

# 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

久保田 夏美\* 新納 真次郎\* 中村 聡史\* 鈴木 正明\*

**概要.** ペン字の資格講座や日本書写技能検定などが多数あることから、自身の手書き文字を綺麗にしたい人は日本に多く存在するといえる。しかし、筆跡の恒常性のため大人になるにつれ書写技能を向上させるのは容易ではなく、また字の練習には時間もかかるため、モチベーションを維持するのは難しい。そこで本稿では、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** システムを提案および実装する。また、**Mojivator** の利用により手書き文字がどのように変化するかについて検討する。

## 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おり[2]、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、手書き文字を綺麗にしたいと思っても、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[3]。これらのことは、個人の手書き文字の筆跡がほぼ固定化される「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[4]。そのため、手書き文字の変動には大きな労力が必要となり、綺麗な文字を書く技能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難しく、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

ザが練習で書いている手書き文字を、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 **Mojivator** システムを提案する。**Mojivator** により、ユーザに対して自身の手書き文字が綺麗になっていると思込ませ、書写に対するモチベーションを高める。また、ユーザが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込み、徐々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。

本稿では、提案手法をもとに **Mojivator** システムを実装し、**Mojivator** 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

手書き文字の練習に関する研究およびシステムは多数存在している。

武井ら[5]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。また、芳野ら[6]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。

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、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、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てフィードバックし、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。

以上のように、手書き文字を綺麗にするための練習手法に関する研究は多数存在している。しかし、これまでの手法はユーザが書いた手書き文字を認識して評価することが一般的であり、これは従来型の書写練習における書写の先生による問題点の指摘と大差はない。我々の手法は、これまでに実現されているものとは異なり、ユーザの手書き文字を動的に美化することによってモチベーションを高めつつ、ユーザの手書き文字をお手本に近づけることを目指すというものである。

福家ら[11]は、モチベーションの維持を考慮したピアノ学習視点システムの構築を行っている。昔のピアノの練習方法は、譜読みから始まるため、最終目標の楽曲を演奏できるまでに時間がかかっていた。また、ディスプレイに鍵盤や手を表示して譜面読みの段階を省略し、練習の支援を行うシステムは多数存在するが、ミスに対して厳格で、中々次に進めず学習者のフラストレーションが溜まるといった問題点がある。しかし、福家らのシステムでは、段階的にミスの許容度を下げることによって、間違ってもある程度補完し、低い難易度から練習することができる。これにより、学習者は練習しながら成功体験を得られるので、モチベーションを維持することができ、かつ効率的に練習を進めることができることを明らかにしている。我々の手法も、こうした成功体験を学習者に与えつつ、手書き文字を綺麗にしていくことを目指している。

### 3 Mojivator

#### 3.1 提案手法

我々は下記に示すサイクル (図 1) により、ユーザがモチベーションを保ちつつ書写技能を向上させることを可能とする。

はじめに、ユーザにお手本セットの中からユーザが綺麗だと考えるお手本文字を設定してもらう。次に、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少しだけ綺麗になった文字を自身の書いた文字として認識し、その文字を自分の字だと思込む。その後、ユーザに再度同じ文字を書いてもらうときには、先ほど提示された文字の形がユーザの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を書くことと期待される。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。このような書写と融合の繰り返しにより、ユーザの最初の手書き文字は、次第にお手本の手書き文字に近づいていくと期待される。こうした繰り返しの中で、ユーザは自身の書いた文字を、お手本のように書いていることから、モチベーションも高めつつ取り組むことができると考えられる。

Mojivator システムは、こうしたサイクルを実現するため、ユーザの手書き文字をリアルタイムでお手本手書き文字と融合することによって少しだけ美化するものである。

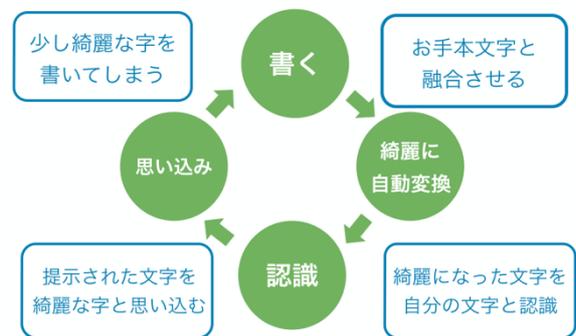


図 1 システムを用いた時の書写技能向上サイクル

手書き文字とお手本文字の融合については、中村らの手書き文字平均化手法[11]を改良して用いる。ここでは、入力された点列からなるストロークをスプライン補間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を

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

と表すと、融合割合 $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )により加重平均化された手書き文字の数式は

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

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

と求めることが可能となる。この式の $t$ の値を  $0$  から $\pi$ まで変化させて描画することで加重平均手書き

文字が生成される。

この融合割合の、 $\alpha$ の値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 $\alpha$ 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。この結果からも、 $\alpha$ の値の変化に応じて徐々に手書き文字が変化していることがわかる。

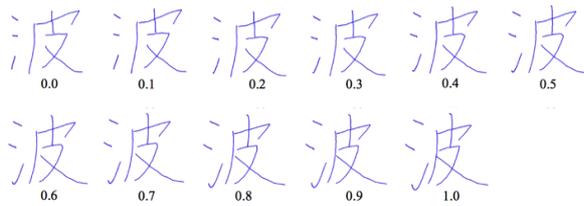


図2 融合割合 $\alpha$ における漢字の変化

### 3.2 実装

Mojivator システムのプロトタイプシステムを、Processing を用いて実装した (図3)。

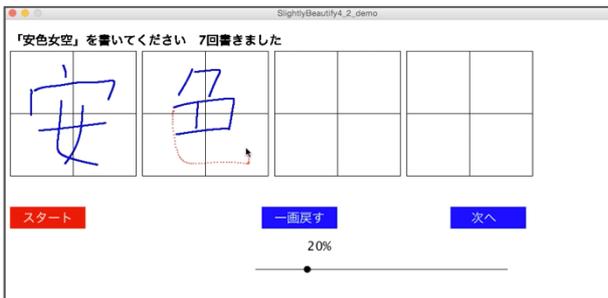


図3 Mojivator システム

本システムでは、お手本となる文字のストロークデータを用意しておく。また、融合割合 $\alpha$ の値はスライダで設定可能としている。平均手書き文字のシステムの特長上、1つのストロークが確定してからでないと数式が確定されない。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し終わるごとに、お手本の対応するストロークと融合割合 $\alpha$ を用いて加重平均化したストロークを提示する。

1つのストロークを入力し終わってから加重平均化したストロークを提示するまでの時間を短くするため、フーリエ級数展開において計算に利用する次数をストロークが見た目で変化しないレベルで打ち切る。これにより、ユーザに変換されていることを意識させないようにしている。

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。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。

## 4 考察

### 4.1 書写技能向上に関する簡易実験

Mojivator システムを用いることで書写技能がどのように変化するか、またユーザの書くことに対するモチベーションはどうであるかを簡易的な実験により検討する。

この実験では、綺麗に書くのが難しい文字ランキング[12]に掲載されている漢字の中から、「安」「色」「女」「空」の4文字をお手本文字とする。この文字を選定した基準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にくく、書き順のミスによってお手本文字と加重平均化の際に対応するストロークを間違えないことである。この実験では、予備調査[13]で最も高く評価されていたユーザをお手本文字とし、またあまり字が綺麗でないと評価されていた3人のユーザを実験協力者とした。さらに、[14]の予備調査及びプレテストで変化に気づいてしまう融合割合は0.4であったため、本実験で用いる融合割合は0.4未満の0.1, 0.2, 0.3とした。

実験では、実験協力者3名に、これらの漢字4文字を枠内に全30回書いてもらった。その際に、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。融合割合が0のときを30回に含めたのは、加重平均化しなくても書写技能が向上しているのか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。

このように実験協力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。実験協力者にはシステムが自動的にお手本と融合して美化していることについては隠しておいた。そのため、融合割合を



図 4 融合割合 0.3, 0.2, 0.1 のときの手書き文字の変化

指定するスライダはを表示せず、実験を行った。

なお、入力デバイスには、Wacom 製の液晶ペンダブレット CINTIQ 13HD を使用した。

#### 4.2 簡易実験の結果

図 4 は左から順に融合割合 0.3, 0.2, 0.1 の実験協力者、回数ごとの結果を示したものである。

この結果より、融合割合が 0.3 の場合は最初の 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。また、融合割合 0.2 の場合は、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ていた。「色」と「女」では特にその変化が見てとれる。一方、融合割合 0.1 の場合は、字形や重心の変化は見られず、書写技能の向上の傾向は確認できなかった。今後は長期的な実験を行い、書写技能が向上するのかを検証していく。

図 5 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  $\alpha$  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、書写技能がやや向上していた。一方、融合割合  $\alpha$  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。

本プロトタイプを  $\alpha=0.3$  で利用した実験協力者と、 $\alpha=0.2$  で利用した実験協力者については、自身の手書き文字にもともと自信がなかったが、Mojivator

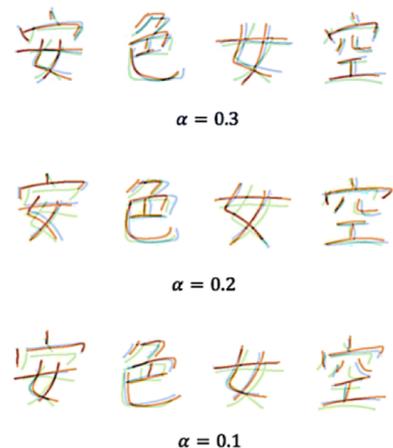


図 5 変化前後の重ね合わせによる比較

システムの利用により自身の手書き文字が綺麗になっていると思ひ、書写技能が向上したという感覚をもっていた。これは、書写練習におけるモチベーションを高めることができたといえる。また、最後の5回については丁寧に書く傾向があり、実験協力者の発話などから自身の書写技能が向上して、結果的に綺麗に書こうという意識をもっていたと考えられる。ここで $\alpha=0.3$ で利用した実験協力者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いたが、 $\alpha=0.2$ で利用した実験協力者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、 $\alpha$ の値によってはユーザに気づかせることなく手書き文字を綺麗にできると期待される。

#### 4.3 オープンキャンパスでの利用実験

Mojivator システムを、明治大学中野キャンパスのオープンキャンパス（2016年8月18～19日）で展示し、175人に体験してもらった。なお、オープンキャンパスで用いたシステムでは、ユーザのスライド操作により融合割合を変更できるようにしていた。

オープンキャンパスではまず、融合割合をどこまでの値なら、自身の文字が変換されると気づかないのかを様々な初期値を設定して検証した。なお、来場者には自動変換していることを知らせずシステムを使用してもらい、少しずつ融合割合の値を高くしていった。また、違和感を覚えたときの値を調査した。

その結果、多くの来場者は融合割合 $\alpha$ が0.4未満であれば、多少の違和感はあるものの自身の書いた文字が融合され変換されていることに気づかなかった。また、割合が0.2以下であればほぼ全員が違和感なく、書き進めており、融合されていることに気づいていなかった。

来場者に様々な値を変更してもらいつつ、本システムを利用して書いてもらったところ、多くの来場者が自身の字がうまくなったかのような錯覚を覚え、字をもっと書きたいなどのコメントをしていた。さらに、本システムを用いて練習をしたいという声や、本システムでノートを取りたいなどのコメントを多数得ることができた。

来場者との対話から、手書き文字にこだわりがある人、普段から手書き文字を頻繁に書く人は、違和感を覚える融合割合の値が比較的低い傾向にあった。これは、自身の文字にこだわりがあるため、タブレットに文字を書く際にゆっくり書き、その字をじっくりと見ていることが多く、変換された瞬間に気づきやすいためだと考えられる。一方、自身の手書き文字にこだわりがなく、文字が綺麗でない人は、融合割

合の値が高くても違和感を抱く人は少なかった。これは、筆記スピードが速いために、自分の書いたストロークが自動で変換するところを見ずに、すぐに次のストロークに視線が移動したためだと考えられる。このように、同じシステムでも、ユーザによって手書き文字の変換に気づかれる融合割合の値も変換することがわかった。

上記の結果や、様々な人からのフィードバックにより、融合割合の値は違和感をもたせないことも重要であるが、ユーザのニーズに合わせて変更させる方が良いことも分かった。特に、字があまり綺麗でない人にとっては、最初は割合を高くし、多少汚く書いてもある程度字形が整ったものが提示されることでモチベーションを高め、段階を追って融合割合を低くしていくことが重要であると考えられる。こうした点について、今後実験により検証予定である。

#### 5 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を検証するため、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、Mojivator システムを実装し、簡易的な実験とオープンキャンパスなどでの利用実験を行った。これらより、本システムを利用することで、ある程度モチベーションを高めつつ手書き文字練習が可能であることがわかった。

簡易実験やオープンキャンパスでの利用結果より、お手本に影響され字形が変わっている傾向があることから、Mojivator を長期的に用いることによって、書写技能向上に関して実験的に明らかにしていく予定である。なお、図6は、本システムを用いて筆頭著者が自身の名前を3日間にわたって練習した結果である。長期的な利用により手書き文字が改善されていることがわかる。



図6 Mojivator を用いて練習した結果

また、お手本文字のバリエーションを増やすことによってさまざまな手書き文字を目指せるようにする。さらに、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もたずに書写技能が向上するのかを明らかにしていく。一方、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。なお、今回のシステムでは、手書きの順序を考慮する必要があったが、お手本文字が決まっていればその位置関係や形で書き順を崩して加重平均化することも可能である。こうした点については、今後の実装により対応予定である。

## 謝辞

本研究の一部は JST CREST, JST ACCEL 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/](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/), (2016/9/4 確認)
- [2] 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>, (2016/9/4 確認)
- [3] 但馬文昭, 呉建: 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.
- [4] 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.
- [5] 武井典子, 持田桂介, 末代 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.
- [6] 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.
- [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] 福家悠人, 竹川佳成, 柳英克: モチベーションの維持を考慮したピアノ学習支援システムの構築, 情報処理学会研究会, pp.1-6, 2013.
- [11] 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 2014, pp.32-39, 2014.
- [12] “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/](http://ranking.goo.ne.jp/ranking/category/2015/shuminavi_30/), (2016/9/4 確認).
- [13] 斉藤絢基, 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, 情報処理学会第 169 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究報告, 2016.
- [14] 久保田夏美, 新納真次郎, 中村聡史, 鈴木正明, 小松孝徳: 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, 情報処理学会第 169 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究報告, 2016.

## 未来ビジョン

コンピュータの普及により手書きの機会が減ったとはいえ、まだまだ手書きの機会が多い。また、コンピュータが普及して画一的なフォントが手軽に利用できるようになった今だからこそ、手書きの価値というのは高まっているといえる。さらに、小学校での書き取りを基本とした手書き文字練習は当分の間無くなるであろう。しかし、手書き文字練習でよく利用されるなぞり書きや、ただひたすら同じ文字を方眼用紙に書いていく文字練習というのはつまらないものである。我々は、こうしたなぞり書きを基本とした手書き文字練習を刷新し、新たな手書き文字練習教育を確立したいと考えている。

一方、漢字は膨大なバリエーションがあるが、そのパーツはある程度限られている。そこで、ユーザが手書きを行っている任意の文字について、本手法を用いて加重平均化することにより、ノートを綺麗にとることを可能な未来のノートや、電子黒板システムを実現したいと考えている。

今回提案した手法は、手描きによるイラスト練習においても効果的に利用できると考えられる。本システムにより、様々な漫画家やイラストレータの手書きを参考にしつつ、独自の技術を向上することができれば、創作する人の数は増え、世界にコンテンツがあふれてより豊かな世界が実現されると期待される。