

局所法線分布分析に基づく 3次元物体認識に有効な 高独自性領域抽出手法

永瀬誠信[†] 秋月秀一[†] 柴田悠太郎[†] 橋本学[‡]

中京大学 情報理工学部[†] 中京大学大学院 情報科学研究科[‡]
{nagase, mana}@isl.sist.chukyo-u.ac.jp

1. はじめに

ピンピッキングシステムにおいては、高速かつ高信頼な 3次元物体認識が重要である。なかでも仮説検証型認識手法[1]は、仮説と検証を繰り返しながら認識するため、認識対象候補を絞れ、高信頼に認識が期待できる。

仮説検証型認識手法には、Local Surface Patches[2]がある。これは対象物体の曲率極値を特徴点とする照合のため、凹凸が多い対象物では凹凸部での誤対応が多くなり、仮説数が増えることが懸念される。これはシステムの処理速度低下を招く要因となる。

また、Spin Image[3]は特徴点算出を行わない手法であるため、仮説検証に用いると対象物の全ての点が照合対象領域となり、この場合も仮説数の増加が懸念される。

そこで、本研究では仮説検証型認識手法の高速化のために仮説数を効率良く削減することを目的とする。3次元形状モデルの利用を前提とし、その表面上の点を中心とする立体部分領域を考え、他の部分領域と比較して、類似していなければ誤対応が起こりにくい、すなわち独自性の高い領域であると考えられる。

複数の部分領域間の類似性の評価には各領域に含まれる法線分布を利用する。これにより、部分領域内の局所的な立体形状を効率よく表現することができる。

2. 3次元モデルからの高独自性領域抽出

提案アルゴリズムの流れを図1に示す。

図のように球型の部分領域を設定しこれに含まれる法線分布を利用することで、3次元形状モデルから高独自性領域を抽出する。

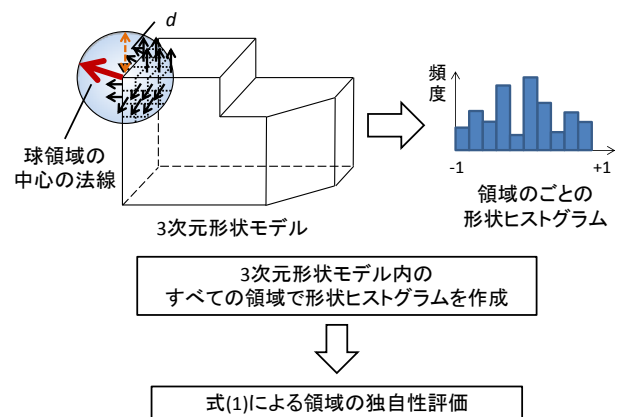


図1 提案アルゴリズムの流れ

まず、3次元形状モデル上で半径 d の球領域を走査させながら、領域の中心点の法線と領域に含まれるすべての法線との内積を計算し、内積値に関する形状ヒストグラムを作成する。

この処理をモデル内の全ての領域について行い、式(1)を用いて領域ごとに独自性を評価する。

$$S_n = \frac{1}{(N-1)} \sum_{t=1}^{N-1} (1 - B(p_n, q_t)) \quad (1)$$

p, q は形状ヒストグラム、 N は領域の数、 n は注目領域の領域番号、 t はその他の領域番号、 B は Bhattacharyya 係数を表す。独自性値 S_n は 0 から 1 の範囲であり、1 に近いほど球領域の独自性が高い。

3. 実験結果と考察

3.1 領域の独自性評価実験

本節では、多面体の 3次元形状モデルの独自性の評価実験を行った。図2に注目領域の独自性値を画素値とした独自性マップと、独自性が高い領域の上位3位までの領域番号を示す。

A method for extraction of effective region for 3-Object recognition based on analysis of local normal vectors

[†]Masanobu Nagase, Shuichi Akizuki, Yutaro Shibata, School of Information Science and Technology, Chukyo University.

[‡]Manabu Hashimoto, Graduate School of Information Science, Chukyo University.

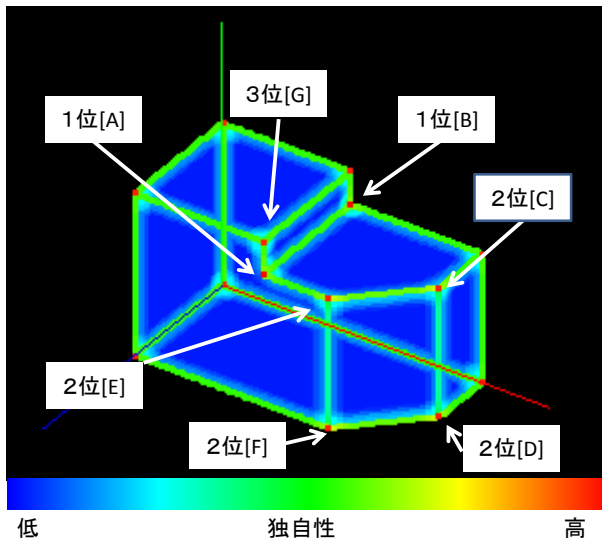


図2 3次元形状モデルの独自性マップ

図2の3次元形状モデルにおいて、頂点付近の領域の独自性が高く評価された。凹形状を含む領域[A][B]は3次元形状モデル内で2箇所のみであるため、最も独自性が高いと評価されたことが確認できた。また、領域[C][D][E][F]は3次元形状モデル内で4箇所のみであり、2番目に独自性値が高くなった。提案手法により、3次元形状モデル内の高独自性領域が自動抽出されたことが確認された。

3.2 3次元形状モデルと実距離画像の照合実験

3次元形状モデルとその実距離画像との照合実験を行った。照合には形状情報を記述した回転不変な特徴量[4]を用いた。

図2で高独自性領域と判定された上位3位までの領域を用いて対象物の姿勢が異なる4枚の距離画像と照合し、類似度が高い領域から順に対応付けた。表1に各領域に対応する独自性値と正しい領域に対応付けられるまでの平均回数を示す。

表1 独自性値と平均対応付け回数の平均

	独自性値	対応付けの平均回数
領域A	0.851	12.0回
領域C	0.845	23.3回
領域G	0.837	104.8回

3次元モデルの領域の独自性値が下がるにつれ、正しい対応付けが得られるまでの対応付けの回数が増えていることが確認できた。よって、本手法は領域の独自性が高いほど偽の対応点が削減できるため、仮説数の削減に有効であると考

えられる。

また、領域Cを用いた対応付け結果を図3に示す。最も類似度が高い対応付けは誤対応を起こしているが、上位10個までの対応付けの中に正しい対応付けが確認できた。本手法は仮説検証を前提としているため、誤った対応付けによる仮説は検証段階で棄却されると期待される。よって、提案手法は仮説生成手法として有効であると考えられる。

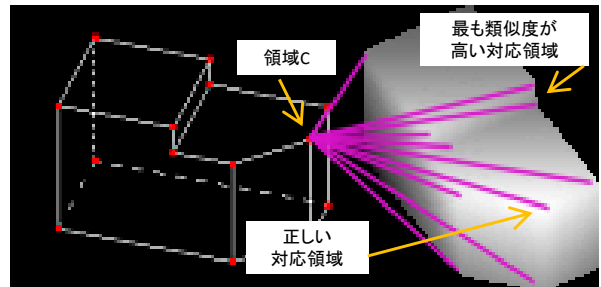


図3 3次元形状モデルと距離画像との照合結果

4. おわりに

本研究では、3次元形状モデルに含まれる法線分布を用いることで、3次元形状モデルから独自性の高い領域を抽出する手法を提案した。今後は他の3次元形状モデルに対して本手法の有効性を評価する予定である。

参考文献

- [1] M.D. Wheeler and K. Ikeuchi, "Sensor modeling, probabilistic hypothesis generation, and robust localization for object recognition," IEEE Trans. on PAMI, vol.17, no.3, pp.252-265, March 1995.
- [2] H.Chen and B.Bhanu. "3D free-form object recognition in range images using local surface patches," Pattern Recognition Letters, vol.28, no. 10, pp1252-1262, July 2007.
- [3] A.E.johnson and M.Hebert, "Using spin images for efficient object recognition in cluttered 3D scenes," IEEE Trans, PAMI, vol.21, no.5, pp.433-449, May 1999.
- [4] 武田秀貴, 柴田滝也, "形状と色を併せ持つ3次元物体モデルの数値化手法と類似検索," 情報処理学会シンポジウム論文集 2006号, pp227-231, November 2006.