

Real-time Hand Shape Recognition for A Human Interface

堀本, 修平
九州大学システム情報科学研究院知能システム学部門

花田, 武彦
九州大学システム情報科学研究院知能システム学部門

有田, 大作
九州大学システム情報科学研究院知能システム学部門

谷口, 倫一郎
九州大学システム情報科学研究院知能システム学部門

<http://hdl.handle.net/2324/5918>

出版情報：情報科学技術フォーラム, pp. -0, 2003-09
バージョン：
権利関係：



ヒューマンインタフェースを目的とした実時間手形状認識 Real-time Hand Shape Recognition for A Human Interface

堀本 修平[†]
Shuhei Horimoto

花田 武彦[‡]
Takehiko Hanada

有田 大作[‡]
Daisaku Arita

谷口 倫一郎[‡]
Rinichiro Taniguchi

1. はじめに

手の形状を認識する手法には、大きく分けて二つの手法がある。一つは指の関節の曲げ角度や手の向きなどの手の形状パラメータを厳密に測定する手法であり、もう一つは予め定義された数種類の手の形状カテゴリに分類する手法である。前者のアプローチは、認識可能な手の形状の種類が豊富であるが、人間の手は幾何学的に高い自由度を持った多関節体であるため、膨大な計算コストがかかってしまい、実時間の認識処理には向いていない。また、測定とは言え、最終的には手の形状の分類を行なう必要がある。後者のアプローチは、二次元の画像から抽出した特徴量からカテゴリに分類するため、前者の手法に比べて計算コストはかからないが、厳密な手の形状パラメータを得ることは出来ない。

本研究はヒューマンインタフェースを目的としており、厳密な手の形状パラメータは必要としていないが、認識処理の実時間性が必要である。よって、筆者らは後者のアプローチを採用することにした。本論文では、固有空間法を用いたロバストな実時間手形状認識システムと、その認識率を向上させるための追加学習について述べる。

2. 固有空間法

固有空間法とは統計的パターン認識手法の一つであり、人間の顔認識に用いられる「固有顔」[1, 2]や、画像の連続的な変化を固有空間上の軌跡で表現したパラメトリック固有空間法[3]などで知られている。固有空間法を要約すると以下ようになる。

まずテンプレート画像群から固有基底をいくつか求め、各テンプレート画像の固有係数を記憶しておく。固有係数とは、あるテンプレート画像の各固有基底に対する重みを集めたものである。認識時には、テンプレート画像群から求めた固有基底を用いて、入力画像から固有係数を求める。入力画像の固有係数と各テンプレート画像の固有係数と比較して、最も距離の小さいテンプレートを認識結果とする。

3. 固有空間法を用いた手形状認識

日本語の手話に用いられる指文字の手の形状を認識する認識システムを構築した。指文字とは、片手の指の曲げ伸ばしや手の回転及び手の動きの組合せにより五十音や数字を表現するもので、手話単語が確定していない固有名詞等を表す場合に用いられる。本来、指文字には同じ手の形状で、手の姿勢の違いにより意味の異なる物が存在するが、本研究では、指文字ではなく手の形状に着目しているので、手の姿勢の違いは除外し、20種類の指文字の手の形状を対象とする(図1)。認識対象の手の形



図 1: 手の形状モデル

状モデルが20種類では、あり得る手の形状の数に比べて非常に少ないが、使いやすいヒューマンインタフェースを想定した場合、それほど多くの手の形状を認識する必要はない。よって、使いやすいヒューマンインタフェースを目指す上で、20種類程度の手の形状を認識出来れば十分であると考えられる。

予め手の形状毎に複数枚のテンプレート画像を撮影し、2.節で説明した固有空間法を用いて決められた個数の固有係数に変換しておく。認識時には、入力画像から計算した固有係数と各テンプレート画像の固有係数との距離に基づき、20種類の形状モデルに分類する。

学習が不十分である場合、固有空間における各手の形状モデルの間の境界が曖昧になり誤認識を招く。手の形状毎に十分な数の画像を予め学習するのは難しいため、追加学習を行なう仕組みを導入した。このとき考えられる手法は二つで、一つは過去に学習したテンプレート画像と合わせて固有基底を求め直す方法であり、もう一つは固有基底を再計算せずに固有係数のみをテンプレートとして追加する方法である。前者は、固有基底を求めるのに数時間がかかってしまうという欠点がある。後者は、固有基底が正しいという保証がなく誤学習が懸念されるが、予備実験では認識率の明らかな低下は見られなかった。よって後者の手法を選択した。

4. 実験による評価

PC(PC/AT 互換機, Celeron1.3 GHz, RAM 512MB, Linux)1台とデジタルカメラ (Sony DFW-VL500, IEEE1394 準拠, 15fps, 160×120 ピクセル)1台を用いて、3.節で述べたシステムの性能評価を行なった。

[†]九州大学大学院システム情報科学府, 現在九州電力株式会社電通通信部門に勤務

[‡]九州大学大学院システム情報科学府

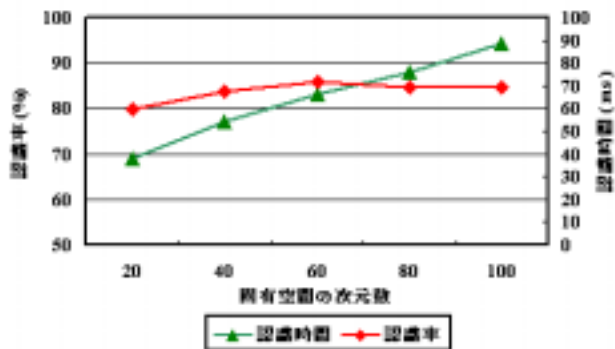


図 2: 固有空間の次元と認識率及び認識時間

表 1: 固有空間法とテンプレートマッチングの比較

	固有空間法	テンプレートマッチング
認識率 (%)	83.7	83.8
認識時間 (ミリ秒)	54	1110

ユーザがカメラに向かって意識的に手の形状を提示する場合でも、必ずしも真正面で提示するとは限らないため、形状モデル毎に手を回転させて 20 枚の回転画像を撮影した。20 枚の内訳は、カメラに向かって正面を Z 軸、右を X 軸、下を Y 軸として、Z 軸を中心に回転させて 7 枚、同様に Y 軸について 6 枚、X 軸について 7 枚である。また、個人差に対応するために、男性 5 人、女性 5 人について手の回転画像を撮影した。よって、手のテンプレート画像は合計 4,000 (=20 × 20 × (5 + 5)) 枚である。

テンプレート画像とは別に認識用の画像を用意し、予め人間の手によって 20 種類の形状モデルに分類しておいた。この分類とシステムの認識結果を比較して認識率を求めるものとする。認識用の画像は、テンプレート画像を撮影した 10 人について、1 人当たり 6,000 枚 (20 形状モデル × 300 枚) 撮影したので、合計 60,000 枚である。

固有基底の数の変化に対する認識率、認識時間の変化を求めたところ、図 2 のようになった。認識率は固有基底の数が 40 になるまで上昇し、40 を越えるとほぼ横ばいになった。一方、1 枚の入力画像に対する認識時間は、固有基底の数に比例して単調増加した。固有基底が 40 個の場合の平均認識時間は 54 ミリ秒で、認識率は 83.7 パーセントであった。よって、本システムが実時間で手の形状を認識出来ることを示している。

次に、認識に用いるアルゴリズムを一般的なテンプレートマッチングに置き換えて認識率及び認識時間を測定した。提案手法と比較したところ、表 1 のような結果を得た。なお、固有空間法の固有係数の数は、図 2 から効率が良いと思われる 40 個としている。認識率はほぼ同等であったが、認識時間に 20 倍以上の開きが見られた。

最後に、追加学習の効果を確かめた。テンプレート画像の追加学習の回数と認識率の関係について調べたところ、図 3 のような結果を得た。追加テンプレート数が 1,400 を越えるまでは認識率が単調増加し、約 95 パーセントまで上昇したことから、追加学習によって一定の効果が得

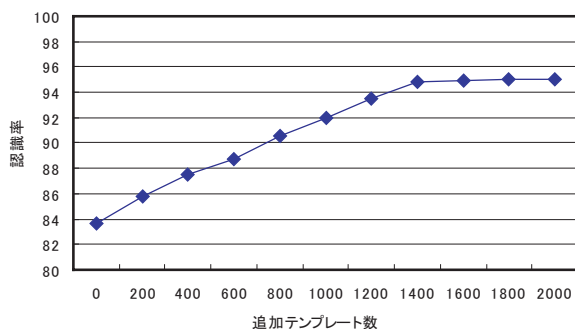


図 3: テンプレート画像追加による認識率の向上

られることが分かった。ここで、被験者一人に関してのみ追加学習を十分行った場合、その被験者に関しては認識率 99 パーセントを実現できた。本システムでは一般性を追求しているため、バランス良く 10 人の被験者について追加学習をしており、各個人の認識率が多少低下していると思われる。

5. まとめ

本論文では、ヒューマンインタフェースを目的とした実時間手形状認識システムを提案した。本システムは、テンプレートとして複数の人物の手の回転画像を多数 (4,000 枚以上) 撮影しており、手の形状の見えの変化に対しロバストである。また、画像中の手の形状の本質的な情報を抽出する固有空間法を用いて、画像をより低次元の固有空間へ投影することで、処理時間の短縮を実現し、実時間での認識を可能とした。

さらに、固有空間上での追加学習を行なうことで、より高い認識率を実現できた。しかし、記憶領域は有限なので無限に学習し続けることはできない。固有空間における各形状モデルの分布の中心付近はあまり重要ではないので、形状モデルの分布を分析して中心付近のテンプレートを間引くと有効かも知れない。

参考文献

- [1] M. Turk, A. Pentland, "Eigenfaces for recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991.
- [2] M. Turk, A. Pentland, "Face recognition using eigenfaces," *Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 586-591, 1991.
- [3] 村瀬, S. K. Nayer, "2 次元照合による 3 次元物体認識-パラメトリック固有空間法", *信学論 (D-II)*, Vol. J77-D-II, No. 11, pp.2179-2187, 1994.