

漢字学習のための Web Based Training システム

岩崎 智美, 末代 誠仁, 徳野 淳子, 中川 正樹
東京農工大学工学部

E-Mail: tom@hands.ei.tuat.ac.jp

本報告では、漢字の書き取り学習を支援する web based training システムについて述べる。このシステムは筆順・字形評価機能を提供するサーバ部、および Web ブラウザ上で動作するグラフィカルユーザインタフェース (GUI) から構成される。漢字学習を行う児童・生徒の保護者から得た意見を考慮した結果、このシステムでは手書き漢字に対する各種評価基準を教師・保護者が容易にカスタマイズできるようにした。学習者に対しては、画像や動画を用いて漢字の正しい書き方を参照する機能を提供することで独習に配慮した。また、シンプルな GUI を採用することで、コンピュータに不慣れなユーザにも使いやすいシステムとした。

A web based training system to learn Kanji

Tomomi Iwasaki, Akihito Kitadai, Junko Tokuno, Masaki Nakagawa
Tokyo Univ.of Agriculture and Technology

E-Mail: tom@hands.ei.tuat.ac.jp

We propose a web-based training system to support learning of writing Kanji. The system consists of the server component to evaluate the stroke-orders/shapes of handwritten Kanji patterns and the client (GUI) components working on web browsers. By considering the opinions of the parents of the students learning Kanji, we provided the functions to change the evaluation criteria of Kanji patterns in order that the parents and teachers can customize them easily. To support the self-study of students, the client components can display the correct writing style of Kanji by using pictures or animations. Also, the simple GUI of the system is easy-to-use even for beginners of computers.

1. はじめに

文部科学省が小学校学習指導要領付録の学年別漢字配当表によって定めた漢字（以下、教育漢字）は 1,006 字種である。学習者である児童は、教育漢字を「読み方」と「書き方」の両面から学ぶことによって、漢字に対する理解を深め、その使い方を身につける。しかし、読み方の学習が読書、日常のコミュニケーションなどを通して頻繁に行われるのに比べると、書き方の学習が行われる頻度は低い。このことは、漢字を学ぶ上で大きな問題といえる。

ドリル形式の教材を用いた漢字の「書き取り」は、個人学習として学習者が自発的に漢字の書き方を学べる点で、上記の問題を解決する有効な手段である。これらの多くは、多色刷りなどを用いることで、漢字の書き方において重要となる筆順・字形の学習に配慮している。しかし、漢字に対する知識が不十分な学習者に対して、紙媒体を用いた教材だけで筆順・字形の解説を行うには限界がある。また、学習者が書いた文字が正しいかどうかについて、学習者自身で判断を行うことは難しい。

このような問題を解決する個人学習の手段として、パーソナルコンピュータ（以下、PC）の利用が挙げられる[1]-[5]。近年では、家庭にもPCが普及しており、タブレットに代表されるペンデバイスの入手も容易である。PCを用いることで、紙面では難しい漢字筆記時の筆順、および運筆方向の動的な表示、および学習者が書いた文字をPCが評価し、その結果を学習者にフィードバックすることが可能となる。しかし、このような漢字学習支援システムでは、筆順・字形に対する評価の高精度化、および学習者に合わせた評価基準のカスタマイズが課題となってきた。

我々は、高精度な文字認識手法を利用した筆順、字形評価機能を有し、各評価基準を高い自由度でカスタマイズ可能な漢字学習支援システムを試作、提案した[6]。このシステムでは、まず学習者が書いた文字の筆順、および各筆画の運筆方向を文字認識手法によってチェックし、その後で字形の評価を行うことで、筆順・字形評価の高精度化を実現した。また、各評価基準はグラフィカルユーザインタフェース（GUI）を用いて教師や保

護者（以下、指導者）が容易に変更できるようにした。しかし、学習者用のユーザインタフェース（UI）が十分に整備されていない点、および実行に特別なソフトウェアが必要であり、動作環境が限定される点が課題として残った。

本報告では、特別なソフトウェアを必要とせず、動作環境への依存度も低い漢字学習支援を実現するために、Webブラウザ上で動作する学習者用インタフェース、および字形・筆順の評価を行うネットワークサーバから構成される Web Based Training システムを提案する。この提案によって、PCを用いた漢字学習支援の効果をさらに高められると考えられる。

2. 手書き文字認識技術を用いた漢字学習支援

2.1 オンライン手書き文字の認識

手書き文字は、タブレットに代表されるペンデバイスを用いることでPCに取り込むことができる。このとき、取り込まれた手書き文字はペンの動きを表す座標値列である。この座標値列を解析することで、手書き文字の筆順、運筆方向など、文字が書かれた際の時間に関する情報を知ることができる。この情報をオンライン情報と呼ぶ。また、座標値列のように、何らかの手書き文字を表し、オンライン情報を持つボタンをオンライン手書き文字ボタンと呼ぶ。以降、本報告ではオンライン手書き文字ボタンを文字ボタンと呼ぶ。

一般に、文字ボタンを構成する個々の座標値には、ペンダウン、ペンアップなど、ペンの状態を表す情報が付加される。ペンダウンとは、ペン先が紙面やタブレットの表面などに接地したことを、またペンアップとは、ペン先が紙面/タブレットの表面などから離れたことを、それぞれ示す。この情報を利用することで、文字ボタンを確実に筆画の単位に分割することができる。ペンダウンから始まり、次のペンアップで終わる一本の筆画をストロークと呼ぶ。

文字ボタンの持つオンライン情報を利用した手書き文字認識を、オンライン手書き文字認識と呼ぶ。一般的に、オンライン手書き文字認識では特徴点抽出と呼ばれる処理が行われる。これは、文字ボタンを構成する座標値列から、その文字ボタンを特徴付ける座標値だけを抽出する処理で

ある (図 2.1) [7].

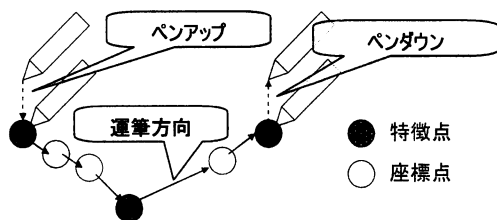


図 2.1 ストロークと特徴点

特徴点抽出によって、文字パターンを表すために必要な情報を圧縮できる。また、手ブレ、ペンデバイスの精度などに起因する細かいノイズを除去できる。この特徴点の列をパターン認識することで、文字パターンを認識することができる。

2.2 手書き文字認識と筆順・運筆方向評価

オンライン手書き文字認識では、オンライン情報を利用することで高い精度の文字認識が実現される。逆に、筆順・運筆方向に誤りがある文字パターンを正しく認識することは難しい。この性質から、学習者が書いた文字パターンが正しく認識される筆順、運筆方向を求めることで筆順・運筆方向の判定が可能となる。

この際、筆順・運筆方向の判定の精度は手書き文字認識システムの精度に依存する。また、筆順・運筆方向の様々な組合せを考慮する必要があるため、処理時間の問題を解決する必要がある。

この筆順・運筆方向の判定を行うことで、その結果を学習者に提示することが可能となる。また、学習者が書いた文字パターンに筆順・運筆方向の誤りがある場合でも、ストローク数が同じであればそこから正しい筆順・運筆方向を持つ文字パターンを生成することができるため、筆順・運筆方向の変動に頑健な字形評価の実現が可能となる。

2.3 字形評価

字形評価は、漢字学習支援システムが有する手本文字パターンのデータベース (以下、手本 DB) に登録された文字パターンと学習者の文字パターンを比較し、その結果を学習者に提示する。最もシンプルな字形評価の方法として、手本となる文字パターンと学習者が書いた文字パターンを重ね合わせ、その重なり具合をチェックすることが考えられる。しかし、この方法では本質的ではない細か

い字形の違いまで評価の対象となるため、手書き漢字学習支援としては問題がある。したがって、筆画のはね、とめ、払いなど、要所となる部分を重点的に評価する手法が必要となる。さらに、これらの評価の基準は、教師や学習者の保護者が適宜カスタマイズできることが望ましい。

2.4 模範となる手書き文字パターンの整備

手書き漢字学習支援システムを使用するために、利用者が模範となる手書き文字パターン (以下、手本パターン) を一通り用意するのは容易ではない。したがって、手書き漢字学習支援システムの構築を行う際には、システムの側で予め手本パターンを用意しておくことが望ましいと考えられる。

2.5 手書き漢字学習支援システム

上記のことを踏まえて、我々は PC 上で動作する手書き漢字学習支援システムを提案した。この漢字学習支援システムは、学習者側に提供される筆順/字形評価機能、および指導者側に提供されるカスタマイズ機能から構成される。なお、手本パターンについては、正しい筆順・筆画数で筆記された手本 DB の文字パターン (図 2.2) を使用した。

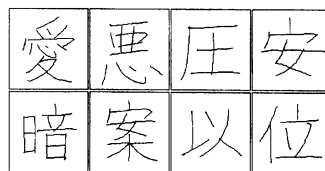


図 2.2 手本 DB の文字パターン (一部)

以下に、このシステムの詳細について述べる。

① 筆順評価機能

筆順評価には、我々が所有するオンライン手書き文字認識システム (以下、手書き文字認識システム) の筆順評価機能を用いる [6], [8]。このシステムは、筆順判定を行うために必要となる高い認識精度と処理速度を実現している。

我々の手書き文字認識システムでは、特徴点抽出に Ishigaki らの手法を採用している [7]。この手法では、まず (1) ストロークの始点・終点を特徴点として抽出し、(2) 隣り合う特徴点間を直線で結び、その直線から閾値以上で、かつ、最も遠い筆点を新たな特徴点にする。この処理を、特徴点が取れなくなるまで繰り返す (図 2.3)。

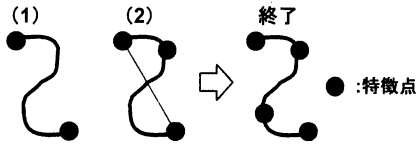


図 2.3 特徴点抽出処理

学習者が書いた文字パターンに対してこの特徴点抽出を行うことで、文字パタンの字形を残しながらノイズを除去することができる。抽出された特徴点列を、予め特徴点列に変換された手本 DB 内の文字パターンと比較することで筆順・運筆方向の評価を行うことができる。

筆順評価において、学習者の書いた文字パターンに筆順・運筆方向の誤りが検出された場合は、次に行われる字形評価の前に筆順・運筆方向を訂正する。これにより、筆順・運筆方向の誤りが字形評価に及ぼす影響を取り除く。

なお、文字パタンの筆画数に誤りがある場合は、筆順評価、および後述する字形評価は行わない。

② 字形評価機能

字形評価は筆順評価処理の後で行う。字形評価を行う際には、まず学習者が書いた文字パタンの大きさ、および筆記枠内での位置を正規化して、字形評価の精度を向上させる。また、手書き文字認識システムが抽出した特徴点列を字形評価でも利用することで、手ぶれやペンデバイスの精度に起因するノイズへの頑健性を実現する。

字形評価を行う際には、まず学習者が書いた文字パタンの大きさ、および筆記枠内での位置を正規化することで、評価の精度を向上する。また、前述した特徴点列を字形評価でも利用することで、手ぶれやペンデバイスの精度に起因するノイズに頑健な評価を実現する。

字形評価が評価の対象とするのは、文字パターンを構成するストロークの角度、長さ（比率）、位置、ハネ、接続、および交差の6項目である。文字パタンのどの場所にとどの評価を適用するかについては、予め模範となる文字パターンに対して「評価箇所」として設定されている。この評価箇所、および評価箇所ごとの評価基準についてはカスタマイズが可能である。詳細は後述する。

なお、字形評価の段階では、筆順・運筆評価の結果に対する検定、および必要に応じて修正が加

えられる。これによって、手書き文字認識システムだけでは筆順・運筆方向の評価が難しい場合でも高精度な評価を可能としている。

③ カスタマイズ機能

指導者は、手本ボタンにストロークの先に述べた6カ所の評価箇所を設定すること、および既存の評価箇所を削除することができる。また、評価箇所ごとに評価基準を設定・変更することができる。さらに、必要に応じて模範となる文字パターンを置きかえることも可能である。カスタマイズは、専用の GUI を用いることで容易に行うことができる（図 2.4）。

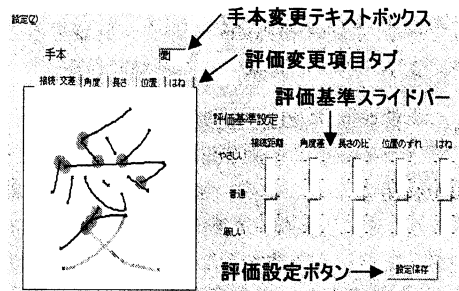


図 2.4 カスタマイズ画面

カスタマイズが行われた文字パターンに対しては、評価基準設定情報と呼ばれるファイルが生成され、漢字学習支援システムに登録される。評価基準設定情報は字形評価が行われる際に参照され、存在しない場合には初期設定された評価箇所と評価基準を用いて、存在する場合にはその内容に沿って、字形評価が行われる。

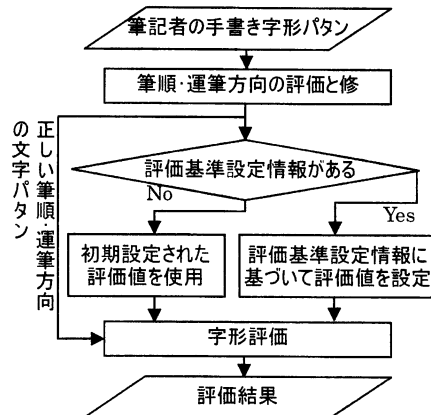


図 2.5 評価値設定情報を用いた手書き漢字

評価基準設定情報を用いた筆順・運筆方向、および字形評価の大まかな流れを図 2.5 に示す。

3. 漢字学習支援システムの検証

手書き漢字学習支援を改良するにあたって、我々は既に提案した漢字学習支援システムの評価実験を行った。この実験では小学生を中心とした被験者に上記のシステムを使用してもらい、その様子を被験者の保護者に観察してもらった上で、被験者の保護者が漢字学習支援システムに対して望む機能、および被験者が使用した漢字学習支援システムに対する意見をアンケート形式で収集した。被験者に関する情報は次の通りである。

● 小学校未満	1人
● 小学校低学年	3人
● 小学校高学年	1人
● 高校生以上	2人

被験者から直接意見を募らなかったのは、手書き漢字学習支援システムの想定する学習者の年齢が低いことを考慮してのことである。アンケート結果について以下に示す。

● お子様が漢字を書くときに、字の形さえ合っていれば筆順は気にしませんか？

① 全く気にならない	1人
② 気にならない	0人
③ どちらでもない	0人
④ 気になる	3人
⑤ とても気になる	3人

● 字形の評価基準として特に必要と思われるものを選んでください（複数回答可）。

① 線の角度	1人
② 線の長さ（比率）	3人
③ 線の位置	1人
④ 線のハネ	5人
⑤ 線の接続・交差	3人

● 逆に、特に必要とは思わない基準を選んでください（複数回答可）。

① 線の角度	0人
② 線の長さ（比率）	2人

③ 線の位置	1人
④ 線のハネ	1人
⑤ 線の接続・交差	0人

● お子様はソフトウェアの操作に迷っていましたか？

① 迷っていたようだ	1人
② 少し迷っていたようだ	0人
③ どちらともいえない	0人
④ あまり迷っていなかったようだ	2人
⑤ 迷っていなかったようだ	4人

● お子様は楽しんでいらっしゃいましたか？

（有効回答数：6）

① とても楽しんでいたようだ	5人
② 楽しんでいたようだ	1人
③ どちらでもない	0人
④ あまり楽しんでいなかったようだ	0人
⑤ まったく楽しんでいなかったようだ	0人

● 漢字学習システムがインターネットで公開されれば、お子様に使わせてみたいと思いますか？

① はい	6人
② いいえ	1人

なお、今回は被験者の数が少ないため、グラフ形式ではなくアンケート項目ごとの集計結果をそのまま示した。上記の結果から、字形評価の各項目に対して保護者が感じる必要性には個人差があること、ただし、全体としては一通りのニーズがあることが確認できた。また、字形だけでなく筆順・運筆方向の評価結果も学習者にフィードバックすることが望ましいこともわかった。

漢字学習支援システムを Web で公開することについても、概ね好意的な意見が得られた。この理由については、日本でのインターネット世帯浸透率（「通勤・通学のみ」「携帯電話/PHS」を除く）が 2005 年 2 月の時点で 55.4%と高いこと[9]、および Web ブラウザが使用できれば特別なソフトウェアの導入は必要ないという利点があることが考えられる。

既存の漢字学習支援システムのインタフェースについては、被験者が使用方法について迷うことは少なかった。ただし、これは事前に使用方法

に関するレクチャーを行った影響が大きい。このレクチャーを行った際には、一度の説明では使用方法を十分に理解できず、何度かの説明を必要とする被験者もいた。Web では学習者ごとに対面で説明を行うことは難しいため、インタフェースについては Web での公開を前提とした改良が必要と考えられる。

4. Web Based Training システム

4.1 システムの概要

本報告で提案する Web Based Training システム (以下、WBT システム) は、手本データベースを管理し、筆順・運筆方向、および字形の判定を行うサーバ部、および Web ブラウザ上で動作し、学習者用のユーザインタフェースとなる UI 部から成る。これらはネットワークを通して接続される。全体のシステム構成を図に示す (図 4.1)。

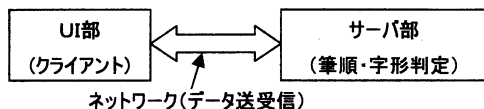


図 4.1 システム構成

UI 部からサーバ部に渡される情報は、

- (i) 学習者が書いた文字ボタン
- (ii) (i) が表す字種の文字コード (SJIS)

である。なお、SJIS 以外の文字コード体系を利用する環境で UI 部を実行する場合への対応については後述する。

一方で、筆順・運筆方向、および字形の評価が正常に行われた場合にサーバ部から UI 部に渡される情報は、

- (I) 筆順・運筆方向判定結果
- (II) 字形評価結果
- (III) 手本ボタン

である。これらのうち (I) は、学習者が書いた文字ボタンのストローク毎に、そのストロークが本来書かれる順番、および運筆方向の逆転の有無を表す。また、(II) は、2.5 節で述べた 6 項目について、学習者が書いた文字ボタン上で誤りがある

と判定された位置を表す。詳細は後述する。最後の (III) は、学習者が漢字の正しい書き方を知りたい場合に UI 部で表示するために利用する。

4.2 サーバ部

サーバ部は、UI 部から渡された文字コードを基にして、同じく UI 部から渡された文字ボタンに対する筆順・運筆方向判定、および字形評価を行う。なお、評価手法、および評価基準については、既に提案した漢字学習支援システムに準ずる。

WBT システムは、ネットワークを通して漢字書き取り学習支援を提供することを目的とする。しかし、評価基準のカスタマイズについてもネットワーク経由で行えることが望ましい。これについては、評価基準設定情報を FTP 等の機能を用いてサーバ部に転送することで対応する。Web ブラウザなどを介した評価基準カスタマイズについては今後の課題である。

なお、サーバ部は C++ を使用して実装した。これらは Microsoft 社の Windows が動作する PC 上で実行できる。

4.3 UI 部

UI 部の実装には、Web ブラウザ上での動作を考慮して Java を使用した。UI 部では、学習したい字種の選択、文字ボタンの書き込み、筆順・運筆方向判定、および字形評価の結果の表示など、様々な機能を提供する必要がある。しかし、これらを 1 つの画面の中に収めると、操作の際に学習者が戸惑う可能性が高くなる。したがって、UI 部では機能ごとにウィンドウを切り替え、学習者が操作に迷わないように工夫した。学習者が漢字書き取り学習を行う際の手順について以下に述べる。

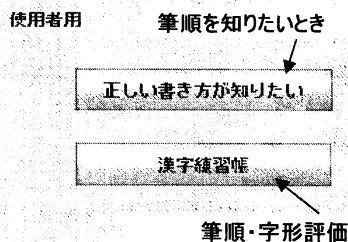


図 4.2 メニュー画面

最初に、学習者はメニュー画面において、漢字の正しい書き方を調べるのか、漢字の書き取り学習を行うのかを選択する (図 4.2).

メニュー画面の次に、キーボード画面が表示される (図 4.3). ここで、学習者は書き方を調べたい/書き取り学習を行いたい漢字を、ソフトウェアキーボードを用いて選択する.

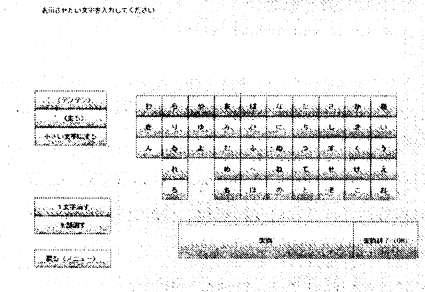


図 4.3 キーボード画面

キーボードで変換された文字の文字コードがサーバ側に送信される。ただし、JAVA は文字コード体系として Unicode を採用しているため、クライアント側で選択された文字をあらかじめ SJIS に変換してからサーバ側へ送る.

メニュー画面で「正しい書き方が知りたい」を選択した場合は、キーボード画面の次に筆記再生画面が現れる。筆記再生の方法は、「連続表示」と「分割表示」の二種類から選択することができる。学習者が連続表示を選択すると、手本の脇に表示された枠内に運筆が再生表示される (図 4.4). 一方、分割表示を選択した場合は、上から順々に 1 ストロークずつ追加された文字パターンが表示されていく (図 4.5).

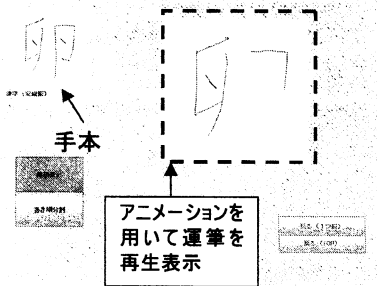


図 4.4 連続表示

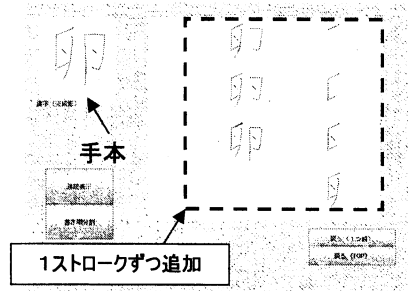


図 4.5 分割表示

また、メニュー画面で「漢字練習帳」を選択した場合は、キーボード画面の次に書き取り学習画面が表示される (図 4.6).

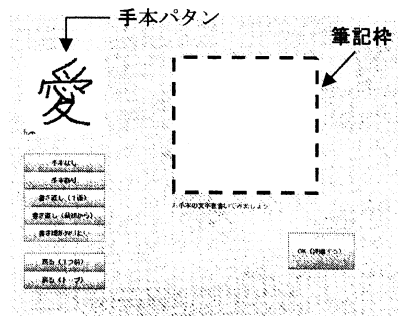


図 4.6 書き取り学習画面

学習者は、画面内の筆記枠にペンデバイスなどで文字パターンを筆記し、評価ボタンを押す。これによって、文字パターンが筆順・運筆方向、および字形の観点から評価される.

評価の結果は次のように表示される。まず、筆順・運筆方向、および字形に誤りがないと判断された場合は、筆記枠内がオレンジ色となり、赤い丸が付けられる (図 4.7).

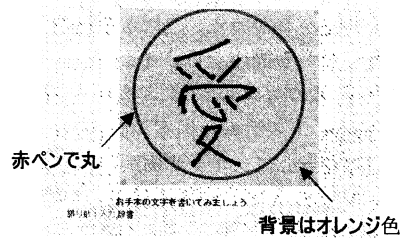


図 4.7 評価結果 (正しい書き方の場合)

一方、筆順・運筆方向の誤りが検出された場合は誤った箇所が色分け表示されるとともに、画数の対応付けが表示される(図4.8)。また、字形の誤りが検出された場合についても、該当する部分が色分け表示される(図4.9)。

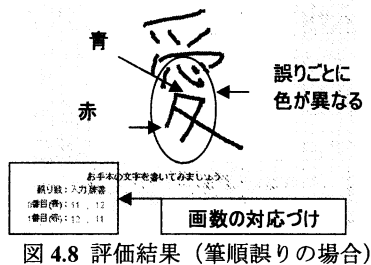


図 4.8 評価結果(筆順誤りの場合)

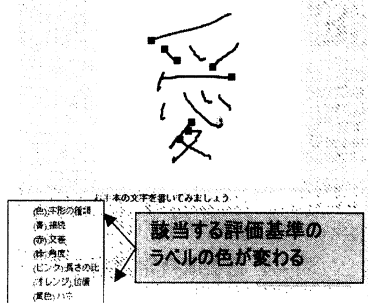


図 4.9 評価結果(字形誤りの場合)

5. まとめ

本報告では、漢字学習のための Web Based Training システムの提案と試作について述べた。実施したアンケートから、Web を利用した漢字学習支援への需要は高いこと、個々の評価箇所に対して感じる必要性には個人差があること、および、シンプルでわかりやすいインタフェースが望まれていることがわかった。これらを反映し、ユーザを誘導しながら操作を行うインタフェース、および評価基準のカスタマイズ機能を持つ Web Based Training システムを提案、試作した。

今後の課題として、ユーザ個別の学習進度、文字パタンなどの情報に対する管理の実現とセキュリティの確立、多くのユーザに同時に対応するための負荷分散機能などのサーバ部への実装、ユ

ーザが必要なおきに正しい筆順、運筆方向を参照できる機能の実現、およびドリル形式の問題作成・出題のサポートなどがあげられる。また、提案したシステムの評価についても行っていきたい。

参考文献

- [1] 古性淑子, 内田誠一, 迫江博昭: 筆順・続け書き判定機能付き漢字学習システム, Forum on Information Technology, pp.397-398 (2003).
- [2] Toshinori Yamasaki, Hirouki Tominaga, Tetsuo Hattori, Yukihiro Matsubara and Misuzu Aono: Web-based Language Learning System for Acquiring Beautiful Handwriting of Japanese Characters, International Conference on Computers in Education/SchoolNet2001, Vol.3, pp.1225-1228.
- [3] <http://www2.odn.ne.jp/~cdz15880/>: わくわく文字ランド.
- [4] 龍岡亮二, 吉村ミツ, 前田和昭: インターネットを利用した外国人・小学生のための漢字学習支援システムの開発, 情報処理学会研究報告, CH-32-3, pp.13-18 (1996).
- [5] <http://www.ccc.or.jp/e2a/15cdrom/05/FRAME.HTM>: タブレットPCを利用した手書き電子教材の実践検証.
- [6] 武居典子, 持田桂介, 未代誠仁, 中川正樹: 字形の評価箇所を指示できる手書き漢字学習システム, 情報処理学会研究報告, 2005-CE-78, Vol.2005, No.15, pp.15-22 (2005).
- [7] Kazushi Ishigaki, Tetsuji Morishita: A Top-down On-line Handwritten Character Recognition Method via the Denotation of Variation, 1998 Proc. International Conference on Computer Processing of Chinese and Oriental Languages, Toronto, pp.141-145 (1998).
- [8] 未代誠仁, 中川正樹: "オンライン手書き日本語文字認識における構造化字体表現に対するプロトタイプ学習," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J86-D-II, No.1, pp.1-11 (2003).
- [9] <http://www.iajapan.org/iwp/>: 財団法人インターネット協会.