

## 3次元点列上の特徴点検出

5AB-10

杉本和英<sup>†</sup>富田文明<sup>†</sup>荒川勉<sup>†</sup>新情報処理開発機構<sup>†</sup>電子技術総合研究所<sup>†</sup>

## 1. はじめに

マルチメディア産業の急速な伸展に伴い、ステレオやレンジファインダ等といった計測による3次元形状情報獲得技術への需要が増加している[1][2]. 測定された立体形状情報は3次元点列で出力される場合が多く、記述に要するデータ量は膨大になる. ここで、対象の立体形状を忠実にかつ少ないデータ量で記述し、さらに認識等へ容易に利用可能とするためには、平面と一様な凹もしくは凸の曲面パッチによって近似表現する手法が有効と考えられる. その際、これらパッチは、輪郭の境界線に基づいて曲面近似され、さらにこれら境界線は、曲線近似表現される必要がある. そのための要素技術として、本報告では、3次元点列より特徴点を抽出し前記3次元点列を直線セグメントと、凹もしくは凸の滑らかな曲線セグメントに分割する手法を提案する.

## 2. 2次元形状上の特徴点検出

我々は、画像中のパターンから、エッジ検出や細線化といった処理を施して得られる輪郭線に対して、輪郭線上の各点における曲率と法線方向を、形状の複雑さに応じて自動的にしきい値を適応させることによって正確に算出することにより、特徴点を精度良く検出する手法を開発した[3]. ここで特徴点としては、屈曲点(法線方向が急激に変化する点、角点)、変曲点(曲率の符号(凹凸)が反転する点)、遷移点(曲率が零から非零に移行する点、すなわち、直線と曲線が滑らかに接する点)を定義した. また、これらの特徴点を用いた曲線補間により、輪郭線形状を近似表現する手法も提案した[4]. 今回提案する、3次元点列より特徴点を抽出するためのアルゴリズムは、基本的には、2次元点列からの特徴点抽出手法にならない、その対象を3次元点列へ拡張したものと位置付けられる.

How to detect dominant points on 3-D curves

<sup>†</sup>Kazuhide SUGIMOTO, Tsutomu ARAKAWA<sup>†</sup>RWCP (Located at Hypermedia Res., Cen.

SANYO Electric Co.,Ltd.)

<sup>†</sup>Fumiaki TOMITA<sup>†</sup>Electrotechnical Laboratory

## 3. 3次元形状上の特徴点検出

## 3.1 3次元点列

エッジベースステレオやレーザレンジファインダの出力として得られる3次元の点列は、2次元画像中では連続していても、3次元空間中では離散化する傾向にあるため、何らかの方法でそれらの連続性を判定する必要がある. ここで対象とする3次元点列は、あらかじめ連続性が判定され、連結する前後の点への接続情報をもつものとする. これにより、不連続の起きている点は連結数が1の端点として識別される. また、連結数が3以上の点も分岐点として容易に判定できるため、これ以降、連結数が2の点のみを対象とする.

## 3.2 特徴点の種類

3次元点列より、次の4種類の特徴点を検出する.

屈曲点: 接線方向が急激に変化する点、角点.

変曲点: 凹凸が反転する点.

(局所近似平面の法線方向が急激に変化する点)

遷移点: 曲率が、零から非零に移行する点.

(直線と曲線が滑らかに接する点)

雑音点: 近似誤差が大きい点.

(接線方向が急激に変化する点が連続する区間)

## 3.3 局所近似による特徴量の算出

以下に、3次元点列より特徴点を検出するための特徴量算出手順を述べる.

- 曲線近似による接線方向と近似誤差の算出
- 平面近似による法線方向の算出
- 曲線近似誤差に基づく最適近似区間の決定

1. 第1図に示すように、注目点 $P_i$ の前後の $k$ 近傍画素を用いて、局所的に円を近似し、直線の場合には直線を近似することにより、接線方向 $t_i$ を算出する. ベクトルの方向は、点列のスキャン方向に近いものを採用する.

2. 局所的に円が近似できる場合には、その円を含む平面の法線ベクトル  $\vec{n}_i$  を算出する。ベクトルの方向は、円の中心から、点  $P_{i-k}$  へ向かうベクトルと、点  $P_{i+k}$  へ向かうベクトルの外積の方向とする。
3. 注目点  $P_i$  の前後の各  $k$  近傍画素について、近似曲線からの誤差を算出し、その最大値を注目画素における近似誤差  $E_i$  とする。各点に対して、近似曲線および誤差を算出した後、 $k$  近傍画素より最も近似誤差の小さい点を求め、その最適近似点における近似曲線を注目点におけるそれと置き換え、接線方向と法線方向の再計算を行う。
4. 前述の最適近似点における誤差をもってしても、近似誤差が大きくなる場合には、近傍画素を決定するしきい値  $k$  を小さくして、誤差が小さくなるまで前述した処理を繰り返す。

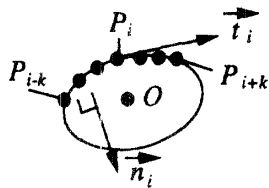


図1: 局所近似による特徴量の算出

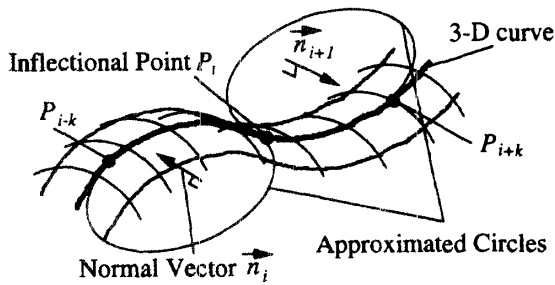


図2: 変曲点の検出

### 3.4 特徴点の検出

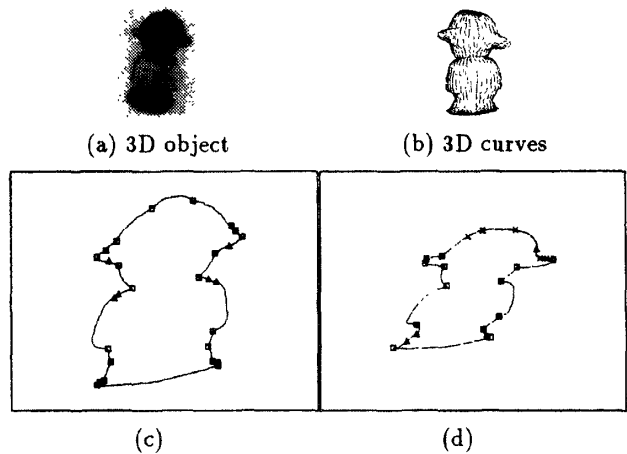
以下に、3次元点列より特徴点を検出する手順を述べる。

1. 隣接する点の接線方向が、しきい値を超える場合、屈曲点として検出する。
2. 隣接する点の近似曲線が直線から曲線に移行する場合、遷移点として検出する。
3. 隣接する点の近似平面の法線方向が、しきい値を超える場合、変曲点として検出する(第2図)。

4. 最適近似点をもってしても誤差がしきい値を超える場合には誤差点として検出し、注目画素近傍にこれら特徴点が発現する場合には、それらに挟まれた区間を、微小構造箇所として検出する。

### 3.5 実験結果

3次元点列より検出された特徴点を第3図に示す。



□:Corners,△:Inflectional points,×:Transitional points

図3: 特徴点抽出結果

### 4. まとめ

3次元点列より、特徴点を抽出する手法を提案した。これは、平面や自由曲面からなる対象物を、特徴点に基づいて曲線近似や曲面近似により表現する際に有効となる。今後は、立体形状の記述に応用することにより、少ない記述量と高精度の記述の生成を実現したい。

### 参考文献

[1] 角, 富田:  
“ステレオビジョンによる3次元物体の認識,” 信学論(D-II), vol.J80-D-II, no.5, pp.1105-1112, May.1997.

[2] Y.Matsumoto, et al:  
“A Portable Three-Dimensional Digitizer,” Proc. of IEEE International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling, pp.197-204, May.1997.

[3] K.Sugimoto and F.Tomita:  
“Boundary segmentation by detection of corner, inflection and transition points,” Proc. of IEEE Workshop on Visualization and Machine Vision, pp. 13-17, 1994.

[4] K.Sugimoto and F.Tomita:  
“Shape coding by detecting dominant points on digital curves,” Proc. of International Conference on Virtual Systems and Multimedia, pp. 153-158, 1996.