であるAさんのお手本文字における実験協力者ごとの融合割合 α の最高値と最低値の平均値を示したものが図6である。

図6の結果より、加重平均化を行う個人によって融合割合の最大・最小の値の範囲にかなりの違いがあることがわかる。特にGさんとIさんは、漢字の画数や大きさに関わらず融合割合の値が変動しており、規則性はほとんど見られなかった。これは、GさんおよびIさんに対する事後のインタビューにより、2人とも自身の文字にこだわりがないと述べており、そのこだわりのなさが原因であると考えられる。こうしたユーザには、手書き文字を加重平均化する際に、お手本文字との融合割合を高くしてもほとんど気づかれることはないと考えられる。一方、GさんとIさん以外については、EさんとHさんは最高値がほとんどの漢字において0.5以内であった。このようなユーザに対しては、お手本文字との融合割合を高くすると変化に気づいてしまう可能性があるため、融合割合を低く設定する必要があると考えられる。

予備実験の結果より、全体的に漢字ごとの融合割合の平均値に大きな差はなかったため、一文字にかける融合割合が一定であってもユーザに与える影響の差もないと考えられる。

5. 書写技能向上プロトタイプシステム

予備実験の結果に基づき、ユーザの手書き文字をユーザに気づかせずに、自動で融合し、変換及び提示するプロトタイプシステムを実装する(図7)。

本システムでは、お手本となる文字のサンプルを用意しておき、その文字と融合割合をあらかじめ設定しておく。平均手書き文字のシステムの特性上、1つのストロークが確定してからでないため数式も確定できないため加重平均化を行うことができない。そのため、ユーザがストロークを入力している時にはユーザ自身の点列を提示しておき、ユーザが1つのストロークを入力するごとに、お手本の対応するストロークと融合割合 α を用いて加重平均化したストロークを提示する。

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。また、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。

前の実験と同様に手書き文字入力には液晶ペンタブレットを用い、本プロトタイプはProcessingを用いて実装した。

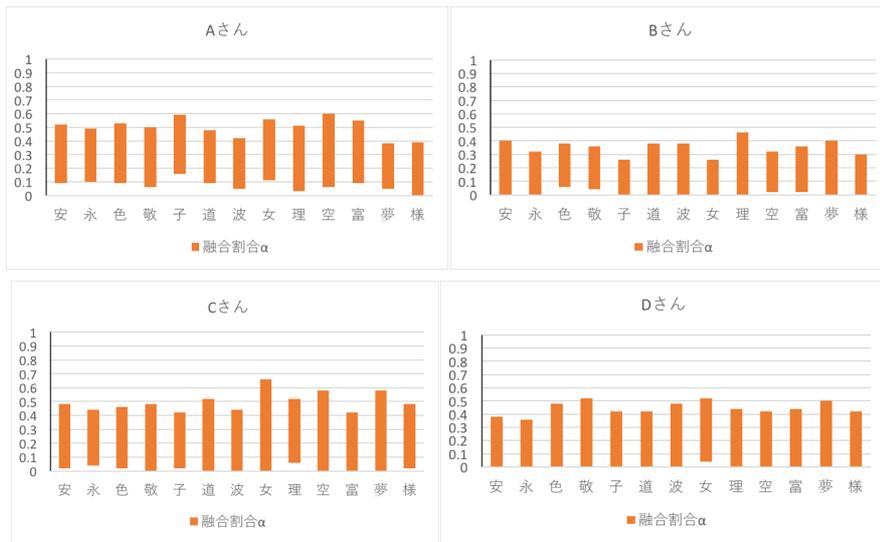


図 4 お手本文字ごとの融合割合平均



図 5 「敬」の大きさの比較

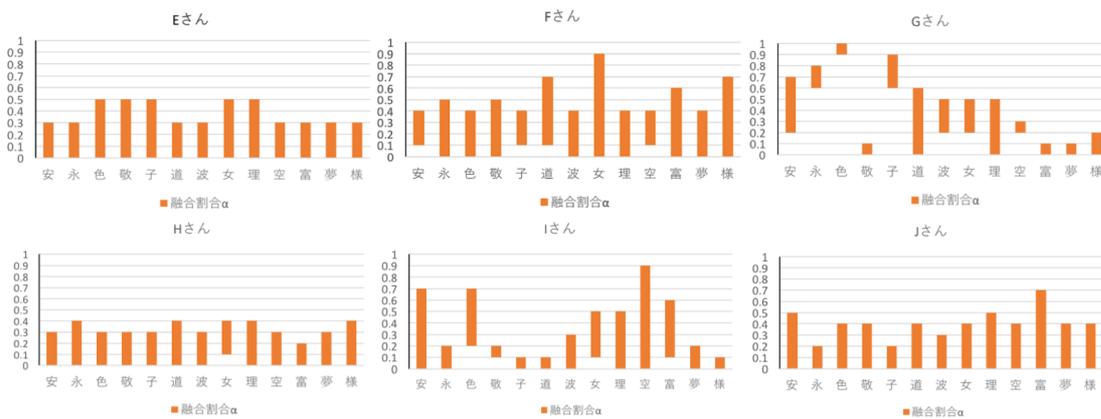


図 6 ユーザごとのお手本文字との融合割合平均

「安色女空」を書いてください 1回書きました

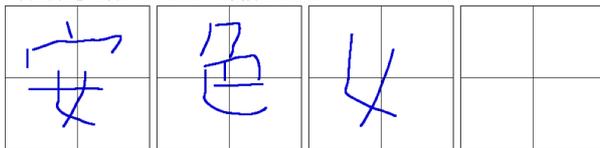


図 7 書写技能向上プロトタイプシステム

6. 書写技能向上に関する実験

6.1 実験手順

本プロトタイプシステムを用いることで本当に書写技能が向上するのかを検証する。

この実験では、予備実験で用いた漢字から書き順の間違いが少ない漢字「安」「色」「女」「空」をお手本文字とする。この文字を選定した基準は、それ以外の文字は書き順のミスや複数のストロークをつなげてしまうといった問題が発生しがちで、書き順のミスによってお手本文字と加重平均化する際に対応するストロークを間違えないことを考慮したためである。この実験では、予備実験でお手本として設定していた A~D さんのうち、まず予備実験の結果より B さんを除外し、次に別の実験[12]で A, C, D さんの中で最も高く評価されていた C さんを選定した。ここで、図 6 の C さんの融合割合に記録されている最大値の中で最も低い値が 0.4 であったため、それ以上の値だと気付かれてしまう可能性がある。そのため、本実験で用いる融合割合は 0.1, 0.2, 0.3 とした。また、文字の大きさによってユーザが平均化の際の変化に気づいてしまうことを考慮し、今回は枠線を用いて字の大きさが一定になるように促した。

次に、実験協力者 3 名（予備実験の F, G, H さん）に、これらの漢字 4 文字を枠内に全 30 回書いてもらう。その際に、書写技能が向上したのかを評価するため、1 回目から 5 回目は融合割合を 0, 6 回目から 25 回目はユーザごとに決めた融合割合 (0.1, 0.2, 0.3), 26 回目から 30 回目は融合割合を 0 とした。これは加重平均化しなくても書写技能が向上しているのかを検証するためである。また、1 回書き終わるごとに書いた 4 文字を見直すようにしてもらった。これは 3 章で述べたサイクルの「思い込ませる」の部分を検証することと、書き続けることで徐々にスピードアップして、手書き文字が雑になることを防ぐためである。

このように実験者に書いては見て認識し、また書いては見て認識するという試行を繰り返し行ってもらった。今回の実験では、加重平均化する前の最後の 3 回 (3, 4, 5 回目) と 20 回の加重平均化後の自動変換していない最後の 3 回 (28, 29, 30 回目) に書いた漢字を比較し、システムの有用性を確認する。また、1 回書いた際に起こりうるズレを除外するために、5 回ごとに文字を平均化して最初の 5 回

と最後の 5 回とを比較する。

6.2 結果と考察

図 8 は融合割合 0.3 の場合 (F さん) の、回数ごとの図である。この結果より、最初の 3 回分の文字は安定感がなく、文字の重心にばらつきがあることがわかる。特に 3, 4, 5 回目は、バランスを取るのが難しい「女」の要素が入っている 2 文字は横に広がり、3 画目の横棒もまっすぐ書けていない。一方、最後の 3 回を見てみると、字形が整い文字の重心も安定したように感じる。「女」の形も横長から縦長に変化していることがわかる。



図 8 融合割合 0.3 のときの手書き文字の変化

図 9 は、融合割合 0.2 の場合 (G さん) の比較画像である。融合割合 0.2 で実験した結果、字形の大きな変化は見ることができなかったが、28, 29, 30 回目では字の大きさが一定となった。「色」と「女」ではその変化がわかる。



図 9 融合割合 0.2 のときの手書き文字の変化

図 10 は、融合割合 0.1 の場合 (H さん) の比較画像である。字形や重心の変化は見られず、書写技能の向上の傾向はでなかった。今後は長期的な実験を行い、書写技能が向上するのかが検証していく。



図 10 融合割合 0.1 のときの手書き文字の変化。

図 11 は、お手本文字と、5 回ずつ平均化した文字の中で 1 回目から 5 回目の平均文字と 26 回から 30 回の平均文字の変化を示しているものである。この中で緑色の線がお手本文字、青色の線が 1 回目から 5 回目の平均文字、赤色の線が 26 回目から 30 回目の平均文字である。この結果より融合割合 α が 0.2, 0.3 のときは、各漢字がお手本に近づいていることがわかる。特に「女」が入っている漢字は字形の変化が大きく、書写技能の向上が少しみられた。一方、融合割合 α が 0.1 の場合は、ユーザ自身の文字に変化は見られず、お手本の字形に近づかなかった。

今回はそれぞれ 1 人ずつしか実験を行っておらず、ユーザの個性に引きずられている可能性が高い。1 章でも述べた通り、字の癖が身につけてから書写技能を向上させるのは容易ではなく、大人になるにつれて手書き文字の変動は少なくなることが確認できる。そのため、本実験での実施した 30 回という少ない回数では、融合割合が低くなるにつれ、書写技能が向上するような十分な結果を得ることができなかったと考えられる。

書写技能向上については十分な結果を得たとは言いが、本プロトタイプを $\alpha=0.3$ で利用した F さんと、 $\alpha=0.2$ で利用した G さんについては、自身の手書き文字が綺麗になっており、書写技能が向上したという感覚をもっていた。また、最後の 5 回については他の 25 回に比べて丁寧に書く傾向があった。ここで F さんは書いた後に文字が多少ずれている気がするというコメントをしており、多少違和感を覚えていたが、G さんについては自身の手書き文字が加重平均化されていることにまったく気づいていなかった。

以上のことより、本システムは α の値によっては気づかれてしまうものの、ユーザ自身の文字が綺麗になり、結果として気持ちよく手書きを繰り返すことができるといったように、ユーザのモチベーションを向上させることには、つながっていることがわかる。



$\alpha = 0.3$



$\alpha = 0.2$



$\alpha = 0.1$

図 11 変化前後の重ね合わせによる比較

7. まとめと今後の課題

本稿では、ユーザに気づかせることなく書写技能が向上するのかが検証するため、ユーザの手書き文字をリアルタイムに変換することで、自然と字が綺麗になっていくことを目指し、書写技能を向上させる手法を提案した。

また、ユーザが気づかない程度の融合割合を明らかにするため、手書き文字に異なる融合割合をかけた漢字を一文字ずつ実験者に見てもらい、自身の文字と認識できるものを選択してもらった。その結果、漢字の画数が少ない漢字は融合割合が高くともユーザ自身の文字と認識し、画数が多い漢字は融合割合が高いと自身の文字と認識しにくくなるといった結果になった。また、ユーザの手書き文字とお手本の手書き文字の大きさの差が極端に異なると、ユーザは変化に気づいてしまうことも明らかになった。しかし、融合割合が少ない値の加重平均文字であれば自身の文字であると認識できるため、ユーザに気づかれない有効な融合割合はどんな手書き文字と加重平均化した際にも存在すると言える。

次に、ユーザが気付かないうちに書写技能が向上することを目指し、ユーザが書いた文字をリアルタイムに平均化

するプロトタイプシステムを実装して実験を行った。これに関して以下の点が明らかになった。

- ① 文字の大きさ，バランスに安定感が出て，文字の重心のばらつきがなくなった。
- ② ユーザは自身の手書き文字が変換されていることに気づかず，自身の書写技能が向上していると認識する傾向にあった。
- ③ 加重平均化が終わったあとでも，変換時の微妙に綺麗になった文字を維持しようとする行為が生まれた。

これらの結果より，手書き文字の全体が綺麗に変化していかなくても，一部分がお手本に影響され字形が変わっていることから，本システムを長期間用いることによって書写技能が向上すると考えられる。

今後は，本実験を長期間行うことによりどの程度字形が変化するかを観察していく。また，今回は手書き文字の変動が少ない成人のみを対象としたが，変動が大きいと考えられる小学生や，手書き学習途中の留学生なども対象として，勉強している意識を持たずに書写技能が向上するかを明らかにしていく。さらに，手書き文字だけでなく絵や図形などにも活用し，手書きに関する全分野に対して，検証を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は JST CREST 及び明治大学重点研究 A の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 文部科学省：小学校学習指導要領：
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/
- [2] 但馬文昭，吳建：手書き文字変動に対する視感評価と各種定量評価の比較，社団法人電子情報通信学会，pp.55-62, (1997).
- [3] 川上直秋，菊池正，吉田富二雄：字のクセを好きになるか？：筆跡に基づく単純接触効果の般化，社会心理学研究 第 29 巻第 3 号，pp.187-193, (2014).
- [4] 武井典子，持田桂介，未代 誠仁，中川正樹：字形評価箇所を指示できる手書き漢字学習システム，情報処理学会研究報告，pp.15-22, 2005).
- [5] 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，情報処理学会研究報告，pp.81-84, (2005).
- [6] 新納真次郎，中村聡史，鈴木正明，小松孝徳：平均図形も美しい，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム，pp.469-478, (2015).
- [7] 野波淳里，竹川佳成：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，pp.81-86, (2014).
- [8] 七戸貴大，岩田貴裕，山邊哲生，中島達夫：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，No5, pp.155-156, (2013).
- [9] 神谷葵水：書写教師のための 25 章，日本習字普及協会，(1972).
- [10] 中村聡史，鈴木正明，小松孝徳：平均文字は美しい，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム，pp.32-39, (2014)
- [11] “綺麗に書くのが難しい文字ランキング (漢字編)”，
http://ranking.goo.ne.jp/ranking/category/2015/shuminavi_30/，(参照 2016-07-20)

- [12] 齊藤絢基，新納真次郎，中村聡史，鈴木正明，小松孝徳：手書き文字に対する書き手識別と好感度に関する調査，ヒューマンコンピュータインタラクション研究報告，(2016).