

# 特徴抽出を用いた点群データのセグメンテーション

祝 圭佑<sup>†</sup> 西尾 孝治<sup>‡</sup> 小堀 研一<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>大阪工業大学 大学院 情報科学研究科

<sup>‡</sup>大阪工業大学 情報科学部 情報メディア学科

## 1. はじめに

近年、製品開発の分野において製品の 3DCAD データを作成することが多くなった。これに伴い、実物の形状を 3次元スキャナで測定して 3DCAD データを作成する研究が行われている。具体的には 3次元スキャナから得る点群データをメッシュデータへ変換し、セグメンテーションを行って 3DCAD データを作成している。しかし、メッシュデータへの変換コストは高いため、メッシュデータへ変換せずにセグメンテーションを行うことが考えられる。そこで、本研究では点群データのセグメンテーションを提案する。提案手法では、点群データから稜線であると考えられる特徴的な部分を抽出し、それを境界としてセグメントを決定する。

## 2. 提案手法

### 2.1 処理の概要

提案手法では対象形状の点群データから稜線部と考えられる箇所を特徴部と定義し、これを抽出および限定する。また、その特徴部が閉路を形成するように補間を行い、最後に特徴部から形成される閉領域に対してラベリングを行うことでセグメンテーション結果であるセグメント群を生成する。

提案手法の概要を図 1 に示すように、まず特徴部の抽出処理では、形状の稜線部と考えられる箇所を抽出する。一般に、形状の稜線部は曲率が高いことが考えられるため、曲率に比例する特徴量を求め、一定値以上の特徴量を持つ箇所を稜線部の候補として抽出する。特徴部の限定処理では抽出した候補に対して最大全域木構築と枝除去を行うことで特徴部を限定する。なお、最大全域木は閉路を含むように構築する。特徴部の補間処理では、抽出された特徴部のうち、閉路を形成している特徴部に注目し、閉路を形成するように特徴部を延長する。製品形状の 3次元形状の場合、稜線部は円や楕円、3次元曲線で構成されていることが多いため、補間処理では閉路を形成している特徴部に対して円、楕円、3次元曲線に近似して延長を行う。ラベリング処理では画像処理やメッシュデータにも適用されている Region Growing 法を用い、点群データの各点に対してラベルを与える。

### 2.2 特徴部の抽出

特徴部の抽出処理では、まず、入力された対象形状に対してリーマングラフ構造を作成する。次に、グラフ上のノードやエッジに対して特徴量を付与し、最後に閾値を設けて特徴量の高い部分を抽出する。以下、順に説明

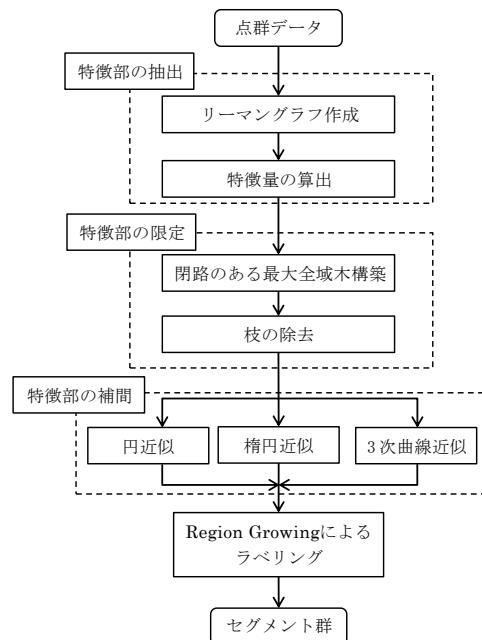


図 1 提案手法の概要

する。リーマングラフは単純な近傍グラフを強化したグラフ構造である。一般に、点群データにおける点の密度は一定ではない。従って、単純に近傍点を収集してグラフを作成した場合、各点における近傍点群の位置には偏りがあると考えられる。リーマングラフでは近傍点を収集した場合に、偏りのない近傍点群を収集することができる。

リーマングラフ作成後、グラフ上の各エッジに対して特徴量を付与する。提案手法では、稜線部は曲率が高いと考えられるため、曲率を基に特徴量を決定する。具体的な方法を点群データのある点  $p$  を例に説明する。まず、リーマングラフ上で点  $p$  のノードに接続している近傍点群を求める。次に、近傍点群の法線ベクトルを基に点  $p$  における平均曲率  $\kappa_p$  を求める。各点の曲率算出後、エッジに対して特徴量を付与する。エッジの特徴量は、そのエッジの両端点となるノードが持つ特徴量の和である。例えば点  $p$  と点  $q$  を結ぶエッジの特徴量は  $\kappa_p + \kappa_q$  となる。特徴量付与後、閾値  $\tau$  を設け、閾値  $\tau$  以上の特徴量を持つエッジとそのエッジに連結しているノードを抽出して稜線部の候補とする。

### 2.3 特徴部の限定

閾値を用いて抽出した特徴部を限定するために、最大全域木構築と枝除去を行う。一般に、最大全域木は閉路を持たないようにエッジを木に採用するが、本手法では Gumhold らの手法<sup>[1]</sup>と同様に、一定距離の閉路が存在する場合は最大全域木の枝として採用する。具体的には、

Segmentation of Point Clouds using Feature Extraction

Keisuke Iwai<sup>†</sup>, Koji Nishio<sup>‡</sup> and Ken-ichi Kobori<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Graduate school of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

<sup>‡</sup>Department of Media Science, Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

エッジを持つ両ノードの距離を構築中の木構造上で求め、その距離が閾値 $\sqrt{N}/2$  以上であった場合、木に採用する。なお、 $N$ は対象形状の点数とする。次に、稜線部として不必要なエッジを削除するために枝の除去を行う。なお、除去する枝の対象は木構造上で、経路の長さが閾値 $\sqrt{N}/4$ 以下の部分木とする。

## 2.4 特徴部の補間

特徴部の限定後、開路を形成している特徴部に対し、閉路を形成するように特徴部を延長することで補間を行う。一般に、製品形状の3次元形状の場合、稜線部は円や楕円、3次曲線で構成されていることが多いため、補間処理では開路を形成している特徴部に対して円、楕円、3次曲線に近似して延長を行う。近似対象は端点を持つ特徴部であり、端点を持つ特徴部が複数ある場合は特徴部を構成するノード数が最も大きい特徴部から近似し、補間を行う。また、円、楕円、3次曲線のうち、どれを用いて補間を行うかは以下の条件に従って決定する。

### 【円を用いる条件】

- ① 近似対象を部分弧として考えた場合に角度が $\pi/3$  以上であること。
- ② 近似楕円と近似円の残差のうち、一定残差内かつ近似円の残差の方が小さいこと。

### 【楕円を用いる条件】

- ① 近似対象を部分弧として考えた場合に角度が $\pi$ 以上であること。
- ② 近似楕円と近似円の残差のうち、一定残差内かつ近似楕円の残差の方が小さいこと。

### 【3次曲線を用いる条件】

上記の条件以外の場合。

なお、本研究では近似方法に最小二乗法を用いており、入力点列によっては近似結果の精度を保証できないため、実験により、精度が保証できる部分弧の角度を求めた。次に、延長方法について述べる。

### 【近似円もしくは近似楕円による延長の場合】

まず、特徴部の点列に対して図2のように近似円を求める。次に特徴部の端点である延長開始点を求め、近似円上で、この点との残差が最も小さい地点における接ベクトルを求める。次に、延長開始点の近傍点群のうち、接ベクトル方向であり、かつ、近似円との残差が小さい点を抽出する。最後に、抽出した点を特徴部として追加する。以上の処理を延長点が特徴部に到達するまで行う。なお、楕円の場合は近似円のかわりに近似楕円を用いる。

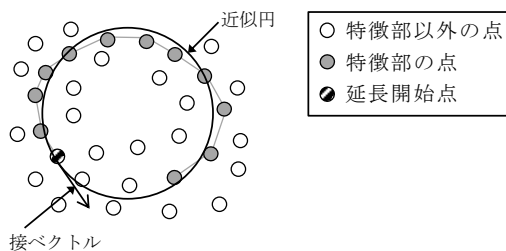


図2 近似円による延長処理

### 【近似曲線による延長の場合】

上述の延長方法のうち、円を近似するのではなく、3次曲線を近似する。また、接ベクトルの算出後、延長先の点は接ベクトル方向であり、かつ、特徴量が最も高い点とする。

## 2.5 Region Growing によるラベリング

各点すなわちリーマングラフ上の各ノードに対してラベリングを行う。ここで、ラベリングには Region Growing 法を用いる。まず、特徴量の最も低いノードをシードとして設定する。次に、特徴部に該当するノードに到達するまで、領域を成長させ、領域の成長が止まった時点で、同領域に属する各点に対して同じラベルを与える。以上の処理を特徴部以外の全ての点に対してラベリングされるまで行うことでセグメント群を生成する。

## 3. 実験と考察

提案手法の有効性を検証するために実験を行った。実験では、2種類の形状に対して適当な閾値を用いてセグメンテーションを行った。なお、[ ]内の数字は形状の点数である。図3、4は左から対象形状、特徴部の補間結果、ラベリング結果である。なお、ラベルを示す色はランダムに決定した。両図より、良好な結果が得られていると考えられる。また、閾値を変更して実験を行った結果、閾値によっては生成されるセグメントが異なることもわかった。

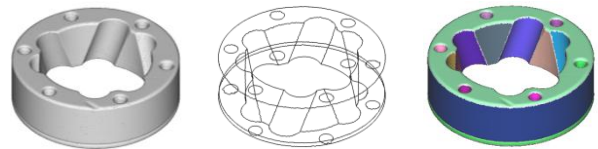


図3 RollingStage[191,109]の結果

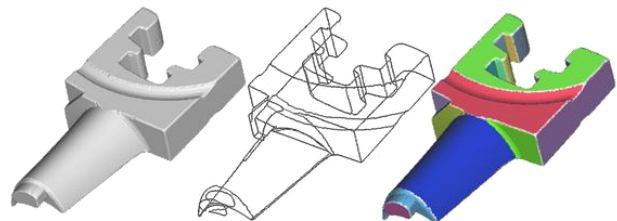


図4 LittleBlade[323,831]の結果

## 4. おわりに

本研究では、点群データから閉路を形成する稜線部を抽出し、それを境界としてセグメントを生成するセグメンテーション手法を提案した。提案手法では、点群データの稜線部と考えられる特徴部を抽出し、最大全域木を用いることで限定した。さらに、閉領域が形成されるように、近似円、楕円、曲線を用いることで補間を行った。最後に、Region Growing を用いることで各点にラベリングを行った。実験の結果、適切に稜線部が抽出されており、セグメントが生成できていることを確認した。

### 参考文献

- [1] S.Gumhold, X.Wang, R.McLeod, "Feature Extraction from Point Clouds", Proceedings of 10th International Meshing Roundtable, pp.293-305, (2001).