

## 曲平面を含むレンジデータからの幾何学的構造の抽出

## Extraction of Geometrical Structures from Range Data with Curved Surfaces

浅野 佑己† 小松 隆† 齊藤 隆弘†  
Yuki Asano† Takashi Komatsu† and Takahiro Saito†

## 1. まえがき

レーザーレンジファインダを用いると、屋外の建物などの景観の奥行き画像を取得することができる。カメラ撮影された映像と、レーザーレンジファインダによって撮影された奥行き画像を組み合わせたポストプロダクションにより、これまでにない映像を作成することができる。

レーザーレンジファインダから取得した三次元点群データは、カメラ映像と比べて標準化間隔が粗く、カメラ映像の各画素に奥行きを与えるためには、補間処理が必要になる。対象領域の幾何学的な構造がわかると、奥行きデータの精度の良い補間が可能となる。また、奥行き画像からの、撮像物体の幾何学的構造の抽出は、映像の自由なハンドリングのためにも重要である。本稿では、三次元点群データから円柱などのように曲面によって構成される幾何学的構造を抽出する手法を提案する。

## 2. 本研究の概要

レンジファインダーで観測された奥行きデータには誤差が含まれている。レンジファインダー自身の観測誤差に加え、建物の外壁などは細かな凹凸があり、完全な平面や曲面のデータが得られるわけではない。このような奥行きデータから、撮像対象の幾何学的な構造を抽出する場合、抽出アルゴリズム自体が雑音に対する耐性を有している必要がある。

Wang と Suter は、MDPE(Maximum Density Power Estimator)と名付けられたランダムサンプリングに基づく雑音に対してロバストな推定法を考案した<sup>[1]</sup>。

本稿では、Wang らの MDPE 法を用いて、奥行きデータから幾何学的な構造を抽出するアルゴリズムを提案する。

本方式ではまず、はじめに MDPE 法を用いて、円柱を細長い長方形の集合として近似する。次に、この各近似平面の法線方向を求め、これらの法線と平面方程式より円柱の方程式を推定する。最後に、推定された円柱の方程式で近似可能な領域を抽出する。

本稿では、距離画像から幾何学的な構造を自動抽出するのではなく、作業による距離画像の操作を前提としている。操作者は、抽出したい構造の種類とその構造の存在位置を指定するものとする。例えば、距離画像から円柱を抽出する場合、抽出する構造が円柱であることと、モニタ画面に表示された距離画像中の抽出したい円柱領域の1点をマウスにより指定するものとする。抽出アルゴリズムはこれらの情報を用いて、幾何学的な構造の抽出を行う。

## 3. 円柱構造の抽出

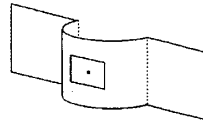
円柱構造の抽出を例として、提案するアルゴリズムの処理手順を示す。

[円柱領域の抽出アルゴリズム]

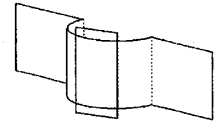
(1). MDPE 法による近似平面の推定

最初に指定された点を着目位置とし、この画素を含む近傍領域の奥行きデータに対して MDPE 法(付録参照)を適用し、これ等の奥行きを平面近時する際の最適な平面の方程式、式(1)を推定する(図1(1))。

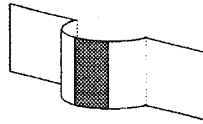
$$a_1x + a_2y + a_3z + a_4 = 0 \quad (1)$$



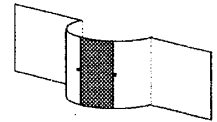
(1) 円柱の一点を指定し、まずその近傍領域を処理対象とする。



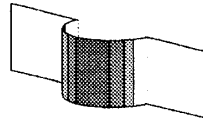
(2) 近傍領域より、MDPEで平面方程式を推定する。



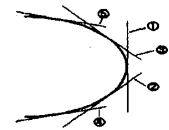
(3) 平面方程式で近似可能な領域を同一領域としてラベリングする。



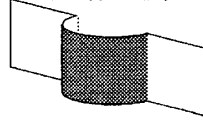
(4) (3)の両側に着目位置を移動する。



(5) 着目位置に対して(1),(2),(3)の処理を繰り返す。



(6) 平面方程式より法線ベクトルを求める。



(7) 法線ベクトルと平面方程式より、円柱の方程式を推定する。

図1 円柱方程式の推定手順

† 神奈川大学工学研究科  
神奈川大学ハイテクリサーチセンター

## (2). 近似可能領域のラベリング

(1) で推定した平面方程式で近似可能領域を、(1) と同一の領域としてラベリングする。

## (3). 近傍のラベリング

着目位置を(2)で抽出された領域の両側に移動し、各々に対して(1), (2)と同じ処理を行い、(2)で求めた長方形領域の両側に位置する近似平面を各々推定する。さらに、これらの平面方程式で近似可能な領域を同一領域としてラベリングする。

(4) (3)の処理を適当な回数繰り返す。

## (5) 円柱方程式の推定

上記の手順で推定された平面方程式から、これらの平面に対応する法線ベクトルを求め、これらの法線ベクトルと平面方程式より、円柱の方程式を推定する。

(6). 円柱の方程式で近似可能な奥行きデータを抽出する。  
[MDPEによる円柱の領域抽出アルゴリズム終]

## 4. 評価実験

円柱と平面からなる構造体を人工的に作成した。さらに、この人工的三次元点群データの奥行き値に雑音(ガウス乱数)を加え、テスト三次元点群データを作成した。このデータに上記のアルゴリズムを適用し、円柱方程式とこの方程式で近似可能な領域の抽出を行った。その結果、実際の観測で混入すると想定される程度の雑音に対しても、高い精度で円柱の方程式の推定と、この方程式で近似可能な領域を抽出することができた。

## 5. むすび

本稿では、抽出する幾何学的構造とその位置を、操作者が指定することを前提として、奥行きデータから指定された幾何学的構造を抽出する手法を提案した。雑音を含んだ奥行きデータから、高次の幾何学的構造を直接推定することは難しい。そこで、本方式では、まず、指定した幾何学的構造をMDPE法を用いて複数の平面方程式で近似し、これらの平面方程式から幾何学的な構造を推定するという2段階のアルゴリズムを提案した。円柱を含んだ奥行きデータを例に具体的な処理手順を示した。

円柱のみでなく、球面など他の構造の抽出も同様のアルゴリズムが適用可能であると考えられる。現在、この点についても検討中である。

## 付録 MDPEの適用による平面推定

MDPEを三次元点群データに区分的平面モデルを当てはめるモデル推定問題に適用する。以下のそのアルゴリズムを示す。

[MDPEによる区分的平面推定アルゴリズム]

(1) 反復ランダムサンプリング<sup>[2]</sup>：

三次元点群データから3個の点データをランダムに選び出し、次式のように陰関数表現された平面方程式

$$a_1^{(m)}x + a_2^{(m)}y + a_3^{(m)}z + a_4^{(m)} = 0$$

の四つのモデルパラメータ値を決定し、これに三次元点群データから平面への符号付垂線を求め、これを当てはめ誤差とする。さらにこの当てはめ誤差をMeanShift法<sup>[3]</sup>

で修正し、平面の近傍内と判断できる最大誤差より短い当てはめ誤差についてのみ、確率密度の和を計算し、その確率密度パワーを算出して、繰り返しパラメータ  $m$  を  $m \leftarrow m+1$  に更新して、 $M$ 回となるまで繰り返す。

(2) モデルパラメータの最終決定：

$M$ 回繰り返しの後、最大の確率密度パワーを与えたモデルパラメータを最終的な出力とする。

[区分的平面推定アルゴリズム終]

## 参考文献

[1] H. Wang and D. Suter, MDPE: A Very Robust Estimator for Model Fitting and Range Image Segmentation, *International J. Computer Vision*, vol. 59, no. 2, pp.139-166, 2004.

[2] 浅野佑己, 小松隆, 齊藤隆弘: “MDPE法によるレンジデータからの対象物体の幾何学的特長の抽出” 映像メディアシンポジウム (IMPS2005) 第10回シンポジウム資料. pp.55-56, 2005

[3] D. Comaniciu and P. Meer, Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 5, pp.603-619, May 2002.