

旭川高専○渡辺美知子 古川正志
北大工 嘉数侑昇

1. はじめに

形状初期入力点群を保持しながら局所的に形状変更を可能とする方法として、Brown曲面に種々の形状変更パラメータを導入することを提案してきた¹⁾。この形状変更パラメータは、初期入力点群により生成されるBrownパッチ間の接合部を制御し、隣接するBrownパッチ間の共通境界曲線上で微分連続・不連続結合を生成するとともに、パッチ内部に張られた曲面に特性を与えている。しかし、どのような局所形状が得られるかは定性的であり、設計者のイメージに合う局所形状を得るには、形状変更パラメータの値のガイドを定量的に示す必要がある。特に、初期入力点群により、ある特徴をもつ局所形状を生成するときは、少ない点群でそのモデリングを行うほうが望ましいこともある。さらに、微分不連続に関しては、隣り合うパッチがそれぞれのパッチに影響を与える必要がない場合もある。極端な場合としてBrownパッチ合成曲面の境界曲線の外側にはパッチがなく、全く隣のパッチの影響を受けないと言える。

以下では、Brown曲面への局所形状変更パラメータを述べ、次いで上記に述べた微分連続・不連続性の場合の取り扱いを、これ迄の方法と拡張した方法で提案する。最後に、与えられた特徴形状を生成する形状変更パラメータのガイドを示す。

2. Brown曲面と形状変更パラメータ

$P(u, 0), P(u, 1), P(0, v), P(1, v)$ の4境界曲線とそれぞれ
の横断接線ベクトル $P^v(u, 0), P^v(u, 1), P^u(0, v), P^u(1, v)$
が与えられるとき、Brown曲面は、

$$\text{Brown}(u, v) = g_1(u, v)[h(u)] [P^v]^T + g_2(u, v)[P(u)][h(v)]^T \quad (1)$$

$$[h(u)] = [2t^3 - 3t^2 + 1 \quad -2t^3 + 3t^2 \quad t^3 - 2t^2 + t \quad t^3 - t^2]$$

$$[P(u)] = [P(u, 0) \quad P(u, 1) \quad P^v(u, 0) \quad P^v(u, 1)]$$

$$[P^v] = [P(0, v) \quad P(1, v) \quad P^u(0, v) \quad P^u(1, v)]$$

$$g_1(u, v) = v^2(1-v)^2 / (u^2(1-u)^2 + v^2(1-v)^2)$$

$$g_2(u, v) = u^2(1-u)^2 / (u^2(1-u)^2 + v^2(1-v)^2)$$

$g_1(u, v) + g_2(u, v) = 1, g_1(u, v) \geq 0, g_2(u, v) \geq 0$
と定義される。

曲線 $CU_j(u), j=1, 2, \dots, m$ と曲線 $CV_i(v), i=1, 2, \dots, n$ が
格子状に与えられ、それらの格子点が初期入力点群である
とする。曲線 $CU_j(u)$ 上を横断する入力接線ベクトルと出
力接線ベクトルの近似をそれぞれ、 $CSU_j(u), CDU_j(u)$
とすると、

$$CSU_j(u) = CU_j(u) - CU_{j-1}(u) \quad (2)$$

$$CDU_j(u) = CU_{j+1}(u) - CU_j(u) \quad (3)$$

である。同様に、曲線 $CV_i(v)$ 上を横断する入力弦ベクト
ルと出力弦ベクトルの近似をそれぞれ、 $CSV_i(v), CD$
 $V_i(v)$ とすると、

$$CSV_i(v) = CV_i(v) - CV_{i-1}(v) \quad (4)$$

$$CDV_i(v) = CV_{i+1}(v) - CV_i(v) \quad (5)$$

である。

次に、曲線 $CU_j(u)$ 上の横断入力接線ベクトルと横断出
力接線ベクトルを、

$$DSU_j(u) = \alpha_u CSU_j(u) + \beta_u CDU_j(u) \quad (6)$$

$$DDU_j(u) = \gamma_u CSU_j(u) + \delta_u CDU_j(u) \quad (7)$$

とし、曲線 $CV_i(v)$ 上の横断入力接線ベクトルと横断出力
接線ベクトルを、

$$DSV_i(v) = \alpha_v CSV_i(v) + \beta_v CDV_i(v) \quad (8)$$

$$DDV_i(v) = \gamma_v CSV_i(v) + \delta_v CDV_i(v) \quad (9)$$

とする。このとき、 $DSU_j(u) = DDU_j(u)$ ($DSV_i(v)$
 $= DDV_i(v)$)の曲面は、 $CU_j(u)$ ($CV_i(v)$)上で微分連
続であり、 $DSU_j(u) \neq DDU_j(u)$ ($DSV_i(v) \neq DDV$
 $i(v)$)の曲面は、曲線 $CU_j(u)$ ($CV_i(v)$)上で微分不連続
となる。形状変更パラメータを式(6)~(7)に対して、以
下の様に定める。ここで、式(8)~(9)については、 u を
 v とすれば良い。

- 1) Tensionパラメータ $tu_j(u)$
 $\alpha_u = \beta_u = \gamma_u = \delta_u = (1 - tu_j(u))/2$
- 2) Biasパラメータ $bu_j(u)$
 $\alpha_u = \gamma_u = (1 + bu_j(u))/2, \beta_u = \delta_u = (1 - bu_j(u))/2$
- 3) Continuityパラメータ $cu_j(u)$
 $\alpha_u = \delta_u = (1 - cu_j(u))/2, \beta_u = \gamma_u = (1 + cu_j(u))/2$
- 4) T-Continuityパラメータ $tcu_j(u)$
 $\alpha_u = \beta_u = (1 - tcu_j(u))/2, \gamma_u = \delta_u = (1 + tcu_j(u))/2$

これらのパラメータは、式(6)~(9)において同じギリシ
ヤ文字の積として用いる。

Brownパッチは、

$$P(u, 0) = CU_j(u), \quad P(u, 1) = CU_{j+1}(u)$$

$$P(0, v) = CV_i(v), \quad P(1, v) = CV_{i+1}(v)$$

$$P^v(u, 0) = DDU_j(u), \quad P^v(u, 1) = DSU_{j+1}(u)$$

$$P^u(0, v) = DDV_i(v), \quad P^u(1, v) = DSV_{i+1}(v)$$

として生成する。

3. 微分不連続の制御について

2章のパラメータにおいて、3), 4)のケースは、微分
不連続な場合である。しかし、式(6), (7)あるいは、式
(8), (9)からわかるように2つのパッチの境界曲線上で
の入力横断接線ベクトルと出力横断接線ベクトルは、この
2パッチの影響を受けるため、両ベクトルの和・差の範囲
内での曲面の立ち上りとなる。

一方、微分不連続の場合の入力(出力)横断接線ベクトル
には、むしろ入力(出力)側のもう一つ隣りの影響を与えた

方が良いとも考えられる。特に、曲面全体の境界曲線に関しては、入力(出力)横断接線ベクトルの情報しかなく、その一つ先のパッチを考慮する方が良いこともある。これは、曲面の立ち上りに曲率を考慮するのに有効である。このことから微分不連続に関しては、第5の形状変更パラメータを以下のように導入する。

$$DSU_j(u) = \alpha_u CDU_j(u) + (-\alpha_u CSU_{j-1}(u))$$

$$DDU_j(u) = \alpha_u CSU_{j+1}(u) + (-\alpha_u CDU_j(u))$$

$$DSV_i(v) = \alpha_v CDV_i(v) + (-\alpha_v CSV_{i-1}(v))$$

$$DDV_i(v) = \alpha_v CDV_{i-1}(v) + (-\alpha_v CSV_i(v))$$

このパラメータは、2章の1)~4)の形状変更パラメータが、全て0のときに適用する。

4. 特徴形状のパラメータ設定

以下に、特徴ある曲面形状の生成を述べる。

- (1) 平面 局所的に、平面を曲面の中に生成できる。平面を作成しようとする境界曲線上に Continuityパラメータを用い、 $cu_j(u) = -1$, $cv_i(v) = -1$ とする。

例を、図1に示す。

- (2) エッジ 局所的に、稜線曲線のようなエッジを曲面の中に生成できる。エッジを作成しようとする境界曲線上に Tensionパラメータを用い、 $tv_i(v) = 1$ とする。

例を、図2に示す。

- (3) グループ(溝) 局所的に、グループを曲面の中に生成できる。グループを作成しようとする4境界曲線上に Continuityパラメータを用い、 $cv_i(v) = -1$ を導入する。例を、図3に示す。

- (4) 半円筒 半円筒を局所的に、平均誤差0.13%で生成する。微分不連続性のパラメータと Tensionパラメータを組み合わせて作成する。すなわち、半円筒の立ち上りで $\alpha_u(\alpha_v) = 3/2k$ 、中央部で $tv_u(tv_v) = 3k$ 、半円筒の終端部で $\alpha_u(\alpha_v) = 3/2k$ とする。例を、図4に示す。ただし、 $k = 4(2-1)/3$ である。

- (5) ゴースト・ライン 一境界曲線上に沿って、Continuityパラメータから Tensionパラメータに切り換えることにより、ゴースト・ラインを生成する。このとき、それぞれのパラメータは、 $cv_i(v) = 1$ と $tv_i(u) = -0.5$ を導入する。例を、図5に示す。

5. おわりに

初期入力点群を変更することなく、局所的に曲面形状を制御し、特徴形状を生成する方法を提案した。ここで報告した特徴形状は、境界曲線上で微分不連続な場合が多い。従来、自由曲面の中にこれらの形状を局所的に組み込むことが、同一曲面処理では困難であった。また、微分不連続な形状生成に、新たに形状変更パラメータを追加することにより、形状表現を拡大することができた。この形状パラメータ導入をし、曲面全体の境界曲線での曲面の制御に、2次微分の制御を近似的に生成できるようになった。これは、曲面内で局所的に半円筒曲面も生成可能とした。

参考文献1) 渡辺他：形状保存曲面補間の基礎研究, 1989年度精密工学会春期大会学術講演会講演論文集(第3分冊)

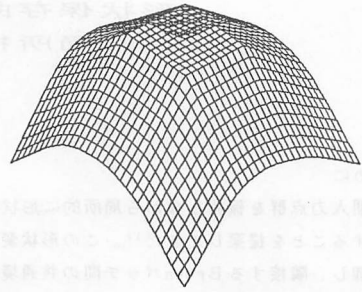


図1. 平面の生成

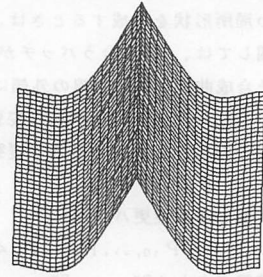


図2. エッジの生成

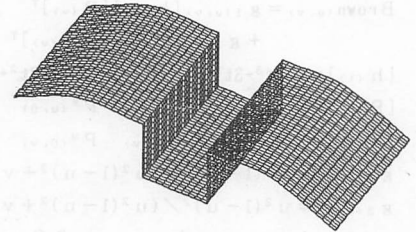


図3. グループの生成

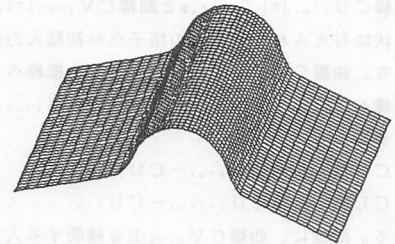


図4. 半円筒の生成

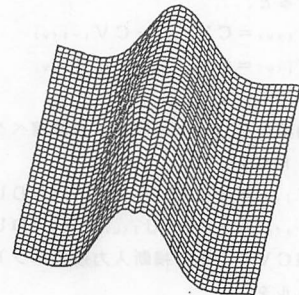


図5. ゴースト・ラインの生成