

加速度センサを用いた空中手書き文字認識

Aerial Handwritten Character Recognition using an Acceleration Sensor

中井 満[†]米澤 久光[‡]

Mitsuru Nakai, Hisamitsu Yonezawa

1. はじめに

情報端末を利用するユーザ・用途の多様化に伴ない、様々な入力インタフェースが開発されてきた [1]。空中での手書き入力もその一つである。これまでにビデオカメラで撮影した指の動作を処理する方法 [2] や指先にセンサを装着して動きを検出する方法 [3] などがあり、我々も文字を指書きするときの指の位置座標を磁気センサで計測して認識する手法を報告した [4]。本研究では、どこでも筆記できるよう、持ち運びが容易な加速度センサ内蔵型の筆記具を用い、空中で筆記した文字を認識することを目的とする。

2. 空中手書き文字サンプル

3軸加速度センサ (ANALOG DEVICES inc. ADXL330) を内蔵する Nintendo Wii のリモートコントローラ RVL-003 を筆記具に用いる。これを握り、手首を振って空中に書いた文字の信号を無線 (Bluetooth) でパソコンに送信し、保存した。自然な書き方となるように筆記中はボタン操作を行なわないが、一文字を切り出すため、文字を書く前に A ボタン、書き終えた後に B ボタンを押すことにした。図 1 は文字「あ」を筆記したときの 3 軸の加速度信号である。A ボタンを押すと同時に書くべき文字を提示したので、開始の 0.4 秒程度は文字を書く準備の動作である。x 軸が水平方向、z 軸が垂直方向であり、信号には重力加速度が加わっている。y 軸は筆記具の前後方向で、体から遠ざかる向きに正である。手首を水平にして握ると筆記具の前方がやや上向きになるので、静止状態でも負の加速度が観測される。また、書き終えた後の B ボタンを押すタイミングが早すぎると、図 1 のように手書き信号の終端が欠ける。図 2 は「あ」～「お」の 5 文字それぞれの加速度信号を 2 回積分したものであり、x-z 平面での筆跡を可視化したものである。筆記の初速と終速を 0 に、筆記の始点と終点を原点に仮定して積分したので、正確に再現したものではないが、運筆方向などの情報が正しく得られることが分かる。

実験用に 1 名の筆記者から、平仮名 71 字種、各字種 80 文字の計 5,680 文字の空中手書き文字を収集した。なお、サンプルの収集時期や筆記具の握り方の影響を調べるため、以下の順に条件を変えて収集した。

- 学習用サンプル：15 文字 / 字種
- 評価用サンプル
 - 学習用と同日に収集：5 文字 / 字種
 - 後日、5 日間に渡って収集：5 文字 / 字種
 - 筆記具を 90 度回転：20 文字 / 字種
 - 筆記具を 180 度回転：15 文字 / 字種
 - 筆記具を 270 度回転：20 文字 / 字種

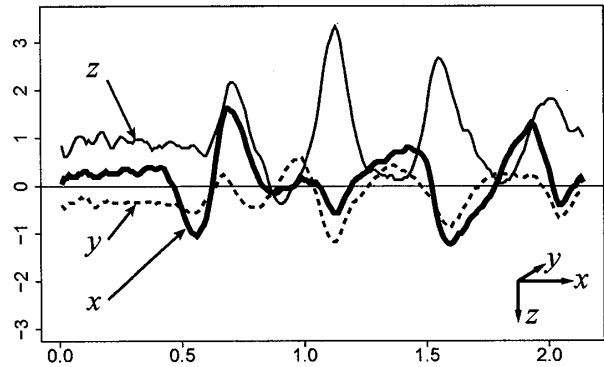
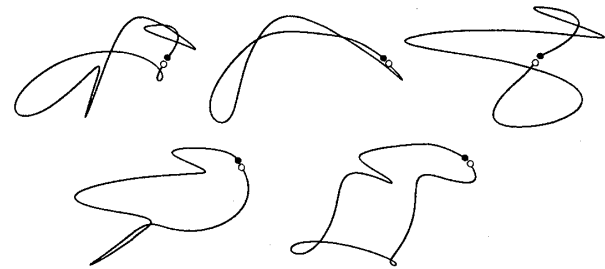


図 1: 文字「あ」の 3 軸加速度信号

図 2: 空中で筆記した文字：●が始点，○が終点である。
(上段:「あ」「い」「う」, 下段「え」「お」)

3. 空中手書き文字認識の原理

既報 [4] で設計した平仮名認識用のサブストローク HMM を用いて空中手書き文字を認識する。

3.1. 手書き文字特徴量

10 ミリ秒間隔で加速度信号をサンプリングする。書き始めから書き終わりまでの平均加速度がほぼ重力加速度になると仮定して、座標系の回転補正をかけた後、重力加速度を除いたものを加速度特徴量とし、これを積分したものを速度特徴量として用いる。

3.2. 文字構造辞書

漢字手書き文字認識では 8 方向の方向線分を基本とした 25 種類のサブストローク HMM をモデル化し、これを連結して漢字のモデルを定義した [5]。本研究では平仮名を対象とし、約 40 種類の曲線的な基本モデルを定義して文字構造辞書を作成した [4]。例えば、「さ」は「き」の文字部品であり、「き」の 1～2 画目も「さ」の 1 画目の繰り返しとして定義できる。したがって、「さ」の学習サンプルがあれば「き」の認識も可能である。文字毎に HMM を学習した場合と比べると、モデルの合計サイズは約 3 割程度に削減できた。

[†]富山県立大学, Toyama Prefectural University.[‡]富山県立大学卒業生.

表1: 特徴量と認識率 (%)

	速度特徴量	加速度特徴量
3軸 (x, y, z)	84.6	89.4
2軸 (x, z)	85.7	93.2

表2: 筆記時期の違いと認識率 (%)

	学習試料と同日	後日に筆記
回転補正あり	98.9 (± 1.2)	96.3 (± 2.4)
回転補正なし	95.8 (± 4.1)	76.6 (± 23.2)

表3: 回転補正と認識率 (%)

	筆記具の回転角度			
	0°	90°	180°	270°
回転補正あり	97.6	94.3	90.1	92.3
回転補正なし	86.2	2.0	3.5	2.0

3.3. 文字部品・画間・書き始め・書き終わりモデル

文字部品を left-to-right 型の連続分布型 HMM で個別にモデル化する。HMM の状態数については、各々の文字部品の平均筆記時間に比例して割り当てることにしたが、空中筆記では部品のラベリングが難しいので、ペンで書いた文字データベースを基に算出した。また、画間の移動も一筆書きとして観測されるので、画と同様にこれを多状態の HMM でモデル化した。文字の書き始め前と書き終わり後に見られる余分な筆跡は 1 状態 4 混合の GMM (混合正規分布モデル) でモデル化し、全ての字種で共有した。

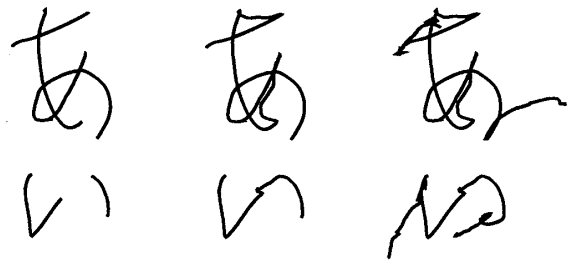
4. 空中手書き文字認識実験

4.1. 特徴量の比較

2 節の評価用サンプルより、正しい持ち方で書かれた 10 文字 / 字種の計 710 文字を用いて、加速度特徴量と速度特徴量の比較を行った。筆跡位置座標が得られるペンタブレットや磁気センサを用いた場合 [4, 5] には座標差分を速度として用いたが、本研究では原信号が加速度であるので、積分することで速度特徴量を抽出した。結果は表 1 の通りである。文字構造辞書や HMM の状態数は速度特徴量に向けて設計したものであったが、加速度特徴量に対しても良好であることが分かった。速度特徴量での認識率が低いのは、積分による速度が正しく得られていないものと考えられる。また、文字を認識する上では 2 軸の情報だけで十分であることも分かった。この結果より、以降の実験では 2 軸加速度特徴量を用いて評価することにする。

4.2. 回転補正の効果について

空中では筆跡が残らないので、判読可能な字形であるか、正しい向きに書かれているかを確認しないで書くことになる。常にセンサの向きが同じになるように意識して書いたとしても若干の傾きは生じる。4.1 節の実験結果について、学習サンプルと同じ日に収集したサンプルと、日を改めて収集したサンプルに分類して認識率を算出したものを表 2 に示す。71 字種を 1 文字ずつ書くことを 1 セットとして、5 セットの認識率の標準偏差を括弧書きで記した。同日に収集したサンプルは 5 セット収集する間もほとんど休憩を挟まなかったため、センサの持ち方が安定していた。一方、後日に収集したサンプルは 5 日間



(a) 原筆跡 (b) 疑似一筆書 (c) 疑似空中筆記

図 3: 疑似空中手書き文字データ

表4: 疑似空中手書き文字の認識率 (%)

	速度特徴量	加速度特徴量
原筆跡	96.3	92.1
疑似一筆書き	96.5	87.8
疑似空中筆記	88.1	64.5

(1 セット / 日) に渡って収集したものであり、回転補正をしなければ、日によっても認識率は大きく変動する。

参考までに、センサを y 軸のまわりに 90° 刻みで回転させて収集した文字サンプル (各 15 セット ~ 20 セット) を用い、回転補正が正しく行われていることを確認した (表 3)。

4.3. 疑似空中手書き文字による多数筆記者評価

JAIST IJPL 手書き文字データベースより、61 名分の筆記サンプルを用いて評価実験を行った。ペンタブレットで筆記したものであり、図 3(a) が原筆跡である。これらに画間移動の筆跡を加えたものを疑似一筆書きとし、さらに始端と終端にランダムに筆跡を加えたものを疑似空中筆記とする。学習には 30 名、評価には残りの 31 名を使用した。結果を表 4 に示す。筆跡位置座標が正しく得られている場合には、速度特徴量の方が良好であることが分かった。

5. おわりに

加速度信号を特徴量とし、文字が実空間の上下左右に対して正しい向きに書かれていることを前提に、重力方向への回転補正をかけることで認識率を改善した。今後はセンサの回転のみならず、文字そのものが傾いて書かれた場合などについても検討する。

謝辞 本研究は平成 20 年度シーズ発掘試験の課題として行った。

参考文献

- [1] 下平, 中井, 他, “ウェアラブル環境を想定した視覚障害者用オンライン手書き文字入力インタフェース,” 信学技報, WIT2002-71 (2003-03)
- [2] 園田, 村岡, “空中での手書き文字入力システム,” 信学論, vol.J86-D-II, no.7 (2003-07)
- [3] 西田, 苗村, “ビデオカメラを利用した空中非目視手書き文字入力方法,” 信学技報, ITS2005-67 (2006-02)
- [4] 中井, 他, “文字区間の不明瞭な空中手書き文字の認識,” FIT2008 (2008-09)
- [5] 中井, 他, “サブストローク HMM を用いたオンライン手書き文字認識,” 信学論, vol.J88-D-II, no.9 (2005-09)