曲率レーブグラフを用いた形状の多重解像度解析

7D－2

森本 潤子 †　品川 嘉久 †

東京大学 †

1 はじめに

物体の認識の為の手法としては、曲率を使った局所的な形状認識や多重解像度解析による形状の粗視化は従来から行なわれている手法である. 本稿では、物体の形状を曲率により分類し局所的な形状認識を行ない、その曲率をレーブグラフを用いて表現する. また、レーブグラフに基づいて、多重解像度表現を用いて物体の形状の粗視化を行なう. 本手法により、形状をグラフで表すことによって、情報量を減らし、かつ、粗視化の状況を容易に認識することが出来る.

2 曲率のレーブグラフ

まず、曲率を求める [1].

1 次元の場合は対象は曲線であり、曲線の関数を $f: x \rightarrow y$ とすると、

$$\kappa = \frac{f''(x)}{(1+\{f'(x)\}^2)^{\frac{3}{2}}}$$

となる. ただし x は曲線の弧長である.

次に、2 次元の場合は、曲率には ガウス曲率・平均曲率、主曲率があるが、

- 主曲率は主方向に依存しているが、ガウス・平均曲率はそれに依存しない量である
- 主曲率は曲面を 6 つのタイプに分けるが、ガウス・平均曲率は曲面を 8 つのタイプに分ける
- 偏微分のみ与えられている時、ガウス・平均曲率は簡単に計算できるが、主曲率はガウス・平均曲率を求めてから求めるので、計算量が多くなる

などの理由により、本稿では主曲率は採用しない. また、

- ガウス曲率は、曲面の *intrinsic* な特性であり、平均曲率は、曲面の *intrinsic* でない特性である
- ガウス曲率は、曲面上での点で固有の曲面形状を示し、平均曲率は、曲面形状の記述に関して、ガウス曲率の補佐をする

などの理由により、本稿ではガウス曲率を採用し、そのレーブグラフを調べる. ガウス曲率は、座標 (x, y) における高さが $f(x, y)$ である曲面を $f: R^2 \rightarrow R$ とすると、

$$K = \frac{f_{uu}f_{vv} - f_{uv}^2}{(1+f_u^2+f_v^2)^2}$$

となる.

次に、曲率のレーブグラフとは、曲面上の点で同じ曲率を持つ点の集合の連結成分を一つの点として表して得られるグラフである [2]. 例えば、(図 1) に示すような曲線の曲率は (図 2) の様になり、そのレーブグラフは (図 3) のようになる. また、平面の例だと、ガウス曲率は一定して 0 であり、その曲率レーブグラフは、一点となる (図 4).

3 多重解像度表現

本稿では、異なる標準偏差を持つガウス関数を図形に作用させて段階的に平滑化し、図形の形状特徴を階層的に表現することによって多重解像度解析を行なう [3].

3.1 スケールスペースフィルタリング

1 変数の関数 $f(x)$ のスケールスペースフィルタリングは $f(x;\sigma)$ は次のように定義される.

$$f(x;\sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} f(u)w(x-u;\sigma)du$$

$$w(x;\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right), \sigma > 0$$

$w(x;\sigma)$ は、スケールパラメータ σ を持つ 1 次元ガウス関数である.

同様に、2 変数の関数を $f(x,y)$ で表す時、そのスケールスペースフィルタリング $f(x,y;\sigma)$ は次のように定義される.

$$f(x,y;\sigma) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(u,v)w(x-u,y-v;\sigma)dudv$$

$$w(x,y;\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right), \sigma > 0$$

$w(x,y;\sigma)$ は、重み関数である.

(図 1) にスケールスペースフィルタリングをかけた波形は、(図 5) のようになる.

Multiresolution Analysis of Shapes Using a Reeb Graph of the Curvature Function

Junko Morimoto and Yoshihisa Shinagawa

The University of Tokyo

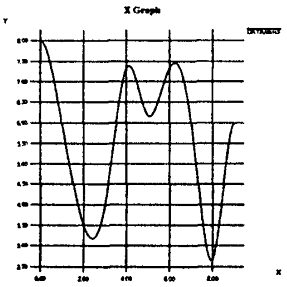

図 1: 1 次元の曲線

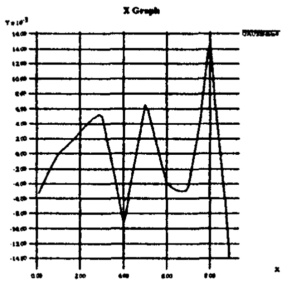

図 2: 曲率

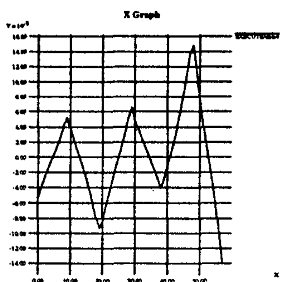

図 3: 曲率レーブグラフ

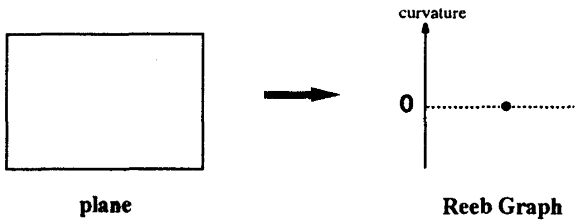

図 4: 平面とその曲率レーブグラフ

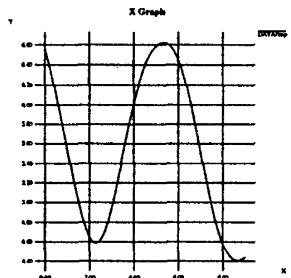

図 5: 図 1 のスケールスペースフィルタリング波形

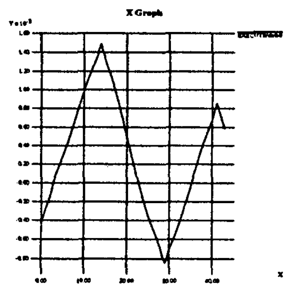

図 6: 図 5 の曲率レーブグラフ

4 おわりに

本稿では、物体の形状を曲率により分類し、局所的な形状認識を行ない、その曲率をレーブグラフを用いて表現してみた (図 6).

本手法により、形状をグラフで表すことによって、情報量を減らし、かつ、粗視化の状況や凹凸の激しいところを容易に認識できることが確認される.

今後は、本手法を、人間の表情認識や物体の境界線の類似度判定などに応用する予定である.

参考文献

[1] Paul J. Besl. *Surface in Range Image Understanding.* Springer-Verlag, 1988.

[2] Tosiyasu L. Kunii Yoshihisa Shinagawa. "constructing a reeb graph automatically from cross sections". *IEEE Computer Graphics and applications,* 11(6):44–51, 1991.

[3] 佐藤 潤一、佐藤 誠. "尺度空間フィルタリングに基づく画像パターンの局所構造解析". 電子情報通信学会論文誌 *D-II,* J74-D-II(12):1715–1722, 1991.