

# 位相幾何学的に異なる三次元物体投影像の抽出法 An Extraction Method of Topologically Heterogeneous 2D Models

山本 究一†  
Kyuichi Yamamoto

村上 伸一†  
Shin-ichi Murakami

## 1. はじめに

コンピュータビジョンにおける三次元物体の位置や姿勢の認識については単眼視やステレオ視による各種の方法が提案されている[1]-[3]。

ステレオ視による認識は物体の三次元位置が抽出でき、対象物体の実際大きさも認識できるが、画像パターンのマッチング処理が必要であること、認識空間が制限されることなど制約も多い、これに対し単眼視による方法はシステム構成が単純であること、対象空間が比較的広い等利点も多い。

本稿では単眼視によるモデルを用いた三次元物体の認識法を対象とし、その場合必要となる三次元対象物体の位相幾何学的に異なる全ての投影像の抽出法について考察する。

## 2. 単眼視による三次元物体の認識法

本稿で対象とする単眼視による三次元物体認識法の流れを図1に示す。

すなわち本手法では認識対象物体の三次元モデルを二次元投影面に投影した場合、位相幾何学的に異なる見え方をする全ての二次元投影像を用意し、実際の対象物体を単眼視した画像の投影像と位相幾何学的マッチングにより対象物の判定およびその位置、姿勢の認識を行う。

ここで位相幾何学的マッチングとは二次元の観測画像から得られた対象物の節点及び稜線と、あらかじめ用意してあるモデル物体の各種の見え方の異なる二次元画像の節点及び稜線との対応をとることを意味し、すべての節点、稜線の対応及びその接続関係の対応がとれた場合、その物体とモデル物体は同一であると判定する方法である。

この操作はモデル画像及び観測画像の節点と、稜線の接続行列を用いて節点数、節点の分岐数、稜線の接続関係を比較することにより行われる。この場合、モデル画像の見え方から物体の位置および姿勢も認識できる。この手法は対象物体の位置の移動や回転に対しても認識が有効に行える特長をもつ。

そこで本モデルを用いた単眼視による三次元物体の認識法においては、三次元物体の異なる見え方をする二次元投影像をすべて生成することが必要となる。

## 3. 位相幾何学的に異なる二次元物体像の生成

本稿では外形が平面で構成された幾何学的凸物体の認識を対象とする。

一般に、対象物体の外形を構成する各平面は三次元空間を部分空間に分割する。すなわち、 $n$ 個の平面は三次元空間を最大 $2^n$ 個の部分空間に分割する。この場合、異なる部分空間内の点から見た対象物体像は位相幾何学的に異なる物体像に対応することが言える。すなわち図2に示すように、対象物体①の外形を規定する平面で分割された各部分空間②~⑦はそれぞれ異なる見え方をする(②、④、⑥からは1面のみ、③、⑤、⑦からは2面が見える)。

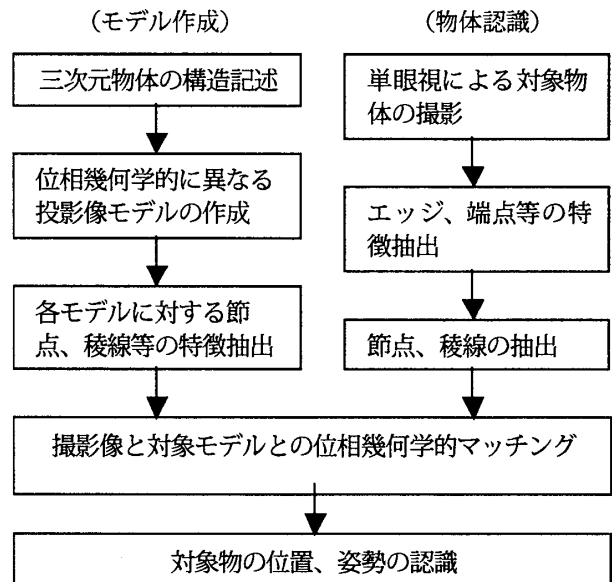


図1. 認識処理の流れ

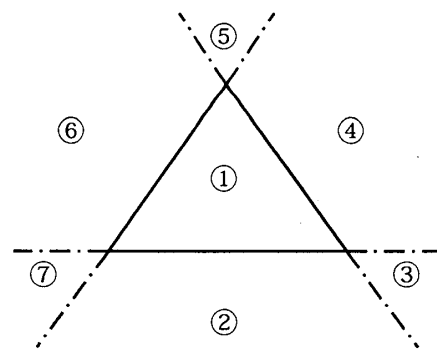


図2. 部分空間と見え方の変化

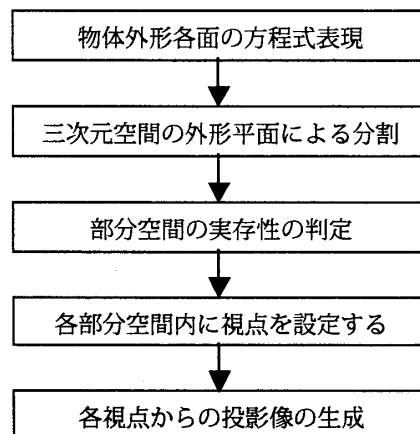


図3. 処理手順

† 東京電機大学大学院工学研究科  
東京都千代田区神田錦町2丁目2番地

しかし、対象物体の外形平面の平行性や凹凸の形状により必ずしも  $2^n$  個すべての部分空間が実在するとは限らない。図2の例では3面すべてが見える部分空間は存在しない。そこで、理論上  $n$  個の平面で分割される  $2^n$  個の部分空間のうち、実際に存在し得る部分空間を抽出する事が課題となる。このため、本稿では位相幾何学的に異なる三次元物体投影像の生成法として図3に示すアルゴリズムを考案した。

すなわち図2に示すように三次元空間を、物体を構成する外形平面で分割して得た  $2^n$  個の部分空間各々に対し、その実在性を判定する。具体的には次の判定条件を満たす部分空間を除去する。

- (i) すべての外形平面で囲まれた部分空間 (物体の内部空間)
- (ii) すべての外形平面の外側となる部分空間 (凸多面体では実在しない)
- (iii) 隣接する2面同士の合成法線の交差角度が  $90^\circ$  以上である平面を含む (互いに外向きの面をもつ) 部分空間。
- (iv) 2つの外形平面の、法線同士の交差角度が  $180^\circ$  度となる平面 (平行な2面) を含む空間。

上記条件を用いた判定により実在が確認された各部分空間内に適当な視点を配置し、各視点から見た三次元物体モデルの節点及び稜線を抽出する。この時、物体の形状に合わせ、各節点と稜線の接続関係を接続行列で定義する。

三次元物体の認識においては、対象物体モデルに対する上記接続行列と、認識対象物体から抽出された接続行列との位相幾何学的な同一性を判別し、同一性が確認された対象モデルの節点及び稜線から対象物体の位置及び姿勢 (回転など) を認識することができる。

#### 4. 異なる物体投影像の生成実験

ここでは認識対象物体として四面体、正六面体、五角柱の3種の3次元物体に対し、3で述べた手法により、位相幾何学的に異なる投影像の生成を試みた。

生成結果を表1~3に示す。各三次元物体を構成する各面はすべて異なる面 (色などで) 区別されるものとしている。

表1においては三角錐内部の空間、及びすべての面に対して外部となる部分空間は投影対象とはならず除外された。

また、表2、表3においては3の判定条件に基づき各面の平行性から、一つの視点からは同時に見ることでできない部分空間も除外されている事がわかる。

#### 5. 考察

$n$  個の平面により分割された三次元の部分空間から、実際に存在し得る部分空間を抽出する手法について検討を行い、比較的単純な物体については良好な結果を得た。具体的な判定手法は各部分空間を定義する平面の法線ベクトルの交差角の判定が主で、ベクトル演算器を用いれば高速化が可能である。またこの投影像の生成はモデルデータの作成のため、事前のオフライン処理となる。

#### 6. 今後の課題

(1) さらに複雑な物体に対しての位相幾何学的に異なる投影像の生成実験を行う。例えば机や書棚のような実在する物体を対象として位相幾何学的に異なる物体像を生成

表1. 三角錐の見え方

2次元モデル	例	モデル数
1面図形		4
2面図形		6
3面図形		4
合計		14

表2. 立方体の面の見え方

2次元モデル	例	モデル数
1面図形		6
2面図形		12
3面図形		8
合計		26

表3. 五角柱の見え方

2次元モデル	例	モデル数
1面図形		2
1面図形		5
2面図形		10
2面図形		5
3面図形		10
3面図形		5
4面図形		10
合計		47

する。

(2) 求めた二次元モデル画像から節点や稜線抽出、及びその接続行列の自動生成を行う。

(3) 2で述べた手法による三次元物体認識アルゴリズムを確立する。などが上げられる。

#### 7. 文献

- [1] 垂水秀行、伊藤敏夫、金田悠紀夫、“照度差ステレオ法を用いた高原位置未知画像からの多面体の面認識” 信学論 D-II Vol.J83-D II No.9pp.1895-1904
- [2] 鳥生隆、遠藤利生、“ランダムな仮説検証に基づく多視点画像からの3次元復元” 信学論 D-II Vol.J82-D-II No.5 pp.909-918
- [3] 大崎喜彦、山本正信、“ステレオ画像からの3次元近似モデルのフィッティング” 信学論 D-II Vol.J81-D II No.6 pp.1259 - 1268
- [4] 東京大学出版局“画像解析ハンドブック“