

意匠設計における初期曲面形状生成の一手法

3AD-8

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

意匠設計や CG のモデリング作業の効率化を実現する目的で、三次元空間内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が提案されている^[1]。生成する形状には、対話的な修正作業が容易となるように解りやすい基準による制御の容易な形状定義が求められる。そこで、筆者らは、カーブネットワークによる初期曲面形状の構築手法を提案し、基本立体の稜線の曲線化手法を示した^[2]。本稿では、曲線稜線化された基本立体を覆うカーブネットワークを構築する手法について述べる。

2. 手法の概要

全体の処理の流れは、以下の3つのステップからなる。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し、これら基本立体群の直線稜線の曲線化を行う。次に、生成された曲線稜線群を用いてそれぞれの基本立体の輪郭稜線及び基本立体間を融合する曲線を算出し、すべての基本立体を包含したカーブネットワークを構築する。最後に、このカーブネットワークを内挿することにより初期曲面形状を生成する。

3. カーブネットワークの構築

3.1 生成曲線の定義

本研究の目的上、生成する曲線は、設計者が推測しやすく、かつ、制御しやすいものであることが重要である。そのためには、解りやすい基準による曲線の定義が必要となる。ところで、本研究では基本

立体より表現する曲面体を、基本立体の各頂点で重心位置から頂点を固定して膨張させた形状とした^[2]。そこで、基本立体の各頂点では頂点から重心までのベクトルを持ち、このベクトルにより生成曲線を定義することとする。すなわち、両端点で頂点が含まれる基本立体の重心を曲率中心とする曲線であり、このような曲線は、3次の有理ベジェ曲線を使用すると以下の式(1)により得られることが知られている^[3]。 P_0, P_1, P_2, P_3 を制御頂点、 $w_0=1, w_1, w_2, w_3=1$ を各制御頂点の重み、 κ_s, κ_e を両端での曲率、そ

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

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

して、 $\text{area}()$ 、 $\text{dist}()$ を指定された制御頂点による面積及び距離とする。このように生成する曲線を定義すれば、設計者が推測しやすく、かつ、制御の容易な曲線生成が可能となる。

3.2 カーブネットワークの構築

三次元空間上に配置され曲線稜線化された基本立体群を内部に包含するカーブネットワークは、図1に示す処理手順で算出する。まず、すべての組み合わせの基本立体間

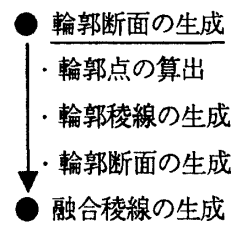


図1 処理手順

で輪郭断面の算出を行い、その後、対応する立体の輪郭断面の頂点間に融合稜線と呼ぶ曲線を挿入しすべての立体を融合したカーブネットワークを得る。

3.2.1 輪郭断面の生成

すべての基本立体間の組み合わせで、輪郭稜線を算出するための視線ベクトルを立体の重心間のベクトルとして輪郭点の算出を行い、輪郭点間に曲線を挿入することにより輪郭稜線を生成する。

(1) 輪郭点の算出

曲線稜線化された基本立体は単純な凸形状をして
いる点に着目し、基本立体の輪郭稜線は視線ベクトル
と重心で定義される平面上に生成する。よって、
輪郭点は、基本立体の曲線稜線とこの平面との交点
として算出できる。この時、基本立体の曲線稜線も、
この輪郭点で重心方向に曲率中心を持つように再生
成される。

(2) 輪郭稜線の生成

輪郭稜線は前処理で求めた輪郭点間に曲線を挿入
することにより得られる。3.1生成曲線の定義で
述べたように、輪郭点すなわち基本立体の頂点位置
では重心方向を曲率中心とする主法線ベクトルを持
つので、未知となるベジェ曲線の内部の制御頂点を
与えれば算出できる。図2に示すように、 P_s, P_e を

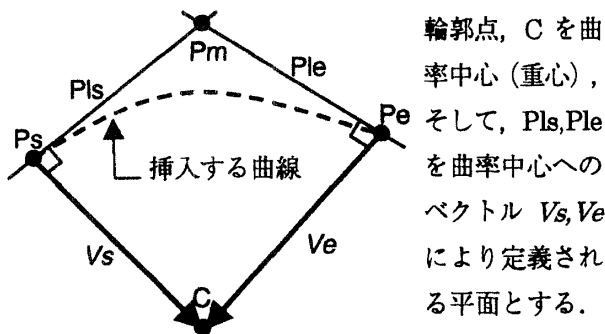
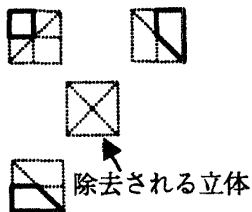


図2 輪郭稜線の生成

輪郭点、 C を曲率中心（重心）、
そして、 Pl_s, Pl_e を曲率中心へのベクトル V_s, V_e により定義される平面とする。
 P_s, P_e 間の未知の内部の制御頂点は、 V_s, V_e の垂線間の交点 P_m を求め、 P_s, P_m, P_e を二次の制御頂点として次数増加し与える。このようにして得られた制御頂点に式(1)を適用すれば求める曲線が得られる。

(3) 輪郭断面の生成



前処理で得られた各基本立体の輪郭稜線ループで不要部分を削除することにより、基本立体間を融合するための輪郭断面が得られる。
図3 輪郭断面の生成 本手法では、基本立体間の融合の前にすべての立体間の輪郭断面が生成されるので、輪郭稜線の算出はすべて単純な凸形状の処理で行われ、また、図3に示すように不要部分の削除によって自動的に他の基本立体間に含まれる立体は融合の対象からはずされる。

3.2.2 融合稜線の生成

すべての対応する基本立体の断面稜線の頂点間に曲線を挿入することにより、基本立体の融合を行う。生成する曲線稜線は3.1で述べた方法で算出する。この場合、融合稜線の端点の主法線ベクトル(図2, V_s, V_e) は常に平行となるので、一致する場合は直線を、また、そうでなければ、両端点を三等分する点からの平面 Pl_s, Pl_e への垂線の足を内部の制御頂点として与える。

4. 実行例

本手法を実際に3個の基本立体に適用した例を図4に示す。SGI社のIndigo2(R4400,200MHz)での生成時間は4.85秒であった。尚、波線は基本立体を、そして、実線はカーブネットワークを表す。

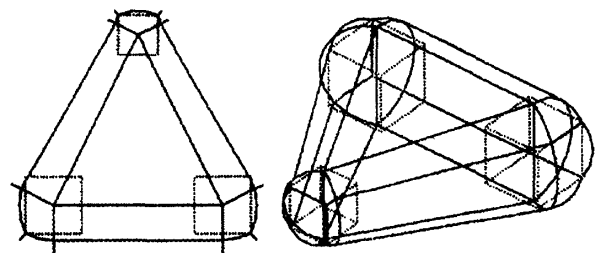


図4 実行例

5. まとめ

3次元空間上に配置された基本立体群を包含するカーブネットワークを基本立体の重心位置という単純な基準により生成する手法を提案した。今後はカーブネットワークの内挿方法に取り組み、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] 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] 小笠原, 小堀: “意匠設計のための初期曲面形状の自動生成”, 情報処理学会第53回全国大会 3P-1 1996.9
[3] G.Farin: “CAGDのための曲線・曲面理論”, 共立出版, pp.165-171(1991),