

# 距離アスペクト画像照合に基づく複雑シーンからの複数物体認識

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

距離データに基づく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．認識処理は，距離データの点群に基づくローカルな座標系を決定し作成される距離アスペクト画像を用いる．濃淡画像である距離アスペクト画像照合に，ノイズや遮蔽にロバストな手法を用いることで，認識の障害となる距離データにおける遮蔽や隠れの問題を解決する．本稿では，上記手法の定式化，実データを用いた実験結果を示す．

## 1 はじめに

ロボットビジョン，マシンビジョンの分野において，あらかじめ用意されたモデルに基づく3次元物体の類別，位置・姿勢検出，運動推定などは重要な問題である．モデルベースの物体認識において，モデルの記述法は認識精度や対象物体を決める重要な要素である．これまでモデルの記述には，距離データから抽出されるエッジを用いる手法，面素分割を行い面の関係記述をグラフ化する手法など，さまざまな方法が提案されている．応用手法も含めて，これらの方法は，未知の情景データが，多面体もしくは単純な立体（円筒や球）で構成される場合は有効である．一方，扱う対象をより一般的な物体に拡張する場合，モデルの記述はより複雑なものとなるため，学習データが膨大となり処理コストが問題となる．また，情景中に発生する物体どうしの遮蔽に対するロバストな認識処理が求められる．[1]

そこで本稿では，モデル記述法に距離データから作られる濃淡画像である距離アスペクト画像を用い，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．[2] 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．距離アスペクト画像は，作成時に幾何特徴量を用いない．また距離データのバッチ情報をもとに作られるローカル座標で向きの基準化がなされた濃淡画像であるため，画像照合の結果から位置・姿勢の推定も可能であり，対象物体を制限しない手法である．

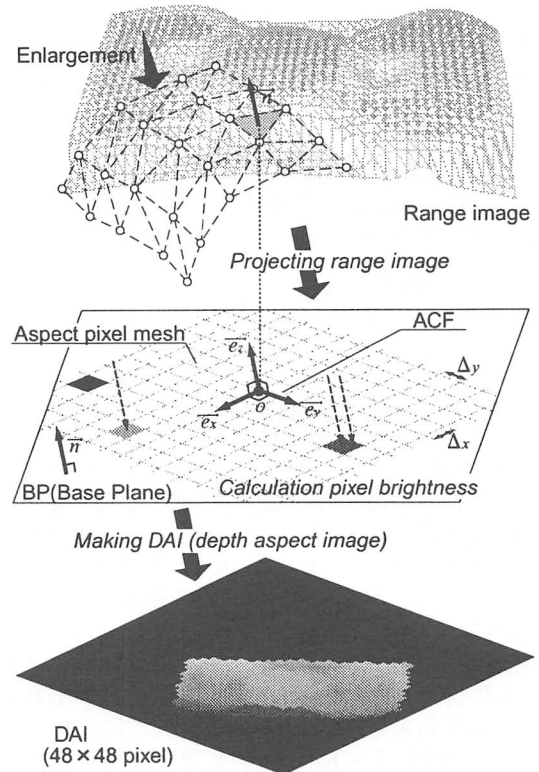


図 1: DAI作成手順

## 2 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1に示す．距離アスペクト画像とは，距離データのバッチをもとに設定した基底となる座標系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．バッチ法線から組まれる基準座標系に基づいて作成するため，観測方向に依存しないデータ表現形式となり，エッジや特徴点などの陽な特徴を用いないので，対象物体を選ばない手法となる．これ以後，距離アスペクト画像を'DAI(Depth aspect image)'と呼ぶ．DAIの作成手順は以下ようになる．

1. バッチの法線ベクトル算出  
各バッチにおける法線ベクトル  $\vec{n}$  を算出する．同時にバッチにおける3点の重心点  $g$  を求める．
2. バッチの選択  
異なるデータ間におけるバッチ法線の再現性を考慮し，曲率の小さい付近にあるバッチのみから基準座標系をつくる．
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，バッチ法線ベクトル  $\vec{n}$  に垂直

で，バッチ重心  $g$  を含む3次元空間中の平面である．また基準座標系とは，法線ベクトルを  $z$  方向ベクトルとし，原点をバッチ重心として，平面に含まれる直交ベクトル  $x, y$  を決めることによってでき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  $\bar{z}$  は，点群  $P'$  の  $z'$  を離散化したものである．ただし  $\Delta$  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  $\bar{z}$  の最大を濃淡値とする．

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

$$\bar{z} = \begin{cases} z'' & (1 \leq z'' \leq 255) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

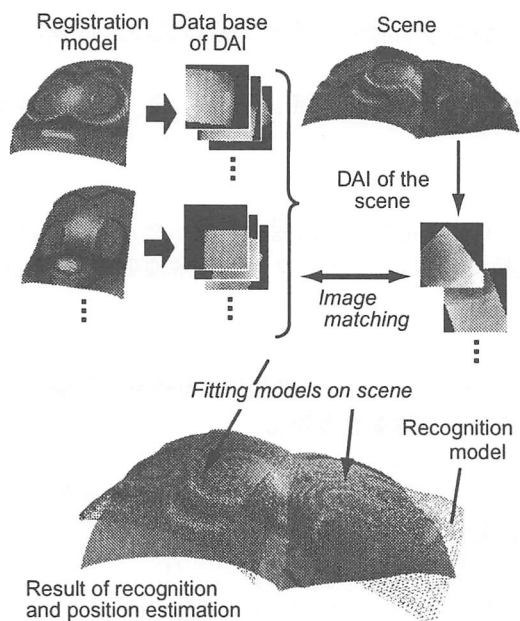


図 2: 物体認識の概要

### 3 DAIのロバスト照合

距離データ間の非対応点は、DAI間の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。

$$f_Q(E) = \arg \min_q \left\{ \frac{\sum_{i=0}^q h_i}{\min\{|A'|, |M'|\}} \geq Q \right\}$$

上式の分母は通常 $\sum_{i=0}^{H-1} h_i$ とするべきであるが、対象となるDAIの有効画素数に比べて、共通部分の有効画素が小さいほど、DAIどうしの照合評価が不安定になる。これに起因する偽照合を避けるため、本手法では $\min\{|A'|, |M'|\}$ としている。

### 4 学習と認識の手順

認識手順の概要を図2に示す。登録段階では、モデル距離データから作成可能なすべてのDAIを作成し、照合用画像データベースを作成する。DAI作成のために設定される基準座標系は、パッチの重心と法線に基づくが、基準座標系の $x$ 方向ベクトルは、基準面に含まれる適当なベクトルをひとつ選ぶ。ただし表面形状変化の激しい部分は法線の再現性が問題となるため登録しない。認識段階では認識対象となる距離データから、登録段階と同様に曲率の小さい部分にあるパッチからDAIを作成する。ただし基準座標系の $x$ 方向ベクトルは、一意に決定できないため、パッチ重心を中心に角度 $d$ おきに回転したベクトルすべてについて、基準座標系を設定しDAIを作成する。認

識対象距離データから作られたDAIと学習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。

### 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。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 $\Delta$ は $0.3 \text{mm}$ である。10個のモデルから作られたDAIの総数は16141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。遮蔽が存在するシーンにおける実験の結果を図4に示す。濃く描かれた情景に対して、認識モデルが位置合わせされて薄く描かれている。

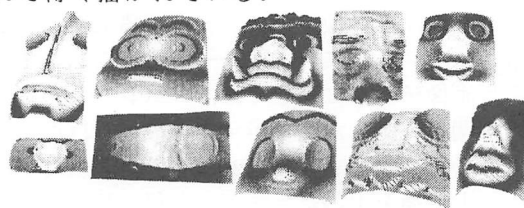


図 3: 登録モデル

表 1: 各パラメータの値

残差評価率 $Q$	0.6
$x$ ベクトル回転角度 $d$	$5^\circ$
最小評価関数値の閾値 $w$	4
特徴点変更閾値 $d_A$	4mm

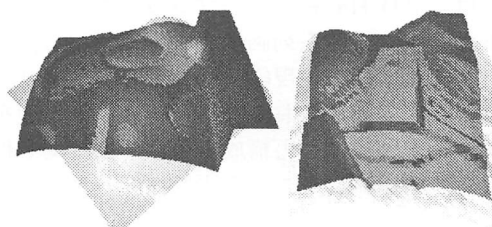


図 4: 実験結果

### 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物体認識に対する有効性を示した。今後は対象を複数物体を含む複雑シーンに拡大し、認識時間短縮のため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] 武口智行, 近藤司, 金子俊一, 五十嵐悟: 距離アスペクト画像の2次元照合によるロバスト物体認識: , 信学論, vol.J84-D-II, No.8, 2001.(in print)