

## 楽な姿勢による空中手書き文字認識

### Aerial Handwritten Character Recognition in a Comfortable Position

川端 凌平<sup>†</sup>中井 満<sup>†</sup>

Ryohei Kawabata Mitsuru Nakai

#### 1. はじめに

スマートフォンの文字入力には、ソフトウェアキーボードを押す方法、ディスプレイに手書きする方法、音声認識を使う方法などがある。手がふさがっている場合は音声認識を用い、人に聞かれない場合はソフトウェアキーボードやディスプレイで入力するなど、場合に応じて使い分けている。これらに加わる入力手段として空中手書き入力の研究が行われている [1, 2, 3]。これまでの研究の筆記方法では腕を水平に伸ばし、大きく書いていた。しかしこの書き方では腕が疲れ、長い文章の筆記には向かない。そこで、本研究では楽な姿勢で書く空中筆記システムの構築を目的とし、小さなモーションで筆記した時の認識率の改善を目標とする。

#### 2. 空中手書き文字認識システムの原理

本研究では、筆記具に 3 軸の加速度センサと角速度センサが内蔵された任天堂の Wii リモコンを用いる。筆記具の座標系と空中筆記の様子を図 1 に示す。 $xz$  平面は筆記面、 $y$  軸がペン先方向である。空中手書き文字認識システムの構成を図 2 に示す。筆記具から 10 ミリ秒間隔でサンプリングして得られる加速度信号と角速度信号をもとに文字を認識する。信号には重力加速度が加わっているため、文字毎に加速度信号の平均を原点に移動して除去する。また、筆記具を振る勢いによって加速度信号の大きさが変わる。筆記面は主に並進加速度、ペン先方向には遠心加速度が加わるので、 $xz$  平面と  $y$  軸に分けて、それぞれの加速度の大きさの平均が 1 になるように正規化の処理を行う。角速度信号にも同じ前処理をし、合わせて 6 次元の特徴量とする。

本研究では認識手法として、一筆書き文字 HMM (Hidden Markov Model) を用いる。この認識手法は文字の崩れに強いので、空中に一筆書きで書かれる文字の認識に適している。あらかじめ文字別に学習した一筆書き文字 HMM を用いて尤度計算を行い、HMM の尤度が最大になる文字を認識結果として出力する。

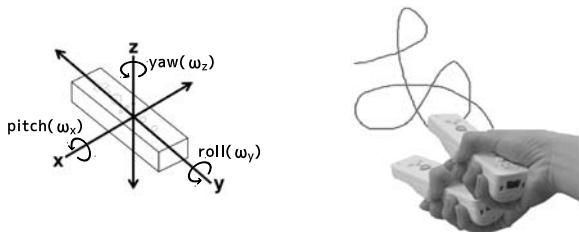


図 1: 左: 筆記具の座標系, 右: 空中筆記 (筆跡は見えない)

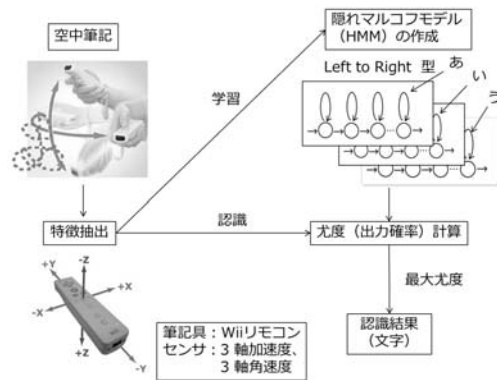


図 2: 空中手書き文字認識システム

#### 3. データ収集

8 人の被験者に、楽な姿勢で空中に文字を書いてもらった。実験条件は壁向きに大きく、壁向きに小さく、床向きに小さく、それぞれデータ収集した。筆記対象はひらがな 71 文字種であり、各文字種を 1 文字ずつ筆記したものを 1 セットとした。壁向きに大きく書いたデータを 6 セット、同様に壁向きに小さく書いたデータを 8 セット、床向きに小さく書いたデータを 10 セット収集した。それぞれの筆記の様子を図 3 に示す。壁向きに小さく筆記する場合は椅子の肘掛けに腕を置き、床向きに小さく筆記する場合は腕を下ろして手首が動く範囲で筆記するように指示した。ひらがなの書き順は統一した。

空中に書いている手の動きを Kinect センサで追跡して文字の大きさを測ると、小さく書いた文字は大きく書いた文字と比べて横幅が 0.45 倍、縦幅が 0.41 倍くらいであった。また、8 人の筆記者の筆記面積の標準偏差はそれぞれの条件の平均を 1 として、壁向きに大きく書いた場合は 0.658、小さく書いた場合は 0.341 だった。このことから、筆記者毎に文字の主観の大きさにはばらつきがあるため、正規化の処理が重要となる。



図 3: 左: 壁向きに大きく書いた場合, 中: 壁向きに小さく書いた場合, 右: 床向きに小さく書いた場合

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

4. 空中手書き文字認識実験

8 人の空中筆記データを用い、不特定筆記者の文字認識実験を行った。この認識実験では評価筆記者以外の 7 名のサンプルを学習に用い、交差確認した。また、学習と評価の筆記条件は同じにした。表 1 は最も認識率が高かった筆記者と最も認識率が低かった筆記者の結果を表している。どの条件でも認識率には大きな差がある。特に床向きに筆記した場合の認識率が低いことが分かる。この原因は筆記者毎に筆記具のペン先方向や握り方が異なるからだと考えられる。

そこで、床向きの筆記において、ペン先が真下に対してどのくらい傾いていたかを調べた。表 2 は各筆記者の平均の傾きである。認識率が高かった順に筆記者 A~H とする。表 2 より、筆記していた方向は筆記者によってばらつきがあることが分かった。筆記者 C, E, H は同じ向きに向けて筆記していたが次の節の図 6 に示すように、認識率には大きな違いがある。また、筆記者 C は筆記具をペンを持つような持ち方で、その他の筆記者はリモコンを握るように持っていた。

表 1: 文字認識率 (%)

	最高(筆記者)	最低(筆記者)
壁向きに大きく	96.5 (B)	58.4 (F)
壁向きに小さく	90.9 (B)	50.7 (H)
床向きに小さく	80.8 (A)	31.9 (H)

表 2: 筆記者毎のペンの向き (床向きを 0° とする)

筆記者	A	B	C	D	E	F	G	H
ペン先の角度	31	14	9	34	9	33	24	14

5. 回転補正を加えた認識実験

筆記具の握り方が異なるとセンサは y 軸まわりで回転するので、図 4 のように筆記面 (xz 面) の回転補正が必要である。また、ペン先方向が傾いている場合は、図 5 のような yz 面の回転補正が必要である。

そこで、文字の上下が重力方向に沿って書かれているとし、加速度信号に重畳している重力加速度で傾きを補正する。もし書き始めと書き終わりが静止状態ならば、一文字を筆記した時の平均加速度は重力加速度と考えてもよい。この重力加速度の成分が鉛直下向きになるように座標系を回転した。回転補正は筆記面、ペン先方向の順に行った。実験条件は 4 節と同じであり、床向きの筆記について評価する。図 6 は 4 節の実験結果に筆記面のみ回転補正した場合と、筆記面とペン先方向の両方の回転補正を加えた場合の結果を加えた。筆記者 C を除き筆記面の回転補正は効果があることが分かった。さらにペン先方向の回転補正を加えるとわずかであるが改善した。筆記者 C の認識率が悪くなった原因は、ほぼ真下を向けつつも、脇を少し開いた角度であったため、重力加速度が文字の横方向にかかったからである。センサ座標系の筆記面では正しい向きであったが、回転補正によって 90° 回転してしまったのが原因である。

6. まとめ

床向きに筆記する場合は筆記者毎の筆記方向の特徴の違いによって認識率が大きく変動する。これに対して回転補正で対

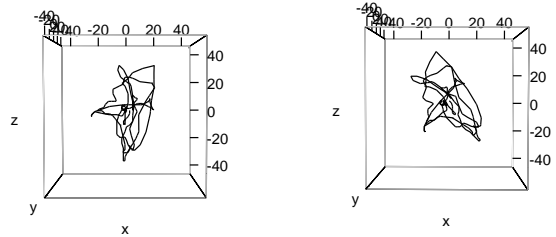


図 4: 文字「あ」の加速度信号の xz 面の軌跡 (左: 回転補正なし, 右: 筆記面の回転補正あり)

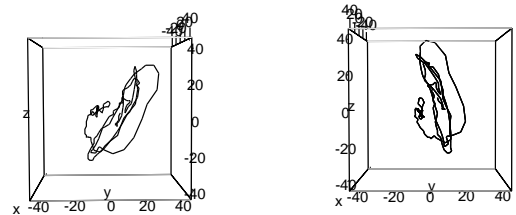


図 5: 文字「あ」の加速度信号の yz 面の軌跡 (左: 回転補正なし, 右: ペン先方向の回転補正あり)

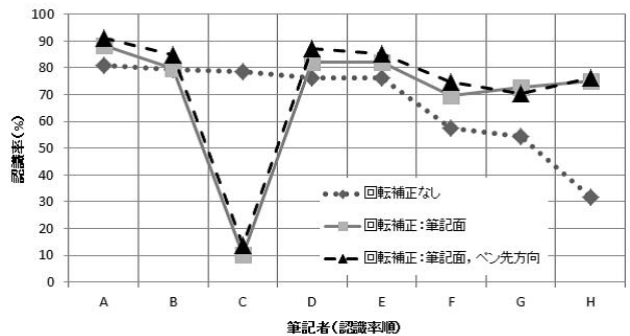


図 6: 認識結果 (筆記者別)

処した。今後は筆記者 C のように重力加速度が真横にかかっていた場合の処理をどう行うか検討する必要がある。また、楽な姿勢で筆記すると、筆記者毎にペン先方向の違いが生じるため、ペン先の向きの違いに頑健な特徴抽出を検討する必要がある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24500151 の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] 田中 他, “ウェアラブル加速度センサを用いた動作認識による周辺機器操作のアーキテクチャの提案と実証,” 信学技報, USN2010-16, (2010-07)
- [2] 江崎 他, “加速度情報を用いた空書文字の認識-Wii リモコンによる文字入力手段の提案-,” 画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2010, (2010)
- [3] 中井, 米澤, “加速度センサを用いた空中手書き文字認識,” 情報科学技術フォーラム (2009-09)