

## 多重解像度における構造変形規則を用いた三次元自由曲面の階層化

## 6B-2

守田 了 川嶋 稔夫 青木 由直  
北海道大学工学部

## 1. はじめに

形状の認識を行なう際、モデルデータベースの構築や照合の効率、雑音の除去の面から形状が階層的にとらえられることが必要である。本稿では scale-space の手法を3次元に拡張し、3次元自由曲面から階層構造を生成する手法を提案する。

## 2. 3次元形状に対する scale-space filtering

階層化するには、微視的にみた分割が巨視的にみた分割に階層的に包含されている必要がある。この条件を満足する分析方法として主に波形上に用いられる scale-space フィルタリングを3次元自由曲面に拡張する。

このフィルタリングから得られる波形集合  $\phi(x, t)$  は次式で定義される。

$$\phi(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(u)g(x-u, t)du \quad \dots(1)$$

ここで  $g(x, t)$  はガウス関数である。 $t = \frac{\sigma^2}{2}$  とおくと畳込みの結果えられる一般化波形は拡散方程式を満足し、一次元において拡散方程式の近似解を差分方程式で求められることを利用して、隣接するサンプル点間の計算のみから拡散方程式の近似解を導出することが可能である。3次元自由曲面はレンジファインダーから得たデータを基に隣接するサンプル点を連結して記述する。各サンプル点に隣接する点の個数を  $n$  とすると、次式から自由曲面に対して、ガウスフィルタを近似的に施すことができる。

$$u_{i0}(t + \Delta t) = u_{i0}(t) + a\Delta t \sum_{k=0}^n \frac{1}{p_{ik}} (u_{ik}(t) - u_{i0}(t)) \quad \dots(2)$$

但し、 $i1 \dots in$  は  $i0$  を中心とする隣接点

しかし、階層を追跡する際包含関係のような単純な変化のみでないため、階層追跡が容易でなく、以下で階層化に伴う変形を解析して安定した階層追跡をおこなう。

## 3. 領域分割とスケール方向の領域変形の規則

領域要素はガウシアン曲率  $K(p)$  と平均曲率  $H(p)$  の正負から求められ、この符号の正負から8種に分類される。この性質が同じ連結した範囲を要素と呼ぶ。

しかしながらこれら8個の要素をそのまま階層的分割の単位として分割を行なうと、輪郭の変形がおこり輪郭を誤認しやすく必ずしも階層構造にはならないため、これらの要素を元に階層化をするのは適当でない。

また、形状の階層化を目標とする単位としては細かすぎ、そのため雑音の影響を受けやすくなる。そこで前節で述べた分割の方針から階層的照合と微分幾何学的連続性を考慮して領域分割の単位を求める。

領域要素は上記の立場から、要素の複合として領域が表される。すなわち基本領域要素は平均曲率が零の線で分割をし、その中に含まれる極大曲率と極小曲率により場合分けする。図1にその領域を示す。四種類とは、次の(A)-(D)である。

これにより領域は四つに分類され、これらを以下基本領域要素とよぶ。以下(A)-(D)の領域をそれぞれ bump, dent, bump\_d, dent\_b と記述する。

領域変形はスケール変化に伴う空間的な領域変形であるため階層の追跡が輪郭線の階層化における点の追跡ほど容易ではないが、スケールが変化した時の領域変形の一般的規則を求めて変形の予測に利用し、安定した階層構造を生成することができる。

スケール方向にフィルターの帯域幅が変化するときの一段階の変化に於ける制約条件を、前述したフィルターの特性から、特徴線、平均曲率の零交差線の本数は単調に減少する。

これらの制約条件と隣接条件の制約(微分幾何学的連続性)から領域要素の特徴的変形の一般的規則を求めると4種に分類され凹凸の相補関係にあるものを考えると図2に示す8種に限定される。矢印はスケールが小さくなる方向を示している。

形状変形の規則の類型は2つのパターンが存在し、一つは領域の輪郭は変わらず内部形状が変化する場合図2(A)(B)、もう一つは領域が2つに分かれてしまう(分岐)場合、図2(C)(D)である。

以上領域要素が変化する一段階の変化はこの8つに分類される。自由曲面のフィルタリングではこのような変形がおこりうるが、領域変形の規則を用いて変形を予測し安定した階層構造を生成することができる。

