

SLIM 曲面を用いた局所変形の一手法

石田 夏生† 西尾 孝治† 小堀 研一†

大阪工業大学†

1. はじめに

3次元形状の表現に用いられる陰関数曲面は数式で形状を表現するため、メッシュに比べて少ないデータ量で形状の幾何的特徴を正確に表現可能である。そのため、3次元形状のモデリングを行う際の計算量も削減することが可能であると考えられる。陰関数曲面の中でも近年、Multi-level Partition of Unity(以下、MPU)陰関数曲面や Sparse Low-degree Implicit(以下、SLIM)曲面[1]などが注目されている。これらの手法では、サポート球と呼ばれる球で形状をいくつかの小領域に階層的に分割し、分割領域ごとに低次の陰関数式を定義することで形状を表現する。このとき、MPUではオブジェクト空間全体に陰関数式を定義するのに対し、SLIMは形状表面のみに陰関数式を定義する。そのため、より少ないデータ量で形状を表現可能であり、モデリングの際の計算量も削減可能であると考えられる。

そこで本研究では、SLIM 曲面を用いて3次元形状をモデリングする際に用いられる局所変形を行う手法を提案する。提案手法では、サポート球の再配置による概形の変形と、サポート球内の曲面の変形による詳細な特徴の変形を行う。また、サポート球の増減を行うことで、欠損の発生や特徴を消失することなく局所変形を実現する。

2. 提案手法

提案手法では、サポート球の増減を行うことで、欠損の発生や特徴を消失することなく局所変形を実現する。提案手法の処理の流れを図1に示す。同図①の処理では、交差するサポート球をエッジで結ぶグラフを作成する。そして、同図②の処理では、サポート球の移動・回転・拡大を行う。この処理により、変形後の形状表面の適切な位置にサポート球を移動する。さらに同図③の処理では、移動を行ったサポート球内の曲面を変形する。このとき、変形前の形状の特徴を消失しないように曲面の変形を行う。そして、同図④の処理では、拡大により過剰に大きくなったサポート球を分割し、移動により過剰に密度が高くなったサポート球を統合する。同図②～④の処理を繰り返すことにより、形状に欠損や特徴の消失を起こさず、局所変形結

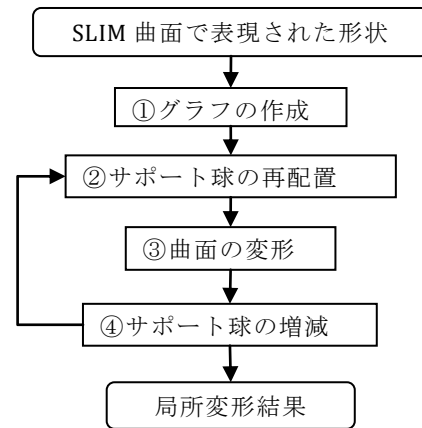


図1 提案手法の流れ

果を得る。

2.1 エッジの作成

エッジの作成処理では、交差するサポート球をエッジで結ぶグラフを作成する。このとき、サポート球が交差し、かつローカル座標系の w 軸の方向が大きく異なる場合にエッジで結ぶ。

2.2 サポート球の再配置

サポート球の再配置の処理では、変形後の曲面が存在する位置に近づくようにサポート球を移動する。また、 w 軸が形状表面の方向となるよう曲面の法線の方向に回転する。さらに移動後のサポート球間に欠損が生じないように、サポート球を拡大する。このとき図3に示すように、移動前と移動後でサポート球の重なる量 d が同じになるように拡大を行う。また、拡大するサポート球はより曲率が低く平面に近いサポート球とする。

2.3 曲面の変形

曲面の変形では、図4に示すように、移動後と移動前でサポート球の中心と曲面の相対的な位置が同じになるように変形する。まず、移動前の曲面 f とサポート球の中心との距離誤差 d を算出する。そしてこの d を用い、変形後の曲面 f' と移動後のサポート球の中心との誤差 d' との差が小さくなるように曲面 f' を求める。

2.4 サポート球の増減

サポート球の増減では、サポート球を増やすための分割の処理と、サポート球を減らすための統合の処理を行う。これらの処理の判定は、SLIM 曲面が図5に示

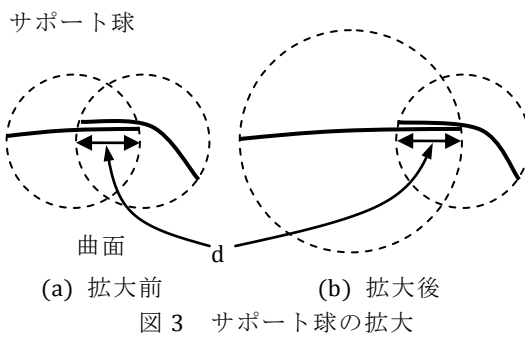


図3 サポート球の拡大

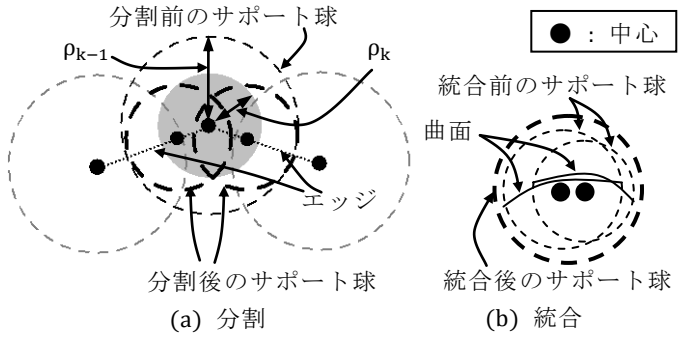


図6 サポート球の増減

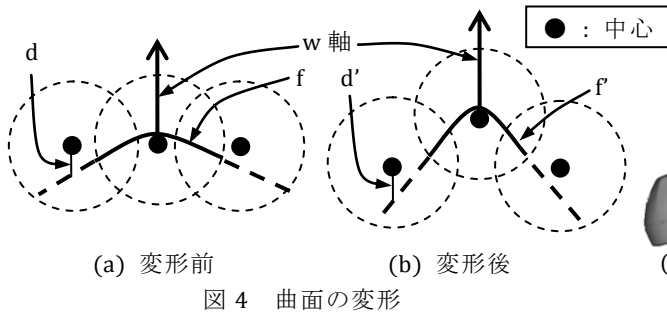


図4 曲面の変形

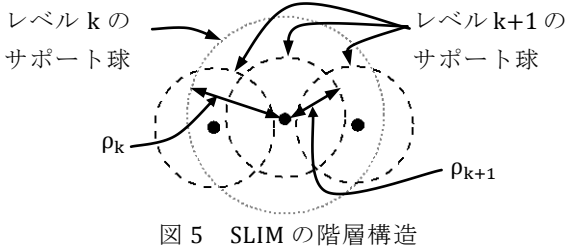


図5 SLIMの階層構造

すように階層的にサポート球を保持していることを利用して行う。図5に示すレベルkのサポート球は、内部に中心が存在するレベルk+1のサポート球を子ノードとして保持している。分割と統合の処理について図6を用いて説明する。

分割は、同図(a)に示すように移動前の半径が ρ_k であったサポート球の半径が、 $k-1$ レベルの半径 ρ_{k-1} を超えた場合に行う。このとき、追加するサポート球の配置位置は同図に示すように2本のエッジの上とし、新たに生成するサポート球が分割するサポート球の内側に接するように配置する。このとき、2本のエッジは分割対象のサポート球に繋がるエッジの中で最も長さが長くなった2本を選択する。

統合は、同図(b)に示すように統合の対象となるサポート球2つが、統合後のサポート球で包含できる場合に行う。このとき、統合後のサポート球の半径は、統合前の2つのサポート球のうち小さいサポート球の半径を1レベル分大きくしたものとする。またこのとき、曲率が大きく異なる曲面を保持するサポート球を統合してしまうと、形状の特徴が消失すると考えられる。そこで、同図に示すように2つのサポート球内の曲面を比較し、曲率の差が小さい場合のみ統合を行う。

サポート球の分割・統合後、周囲のサポート球と分

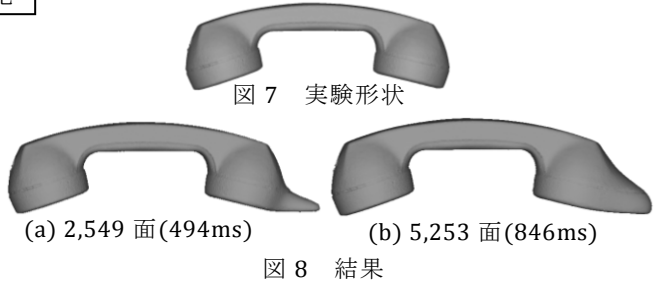


図8 結果

割・統合前のサポート球内の曲面を用い、新たな曲面を生成する。

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。実験環境は、CPUにIntel Core i7-930 2.8GHz、メモリに2.0GBのPCを用いた。図7に実験に用いた形状を示す。実験では同図の形状を伸ばし、変形が行えていることを確認した。また、処理時間を計測した。図8に実験結果を示す。なお、同図の図タイトルは変形対象の曲面の数、()内の数値は処理時間を示している。同図の結果から、おおむね良好な変形結果が得られていることがわかる。また、処理時間については同図の結果では高速に行えているが、変形対象の曲面が増加すると処理時間が線形に増加していくことが確認できた。

4. おわりに

本研究では、SLIM曲面を用いた局所変形の手法を提案した。提案手法ではサポート球の再配置と曲面の変形、サポート球の増減により、局所変形を実現した。また、実験によって良好な結果が得られた。処理時間については、処理対象の曲面が2500程度で500ms程度という結果が得られた。今後の課題として、処理速度の高速化が挙げられる。

参考文献

[1] Y. Ohtake, A. Belyaev, M. Alexa. : "Sparse low-degree implicit surfaces with applications to high quality rendering, feature extraction, and smoothing", Eurographics symposium on Geometry processing, pp.149-158, 2005.