

# お手本との筆圧差分を提示することによる手書き文字支援

荒井勇人<sup>1</sup> 越後宏紀<sup>1</sup> 石丸築<sup>2</sup> 掛晃幸<sup>2</sup> 五十嵐悠紀<sup>3</sup>

**概要**：近年の教育現場では GIGA スクール構想が進められており、タブレット端末やパソコンなどの電子機器を用いた教育が進んでいる。しかし電子機器を用いた教育が進むにつれて手書き文字を使う頻度が減少し、書くのが不慣れになっていく可能性がある。手書き文字は読み手に気持ちを伝える手段として効果的であり、そのために文字をきれいに書くことが求められる。そこで本稿では、学習指導要領でも書写の際に意識する点の1つである筆圧に注目し、お手本となる文字とユーザが書いた文字の筆圧差を可視化することを行った。筆圧差を視覚的にユーザに提示することで、手書きで文字をきれいに書けるようになる支援システムの提案を行う。

## 1. はじめに

「書心画也」という言葉がある。文字は書いた人の心をそのまま反映しているという意味である。この言葉は古くから存在しており、手書き文字は人の気持ちを表す手段として機能していたことがわかる。そして現代においてもその機能を果たしている。文化省の平成 26 年度「国語に関する世論調査」[1]によると、「年賀状などにおいて、印刷されたものと手書きが加えられたものとはどちらが良いと思うか。」という質問に「手書きされたものや手書きが一言加えられたもの」と答えた人が 9 割弱となった。また寺田ら[2]は「書き手の動作（手の動き）の軌跡である手書き文字には、書き手の誠意や人柄、その時々感情状態が表出されているという認識がある。」と述べている。以上のように、手書き文字は書き手の感情や気持ちを読み手に伝えるものであり、そのためデジタル化が進む現代でも様々な場面で利用されている。しかし同時に、手書き文字はタイピングで入力した文章と同じ内容を書き込むのに、タイピングの 3 倍以上の時間を要するため伝達品質としてはコストパフォーマンスが悪い方法であると指摘している。

手書き文字の持つ価値についてアナログ価値研究会[3]は、心を込めて描いた文字は時間や手間をかけてくれることが読み手に伝わるため、書き手へのポジティブな印象が生じると述べている。そのため、「自分の気持ちを伝えたい」という場面では手書き文字を使えることが好ましく、キレイに文字を書ける技術を有しておくことは望ましいと考えられる。硬筆書写技能検定 1 級の清水氏[4]は、キレイな文字についてこれといった正解はないと前置きしたうえで、「きれいな字とは、第 3 者に見せる物だったら、相手に見やすく読みやすい文字の事」と述べている。

学習指導要領では書くことの能力を育てるために、文字を書く時の姿勢や書き順、筆圧など様々な要素に注意して指導することを求めている[5]。きれいな文字を書くための

支援として、中村らはプロジェクタを用いた文字位置・大きさの推薦をユーザに提示するインタフェース Motebi を提案している[6]。久保田らは、ユーザが書いた文字をリアルタイムにお手本文字と融合して綺麗な文字に変換することで、モチベーションを高めつつユーザの書写技能を向上させる Mojivator を提案している[7]。

文字の筆圧に着目して支援する研究も行われている。平澤らはトメ、ハネ、ハライを可視化するためにユーザの筆圧を利用した運筆学習支援システムを提案している[8]。越後らは筆圧を音でフィードバックするシステムを提案している[9]。

本稿では、学習指導要領が挙げた要素の中でも筆圧に注目した。お手本の文字がある場合、文字をそのまま目視しただけで正確な筆圧を把握することは困難である。毛筆では筆についた墨汁がつく量によって多少の筆圧を把握はできるものの、初心者はお手本の文字を見ただけでその筆圧の力加減を理解することは難しい。硬筆は毛筆よりも筆圧を把握することは難しく、またお手本となる文字を書ける人から正確に筆圧を伝達することも難しい。そのため、本稿のシステムでは、まず液晶タブレットを用いて筆圧を可視化することとした。そして、お手本の文字とユーザの書いた文字のそれぞれの筆圧を取得した上で、その差分を可視化するシステムを提案する。差分の可視化することにより、ユーザにお手本の文字の筆圧を意識させ、その結果ユーザがキレイな文字が書けるようになることを目指している。本稿では、筆圧の差分の可視化アルゴリズムについて詳しく述べることとし、本システムを用いた実験手法については今後の展望として述べる。

## 2. 提案システム

本システムは株式会社ワコムが提供している API[10]を利用して Unity2020.2.1f1(C#)で実装した。実装環境については液晶タブレット(Wacom Cintiq Pro 16)とデジタルペン

1 明治大学

2 ワコム株式会社

3 お茶の水女子大学

(Wacom Pro Pen 2)を用いて、デスクトップ PC(Windows)に接続して使用する。

## 2.1 ユーザーインターフェース

本システムの様子を図 1 に示す。画面左側にお手本文字となるひらがなが、筆圧が可視化された状態で描画される。ユーザはこれを参照しながら画面中央のスペースに文字を書いていく。お手本文字で筆圧が可視化されているので、どの位置でどのくらい力を入れればよいのかをユーザは視覚的にイメージを掴むことが可能となる。また画面内のボタンを押すことでお手本文字のひらがなを他の文字に変更、文字の書き直しを行うことができる。

ユーザが書いた文字（以下、ユーザ文字と呼ぶ）の描画方法には図 2 に示す 3 種類、筆圧描画((a)), お手本文字とユーザ文字との筆圧差分描画(図 2(b)), 単色文字描画(図 2(c))を用意した。デフォルトでは図 2(a)の筆圧描画となっており、お手本文字と見比べながら筆圧の違いについて把握できるようになっている。図 2(b)の差分表示に切り替えることでお手本文字の筆圧よりも強いところ、弱いところなどの理解が直感的にできる。図 2(c)の単色提示を利用することで、筆圧を意識せずに書いた後、違う描画にして筆圧を確認するなどの手段に使うことができる。ユーザはこれら 3 つの描画方法を適宜切り替えることで筆圧を意識して、文字を書く練習をすることができる。ユーザ自身への支援だけでなく、第三者から見ても筆圧の書き方が把握できるため、教育現場での指導においても有効である。本システムの使用の流れとしては以下の通りである。

1. 練習したいひらがなのお手本文字を表示する
  2. ユーザが文字を書く
  3. システムが筆圧描画を表示する。
  4. ユーザは必要があれば筆圧描画を切り替えて確認して、筆圧のかけ方を理解する
  5. もう一度文字を書く (2に戻る)
- 2~5 の工程を繰り返すことで、ユーザはお手本文字に近い筆圧で文字をかけるようになり、キレイな文字が書けるようになることを目指す。

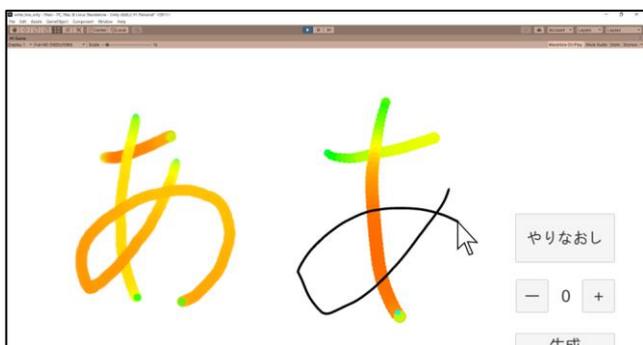


図 1 提案システムの様子



図 2 ユーザ文字の描写方法

## 2.2 文字データ

お手本文字の描画には書道家 7 段の書いた「てふみ」[11] のデータセットを利用した。このデータセットには以下の情報が含まれている

- 文字名
- 文字の画数
- 各辺の頂点数
- 文字の頂点の  $x, y$  座標
- 各頂点の筆圧値 (0.0~1.0)

これらのデータを用いて、筆圧を可視化したお手本文字を表示した。本システムで表示可能な文字はひらがなである。また、ユーザ文字についてもデジタルペンを用いて上記と同様のデータを取得し、利用した。

## 3. 実装

本システムでは、お手本文字とユーザ文字の 2 種類を表示する。いずれも 2.2 節で述べたデータの頂点列を利用して描画する。各頂点には座標情報と筆圧値、色情報 (RGB) が保存されている。ビジュアル提示に用いるカラーバーは平澤ら[8]の研究で、筆圧がわかりやすいと評価されたものを使用した。

### 3.1 文字の描写

図 3 は筆圧の強さを色に変換させた際のカラーバーとお手本文字の画像である。筆圧は 0.0~1.0 の実数値であり、この値を図 3 で示すカラーバーを利用して色を決定した。

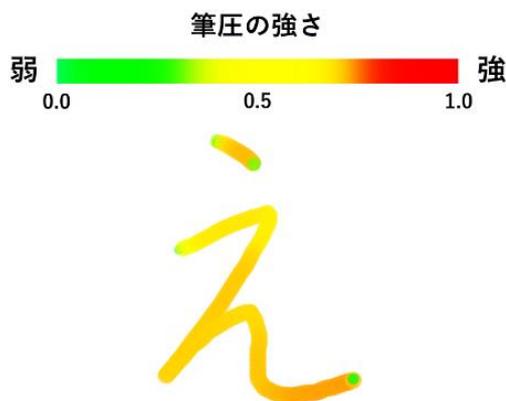


図 3 筆圧描画のカラーバーとお手本文字

図 4 のようにまた、筆圧 0.0~1.0 を円の半径  $r$  の 0.05~0.15 に対応させて頂点を描画した。これは色による圧力の強弱を低年齢児でもより直感的に理解しやすくするための工夫である。あり、圧力の強い円ほど半径を大きく、圧力の弱い円ほど半径を小さくした。これにより、図 4 のように、筆圧が弱いほど半径の小さい緑色の円に、筆圧が強いほど半径の大きい赤色の円に変化する。

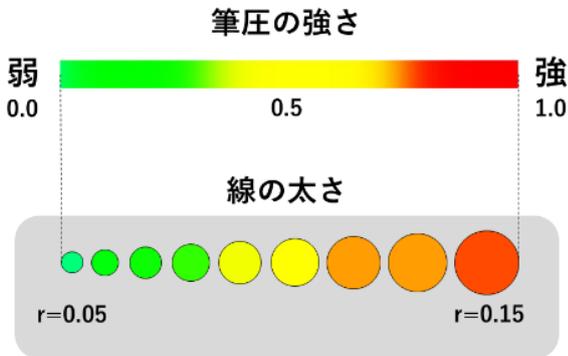


図 4 筆圧を太さ情報として利用して描画

### 3.2 頂点列のリサンプリング処理

本システムでは文字の頂点列にリサンプリング処理を行い、描画を行っている。リサンプリングを行う理由として、ユーザの描画スピードによる頂点列の粗密を一定にするためと、お手本文字とユーザ文字の頂点数を揃えることで筆圧差分描画を行うためである。図 5 にお手本文字をデータベースからそのまま描画した様子（左図）とリサンプリングして描画した様子（右図）を示す。

図 6 にお手本データの入力から手書きデータの出力までの流れをフロー図で示す。入出力は黄色、処理を行っているフローは橙色となっている。システム起動時にお手本データの入力をデータベースから行い、ユーザが選択したお手本文字を読み込む。このときの  $N$  画数分の対応するその頂点数を  $M_i^o$  ( $0 < i \leq N$ ) とする。次にお手本文字の頂点間隔が等間隔  $t$  になるようリサンプリングを行い、 $N$  画数分の対応するその頂点数  $M_i^u$  ( $0 < i \leq N$ ) を取得する。図 5 に示したお手本文字『い』の例では読み込んだお手本の 1 画目

の頂点数  $M_1^o$  は 65、2 画目の頂点数  $M_2^o$  は 53 であったが、リサンプリング後は 1 画目の頂点数  $M_1^u$  は 46、2 画目の頂点数  $M_2^u$  は 18 となった。リサンプリングをする際には、各々の頂点の座標情報だけでなく筆圧値も補間して格納している。等間隔  $t$  の値には実験の結果、 $t = 0.02$  を利用した。これは線の太さ  $r$  の中央値 0.10 を 5 で割った値である。ユーザの好みや理解のしやすさにより、描画には各頂点列を黒い線をつないだ描画を追加することもできる。

ユーザが文字を書いたら、ユーザ文字についても頂点間隔が等間隔  $t$  になるようリサンプリングを行い、 $N$  画数分の対応するその頂点数  $M_i^u$  ( $0 < i \leq N$ ) を取得する。次にお手本文字とユーザ文字についてそれぞれ取得した  $i$  画目の頂点数  $M_i^o$  と  $M_i^u$  を比較して大きい方の値を利用して他方の頂点列にリサンプリング処理を行う。その後、お手本文字とユーザ文字を再描画する。

この際、ユーザ文字については、ユーザが選択した描画方法に対応した描画を行う。筆圧描画モードの場合は図 3 上段のカラーマップを利用して描画する。筆圧差分描画モードの場合は、お手本文字の筆圧  $Q_i^o$  とユーザ文字の筆圧  $Q_i^u$  を比較し、その差分  $Q_i^u - Q_i^o$  を計算して利用する。図 7 に筆圧の差分を色に変換させた際のカラーバーとユーザ文字を示す。筆圧の差分は  $-1.0 \sim 1.0$  の実数値となり、お手本文字よりユーザ文字の筆圧が弱いと負の値に、強いと正の値となる。ユーザ文字の色は、値が 0 の時の緑色を中心として、 $-1.0$  に近づくほど青色に、 $1.0$  に近づくほど赤色にマッピングした。

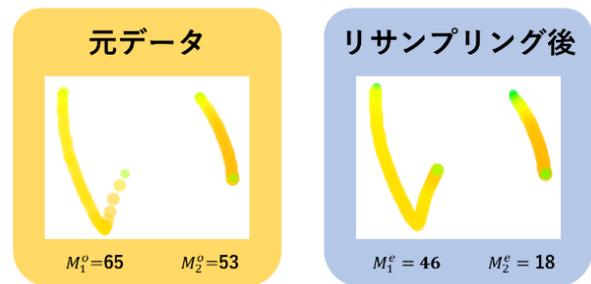


図 5 お手本文字『い』のリサンプリング前後の描画や頂点数の比較

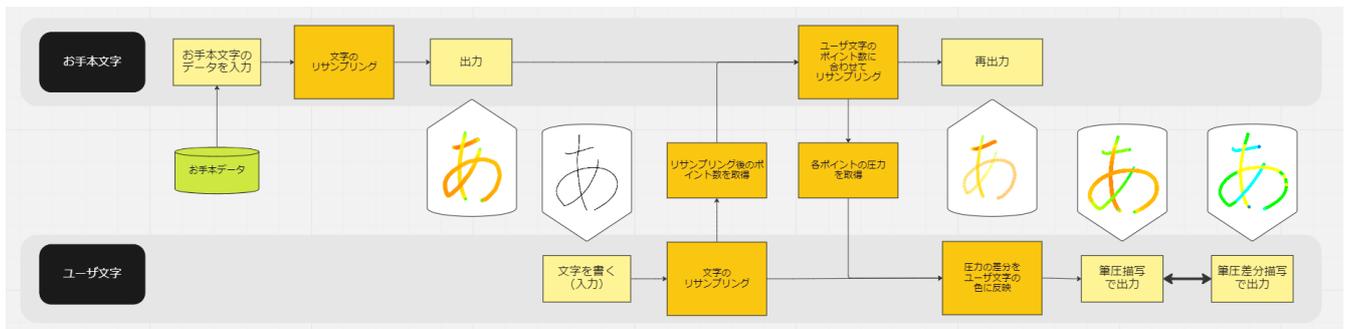


図 6 本システムのフロー図

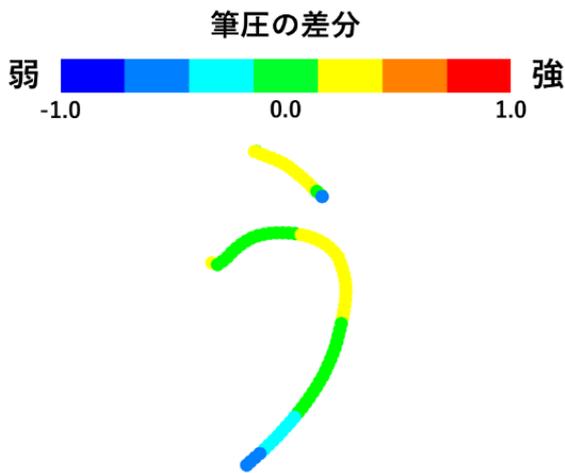


図 7 筆圧差分描画モードの際のカラーバーとユーザ文字

#### 4. 使用例

本章では本システムを利用した使用例を示す。

##### 4.1 お手本文字の使用例

図 8 の『あ』に注目すると、1 画目は全体的に赤いことから強い筆圧で書いているが、2 画目は緑から黄の色で染まっているため弱い筆圧で書いたことが読み取れる。またトメ、ハネ、ハライのところで色が橙色に変化していることが見て取れる。これらの動作は書写でキレイに文字を書く上で重要視される動作であり、力の入れ具合が大切になってくる。そのため筆圧を可視化することで、どの部分で力を入れて書けばよいのかをユーザは目で見えて理解することができる。

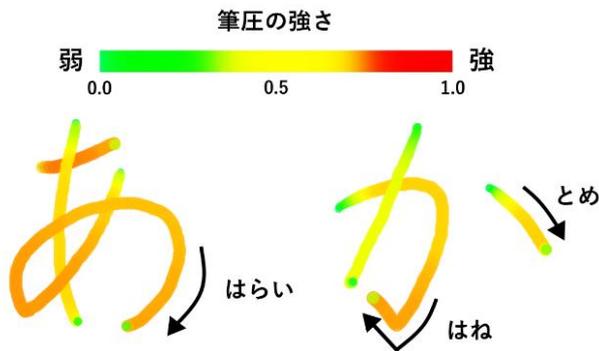


図 8 お手本文字の説明図

##### 4.2 ユーザ文字の使用例

図 9 のユーザ文字に注目すると、書き始めは筆圧が強く、終わりに近づくにつれて弱くなっているのが見て取れる。同じカラーバーによる表示のため、ユーザはどこでどれだけ力を入れたのかは理解しやすい。一方で筆圧の差を把握するにはお手本文字とユーザ文字を交互に見なければならぬため手間がかかってしまう。

図 10 はお手本文字とユーザ文字の筆圧差分描画を並べたものである。ユーザ文字『つ』の上半分が緑色に、下半

分は青色になっているのが見て取れる。大きなカーブに差し掛かってから終点まで筆圧が弱いので、ユーザはその部分の筆圧を強くすれば正しい筆圧で書くことができる。このように筆圧差分描画を見ることで、ユーザは文字のどの部分で筆圧をどのように制御していけばお手本文字に近づくのかを直感的に理解することが可能となる。

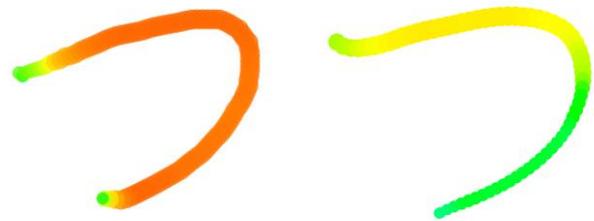


図 9 お手本文字とユーザ文字（筆圧描画）

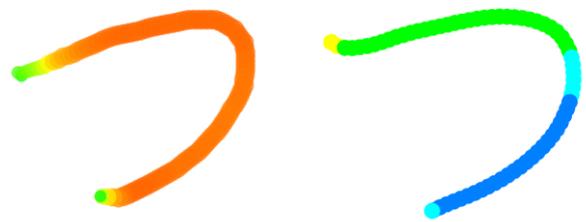


図 10 お手本文字とユーザ文字（筆圧差分描画）

#### 5. まとめと今後の課題

本稿では、学習指導要領でも書写の際に意識する点の 1 つである筆圧に注目し、お手本となる文字とユーザが書いた文字の筆圧差を可視化することを行った。筆圧描画および筆圧差を視覚的にユーザに提示することで、手書きで文字をきれいに書けるようになるかを検証した。

今後はひらがなの特徴点を利用することでお手本文字とユーザ文字をより精度よく筆圧比較できる手法を検討する。また、ひらがなを習得する小学校現場等での実証実験を行い、筆圧を意識することで文字をキレイに書くための支援ができるか検証する。現在はひらがなによる描画のみであるため、漢字など画数が増えて複雑になった際にも使用可能であるか等検討を進めていく。

#### 謝辞

お手本データの提供をしてくださった中村優文氏、山口周悟氏に深く感謝する。

#### 参考文献

- [1] 文化省. 平成 26 年度「国語に関する世論調査」の結果の概要,  
[https://www.bunka.go.jp/tokei\\_hakusho\\_shuppan/tokeichosa/koku\\_go\\_yoronchosa/pdf/h26\\_chosa\\_kekka.pdf](https://www.bunka.go.jp/tokei_hakusho_shuppan/tokeichosa/koku_go_yoronchosa/pdf/h26_chosa_kekka.pdf), (参照 2022-12-18).

- [2] 寺田恵理, 保崎則雄. 手で書くこと, 手書き文字に対する認識に関する一調査, <https://doi.org/10.15077/jjet.S42077>, 日本教育工学会論文誌, 2018, vol42, p145-148.
- [3] アナログ価値研究会. 手書きや紙の持つユニークな価値について 心理科学・脳科学的アプローチで検証, <https://www.nttdata-strategy.com/newsrelease/archives/170704/>, (参照 2022-12-18).
- [4] 清水克信. きれいな字とはどんな文字, <https://xn--w8j5c806nbsiihai2ey01f.com/admin/056.html>, (参照 2022-12-18).
- [5] 文部科学省. 小学校学習指導要領「生きる力」. [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2010/11/29/syo.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2010/11/29/syo.pdf), (参照 2022-12-18).
- [6] 中村優文, 山口周悟, 森島繁生. motebi〜文字を手書きで美しく書くための支援ツール〜, 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2016), デモ発表.
- [7] 久保田夏美, 新納真次郎, 中村聡史, 鈴木正明. 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, 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2016), 登壇発表.
- [8] 平澤義人, 荒井勇人, 越後宏紀, 石丸築, 掛晃幸, 五十嵐悠紀. 筆圧のビジュアル提示による運筆支援システム, 第29回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2021), デモ発表.
- [9] 平澤義人, 荒井勇人, 越後宏紀, 石丸築, 掛晃幸, 五十嵐悠紀. 聴覚フィードバックによる運筆支援システム, 第29回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2021), デモ発表.
- [10] Wintab-WDN ワコム技術情報提供サイト. <http://wdnet.jp/library/windows/wintab> (参照 2022-12-18).
- [11] 中村優文, 山口周悟. 手書き文字を美しく書くためのソフトウェア〜てふみ: 文字の手書き総合支援アプリケーション, 2016年度未踏事業プロジェクト.