

距離アスペクト画像に基づくロバスト複数物体認識

北海道大学大学院工学研究科 ○ 武口 智行 金子 俊一 近藤 司 五十嵐 悟
要旨

距離データに基づいたモデルベースの物体認識及び位置・姿勢推定の手法を提案する．距離データから抽出した特徴点に基づく，向きの基準化を施した濃淡画像である距離アスペクト画像を用いて，距離データ測定時に起こる遮蔽，対応点問題などを画像照合問題に帰着させ，ロバスト画像照合技術を用いてこれを解決する．本稿では，上記手法の定式化，実データを用いた実験結果から提案手法の有効性を示す．

1 はじめに

ロボットビジョンやFAの分野において，3次元物体を測定した距離データに基づく物体の類別，位置・姿勢検出，運動推定などは，重要な問題である．これまでも距離データを用いたさまざまな照合手法 [1, 2] が研究されている．しかし距離データに基づく手法における問題点として，データが膨大となる，センサと対象物との相対姿勢に強く依存する，複数の物体による遮蔽，物体自身の隠れ，などが上げられ，それらの問題に対してロバストな照合手法が求められている．

そこで本稿では，3次元距離データから作られる距離アスペクト画像に基づく，2次元画像照合を基本とする物体認識・位置姿勢推定の手法を提案する [3]．統計的ロバスト性をもつ画像照合手法を採用することにより，遮蔽や非対応を含む距離データに対しても，安定な照合を可能にしている．また画像照合に基づく手法のため，シーンのセグメンテーションの必要が無く，距離アスペクト画像は，向きの相対的な基準化がされて作られるため，画像照合の結果から位置・姿勢の推定も可能である．

2 認識処理と位置・姿勢推定

本研究における全体の処理概要を図1に示す．モデルベース物体認識における登録段階では，測定された登録用距離データを複数枚の距離アスペクト画像に変換し保存することにより，照合用画像データベースを作成する．これ以後，距離アスペクト画像を'DAI(Depth aspect image)'と呼ぶ．また同時にDAI作成に使用した基準点組も保存する．認識段階では，認識対象シーンの距離データから距離アスペクト画像を作成し，画像データベースとの比較を行う．この照合結果から，認識対象シーンから登録モデルを探し出す．また照合された登録DAIと認識対象DAIの基準座標系を重ねることにより，その位置と姿勢の推定を行う．

3 距離アスペクト画像

距離アスペクト画像を作成する手順を図2に示す．距離アスペクト画像(DAI)とは，距離データから特徴点を抽出し，基底となる特徴点の組み合わせを選択した後，基底となる点を用いて変換された距離データを濃淡画像にしたものである．これにより観測方向に依存しない相対的な向きの基準化を行ったデータ表現を得ることが可能となる．DAIの作成手順は以下ようになる．

1. 特徴点抽出

対象となる点 p_{ij} の 5×5 近傍，周囲16点を用いて8方向分の曲率値の計算を行い，曲率の絶対値

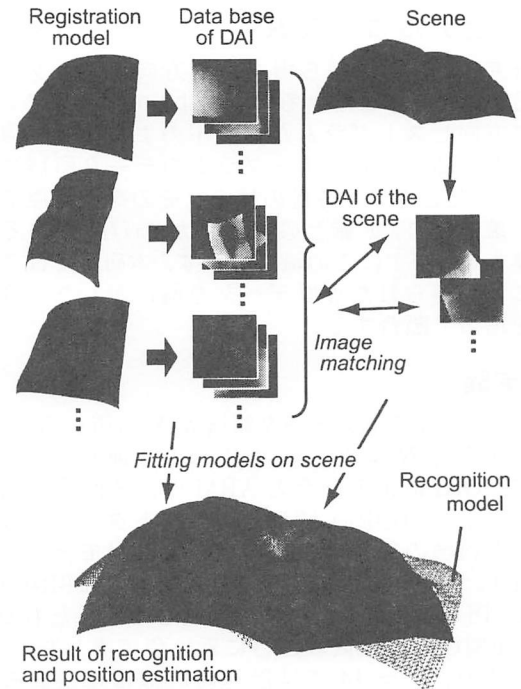


図1: 物体認識の概要

の最大値を各点の特徴量 $S(p_{ij})$ として，特徴量の高い順に何点かを特徴点として抽出し，その集合を T とする．

2. 基準点組選択

特徴点集合 T の中から選ぶ3点の組み合わせのうち，3点が描く三角形の角度が約30, 60, 90度を満たす3点を選び出し，その集合を U とする．これを基準点組と呼ぶ．

3. 基準座標系設定

基準点組から基準座標系および基準面を作成する．基準面とは，基準点組の3点を含む平面であり，基準座標系とは基準点組の最大角をもつ点を原点とし，基準点組の3点を基に作られる単位直交座標系である．この基準座標系で距離データの点群を座標変換し，変換後の点群 P' を得る．

4. 点群の離散化と標本化

基準面上に格子を用意し， P' を z 方向に投影することによりDAIを作成する．各格子はDAIの画素に対応し，その濃淡値は投影された点の z とその個数で決まる．ここで z は，点群 P' の z' を離散化したものである．ただし Δ は z' の離散化幅である．点が投影されない格子の濃淡値は0とし，それ以外は z の最大を濃淡値とする．

$$z''_{ij} = \left\lceil \frac{z'_{ij}}{\Delta} + 128 \right\rceil$$

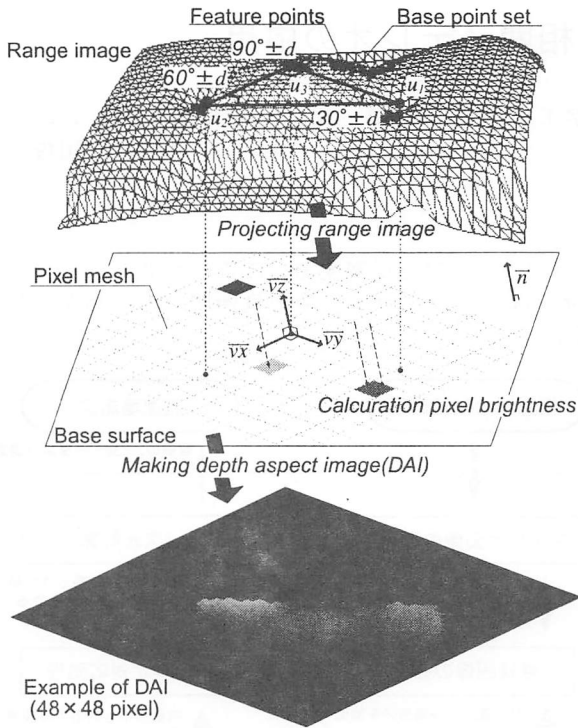


図 2: DAI 作成手順

$$\bar{z} = \begin{cases} 255 & (z'' > 255) \\ z'' & (1 \leq z'' \leq 255) \\ 1 & (z'' < 1) \end{cases}$$

4 DAIのロバスト照合

距離データ間の測定部分の不一致は、DAI どのような点の投影された画素のみをマスク処理することにより解決できる。距離データにおける遮蔽は、DAI に変換した後、画像における隠れや遮蔽として現れる。この問題に対し、本研究では画像照合においてロバスト統計に基づく濃淡値の残差部分評価法である、LQR(Least Quantile of Residual)を用いる。これは、マスク処理後の DAI 間の対応画素残差を求め、その Quantile 値を 2 枚の DAI 間の評価量とするものである。Quantile 値は残差の小さい順で Q % 番目の値を意味し、例えば 50 % Quantile は残差の中央値に対応する。2 枚の DAI 間の残差列 E と残差ヒストグラム $h(E)$ を求め以下の式で Quantile 値 $f_Q(E)$ を得る。

$$f_Q(E) = \arg \min_q \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^q h_i \\ \frac{\sum_{i=0}^q h_i}{H} \geq Q \end{array} \right\}$$

この照合方法により、例えば 75 % Quantile 値を用いるときには、遮蔽された部分の割合が 25 % を超えない場合は、正しい登録モデルアスペクトと照合することが期待できる。すなわち、ある程度の例外値の含有に対してロバスト性を実現することができる。

5 認識実験

使用した距離データは、すべて x, y 方向に 2mm ピッチで測定している。登録モデルは図 3 の 10 物体である。モデルからは特徴点を 100 点抽出した。また基準点組の角度許容誤差 d は 2° 、DAI は $48 \times 48 \text{ pixel}$ 、1 画素の大きさは $3 \times 3 \text{ mm}^2$ 、 z' の離散化幅は Δ は 0.3 mm である。10 個のモデルから作られた DAI の総数は 6485 枚である。画像照合及び認識処理に使用する閾値を表 1 に示す。複数物体が存在するシーンにおける実験の結果を図 4 に示す。メッシュで描かれた認識モデルが、シーンに対して正しく位置・姿勢推定されている様子がわかる。

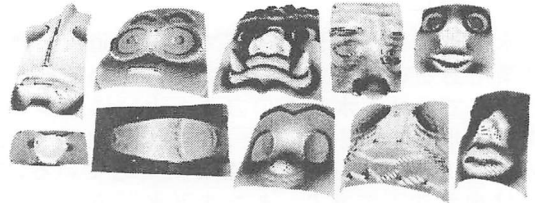


図 3: 登録モデル

表 1: 各パラメータの値

残差評価率 Q	0.6
登録 DAI 探索範囲 d_L	10mm
最小評価関数値の閾値 w	4
特徴点変更閾値 d_A	2mm

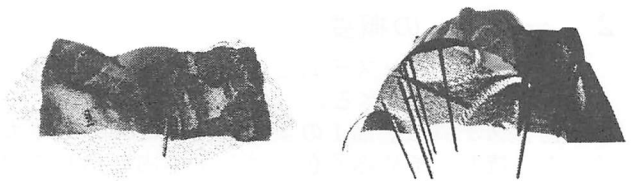


図 4: 複数物体シーンにおける実験結果

6 まとめ

向きの相対的な基準化を行った距離データの表現法である距離アスペクト画像 (DAI) の作成方法と、ロバスト画像照合である LQR を利用した、DAI に基づく物体認識の手法を提案した。マスクを使った実験から、遮蔽を含むシーンにおける複数物体認識に対する有効性を示した。今後は定量的な認識率を求め、さらにデータベースの効率化を図ることが課題となる。

参考文献

- [1] A.E.Johnson and M.Hebert: Using Spin Images for Efficient Object Recognition in Cluttered 3D Scenes: IEEE Trans. , vol.21, no.5, pp.433-449, 1999
- [2] F.Stein and G.Medioni: Structural indexing: Efficient 3-D object recognition: IEEE Trans. on PAMI, vol.14, no.2, pp.125-145, 1992.
- [3] 武口智行, 近藤司, 金子俊一, 五十嵐悟: 距離画像から作られる 2 次元アスペクト画像に基づく 3 次元物体認識: 第 5 回画像センシングシンポジウム公演論文集, pp.39-44, 1999.