意匠設計のための初期曲面形状の自動生成

3P－1

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

工業製品の意匠設計に適したモデリング手法として，３次元空間上に配置された立体を覆う形状を自動生成する手法が提案されている [1]. 一般に製品の外形はその内部に含まれる部品を外包している点に着目し，この内部部品となる配置された基本立体から製品の外形に相当する初期形状を自動生成するものである．この手法は，工業デザインの形状設計の効率化を実現するための有効な手法ではあるが，生成される形状は多数の面により構成された多面体となるため，生成後の形状修正が困難になるという問題があった．

そこで，本研究では，初期形状生成後の設計者の対話的な修正作業を可能とするために，カーブネットワークによる初期曲面形状の構築を考えた．まず，与えられた基本立体から稜線の曲線化を行い，曲線稜線化された基本立体群を用い，これらを外包する形状を定義するカーブネットワークを作成する．最終の曲面形状は，このカーブネットワークを内挿することにより得られる．

本稿では，手法の概要，及び，本手法の前半部分の基本立体稜線の曲線化の実現方法について述べる．

2. 全体手法の概要

本手法の全体の処理の流れは，以下の通りである．まず，３次元空間内に単純な多面体である基本立体群を配置する．次に，これら基本立体群の直線稜線の曲線化を行う．本稿では，この部分の具体的手法を示す．この生成された曲線稜線を用い，分割統治法 [2] と呼ばれる手法を利用して，２つの基本立体の凸包を融合する際に，基本立体の輪郭曲線及び基本立体間の軌跡曲線を生成し，初期曲面形状を構成するカーブネットワークを構築する．これらを内挿することにより，初期曲面形状を得る．

Automatic Generation of Initial Curved Surface Shape for Industrial Design
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

3. 基本立体稜線の曲線化

3.1 扱う基本立体

曲線化を行う際，基本立体により表現される曲線稜線，即ち，曲面体形状を設計者が推測しやすいものとする事が重要である．また，本研究の目的上，基本立体としては複雑な形状は適さない．そこで，本手法では，基本立体より表現する曲面体を，基本立体の各頂点により定義される重心位置から各頂点を固定して膨張させた形状とすることが自然であると考えた．そこで，扱う基本立体は，その重心位置から各頂点が x,y,z 軸それぞれに対称となる凸多面体とする．この基本立体の直線稜線を，重心位置から膨張させることにより，曲面体を構成する曲線稜線を作成する．曲線稜線の生成方法は，曲率中心を重心方向として，各頂点に曲率半径（可変）を与えることにより生成する．このようにすれば，設計者が推測しやすい形状が生成できる．

3.2 曲線稜線の生成方法

直線稜線から曲線稜線への変換は，稜線の両端点に曲率半径を与え曲線化を行う．ここで，変換後の曲線式として，両端点で独立に曲率を与えることができる３次の有理ベジェ曲線を用いることとする．ベジェ多角形 P_0, P_1, P_2, P_3 が与えられているとき，両端で曲率 κ_s, κ_e を持つ有理曲線の重み w_1, w_2 は式（1）により得られる [3]．このとき，$w_0 = w_3 = 1$ とし，また，area(), dist() は指定された制御頂点による面積及び距離とする．

$$c_s = \frac{area(P_0,P_1,P_2)}{dist^3(P_0,P_1)},\quad c_e = \frac{area(P_1,P_2,P_3)}{dist^3(P_2,P_3)}$$

$$w_1 = \frac{4}{3}\sqrt[3]{\frac{c_s^2\, c_e}{\kappa_s^2\, \kappa_e}},\quad w_2 = \frac{4}{3}\sqrt[3]{\frac{c_s\, c_e^2}{\kappa_s\, \kappa_e^2}} \qquad (1)$$

本手法においては，両端点（基本立体の頂点）のみ既知であるので，以下のようにして，内部の制御頂点を与える．

重心から各両端点へのベクトルそれぞれに直交し各両端点位置を通過する直線を生成し，この２本の直線の交点 P_1 を求める（図１参照）．このようにして作成された P_0,P_1,P_2 を，２次のベジェ曲線の制御頂点とする．ここで，P_0,P_1,P_2 が二等辺三角形を構成するとすると，各頂点の重みとして｛1, cosθ, 1｝を与えると円弧となることが知られている[3]．両端点で独立に曲率を与えるためには，有理３次式とする必要があるので，この重みを P_0,P_1,P_2 に与えて次数増加を行うと，P_1^+,P_2^+ は以下のようになる．

$$P_1^+ = (1-s)*P_0 + sP_1,\quad P_2^+ = s*P_1 + (1-s)P_2$$

$$s = \frac{2\cos\theta}{1+2\cos\theta} \qquad (2)$$

このようにして得られた点 P_0^+,P_1^+,P_2^+,P_3^+ を３次の有理ベジェ曲線の制御頂点とし，これら制御頂点に式（1）を適用すれば，求める曲線が得られる．

3．3 生成される曲線の評価

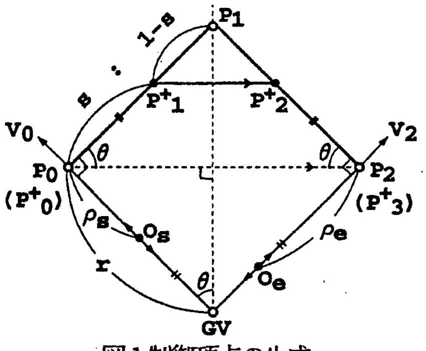


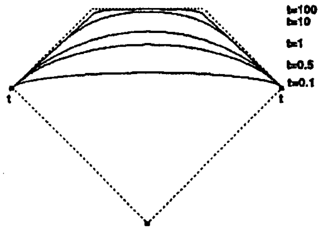
図１制御頂点の生成

今，直方体のような，重心から稜線の両端点への距離が等距離となるケースを考える．このとき，図１に示す変数を用いると，w_1，w_2 は以下の式により表される．

$$w_1 = w_2 = \frac{4}{3}\rho\frac{\cos^2\theta}{r}\frac{1-s}{s^2}$$

s を式（2）で与え，$\rho = r$ とすると，w_1 と w_2 は $w_1 = w_2 = (1+2\cos\theta)/3$ となり，２次の円弧を表す有理ベジェ曲線を次数増加しときの重みと一致し円弧となる．また，曲率半径を $\rho = 3r/(1+2\cos\theta)$ と与えた時，生成される曲線は多項式となる．$\rho = 0$ の時は，直線となる．

図２に両端点に同一の曲率半径を与えた場合，図３に異なる曲率半径を与えた場合の曲線生成例を示す（$\rho = t\,r$ で，点線はベジェ多角形を表す）．



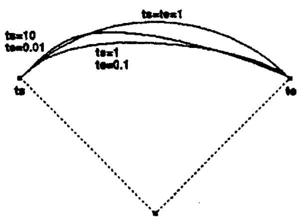
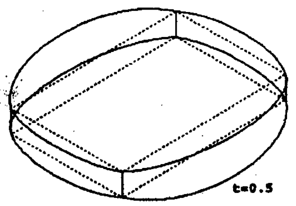


図２同一曲率半径の例　図３異なる曲率半径の例

また，図４，５に，基本立体（直方体）から曲線稜線を生成した一例を示す（$\rho = t\,r$ で，点線は基本立体を表す）．



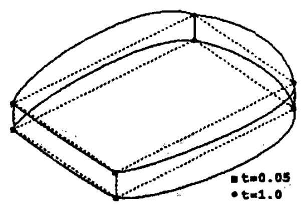


図４同一曲率半径の例　図５異なる曲率半径の例

4．まとめ

３次元空間上に配置された基本立体群から初期曲面形状を自動生成する手法の概要を述べ，その前半部処理である基本立体の曲線稜線化の具体的手法を提案した．また，本手法により生成される曲線は，制御が容易で基本立体から推測しやすい形状であることを示した．今後は，後半の処理部分の開発を進め，本手法の有効性を確認していく予定である．

参考文献

[1] 梅本，小堀，久津輪，小笠原：“意匠設計のための初期形状の自動生成”，情報処理学会第５２回全国大会 3H-4 1996.3

[2] 杉原：“計算幾何工学”，培風堂，pp.152-156(1994)

[3] G.Farin：“CAGD のための曲線・曲面理論”，共立出版，pp.165-171(1991),