

## LSTM を用いた筆記途中からの筆跡補完

Handwriting completion using LSTM

長岩 夏子<sup>†</sup>中井 満<sup>†</sup>

Natsuko Nagaiwa Mitsuru Nakai

## 1. はじめに

近年のペーパーレス化に伴い、電子ペーパーやタブレット端末に直接文字を書き込むことが多くなってきた。しかし、手書きにはキーボード入力のような予測変換機能が備わっていないため、全部筆記するのに時間がかかる。そこで、タブレット端末の情報処理技術を用いた予測変換機能を備えたいと考えた。その予測変換機能には文字の認識・予測・補完のシステム構成が必要である。本研究では筆記量を減らすために文字の補完に着目した。今回は LSTM を用いてタブレットからペンが離れたタイミング（ペンアップ）で筆跡補完を行った結果について報告する。

## 2. データ

JAIST IJPL のオンライン手書き文字データベース [1] のデータセットの「あ」のデータを用いた。およそ 120 人分の筆跡があり、1 人が 1 字または 2 字ずつ書いた文字の筆跡データが含まれている。加えて、液晶ペンタブレット（Wacom One）を用いて取得した「あ」のデータを用いた。筆者 1 人が 5 日間に分けておよそ 50 文字ずつ筆記した。今回はそれぞれ 200 サンプルの文字を使用した。

## 3. 筆跡生成器の構成

筆跡生成器には LSTM (Long Short Term Memory) を用いる。タブレットから得られる筆跡情報として、時刻  $t$  における  $x$  座標移動量、 $y$  座標移動量、画数情報と文字情報を用い、これを入力層に与える。移動量を使う理由は、用いるタブレット端末によって座標値が異なり、それに伴って文字の大きさや位置が異なるためである。画数情報は 1 画目を書いているときは 1、2 画目を書いているときは 2、ペンアップのときは 0 とし、文字情報は字種数の拡張を考慮し、ワンホットベクトルを使用する。例えば「あ」のときは  $(1, 0, \dots, 0)$ 、「い」のときは  $(0, 1, \dots, 0)$  とする。出力層は時刻  $t+1$  における  $x$  座標予測移動量、 $y$  座標予測移動量を出力する。予測した移動量を加算することで座標値となり筆跡が生成できる。

## 4. 評価方法

## 4.1 類似度評価

類似度評価に用いる指標は表 1 に示す 9 つで、ユークリッド距離や曲がり度合いなどの筆画による指標とバランスや縦横比などの文字全体による指標がある。平均文字はきれい [2] であるため、平均文字に対するサンプルの 9 つの指標を計算する。そして、式 (1) を用いて類似度評価 [3] を行う。評価式は似ている文字のときに正、似ていないときに負になるように調整したものである。図 1 に示す個人の平均文字「あ」との類

似度を評価した一例を図 2 に示す。図 2 の赤枠は同じ筆跡同士で類似度評価を行ったときの結果である。つまり評価値が最大値+5.84 に近い値ほど、文字が類似していることになる。

表 1: 評価に用いる指標

$S_p$	ユークリッド距離	$S_c$	曲率の差	$S_l$	筆画の長さの比
$S_{ar}$	筆画の外接矩形の面積比	$S_{as}$	縦横比	$C_p$	全体のユークリッド距離
$C_g$	重心の距離	$C_{as}$	全体の縦横比	$C_b$	全体のバランス

$$S = -0.015 \times S_p - 41.315 \times S_c - 0.284 \times S_l - 0.192 \times S_{ar} - 0.155 \times S_{as} - 0.036 \times C_p - 0.025 \times C_g - 1.751 \times C_{as} - 0.284 \times C_b + 8.506 \quad (1)$$



図 1: 平均手書き文字「あ」(左: 多人数, 右: 個人)

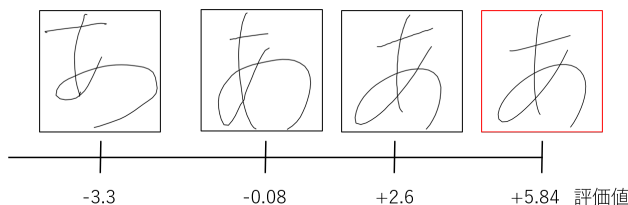


図 2: 類似度評価

## 4.2 可読度評価

可読度評価について述べる。多人数の平均文字 (図 1) に対するサンプルの 9 つの指標 (表 1) を計算し、これらを可読度評価の特徴量に用いる。まず主観評価により、読めない文字は 0、どちらでもない文字は 1、読める文字は 2 の 3 クラスに分けた。被験者 1 人が 1 つのサンプルについて 3 回評価を行ったあと、多数決でクラスラベルを決定した。上記の特徴量を用いて 0 から 2 のクラスを分類するランダムフォレストを学習した。学習した評価分類器の正解率は 87% であり、これを可読度評価に使用した。

## 5. 実験

## 5.1 実験 1: 多人数を対象とした筆跡補完

LSTM の各種パラメータを変えて「あ」の筆跡データの学習を行った。オンライン手書き文字データセットの 200 サンプルのうち学習用に 180 サンプル、評価用に 20 サンプルを使用した。実験を行う際に用いたパラメータを表 2 に示す。学習

<sup>†</sup>富山県立大学, Toyama Prefectural University

回数を 1 万回とし、チェックポイントごとに学習モデルを保存した。チェックポイントは表 2 に示す学習回数するときである。保存した学習モデルから生成した筆跡の可読度評価を行った。結果、表中の\*のパラメータで学習回数が 70 回するとき、最も多く読める筆跡が補完できた。まず、1 画目の筆跡から 2~3 画目を生成した文字を図 3 に示す。黒線は入力筆跡、赤線が予測生成した筆跡である。20 個中、読める文字は 8 個であった。同様に 1~2 画目の筆跡から 3 画目を生成した結果は図 4 であり、読める文字は 15 個であった。以上のことから、LSTM を用いると最大で 2 分の 1 の割合で読める筆跡が補完できることがわかった。

表 2: LSTM のパラメータ条件

ノード数	64, 128, 256, 512*
中間層	1*, 3, 5
学習回数	10, 20, 30, ..., 90, 100, 200, 300, ..., 900, 1000, 2000, 3000, ..., 10000
バッチサイズ	10

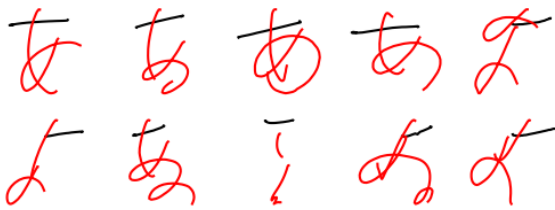


図 3: 1 画目筆記 2~3 画目生成 (多人数)



図 4: 1~2 画目筆記 3 画目生成 (多人数)

## 5.2 実験 2: 個人を対象とした筆跡補完

実験 1 で読める文字の個数が最多となった LSTM の各種パラメータで「あ」の筆跡データの学習を行った。使用したデータは液晶ペンタブレットで 1 人が書いた筆跡データで、200 サンプルのうち学習用に 180 サンプル、評価用に 20 サンプルを使用した。1 画目の筆跡から 2~3 画目を生成した結果は図 5 であり、読める文字は 19 個であった。黒線は入力筆跡、赤線は予測生成した筆跡である。1~2 画目の筆跡から 3 画目を生成した結果は図 6 であり、読める文字は 19 個であった。

次に、補完された文字の中で読めると評価された文字と筆記者の平均文字 (図 1) の類似度を式 (1) で評価した。平均文字は個人の筆跡データ 200 サンプルの平均である。類似度評価の結果を図 7 に示す。最大値は+3.7、最小値は+1.3、平均は+2.5 となった。よって、筆記者の文字に類似していると

考える。以上のことから、実験 1 で決定した LSTM の各種パラメータを用いて学習を行うと 95% の割合で読める筆跡が補完でき、補完された文字は筆記者の文字と類似していることがわかった。

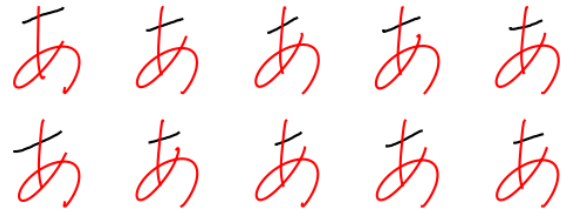


図 5: 1 画目筆記 2~3 画目生成 (個人)



図 6: 1~2 画目筆記 3 画目生成 (個人)

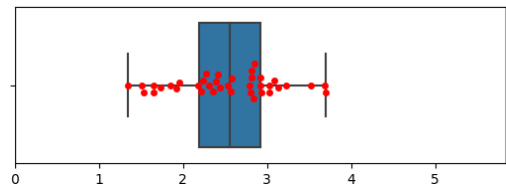


図 7: 類似度評価の結果

## 6. まとめと今後

LSTM を用いて「あ」の筆跡補完を行い、ランダムフォレストによる可読度評価を用いて生成した文字の評価を行った。多人数での利用を想定して、120 人の筆跡データでシステムを学習し、筆跡の補完を行った。その結果、2 分の 1 の割合で文字が生成できることが分かった。また、個人利用の場合には筆記者本人のサンプルだけでシステムを学習し、筆跡の補完を行った。そのあと、補完された文字と筆記者の文字の類似度評価を行った。その結果、ペンアップのあとに続けて、筆記者の筆跡らしい文字を生成できることが分かった。今後はデータの拡張を行ってデータ数を増やし、学習を行う必要があると考える。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 21K11998 の助成を受けて行った。

## 参考文献

- [1] 秋良直人, 中井満, 下平博, 嵯峨山茂樹 “ストローク HMM を用いたオンライン非目視手書き文字認識の性能評価,” 信学技報, PRMU2000-36, pp.9-16, 2000.
- [2] 中村聡史, 鈴木正明, 小松孝徳, “ひらがなの平均手書き文字は綺麗,” 情処学論, Vol.57, No.12, pp.2599-2609, 2016.
- [3] 新納真次郎, 中村聡史, 鈴木正明, 小松孝徳, “ひとの評価にあった手書き文字の類似度評価手法の提案,” 情処学 HCI 研報, Vol.2019-HCI-181, No.24, pp.1-8, 2019.