

自由曲面の多面体化と形状制御

5 U-05

東京電機大学 ○ 小林 賢司 斎藤 剛

1 はじめに

自由曲面を多面体により近似表現することは、表示や干渉計算などを目的としてよく行われる。筆者らは、これまでに多面体を、従来のパラメータ空間での三辺形による表現ではなく、元の曲面の接平面からなる実空間での多辺形による表現法を報告した¹⁾。これにより、誤差分布などの性質が明らかであり、近似面の形に依存しない多面体表現が可能となった。

本報告では、多面体の形状を局所的に制御する方法について述べる。多辺形による制御は、処理量が少ないとため、意図した形状を効率よく得ることができる。本多面体化では、多辺形により構成されているので制御は面を中心におこなう。また、詳細化、復元化を用い、制御前と制御後の近似精度を保つ。さらに、局所的な再多面体化を利用し、効率化を図る。

2 多面体表現法の概要¹⁾

本法では、曲面上のある点における接平面を加えることにより、近似面群の位相構造を修正することで多面体を構築する。近似面群により作られる多辺形の面または頂点における評価量に応じて、その頂点から曲面へ降ろした垂線の足における接平面を近似面群に追加する。この処理を、目的とする評価量が指定した値以下になるまで繰り返し、結果として曲面の接平面により構成された近似多面体を得る。

3 多面体の形状制御

3.1 多面体の形状制御手法

CAD やグラフィックスにおける形状制御では、形状の部分的な修正が主である。三角形メッシュにおける形状制御では、頂点の位置を移動しメッシュを修正する手法がおこなわれているが、本法では、頂点による制御ではなく、面単位での制御をおこなう。

まず、移動したい面を指定し、その面の移動量 d を

決める(図 1(a) 参照)。次に、その指定面の重心から各面の重心への距離 r に伴って、各面の移動量 d' を以下の式により算出する。ここで、 x を制御範囲とする。

$$d' = (1 - r/x) * d.$$

距離が遠くなるにつれ移動量の影響が線形に減少する。また、各面の法線ベクトルは、指定面を下げた場合、指定面の法線ベクトルの方へ傾け、上げた場合はその逆に法線ベクトルを傾ける。各面の制御後の法線ベクトル \mathbf{h}' を次式により求める。制御前の各面の法線ベクトルを \mathbf{h} 、指定面の法線ベクトルを \mathbf{n} 、 α を定数とする(図 1(b) 参照)。

$$\mathbf{h}' = (1 - (1 - r/x)\alpha)\mathbf{h} + (1 - r/x)\alpha\mathbf{n}.$$

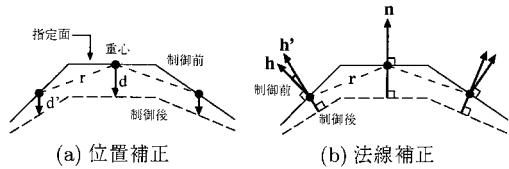


図 1 説明図

3.2 近似精度の補正

本法による形状制御では、法線ベクトルも変形しているので制御前と後の法線に関する近似精度が乱れてしまう。そこで、形状制御範囲内の制御前における各面の法線角度差と仮想的に制御後の角度差を算出し、制御後の精度が同一になるように制御前の多面体に復元化、詳細化をおこなう。これにより、制御後も近似精度が保たれる。その例を図 2 に示す。

以上の方法で形状制御した例を図 3 に示す。図 3(b) は、指定面を上げて得られた結果である。面を上げたのでハイライトが小さくなっているのが分かる。

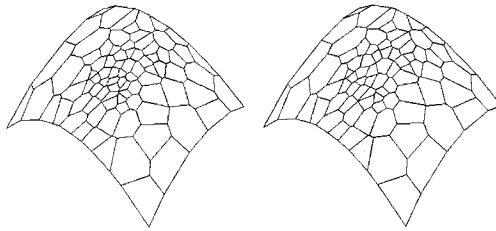
3.3 等高線による表現

制御結果を明確にするために等高線を描く。等高線パターン上の格子は、 $x-y$ 平面における高さを結んで描いたものである。その格子に何枚かの平行する平面との交線を描くことで等高線を得る。図 3 で得られた結果に対し、制御した部分の等高線を描いた例を図 4 に示す。図 4 の等高線パターンにより形状の変形が明確に分かる。等高線上の太線は同じ高さであることを示す。

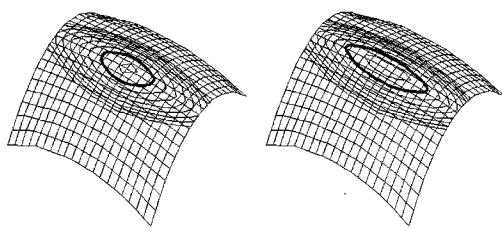
(A Method of Polygon Approximation of Free-Form Surfaces and Shape Control)

Kenji KOBAYASHI, Tsuyoshi SAITO

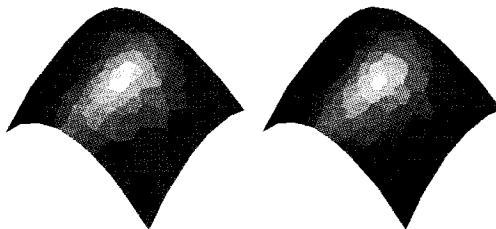
(Tokyo Denki Univ., 2-2 Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8457)



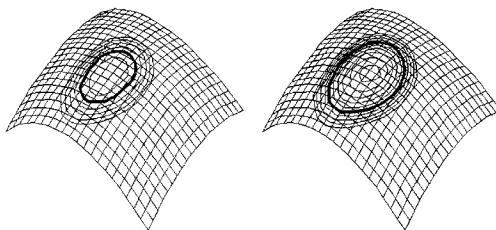
(a) 制御のみの場合 (b) 精度を保持した場合
図 2 近似精度の補正



(a) 一面のみ指定 (b) 帯状に指定
図 5 面指定方法による形状の違い



(a) 変形前 (b) 変形後
図 3 形状制御例



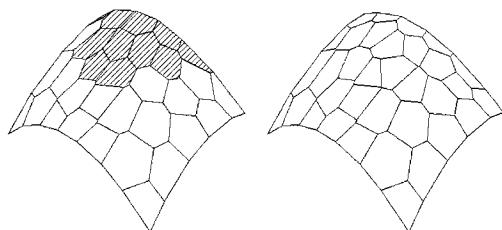
(a) 変形前 (b) 変形後
図 4 等高線パターン

3.4 制御面の複数指定

前節では、ひとつの面を指定した制御例を示した。次にある平面との切断線に沿った面の指定により形状を制御をする方法を示す。これは、帯状に面を制御したい要求のためである。まず、変形したい部分を多面体と平面との切断線によって求める。そして、切断線と各面との重心の位置によって各面の移動量、法線ベクトルを先に示した式により算出する。これにより、帯状に面を制御できる。図 5(a)に一面のみ指定した場合、図 5(b)に切断線に沿った面指定をした場合の等高線パターンを示す。

4 曲面変形に対する再多面体化

一度、多面体化した曲面の制御点を移動し、曲面形状を直接制御した後の形状を再び多面体化する際、局所的な再多面体化により効率化を図ることができる。変形された曲面と多辺形の各頂点における評価量を算出し、評価量以上の部分を再多面体化する。また、以前の精度を上まわった部分に関しては復元化をおこなう。その例を図 6 に示す。変形部を斜線で示す。



(a) 多面体化 (b) 再多面体化
図 6 曲面変形に対する再多面体化

5 まとめ

本稿では、多面体の形状を局所的に制御する方法について述べた。これにより、効率よく形状の変形が可能となり、精度も変形前のものに保証された多面体が得られるようになった。また、本手法では、面単位の制御をおこない、平面性も保たれたものとなる。さらに、近似の対象とする曲面の局所的変形に対する再多面体化について述べ、これにより、再多面体化の効率化が図れた。今後の課題としては、本近似法の評価アルゴリズムの開発、さらに効率の良い多面体化アルゴリズムの開発が挙げられる。

参考文献

- 1) 小林 賢司, 斎藤 剛:「自由曲面の多面体表現法とその詳細化」VC/CAD 合同シンポジウム, 2001.6.
- 2) 小林 賢司, 斎藤 剛:「自由曲面の多面体化における詳細化手法とその応用」第63回情報処理学会秋期大会, 2001.9.