

## 工業デザインにおける形状生成の一手法

1 V - 9

梅本耕二<sup>†</sup> 小堀研一<sup>†</sup> 久津輪敏郎<sup>†</sup> 小笠原耕太郎<sup>‡</sup><sup>†</sup>大阪工業大学 <sup>‡</sup>長崎県工業技術センター

## 1. はじめに

現在の3次元CADでは形状モデルを構成する面・稜線単位での入力が一般的であるため、工業デザインのような形状の詳細が未確定な段階での形状全体を考えた初期形状の入力には適さない。そこで、形状が未確定な段階で形状全体を考えた入力を効率よく行うためには、製品のラフな外形形状を自動生成する必要があると考えられる。

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。この考え方に基づき、内部部品に相当する基本立体を空間内に配置してそれを覆う初期形状を自動生成する手法を提案してきた<sup>[1]</sup>。本研究ではその手法をインプリメントして実験を行い、その効果を検証した。

## 2. 本手法の概要

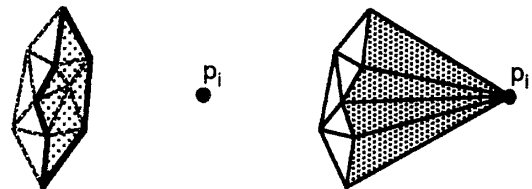
最初に3次元空間内に部品に相当する基本立体を配置する。次に基本立体を覆う凸包の生成を行い、生成された凸包の面を分割して三角網を生成する。さらに生成された三角形にラプラシアン法および三角形の評価関数による稜線の入れ替えを行って歪みの少ない三角形に整形する。最後に三角網を弾性力の網のモデルと考えるとエネルギーが最小になる状態へ収縮させることによって初期形状を生成する。

## 3. 凸包の生成

空間上に配置された基本立体群からそれらすべてを覆う凸包を生成する。ここで、空間上に配置されたすべての基本立体を構成している頂点群を点集合Pとする。本手法では、点集合からそれらを覆う凸

包を生成するアルゴリズム<sup>[2]</sup>を応用して、基本立体を覆う凸多面体を生成する。以下に凸包の生成手順について述べる。

図1 aに示す凸包と、点集合Pから抽出された凸包に含まれない1つの点 $p_i$ を融合して、同図bに示す新しい凸包を生成する方法について説明する。



a. 可視面および輪郭線の抽出

b. 新しい凸包

図1 凸包の生成

最初に図1 aの凸包を構成する面のうちで点 $p_i$ から見える面を可視面として抽出すると、網掛けの部分となる。次に可視面の集合の輪郭線を抽出すると、太線の部分が得られる。最後に抽出した輪郭線と点 $p_i$ で錐体面を生成する。これを新たな凸包の面とすると同図bの網掛けの部分となる。以上の手順から同図bに示す新しい凸包が生成される。

以上の処理をPから抽出された凸包の内部に含まれないすべての点について行うことにより、空間上に配置された基本立体群すべてを包含する凸包を生成する。

## 4. 三角網の生成および整形

生成された凸包のうち基本立体に属していない面を凸包の生成面と呼び、これを三角形面に分割して三角網を生成する。生成された三角形群に対して頂点の幾何情報を変更するラプラシアン法と稜線の位相情報を変更する稜線の入れ替えの2種類の整形処理を行う。

(1) ラプラシアン法<sup>[3]</sup>

図2に示すような点Pに対して周りの三角形の頂

A Generation Method of Geometric Shape for Industrial Design  
Koji Umemoto<sup>†</sup>, Ken-ichi Kobori<sup>†</sup>, Toshiro Kutsumi<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Osaka Institute of Technology

5-16-1 Omiya, Asahi, Osaka, 535, Japan

Koutaro Ogasawara<sup>‡</sup>

<sup>‡</sup> Technology Center of Nagasaki

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

点を求める。次に、それらの頂点の平均座標値を求め、それを点Qとする。このときのPQ間の距離をtとする。すべての頂点に対してQおよびtを求め、tがあらかじめ設定したしきい値 $\delta$ 以下になるまでPをQに移動する処理を繰り返す。

## (2) 稜線の入れ替え

図3に示すように隣接する2つの三角形が共有する稜線 $E_0$ を稜線 $E_1$ に入れ替えることにより、三角形の形状が良くなることがある。このような稜線の入れ替えを用いて三角網の整形を行う。

ここで、稜線を入れ替えるべきかどうかを判定するために三角形Tの評価関数 $w(T) = S_t / S_o$ を導入した。ただし、 $S_t$ はTの面積、 $S_o$ はTの外接円の面積とする。

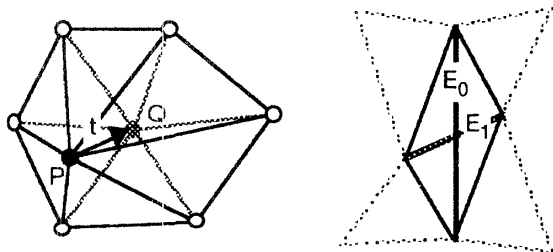


図2 ラプラシアン法 図3 稜線の入れ替え

## 5. 三角網の収縮

生成された三角網を弾性力のある網のモデル<sup>[4]</sup>と考え、三角網を構成している頂点のうちで基本立体の稜線や面上にないものをモデルのmobile nodeとする。すべてのmobile nodeは互いにバネによって連結されており、また凸包の内部にある基本立体の頂点ともバネによって連結されていると考え、これらのバネから受けるmobile nodeのエネルギーをモデルのもつエネルギーとする。

各mobile nodeについてエネルギーを計算し、それが最小になる方向へ移動させる。それを繰り返し、最終的にモデル全体のエネルギーを最小の状態にすることによって、モデルを収縮させて初期形状を生成する。

## 6. 実験結果

本研究の有効性を調べるために基本立体をランダ

ムに配置した時の各処理時間を測定した。その実験結果を表1に示す。

表1 実験結果

	配置例1	配置例2	配置例3
基本立体の個数	5	10	15
頂点数	48	109	146
凸包の生成時間(sec)	0.04	0.10	0.15
三角網の生成時間(sec)	0.89	2.22	3.82
ラプラシアン法の時間(sec)	0.31	0.93	1.86
稜線の入れ替えの時間(sec)	11.08	22.35	48.33
三角網の収縮時間(sec)	7.97	161.23	304.38
全処理時間(sec)	20.29	186.83	358.54

表1より、凸包の生成時間は頂点数に比例している。本手法で用いた凸包を生成するアルゴリズムは頂点数をnすると、その計算量が $O(n)$ であることが知られている<sup>[2]</sup>。これは実験結果と一致する。ラプラシアン法と稜線の入れ替えの処理時間を比較すると、どの配置例でも稜線の入れ替えの方が計算コストが大きい。しかし、後者の方が整形処理には有効である。全体の処理の中で収縮処理に最も多く時間を要していることがわかる。これは、エネルギー計算に必要なmobile nodeの数が多いためである。なお実験に用いた計算機はSGI社のIndy(R4400SC,150MHz)である。

## 7. まとめ

工業製品の構成部品を示す基本立体を空間に配置するだけでデザインの詳細設計に利用するための初期形状を自動生成する手法を提案した。実際に本手法をインプリメントして実験を行い、その有効性を確認した。

## 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回全国大会論文集, Vol.2, pp.333-334 (1996)
- [2] 古川: "3次元空間における有限個の点のConvex Hullアルゴリズム", 精密機械, Vol.55, No.11, pp.1771-1776(1984)
- [3] 谷口: "FEMのための要素自動分割", 森北出版, pp.43(1984)
- [4] 土井, 松尾, 岩田: "アクティブバルーンモデルと対称性仮説を用いた3次元再構成", 電子情報通信学会, Vol.J76-D-II, No.9, pp.1967-1976(1993)