

文字区間の不明瞭な空中手書き文字の認識

Start/End Timing-free Aerial Handwriting Recognition

中井 満†

櫻本 正人‡

小田川 佳樹‡

Mitsuru Nakai, Masato Sakuramoto, Yoshiki Odagawa

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]。磁気を用いた空中手書き入力 [2] もその一つである。空中での手書き入力としては、ビデオカメラで撮影した指の動作を処理する方法 [3] や指先にセンサを装着して動きを検出する方法 [4] などがあり、本研究のシステムは後者に近い。図 1 は右人差指に磁石を、左手首に磁気センサを装着し、左手のひら付近で文字を書いている様子であり、指先の軌跡を可視化したものである。自然な書き方を目指して、スイッチ類などの操作を挟まずに筆記しているため、書き始めと書き終わりの不明瞭な一筆書きとなる。本研究ではこのようにディスプレイを見ずに空中に手書きした文字の認識手法を提案する。

2. 空中手書き文字認識の原理

画間の相対位置の崩れに強い速度ベクトル（等時間サンプリングした隣接 2 点間の差分）を特徴量とし、サブストローク HMM [5] を用いて手書き文字を認識する。

2.1. 文字構造辞書

これまでの研究 [5] では漢字を対象とし、画線分方向と長さを表す 16 種類の pen-down モデル（HMM）と 9 種類の pen-up モデルを用いて文字の構造を定義した。文字構造を利用してモデルを共有するのは、モデルの総サイズを削減して学習と認識の効率を良くすること、更には文字の本質的な違いではない部分での尤度差を無くして認識精度を良くすることが狙いである。本研究では平仮名を対象とし、新たに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。効率良く記述するために図 2 のような階層を用いた。例えば、Level 1 では「ぎ」「ご」などの濁点・半濁点を共通のモデルとして置き換えた。Level 2 では「き」「さ」の最終画のように空間的に分割できる部品について類似するものを共通のモデルとした。また、Level 3 では「さ」の第 1～2 画と類似する「き」の第 2～3 画を分離して共通のモデルとした。更に細分して最終的にモデルの総サイズを約 3 割にまで削減した。

2.2. 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。最も筆記時間の短い文字は「し」であり、予備実験ではこの文字の状態数を 10 とした時に最大の認識率を得た。次節の実験ではこの状態数を用いている。画間のモデルについて、ペンの上げ下げがある従来法では画間の移動量を表す 1 状態の HMM としていたが、空中手書きでは本来ならば書かれない画間の筆跡についても画



図 1: 磁気方式入力デバイスによる空中手書き

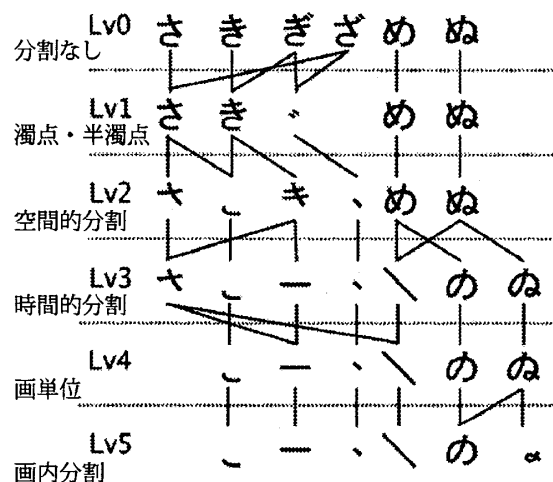


図 2: ひらがな用の文字構造辞書

と同様に複数の状態を遷移する HMM でモデル化した。文字の書き始めと書き終わりに見られる余分な筆跡に対しても同様である。なお、センサの検知範囲に指が近づいてから遠ざかるまでを一文字の入力としていることから、以降では書き始めのモデルを in モデル、書き終わりのモデルを out モデルと略す。以上より、2 画の文字を定義する基本的な連結モデルは「in + 1 画目 + 1～2 画間 + 2 画目 + out」ようになる。（Level 5 の辞書では更に 1 つの画が複数のモデルになる。）

3. 空中手書き文字認識実験

3.1. 実サンプルによる特定筆者実験

1 名から平仮名 71 字種、各字種 23～35 サンプルの計 2,087 文字の空中手書き文字を収集した。このうち各字種 15 サンプルを学習用に、残りを評価用に使用した。HMM の状態数は前節で与えられ、各状態からの出力確率分布は単一正規分布とした。なお、in/out モデルはセンサ検知範囲外からの入出という再現性の高い時間変化パターンであったので、それぞれ 11 状態と 8 状態の left-to-right HMM としたときに認識率が最良であった。表 1 はこの条件下での認識率である。

Level 0 の辞書で in/out モデルが無い場合では、書き始めと書き終わりの余分な筆跡を文字の一部として学習する。これに対し、in/out モデルを付加することは書き始めと書き終わりを

†富山県立大学, Toyama Prefectural University.

‡富山県立大学卒業生.

表 1: 空中手書き文字の認識率

辞書	in/out モデル	累積認識率 (%)		
		1 位	~2 位	~3 位
Level 0	無	72.9	75.2	76.7
0	有	94.7	97.6	98.7
5	有	95.6	98.7	99.6



(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

全ての字種で共有することになる。書き始めと書き終わりの余分な筆跡は字種に依存しないと考えられ、モデルを付加することで認識率が大きく改善した。また、文字部品を細かく共有した Level 5 の文字構造を使用しても、その認識率は維持しており、認識と学習の効率化が果たされている。

3.2. 疑似サンプルによる多数筆者実験

多数筆者による評価実験を行うため、JAIST IIPL 手書き文字データベース中の γ_2 セット (筆順の正しい丁寧な筆記) [6] を用いて疑似的に空中手書き文字データを作成した。本データベースは電磁誘導方式のペンタブレット (Wacom Intuos) を用いて収集したものであり、ペンがタブレットから離れた空中での筆跡も収録されている。図 3(a) は原筆跡であり、画間の筆跡を加えたものが (b) の疑似一筆書きである。(c) は書き始めと書き終わりの余分な筆跡として、同一筆者の他の文字 (漢字) サンプルからランダムにペンアップ中の軌跡を取り出して、加えたものである。これを疑似空中手書き文字とする。実験では 61 名分の手書きデータのうち、学習用に 30 名、評価用に 31 名を使用した。サンプルは平仮名 71 字種、各筆者につき 1 字種 1 サンプルである。

それぞれの認識率は表 2 のようになった。一筆書きにしたことによる認識率への影響は小さいように見えるが、表 3 に示す通り、字種によっては顕著であり、「て」と「こ」、「う」と「ろ」などは識別が困難になる。一方、画間の筆跡が画の相対位置の情報として冗長性を持たせるので、改善された文字も多数存在した。

空中筆記において in/out モデルが有効であることは 3.1 節の実環境での実験と同様である。ただし、疑似データでは書き始めと書き終わりの筆跡をランダムに選択しているため再現性がなく、in/out モデルの状態数を増やしても認識率はほとんど変わらない。同じパラメータ数を用いるのであれば、出力確率の正規分布の混合数を増やした方が効果がある。表 2 で示した結果は 1 状態 4 混合の in/out モデルを用いた場合である。

表 2: 疑似空中手書き文字の認識率

評価試料	in/out モデル	累積認識率 (%)		
		1 位	~2 位	~3 位
(a) 原筆跡	無	96.4	98.7	99.3
(b) 一筆書き	無	96.2	99.1	99.7
(c) 空中筆記	無	76.7	88.7	93.0
	有	90.9	97.2	98.6

表 3: 一筆書き化による認識率の変化 (上位・下位 3 字種)

文字	原筆跡	一筆書	誤認識例
ら	80.7	100.0 ($\Delta 19.3$)	
ち	87.1	100.0 ($\Delta 12.9$)	
づ	83.9	96.8 ($\Delta 12.9$)	
ず	100.0	90.3 ($\nabla 9.7$)	お
て	93.6	80.7 ($\nabla 12.9$)	こ
う	80.7	48.4 ($\nabla 32.3$)	ろ, ら

表 4: 空中筆記によって増加した誤認識例

文字	認識率 (%)	誤認識例
け	51.6	は, げ
う	58.1	る, ろ, ら
よ	61.3	す, ま

表 4 は誤認識の例であり、「よ」を「ま」、「け」を「は」のように、書き始めと書き終わりの余分な筆跡によっては識別が困難になる。

4. おわりに

不特定筆者の実験は疑似的なものであり、実際の空中筆記はペンタブレットでの筆記と比べて個性が大きく現れると予想する。今後、実環境下において多数筆者からサンプルを収集し、認識実験を行う予定である。

謝辞 本研究は文科省科研費 (若手 B) 課題 17700098 として行われた。磁気方式空中手書き入力装置を開発して頂いた金沢大学、(株) PFU、(株) 北計工業に感謝致します。

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] H. Seki, et al., “Handwriting Input Device Using Magnetic Field for Wearable Computing,” Proc. CIRAS 2005 (2005-12)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [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)
- [6] 須藤, 中井, 他, “筆圧情報を併用したストローク HMM に基づくオンライン文字認識,” 信学技報, PRMU2001-189 (2001-12)