

5 R-2

サブクラスや例外を考慮した 三次元形状のクラス記述の獲得

安村 禎明

折本 勝則

馬場口 登

北橋 忠宏

大阪大学産業科学研究所

1 はじめに

従来の帰納学習の多くは、記号で表現した属性を対象としており、形状などの記号で表現するのが困難な属性に関する検討例は比較的少ない。そこで筆者らは、三次元形状を対象とした帰納学習の一手法を提案した [1][2]。本研究における三次元形状の学習とは、複数の同一クラスに属する三次元CADデータを例示し、そのクラスの代表形状と分布を獲得することを指す。本稿では、学習の結果として得られるクラス記述にサブクラスや例外などの概念を導入し、さらに的確なクラス記述を獲得することを目指す。

2 三次元形状の学習

本研究において、三次元基本形状を超二次関数 [3][4] によって表現する。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、パラメータを変化させることで人間の感覚に近い操作が可能であることが示されている [4]。

複雑な形状は超二次関数のみでは表現できないため、超二次関数で表現した基本形状を組み合わせた複合形状として表現する。この複合形状の表現形式は接続部品間の関係に基づいており、部品間の関係はパラメータによって表現されている。

三次元形状の学習はこの表現形式のパラメータ学習に帰着される [2]。クラスの代表形状はクラスにおける平均的な形状であるため、すべてのインスタンスのパラメータの平均を求め、その平均パラメータからなる形状を代表形状とする。代表形状は単純であることが望ましいため、この平均からなる形状を単純化する。また、クラスにおける分布はパラメータの分散を求めることにより得られる。

Acquisition of a Class Concept of 3D Shapes Considering Subclasses and Exceptions,
Yoshiaki YASUMURA, Katsunori ORIMOTO, Noboru BABAGUCHI, Tadahiro KITAHASHI,
I.S.I.R., Osaka University

3 サブクラスと例外

本研究では、代表形状や分布といったクラス記述を形状の特性を表す各パラメータの平均や分散を求めることで獲得する。しかし、平均や分散はそのパラメータが図 1(a) のような単峰性の分布の場合には有効であるが、このような分布でない場合は不適當である。そこでサブクラスや例外といった概念を導入することにより、さらに的確なクラス記述を獲得する。

例外的な形状が入力された場合、その形状のあるパラメータは他の形状と離れた値を取る。よって、そのパラメータの影響で平均がずれたり、分散の値が大きくなったりする。例えば、クラス中のほとんどのコップの上面が丸い場合、四角いコップがそのクラス中にあるとすると、これは例外的な形状である。このような例外がある場合は、次の手続きによってクラス記述を得る。例外を検出するために、分散による補正をした平均からの距離 d を定義する。対象物体のパラメータを p とし、クラスの平均を m 、分散を σ^2 とすると次のようになる。

$$d^2 = \frac{(p - m)^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

この距離が閾値以上のものを例外として検出する。検出された例外形状に対して、例外的なパラメータ値は計算には用いない。しかし、この他のパラメータに関しては例外的な値をとらないため、例外形状のパラメータも含めて計算する。

パラメータ分布が図 1(b) のような双峰性の分布、もしくは多峰性の分布の場合、平均や分散がそのクラス

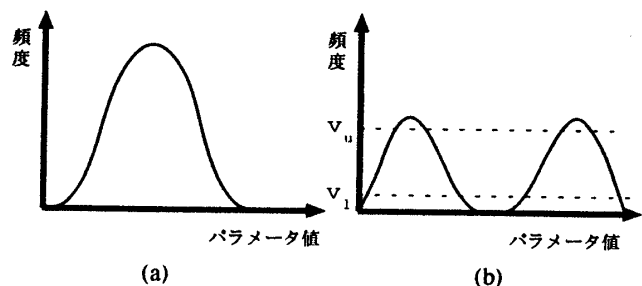


図 1: パラメータ分布の例

の形状概念を表現しているとは言えない。このような分布になる例としてテーブルの台の形状があげられる。つまり、台の形状には丸いものと四角いものがあり、丸みを表す形状パラメータは双峰性の分布となる。このような場合にはサブクラスを次のように作成し、クラスをサブクラスによって記述する。パラメータの分散が大きい場合には、十分大きな範囲で区切ったヒストグラムをとる。閾値 v_u 以上の峰の間に閾値 v_l 以下の値があれば、最小となる値でクラスを分割し、それぞれ単峰性の分布であるサブクラスを作成する。前述の例では台が丸いクラスと四角いクラスに分割して表現する。

また、サブクラス概念はある物体の一部の構成要素に違いがある場合にも適用できる。例えば、テーブルには脚が4本、2本、1本のものである。つまり、テーブルを支える部分の構成要素が全く異なる。このような場合にテーブルのクラスをそれぞれの脚の数のサブクラスに分割し、テーブルのクラスを表現する。

4 実験および考察

本手法を図2に示すコップ¹を対象に適用した。これは実際のコップのレンジデータを最小二乗法によって超二次関数に近似したものである。

学習の結果、幅と高さの比に関するパラメータ分布のヒストグラムを調べると双峰性を示したためサブクラスに分割した。その結果、図2の破線で分割した(A)(B)のサブクラスが生成された。それぞれのサブクラスの代表形状は図3に示す形状となった。また、クラス全体とそれぞれのサブクラスの幅と高さの比を幅を1としたときの平均と分散は表1のようになった。サブクラス

表 1: クラス全体とサブクラスの平均と分散

	平均	分散
クラス全体	1.52253	0.48556
サブクラス (A)	1.79829	0.18605
サブクラス (B)	1.04255	0.01950

に分割することで分散がかなり減少しており、クラスを的確に表現している。サブクラス(A)は「グラス」に対応するもので、サブクラス(B)は「湯飲み」に対応するものであると推察される。

分布について考察するために、式(1)で定義した距離 d を用いる。サブクラスについてこの距離を求めると、サブクラス内の形状の距離はサブクラスに分割する前とほとんど変わらないにもかかわらず、サブクラス外の形状の距離は大きくなった。これよりサブクラスに分

¹ここでは取手がないシンプルなコップを対象とする。

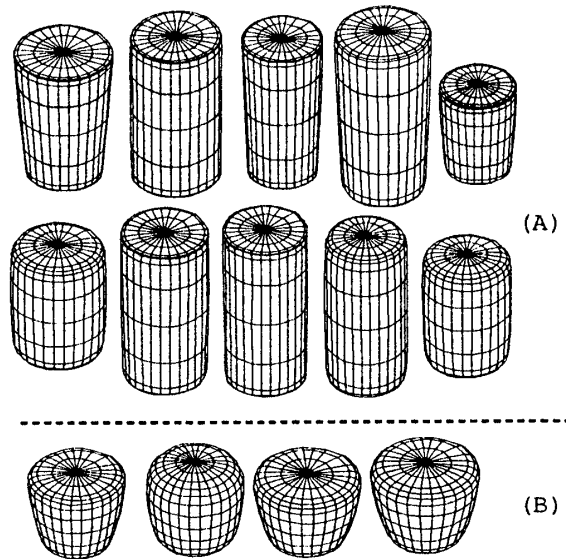


図 2: コップの入力形状

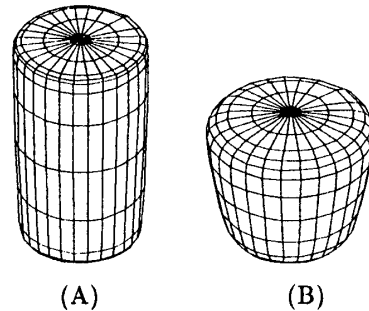


図 3: サブクラスの代表形状

割することで、さらに的確なクラス記述が得られることがわかった。

5 おわりに

本稿では、従来の三次元形状の学習手法にサブクラスや例外の概念を導入した。これらの概念を導入することによって、さらに的確な三次元形状のクラス記述が得られることを示した。

参考文献

- [1] 安村, 馬場口, 北橋: “三次元物体形状の一般化に関する一考察”, 情処第49回全大, (1994.9)
- [2] 安村, 折本, 馬場口, 北橋: “超二次曲面による三次元形状の帰納学習に関する一考察”, 信学技報, PRU94-122 (1995.2).
- [3] 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)
- [4] 堀越, 笠原: “超二次関数による三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).