

指向性投票に基づく

5M-7

Geometric Hashing 法による姿勢認識

柴田昌宏 金子俊一 本多庸悟

東京農工大学工学部

1. まえがき 本研究は、距離情報を用いずに2次元単眼画像から3次元物体の種別及び姿勢を認識することを目的とする。そのために2次元 Affine 変換に不変な特徴(以下、不変特徴量)を用いた Geometric Hashing法(以下、GH法)[1][2]を利用する。GH法に関しては、量子化などの誤差の影響を少なくするために一様な投票[3][4]や重み付け投票[5](以下、Gauss投票)の手続きが提案されている。我々は、GH法の投票手続きに「指向性投票」と呼ぶ新しい手続きを導入し、それに基づく改良型GH法のアルゴリズムを提案する。

2. 指向性投票に基づく改良型GH法

2.1 指向性投票 我々は正投影近似のときに、GH法の不変特徴量が3次元物体の姿勢変化に対して Hash Table(HT)上で一様な方向に変化することに注目する。まず、基底3点組及び変換される点のカメラ座標系における3次元座標値を、 $P_a=(X_a, Y_a, Z_a)$, $P_b=(X_b, Y_b, Z_b)$, $P_c=(X_c, Y_c, Z_c)$, $P=(X, Y, Z)$ とする(P_a が基底原点)。2次元座標値 $(x_j, y_j)=(X_j, Y_j)$ であるから、この基底で変換したHT上での変換座標値 (α, β) は、式(1)で表現できる。

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \frac{1}{\begin{vmatrix} X_a & Y_a & 1 \\ X_b & Y_b & 1 \\ X_c & Y_c & 1 \end{vmatrix}} \begin{pmatrix} X_a & Y_a & 1 \\ X & Y & 1 \\ X_c & Y_c & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

物体自体を、x軸まわりに θ 、y軸まわりに ϕ 回転させたときの変換座標値を (α', β') とする(z軸、

すなわち光軸まわりの回転は Affine 不変であるためここでは考えない)。このとき、HT上でのずれを示すベクトルの傾きは式(2)のようになる。

$$\frac{\beta' - \beta}{\alpha' - \alpha} = \frac{-(X_a - X_b) \sin \theta \cos \phi - (Y_a - Y_b) \sin \phi}{(X_a - X_c) \sin \theta \cos \phi + (Y_a - Y_c) \sin \phi} \quad (2)$$

式(2)から、このベクトルの傾きは基底3点組と姿勢変化だけで決まり、モデル基底ごとに一定、すなわち平行である。このベクトルを、「方向偏位ベクトル」と定義する。方向偏位ベクトルを推定することができれば、モデル基底ごとにHT上の探索方向を仮定して投票を行う指向性をもつ投票によって、真のモデル基底を求めることが可能となる。

上記の原理に基づくことにより、たとえば3次元回転変換(姿勢変換)などをうけた物体の単眼画像から、距離情報を使わずに姿勢認識などが可能になる。

2.2 登録・認識アルゴリズム モデルの登録手続きは、文献[2]の方法と同様であるため省略する。次に、物体の認識手続きを示す。

1. 観測画像から特徴点 $P_i (i=1, \dots, m)$ を抽出する。
2. $a=1, b=2, c=3$ と初期化する。
3. 基底3点組 $(P_a, P_b, P_c) (a=1, \dots, m-2, b=a+1, \dots, m-1, c=b+1, \dots, m)$ を選択し、その基底に対する残りの点の変換座標値 $(\alpha_j, \beta_j) (j=1, \dots, m-3)$ を求める。
4. 変換座標値 (α_j, β_j) を Hash key として、それぞれの位置(適当に量子化されている)を中心に Gauss投票を行う。
5. 得票率の上位のモデル基底を t 個選択する。
6. t 個のモデル基底 (k, P_a, P_b, P_c) ごとに、方向偏位ベクトルを推定する(k はモデル番号)。
7. 推定した方向に従って、モデル基底ごとに指向性投票を行う。

8. 十分な得票率 v が得られるまで、上記の3. から7. を繰り返す。

9. 最大得票率を得たモデル基底を認識結果とする。

3. 実験 指向性投票の有効性を調べるために、透視投影でシミュレーション実験を行ったが、この結果に関しては講演発表において示す。

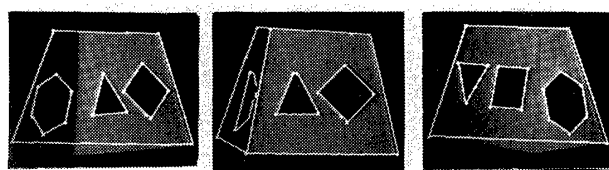
次に、実画像を用いて実験を行った。図1(a), (b), (c)に登録モデルを示す。表1は、各モデルの特徴点の数及び登録した基底の数を示す。閾値は $t=10, v=70\%$ とし、さらに第2位の得票率が50%以下で認識終了とした。別の物体(多面体)を対象物の右前方に置いて隠れをつくり、モデル1を基準として -2° ずつ姿勢変化させた。図2(a), (b)に、認識結果を示す。

Gauss投票と比較して指向性投票の方が、得票率及び第2位の候補との得票差が顕著であることが分かる。図2(c), (d)は、観測画像と認識したモデル画像であり、画像の中の直線は選択した基底組を示す。

4. むすび GH法に指向性投票の手続きを導入した結果、3次元物体の姿勢の変化に対応して、正しいモデル基底の得票率を増加させかつ、誤ったモデル基底の得票率を相対的に減らすことができた。実験から、 10° 以内の姿勢変化を認識できると考えられる。今後の課題は、透視投影によるずれを定量的に評価することである。なお、この研究の一部は、大川情報通信基金の援助によることを記して感謝する。

参考文献

[1]Y.Lamdan and H.J.Wolfson : 2nd Int. Conf. Comput. Vision, pp.238-249 (1988).
 [2]Y.Lamdan, et al. : IEEE Trans. Robotics Automat., Vol.RA-6-5, pp.578-589 (1990).
 [3]W.E.L.Grimson and D.P.Huttenlocher : 3rd Int. Conf. Comput. Vision, pp.334-338, (1990).
 [4]Y.Lamdan and H.J.Wolfson : IEEE Conf. on Comput. Vision and Pat. Recog., pp.22-27 (1991).
 [5]川西康之, 出口光一郎, 森下巖 : 情報処理学会研究報告, Vol.CV-80-22, pp.161-168 (1992).

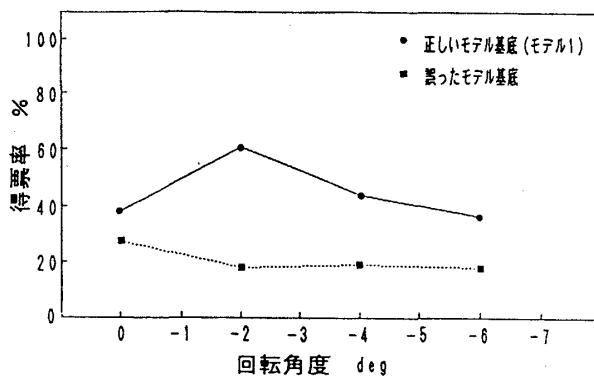


(a)モデル1 (b)モデル2 (c)モデル3

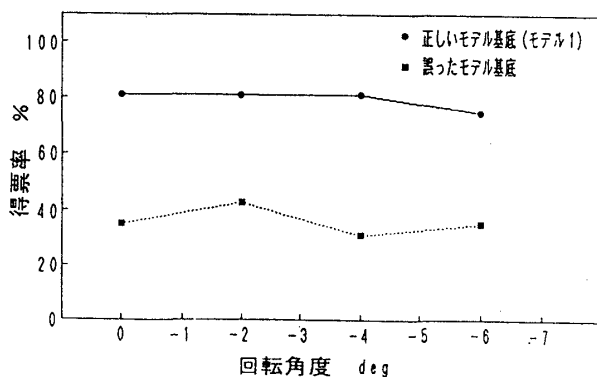
図1 登録モデルの画像 (撮像距離 900mm)

表1 HTへの登録モデル

	モデル1 40°回転	モデル2 20°回転	モデル3 140°回転
特徴点の数	19	19	17
登録した基底の数	466	556	350



(a) Gauss投票



(b) 指向性投票



(c)-6°の姿勢の観測画像 (d)認識されたモデル画像

図2 モデル1の姿勢を基準とした姿勢変化の認識