4M－03　　3次元物体データベースのインデックス付けの一方法 *1)

星野　宏，古山　恒夫（東海大学）*2)，
遠藤　崇（(株) 科学情報システムズ）*3)

1．はじめに

近年各分野でソフト，ツールなどが3次元化され一般に広く使用されている．また，3次元復元に関しても個人ユースで扱えるまでいたっている[1]ことから今後これらの管理のため3次元データベースが必要になると考えられる．3次元データベースに関しては対象となる3次元データの蓄積法だけでなく複雑でさまざまな姿勢をとる可能性のある3次元対象物を容易に検索する方法が重要である．

本論文では，3次元物体データベースの中から目的とする対象物を容易に検索するために，3次元物体の位置や姿勢に不変なインデックスを付ける方法を検討した結果を報告する．

2. インデックス付与の考え方

考えられるインデックス付けの方法としては，物体の名称・意味によるキーワードを用いる方法や，複数枚の2次元画像を用いる方法[2]等が考えられる．しかし，キーワード検索によるものでは，物体の名称や意味に関する専門知識を必要とする．また，逆に名称や意味を得たいときには対応できない．以上の理由から物体形状のみから自動的にインデックスを計算できる方法を検討する．

3. インデックスの計算方法

3.1 対象物の表現法

物体形状の表現法としてさまざまな方法があるが，ここでは3次元物体を物体表面上の多数の点群で表わすことにする．その理由は，(1)任意の物体を客観的に表現できる，(2)写真から3次元復元を行う方法では最初に得られるのは点群であることが多い，(3)ＣＧデータの場合3次元メッシュに基づいてサンプリングを行うことにより任意の密度の点群を容易に得ることができる．

3.2 3次元物体の自由度の束縛

3次元対象物は6つの自由度（平行移動で3つ，回転で3つ）を持つため，同一物体でもその位置や姿勢によって異なったものと見られることがある．そのため位置や姿勢に対して不変のインデックスを定める必要がある．ここではそれらの自由度を制御(束縛)することにより位置や姿勢に不変のインデックスを抽出する方法を検討する．

（1）　平行移動の自由度の束縛

対象とする3次元物体は表面上の点群で表わされているので，それらの座標の平均から重心を求め，原点とする．ただし，ここで言う重心とはデータの平均値で一般的な体積によるものでなく，表面積に対するものである．

（2）　回転の自由度の束縛

重心を定め平行移動の自由度を束縛した物体の表面上の点群に対し，主成分分析を行って主軸を定めることにより回転の自由度をなくす．ここでは最大固有値 λ_1 に対応する固有ベクトル（第一主成分）をｘ軸とする．第一主成分が決まると，それに直交する平面が一意に決まる．この平面における最大固有値 λ_2 に対応する第二主成分をｙ軸とする．第一主成分と第二主成分が決まれば，第三主成分は一意に決まるので，これをｚ軸とし対応する固有値を λ_3 とする．

対角軸の長さの異なる８面体の自由度を束縛した例を図１に示す．

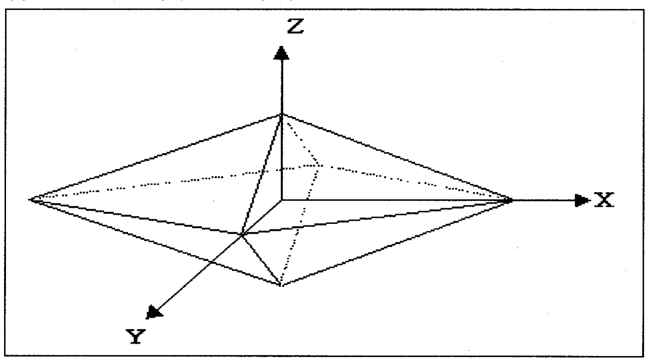

図１　自由度の束縛例（８面体）

3.3 インデックスの計算方法

インデックスには各々の3次元物体それぞれに特有な以下の二つの特徴量を利用する．

（1）　フーリエ係数

物体の形状情報を２次元フーリエ係数で要約する．

(i) 扱う対象物が３次元物体の表面なので，ｘ－ｙ平面を定義域とし，その平面からの距離ｚを値とする関数 $z=f(x,y)$ から求めた２次元フーリエ係数を利用する．

(ii) ２値関数にしないために $z \geqq 0$ の範囲のフーリエ係数と，$z \leqq 0$ の範囲のフーリエ係数に分けて値を求める．

---

*1) A Method for Indexing 3D Objects Stored in 3D Database
*2) Hiroshi Hoshino, Tsuneo Furuyama (Tokai Univ.),
*3) Takashi Endoh (Science Information Systems co.,Ltd.)

(iii) ２次元フーリエ係数を表す式はｘ軸，ｙ軸それぞれの cos と sin の組み合わせで４つあるが sin の項は奇関数なので左右打ち消し合い小さな値となるので，ここでは cos の組み合わせのみ用いる．これを a[m,n]と表わすことにする．ただしｍはｘ軸方向，ｎはｙ軸方向のフーリエ係数である．また各 a[m,n]は a[0,0]で正規化する．

$$a[m,n]=\frac{1}{c}\int_{y_{\min}}^{y_{\max}}\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x,y)\cdot\cos\frac{2\pi mx}{L_x}\cdot\cos\frac{2\pi ny}{L_y}dxdy$$

（m,n=0,1,2…）

x_{max} と x_{min} はそれぞれｘ軸方向の最大値と最小値を表し，y_{max} と y_{min} はｙ軸方向の最大値と最小値を表す．また，$Lx=x_{max}-x_{min}$，$Ly=y_{max}-y_{min}$ である．

（２） 固有値

物体の大きさを各軸方向の固有値で代表させる．最大固有値 λ_1 が物体の大きさをの目安となる．

4. 有効性の検証

4.1 検証項目

次の２点について検証する．

（１）物体の形状を明確に分類できるか

フーリエ係数が各対象物に対してそれぞれ特定の値の組として出力されるかどうか調べる．

（２）対象物体の大きさを表現できるか

同一の物体を各軸方向に等倍または異なった比率で伸縮させた物体はフーリエ係数では見分けがつかない．そこで，対象物の大きさや各軸方向の伸縮に対する固有値の変化を調べる．

4.2 検証方法

ＣＡＤの世界でプリミティブと呼ばれるいくつかの基本的な３次元幾何学的モデルの物体表面座標を計算機で擬似的に作成し，各々の固有値・フーリエ係数を計算して，各３次元物体間の差を調べる．

4.3 検証結果と考察

（１）フーリエ係数による分類可能性

各プリミティブについて求めたフーリエ係数を図２に示す．図２から測定した各々の２次元フーリエ係数はそれぞれ異なったパターンをとっていることがわかる．よって，これらの係数を用いて３次元物体を分類することが可能だといえる．

（２）固有値の役割

ある８面体を各軸方向に等しい倍数だけ伸ばした８面体の固有値の比率を表１に，ｘ軸方向のみ引き伸ばした８面体の固有値の比率を表２に示す．

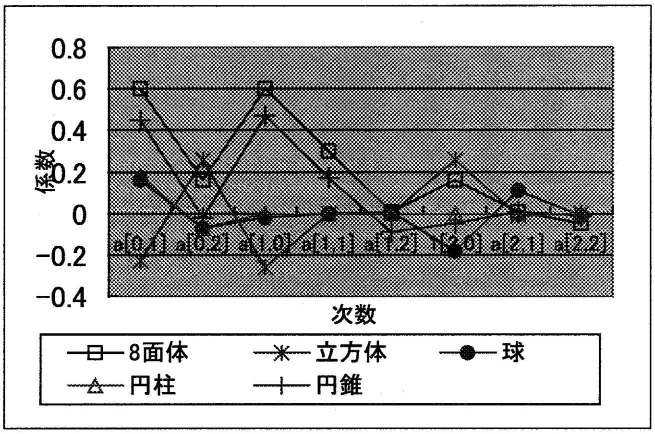

図２　２次元フーリエ係数

表１に示すように大きさだけが異なる物体は最大固有値 λ_1 により見分けがつく（フーリエ係数はすべて等しくなることに注意）．また，表２に示すようにある軸方向だけ物体を引き伸ばした場合はその方向の固有値だけが大きくなる．

表１　８面体の固有値の比率
（各軸方向に等倍引き伸ばした場合）

	標準	2倍	3倍
λ_1	1.49	5.97	13.5
λ_2/λ_1	0.44	0.45	0.45
λ_3/λ_1	0.11	0.11	0.11

表２　８面体の固有値の比率
（ｘ軸方向のみ引き伸ばした場合）

	標準	2倍	3倍
λ_1	1.49	5.97	13.5
λ_2	0.66	0.66	0.66
λ_3	0.17	0.17	0.17

5. まとめ

３次元物体をその物体の表面上の点群で表し，その点群に対して主成分分析を行うことによって３次元物体の自由度を束縛できること，また，自由度を束縛した点群に対して２次元フーリエ係数を求めることにより，その物体固有の形状を要約できることを確認した．これにより，複雑で６つの自由度を持つ３次元物体をデータベース化した際に容易に検索できるインデックス付けの可能性が得られた．

＜参考文献＞

[1]尾崎裕・早瀬勝：写真から３次元画像を作成するキット GenTrix Web Studio，画像ラボ Jun.，pp.57-62,1999.

[2]村瀬洋・シュリーナイヤー：２次元照合による３次元物体認識，電子情報通信学会論文誌，Vol. J77-D-Ⅱ，No.11，pp.2179-2187，1994.