

産業応用に向けた二次元画像照合によるパターン認識

Pattern Recognition by 2D Image Matching for Industrial Applications

2157014



研究代表者 (助成金受領者)	熊本大学大学院 自然科学研究科	博士後期課程	矢田 晃嗣郎
共同研究者	熊本大学大学院 先端機構		上 瀧 剛
共同研究者	熊本大学大学院 自然科学研究科		内 村 圭 一

[研究の目的]

画像内にある特定のパターンを認識する技術は、工業画像処理に広く応用されている。例えば、部品外観検査では、二次元画像中に多数存在する部品の中から、ターゲットの検出および種類(クラス)の識別を行う。このようなシーンでは、画像から複数ターゲットの位置姿勢推定を伴うマルチクラス識別が可能であるアルゴリズムが必要とされる。また、ターゲットの任意の姿勢変化を考慮する場合、三次元的な姿勢推定が可能であるアルゴリズムが求められる。

二次元画像から、ターゲットの位置姿勢検出および識別を行う場合、予めターゲットのクラスおよび姿勢変化を含むテンプレートを登録し、照合に用いるテンプレートマッチングが用いられる。ただし、予め登録するデータ量および処理コストの大きさが問題となる。データ量削減のために、主成分分析を応用した手法として、固有値テンプレート法が提案されている^[1,2]。この手法では、二次元的な平面回転を行うターゲットの位置および姿勢を同時に推定可能である。しかし、ターゲットの三次元的な姿勢推定およびマルチクラス識別ができない。

これに対し、本研究では、固有値テンプレ-

ト法を拡張することでターゲットの三次元的な位置姿勢推定を伴うマルチクラス識別可能なアルゴリズムの実現を目的とする。また、固有値テンプレート法を応用した産業システムの実現を目指す。

[研究の内容, 成果]

固有値テンプレート法によるクラス識別

図1に、マルチクラス識別に対応した固有値テンプレート法の概略を示す。図1右上の点線内の手法は、正規化相互相関法(NCC)と呼ばれるテンプレートマッチングの代表的な手法を表す。図1下は、固有値テンプレート法を表す。

ターゲットの姿勢変化を考慮した画像照合

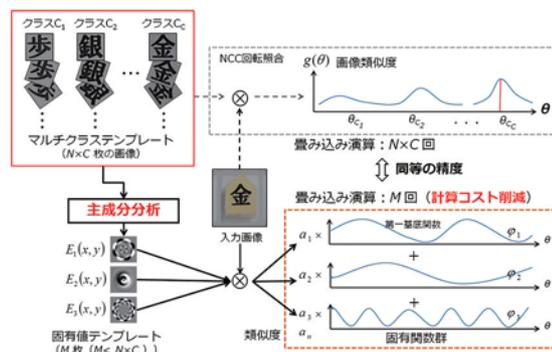


図1 固有値テンプレート法概略

を行う場合、従来法である NCC では、姿勢変化に対応したテンプレートを用いて、繰り返し照合を行う。この手法ではテンプレート数に応じて、データ量および処理コストが膨大となる。一方、固有値テンプレート法では、多量のテンプレート群に対し、主成分分析を適用することで固有値テンプレートと呼ばれる新たなテンプレートを得る。固有値テンプレートにより、元のテンプレート数よりも少ない枚数でターゲットのクラスおよび回転変化情報を表現可能である。固有値テンプレートを用いたクラス識別および回転角度推定には、近似近傍探索を用いることで高速な認識処理を実現する。具体的には、まず、テンプレート群の各テンプレートと固有値テンプレートを畳込んだ値を葉に持つ多次元の特徴空間を予め辞書として保存する。次に、入力画像が与えられた場合、入力画像と固有値テンプレートを畳込んだ値をクエリとして辞書空間に投入し、近似近傍探索によりクエリと近傍となる特徴ベクトルを求める。特徴ベクトルには、ターゲットのクラスおよび回転角度の情報が付与されているため、クエリのクラスおよび回転角度を推定可能となる。

テスト画像を用いて、固有値テンプレート法によるターゲットの位置姿勢推定性能および識別性能、処理時間を評価する。実験画像について、テンプレートとして、画像データセット COIL-20^[3]に含まれる 10 種類を用いた。ここで、1 クラスあたり 72 枚を登録する。テスト画像として、データセットに含まれている画像をランダムに 3 種類選択し、平行移動を加えた

ものを黒い背景に貼付した画像を 20 枚作成し、使用した。図 2 (a) および図 2 (b) にテンプレートおよびテスト画像の例を示す。画像サイズは、テンプレートが 128×128 pix, テスト画像が 512×512 pix である。実験環境は、CPU Corei7-3930K 3.2 GHz, 物理メモリ 16 GB である。

実験結果を表 1 に示す。EIGEN は固有値テンプレート法である。ここで、固有値テンプレート数は 60 枚である。EIGEN および NCC の識別成功率はいずれの手法も 100% であった。EIGEN は、NCC の約 4 分の 1 の処理時間で、同等の精度での位置姿勢推定結果を得ることが可能である。

将棋ロボットシステムへの応用

画像処理の産業応用の中でも、ピッキングシステムは、製造業を含む幅広い分野で用いられている。産業以外の応用として、将棋ロボットと呼ばれるシステムが提案されている^[4]。このシステムは、人間とロボットで将棋の対局を実現するシステムであり、ロボットアームにより盤上に指し手を再現するシステムである。このシステムは、認識ターゲットおよびアーム動作が限定されており、産業システムと比較して実現が容易である。

本研究では、まず、固有値テンプレート法を画像認識部に採用した将棋ロボットシステムの開発を通して、物体認識およびロボット制御を組合わせたピッキングシステムのフレームワークを作成する。その後、産業向けピッキングシステムの開発を目指す。

作成したシステムの外観を図 3 に示す。本システムでは、小型 4 軸ロボットアーム (uArm metal) および Web カメラの使用により、本将棋の指し手を実現する。装置フレームとして、幅 416 mm, 奥行き 463 mm, 高さ 400 mm のアルミフレームにアクリル板を固定する。盤面のマス目のサイズは縦 25 mm, 横 20 mm である。

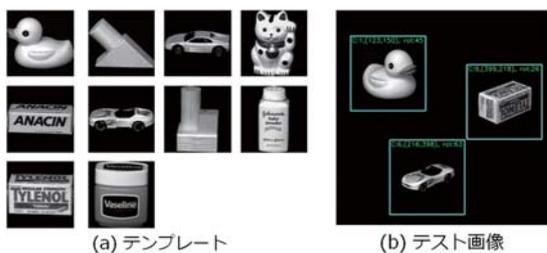


図 2 実験画像

表1 実験結果

手法	位置誤差 [pix]	姿勢誤差 [deg]	処理時間 [sec]
NCC	0.22	0.10	11.54
EIGEN	0.32	0.14	3.35

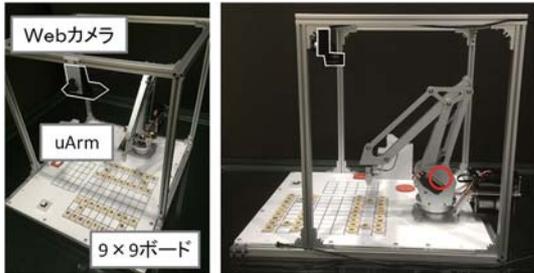


図3 将棋ロボット装置構成

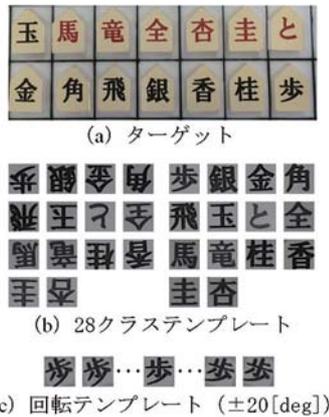


図4 認識ターゲット

図4 (a) に認識ターゲットとする駒の種類を示す。駒は全14種類である。ここで、先手および後手で駒の上下が逆に撮影されることを考慮する場合、図4 (b) に示すような合計28種類の駒の識別が必要である。また、駒の回転変化を考慮する場合、図4 (c) に示すような各駒に関する回転テンプレートが必要である。

例えば、±20度以内の回転変化を含む28種類の駒をターゲットとするテンプレートマッチングを行うことを考える。従来のNCCでは、28(クラス)×41(±20度)=1148枚のテンプレートが必要であるが、固有値テンプレート法では100枚程度の固有値テンプレートで元の

テンプレートを表現可能である。

本システムでは、4軸ロボットアーム「uArm」を使用する。物体の把持は空気吸引式で行う。ロボットアームの基本動作は、マスからマスへ駒を移動させる移動動作、駒の向きを180度回転させる回転動作、駒の表裏を反転させる反転動作の3種類とした。これらの基本動作を組み合わせることで、対局における様々なパターンの指し手を再現可能である。ここで、ロボットアームはシリアル通信によりPCから制御する。

駒の分類精度評価および対局テストにより、提案システムの評価を行う。使用テンプレートについて、クラス数は28である。また1クラスにつき、±20度の範囲で1度刻みに回転させたテンプレートを用いる。固有値テンプレート枚数は100とした。テンプレートサイズは36×36 pix, 1マスあたりの画像サイズは90×107 pixである。

24枚の盤面画像を用いて、提案システムにおける駒の認識精度を評価する。使用画像および実験結果の一例を図5に示す。分類成功率は、100%であった。処理時間は、1マス辺り約110msecであった。

対局テストでは、ロボットアーム動作の安定性を評価した。対局数は、2局とした。実験結果を表2に示す。いずれの基本動作の成功率も94%以上の成功率であった。実際の対局における1局辺りのロボット側の指し手を平均50手とすると94%の動作成功率の場合、2, 3手は動作失敗することとなる。動作の失敗は、い

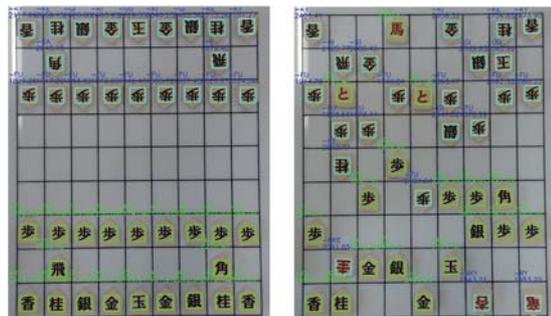


図5 盤面認識例

ずれもロボットアームのキャリブレーションに起因しており、今後、改良の余地があると考え

産業システムへの応用

産業用カメラおよびロボットアームと固有値テンプレート法を組合せたピッキングシステムの構築を行う。構築するシステムの外観を図6および図7に示す。本システムは産業用CMOSカメラおよびロボットアームから構築する。ロボットには、EPSON製の垂直多関節アームC3を用いる。本システムでは、図7に示すステージ上に複数のターゲットをランダムに置く。ターゲットには、ボルトやナットなどテクスチャレスの部品を用いる。ターゲット認識手法として、三次元検出に拡張した固有値テンプレート法を用いる予定である。

本システムのフローとして、まず、画像認識によりターゲットの三次元位置姿勢を推定する。ターゲットの三次元情報をロボット座標に変換

表2 対局動作テスト

動作種類	試行回数	成功回数	成功率 [%]
移動	123	116	94.3
回転	39	38	97.4
反転	19	17	94.4



図6 ピッキングシステム外観

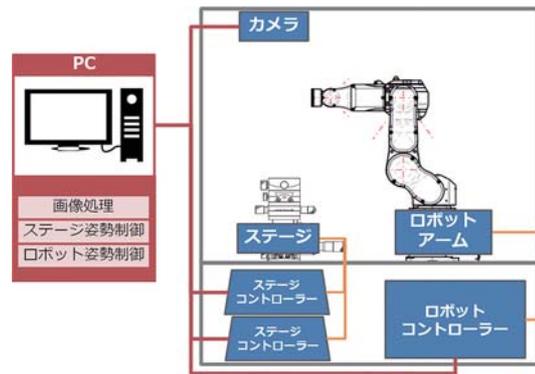


図7 ピッキングシステム構成図

後、PCからシリアル通信による命令の送受信を行い、その命令を基にロボットアームの移動および把持動作を行う。

[今後の研究の方向、課題]

固有値テンプレート法によるマルチクラス識別が可能なアルゴリズムを提案した。また、提案手法を認識部に応用した将棋ロボットシステムを提案した。しかし、三次元姿勢推定が可能なアルゴリズムの実現には至らなかった。

今後は、固有値テンプレート法による三次元姿勢推定の実現を目指す。また、テンプレート数の増加により、処理時間の増大が見込まれるため、高次元データに対しても高速な近傍探索が可能な手法の導入についても検討している。固有値テンプレート法の応用について、単眼カメラによるターゲットの三次元的な位置姿勢推定が可能な産業システムの実現を目指す。具体的には、ICチップなどの小型部品検査装置および前述したピッキングシステムの構築を目指す。

[参考文献]

- [1] 上瀧剛, 内村圭一: 明るさ変動および雑音に頑健な固有値分解テンプレート法, 電気学会論文誌C, Vol. 131, No. 9, pp. 1625-1632, 2011.
- [2] 矢田晃嗣郎, 上瀧剛, 内村圭一, 菅倫明, 浅井大介, 竹葉誠: 多段絞り込みによる固有値テンプレ

- ト法の高速化, 電気学会論文誌 C, Vol. 133, No. 11, pp. 2110-2117, 2013.
- [3] S. A. Nene, S. K. Nayar, H. Murase: Columbia Object Image Library (COIL-20), Technical Report CUCS-005-96, 1996.
- [4] Denso News Release: <http://www.denso.co.jp/ja/news/newsreleases/2014/140312-01.html>, 2014.
- [5] Matching for Shogi Robot System Proceedings of 22th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp. P1-11-1-P1-11-5, 2016.
- [2] 矢田晃嗣郎, 目野誠, 上瀧剛, 内村圭一: 主成分分析を用いた多クラス分類と位置姿勢の同時推定～将棋ロボットシステムへの応用～, 画像の認識・理解シンポジウム, pp. DS2-8-1-DS2-8-2, 2015.
- [3] 目野誠, 矢田晃嗣郎, 上瀧剛, 内村圭一: 低コストなスタンドアロン型将棋ロボットシステム, 第21回画像センシングシンポジウム, pp. DS2-10, 2015.
- [成果の発表, 論文等]
- [1] Gou Koutaki, Koushiro Yata, Makoto Meno, Keiichi Uchimura: Multi-class Eigen Tempalate