

三次元モデルデータを用いた物体の位置・姿勢推定

2014SC090 山口慎一郎

指導教員：中島明

1 はじめに

近年、ロボットビジョンは多く研究されており、コンピュータの高速化や低価格化により工業ロボットの自動化などの用途で急速に実用化されつつある [1]。このロボットビジョンを考える際に物体認識技術は制御対象の位置・姿勢推定方法の観点から極めて重要となる。

実世界における三次元シーンでの物体認識方法にはモデルベースとアピランスベースの認識手法がある [2]。アピランスベースには膨大な画像データを必要とする反面、モデルベースでは CAD 等で作成された三次元モデルデータを用意すればよい。しかしモデルベースでは物体の特徴点により推定対象とモデルデータの比較・マッチングを行うため、三次元スキャナ等の高価な設備が必要となる。

そこで球状、筒状や箱状など単純な構造のモデルデータによる種類、形状、大きさに一定のパターンをもつ物体の位置・姿勢推定を考え、扱いやすい推定手法を研究する。

2 問題設定

2.1 推定対象の三次元モデルデータ

推定のシミュレーションに使用する三次元モデルは日常シーンを想定し、図 1 に示すマグカップのデータを利用する。

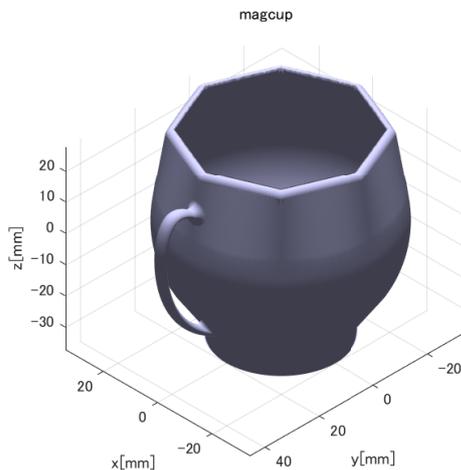


図 1 マグカップの CAD データ

2.2 座標系の設定

本稿で使用する座標系を以下の図 2 にまとめる。 Σ は座標系を表しており、 L_i は三次元モデルデータを構成する頂点位置を示す。

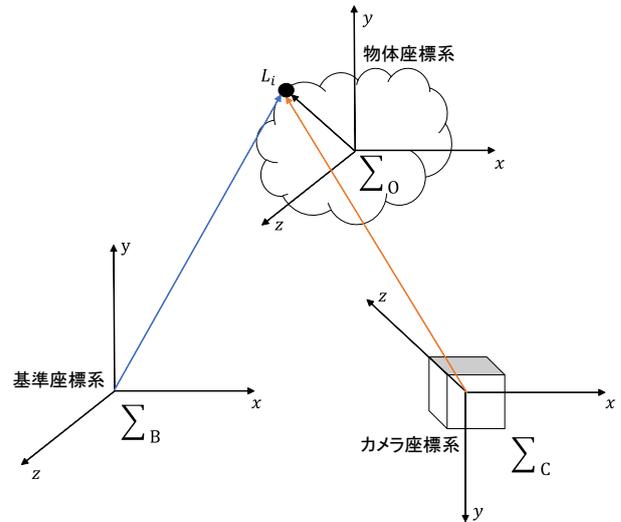


図 2 座標系図

座標系は位置を表す位置ベクトル P と姿勢を表す回転行列 R によって表され、位置ベクトル P は X-Y-Z 軸でのそれぞれの位置、回転行列 R はオイラー角により表現される [3]。またシミュレーションでは物体座標系とカメラ座標系は基準座標系上に任意に設定する必要があるため以下の表 1 の様に既知であるとする。

表 1 座標系の設定

座標系	位置 [mm]	姿勢 [deg]
物体座標系	x:0 y:0 z:300	x:90 y:90 z:90
カメラ座標系 1	x:0 y:0 z:0	x:0 y:0 z:0
カメラ座標系 2	x:600 y:50 z:300	x:0 y:-100 z:0

2.3 座標変換とカメラモデル

座標系の変換は各座標系の位置ベクトル P と回転行列 R の関係を用いて行われる。変換の手順を以下に示す。

1. 物体座標系 Σ_O とカメラ座標系 Σ_C の関係を求める。

$${}^C P_O = {}^B R_C^{-1} ({}^B P_O - {}^B P_C) \quad (1)$$

$${}^C R_O = {}^B R_C^{-1} {}^B R_O \quad (2)$$

2. 形状データ L_i をカメラ座標系 Σ_C に変換する。

$${}^C P_{L_i} = {}^C P_O + {}^C R_O {}^O P_{L_i} \quad (3)$$

3. 形状データ L_i をカメラ座標系 Σ_C から画像座標系に変換する。

カメラ座標系から画像座標系への変換にはピンホールカメラモデルの考え方 (透視変換) を用いた。(なお今回レンズ

の歪み等の考慮は行わないものとする。) 変換式は以下の様になる。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \frac{\alpha f}{c P_{L_i z}} \begin{bmatrix} C P_{L_i x} \\ C P_{L_i y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

モデル内のパラメータ αf [pixel/m] は実際のシミュレーションで使用する機器で同定した値 807.0 を用いる。上記手順を節 2.1 で述べた各座標系の設定で MATLAB から処理を行い画像の表示を行う。

3 推定

3.1 アルゴリズム

本研究では複数視点から得たそれぞれの写影像上に、同様に探索初期値から得た写影像を重ね、二つが重なる面積を目的関数としこの最大化を行うことで探索初期値 ${}^B P_O$ の推定を行う。例えば探索初期値 ${}^B P_O = (20, 20, 250)$, ${}^B R_O = (120, 120, 120)$ の値で推定を行う場合、推定開始前の各カメラからの画像は真値による像を赤、探索初期値による像を緑で表すと以下の図のように表示される。

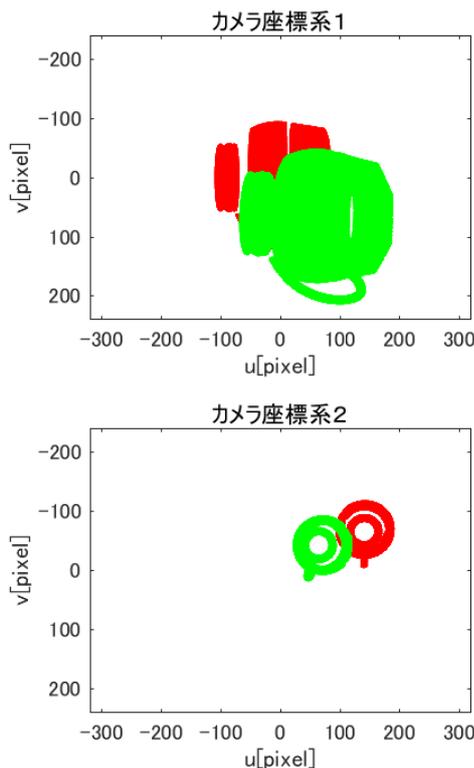


図3 推定前の各視点による映り方

図3のそれぞれの視点にて2つの像が重なる面積が最大となる映り方、すなわち像が一致するとき、探索初期値は推定対象の位置・姿勢の値と等しくなるというアルゴリズムを用いる。

3.2 推定結果

推定を行うための探索初期姿勢は各軸周り及び全ての軸周りに10度ずつ真値からずらした値を用いる。探索初期位置は二視点からの復元により得た値 $[-0.3930, 2.1216, 300.5096]$ とし、推定の評価を行った。結果を表2にまとめる。

表2 推定結果

—	推定誤差：位置 [mm]	推定誤差：姿勢 [deg]
x 軸周り 10 度	x:-0.61 y:-0.05 z:0.07	x:5.59 y:0.34 z:5.79
y 軸周り 10 度	x:-0.41 y:1.53 z:0.67	x:1.33 y:26.3 z:1.06
z 軸周り 10 度	x:-0.67 y:0.51 z:-0.31	x:10.2 y:-5.33 z:9.84
全軸周り 10 度	x:-0.45 y:-0.10 z:0.08	x:8.38 y:1.58 z:8.73

3.3 考察

結果から実装した推定方法の精度は、位置に関しては推定初期位置を復元を行ったうえでさらに推定を行っているため誤差も小さな値となっており高い精度だといえる。しかしながら姿勢に関しては初期姿勢によって推定結果に大きく誤差が出ている値もでてくる。これは本シミュレーションでは写影像の一致する面積の最適化により推定を行っているため、最適解が一意に決まらないことが推定結果に大きく影響を与えていると考えられる。これに対し、カメラ視点を増やす等の改善策が考えうるが、今回の二視点による、写影像での推定方法の結果は妥当な結果といえるが、良い推定方法と言えないことが確認できた。

4 終わりに

シミュレーションで表2のような結果となったが、今回行うことのできなかつた実験機での計測はより誤差の大きな結果なることが想定できる。今後は現状の課題となっている姿勢の推定精度をモデルデータの形状を主成分分析などで考慮することにより、推定精度の向上を目標に研究を進める。

参考文献

- [1] 末松良一・山田宏尚：『画像処理工学』。コロナ社，東京，2000，pp. 5-6
- [2] 橋本学：『距離データハンドリングのための3次元特徴量』。DIA2015，2015，pp. 3-4
- [3] 馬場敬之：『スバラシク実力がつくと評判の解析力学キャンパス・ゼミ』。マセマ出版社，東京，2010，pp. 52-54
- [4] 出口光一郎：『ロボットビジョンの基礎』。コロナ社，東京，2000，pp. 8-11