

平成21年 4月 27日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500751

研究課題名（和文）デザイン能力を育むための複数入力方式に対応した文字認識システム

研究課題名（英文） A Character recognition system for engineering design education with multiple input methods

研究代表者

竹下 鉄夫（TAKESHITA TETSUO）

豊田工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号：20149933

研究成果の概要：

初心者、あるいはパターン認識について学修した者が、文字認識について体験的に学習することのできるWEBページを作成した。これらのWEBページを実際に使用し、文字認識についての知識の獲得について、利用者のアンケートを通じて、高い割合で、文字認識について「理解できる」ことを確かめることができた。

三次元ポインティングデバイスを用い、文字認識システムを実現し、臨場感を備えた「感性通信」を可能とし、新しいヒューマンインタフェースを提案することができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,700,000	0	2,700,000
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	270,000	3,870,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：(1)ヒューマン・インタフェース (2)教材情報システム (3)授業学習支援 (4)マルチメディアと教育 (5)コンピュータ・リテラシー

## 1. 研究開始当初の背景

コンピュータについての学習は、一般的なコンピュータの利用についての技術が進んでいるのに比較し、学習者の意欲を高める良い教材は少ない。また、コンピュータの表現方法は文字のみに止まらず、音声・静止画像・動画といわゆるマルチメディア化が進み多様な表現能力を備えているが、コンピュータの知的な処理をわかりやすく説明してくれるソフトウェアは数少ない。パターン認識の分野では、文字認識・音声認識・様々な個人

識別技術など、数多くのシステムが商品化され、実用の段階に達している。

このような「パターン認識」の技術を、情報処理を学ぶ学生が、デザイン能力を育む事ができるよう、ステップバイステップにてシステム構築を体験できるような「パターン認識システム」は、皆無であった。

## 2. 研究の目的

3次元ポインティングデバイス、スキャナ、タブレット、タッチパネル、テレビカメラと

いった、複数の入力方式に対応し、さらにオンライン／オフラインの両方式に対応した「教育用文字認識システム」を構築し、情報工学を学習する者に「パターン認識」について理解できるよう「文字認識」のプロセスを分解し、可視化する。することが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

(1) 入力的方式として、スキャナ等を用いたオフライン方式とタブレット、タッチパネル、三次元ポインティングデバイスなどを用いるオンライン方式の二つの方式に対処できるようにする。このときには、オブジェクト指向プログラミングを取り入れ認識対象をオブジェクトとして取り扱い、学生がソフトウェア手法としてのプログラミング言語 JAVA を利用し、「オブジェクト指向プログラミング」を実感できるように工夫する。

(2) 文字認識は、その性能が認識率として数値化し性能比較が容易である。その特性を生かし学生が本「教育用手書き文字認識システム」を動作させた際、学生自身のアイデアが認識率という形で表し、コンテスト形式で実験ができることが望ましい。そのため競争条件が一定となるよう使用する文字データはデータベース化する。

(3) まったく新しい文字入力のための装置として、SensAble Technologies 社製 3次元ポインティングデバイス Phantom®を用い、利用者に記号や数字を仮想平面上に書いてもらい、数字・記号認識を行う。こうした試みを通じ、新しいヒューマン・インタフェースの可能性を見いだす。

### 4. 研究成果

(1) 初心者、あるいはパターン認識について学修した者が、文字認識について体験的に学習することのできるWEBページを、「オブジェクト指向プログラミング」に適したプログラミング言語 J A V A を用いて作成した。

(2) W e b ページの運用の際に、まったくの初心者については、パターン認識、文字認識の知識が全然ない状態からは、W e b ページの動作にとまどい、学習の効率性の点からも能率が悪いと考え、ごく短時間で、「パターン認識」についての初歩的な知識に関するチュートリアルを実施した。その際には、以下の様なプレゼンテーション用スライドを作成した。以下に、スライドの概要を示す。

#### ①パターン認識とは

画像・音声などの雑多な情報を含むデータの中から、意味を持つ対象を選別して取り出す処理（コンピュータでは、人間より速度・精度が劣る）

#### ②パターン認識の対象

- 音声認識

- 文字認識
- 画像認識
- 人の顔（個人、表情など）
- 図形（線画、立体図など）
- 指紋、虹彩などを使った個人認証
- 動作、ジェスチャー
- 手話認識

#### ③文字認識を学習する理由

#### ④データの入力と前処理（1）

- マウスやタブレットで文字や数字を入力する。
- 入力される文字は、その文字を書く人間によって個人差が現れる。
- そのため、文字認識を行う前に文字の画像を整形する必要がある。
- あるいは、文字以外の雑音を取り去る（雑音除去）
- これらの過程を文字認識の前処理という。

#### ⑤デジタル化（標本化）の説明

##### 前処理(2)～デジタル化(標本化)～

- 入力されたデジタル画像を、任意の $n \times n$ 個のマス目の画像になるように標本化する。
- 縦、横を $n$ 個に分割する。
- マスに文字がかかっていたら、そこを塗りつぶす。

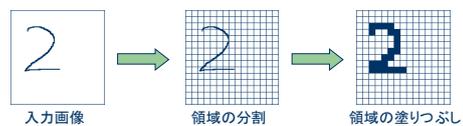


図1 スライドの例（標本化の説明）

#### ⑥前処理（3）～正規化～

##### 前処理(3)～正規化～

- 正規化
  - マウスやタッチパネルなどで入力された文字を領域一杯に引き伸ばし、形を整える

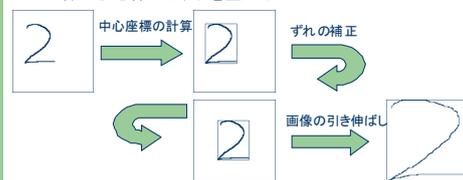


図2 スライドの一例（正規化）

#### ⑦文字認識（1）～特徴抽出～

前処理を行ったデータに対して特徴抽出処理を行うことで、そのデータがどのような文字なのかを判定する。

特徴抽出には、以下のような方法がある。

- オフライン（時間軸情報を考慮しない）

- ☆ 重ねあわせ法
  - ☆ 周辺分布
  - ☆ 交差法
  - ☆ 方向指数ヒストグラム法 ← 現在、最も高精度だと評価されている
  - オンライン（時間軸情報を考慮する）
  - ☆ DP マッチング
  - ⑧文字認識の流れ
- 学習と認識について。辞書の作成と距離計測による文字認識。

(3)これらのWEBページを実際に使用し、文字認識についての知識の獲得について、利用者のアンケートを通じて、どの程度の理解が得られたかを確かめた。その結果、体験した者の95%以上の高い被験者が、文字認識について「理解できた」「まあまあ理解できた」という結果を得られた。

自由記述による感想には、以下のようなものがあつた。

- コンピュータでの文字認識の方法がいろいろあることがわかつた。たまに思い通りに認識してくれなかつたからイライラした。これからもっと精度が上がってほしいと思つた。重ね合わせ以外はちょっと難しい
- とても楽しかつた。楽しいだけでなくやりがいもあつた。自分でもっといろいろやってみたい。作ってみたい。
- 文字認識はたくさん方法があり、どれもすごかつたです。僕が書いた数字の中で3が結構読み取ってもらえなかつたので、読み取ってくれるようになってほしい。
- 思つていたよりも、ずいぶん認識率が低くて難しいと思つた。コンピュータが座標で位置を認識している、というのがすごいと思つた。
- 文字認識の原理が理解できた。オンラインによる筆順があることを知つたが、筆順が違ふ場合はどうするのだろうと思つた。実際に文字認識を行つてみたが、やはり字が汚いと認識率も落ちると思つた。

いずれの感想も、パターン認識の重要な分野としての文字認識について、かなり正確に理解しており、かつ認識率という、評価基準が直感的でわかりやすいものになっていることから、学習者はかなり意欲的に、この課題に取り組んでいることがうかがわれる。

(4)これらのWEBページを実際に使用し、文字認識についての知識の獲得について、まったくの初心者を対象として、理解度についての小テストを実施した。テストの項目はそれぞれ

- ①コンピュータの計算速度

- ②パターン認識の応用例としての指紋照合
- ③コンピュータ翻訳
- ④プログラミング言語J A V A
- ⑤オンライン文字認識
- ⑥オンライン文字認識における文字の筆順
- ⑦入力装置としてのマウスとオンライン文字認識
- ⑧デジタル化と標本化
- ⑨文字の正規化⑩認識精度と標本化、

についての10項目である。テスト正解率を次の図3に示す。

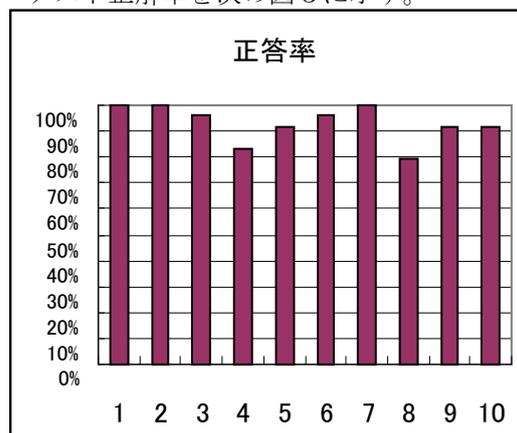


図3 小テストの正解率

この結果から、コンピュータの計算速度や指紋照合もパターン認識の一分野であること、マウスがオンライン文字認識の入力装置として使用できることなど、ほぼ全員が正しく理解していることがわかる。これに対して、プログラミング言語J A V Aや、文字データのデジタル化、正規化といった比較的、基本的ではあるが、文字認識特有の処理について、初心者は理解しづらいことがわかる。認識精度についても標本化の精度あげ、データ量を増やせば増やすほど、認識率が向上すると勘違いしている者が少なからず、いることがわかつた。

(5)新しい文字認識のための三次元ポインティングデバイスを用い、より自然な、文字入力に制約を課さない状態で、データの取得ができる入力方式を確立できた。

(6)三次元ポインティングデバイスを用い、さらに立体視用液晶シャッターめがねを掛け、三次元立体提示を行い、毛筆学習のためのシステムを完成した。このような、システムは、毛筆の師範の筆遣いを記憶することにより、その場に師範がいなくても、毛筆の学習ができる。さらに、遠隔地に筆遣いを伝える等、新しいヒューマンインタフェースの可能性を提案することができた。以下に詳述する。

- ①毛筆モデルの実現

筆先の一本の毛を、バネ一質点系モデルを

用いて表現する。複数の質点をつないだものを一本の毛とする。質点間をバネと同じ構造にし、机に触れて質点間距離が変わった場合にバネのように動く状態にしておく。このままだと振動してしまうので、バネとともにダンパーを仮想的に設定して、振動が収束するようにする。

また、筆先の形が元に戻るように、質点の位置に戻るためのバネも仮想的に実現した。

#### ②半紙の実現

半紙モデルはテクスチャを平面物体に貼り付けることで実現する。OpenGL でのテクスチャデータは、各点の RGB 値を格納した三次元配列である。筆先の質点が紙に接触した座標に対応した配列の要素を変更することで文字が書かれたことを表現する

#### ③にじみ、かすれの実装

毛筆の毛に含まれた墨汁の量にしたがって、墨がにじむ処理を実装する。毛筆の質点が紙に触れた場合、質点に含まれる墨汁の量に比例した大きさの円を、ごく薄い黒色で塗りつぶす。時間に従って墨汁の量は減少し、円は小さくなるので、円の外側が薄い色となったにじみが実現される。

また、にじみの実装によってかすれも表現される。墨汁がにじむことによって最初は必然的に太い線が描かれるが、徐々に墨汁が減少するにつれてにじむ量が減少し、かすれた線を表現できる。

#### ④物体の表現

机や硯などの物体は、1辺の長さが1で、重心が原点にある立方体を行列変換したものを組み合わせて表現する。

これによって、物体と筆との接触判定を行うためには筆の座標を物体の表現行列を用いて変換し、xyz のそれぞれの座標の絶対値が 0.5 以下であるかどうか調べるだけでできるようになる。

#### ⑤めり込みの防止

PHANTOM のペン位置は、構造上、画面内の物体内にめり込んだ座標を取ることがある。このとき思わぬ動作をする可能性があるため、めり込みの防止が必要である。

ある物体に接触した場合、接触面の法線方向にペンの位置が移動しても、接触面上の位置に PHANTOM 位置を修正し、他の物体にもその新しい座標を示すことで、筆がめり込まないようにする。

#### ⑥毛筆の遠隔指導機能

2 台のコンピュータと PHANTOM を用いて、遠隔地での書道の指導を行える機能を実現する。通信には TCP/IP を用いる。

サーバーとなったコンピュータは、書道の講師の役割を担当する。クライアント側は指導を受ける生徒となる。

サーバーは PHANTOM のペン情報を表す 4×4 行列をクライアントに定期的送信する。ク

ライアント側は受け取った情報を基に本来動かすべき筆の位置への力を PHANTOM に出力する。また、講師の筆を半透明で表示し、筆の向きの修正に役立てる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Nobuyuki Esaki, Hiroki Matsueda, Tetsuo Takeshita and Naoki Okabe, Calligraphy-Brush Writing- Training System with Three-Dimensional I/O Devices, Proceedings of Interfaces and Human Computer Interaction 2008, pp. 359-361, 2008, 査読有

② N. Esaki, T. Takeshita, N. Okabe and T. Uno, Input System with Online Pattern Recognition in Three-Dimensional I/O Environments - with 3D Display Devices -, Proceedings of 1st ISICE, pp. 475-478, 2007, 査読有

[学会発表] (計 7 件)

① 松枝宏樹 (報告者)・竹下鉄夫・江崎信行, 3 次元入出力装置を用いた毛筆練習システム, 電気関係学会東海支部連合大会, O-070, D 論文集 (2008. 09. 18, 愛知県立大学)

② 宇野友雄 (報告者)・竹下鉄夫・江崎信行, 領域の一致度を利用した教育用文字認識システム, 電気関係学会東海支部連合大会, O-238, CD 論文集 (2008. 09. 18, 愛知県立大学)

③ 朝岡大地 (報告者)・江崎信行・竹下鉄夫, 前ストロークの位置を考慮した自然な手書き数式認識, 電気関係学会東海支部連合大会, O-071, CD 論文集 (2008. 09. 18, 愛知県立大学)

④ Nobuyuki Esaki (Speaker), Hiroki Matsueda, Tetsuo Takeshita and Naoki Okabe, Calligraphy-Brush Writing- Training System with Three-Dimensional I/O Devices, IADIS (International Conference Interfaces and Human Computer Interaction) 2008, (2008. 07. 23, Amsterdam)

⑤ N. Esaki (Speaker), T. Takeshita, N. Okabe and T. Uno, Input System with Online Pattern Recognition in Three-Dimensional I/O Environments - with 3D Display Devices -, The First International Symposium on Information and Computer Elements (2007. 09. 14, Kitakyusyu)

⑥ Nobuyuki Esaki (Speaker), Tetsuo Takeshita, Naoya Oda, Akira Sugiura and Naoki Okabe, Input System with Online Pattern Recognition in Three-Dimensional

I/O Environments , 12th International  
Conference on Human-Computer  
Interaction(2007.07.25, Beijing)

⑦磯部尚基(報告者)・竹下鉄夫・江崎信行,  
手相を用いた個人認証—手相の抽出—, 電気  
関係学会東海支部連合大会, P-046, CD 論文  
集(2006.09.28, 岐阜大学)

[その他]

研究の成果を容易に確かめることができ  
るように, 以下のURLにWEBページを作  
成し, 公開した。これにより, 初心者から,  
パターン認識の学習者までが, 比較的容易に  
かつ, 簡便に文字認識の仕組みを学ぶことが  
できる。

オンライン方式とオフライン方式の二方  
式の文字認識について学ぶことができるよ  
うになっている。

URLは以下の通りである。

<http://www.ice.toyota-ct.ac.jp/~take/Recog/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

竹下 鉄夫(TKESHITA TETSUO)

豊田工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号: 20149933

### (3) 連携研究者

岡部 直木(OKABE NAOKI)

豊田工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号: 90109273

江崎 信行(ESAKI NOBUYUKI)

豊田工業高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号: 80311033