

距離場空間モデルにおけるオフセット操作とその応用

3ZC-5

久喜 友博, 巽 久行, 徳増 眞司
 神奈川工科大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

著者らは、空間の距離尺度に新しい解釈である距離場を導入した簡明なオブジェクト指向形式による空間モデルを、距離尺度モデルとして既に報告済みであるが^[1]、本報告はこれを距離場空間モデルとして再構成すると共に、本モデル特有の概念である超球オフセットや超球フィレット、擬凸包体などの新しい概念を生むこと、さらに今まで困難であったこれらの形状生成、空間の認識や理解に有効であることを示す。

2. 距離場空間モデル^[2]

本研究の距離場空間モデルはオブジェクト指向型モデルとして下記の体系を有する。

(1) 距離場と距離場データ

母空間上に物体(図形) G が置かれた場合、空間内の任意の点 P に関して次式で示される距離場データと呼ばれるリスト(ベクトル)が存在し、これが前記 G に基づく距離場を形成する (図1参照)。

$$(IO, d, Q, KIND) \quad \dots(1)$$

但し、IO : 点 P の内外属性 (IN/OUT)

d : 点 P と図形境界 δG との距離またはその下側近似値

Q : 点 P に対する境界 δG 上の最短距離点、求まらないとき、NIL

KIND : d と Q が求まるとき 1, 求まらないとき 2.

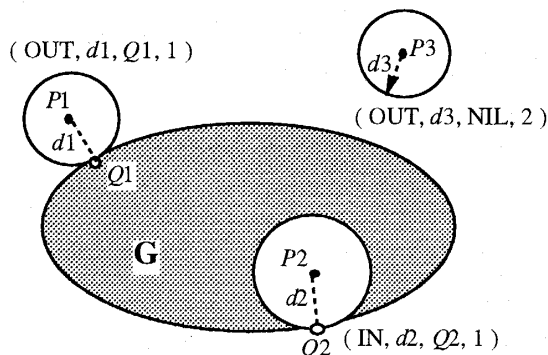


図1 距離場データ

(2) 図形オブジェクト

物体は図形クラスのオブジェクトとして次のように生成される。

(図形クラス : パラメータ : オペランド図形オブジェクト) $\dots(2)$

また、形状操作は図形オブジェクトが有するメソッドによるメッセージ通信を通して行われるが、その中核となるのは参照点 P に対する距離場データを求めるためのメソッド (距離場関数と言う) である。なお、図形クラスはオペランドを持たないプリミティブクラスとオペランドを持つ組み合わせクラスに分かれる。

(3) 距離場空間モデルのクラスマップ

図2に試作した三次元距離場空間モデルのクラスマップの一部を示す。このシステムは、

- ・球や立方体等の基本図形の生成
- ・与えられた図形 G の反転図形の生成
- ・二つの図形の集合演算によって得られる図形の生成
- ・(後述する) 図形のオフセットやフィレット, およびこれらの応用図形の生成

と、これらの図形の表示を行う機能のみにより構成されているが、距離場を中核として簡明な構造を有しているので随意拡張可能である。

3. 距離場空間モデルにおけるオフセット操作

本モデルに特有な“超球オフセット”と言う新しい概念を導入する。即ち、図3(a)で示す図形 G 上の各点に半径 r を割り当てて得られる集合和の図形 G^* が元の図形 G を外側に r だけオフセットしたものに概念的に等価で有るというものであり、図形 G^* を図形 G の超球オフ

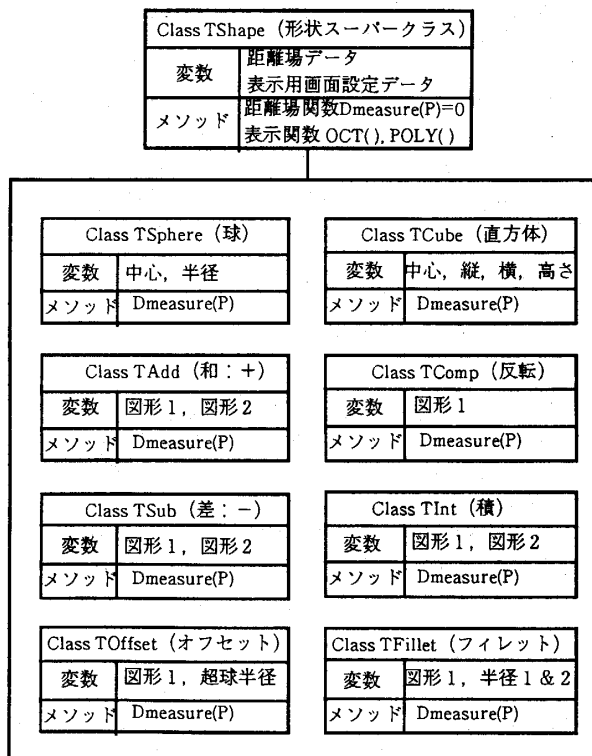
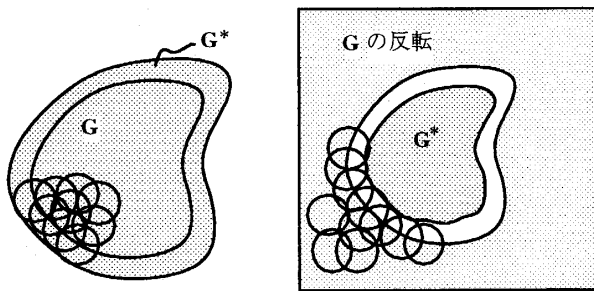


図2 距離場空間モデルのクラスマップ(プロトタイプ)

Offset Operation of the Distance Field Model and Its Extensions.

Tomohiro Kuki, Hisayuki Tatsumi, Shinji Tokumasu
 Kanagawa Institute of Technology



(a) 外側へのオフセット (b) 内側へのオフセット
 図3 超球を用いた図形の汎オフセット(超球オフセット)

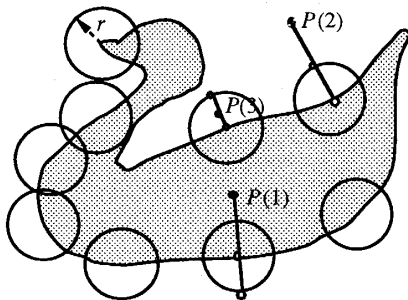


図4 超球オフセットの距離場関数

セットと呼ぶ。この場合、内側へのオフセットは図形 G をあらかじめ反転して超球オフセットさせ、もう一度反転させれば得られる(図3 (b))。ついでながら、この超球を半径 r の球とする代わりに楕円体などで置き換えれば全く新しいオフセットの概念となる。

次に超球オフセット図形に対する距離場関数の手順の概略を図4を基に説明する。

- (1) $P(1)$ のように図形 G の距離場データの内外判定が“IN”の場合、内外判定はそのままに、距離データ d を元の距離に r を加えたものとする。
- (2) $P(2)$ のように内外判定が“OUT”で距離データ d が r より大きい場合、内外判定はそのままに、距離データを元の距離から r を引いたものとする。
- (3) $P(3)$ のように内外判定が“OUT”で距離データ d が r より小さい場合、特別処理“超球判定法”を用いて計算する^[3]。

4. 超球オフセットの応用

本モデルにおけるオフセット操作の応用として、新しい図形操作の実現を可能とする(図5参照)。

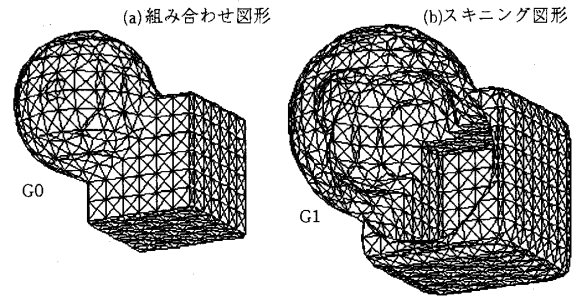
(1) スキニング

与えられた図形 G の境界を内側の面として持つ一定厚さ r の図形(スキニング図形)の生成は、図形 G を、自身を半径 r でオフセットした図形から引けばよい。

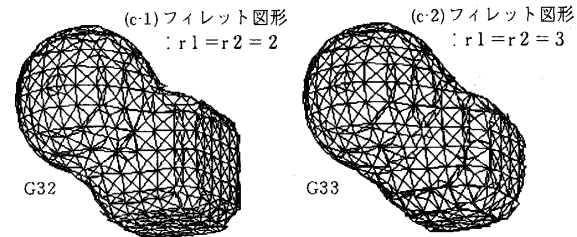
(2) 超球フィレット

与えられた図形 G の角の凸部と凹部をそれぞれ半径 r_1 および r_2 で丸める図形は次に示す(超球)オフセットをベースとした三段階の図形操作によって実現される。

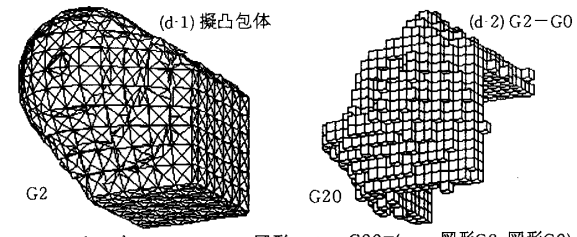
- (a) 図形 G を半径 r_2 でオフセットする。これを G_1 とする。
- (b) 図形 G_1 を反転し、半径 r_1+r_2 でオフセットし反転する(G_2 とする)。
- (c) 図形 G_2 を半径 r_1 でオフセットする。



(a) 組み合わせ図形 (b) スキニング図形
 $G_0=(+; ;$ (球; 中心=(5,5,5),半径=6), (立方体; 中心=(0,0,0),一辺長さ=10)
 $G_1=(-; ;$ (スキニング; 厚さ=2, 図形 G_0), (球; 中心=(8,1,1), 半径=7))



(c-1) フィレット図形 : $r_1=r_2=2$ (c-2) フィレット図形 : $r_1=r_2=3$
 G_{32} or $G_{33}=($ フィレット; 半径 r_1 , 半径 r_2 ; 図形 G_0)



(d-1) 擬凸包体 (d-2) G_2-G_0
 $G_2=($ フィレット; $r_1=0, r_2=20$; 図形 G_0) $G_{20}=($ -; ; 図形 G_2 , 図形 G_0)

図5 超球オフセットの応用

(3) 擬凸図形

与えられた図形 G の極小な凸包体を凸図形と呼ぶことにすると、この図形生成は、 $r_1=0$ とし、 r_2 に十分大きな値を与えて図形 G のフィレットをとれば近似的に達成できる。これを擬凸図形という。

5. おわりに

本研究では、距離尺度モデルの発想の原点に戻りこれを形状モデルとしては元より、むしろ将来的には空間モデルとしての特徴を生かした活用を図るために、これを距離場空間モデルとして距離場に基づく簡明なオブジェクト指向形式に再構成した。

さらに、本モデルが、特有の概念である超球オフセットや、超球フィレット、凸包体等の新しい概念を生むこと、それが今まで困難であった複雑な形状の生成や、空間の認識および理解にも有効であることを理論と実証によって示した。今後の課題は、この応用として空間の認識や理解への展開を図ることである。

参考文献

- [1] 徳増, 野中, 仁尾, 原島, 松本: 距離尺度に基づく形状表現法, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.1, pp.50-59 (1998)
- [2] 田中, 館原, 巽, 徳増: 空間表現のためのオブジェクト指向プログラミング, 情報処理学会第57回全国大会講演論文集, 3N-7, pp.4_121-4_122 (1998)
- [3] 館原, 田中, 巽, 徳増: オブジェクト表現による複雑な物体形状の生成, 情報処理学会第57回全国大会講演論文集, 3N-8, pp.4_123-4_124 (1998)