

Generalized Symmetry に基づく

4P-9

立体形状の復元

田中敏光 高橋時市郎 増田功

NTT 電気通信研究所

1 はじめに

最近CGによる画像生成が盛んになってきた。しかし、CSG (Constructive Solid Geometry) 等現在使われている形状入力技術では、複雑な曲面を持った形状を入力するには、多くの労力と時間が必要である。そこで、曲面が簡便に入力でき、直感的に理解しやすい形状入力法が望まれている。我々は、物体が Generalized Symmetry の性質を持つと仮定することにより、正射影像と付加情報から三次元形状を復元する原理を提案した。その適用例として、スケッチを用いて三次元曲面形状を復元する手法を検討してきた[1]。今回、体積を持った形状にも対処できるようにアルゴリズムの拡張をはかったので報告する。

2 Generalized Symmetry の定義 [1]

図1に示すように、三次元空間の曲線B1とB2について、次の条件を満たす曲線Cが存在すれば、C1, C2は Generalized Symmetry であると定義する。

[条件] C上の任意の点Pについて、PにおけるCの接線ベクトルをI, Iに垂直な平面をSとする。また、SとB1, B2の交点をP1, P2とする。このとき、P1とP2はPについて点対称である。

ただし、B1, B2, Cは区分的に滑らかな曲線、つまり、曲線を $f = (x(s), y(s), z(s))$ (sは曲線上の1点から曲線に沿って測った長さ) で表せば、 $dx/ds, dy/ds, dz/ds$ が区分的に連続である曲線、と仮定する。曲線Cを対称軸と呼ぶ。

Generalized Symmetry は微小区間での対称性を定義しており、KANADE の Skewed Symmetry[2] の拡張となっている。

3 Generalized Symmetry の基本式

図1において、B1, B2は Generalized Symmetry であるとする。対称軸C上の任意の点Pにおける接線をM, 対称関係にある点P1, P2を結ぶ直線をNとする。また、M方向の単位ベクトルをI, N方向の単位ベクトルをJとする。このとき、Generalized Symmetry の性質よりIとJは直交する。M, NのXY面

への正射影m, nがX軸となす角度 α, β と、M, NがXY面となす角度 ϕ, ψ を用いてI, Jを表せば、直交条件 $I \cdot J = 0$ より、

$$\cos(\alpha - \beta) + \tan\phi \tan\psi = 0 \quad (1)$$

が導ける。この式を Generalized Symmetry の基本式と呼ぶ。Generalized Symmetry の基本式は4つの角度 $\alpha, \beta, \phi, \psi$ の間の従属関係を与えている。

4 三次元形状の復元

図2を例に、形状復元アルゴリズムを説明する。形状復元に用いる情報として、2本の曲線(外形線と呼び、b1, b2と記す)、2本の線分(補助線と呼び、l1, l2と記す)、補助線がXY面となす角度(ψ_1, ψ_2)、補助線の引かれた場所における断面形状(s1, s2)を与える。ここで、外形線は三次元空間で Generalized Symmetry の関係を満たす曲線がXY面に正

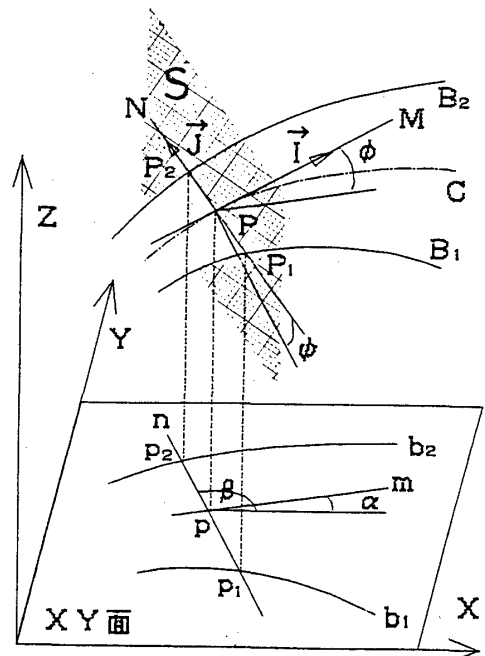


図1 Generalized Symmetry の基本式

射影されたものであると仮定する。また、補助線と外形線との交点が対称関係にある点の組を与える。

まず、Generalized Symmetry の性質を用いて外形線の三次元形状を復元する。復元は以下の手順で行う。

- ① b_1 及び b_2 上で対称関係にある点の組を定める。
- ② XY 面上での対称軸を求める。
- ③ 対称関係にある点の組の各々について、基本式(1)の α と β を求める。
- ④ 対称な点を結ぶ直線が XY 面となす角度 ψ を、補助線 l_1, l_2 についてのみ与えられた角度 ψ_1, ψ_2 から決める。
- ⑤ α, β, ψ を基本式に代入して ϕ を求める。4つの角度から I と J が定まり、三次元曲面形状が復元される。

次に、補助線ごとに与えた断面形状を用いて三次元立体形状を復元する。ここで問題となるのは、

- (1) 2つの断面 s_1, s_2 の間で対応する点を定める。
- (2) 補助線以外の箇所での断面形状を決定する。

2点である。

(1) 対応点の決定

断面形状 s_1, s_2 は、2次元の点列として与える。

図3に示すように、補助線 l_1 と断面 s_1 との交点 p_1, p_2 のうち、外形線 b_1, b_2 にもっとも近いものをそれぞれ q_1, q_2 とする。 q_1 を始点として断面の輪郭を右回りに回り、 q_1 から q_2 までの曲線、及び q_2 から q_1 までの曲線を、それぞれ n 区間に等間隔に分割する。このようにして断面 s_1 と s_2 を $2n$ 個の頂点を持つ多角形で近似し、頂点の番号が一致するものを対応する点とする。つまり、断面は長さが一定のひもをつないだものとして定義し、これらのひもの長さが一様に変化した結果、断面形状が変化したものと仮定する。

(2) 断面形状の補間

復元された三次元空間での対称軸 C の接線方向の変化をパラメータとして断面形状を補間する。この方法では、対称軸の変化量が大きいところでは断面形状も大きく変化し、対称軸が直線的な部分では断面形状の変化が小さくなる。図4は、図2のスケッチからこの補間法により三次元形状を復元し、ワイヤーフレーム表示したものである。

5 まとめ

Generalized Symmetry の性質を利用して三次元形状復元する手法について述べた。アルゴリズムの拡張により、スケッチから体積を持った立体形状を復元することが可能となった。今後は、両端の接続や縦横の比率など、全体の形状に関する条件が与えられた場合の処理、復元された三次元形状の修正法、General-

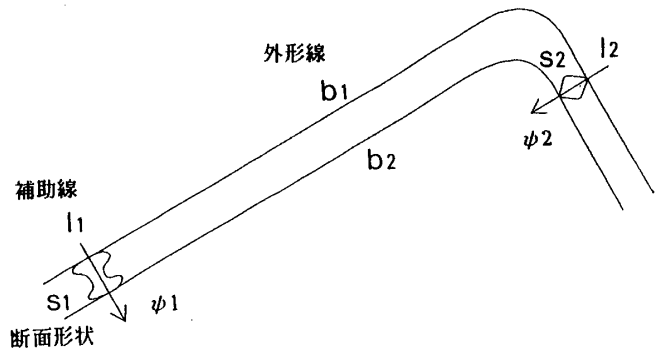


図2 形状復元に用いるスケッチの例

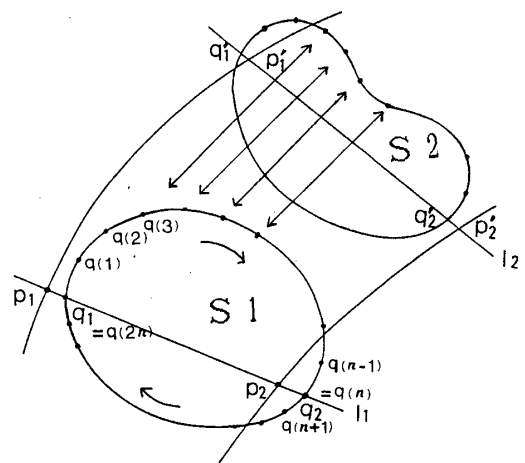


図3 対応点の決定

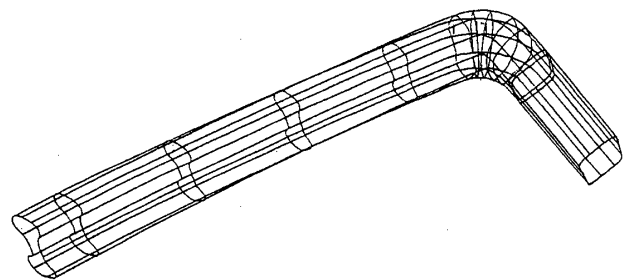


図4 図2の情報から復元された三次元形状

ized Symmetry の関係を満たす曲線が複数組存在する場合の形状復元アルゴリズムについて検討する。

参考文献

[1] 田中, 内藤, 高橋, 増田: “Generalized Symmetry に基づく三次元曲面形状の復元”, 信学技報 PRU86-5(1986-05)
 [2] T.KANADE: “Recovery of the Three-Dimensional Shape of an Object from Single View”, Artificial Intelligence, Vol.17, pp.409-460(1981)