

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500113

研究課題名(和文) ペンコンピュータ上での手書き筆記環境構築に関する研究

研究課題名(英文) Development of a handwritten environment with a pen computer

研究代表者

宮尾 秀俊(MIYAO HIDETOSHI)

信州大学・工学部・准教授

研究者番号：10239353

研究成果の概要(和文)：手書きメモの検索システムを構築し、さまざまな記号・文字を検索クエリとして検索実験を行なった結果、ストローク数が6以上の検索クエリを用いた検索では、5位以内に目的のメモが検索される確率が98.9%であった。これより、実用的なシステムを構築できたと考えられる。また、手書き文書の編集についても、ペンジェスチャを用いてユーザーが指定した文字列の削除・挿入・移動操作を実現することができた。

研究成果の概要(英文)：In order to retrieve handwritten objects precisely from a large amount of database by a handwritten query, I have proposed the retrieval method. In the experiment, top-5 retrieval accuracy of more than 98.9% was obtained if the length of a handwritten query is more than 5 strokes. Therefore, this approach is concluded to be sufficiently practical. I have also constructed an editing system that can delete, insert, and move any handwritten strings a user specified by use of a pen gesture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：知能情報学

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：手書きメモ検索、手書きメモ編集

## 1. 研究開始当初の背景

近年、携帯情報端末(PDA)やタブレットPCなどの普及とともに、情報機器に記号(ここでは、文字、記号、図形一般を総称して記号と呼ぶことにする)を直接手書きで入力する機会が増えてきた。このような手書き入力機器は、紙にペンで筆記するのと同等の感覚でデータを入力することができるため、コンピュータに不慣れな人、身体に障害がある方など、多くの人に受け入れられている。

このようにして書かれた筆記記号に対し、

現在の処理形態では、文字認識・記号認識技術を用いて、データ形式を変換して扱うのが一般的である(例えば、筆記記号「a」は、ある数値コードに変換してコンピュータに記憶しておくことにより、後に簡単にその文字の操作ができるようになる)。しかし、このようなデータ変換を行なうことにより、誤変換(誤認識)が生じる、筆記者独自の記号が扱えない、個人の筆記特徴を活かせないという問題が生じてしまう。そこで、研究代表者は、手書き記号の筆記情報をデータ形式を

変換することなく扱う手法を考案し、手書き記号の検索への適用を模索している段階である。

このような手書き筆記環境の構築を行なう過程で、記号単独の処理に留まらず、それらを組み合わせた手書き文書・手書きメモを扱う環境への拡張が必要であると考えた。例えば、文書作成に対する手書き筆記とワープロソフトによる記述を比較した場合、前者はペンを使って即時に思い通りの形状で自由な位置に記号を筆記できるが、記号を編集・検索することは難しい。一方、後者は、決められた記号をある程度決められた位置に配置・記述していく必要があるが、特に文字については編集・検索作業が容易という特徴を持っている。このような両者の特徴を考慮し、手書きメモに対して、ワープロソフトのように簡単に編集・自動整形してくれる機能を備えた手書き筆記システムを実現できれば良いと考えた。例えば、手書きメモの中の一部に新たな記号を入れたくなくとする。通常の紙面であると、メモの一部にスペースを作るために、その部分を消しゴム等で消し、消した部分を別の場所に移動し、空いたスペースに記号を挿入することになる。提案する手書き筆記システムでは、記号の挿入を指示すると、その部分に適当なスペースを自動的に作り、記号を挿入した後、既存の手書きメモに書かれた内容を適切に再配置することができるようにする。このような編集は、文書の校正の際に用いるような記号（校正記号）によって、ペンを用いて直感的に指示できるようにすると良いだろう。また、現在考案中の記号の検索機能と連携した文書編集機能の実現も考える。

## 2. 研究の目的

ペンコンピュータ上でのオンライン（逐次入力）の手書き文書の編集環境を構築することを目的とし、下記事項の研究を行なう。

- (1) 編集に適した手書き文書データ構造の考案
- (2) 手書き文書編集に用いるペンジェスチャの検討と考案
- (3) 編集にともなう手書き文書構造の再構成方法の考案
- (4) 検索機能と編集に係る部分のインタフェース構築
- (5) 最終的には、これらをインターネット上での研究討論の場に活用し、その使用感を検証する。

## 3. 研究の方法

- (1) 手書き文書データ構造の考案と検索機能の実装

ペンで筆記された記号（文字、数式、図を

含む）をストローク（一筆で書かれた線分）に分割し、各ストロークは  $r$  方向成分を持った  $t$  個のコードからなるチェーンコードで表現する。生成方法は次のとおりである。

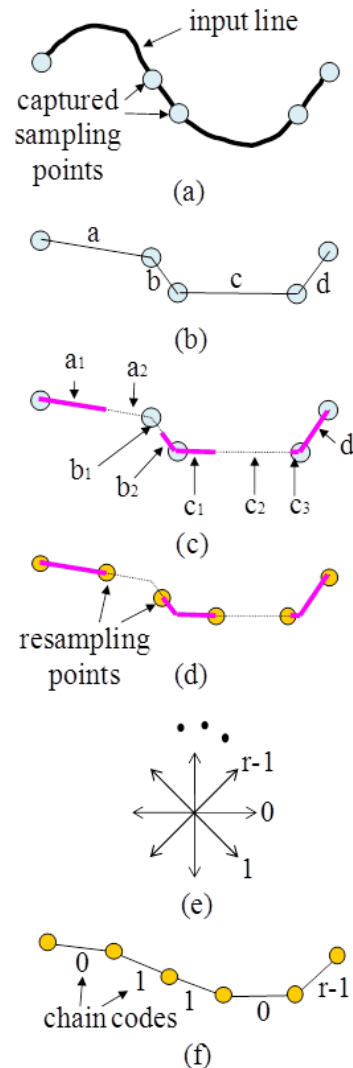


図1 チェインコードの生成

- ① 図1(a)は、あるストロークをペン筆記した場合に、タブレットが取得したサンプリング点であり、この点の2次元座標を記録する。
- ② 図1(b)のように、サンプリング点間を直線で結ぶ。このときの直線分の合計距離を分割数( $t$ )で除算することにより、再サンプリング点間の平均距離 $L$ を求める。図の場合は、 $L = (a + b + c + d)/t$ により求められる。
- ③ 距離 $L$ に基づいて、直線分上を再サンプリングする。図1(c)の場合、 $L = a_1 = a_2 + b_1 = b_2 + c_1 = c_2 = c_3 + d$ となる。図1(d)は、求められた再サンプリング

- リング点を示す。
- ④ 再サンプリング点を直線で結び、各直線について、その線分の方向と図 1(e) の各方向成分とを比較し、最も近い方向のコード (0 から  $r-1$  の値) で置き換える。図 1(f) は、各直線に割り当てたコードを示す。

次に、k-means クラスタリングを用いて、各ストロークを  $k$  種類の形状に分類する。ここで、2つのストローク間の距離を定義する必要がある。ここでは、2つのストロークのチェインコードについて、対応する各列のコード間距離の総和に基づいて計算する。また、複数ストロークの平均ストロークを求める場合、平均ストロークの  $i$  番目のコードは、各ストロークの  $i$  番目のコードを図 1(e) に示す方向の単位ベクトルと考え、それらのベクトル和として得られたベクトルの方向に最も近い方向コード (図 1(e) を参照) とする。データベースの各ストロークは、あらかじめ、上記の方法で  $k$  種類の形状に大分類し、記述された順に記録しておく。今、データベース中に含まれるストロークの総数を  $N$  とすると、データベースは形状種類を示す値  $(1, 2, \dots, k)$  の列として、次のように表現できる。

$$\{D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_N | D_i \in 1, 2, \dots, k\}$$

ここで、添え字番号は、筆記順を示している。一方、検索クエリとして与えた筆記記号についても、同様の方法で各ストロークを分類して表現する。今、 $S$  本のストロークからなる検索クエリは次のように表現できる。

$$\{Q_1, Q_2, \dots, Q_j, \dots, Q_S | Q_j \in 1, 2, \dots, k\}$$

検索クエリに基づき、データベースから目的の記号を検索する場合は、次の距離  $d_i (i = 1, 2, \dots, N - S + 1)$  を計算する。

$$d_i = \sum_{j=1}^S (Q_j \text{ と } D_{i+j-1} \text{ の距離})$$

なお、括弧内の距離は  $Q_j$  に対するクラスタ中心を示すチェインコードと  $D_{i+j-1}$  に対するコードとの間の距離として求める。得られた距離  $d_1, d_2, \dots, d_{N-S+1}$  は昇順に並べ替えられる。今、次の値  $q$  を得たとき、

$$q = \underset{i}{\operatorname{argmin}}(d_i) \quad (i = 1, 2, \dots, N - S + 1)$$

データベース中の  $q$  番目から  $q+S-1$  番目のストローク部分が検索結果の第一候補として抽出されることになる。

## (2) 手書き文書編集に用いるペンジェスチャの検討と編集ともなう手書き文書構造の再構成方法

今回、初期の実験として、水平方向の罫線を表示したタブレット画面に、罫線に沿って手書き日本語文字を書いた文書を対象として、指定文字列の削除・挿入・移動操作を行なうことを考える。

まず、文字列の削除を考える。削除を行ない、削除部分のスペースに右側の文字列を移動して自動整形する場合、次の行から文字列を移動しなければならない場合がある。この際、文字列を確実に分離する分割位置をあらかじめ決めておき、その分割位置でのみ、行替え操作が起こるようにしたい。以下では、この分割位置の決め方について述べる。

筆記中、一定時間毎にサンプル点を得るがそれらは全て座標情報を持っている。また、ストロークの始点と終点には、書き始めからの経過時間の情報も持つ (図 2)。これら二つの情報から筆記順で隣り合ったストローク間の距離と時間間隔を求めていく。例えば、図 2 で「ン」の次に「プ」が書かれた場合、「ン」の 2 ストローク目 (2 画目) の終点と「プ」の 1 ストローク目の始点との間の距離と時間間隔を求めることになる。



図 2 各ストロークの始点・終点情報

全てのストローク間で上記情報を求め、ある距離以上でかつある時間間隔以上離れたストローク間を分割位置として設定する。時系列に並んだストローク列について、分割位置で分離された各ストローク列の塊をここでは、ストローク群と呼ぶことにする。なお、距離と時間間隔のしきい値は実験的に求める。

図 3 は削除動作を施した文章 (図 3(a)) と、削除が行われた後の状態 (図 3(b)) である。ペンタブレットのサイドボタンを押す事でモードを筆記から編集に切り替え、その状態で二重線を引くと削除動作として機能する。

あいうえおかきくけこ ~~すせ~~て  
たちつて

(a) 削除記号の記述

あいうえおかきくけこすせてち  
つて

(b) 削除動作後の状態  
図3 削除動作の例

削除動作は二重線の左右の端と上下の罫線で形成される四角形に含まれている全ストロークを削除することによって実現する。また、その際に空いたスペースだけ同じ行の右側の文字列を詰めるようにした。その後、次の行の最初のストローク群を参照し、もしそれが詰められた後のスペースの空欄よりも小さな塊だった場合、削除行の右端に追加するように動作させる。行が複数行に渡る場合は、この操作を削除行の下の方に向かって、順次適用していく。

次に筆記メモの挿入操作について考えた。挿入操作では、挿入部分の下側に^印を書き、その下側に挿入したい文字列を手書きで書き加えると、該当部分に文字列が入るだけのスペースを空け、その部分に入力文字列を挿入する操作を行なう。挿入操作を行なった場合、挿入を行なった行の文字列の一部が行端から(横書きなので、右端から)はみ出してしまう場合がある。これを解決するために、先に求めた文字間の区切り位置に基づいて、はみ出した文字列を次の行の先頭に送る動作を実現した。

最後の移動操作については、移動したい文字列部分の下側に横線を引き、その下側から移動したい部分に線を引くことで指示をする。移動は、前述の削除と挿入操作の手法を利用して行なうことが可能である。

#### 4. 研究成果

##### (1) 手書き文書の検索機能の性能評価

3. (1)の手法によって、コンピュータに実装した手書き文書検索機能の性能を評価した。対象は、日本語、英語(ブロック体のみ)、数式、グラフ、図、イラストからなる、合計 13,650 本のストロークからなる文書データベースである。なお、k-means クラスタリングをこの文書データに対して適用し、k個のクラスタ中心を求めておく。検索クエリは同一人物が書いた記号であり、データベースに含まれる検索記号と書き順が同じで、ストローク数(画数)がほぼ同じであると仮定している。図4は本システムの外観である。ここで、左上のボックスは、検索クエリを筆記するための領域であり、下部のメインウイ

ンドウは、文書データベースの内容と検索結果を表示する領域である。検索された記号は赤字で示される。図5には、検索クエリの例を示した。

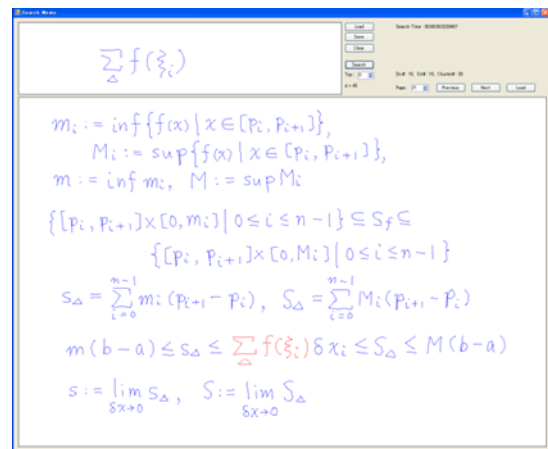


図4 手書きメモの検索システム

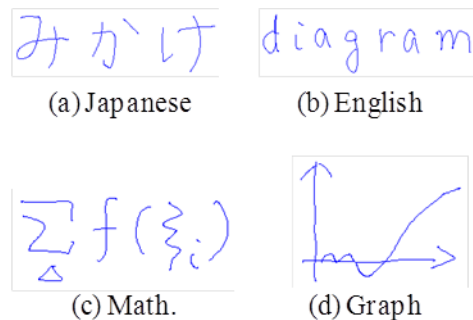


図5 手書き検索クエリの例

3つのパラメータをそれぞれ、 $t=10$  (各ストロークのコード長)、 $r=16$  (チェーンコードの方向数)、 $k=30$  (クラスタの数)に固定して、検索クエリとして120記号を入力した場合の検索結果を表1に示す。これより、ストローク数が多い検索クエリについては、満足のいく結果が得られた。特に、6本以上のストロークからなるクエリについては、98.9%の確率で5位以内に目的の記号を検索できた。また、10本のストロークからなるクエリの検索では平均して13.8msで検索が可能であった(CPU: Intel Core i7, 3.33GHz)。これより、十分に実用的な検索システムを提案できたと考えられる。ただし、データベース内の記号と検索クエリ記号の間で、筆順やストローク数が大きく異なる場合は、検索率が大幅に低下する点、データベースの量が増えると、検索速度が遅くなる可能性がある点を、今後改良する必要があるだろう。

表1 検索に関する性能評価

# of strokes	# of queries	Top1	Top5	Top10
1 - 5	33	20(61%)	23(70%)	24(73%)
6 - 9	50	39(78%)	49(98%)	50(100%)
10 -	37	35(95%)	37(100%)	37(100%)
<b>Total</b>	120	94(78%)	109(91%)	111(93%)

(2) 手書き文書編集機能の性能評価

3. (2)の手法によって実装したシステムを用いて、数名のユーザーにシステムを試用してもらった結果、良好な結果を得ている。ただし、下記の点が課題として残った。

- ① データを増やし、削除・挿入・移動操作の操作性、精度について、より定量的に評価を行なう必要がある。
- ② ストローク群として区切るために用いるしきい値は、筆記者によって微妙に変化するため、それらを適切に自動設定するシステムが求められる。
- ③ 今回は、横書きの日本語文章を対象としたが、それ以外の記号（図、数式、イラスト、多言語など）や縦書き文書との混在でも適用可能な編集操作方法を考案する必要がある。

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)

[学会発表] (計2件)

- ① 中澤進也、宮尾秀俊、手書きメモの自動整形システム、電子情報通信学会信越支部大会、2010年10月2日、長岡技術科学大学(新潟県長岡市)
- ② Hidetoshi Miyao, Minoru Maruyama, Writer Adaptation for Online Handwriting Recognition System Using Virtual Examples, 10th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2009), 2009年7月29日、スペイン・バルセロナ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮尾 秀俊 (MIYAO HIDETOSHI)  
 信州大学・工学部・准教授  
 研究者番号：10239353