

画素の対応関係に基づいた超並列手書き漢字認識の研究

4G-6

佐々木一陽 高橋義造
徳島大学工学部知能情報工学科

1. はじめに

我々の研究室では、以前より並列文字認識の必要性を考え、実際に並列計算機を用いて実験を行ってきた。この研究の過程で、これまでの文字認識に用いられている手法をそのまま並列化するのには、適当でないことが明らかになった[1][2]。それは、並列処理を行わせることを前提とせず、特徴量削減や、重複する処理の排除など、いかに逐次処理を効率良く行うかということに主眼が置かれていたためである[3]。そこで、必要ならプロセッサは何台でも自由に使用できることを前提とする超並列計算機向きの手法をとった画素特徴を用いる認識システムを提案する。また、認識には画素特徴をそのまま利用するだけではなく、近傍の画素をまとめた代表画素による対応付けを行うから、各画素の対応付けを行う階層的並列DPマッチングによる認識方法も考えた。更にSIMDマシンによる並列DPマッチングの方法についても報告する。

2. 並列処理向き画素特徴抽出法

文字パターン中のある画素より他の全ての画素までの距離と角度を求めたベクトル集合をその画素における画素特徴とする(図1a)。更にその画素特徴を図1bのように上90度方向から時計まわりに距離の短いものより順に順列化したベクトル列を、輪郭特徴と定義する。実際の処理では、画素特徴抽出の際に並び替えを行うので、画素特徴がそのまま輪郭特徴となる。

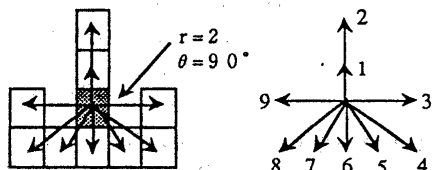


図1. 画素特徴と輪郭特徴

入力パターンと基準パターンの全画素同士の輪郭特徴を用いてDPマッチングを行い、最小距離をもつものを対応させることにより認識を行う方式をとる(図2)。

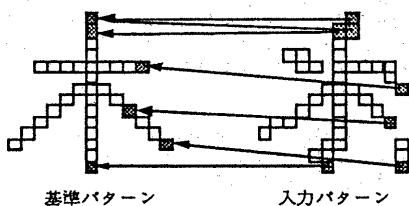


図2. 画素の対応付け

3. 代表画素

画素間の対応付けの際に、入力パターンと基準パターンとの全ての画素同士のマッチングをとると、かなり無駄な対応付けを行ってしまうため、ここでは隣接画素を多く持つ画素(これを代表画素と定義する)を以下の手順で求めたものでおまかな対応付けを行ったのちに、画素同士の対応付けを行い、処理の効率化を図った。

Massively parallel hand-printed Kanji recognition by pixel features. Kazuaki SASAKI, Yoshizo TAKAHASHI, Department of Information Science and Intelligent System, Faculty of Engineering, Tokushima University.

<代表画素を求める手順>

- (1) 全画素における隣接画素数を調べる。
- (2) その画素数の最大値を持つ画素を代表画素の候補とする。候補画素が隣接していない場合はそのまま代表画素とするが、隣接している場合は上左右下の順で決定する。
- (3) 代表画素とその隣接画素をグループ化して取り除き、全ての画素が代表画素にグループ化されるまで(1)から繰り返す。

図3に代表画素抽出例を示す。

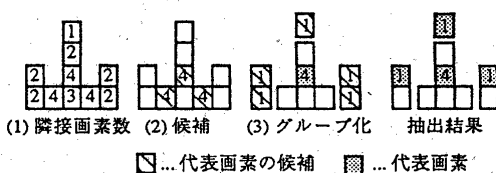


図3. 代表画素抽出例

4. 階層的DPマッチングによる並列認識システム

認識システムは、図4に示す手順に従ってプロセッサの割り当てを行ってから図5の各処理を始める。

- (1) 画素統合プロセッサは始めに代表画素抽出を行い、求められた代表画素数分のプロセッサを割り当て、代表画素特徴の抽出を要求する。これらを代表画素レベルプロセッサとする。
- (2) 割り当てられた各々の代表画素レベルプロセッサはまず、それぞれの代表画素に含まれる画素分のプロセッサを、画素レベルプロセッサとして画素特徴の抽出から対応付けまでを要求する。
- (3) 各レベルのプロセッサは独立して処理を進めていくが、画素レベルプロセッサにおける輪郭特徴の対応付けだけはその上位に位置する代表画素レベルプロセッサの代表輪郭特徴の対応付けの結果を待ってから行うことにする。
- (4) 画素レベルプロセッサは、対応付けられた基準画素の座標とそのときの距離値を、代表画素レベルプロセッサを介して文字統合プロセッサに送る。
- (5) 画素統合プロセッサは全ての画素の対応付けが終了すると、全距離値の2乗和をとった値を、対応付けられた基準画素の個数で割ったものを認識結果として全ての文字を統括する文字統括プロセッサに送る。
- (6) 文字統括プロセッサは全文字から送られてくる値をもとに、小さいものから順に候補として挙げる。

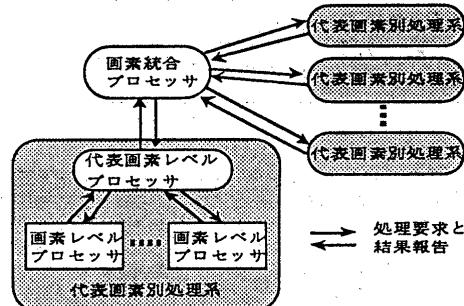


図4. 認識システムのプロセッサ割り当て(一文字分)

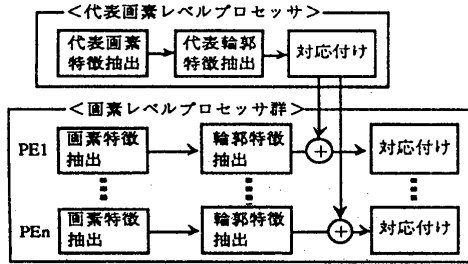


図5. 各レベルプロセッサの処理手順

4. シミュレーションによる結果

シミュレーション実験は、Sun-SPARC STATION2上で行い、マウスによる文字データの作成、画素特徴の抽出、一次元変換による輪郭特徴抽出、DPマッチングによる全画素の対応付けを行う。今回の実験ではとりあえず、画素特徴の有効性の検証と汎用計算機で処理した場合、どの程度の負荷がかかっているか、を目的としたので、代表画素を用いず、入力パターンと基準パターンの全ての画素の対応付けを行ってみた。結果は一字づつ距離値を求め、入力パターンに対する基準パターンとの距離値が他の文字の基準パターンとの距離値よりも小さければ正認識されたとする。表1に、数種の類似文字による結果と、表2に一字分での各処理時間を示す。

表1. 類似文字間の距離値

<16×16の画像パターン>

| Base Input \ | 鳥 | 鳥 | 鳥 |
|--------------|-------|-------|-------|
| 鳥 | 0.017 | 0.016 | 0.016 |
| 鳥 | 0.203 | 0.019 | 0.103 |
| 鳥 | 0.019 | 0.018 | 0.013 |

← 誤認識

<24×24の画像パターン>

| Base Input \ | 鳥 | 鳥 | 鳥 |
|--------------|-------|-------|-------|
| 鳥 | 0.080 | 0.110 | 0.211 |
| 鳥 | 0.125 | 0.103 | 0.281 |
| 鳥 | 0.096 | 0.114 | 0.039 |

Base... 基準パターン
Input... 入力パターン
■ ... 最小距離値

表2. 一字分の処理時間

| パターン | サイズ | 16×16 | 24×24 |
|-------------------|-----|-------|--------|
| 画素特徴抽出 | | 0.32 | 4.99 |
| 輪郭特徴抽出 | | 0.61 | 6.31 |
| 全画素対応付け (DPマッチング) | | 7.09 | 110.51 |

(単位: 秒)

結果を見ると、扱う画像データサイズは大きい方が距離値に変動がなく認識率が良くなっている。これは、輪郭特徴が、画像データサイズが大きいほど画素をより連続的に表現でき、威力を発揮できるためであろう。この結果は、画素特徴をはじめ輪郭特徴が、複雑な変形をもつ手書き漢字認識のための特徴としての有効性を示している。また、画素数の増加に対してはそれに比例した量のプロセッサを使用すれば、処理効率の低下は見られない点で、非常に超並列計算機向きの認識システムであるといえる。

5. SIMDマシンによる並列DPマッチング

前章の結果における各処理時間をみると、DPマッチングにかなり負荷がかかっており、超並列計算機においてもよりいっそうの高速化が要求されるものと思われる。そこで、本章ではSIMDマシンによる並列DPマッチングについて述べる。

(1) LISCARについて[4]

今回、使用したSIMDマシン、LISCAR (Line-Scannable Cellular ARray processor) は、NTTのヒューマンインターフェース研究所で開発された小型並列プロセッサであり、プロセッサアレイをAAP2-LSI (Adaptive Array Processor LSI) 4個で構成したアレイサイズが16×16のビットシリアル型2次元SIMDとなっている。PE (プロセッサエレメント) 間の接続は、段違い型のトラス接続構造となっており、通常の2次元データ処理の他に、ビットライン単位の並列処理 (線順次処理) を行うことが可能である。

(2) 並列DPマッチング

DPマッチングは、基本的には逐次処理であるが、以下の図に示した順序で距離値を求めていくと、同数の箇所は並列化が可能となる。

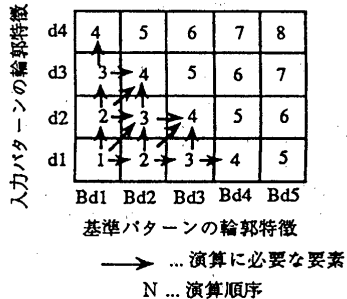


図6. DPマッチングの並列化

そこで、横軸方向にプロセッサを割り当て、各箇所距離値を段違いにアレイメモリ上に格納し、線順次処理を行うことでDPマッチングの並列化を図った。通常で $O(n*m)$ (ここで、 n ...基準パターンの特徴数、 m ...入力パターンの特徴数とする) のオーダーかかるところが、この手法では、 $O(n+m)$ で済む。

6. まとめ

本研究では、従来から用いられている特徴の見直しを図り、処理が多少重くてもプロセッサ数の増加でカバー出来る、超並列処理向けの特徴として、画素特徴を提案し、その有効性をシミュレーションによって検証した。また、マッチングには線分処理の幅や重みを吸収することを目的として、DPマッチングを用いるので、DPマッチングの高速化のため、SIMDマシンによる並列DPマッチングについて考察した。

・謝辞

LISCARの使用について御配慮いただき、使用法について御指導頂いているNTTヒューマンインターフェース研究所の近藤利夫主任研究員に厚く感謝申し上げます。

<参考文献>

- [1] 須原 康次他: 2進木計算機による並列パターン認識システムについて, 信学技報, CPSY89-23, Vol.89, No.166, 1989
- [2] 佐々木一陽他: 超並列手書き漢字認識の研究, 第43回情報処理学会全国大会, 講演論文集(分冊2), 2D-6, 1991
- [3] 舟久保登著: 視覚パターンの処理と認識, 啓学出版, 1990
- [4] 多田俊吉他: 小型高並列プロセッサとその文字認識への応用, 電子情報通信学会論文誌, D Vol. J71-D, No.8, pp.1546-1552, 1988