

H-059

## 加速度センサと角速度センサを利用した空中手書き文字認識

Aerial Handwritten Character Recognition using an Acceleration Sensor and Gyro Sensor

松木 一穂<sup>†</sup>      中井 満<sup>†</sup>  
Kazuho Matsuki,   Mitsuru Nakai

### 1. はじめに

携帯電話などのようなキーの少ない小型機器の文字入力インタフェースの一つとして、空中手書き文字認識の研究が行われている。本研究では、3軸の加速度センサを用いて筆記し、特定筆記者に対しては十分な認識率を得ることができた [1]。また、1文字毎の加速度の大きさの平均によるスケールの正規化を行うことにより不特定筆記者に対しても認識率を向上させることができた [2]。しかし、加速度センサの座標系で軌跡をとらえているため、手首のひねりなどにより、意図した筆跡とは別の筆跡としてとらえられる恐れがある。そこで、本研究では筆記具の回転を角速度センサで検出し、認識に利用することを検討した。

角速度センサから得られる信号の利用法として次の2通りがある。まず、得られる角速度信号を直接、特徴量として用いる方法である。次に、角速度信号を用いて加速度に対して補正をかける方法である。前者の方法として角速度特徴量のみと加速度特徴量のみで認識比較実験を行ったところ、加速度特徴量を用いた方が良好であった。そこで本研究では角速度センサを用いて加速度センサの座標系から実空間の座標系に変換することでひねりを補正し、認識率の向上を目指す。

### 2. 空中手書き文字認識の構成

空中手書き文字認識は、筆記具より得られる時系列パターンの認識である。本研究では認識手法として、HMM (Hidden Markov Model) を用いる。この手法は文字の崩れに強いため、空中に一筆書きで書かれる文字の認識に適している。約40種類の曲線的な基本 HMM を組み合わせてモデル化を行うが、ペンの上げ下げのない一筆書きの文字であるので、これに書き始め、画間、書き終わりを表す HMM を追加し、連結学習を行うことで一筆書き文字 HMM を得る。

システムの概略は次のようになる。まず、任天堂の Wii リモコンとモーションプラス(それぞれ加速度センサと角速度センサ内蔵)を組み合わせて筆記具として使用し、空中に文字を書く。次節で説明する方法により、加速度信号をセンサの座標系から実空間の座標系に変換する。この信号から重力加速度を除去し、1文字毎に加速度の大きさの平均によるスケールの正規化を行う。この信号を2次元の平面に投影した加速度を認識の特徴量とし、あらかじめ学習した一筆書き文字 HMM を用いて尤度計算を行う。尤度が最大の文字を認識結果として出力する。

### 3. 角速度センサを用いた回転補正

加速度センサおよび角速度センサを内蔵した筆記具を持って空中に文字を書き、時刻  $t$  の加速度信号  $\vec{a}_t = (x_t, y_t, z_t)$  と

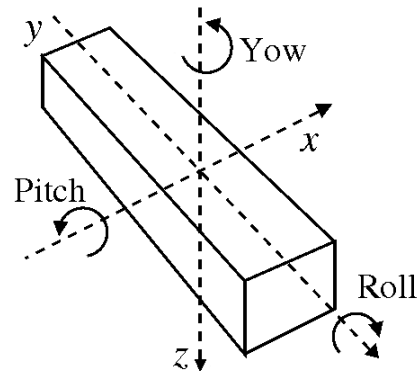


図1: 筆記具の座標系

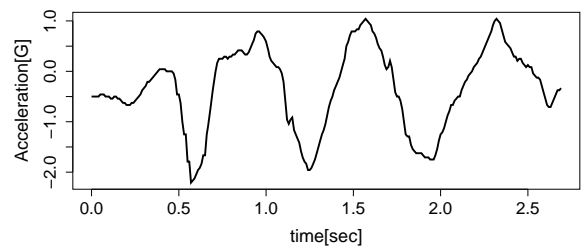


図2: x軸加速度信号

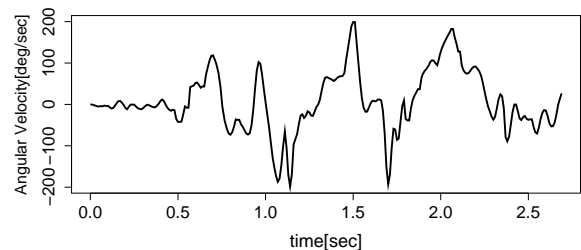


図3: Roll角速度信号

角速度信号  $\vec{\omega}_t = (\omega_{x_t}, \omega_{y_t}, \omega_{z_t})$  を  $\tau = 0.01$  秒間隔で検出する。ここで、加速度信号は図1に示すように  $x$  軸方向がセンサの水平方向、 $y$  軸方向が奥行方向、 $z$  軸方向が垂直方向であり、角速度信号は  $x$  軸回りが Pitch 角速度、 $y$  軸回りが Roll 角速度、 $z$  軸回りが Yaw 角速度となっている。図2と図3は文字「あ」を書いたときの  $x$  軸の加速度信号と Roll 角の角速度信号である。1画目(0.25[sec]~0.75[sec]付近)の右方向の筆記で正方向の回転が加わっており、筆記に合わせて角速度センサも大きく動くことが分かる。

加速度センサと角速度センサを利用して紙面に書く動作から文字を再現する研究が報告されている [3]。紙面に文字を書く場合、筆記範囲が狭いため筆記具の傾きの変動は小さく、回転

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

行列を微小回転角で線形近似できる。しかし、空中に書く場合は筆記範囲が広く、筆記具の傾きの変動が大きいため、近似を用いることはできない。そこで、本研究では積算により得られる筆記開始からの回転角を用いて補正を行う。すなわち、文字の書き始めからの回転角を  $\vec{\theta}_t = \sum_{i=1}^t \vec{\omega}_i \tau$  として算出し、座標系を  $-\vec{\theta}_t$  回転する行列  $R_t$  によって、実空間の加速度信号  $\vec{a}_t = R_t \vec{a}_t$  を得る。

なお、この座標系は文字の書き始めのセンサの姿勢が基準となっているので、 $x$  軸方向が文字の水平方向になるとは限らない。そこで、文字の上下が重力方向に沿って書かれているという仮定のもと、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。仮に書き始めと書き終わりが静止状態であるならば、一文字を筆記したときの平均加速度は重力加速度と考えてよい。この重力加速度成分が鉛直下向きになるように座標系を回転する。最終的に  $xz$  平面に投影した 2 次元加速度ベクトルを認識の特徴量とする。

#### 4. 角速度センサを併用した文字認識実験

回転補正の有無(8パターン)による比較実験を行った。認識対象はひらがな 71 字種を各 1 文字ずつ筆記したものを 1 セットとし、筆記は 1 名で行った。システムの学習には、筆記具に意図的な回転を加えずに腕を使って自由に書いた 1,065 字(15 セット)を用いた。評価用には学習用と同様に自由に書いた 355 字(5 セット)、手首を中心にして書いた 213 字(3 セット)、途中で不規則に筆記具の Roll 角を回転させて書いた 213 字(3 セット)を用いた。表 1 に回転補正した軸(表中の「」のもの)と認識率の関係を示す。

筆記中の回転(Roll 角)を不規則に行なった場合、Roll 角を補正することで認識率が大きく向上した。しかし、自由に筆記した場合と手首で筆記した場合は補正による効果は無かった。これは特定筆記者のサンプルのため、筆記具の回転そのものが規則的だったと考えられる。

#### 5. 不特定筆記者に対する文字認識実験

5 人の筆記者を用いて不特定筆記者の実験を行った。筆記データとして、ひらがな 71 字種を各 1 文字ずつ筆記したものを 1 セットとし、1 人につき 5 セット(合計 355 字)を使用した。筆記を行う際の筆記具の持ち方などについては特に指定していない。システムの学習には、4 人の筆記データ(合計 20 セット, 1420 字)を用い、残りの 1 人を評価に用いた。比較は Pitch 角, Roll 角, Yow 角の 3 軸すべてを回転補正した場合といずれの軸も補正しなかった場合の 2 通りとした。表 2 にその認識結果を示す。表中の筆記者は評価に用いた筆記者である。

回転補正により、筆記者 E を除く 4 人の筆記者に対して回転補正の効果が現れた。このことから回転補正により、筆記者ごとの回転の個人差を小さくすることができるといえる。しかし、4 人の認識率の向上度には 0.3%~9.6% までの差が存在し、筆記者 E は逆に認識率が低下してしまった。文字を紙に書く場合であれば、その筆跡は見る事ができる。そのため筆記している本人は筆跡を把握でき、字形の崩れは少なくなる。それに対し、空中に文字を書く場合、その筆跡は書いている本人にも見えず、字形の崩れが大きくなる。つまり、この実験では筆跡の個人差が大きいことが容易に想像できる。本研究の回転補正では筆記中の回転は補正できるが、筆跡の個人差を吸収する

表 1: 補正した軸と認識率(%)の関係

回転補正の有無			筆記スタイル		
Pitch	Roll	Yow	自由	手首	回転
-	-	-	91.8	86.6	9.9
-	-	-	98.3	85.9	10.3
-	-	-	97.6	81.2	81.2
-	-	-	97.2	79.8	7.5
-	-	-	97.2	77.0	81.2
-	-	-	97.8	85.5	76.1
-	-	-	97.2	73.7	7.5
-	-	-	96.6	81.2	76.5

表 2: 不特定筆記者に対する認識率(%)

筆記者	回転補正なし	回転補正有り
A	72.1	81.7
B	48.2	54.7
C	67.3	72.7
D	33.8	34.1
E	32.7	22.6

ことができず、それが認識率に現れたと考えられる。また、筆記の速さや動きによっては筆記開始からの回転角を求める際の計算誤差が大きくなり、適切な回転補正が行われていない可能性がある。このことも認識率に影響していると考えられる。

#### 6. まとめ

角速度による回転補正の有無による認識率の変化を調査した。特定筆記者の場合、普通に筆記した文字には効果が無かったが、不規則に起こった回転に対しては回転補正により認識率が向上した。不特定筆記者の場合、4 人の筆記者に対して回転補正の効果が現れた。認識率にばらつきが見られるが、これは回転補正を行っても、その軌跡自体は補正されないため、軌跡自体の個人差が影響したと考えられる。また、筆記具の速さや動きによっては回転角の計算誤差が大きくなり、適切な回転補正を行うことができなかったという問題も存在する。これらが今後の課題である。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)(課題 21500124)の助成を受けて行われた。

#### 参考文献

- [1] 中井 満, 米澤 久光, “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 (FIT), Sep 2009.
- [2] 川邊 雄司, 中井 満, “不特定筆記者の空中手書き文字の認識,” 平成 21 年度 北陸地区 学生による研究発表会, Mar 2010.
- [3] 宮川 透 他, “3 次元加速度・角速度計測による筆記文字再現,” 信学論 vol.J83-D-I No.10 P1137-1140, Oct 2000.