

基本立体を外包する曲面形状の自動生成手法

3N-6

小笠原 耕太郎[†] 小堀 研一[‡]

[†]長崎県工業技術センター [‡]大阪工業大学

1. はじめに

意匠設計のモデリング作業の効率化を実現する目的で、三次元空間に単純な基本立体と呼ばれる立体を配置するだけで製品の外形にあたる初期曲面形状を自動生成する手法を提案し、基本立体を外包するカーブネットワークの構築手法を報告した^[1]。本稿では、このカーブネットワークから境界曲線上でG¹連続性を満足した曲面パッチの内挿手法について述べる。

2. カーブネットワークの形状特徴

内挿対象となるカーブネットワーク（図1参照、破線は基本立体を表す）は、全て3次の有理ベジェ曲線により定義される^[1]。各頂

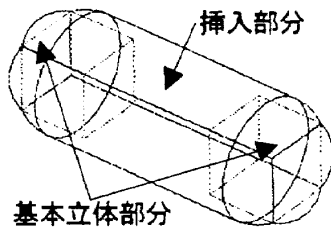


図1 カーブネットワーク

点（曲線の端点）に接続する曲線のその地点での接線ベクトルはすべて同一平面上に存在し、基本立体部分の曲線に関しては曲率ベクトルも一致し、かつ、曲率中心は曲線が属する基本立体の重心方向を向くという特徴を持つ。また、曲線で囲まれる領域は、すべて凸形状ではあるものの、4辺形だけでなくn辺形面が存在する。以下、このような形状特徴を持つカーブネットワークを内挿するために必要な、パッチ間のG¹連続性を満足した境界横断ベクトルの算出とn辺形パッチの4辺形パッチへの分割手法について述べる。

3. カーブネットワークの内挿

3.1 パッチ間のG¹接続

図2のように、有理ベジェ曲面 $P(u,v)=Ph/Wp$ と

共有境界曲線上でG¹連続性を満足した有理ベジェ曲面 $Q(u,v)=Qh/Wq$ の境界横断ベクトルを表す制御辺ベクトル b_0, b_1, b_2, b_3 を求めることを考える。パッチ間のG¹連続の条件式を単純化するため、共有境界曲線に接続する制御頂点の重みをそれぞれが接続する共有境界曲線の制御頂点の重みと同じになるように以下の修正を行う。共有境界曲線の端点に接続する制御頂点 $p_{10}, q_{10}, p_{13}, q_{13}$ の重みをそれぞれ共有境界曲線の重みと一致させ、また、その端点位置での接線ベクトルが重み修正前の接線ベクトルと同じになるように座標値も修正する。このように修正を行うと、G¹連続を保証する条件式は次式となる。

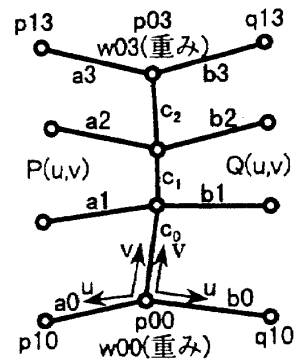


図2 パッチ間の接続

$$Q_h u = (k_0(1-v) + k_1 v) P_h u +$$

$$(h_0(1-v) + h_1 v)(P_h v w_p - P_h w_p v) \quad (1)$$

ただし、添え字 u, v は u, v 方向の1階導関数を表し、 h_0, h_1, k_0, k_1 は定数である。本手法の場合、式(1)の右辺は5次式となり $Q(u,v)$ を5次の曲面として解くと、 $Q(u,v)$ の境界横断ベクトルを定義する制御辺ベクトル $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ は以下のように求まる。

$$b_0 = 3*(-Cw_0*th_0*th_0 + a_0*k_0 + c_0*th_0*w_0)/5$$

$$b_1 = -3*(2*Cw_0*th_0*th_0 + 2*Cw_1*th_0*th_0 + Cw_0*th_0*th_1 - a_0*k_0 - 3*a_1*k_0 - a_0*k_1 - 2*c_0*th_0*w_0 - 2*c_1*th_0*w_0 - c_0*th_1*w_0)/25$$

$$b_2 = -3*(-3*c_1*Cw_0*th_0 + 3*c_0*Cw_1*th_0 + Cw_0*th_0*th_0 + 4*Cw_1*th_0*th_0 + Cw_2*th_0*th_0 + 2*Cw_0*th_0*th_1 + 2*Cw_1*th_0*th_1 - 3*a_1*k_0 - 3*a_2*k_0 - a_0*k_1 - 3*a_1*k_1 - c_0*th_0*w_0 - 4*c_1*th_0*w_0 - c_2*th_0*w_0 - 2*c_0*th_1*w_0 - 2*c_1*th_1*w_0)/50$$

$$b_3 = 3*(2*c_1*Cw_0*th_0 + 2*c_2*Cw_0*th_0 - 2*c_0*Cw_1*th_0 - 2*c_0*Cw_2*th_0 - 2*Cw_1*th_0*th_0 - 2*Cw_2*th_0*th_0 + 3*c_1*Cw_0*th_1 - 3*c_0*Cw_1*th_1 - Cw_0*th_0*th_1 - 4*Cw_1*th_0*th_1 - Cw_2*th_0*th_1 + 3*a_2*k_0 + a_3*k_0 + 3*a_1*k_1 + 3*a_2*k_1 + 2*c_1*th_0*w_0 + 2*c_2*th_0*w_0 + c_0*th_1*w_0 + 4*c_1*th_1*w_0 + c_2*th_1*w_0)/50$$

An Automatic Generation Method of Initial Curved Surface Shape which envelops a set of simple polyhedra.

Kotaro Ogasawara[†], Ken-ichi Kobori[‡]

[†]Technology Center of Nagasaki

2-1303-8 Ikeda, Omura, Nagasaki, 856, Japan

[‡]Osaka Institute of Technology

1-79-1 Kitayama, Hirakata, Osaka, 573-01, Japan

$$b4 = 3*(c2*cw0*hh0 + c2*cw1*hh0 - c0*cw2*hh0 - c1*cw2*hh0 - cw2*hh0*hh0 + 2*c1*cw0*hh1 + 2*c2*cw0*hh1 - 2*c0*cw1*hh1 - 2*c0*cw2*hh1 - 2*cw1*hh0*hh1 - 2*cw2*hh0*hh1 + a3*k0 + 3*a2*k1 + a3*k1 + c2*hh0*w0 + 2*c1*hh1*w0 + 2*c2*hh1*w0)/25$$

$$b5 = -3*(-c2*cw0*hh1 - c2*cw1*hh1 + c0*cw2*hh1 + c1*cw2*hh1 + cw2*hh0*hh1 - a3*k1 - c2*hh1*w0)/5$$

ただし、 $h00$ は $p00$ の同次座標値、 a_i, b_i ($i=0\sim5$)、 c_j ($j=0\sim4$) は同次座標系での制御辺ベクトル、そして、 Cw_j は共有境界曲線の重みの制御辺ベクトルである。 $b1, b5$ 式より係数 $k0, h0, k1, h1$ を与えると、求める境界横断ベクトルが得られる。

3. 2 パッチの生成

パッチ生成時の境界横断ベクトルは、千代倉の提案した基礎パッチ²⁾を用い $P(u, v)$ の境界横断ベクトルを与え、全ての境界曲線上での境界横断ベクトルを 3.1 で述べた方法により算出する。曲面式は、各境界曲線で独立に境界横断ベクトルを与えることが可能なツイスト項を可変ツイストに変更したクーンズパッチ³⁾を用いる。

4. n 辺形パッチの4辺形パッチへの分割手法

4 辺形以外の n 辺形パッチは、パッチ内に点を挿入（以下挿入点という）し、挿入点から n 本の曲

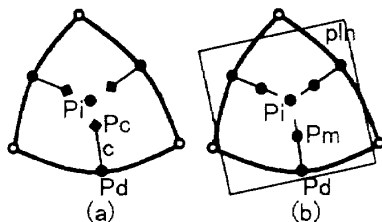


図3 n 辺形パッチの分割

線を放射状に境界曲線上に挿入することにより、 n 枚の 4 辺形パッチに分割する。それぞれの 4 辺形パッチに対して 3. で述べた方法によりパッチを内挿する。

4. 1 挿入点の生成

境界曲線それぞれで境界横断ベクトルを求め、各ベクトルをパラメータ 0.5 の位置で 2 分割する（図 3 (a) 参照）。この分割点 Pd 地点での境界横断ベクトルが、2 次のベジェ曲線の制御辺ベクトルとなるよう修正した端点 Pc を求める。次に、全ての境界曲線における点 Pc を平均した点 Pi を求める。ここで、現在の処理対象が挿入部分のパッチ（図 1 参照）であれば、この点 Pi をそのまま挿入点として用いる。基本立体部分のパッチであれば、そのパッチが属する基本立体の重心位置から点 Pi 方向でパッチを構成する境界曲

線の端点での曲率半径を平均した距離に挿入点 Pi を移動する。

4. 2 挿入曲線の生成

処理対象が基本立体に属するパッチであれば、基本立体の重心から点 Pi 方向へのベクトルと点 Pi で平面 pln （図 3(b) 参照）を定義する。挿入部分のパッチの場合は、各境界曲線の点 Pd 地点での境界曲線の接線ベクトルと境界横断ベクトルとの外積ベクトルをそれぞれ求め、求めたベクトルの平均ベクトルと点 Pi で平面 pln を定義する。このようにして定義した平面 pln と各点 Pd 地点での境界横断ベクトルとの交点 Pm を求め、 Pi, Pm, Pd により 2 次のベジェ曲線を生成する。この 2 次のベジェ曲線を 3 次に次数増加することにより挿入曲線が得られる。

5. 実行例

本手法を実際に 4 個の基本立体に適用した例を図 4 に示す。PentiumII 233MHz での生成時間は 4.477 秒（カーブネットワーク内挿処理 0.922 秒、生成パッチ数 61 枚）であった。

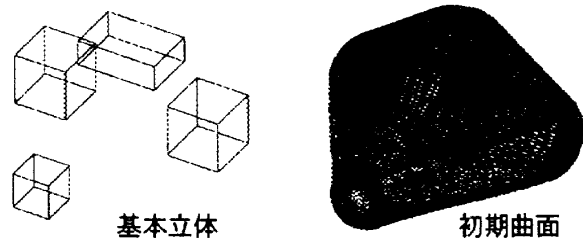


図4 実行例

6. まとめ

3次元空間上に配置された基本立体群から、境界曲線上で G^1 連続性を満足した初期曲面形状を自動生成する手法を提案した。今後は生成曲面の評価を行い、実用化のための検討を行っていく予定である。

参考文献

[1] 小笠原, 小堀: “意匠設計における初期曲面形状生成の一手法”, 情報処理学会第 55 回全国大会, 3AD-8 1997.9
 [2] 千代倉: ソリッドモデリング, 工業調査会, pp. 91-118(1984)
 [3] G.Farin: CAGD のための曲線・曲面理論, 共立出版, pp. 253-255(1991)