

空中手書き文字認識における字形の崩れの補正に関する検討

A Study on Restoration of Acceleration Feature Vectors for Aerial Handwritten Character Recognition

大坪 由香利[†] 松木 一穂[†] 中井 満[†]
 Yukari Otsubo Kazuho Matsuki Mitsuru Nakai

1. はじめに

近年、スマートフォンなどの小型な機器が普及し、新たな文字入力的手段として空中手書き文字認識の研究が行われている [1, 2]. 我々は、空中に文字を書く筆記具 (ペン) にかかる加速度の信号から文字を認識した [2, 3]. 筆跡の見えない空中筆記では、字形が崩れると考えられる. そこで、ペンの加速度信号と同時に、ペン先の位置情報を Kinect で取得し、空中手書き文字特有の字形の崩れを調査した. 本稿では、実空間の字形の崩れへの対策として、加速度特徴量を用いる. また、ペンの回転による字形の崩れへの対策として、角速度情報による回転補正を行い、文字を認識する.

2. 空中手書き文字の実空間での字形の崩れ

3 軸の加速度センサと角速度センサを内蔵した任天堂の Wii リモコンを筆記具 (ペン) に用いて空中に文字を書く. ペンのセンサの座標系は図 1 の通りであり、xz 平面が筆記面、y 軸がペン先方向である. このペンより、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.

字形の崩れを調査するために、Microsoft の Kinect センサと OpenNI のハンドトラッキングツールを用いて、ペン先の位置情報 (筆跡) も同時に収集した. データ収集のシステムを図 2 に示す. 筆跡の視覚的フィードバックの影響を調べるため、ディスプレイ上にリアルタイムで筆跡を表示できるようにした. 図 3 はその様子である. 収集時には背景の人物は非表示にして筆跡のみを表示した. また、筆跡を表示しない場合は、ペン先の追跡ができなかったときに警告を表示して文字を書き直させた. それぞれの筆跡と、筆跡の位置を 2 階微分した加速度信号 (筆跡加速度) の波形と、加速度センサから直接取得した筆記面の加速度信号 (ペン加速度) の波形を図 4 に示す. 加速度センサは慣性センサなので、筆跡加速度とペン加速度は正負が反転している. また、ペン加速度には重力加速度があるため、z 軸に 1 G の加速度が加わっている. 筆跡を比較すると、筆跡表示なしの方が字形が崩れていることが確認できる. 一方、加速度信号では筆跡表示ありとなしで振幅の大きさが異なっているが、これは筆跡表示ありでは目で確認しながらゆっくり書くのに対し、筆跡表示なしでは筆記速度が速いためである. よって、振幅を正規化した加速度を文字認識の特徴に用いれば、実空間での字形の崩れによる影響はないと考えられる.

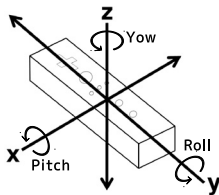


図 1: ペンの座標系

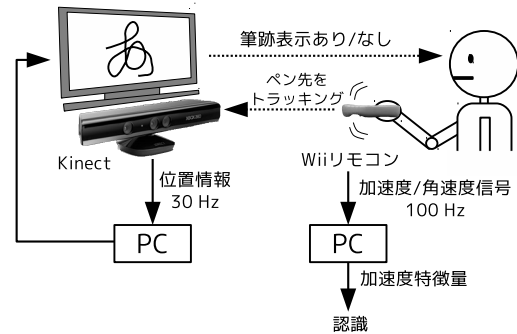


図 2: 筆記データの収集

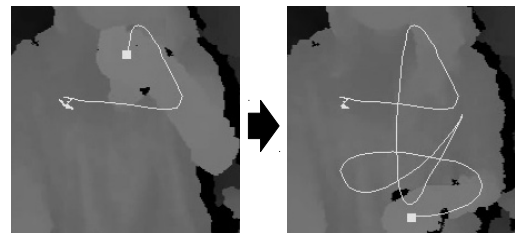


図 3: ペン先の追跡の様子

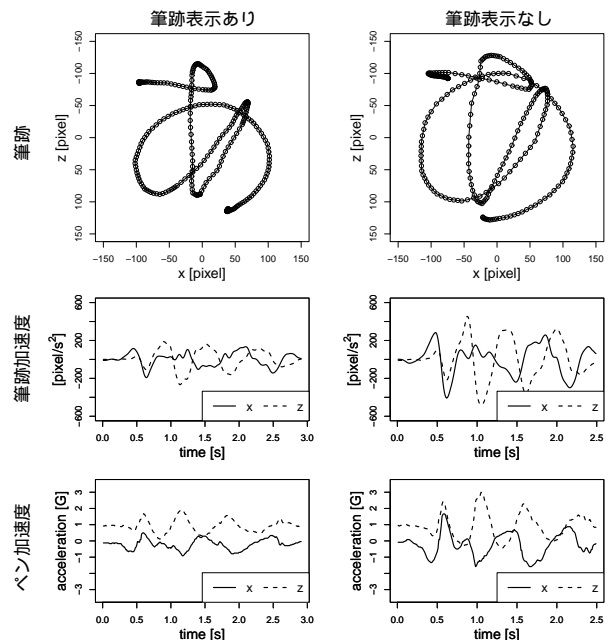


図 4: 空中の筆跡と筆記面の加速度信号

3. 加速度特徴を用いた空中手書き文字認識

3.1 認識手法 [2]

空中に文字を筆記し、1 文字ごとに加速度信号の平均 (重力方向) が下向きになるように筆記面を回転する. その後、加速度信号の平均を原点に移動し、加速度の大きさの平均が 1

[†] 富山県立大学, Toyama Prefectural University.

となるように正規化を行う。筆記面の信号のみを特徴量として抽出し、文字種毎に left-to-right 型の HMM (Hidden Markov Model) で学習する。「あ」では 41 状態、「い」では 20 状態というように、HMM の状態数は文字種毎に異なる。また、書き始め前と書き終わり後のモデルをそれぞれ 1 状態として全ての文字種で共有する。これらを加えて、「あ」は 43 状態の HMM となる。認識時はゆう度が最大の文字を認識結果とする。

3.2 評価

筆跡表示ありと筆跡表示なしの比較実験を行った。濁点・半濁点を含むひらがな 71 字種を各字種 1 文字ずつ筆記したものを 1 セットとし、5 名の記者が各々 5 セット筆記した。4 名の 20 セットで学習し、学習外の 1 名の 5 セットで評価した。組合せを変えて 5 回試行した。特徴量はペン加速度を使用した。また、参考として 100 Hz の信号に変換した筆跡加速度でも実験を行った。

認識結果を表 1 に示す。筆跡表示ありと筆跡表示なしを比較すると、筆跡加速度を用いた場合の認識率には大きな差がなく、実空間の字形の崩れによる影響がないことが確認できた。しかし、ペン加速度では認識率が低下し、また、筆跡を見ながら書いた方がより大きく低下した。この原因として、センサ座標系の字形の崩れが考えられる。

表 1: 加速度特徴量を用いた文字認識率 [%]

特徴量	筆跡表示あり	筆跡表示なし
筆跡加速度	88.7	89.2
ペン加速度	74.0	81.0

4. 空中手書き文字のセンサ座標系での字形の崩れ

空中に文字を書く場合、筆記中にペンが回転することがある。ペンの回転は 2 通りに分類できる。1 つ目は筆記方向に沿った回転である。直線を意図して書いて、実空間で曲がっていたとしても、曲がる方向にペンが回転していれば、センサの座標系では直線になる。2 つ目は筆記中に手首をひねることで生じる回転である。意図した通りに実空間で直線を書いても、手首のひねりでペンが回転していれば、センサの座標系では曲線となり、字形が崩れる。筆跡表示ありの方がより顕著に崩れると考えられる。

筆跡加速度はペンの回転と無関係である。つまり、筆跡加速度で認識できてペン加速度で認識できないサンプルは後者の回転の影響と考えられる。そのようなサンプルを (筆跡表示ありと筆跡表示なしを合わせて) 4 割以上含む文字種は「ろ・で・て・へ・め」であった。例えば「へ」は筆跡加速度では 50 サンプル中の 45 サンプルが正しく認識できていたが、ペン加速度ではそのうちの 21 サンプルが誤認識に転じた。2 名の記者が筆跡を見ながら書いた「へ」のサンプルの加速度信号と角速度信号を図 5 に示す。同じ文字種であるが加速度信号が異なっている。また、角速度信号も変動しており、筆記中にペンが回転していることが分かる。このことから、筆記中のペンの回転を補正することで、認識率を改善できると考えられる。

5. 角速度センサを用いたペンの回転補正

5.1 回転補正法

先行研究 [3] では軸ごとに初期状態からの回転角を積分して、z 軸, y 軸, x 軸周りで回転したが、本研究では直前の状態から z 軸, y 軸, x 軸の順に微小回転して補正する。ある時刻 t の加速度信号を $\vec{a}_t = (a_{xt}, a_{yt}, a_{zt})$, 角速度信号を $\vec{\omega}_t = (\omega_{xt}, \omega_{yt}, \omega_{zt})$ とする。時刻 $t-1$ から時刻 t までの τ 秒間の微小な回転角を

$$\Delta \vec{\theta}_t = (\delta\theta_{xt}, \delta\theta_{yt}, \delta\theta_{zt}) = \vec{\omega}_t \tau$$

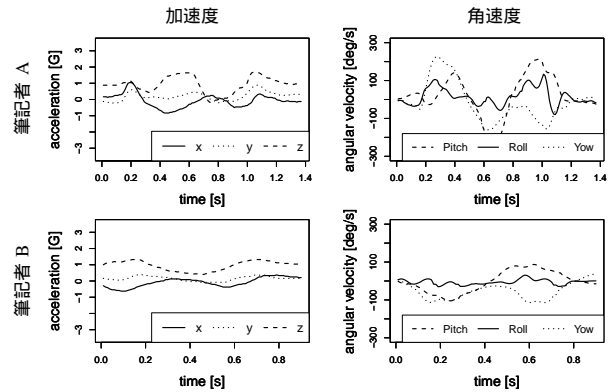


図 5: 「へ」の加速度信号と角速度信号

とする。ここで、 τ は 0.01 秒である。実空間の座標系における z 軸方向の単位ベクトル \vec{E}_{zt} を軸に θ 回転する回転行列を $R(\vec{E}_{zt}, \theta)$ とする。また、z 軸周りに回転後の y 軸の単位ベクトルを \vec{E}_{yt} , y 軸周りに回転後の x 軸の単位ベクトルを \vec{E}_{xt} とすると、

$$R_t = R(\vec{E}_{xt}, \delta\theta_{xt})R(\vec{E}_{yt}, \delta\theta_{yt})R(\vec{E}_{zt}, \delta\theta_{zt})$$

となり、回転補正後の加速度 \vec{A}_t は

$$\vec{A}_t = (A_{xt}, A_{yt}, A_{zt}) = R_t R_{t-1} \cdots R_1 \vec{a}$$

となる。補正後の筆記面の特徴 (A_{xt}, A_{zt}) を認識に用いる。

5.2 評価

実験条件は 3.2 と同じである。ペンの回転の影響で認識できなかったと考えられるサンプルは筆跡表示ありの場合で 340 サンプル、筆跡表示なしの場合で 252 サンプルであった。このうち回転補正を施すことで認識可能となった割合を改善率として、表 2 に結果を示す。筆跡表示なしでは 42.5%、筆跡表示ありでは 46.2% 改善した。また文字種別に調査すると、「で・て・へ・め」の改善率は約 40%~60% であったが、「ろ」は 0% と全く改善されなかった。一筆書きである空中手書き文字では「ろ」「う」の識別は困難であり、回転補正によって改善されるものではないと考えられる。

表 2: 回転補正による改善率 [%] (サンプル数)

筆跡表示あり	筆跡表示なし
46.2 (157 / 340)	42.5 (107 / 252)

6. まとめ

筆跡を見ずに空中に文字を書くと、実空間で字形が崩れることを確認した。一方、ペン加速度特徴ではその影響を受けにくいと考えられる。しかし、筆記中にペンが回転することによる、センサ座標系での字形の崩れの影響があった。そこで、回転補正を施したところ、回転の影響で認識できなかったと考えられるサンプルのうちの約 4 割を改善できた。今後は改善できなかったサンプルの誤認識の要因を調査することが課題である。

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] 園田, 村岡, “空中での手書き文字入力システム,” 信学論 D-II (2003-07)
- [2] 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)
- [3] 松木, 中井, “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,” 情報科学技術フォーラム (2011-09)