

## 筆記面が自由な空中手書き文字認識

## Writing Surface-free Aerial Handwritten Character Recognition

中井 満<sup>†</sup>      長井 貴大<sup>‡</sup>  
Mitsuru Nakai,    Takahiro Nagai

## 1. はじめに

携帯機器に内蔵されている加速度センサを利用して、空中に書く動作からその文字を認識する研究が行われている [1, 2]。我々の研究では、ユーザの負担が少なく、自然な書き方ができることを目指しており、これまでに画の on/off の操作を挟まない一筆書きの認識 [3]、自由な筆記具の持ち方で書かれた文字の認識 [4] を報告した。ただし、既報 [4] の手法では文字の下方向が重力方向となるように壁向きに書くという制約があった。そこで本報では筆記面を推定して自由な向きに書くことのできる空中手書き文字認識手法を提案する。

## 2. 空中手書き文字認識の構成

## 2.1. 特徴抽出

3軸加速度センサを内蔵する Nintendo Wii のリモコンを筆記具に用いる。これを持ち、手首を振って空中に文字を書く動作の加速度信号を無線でパソコンに送信し、10ミリ秒間隔でサンプリングする。なお、自然な書き方となるように筆記中のボタン操作は行わない。そこで短時間の加速度の変化量が閾値を超えた時刻を書き始めとし、閾値以下の状態が一定時間続いた時刻を書き終わりとする。図1は筆記のイメージであり、加速度信号を2回積分して得られる空間の軌跡から一筆書きの「あ」の文字が読み取れる。ただし、積分誤差や境界条件設定の問題から筆跡を全自動で再現するのは難しいので、認識の特徴量には加速度をそのまま用いる。文字を書く勢いは書く度によってスケールの正規化を行う。既報 [4] では重力加速度を検出して文字の傾きを補正したが、本研究では後述の手法によって筆記面を推定する。また、既報 [4] において、3次元加速度特徴量を用いるよりも、奥行方向を除く2次元加速度特徴量を用いた方が認識性能が良いという結果が得られているので、

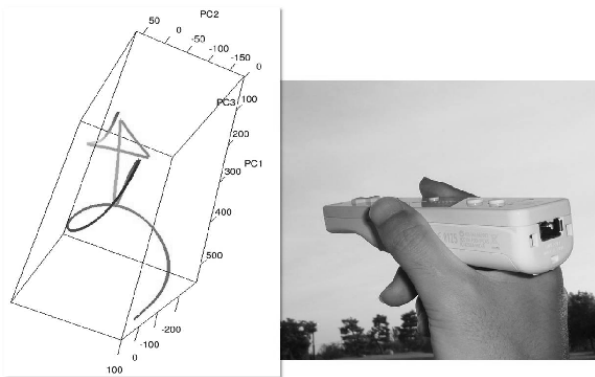


図1: 空中手書き文字

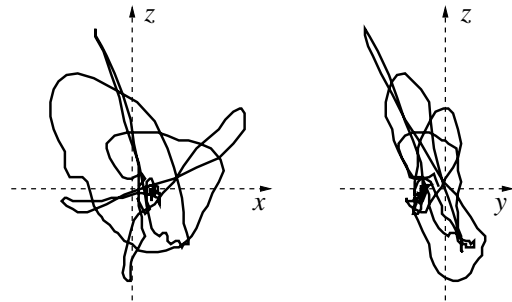


図2: xz面およびyz面に投影した加速度信号

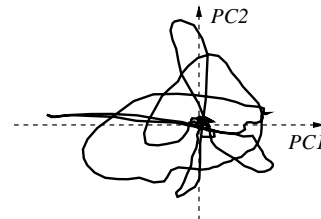


図3: KL展開後の加速度信号

本研究でも筆記面に投影した2次元特徴量を用いる。

## 2.2. 識別

識別のための基本モデルとして約40種類の曲線的な線分を用い、これを連結して文字を定義する [3]。例えば「さ」は「き」の文字部品であり、「き」の1画目と2画目と「さ」の1画目は同じモデルを共有する。したがって、どちらか一方の文字サンプルがあれば両方の文字の認識が可能である。これらの基本モデルを left-to-right 型の隠れマルコフモデル (HMM) としてモデル化する。このとき、HMMの状態数は曲線の形状によって異なる。また、文字の書き始めと書き終わりの検出閾値を低く設定した場合、前後に余分な信号が残るため、これを1状態4混合正規分布モデル (GMM) でモデル化し、全ての字種で共有する。認識時には観測信号に対する尤度計算を行い、尤度が最大となる文字種を認識結果として出力する。

## 3. 主成分分析を用いた筆記面推定

空中でも文字は平面に書かれると考えられる。図2は文字「あ」を壁向きに筆記したときの加速度信号の軌跡を2軸の平面に投影したものである。 $x, y, z$ 軸はそれぞれ水平、奥行、垂直方向なので、壁面にあたる  $xz$ 面に信号が広く分布する。しかし、横 ( $yz$ 面) から見たとき、信号の広がりに傾きがあることから分かるように、必ずしも意識した面に書けているとは限らない。そこで、分散が最大と考えられる筆記面を主成分分析で推定し、KL展開で加速度信号をその平面に投影する。

図3は筆記面に投影した結果であり、横軸が第1主成分、縦

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

<sup>‡</sup> 富山県立大学卒業生.

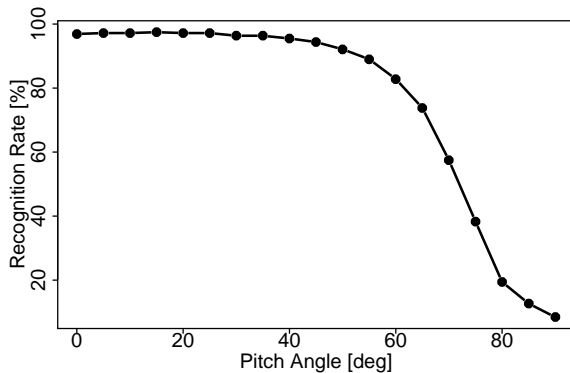


図4: 筆記面の傾きと認識率の関係

軸が第2主成分である。図2と比べて分かるように、この例では正しく回転しているが、3次元空間で回転して2次元に投影したときに左右が反転する場合がある。また、同じ文字でも書き方によっては第1軸と第2軸が逆になることもある。そこで筆記具の持ち方はあまり変わらないものと仮定して、センサの $x$ 軸、 $z$ 軸を基準に筆記面の反転および回転をする。なお、この方法では従来法で対応していた筆記具の回転した持ち方に対応できない。文字の上下左右の向き合わせについては今後の課題である。

#### 4. 筆記面の自由な空中手書き文字認識実験

筆記面を壁向き、床向き、天井向きと変えてサンプルを収集した。なお、実際に筆記面を設置したのではなく、筆記者の主観で空中に書いてもらったので、天井向きとも言っても真上とは限らず、また文字サンプルによっても筆記面の仰角が異なることもある。平仮名71字種について各1文字づつ書くことを1セットとし、学習用に各15セットを、評価用に各5セットを用意した。いずれも1名の筆記によるものであり、特定筆記者の手書き文字認識実験とした。

##### 4.1. 筆記面の傾きの影響

観測信号には重力加速度が加わっているため、従来法[4]では1文字を筆記したときの平均加速度から重力方向を求め、センサの傾きを回転補正した。筆記具をどのように持っても認識できるという利点があるが、その一方で常に重力方向が文字の下方向となるように壁向きに文字を書くという制約があった。そのため、腕を下げて文字を書くとき認識率が低下した。

そこで、まず、筆記面の傾きの影響を調べるために、壁向きに書いた評価サンプルを仰角5度刻みで回転して認識率の変化を調べた。その結果を図4に示す。およそ60度を超えると認識率が80%以下に低下した。この条件では加速度の垂直方向の成分が変化するので、文字種によって影響の受け方が異なる。実験では「と」や「く」などの文字が傾きに弱く、およそ40度の傾きで認識率が大きく低下し始めた。

##### 4.2. 筆記面推定を行った認識実験

主成分分析で筆記面を推定し、認識評価実験を行った。学習には壁向き、あるいは床向きのいずれかの向きに書いた15セットを用い、評価には壁向きと床向きと天井向きについて各5セットを使用した。表1、表2はその結果であり、印は学習に用いた筆記方向であることを示している。従来法では学習

表1: 壁向きを学習したときの認識率(%)

筆記面	提案法	従来法	(参考)
天井向き	77.1	0.3	70.9
壁向き	91.1	95.7	92.0
床向き	66.9	44.0	67.7

表2: 床向きを学習したときの認識率(%)

筆記面	提案法	従来法	(参考)
天井向き	80.9	2.3	78.6
壁向き	39.1	24.3	41.4
床向き	96.3	95.7	94.0

表3: 壁向きおよび床向きを学習したときの認識率(%)

筆記面	提案法	従来法	(参考)
天井向き	86.6	1.7	84.3
壁向き	87.1	92.0	89.1
床向き	93.4	91.4	91.1

外の筆記方向に対する認識率が著しく低いことに対し、提案法では大きく向上した。参考の認識率はセンサの $xz$ 面の加速度信号を傾き補正をせずに認識に用いた場合である。3節で述べたように、今回のサンプルでは $xz$ 面はほぼ筆記面に相当するので、提案法が参考認識率と近いことから筆記面の推定が良好であると思われる。しかしながら、提案法であっても学習外の筆記方向に対しては認識率が低く、筆記方向によって筆記の動作そのものにも変形が生じていると考えられる。

##### 4.3. 複数筆記面で学習したモデルの性能評価

筆記動作の変動に対処するために複数の筆記面で書かれたサンプルを混合してHMMを学習した。学習には壁向きと床向きの計30セット(各15セット)を、評価には壁向きと床向きと天井向きの各5セットを使用した。結果は表3の通りである。提案法では学習していない天井向きの筆記に対して、特定の筆記方向のみで学習するよりも認識率が向上した。

#### 5. まとめ

主成分分析で筆記面を推定することにより、自由な向きに書かれた空中手書き文字の認識率を改善した。今後は筆記具の持ち方によるセンサの回転に対応する予定である。

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)の助成を受けて行った。

##### 参考文献

- [1] 覚野, 須藤, 恩田, “加速度センサーを用いた文字入力方式の研究,” 第71回情報処大会(2009-3)
- [2] 江崎, 杉本, 清田, 山本, “加速度情報を用いた空書文字の認識,” MIRU2010(2010-7)
- [3] 中井, 櫻本, 小田川, “文字区間の不明瞭な空中手書き文字の認識,” FIT2008(2008-9)
- [4] 中井, 米澤, “加速度センサーを用いた空中手書き文字認識,” FIT2009(2009-9)