

# レンジデータからの3次元合成オブジェクトの自動生成

里圭太<sup>1</sup> 岡田義広<sup>2,3</sup> 新島耕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院システム情報科学府

<sup>2</sup>九州大学代位学院システム情報科学研究所

<sup>3</sup>独立行政法人 科学技術振興機構 さきがけ研究「協調と制御」領域

## 1. はじめに

近年、様々な方法により3次元ポリゴンモデルを容易に得られるようになった。3次元スキャナを使用することによって、実在のオブジェクトからレンジデータを生成し、そのデータからポリゴンモデルを生成することが可能である。しかし、複数の部品から構成されているオブジェクトであっても、単一曲面からなるポリゴンモデルデータしか得られないという問題がある。そこで、3次元スキャナを使用して得られる単一ポリゴンモデルデータを複数の部品に分けるセグメンテーション処理を行う。さらに、分けられた部品は、非常に多くの頂点からなるデータであり、また、多くのノイズを含むために凹凸が存在し、そのままでは3次元グラフィックス応用システムのデータとしては使用できないという問題がある。そこで、ノイズがなく少ない頂点からなる典型的な形をもつ形状データを予め用意しておき、セグメンテーション処理によって分けられた部品の代わりに、それと同じ形をもつものを選んで自動的に割り当てる。これらの処理により、少ない頂点からなるノイズのない部品で構成される3次元合成オブジェクトの自動生成が可能となる。

## 2. セグメンテーション処理: Watershed

単一ポリゴンモデルデータを部品に分割するため、Alan P. Manganらの提案したWatershedのアルゴリズム[1]を利用してセグメンテーション処理を行う。

Watershedは、ポリゴンの各頂点に高さ情報となる特徴値を割り当て等高線図のような3次元地形図を考え、そこへ水を流し込んでできる集水域ごとに領域を分割していく考え方である。アルゴリズムは以下の6つのステップからなる。

- ① 特徴値としてそれぞれの頂点の曲率を計算する。
- ② 局所領域における曲率の最小値を探し、その頂点にそれぞれ異なるラベルを貼る。
- ③ 平坦な面となっているところを探し出し、曲率が極小の面をFlat Minimum、それ以外をFlat Plateauと定義する。

- ④ Flat Plateauをラベルがついている頂点(または面)に到達するまで降下させていく。
- ⑤ ステップ④でFlat Plateauを降下させた際、Flat Plateauが通った頂点や面は到達した頂点(または面)と同じラベルを貼る。
- ⑥ 領域の深さが与えられた閾値以下の場合には領域を併合する。

### 2.1. 曲率計算

ステップ①の頂点の曲率の計算はそれぞれの頂点における法線ベクトルを利用する。まず式(1)のようにある頂点とその頂点に隣接する頂点の法線の共分散をとる。ただし、 $N$ :ある頂点に隣接する面の数、 $\{x_t, y_t, z_t\}$ :面 $t$ における法線ベクトルの要素、 $a \in \{x, y, z\}$ ,  $b \in \{x, y, z\}$ とする。

$$\sigma_{ab}^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N (a_t - \bar{a})(b_t - \bar{b}) \quad (1)$$

次に、求めた共分散から(2)式の行列を定義し、その行列の行列式を曲率 $D$ とする。

$$C = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$D = \|C\| \quad (3)$$

3次元スキャナを使用して得られるデータにはノイズが多く含まれるため、正しく分割できないといった問題が発生した。そこで、式(3)で求められる頂点の曲率を、周りの頂点の曲率との間で平均をとることによりノイズの影響を少なくした。

### 3. D2による形状マッチング

2節のセグメンテーション処理により分割された各部品オブジェクトに対し、それぞれ形状マッチングを行い、少ない頂点からなるノイズのない形状に置き換える。形状マッチングにはD2法[2]を利用する。

3D Composite Object Generation from Range Data

<sup>1</sup>Keita Sato, <sup>1,2</sup>Yoshihiro Okada, <sup>1</sup>Koichi Nijima

<sup>1</sup>Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

<sup>2</sup>Intelligent Cooperation and Control, PRESTO, JST

D2 法は形状の表面上のランダムな2点間の距離の分布(ヒストグラム)を形状の特徴量として使用する方法である。2つの形状モデルから得られるヒストグラムの誤差からその2つの形状モデルの類似度を計算する。

図1の左図は2節のセグメンテーション処理により分割された電卓のボタンのポリゴンモデルであり、右図はD2法により求められた左図のボタンのヒストグラムである。

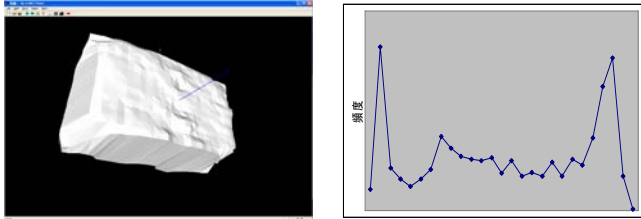
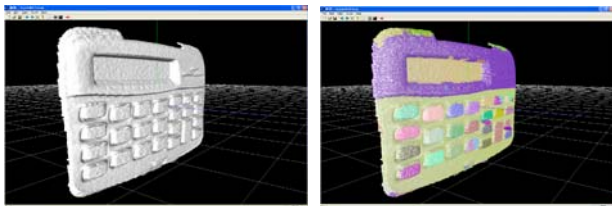


図1. D2法

#### 4. 実験

2節で説明した Watershed によるセグメンテーション処理と3節で説明したD2法を用いた形状マッチングにより、3次元合成オブジェクトを自動生成する実験を行った。

図2は、われわれが開発したセグメンテーションソフトウェアの画面イメージである。左図は3次元スキャナで得られた電卓のポリゴンモデルデータである。右図は、セグメンテーション後の結果である。Watershedによるセグメンテーションでは領域を統合する際の閾値によって結果が大きく異なる。そこで、対話的に結果を確認しながら閾値を決めることができるインタフェースを用意した。また、うまく分割された領域は閾値を大きくしてもそれ以後統合しないようにロックする機能を追加した。



電卓のポリゴンモデル セグメンテーション後

図2

図3は、分割された各部品に対し形状マッチングを行い、少ない頂点からなるノイズのない形状に置き換えたシステムの画面イメージである。図3(a)は分割した部品を簡単な形状に置き換える途中の段階のイメージである。図3(b)はすべての部品を置き換えた後の結果である。さらに図3(c)は合成が終わった後に著者が部品ごとの色を選択し、

合成されたモデルに色をつけたものである。形状マッチングの際にマッチング対象として用いた図形は、直方体・トーラス・円柱・球・円錐の5つである。

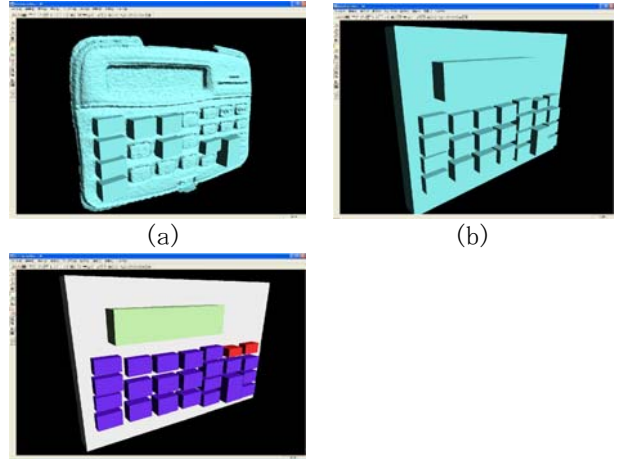


図3. 形状の置き換え

##### 4.1. 結果と考察

図2が示す通り、セグメンテーションは閾値を対話的に変更することにより液晶表示器やボタンの部分など部品ごとに正確に分割することができた。また、D2法による形状の置き換えは、形状の選択はうまくいったが、ボタンの位置や大きさに多少のずれが生じた。これはセグメンテーションの際に、それぞれのボタンごとに切れる範囲が多少違っていることが原因と考えられる。

##### 5. おわりに

本稿では、3次元スキャナを使用して得られる単一のポリゴンモデルデータを Watershed 法に基づくセグメンテーションによって部品に分割する処理、さらに、分割された各部品をD2法に基づく形状マッチングにより少ない頂点からなるノイズのない部品に置き換える処理についてそれぞれ説明した。

今後の課題として、部品それぞれの機能を類推し、モデルに電卓としての機能を自動で持たせることが挙げられる。さらに、リモコンやキーボードなど様々なモデルで同様の処理を行い、合成機能を持つ様々な3次元合成機能オブジェクトの自動生成を行いたいと考えている。

##### 参考文献

- [1] Alan P.Mangan and Ross T.Whitaker, Partitioning 3D Surface Meshes Using Watershed Segmentation, *IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics*, 5(4), 308-321, 1999.
- [2] Robert Osada, Thomas Funkhouser, Bernard Chazelle, and David Dobkin, Shape Distributions, *ACM Trans. on Graphics*, 21(4), 807-832, 2002.