

HMD を用いた拡張現実における手書き支援システム

松井 健人^{1,a)} 間 博人^{2,b)} 市川 耀^{1,c)} 村上 広記^{1,d)} 三木 光範^{2,e)}

概要：近年、携帯電話やパソコンなどの普及に伴い、手書きだった作業が手書きでは行われなくなっている。しかしながら、冠婚葬祭や年賀状など日常生活において手書きが重視される場面が存在する。そこで、筆記を支援する方法が考えられ様々な研究が行われている。現実環境に情報を付加し、人間の五感を拡張することを目的とした拡張現実とは、様々な分野で利用されており、直感的な支援に適していると考えられている。HMD を用いた拡張現実により手書き支援システムを構築することで、ユーザは両方の腕を使うことができ、自由かつ直感的に筆記を行うことが可能であると考えられる。そこで本研究では、HMD を用いた拡張現実で文字を表示することで一時的にバランスよく綺麗な文字を筆記できるシステム Support System for Handwriting by Augmented Reality using HMD(SSH/ARH) を提案する。SSH/ARH では、没入型 HMD にステレオカメラ、モーションセンサ、3 軸加速度センサを装着することにより構成した。また、被験者実験を行うことで、SSH/ARH を用いて手書きした文字の正確性と綺麗さについて検証実験を行った。

Support System for Handwriting by Augmented Reality using HMD

KENTO MATSUI^{1,a)} HIROTO AIDA^{2,b)} HIKARU ICHIKAWA^{1,c)} HIROKI MURAKAMI^{1,d)}
MITSUNORI MIKI^{2,e)}

1. 序論

手書き文字は性格をあらわすとも言われ、日常生活において冠婚葬祭や年賀状など手書きが重視される場面が多々存在する。しかし、携帯電話やパソコンなどの情報通信端末の世帯普及率は飽和状態となり、スマートフォンやタブレット型端末などのモバイル端末の保有率は急速に増加している。それに伴い、はがきや手紙、報告書など以前は手書きで行われていた作業において徐々に手書きが行われなくなっている。その結果、漢字を思い出すことが出来ない、正確な書き順で漢字を書くことが出来ない、綺麗な文字を書くことが出来ないといった問題が生じている [1]。

そのような背景から、筆記を支援する方法が考えられている。筆記を支援する方法には大きく分けて 2 つの方法がある。1 つは、書道教室や通信教育のように何度も文字を筆記して学習することで正しい文字を綺麗に筆記することを可能にするといった、恒常的な手書き文字の上達を目的として支援する方法である。もう 1 つは、補助線や補助具などを利用してその場限りでバランスよく綺麗な文字を筆記するといった、一時的な手書き文字の上達を目的として支援する方法である。

一方、Google Glass や Oculus Rift などの HMD(Head Mounted Display) が複数の大手企業から製品化され大きな話題を呼んでいる。HMD は頭部に装着するディスプレイ装置であり、眼を完全に覆う「没入型 HMD」とメガネのようにシースルーとなっている「透過型 HMD」が存在する。HMD は、頭部に装着するため両腕を自由に使える状態で利用することが可能である。また、Kinect や Leap Motion などの人間の動きをトラッキングすることを可能とするモーションセンサの開発や商用化が進み、多くの研究が行われている [2][3][4]。これらのモーションセンサは

¹ 同志社大学大学院理工学研究科, 京都府
Graduate School of Science and Engineering, Doshisha Univ,
1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe-shi Kyoto, 610-0394

² 同志社大学理工学部, 京都府
Department of Science and Engineering, Doshisha Univ.

a) kmatsui@mikilab.doshisha.ac.jp

b) haida@mail.doshisha.ac.jp

c) hichikawa@mikilab.doshisha.ac.jp

d) hichikawa@mikilab.doshisha.ac.jp

e) mmiki@mail.doshisha.ac.jp

直感的な操作が期待され、エンターテインメントの分野に限らず医療分野や建築分野などにも活用されている。

また、企業や地方自治体などによるイベントや航空シミュレータ、カーナビゲーションなどの様々なシーンで拡張現実が利用され注目を集めている。現実環境に情報を付加し、人間の五感を拡張することを目的とした拡張現実とは、様々な分野で利用されており、直感的な支援に適していると考えられている。知覚の中でも視覚に対する拡張現実が一般的である。代表的なものとしては、スマートフォンやタブレット型端末を用いたアプリケーションやプロジェクションマッピングが挙げられる。視覚に対する拡張現実とは、実際には存在しないものを重畳表示することで実現している。実空間に文字やオブジェクトなどを重畳表示するためには位置情報と姿勢情報を決定する必要がある。

拡張現実を用いて視覚を拡張することにより、手本となる文字を重畳表示することで筆記を支援することが可能となる。このため、筆記支援システムに拡張現実を導入することは効果的であると考えられる。また、筆記を行うためには、筆記をする腕および紙を押さえる腕の両方の腕が使える必要がある。HMDを用いて拡張現実を実現することで、両方の腕を自由にすることが可能である。

そこで本研究では、直感的な支援に適していると考えられる拡張現実をHMDを用いて実現して文字を重畳表示することで、システムの利用時においてバランスよく綺麗な文字を筆記することを支援するシステム Support System for Handwriting by Augmented Reality using HMD(SSH/ARH)を提案する。SSH/ARHは、HMD、ステレオカメラ、モーションセンサ、3軸加速度センサ、制御用コンピュータを用いて構成する。ステレオカメラを用いることで視差のある映像をHMDに投影することが可能となり、現実に近い状況を再現している。また、モーションセンサでユーザの腕を認識し基準とすることで表示位置を、3軸加速度センサで頭の傾きを検出しそれをもとに表示姿勢を決定してステレオカメラの映像に重ね合わせる。これによって、ユーザは拡張現実において表示されている手本の文字をなぞることで、手本と同じように筆記することが可能である。SSH/ARHを用いて筆記した文字の綺麗さと精度について検証実験を行った。

本稿の構成を以下に示す。第2章では、筆記支援システムに関する先行研究について述べる。第3章では、SSH/ARHで実現する手書き支援システムのアルゴリズムについて述べる。第4章では、SSH/ARHによる文字の綺麗さと精度についての検証実験を行い、SSH/ARHを評価する。最後に第5章で、本稿のまとめを述べる。

2. 筆記支援システム

筆記支援システムには、文字を学習することで恒常的な手書き文字の上達を目的とした支援システムと補助媒体を

用いることで一時的にバランスよく綺麗な文字を筆記することを目的とした支援システムがある。それらの筆記支援システムについて多数の研究が行われている。

dePENdでは、テーブルに内蔵された磁石の位置をコンピュータを用いて制御することで手書きによる描画を支援するシステムを構築している[5]。dePENdを用いることで、システムの利用の際には、正確な直線や円、図形の描画が可能となる。また、松井らによる研究では、手本となる習字熟練者による筆運びの力情報と位置情報をあらかじめ抽出しておき、ロボットアームに装着した筆で習字熟練者の筆運びを再現することで熟練者の技術を体験するシステムを実現している[6]。しかし、これらの研究では筆の動きを体験することが出来るものの、その軌跡は装置が制御しているためユーザの意思通りの動きに筆記を行うことができない。また、これらの手書き支援システムを利用するためには、特殊なテーブルやロボットアームなどの環境を構築するコストが高くなる。一方、SSH/ARHでは手本となる文字を重畳表示してその文字を見ながら筆記することが可能なため、自分の意思通りに筆を動かすことが出来る。また、ステレオカメラやモーションセンサ、HMDは持ち運ぶことが可能なので様々なシーンに対応することが可能である。

また、村中らによる研究では、習字熟練者による筆運びを抽出し、抽出した情報から動画による手本を作成する。そして、タブレット型端末上で動画による手本をなぞることでペン習字学習を支援するシステムを構築している[7]。動画による手本を利用することで習字熟練者と同じスピードでリアルタイムに再現でき、タブレット型端末を利用していることで場所や時間に制限されずにペン字学習が可能となる。しかし、このシステムでは実際の紙に文字を書くのではなくタブレット型端末の液晶画面上に文字を書くことになるため、紙とペンの間に生じる摩擦などによって伝達される感触などが損なわれてしまうことが考えられる。一方、SSH/ARHでは実際の紙の上に文字を書くので、ユーザは文字を紙に書く感覚を残して手書きすることが可能である。また、SSH/ARHでは学習をする必要がないので、初めての文字であっても正しく手書きすることが出来る。

山田らによる研究では、記入対象に対してプロジェクタを用いて文字を投影することで手書きを支援するシステムを実現している[8]。投影する文字の位置は記入対象の線や枠などの特徴をカメラ映像から画像処理して認識することで決定している。このため、記入対象が移動しても対応することが可能である。これにより、バランスよく美しい文字を書くことが可能である。しかし、このシステムでは線や枠などの特徴を認識することで文字の表示位置を決定しているため、記入対象ごとにその特徴をあらかじめ抽出する必要がある。一方、SSH/ARHでは、モーションセン

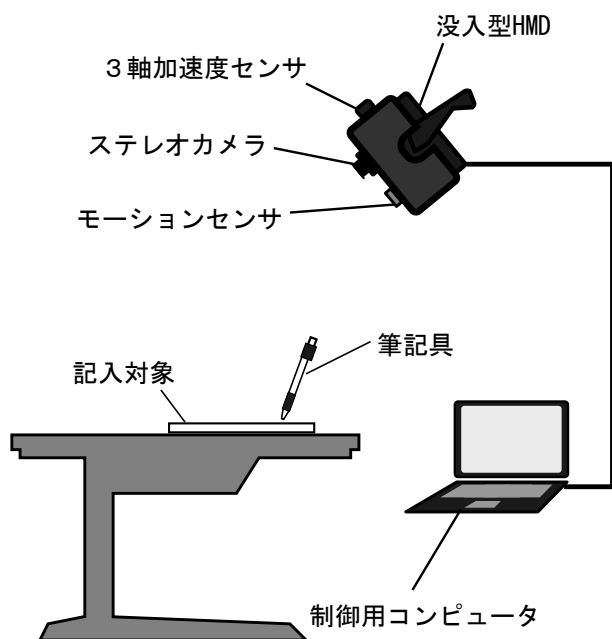


図 1 SSH/ARH の構成図

サを用いてユーザの腕を認識することで文字の表示位置を決定している。そのため、記入対象に依存せずに文字を表示して手書き支援を行うことが可能である。

3. HMD を用いた拡張現実における手書き支援システム

3.1 HMD を用いた拡張現実における手書き支援システムの概要

HMD を用いた拡張現実における手書き支援システム SSH/ARH は、拡張現実により手本となる文字を記入対象と重なるように表示する。そして、表示されている手本となる文字をなぞるようにすることでバランスよく綺麗な文字の筆記を支援するシステムである。

手書き支援を行うためには、ユーザの両方の腕が自由である必要がある。SSH/ARH では、没入型 HMD を用いて拡張現実を行うことによりユーザの両腕が自由な状態で筆記が可能である。また、ステレオカメラが右目と左目の働きをするので、没入型 HMD を装着しても両眼の間に視差が生まれ距離感を掴むことができるので、没入型 HMD に現実の世界を違和感なく投影することができる。

SSH/ARH では、没入型 HMD にステレオカメラ、モーションセンサ、3 軸加速度センサを装着し、制御用コンピュータに接続することで処理を行っている。そしてペンや鉛筆などの筆記具を用いて、紙や板などの記入対象に手書きを行う。SSH/ARH の構成図を図 1 に示す。

SSH/ARH は、没入型 HMD とステレオカメラによって拡張現実を実現し、モーションセンサで認識したユーザの腕を基準として手本となる文字を表示する位置を決定す

る。そして、表示された文字をなぞるように筆記することで手書きを支援するシステムである。

3.2 HMD を用いた拡張現実における手書き支援システムの要件

拡張現実を実現するためには重畳表示する物体の位置情報と姿勢情報を決定する必要がある。ここで、姿勢情報とは、物体がどれだけ傾いているかを表す情報である。2 次元画像においても、姿勢情報を変更することで、ユーザから見える画像の形状が変化する。拡張現実において位置情報と姿勢情報を決定するには主には 2 つの手法がある。1 つは、GPS や 3 軸加速度センサなどのセンサを用いて情報を表示するデバイスの位置情報と姿勢情報を測定することで重畳表示する物体の位置情報と姿勢情報を決定するロケーションベースという方法である。この方法では、GPS や 3 軸加速度センサなどの精度の大きく依存するため、正確に重畳表示を行うことが出来ない場合がある。もう 1 つは、カメラの映像を画像処理することで位置情報と姿勢情報を決定するビジョンベースという手法である。この手法では、実空間に目印を設置する、あるいは環境内にある特徴的な物体を目印とすることで、その目印を認識し、その物体の見え方から位置情報と姿勢情報を計算する。

SSH/ARH では、手本となる文字を表示する位置情報を決定するためにモーションセンサを用いている。モーションセンサで、紙を抑えていて動くことがないと考えられる、利き腕とは逆側の腕をトラッキングすることで、その腕の位置を基準とし重畳表示する画像の位置情報を決定している。これにより、ビジョンベースのように目印となる物体を予め準備する必要がない。

また、SSH/ARH では、手本となる文字を表示する姿勢情報を決定するために 3 軸加速度センサを用いている。没入型 HMD に装着された 3 軸加速度センサを用いることで、頭の傾きを計測することが可能となる。そこで、ユーザの頭の傾きを基準として違和感なく見えるように重畳表示する画像の姿勢情報を決定している。

3.3 HMD を用いた拡張現実における手書き支援システムのアルゴリズム

SSH/ARH の手書き支援アルゴリズムについて述べる。手書き支援アルゴリズムを以下に示した後に各ステップについて説明する。

- (1) モーションセンサを用いてユーザの腕を認識
- (2) 腕の位置を基準として手本を表示する位置情報を決定
- (3) 3 軸加速度センサを用いて没入型 HMD の傾きを検出
- (4) 没入型 HMD の傾きから手本の表示する姿勢情報を決定

- (5) ステレオカメラの映像に (2) および (4) で決定した位置情報および姿勢情報によって手本を重畳表示した映像を生成
- (6) (5) で生成した映像を HMD に投影

ステップ (1), (2) には, SSH/ARH では, モーションセンサを用いてユーザの腕を認識する. そして, ユーザの利き手とは異なる手の甲を基準位置とし, 文字画像を表示する位置情報として決定する. 例えば, ユーザが右手で文字を書く場合は紙を抑える左手の甲部分を基準とし, そこから右に約 10 cm 平行移動した位置に手本を表示する.

ステップ (3), (4) では, 3 軸加速度センサを用いて HMD の傾きを検出することでユーザの頭の傾きを推測する. z 軸に対する頭の傾きにに応じて表示する文字画像の z 軸の傾きを式 1 を用いて変更することで姿勢情報を決定する.

$$\theta = 90 - \phi \quad (1)$$

θ : z 軸に対する手本の傾き [deg]

ϕ : z 軸に対する頭の傾き [deg]

ステップ (5), (6) では, ステレオカメラの映像にステップ (2), (4) で決定した位置情報および姿勢情報によって手本を重畳表示させた映像を生成する. そして, その映像を HMD に投影する. これによって, 現実の空間に手本となる文字が表示され, 手書きを支援することが可能となる.

4. 検証実験

4.1 実験概要

SSH/ARH を用いて筆記した文字の綺麗さと精度について検証するために被験者実験を行った. 被験者は 20~23 歳の学生 8 名とした. 実験を行う前に, 没入型 HMD による拡張現実慣れるため約 10 分間没入型 HMD を装着し, 自由に文字や図を筆記した後, 実験を行った.

手本となる文字のフォントには, フリー手書き風フォント「隼文字 B」を採用した. また, 文字を書く上で必要な技術として側 (点), 勒 (横画), 努 (縦画), (はね), 策 (右上がりの横画), 掠 (左はらい), 啄 (短い左はらい), 磔 (右はらい) がある. この全てを兼ね備えた文字として「永」があり, 永字八法と呼ばれている. 永字八法を図 2 に示す. 本実験では手本となる文字として「永」を採用した.

4.2 実験環境

使用機器は, 没入型 HMD として Oculus VR 社の Oculus Rift DK2, 3 軸加速度センサとして Oculus Rift DK2 に内蔵されている 3 軸加速度センサ, モーションセンサとして Leap Motion 社の Leap Motion, ステレオカメラとし



図 2 永字八法



図 3 Leap Motion を装着した Oculus Rift DK2

て Leap Motion に内蔵されている赤外線画カメラである. Leap Motion を Oculus Rift DK2 の前面に装着し, それらを制御用コンピュータに接続した. Leap Motion を装着した Oculus Rift DK2 を図 3 に示す. また, 実験環境を図 4 に, 実験風景を図 5, 没入型 HMD に投影した画像を図 6 示す.

4.3 実験手順

SSH/ARH による文字精度の検証実験の手順について述べる. 何も見ずに筆記した文字, SSH/ARH を用いて筆記した文字, 手本となる文字画像を印刷して模写した文字 (以下, 手本を模写) の綺麗さを主観により判断することで文字の綺麗さを検証する. また, 何も見ずに筆記した文字, SSH/ARH を用いて筆記した文字, 手本を模写した文字と手本となる文字の一致率比較することで文字精度を検証する.

それらを検証するために被験者実験を行った. 初めに, 被験者は手本は見ずに「永」を筆記した. その後, SSH/ARH を用いた筆記と手本を印刷した紙の模写の 2 パターンで「永」を筆記した. そして, この 2 パターンの順番をランダ



図 4 実験環境



図 5 実験風景

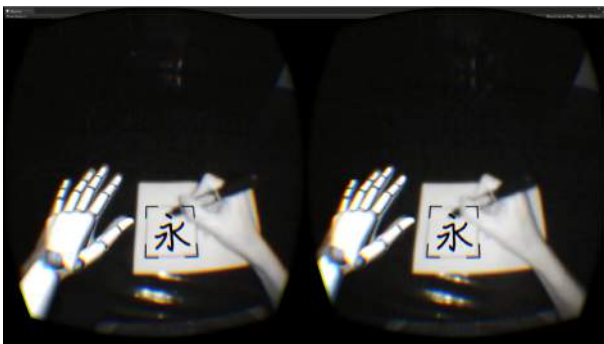


図 6 没入型 HMD に投影した画像

ムに、それぞれ 10 回ずつ合計 20 回筆記した。その後、被験者が筆記した 21 枚全ての文字の綺麗さに対して、被験者自身の主観で「とても綺麗」、「綺麗」、「やや綺麗」、「どちらでもない」、「やや汚い」、「汚い」、「とても汚い」の 7 段階で評価した。最後に、被験者が筆記した 21 枚全ての文字と手本となる文字を比較して一致率を算出した。検証実験の手順を以下にまとめる。

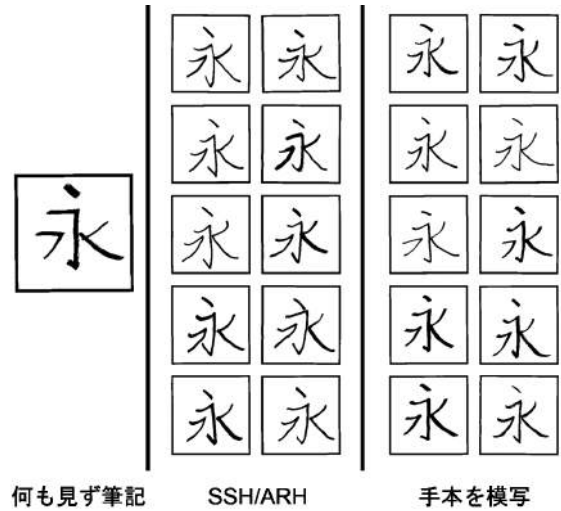


図 7 被験者が筆記した文字の例

- (1) 手本を見ずに「永」を筆記
- (2) SSH/ARH を用いて「永」を筆記
- (3) 手本となる「永」の画像を模写
- (4) (2), (3) の順をランダムに、それぞれ 10 回ずつ合計 20 回筆記
- (5) 全ての文字に対して文字の綺麗さについて被験者の主観で 7 段階で評価
- (6) 全ての文字と手本の文字を比較して一致率を算出

実際に被験者が筆記した文字の一部を図 7 に示す。図 7 は、左から手順 (1) の何も見ずに筆記した文字、手順 (2) の SSH/ARH を用いて筆記した文字、手順 (3) の手本を模写した文字を表している。

4.4 SSH/ARH を用いた筆記と模写の主観的な綺麗さによる評価

SSH/ARH によって筆記した文字の綺麗さを検証するために、何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模写した文字をそれぞれ被験者の主観により評価する。「とても綺麗」を 7、「綺麗」を 6、「やや綺麗」を 5、「どちらでもない」を 4、「やや汚い」を 3、「汚い」を 2、「とても汚い」を 1 とし、綺麗さを数値化して評価を行う。被験者ごとの何も見ずに筆記した文字の綺麗さ、SSH/ARH を用いて筆記した文字の綺麗さ、手本を模写した文字の綺麗さのを図 8 に示す。

図 8 より、被験者 E、被験者 F は何も見ずに筆記した文字をそれぞれ「やや綺麗」、「綺麗」と感じていることがわかる。本システムでは、文字を綺麗に筆記可能なユーザを対象としていないため、何も見ずに筆記した文字を「やや綺麗」、「綺麗」、「とても綺麗」と回答した被験者を除外する。被験者が何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を

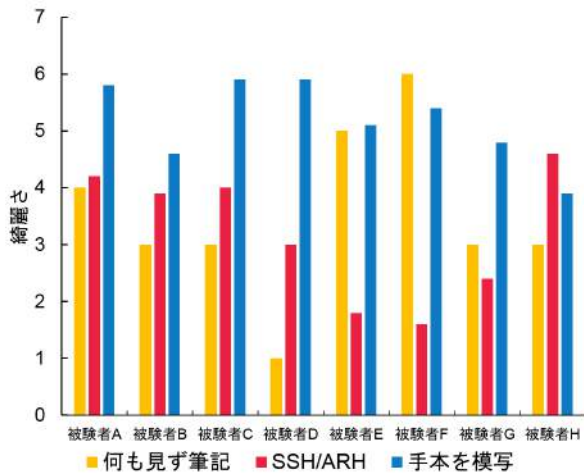


図 8 被験者ごとの各手法による文字の綺麗さ

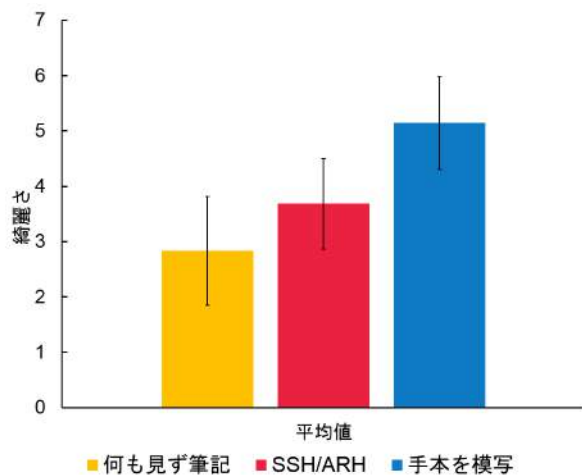


図 9 全被験者の各手法による文字の綺麗さの平均値

用いて筆記した文字、手本を模写した文字の主観による綺麗さを図 9 に示す。何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模写した文字の主観による綺麗さの平均値はそれぞれ 2.83, 3.68, 5.15 である。

図 9 より、何も見ずに筆記した文字と SSH/ARH を用いて筆記した文字の綺麗さを比較すると、SSH/ARH を用いて筆記した文字の方が高い評価となった。このことから、文字の綺麗さに対する支援が可能であるといえる。一方で、SSH/ARH を用いて筆記した文字と手本を模写した文字の綺麗さを比較すると、SSH/ARH を用いて筆記した文字の方が低い評価となった。SSH/ARH では、ステレオカメラ、3 軸加速度センサおよびモーションセンサから収集した情報を処理して没入型 HMD に投影しているため少なからず遅延が生じることにより、文字が汚くなってしまうことが考えられる。また、モーションセンサで腕を認識して手本となる画像の表示位置を決定しているが、腕の認識の際に生じる誤差により手本がずれることも文字が汚く

なる一因であると考えられる。

4.5 SSH/ARH を用いた筆記と模写の正確性による評価

SSH/ARH による正確性の評価を行うために、何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模写した文字と手本となる文字の一致率を比較する。被験者 8 人が筆記した 168 枚の文字をスキャンして画像ファイルに変換した。そして、それらの画像と手本を二値化して、縦横の画素数がそれぞれ 500 px になるようにリサイズした。それらの画像の同じ位置にある画素を比較し、手本の文字画像の画素に対して筆記した文字画像の画素が同じであれば一致画素、異なっていれば不一致画素として一致率を算出した。一致率の算出式を式 2 に示す。

$$CR = \frac{A}{A + D} \quad (2)$$

CR : 一致率

A : 一致画素数

D : 不一致画素数

手本となる文字を図 10 に示す。また、被験者が筆記した文字を図 11 に示す。図 11 に示した文字の一致率を算出するために、手本となる文字と被験者が筆記した文字を重ねた画像を図 12 に示す。

図 12 において、赤い部分は一致画素を示し、青い部分は不一致画素を示す。この場合、一致画素数が 3877、不一致画素数が 8501 となり一致率は 0.313 となる。

被験者ごとの何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本となる文字を模写した文字の一致率を図 13 に示す。

図 13 より、何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模写した文字のそれぞれの平均値は 0.432, 0.463, 0.514 であり、どの手法においても一致率が高くないといえる。一致率を算出する方法として画像を画素毎に比較しているため、文字の形が整っていても文字の位置がずれていると著しく一致率が下がってしまうことが一因であると考えられる。図 12 では、被験者が筆記した文字の形は整っているように見えるが、手本の文字と比較するとやや左下にずれているので一致率が低い。そこで、最も一致率が高くなるように手本を移動することで補正を行う。このとき、手本の文字は枠に重なる限界まで上下左右に移動する。一致率が最大となるように文字を移動することを位置補正とする。位置補正後における、被験者ごとの何も見ずに筆記した文字の一致率、SSH/ARH を用いて筆記した文字の一致率、手本を模写した文字の一致率の平均を図 14 に示す。

図 13, 図 14 より、位置補正を行うことで何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模



図 10 手本となる文字



図 11 被験者が筆記した文字

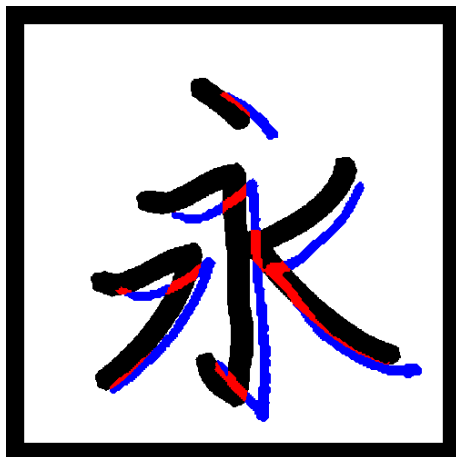


図 12 図 10 と図 11 を重ね合わせた画像

写した文字の全てにおいて一致率が大幅に高くなった。このことから、正確に文字が筆記できていても位置がずれていることが考えられる。本システムでは、文字を綺麗に筆記可能なユーザを対象としていないため、何も見ずに筆記した文字を「やや綺麗」、「綺麗」、「とても綺麗」であると回答した被験者を除外する被験者が何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模写した文

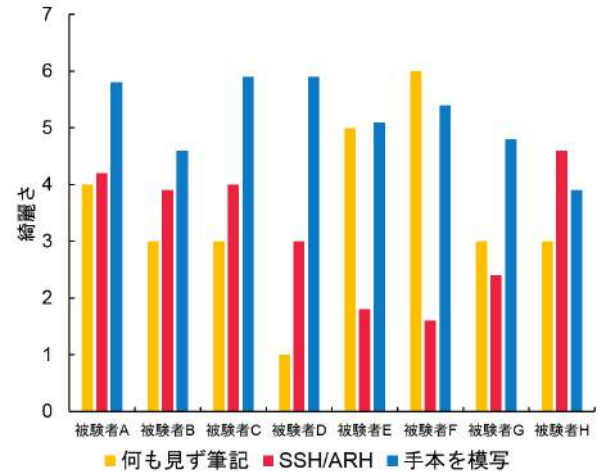


図 13 被験者ごとの各手法による文字の一致率

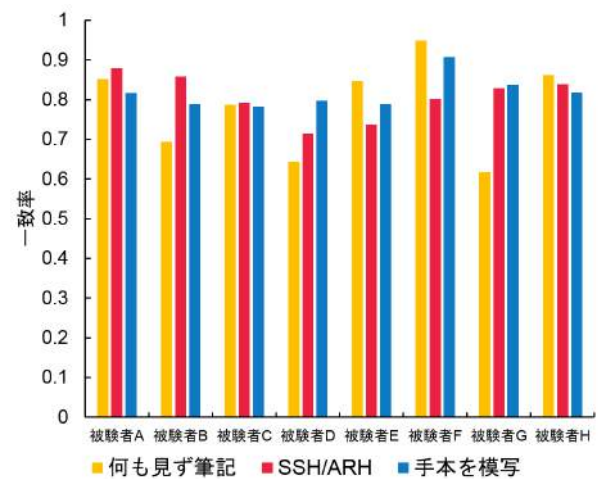


図 14 位置補正後における被験者ごとの各手法による文字の一致率

字の一致率を図 15 に、偏差値を図 16 に示す。何も見ずに筆記した文字、SSH/ARH を用いて筆記した文字、手本を模写した文字の主観による綺麗さの平均値は 0.743, 0.819, 0.807, 標準偏差はそれぞれ 0.106, 0.059, 0.021 である。

図 15 より、何も見ずに筆記した文字と SSH/ARH を用いて筆記した文字の一致率を比較すると、SSH/ARH を用いて筆記した文字の一致率の方が高い。また図 16 より、何も見ずに筆記した文字と SSH/ARH を用いて筆記した文字の一致率の標準偏差を比較すると、SSH/ARH を用いて筆記した文字の一致率の標準偏差の方が小さい。このことから、SSH/ARH を用いることでばらつきなく、安定して正確な文字の筆記を支援可能であるといえる。一方で、SSH/ARH を用いて筆記した文字と手本を見ながら模写した文字の一致率は同等であるが、標準偏差を比較すると SSH/ARH を用いて筆記した文字の方が標準偏差が大きい。これは、SSH/ARH では、各センサから収集した情報を処理して没入型 HMD に投影するまでの遅延やモーションセ

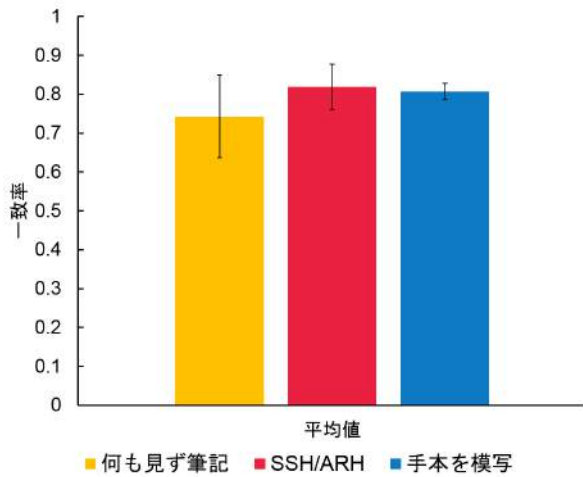


図 15 位置補正後における全被験者の各手法による文字の一致率の平均値

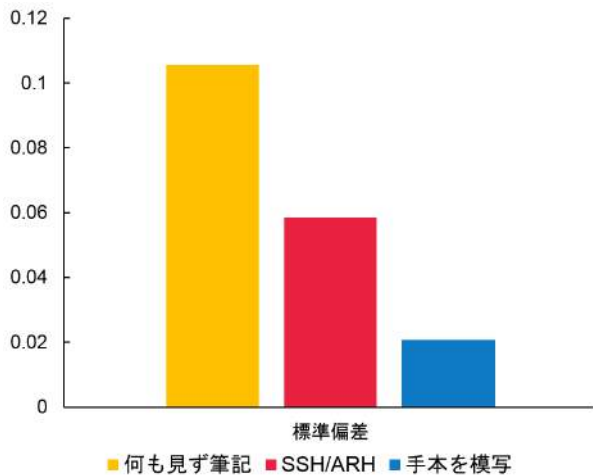


図 16 位置補正後における全被験者の各手法による文字の一致率の標準偏差

ンサで腕を認識する際に生じる誤差により手本画像がずれることによりばらつくことが原因であると考えられる。

5. 結論

本稿では、手書き離れにより正確な漢字が書くことができない、綺麗な文字が書くことができないといった問題を解決するためのシステムとして、HMDを用いた拡張現実により文字を重畳表示することで一時的に文字を上手に筆記できるシステム Support System for Handwriting by Augmented Reality using HMD(SSH/ARH)を提案した。SSH/ARHは、没入型HMDにステレオカメラ、モーションセンサ、3軸加速度センサを装着し、制御用コンピュータに接続することによって構成した。

SSH/ARHでは、没入型HMDを用いた拡張現実を用いることでユーザの両腕が自由な状態での筆記を可能とした。また、モーションセンサを用いて利き腕とは逆側の腕をトラッキングすることで、その腕の位置を基準とし重畳

表示する画像の位置情報を決定した。そして、3軸加速度センサを用いることで頭の傾きを基準として違和感なく見えるように重畳表示する画像の姿勢情報を決定した。

SSH/ARHを用いて筆記した文字の主観的な綺麗さと正確性による評価を行うため、学生8名を被験者として検証実験を行った。被験者は筆記した全ての文字の綺麗さに対して、7段階で評価を行った。また、被験者が筆記した全ての文字と手本となる文字を比較することで一致率を算出し評価を行った。その結果、SSH/ARHを用いることで安定してバランスよく綺麗な文字の筆記を支援可能であることがわかった。一方、SSH/ARHを用いて筆記する場合、手本を見ながら模写するときより綺麗に筆記することができず、またばらつきが生じていることがわかった。これらは、SSH/ARHを用いる場合、各センサから収集した情報を処理して没入型HMDに投影するまでの遅延やモーションセンサで腕を認識する際に生じる誤差が原因であると考えられる。

本稿では手本となる文字として漢字の「永」を用いたが、今後はひらがなや記号、アルファベットに対しても検証実験を行いたい。また、本稿では1文字に対する評価を行ったが、複数文字に対して評価を行いたいと考えている。その際には、文字の形に対する評価だけでなく、文字の位置や大きさの関係も評価する必要があると考えられる。文字の形に対する評価指標として一致率を採用したが、今後は文字の特徴点による評価などより効果的な評価指標を設けたい。また、SSH/ARHを用いたアプリケーション実装しユーザビリティ評価を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] 文化庁. 平成25年度「国語に関する世論調査」の結果の概要. 2013.
- [2] Cohn G., Morris D., Patel S., and Tan D. Humantenna: Using the body as an antenna for real-time whole-body interaction. *CHI 2012*, pp. 1901–1910, 2012.
- [3] Gupta S., Morris D., Patel S., and Tan D. Soundwave: Using the doppler effect to sense gestures. *CHI 2012*, pp. 1911–1914, 2014.
- [4] Harrison C., Tan D., and Morris D. Skinput: Appropriating the body as an input surface. *CHI 2010*, pp. 453–462, 2010.
- [5] Yamaoka J. and Kakehi Y. depedd: Augmented handwriting system using ferromagnetism of a ballpoint pen. *UIST 2013*, pp. 203–210, 2013.
- [6] 桂誠一郎, 松井綾花. モーションコピーシステムに基づく筆記動作における教育システムの構築. *インタラクシオン 2013*, Vol. 2013, No. 1, pp. 347–351, 2013.
- [7] 村中徳明, 徳丸正孝, 今西茂. ペン習字(筆記学習)支援システム: 道筆用動画手本の教育効果. *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 105, No. 632, pp. 151–156, 2006.
- [8] Yamada K. and Takahashi M. Support system for handwriting using projector. *SICE 2011*, pp. 2869–2872, 2011.