

H-058

色と距離の特徴を用いた3次元物体の位置と姿勢の推定

Position and Posture Estimation of a 3D-Object using its Color and Distance Feature

Hyun-Jong Ji[†] 高田 裕二郎[†] 長尾 智晴[†]
 Hyun-Jong Ji Yujiro Takata Tomoharu Nagao

1. はじめに

近年、ロボットには様々なタスクを解決する能力が求められるようになった。そのうちのひとつとして、ロボットが環境中に存在する特定の物体を探し出し、その把持・運搬を行うといったことが挙げられる。そのためには、特定の物体が置かれている位置と姿勢を認識することが必要である。

本研究では、3次元物体モデルを用い、環境中にある同一物体の位置と姿勢の推定を行う手法を提案し、更にその手法の性能を評価する2種類の実験を行った。まず1つ目の実験では、理想環境として設定した、ブルーバックの環境における物体のスケール、姿勢、隠れ、重なりの変化に対し、どの程度ロバストであるかの検証を行った。続いて2つ目の実験では、実環境として設定した、物が煩雑に置かれている環境における実験を行った。

2. 3次元物体の位置と姿勢の推定手法

本研究では、環境の情報として、CCDカメラによって取得した色画像と、赤外線距離カメラによって取得した距離画像を用いる。両カメラによって撮影した画像に対してレジストレーションを行い、両画像の実空間での位置を対応させる。

物体の位置と姿勢を推定する方法は大きく3つのステップで構成される。その処理の流れを次に示す。

1. 3次元物体モデルから色特徴と距離特徴を抽出する。
2. 抽出した色特徴と距離特徴を用いて、環境中の物体の位置を推定する。
3. 推定された位置に対し、物体の姿勢を推定する。2.4節で示すような評価関数を設定し、進化計算法の一手法である Differential Evolution (DE)^[1] を適用して評価関数の最小値を求める。

2.1 使用するセンサ

本研究では、CCDカメラとして図1(a)に示す Point Grey Research 社製の Flea2 を、赤外線距離カメラとして図1(b)に示す Mesa Imaging 社製の SR4000 を使用した。



(a) Flea2 (b) SR4000

図1 使用するセンサ

[†] 横浜国立大学 大学院環境情報学府, Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

2.2 ステップ1 色特徴と距離特徴の抽出

3次元物体モデルから色特徴と距離特徴の抽出を行う。なお、3次元物体モデルはボクセルデータであり、表面に色情報をもつものを用意する。

色特徴

用意した色パレット中の色で、3次元モデルの表面色に近似的に対応するパレットの番号の群を色特徴とする。用意する色パレットは、図2に示すようなマンセル色相環20色中の10色と白、黒、灰色の3色、色取得失敗を示す色の計14色を用いる。

#	Color	name	RGB value	#	Color	name	RGB value
1	Red	10R	(234, 64, 38)	8	Dark Purple	10PB	(85, 63, 127)
2	Orange	10YR	(247, 154, 1)	9	Light Purple	10P	(170, 79, 122)
3	Yellow	10Y	(255, 231, 0)	10	Light Red	10RP	(216, 81, 113)
4	Green	10GY	(83, 166, 58)	11	White	White	(255, 255, 255)
5	Light Green	10G	(35, 162, 55)	12	Grey	Grey	(128, 128, 128)
6	Light Blue	10BG	(21, 170, 128)	13	Black	Black	(0, 0, 0)
7	Blue	10B	(58, 152, 204)	14	Not color	Not color	(0, 0, 255)

図2 色特徴で用いるパレット

距離特徴

3次元物体モデルの中心からのユークリッド距離を半径とする球を考える。このとき、半径に対する球の表面がモデルの内部に存在する割合の変化を距離特徴とする。図3に示すように、球の半径が小さいうちは球の表面は全てモデルの内部に存在する。しかし、球の半径が r_1 から増加するに従って球の表面がモデルの内部に存在する割合が減少し、 r_3 でモデルの内部には全く存在しなくなる。

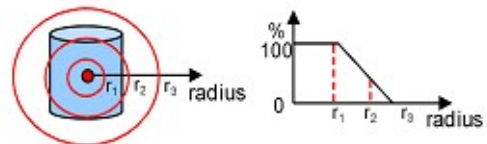


図3 距離特徴の例

2.3 ステップ2 物体の位置の推定

モデルから抽出した色特徴と距離特徴を用いて、レジストレーション後の画像から物体の位置を推定する。まず、図2で示した色パレットを用いてレジストレーション後の画像のパレット化を行う。その後、その画像に対して色特徴を用い、物体が存在する可能性がある領域を絞り込む。次に、絞り込んだ領域の各点に対して、距離特徴を用いて次式で示す評価値 DP を算出しながらスキャンを行う。最終的に評価値 DP が最小値をとる位置を推定された位置とする。なお、探索対象領域は推定位置を中心とした3次元物体モデルの外接球の半球の領域とする。

$$DP = E_1 / E_2 \quad (2.1)$$

$$E_1 = \sum_0^r |S_r - T_r| \quad (2.2)$$

ここで、 E_2 はある位置に対する半球内に存在する対象物体の大きさを示す。また、 r は距離特徴で用いる半径、 S_r は対象物体の距離特徴の半径 r に対する値、 T_r は評価対象点の距離特徴の半径 r に対する値である。

2.4 ステップ3 物体の姿勢の推定

ステップ2で取得した対象領域の距離情報と3次元物体モデルの距離情報を比較し、DEを用いて物体の姿勢を推定する。DEの評価関数は次に示すとおりであり、評価値が小さい方が良い評価となる。

$$fitness = \frac{\sum_0^S Z}{S} \quad (2.3)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{|Target - Model|}{A} & (|Target - Model| < A) \\ 2.0 & (otherwise) \end{cases} \quad (2.4)$$

ここで、 S は評価を行う全領域、 $Target$ は対象領域の距離、 $Model$ は3次元物体モデルの距離を示す。また、 A は $Target$ と $Model$ の差を測定する上限のしきい値である。

3. 提案手法の性能評価実験

3.1 実験設定

理想環境での実験は、図4のようなブルーバックの環境中で図6のCubeを対象に、物体のスケール、姿勢、隠れ、重なりなどの各状態を変化させて実験を行った。

また実環境での実験は、図5のような物が煩雑に置かれている環境を対象にして、図6の全てのモデルを対象にして実験を行った。



図4 理想環境

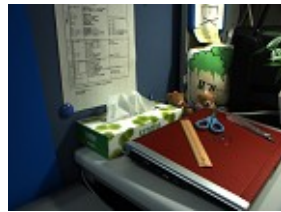
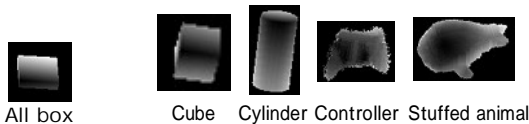


図5 実環境の例



(a) 色画像



(b) 距離画像

図6 実験で用いた3次元物体モデル

3.2 実験結果

まず理想環境での実験では、スケール変化と姿勢変化に対しては図7(a)のように良好な結果を示した。しかし、

隠れに関しては、図7(b)のように対象物体が約40%以上隠れている場合は正しい位置を推定することができなかった。また、重なりに関しては、位置推定で誤差が生じた場合、姿勢推定を上手く行えない場合が存在した。

次に、実環境での実験結果について述べる。位置推定のフェーズでは、図8(a)のように対象物体を確認できる領域が大きい場合、正しい位置を推定することができた。しかし、図8(b)のように色特徴・距離特徴がともに似ている全く異なる領域に推定する場合や、重心位置がずれて推定する場合が存在した。また、姿勢推定のフェーズでは、図9(a)のように対象物体の隠れが約40%未満の場合は姿勢推定の結果が良好であった。しかし、図9(b)のように位置は近いが異なる姿勢を推定してしまう場合や、図9(c)のように対象物がない領域の姿勢を推定してしまう場合が存在した。

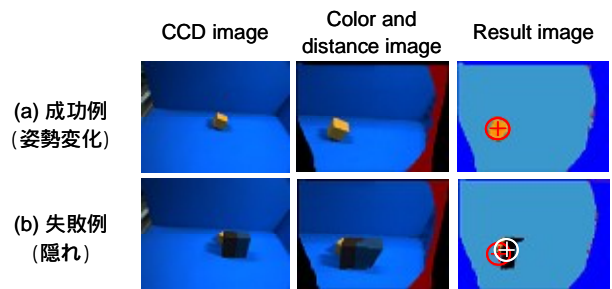


図7 理想環境での位置推定結果 (白色: 正解)



図8 実環境での位置推定結果 (白色: 正解)

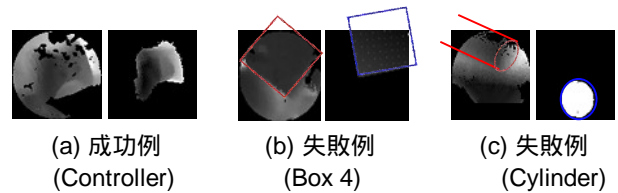


図9 実環境での姿勢推定結果 (右: 推定結果)

4. まとめと今後の課題

本研究では物体の色情報と距離情報を用いて、環境中の特定物体の位置と姿勢を推定する方法を提案した。そして、その提案手法の性能を評価する実験を行った。

今後の課題としては、用いる色パレットの改良による色近似の改良、姿勢推定の精度向上、提案手法の高速化などが挙げられる。

参考文献

[1] R. Storn, K. Price. Differential evolution - a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces. *Technical report TR-95-012 ICSI*, 1995.