三次元物体形状の一般化に関する一考察

3J－3

安村 禎明　　馬場口 登　　北橋 忠宏

大阪大学産業科学研究所

1 はじめに

人間がある三次元物体についての概念を学習する際に対象となるのは属性と形状である. 例えば「車」ならば「タイヤが４個」,「エンジンがついている」などの属性と同時に車の形状も学習していると思われる. 属性の学習については記号で扱えるため, すでに人工知能の分野で研究が進められている. しかし形状については処理が難しく, また表現が複雑なため, あまり検討が加えられていない. この形状の学習は複数の例示から帰納的に推論し一般的な形状を求めることにより行なわれていると推察される. 本研究においては形状の学習に対する一つのアプローチを提案する.

ここでの三次元物体形状の学習とは複数の同一クラスに属する三次元CADデータを例示し, そのクラスの一般化形状を獲得することを指す. この学習を実現するために種々の一般化操作と超二次関数 [1][2] を用いた形状操作を定義し, 各一般化操作と形状操作の関係を明確化する.

2 一般化形状

人間がある物体を見た時にそれが初めて見たものであったとしても何であるかを認識できるのは一般化形状によるものであると思われる. 一般化形状は上述のような認知的な性質以外にも, 工学的にも興味深いものである. パターン認識・理解の分野において, 一般化形状はある物体のモデルとしてとらえられ, これは三次元物体の形状特徴を抽出したものと考えられる. また物理的な力を伝達することを機能とする物体に関して, 同一機能の物体は形状的に特徴があると考えられ, その特徴がどのようなものかも一般化形状から得られる. 一方, CGの分野においても, 一般化形状は形状特徴を抽出したものであるので３次元モデルと言える. つまり一般化形状をもとに特殊化することによって実際的な形状を得ることができる.

Shape generalization of 3-D objects ,
Yoshiaki YASUMURA,Noboru BABAGUCHI,Tadahiro KITAHASHI,
The Institute of Scientific and Industrial Research,Osaka University

3 三次元物体の表現形式

最近, 三次元物体の有効な記述法として超二次関数が注目されている. 超二次関数は比較的少数のパラメータでいろいろな形状を表現することが可能であり, パラメータの変化量に応じた形状変化が得られる. また人間の感覚に対応した形状や形状変化が得られることが示されている [2] . そこで本研究では三次元物体の記述法として超二次関数を用いる. 超二次関数は次のようなベクトルによって定義される.

$$\begin{cases} x = a_1 \cos^{\varepsilon_1} \alpha \cos^{\varepsilon_2} \omega \\ y = a_2 \cos^{\varepsilon_1} \alpha \sin^{\varepsilon_2} \omega \\ z = a_3 \sin^{\varepsilon_1} \omega \end{cases}$$

ここでx, y, zは超二次関数楕円体の表面座標, a_1, a_2, a_3はそれぞれx, y, z方向のスケールを決定するパラメータである. 角度α, ωは超楕円体上のそれぞれ緯度, 経度である. またε_1はz-y平面上の squareness パラメータ,ε_2はx-y平面上の squareness パラメータである.

しかしこれではx-y平面,y-z平面,z-x 平面に対して対称な形状しか表現できない. そこでスケールパラメータ a_1, a_2の代わりに関数$f(z), g(z)$ を用いることにより, 非対称な形状を表現する. またこの超二次関数形状のみでは複雑な物体を表現できないので, CSG表現のような物体の和や差の演算も導入する.

4 一般化操作

一般化形状を獲得するために形状を一般化する操作を定義する必要がある. ここでは記号を対象とした一般化 [3] における一般化操作を形状を対象とする操作に対応させる. 一般化操作として以下のものを想定する.

- 条件削除

  凹凸部分を条件と考え, それを削除することにより一般化する操作.

- 階層木上昇

  形状における階層木を定義し, 階層を上昇することにより一般化する操作. この階層木を定義するには形状において一般化の度合を定義する必要が

ある．ある形状がより一般的であるとはその形状を記述するために必要な情報量が少ないということである．これにより図１のような階層木が考えられる．

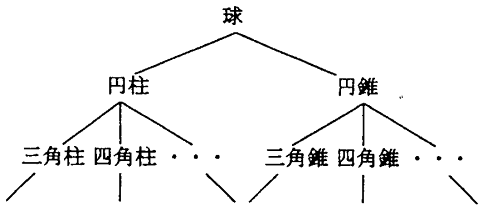

図１：形状の階層木

5 基本形状の一般化

基本形状の一般化と超二次関数のパラメータの関係について述べる．例としてコップ[1] を対象とした一般化を考察する．

まず超二次関数のスケールパラメータ a_1, a_2, a_3の比に注目する．a_1, a_2については上面が楕円になるとコップとみなせなくなるので，近い値である必要がある．図２はスケールパラメータと形状の関係を表したものである．(b) の比の場合は容易にコップと判断できるが，(a) や (c) の比の場合はコップと判断できる確率が (b) に比べて小さくなり，この範囲から離れるにしたがってコップと判断できなくなる．よって$\frac{a_1}{a_3}$の範囲は$0.4 \leq \frac{a_1}{a_3} \leq 1.0$とする．また一般化形状のパラメータの値としては平均をとり，$a_1 = 0.7, a_2 = 0.7, a_3 = 1.0$ とする．

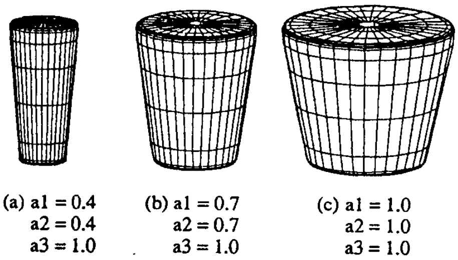

図２：スケールパラメータと形状

次に超二次関数の squareness パラメータに注目する．図３は z-y 平面上の squareness パラメータε_1 と形状との関係を表したものである．図のすべての形状がコップと判断できる．よってε_1の範囲は $0.0 < \varepsilon_1 \leq 2.0$ とする．一般化形状の squareness パラメータの値は形状の一般化度の定義より情報量の少ない円形，または四角形になる値とする．この場合は円形のパラメータである$\varepsilon_1 = 1.0$ とする．

[1] ここでは取手などがないシンプルなコップを対象とする．

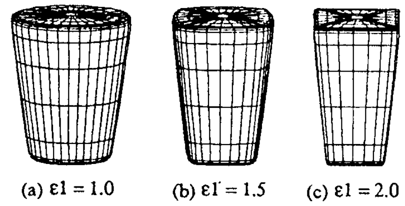

図３：z-y 平面上の squareness パラメータと形状

図４は x-y 平面上の squareness パラメータε_2 と形状の関係を表したものである．(a) の場合は容易にコップと判断できる．しかし (b),(c) と球面体なるにしたがってコップとして判断できなくなる．よってε_2の範囲は $0.0 < \varepsilon_2 \leq 0.3$ とする．一般化形状のパラメータの値は四角形のパラメータである$\varepsilon_2 = 0.1$ とする．

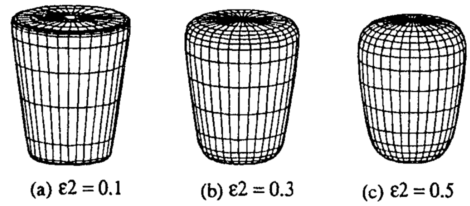

図４：x-y 平面上の squareness パラメータと形状

$f(z), g(z)$ に関しても実験を行なった。以上よりコップの一般化形状は図５のようになる．

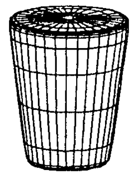

図５：コップの一般化形状

6 おわりに

本報告では三次元物体形状の一般化手法を実現するために，一般化操作として条件削除，階層木上昇を定義した．また形状操作に関して超二次関数が有効であることを示し，一般化形状との関係を考察した．

今後の課題としては複合形状を対象とする一般化が残されている．

参考文献

[1] Solina F. and Bajcsy R. : "Recovery of Parametric Models from Range Images: The Case for Superquadrics with Global Deformations", IEEE Trans. PAMI,PAMI-12,2,pp.131-147 (1990)

[2] 堀越，笠原:"超２次関数による３次元形状インデクシング", 電子情報通信学会論文誌,D-II Vol.J73-D-II No.10 pp.1716-1724 (1990.10).

[3] Zhongzhi Shi: "Principles of Machine Learning", International Academic Publishers (1992).