

筆順・続け書き判定機能付き漢字学習システム A Chinese Character Training System Capable of Stroke Order Verification

古性 淑子^{† ‡}
Yoshiko Furusho

内田 誠一[‡]
Seiichi Uchida

迫江 博昭[‡]
Hiroaki Sakoe

1. まえがき

初等教育において漢字学習は重要な項目であり、「読み・書き」が基本である。書き取りの中の筆順については、昭和32年、文部省が筆順指導の手引きを準拠として示し、学習指導の上で混乱を起こさないように一字一筆順とし、教育が行われている。しかし、小学校6年間で学習する1006文字種全ての読み方・字形・筆順・用法を授業だけで覚える事は困難である。

自宅学習用にコンピュータを用いた漢字学習システムが開発されているが[1][2]、その多くは読み方や正しい漢字を選択する機能しかもたず、実際に書く動作を機能としてもっていても、正しい筆順や実際に筆記した筆順をアニメーションで表示する程度にすぎない。

よりきめ細かい指導の実現を目的として、筆順と続け書き判定機能を持った漢字筆記学習システムを試作した。このシステムは学習者がタブレット-ペンシステムまたはマウスを用いて筆記した漢字の筆順正誤判定と誤り内容の提示、及び続け書き画の指摘を行う。前回の報告[3]以降、筆順対応手法を拡張することによって3ヶ所までの続け書きにも対応できるようになっている。画対応解析は、標準パターンと、学習者が筆記したパターン間の相違度(パターン間距離)を基準にしたキューブサーチ[4]を用いる。

2. キューブサーチによる画解析

筆順判定処理は次の手順で行う。

1. 前処理(大きさの正規化・筆記画の平滑化と再標準化)
2. 画の解析(画間距離計算)
3. 画対応解析(キューブサーチ)

筆順の正誤・続け書き有無の判定は画の解析の後、標準辞書-入力間の画対応づけによって実現できる。

2.1 画の解析

画の解析にはDPマッチングを利用する。ここでは標準パターンの局所の特徴点-入力画局所特徴間距離を評価基準とし、その評価値の合計を最小とするような最適対応点を探索する手法である。

入力された文字を筆記画の系列として表現する。

$$A = A_1 A_2 \cdots A_k \cdots A_N \quad (1)$$

ここで A_k は第 k 画を表し、文字の局所の特徴 a_{ik} (たとえば xy 平面の座標や接線方向画) を時系列表現として

$$A_k = a_{1k} a_{2k} \cdots a_{ik} \cdots a_{lk} \quad (2)$$

で表される a_{ik} は A_k を構成する i 番目の局所の特徴の座標で表される。

標準パターンも画の系列として同様に記述する。

$$B = B_1 B_2 \cdots B_l \cdots B_M \quad (3)$$

ここで B_l は第 l 画を示し、文字の局所の特徴 b_{jl} の時系列で表現したものである。

DPマッチングを利用して局所特徴の対応づけを行い、入力パターンの画 A_k と標準パターン B_l の間の相違度(画間距離 $d(k, l)$) を算出する。

2.2 画対応の解析

画対応の解析にはキューブサーチ[4]を利用する。入力パターンの第 k 画に対応付けられる標準パターンの画を第 $l(k)$ とすると、両者のパターン間距離 $D(A, B)$ は式(4)で表される。

$$D(A, B) = \min_{\{l(k)\}} \left[\sum_{k=1}^N d(k, l(k)) \right] \quad (4)$$

キューブサーチではこの問題をコストつきグラフの最短経路問題として動的計画法によって計算している。文献[4]では、正規筆順でのみ画間接続が起こるという仮定の下、画間の接続を判定している。しかし初級者を対象とする学習システムではこの仮定が非現実的となるので、単調増加非正規筆順での画間接続 ($p < q$ の条件下での p 画から q 画への続け書き) を判定する形に拡張した。

3. システムの実装と評価実験

3.1 実装したシステムの概要

教育漢字1006文字種に対し標準パターンを用意した。標準パターンは教科書体の筆順フォントを参考にして作成した。

学習者は最初に「学年」「読み」「部首」「画数」の選択肢の中から学習漢字の選択方法を選ぶ。その後表示されるサブメニューを選ぶと、対応する漢字一覧が表示される。学習する漢字を選択すると筆記画面(図1)に移行する。

図1内の記号①~⑦およびA, Bを参照して説明する。学習者が学習すべき漢字を選択し、筆記画面に移行すると、①の領域で正しい筆順のアニメーションが1回再生される。学習者が再度その文字の筆順を確認したい場合はアニメーション再生ボタンである②を選択する。③には学習漢字の読み方が音読みと訓読みそれぞれ表示される。

学習者は④の領域にタブレット-ペン(またはマウス)を用いて、学習漢字を筆記する(図中B)。この領域にはあらかじめ図中のAのように筆記する文字が薄く表示されている。漢字学習においては正しい筆順はもとより

[†]東和大学, Tohwa University

[‡]九州大学, Kyushu University

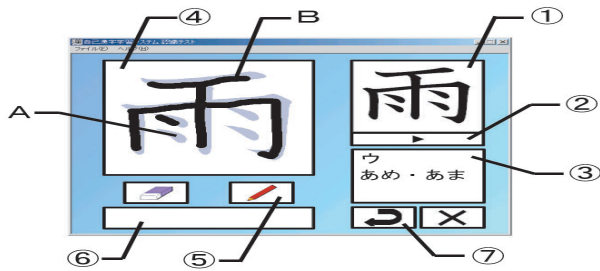


図 1: 筆記画面

整った字形で筆記することが求められることから、整った字形の手本である A をなぞることによって自然と整った字形で筆記できるようになると考えられる。

全ての画の筆記が終了したら⑤の赤鉛筆のアイコンを選択し、筆順の評価に入る。筆順の判定結果は領域⑥に表示されると共に、領域④に赤（筆順誤り時）もしくは黄色（筆記画の接続）で誤った筆記画を表示する。全ての画を正しい筆順で筆記した場合は、領域④が消去され、テストモードに移行する。

テストモードでは領域①に表示された文字を筆記する。この際領域④は白紙領域となり筆記すべき文字を A のように薄く表示しない。全ての画を筆記し終わったら⑤の赤鉛筆アイコンを選択して筆順を評価する。全ての筆記画が正しい場合は領域⑥に次の漢字を学習するようにメッセージが表示され、⑦のアイコンで、漢字選択画面に戻る。

3.2 評価実験

試作したシステムを使用して、日常的に漢字を使用している成人 10 名が指示された漢字を筆記入力し、この結果に対して入力画と標準辞書の画対応づけと筆順判定を行った。

入力漢字として、筆順誤りが多いとされる [5] 文字「上」「馬」「波」「博」「状」「蔵」「収」「布」「座」「濟」「臨」を指定した。入力データの一例を図 2 に示す。

総データ 703 文字のうち 191 文字に画接続（続け書き）があった。入力データ中の筆順正誤・画接続の有無の統計を表 1 に、筆順判定結果を表 2 示す。

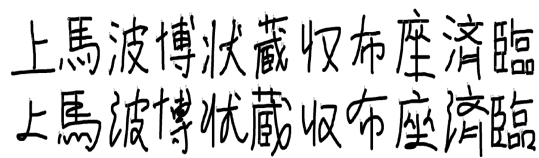


図 2: 筆記文字例

表 1: 入力データ中の筆順正誤・画接続の有無の統計

		入力筆順		
		正規	非正規	
画接続	なし	319 文字	193 文字	
	あり	54 文字	A	B
			56 文字	136 文字

A: 続け書き部分で非正規筆順,
B: 続け書き部分以外で非正規筆順

表 2: 筆順判定実験結果 (画対応正解率)

		入力筆順		
		正規	非正規	
画接続	なし	100%	99.5%	
	あり	94.4%	A	B
			71.4%	87.7%
平均		99.2%	91.8%	
			84.8%	
			95.7%	

A: 続け書き部分で非正規筆順,
B: 続け書き部分以外で非正規筆順

1 画から 2 画へ続け書き 2 画から 1 画へ続け書き



図 3: 正規筆順/非正規筆順続け書きの例

表 2 より、本システムが高精度で筆順・画数誤りを指摘するだけでなく、正しい筆順で筆記した場合の判定誤りが無いことが分かる。総データ 703 文字のうち 191 文字に画接続（続け書き）がありこのうち 137 文字は画接続を含む非正規の筆順による筆記であった。筆記画の接続が無かった場合で 99% 超、筆記画の接続が含まれる場合でも平均で約 85%、全体で 95% 超の画対応が得られた。画接続がある場合の画対応誤りの原因として、一部の文字の画接続が非単調増加筆順（たとえば 2 画目から 1 画目への続け書き）で起こっていることが挙げられる。単調増加筆順（1 画目から 2 画目への続け書き）で画接続が起こった場合と非単調増加筆順（2 画目から 1 画目への続け書き）で画接続が起こった場合の例を図 3 に示す。

精度低下の問題は非単調増加筆順で画接続が起こる文字を解析し、キューブサーチの例外遷移として組み込むことで解決できる。

4. まとめ

キューブサーチを用いて筆順・続け書き判定機能付き漢字学習システムを試作した。本学習システムは画数、筆順自由な筆記に対応できる。教育漢字を対象としてシステムの評価実験を行った結果、続け書きが無かった場合で 99% 超、続け書きが有る場合でも平均で約 85%、全体で 95% 超の画対応が得られ、高精度で筆順誤りを指摘した。このことから、筆順・続け書き判定機能付き漢字学習システムとして必要な機能が実装されていることが確認された。

今後の課題としては、字形の評価、漢字ドリルの実装など総合的漢字学習システムへの発展が挙げられる。

参考文献

- [1] “New 漢字マスター,” 教育出版.
- [2] “Web ひつじゅん先生,” 株式会社文渓堂.
- [3] 古性他, 信学総大, D-15-3, 2002.
- [4] 慎他, 信学論, J82-D-II, 2, pp.230-239, 1999.
- [5] 外田他, 書写書道教育研究, 第 16 号, pp.41-50, 2001.