

局所特徴の位置関係の学習に基づく複雑背景下での把持状態の検出

森岡 慎也¹ 平本 康裕¹ 島田 伸敬^{1,a)} 松尾 直志¹ 白井 良明¹

1. はじめに

人間の手が物体を握る、つまむなど様々な動作を認識するために、画像から手の検出や姿勢推定の課題がある。手の動作と物体の機能関係を用いて物体のカテゴリーを認識する研究がある [1][2]。しかし、把持状態では指や手の一部が隠れるために、検出や姿勢推定が困難である。そこで、本研究は手の部分特徴を学習することで、隠れている部分があっても把持状態を検出する。人間が道具を使用しているシーンを多様な道具の持ち方を学習することで、既知の手形状がどの位置にどの向きの把持動作に対応する物体がどこにありそうかを予想する。複雑背景下での手首位置と物体位置を検出し、手と物体から背景を切り出せることを実験で示す。

2. Randomized Trees を用いた手の局所特徴の位置関係に基づく手首位置検出

2.1 手首位置確率分布を出力する Randomized Trees モデルの学習

手の把持状態を再現した背景単純の学習画像を多数用意し、学習画像に教師信号である手首位置を与える (図 1-(a))。次に学習画像から SURF 特徴を抽出する (図 1-(b))。学習画像中の個々の SURF 特徴の位置・方向・スケールを基準とした局所座標系での手首の相対位置を求める。抽出された特徴を全てカバーできるように離散化したラベルのついた手首位置グリッドを設定し (図 1-(c))、個々の特徴に対する手首相対位置をラベル付けする。手以外の背景特徴に対しては手首位置が対応しないので、背景クラスラベルを対応させる。

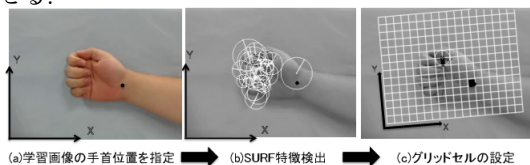


図 1 手首位置と特徴の位置を相対位置関係のクラスラベルに変換

¹ 立命館大学情報理工学部 〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1

a) shimada@ci.ritsumeai.ac.jp

作成した学習画像中の SURF 特徴と手首位置ラベルの組を学習用サンプルとして入力し、SURF 特徴を入力すると手首位置ラベル確率分布を出力する Randomized Trees を構築する。

2.2 手首位置確率分布の投票に基づく手首位置検出

検出時には入力画像から SURF 特徴を抽出し、前節で構築した Randomized Trees に入力すると、対応する手首位置ラベルの確率分布が得られる。得られた手首位置ラベル確率分布を画像空間に投票する。画像中の全ての SURF 特徴について投票を行い、投票が集中している位置を手首の位置とする。複数の極大位置を効率的に検出するためにここでは mean-shift を用いる。画像空間中に等間隔に mean-shift のシードを配置し (図 2-(a))、移動の収束地点をクラスタリングし (図 2-(b))、各クラスタ中の最大投票数を持つ画素位置を手首位置の候補として検出する (図 2-(c))。



図 2 手首候補検出の流れ

手領域に比べて背景の領域が広い場合、背景の SURF 特徴からの投票が多数生成されてノイズ成分となり、手首位置の決定の妨げとなる。そのため、予め手らしい SURF 特徴とそれ以外の特徴の学習サンプルを用意しそれらを大雑把に識別する SVM を構築する。その際明らかに手ではない特徴のみをふるい落とすように、SVM で手である確率が十分低いと判定された特徴を除外してから前述の投票を行う。図 3-(g) 中の赤色の四角形が検出された手首位置であり、手首検出に成功しているのがわかる。

3. 手特徴の見えと物体の位置関係の学習に基づく手・物体領域の抽出

物体特徴は画像中のどの場所に現れるかは分からないの

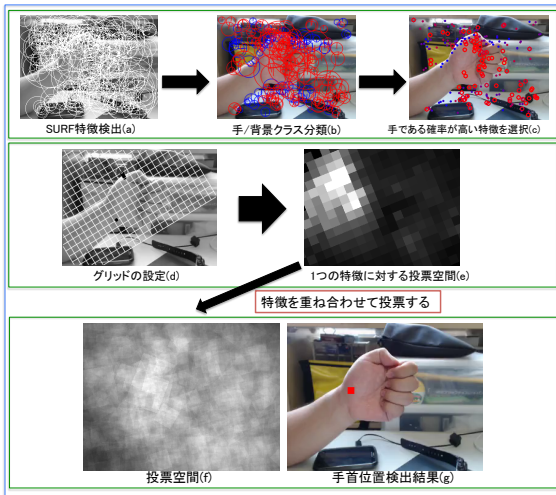


図 3 手首位置確率分布投票の流れ

で, 物体の大まかな位置を推定する必要がある. 物体の大まかな位置である物体重心位置を Randomized Trees によって推定し, 手首—物体座標系を作成する. 手首—物体座標系における手特徴と物体特徴の One Class SVM を構築することで, 手・物体領域の検出を行う.

3.1 特徴の手らしさに基づく手・物体特徴の分類

実際に物体を把持した画像を学習画像とし, 2 章のアルゴリズムを用いて手首位置を検出し, 手領域を求める. 手らしさ h は検出された SURF 特徴が, 手首位置を決定する際にその位置への投票にどれだけ貢献したか (投票した確率値) を表している (図 4-(b)). 画像中の特徴位置とその手らしさの組 (x, y, h) を, K-means 法を用いて 2 クラス分類を行い, 手クラス特徴か物体クラス特徴であるか判別する. そこで手首位置と物体クラス特徴の重心位置 (図 4-(c)), 手首—物体座標系を生成する. 図 4-(d) は手クラスに分類された SURF 特徴の有効範囲に基づいて手領域を表示したものである (色の濃いところほど手らしい).

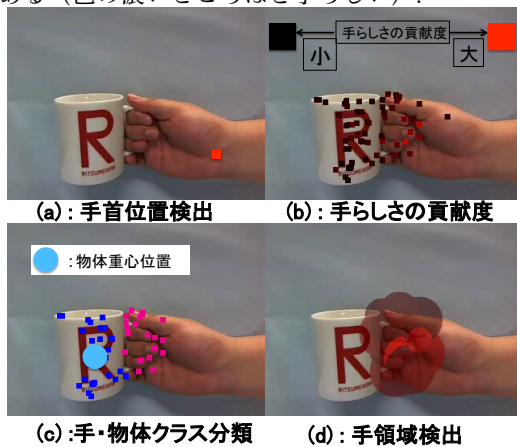


図 4 手・物体特徴分類の流れ

3.2 物体位置確率分布を出力する Randomized Trees の学習

前節で抽出した学習用物体把持サンプル画像中の物体重

心位置と, 同じ画像中の手の SURF 特徴の関係を 2.1 節と同様に Randomized Trees を使って学習し, 局所特徴に対して相対的な物体位置予測器を構築する. 検出時には手首位置の検出をしたあと, 手らしさ h が高い SURF 特徴に対してこの物体位置予測器ノ出力確率分布を画像空間に投票して物体重心位置を検出する. 検出結果例を図 5 に示す (赤四角が手首位置, 青四角が物体重心位置).

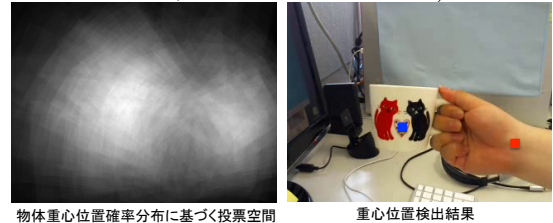


図 5 物体重心検出

3.3 手首—物体座標系に基づく手・物体特徴を識別する One Class SVM の学習

3.1 節で定義した手首—物体座標系において, 画像中手と物体の領域範囲を推測するために, 手特徴の One Class SVM, 物体特徴の One Class SVM をそれぞれ構築する. One Class SVM は正事例のみを用いて学習する 2 クラス識別器である. 手特徴については, 手首—物体座標系における位置と手らしさの (x, y, h) を入力に用いた識別器を学習する. 物体特徴については, 一般に把持される物体の見えに共通する, 「そのクラスの物体らしさ」が評価できないので, 手首—物体座標系における画像中の 2 次元位置 (x, y) のみを用いて識別器を学習する. これら 2 つの識別器により手・物体・背景クラス (手・物体の双方で負となる特徴) の分類を行った結果例を図 6 に示す (赤点: 手, 青点: 物体, 緑点: 背景).



図 6 特徴クラス分類結果

4. まとめ

Randomized Trees と One Class SVM を用いて複雑背景下によるさらに把持状態の検出を行った. 今後の方針は, 様々な物体がどのような把持形状をするのかという関係を学習し, それを基に物体検出を行う.

参考文献

- [1] 鎌倉矩子, “手のかたち 手の動き”, 医歯薬出版株式会社, May. 1989.
- [2] 笠原啓雅, 松崎淳, 島田伸敬, 田中弘美: “把持パターン画像の学習に基づく欠損画素復元と物体認識”, 第 11 回画像の認識・理解シンポジウム, IS2-5, pp.623-628, 2008