

物体の見えと特徴点对応を判定する行列の自己遮蔽に対する拡張

野寄 貴志 坂本 博康

九州芸術工科大学

3次元モデルベースビジョンの単眼視法では、モデルと観測画像の間で特徴点对応を決定することが重要な問題となる。筆者らは、この問題の解法として、行列を用いて物体の見え(アスペクト)と特徴点对応を判定する方法を研究してきた。

本報告では、物体における次の2種類の自己遮蔽に対して、この方法を拡張する。まず、実画像の特徴点の抽出に失敗する原因の一つに、自己遮蔽が挙げられる。これは観測画像の見えが別の見えに切り換える状態(アスペクトの境界)のとき、しばしば生じる。これに対処するため、アスペクトの境界について判定行列の拡張を行う。次に凹の部分を持つ多面体が起こす自己遮蔽についても拡張し、2種類の自己遮蔽について拡張した判定行列による実験結果を示し、その有効性を明らかにする。

Extending Identifier Matrices of Aspect and Feature Point Correspondences to Self-Occlusion

Takashi Noyori, Hiroyasu Sakamoto
Kyushu Institute of Design

It is one of the most important issues of 3-dimensional model based computer vision from monocular images to determine feature point correspondences between the models and observed images. The authors of the present report have proposed a method which employs matrices identifying aspect of the object's image and the feature point correspondences.

In this report, we extend the identifier matrices for two kinds of self-occlusion. First, self-occlusion can cause a failure of feature point detection from real images. The failure often occurs when an aspect is just switching to another aspect (we refer to as aspect boundary). In order to deal with the aspect boundaries we extend the idea of aspect and treat them as different aspects. Second, extension method for self-occlusion of non-convex polyhedrons is proposed. Results of numerical experiments using synthetic images and real images show that the proposed extensions are effective for the self-occlusion problems.

1. まえがき

3次元(3D)モデルベースビジョンにおいて単眼視法を用いると、少ない撮像装置で簡単に画像処理を行うことができる。しかし、画像と3Dモデル間の特徴点の対応付けを正しく求める必要がある。この対応付けを求めるため、通常は組合せ最適化法などが使われることが多い。

筆者らは、単眼視法を用いた3Dモデルベースビジョンにおいて、観測画像の見え(アスペクト)と特徴点の対応付けを行列を用いて判定する方

法を提案した。行列を用いることで、従来の方法よりも高速に処理を行うことを可能にしている。また、本判定行列は物体のシルエット画像の外周上の頂点だけを利用するので、画像処理を効率良く行える。さらに、この行列は直交投影画像を利用して構成された判定行列から、一般固有ベクトルを利用した判定行列へと拡張された。後者の判定行列では、透視投影画像の非線形歪成分を含む観測誤差の影響を線形処理で補正し、誤り率を大幅に低減した。

本判定法は、線形な投影変換の零空間を利用する一種の部分空間法であり、すべてのアスペクトと特徴点对应に 0 値をとる不変量を使用している。

本論文では、上記の判定行列を一般的な多面体に起こり得る 2 種類の自己遮蔽について拡張する。

まず 1 つ目は自己遮蔽の一種であるアスペクトの境界についてである。図 1 のような実画像から特徴点を抽出する場合、頂点 5 の抽出に失敗することがしばしばある。これは頂点 5 を含む物体の左側の面が視線と平行な状態にあるからである。このような状態は物体の面の可視・不可視が切り換えるアスペクトの境界であるから、新しいアスペクトとみなし、これに対応した判定行列を構成する。そこで、次の 2 種類のアスペクト境界を考慮する。まず 1 つ目は物体の面と視線が接し、その面の可視不可視が切り換える場合である。2 つ目は物体の辺と視線が一致し、複数のアスペクトが切り換える場合である。この 2 種類のアスペクト境界の例をそれぞれ図 2 の(a)と(b)に示す。図(a)は視線と面 8,9,10,11 が接している。この状態から視点を右にずらしていくと、視線と辺 9,10 が一致する。これが図(b)に示した状態である。

本論文で取り上げる 2 つ目の自己遮蔽は、凹の部分を持つ物体において、物体自身が他の部分を隠してしまう場合である。例えば図 3 に示すような画像の場合、物体の頂点ではない、画像上のエッジとエッジの交点 (▽) が特徴点として検出される。しかも、この交点は視線の位置によって物体のエッジ上を移動してしまう。従来の我々の方

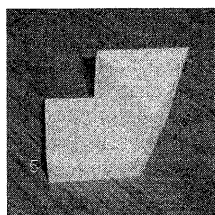


図 1 アスペクト境界による自己遮蔽の例

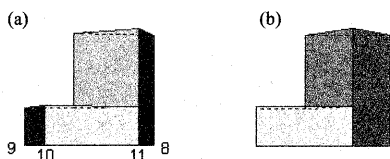


図 2 2 種類のアスペクト境界の例
(a)視線と面が接する場合
(b)視線と辺が一致する場合

法では、移動する交点を特徴点とすることができなかった。しかし、この移動はエッジ上のみで起こる線形的な移動であるため、判定行列を作成すること

が可能である。この判定行列により、画像上のエッジとエッジの交点である擬似頂点も特徴点として判定に用いることができる。このような自己遮蔽は凹の部分を持つ多面体でのみ起こりうる。

上で述べた 2 種類の自己遮蔽を含めた判定行列を作成し、3 種類のモデルを用いた合成画像と実画像による実験の結果を示す。

2 章では、これまでに行われた判定行列の改良と新たに行った改良の 2 つを述べる。3 章では、実験に用いるアスペクトの検出法について述べ、4 章で数値実験による結果を示す。

2. アスペクト判定行列の改良

ここでは、実験に用いた判定行列の改良点について述べる。2.1 ではこれまでに行われた判定行列の改良法について述べる。2.2 ではアスペクト境界について考慮した判定行列の改良法を述べ、2.3 では凹の部分を持つ物体の自己遮蔽に対する改良法について述べる。

2.1. アスペクト判定行列

2.1.1. 直交射影の判定行列

まず直交射影の判定行列の作成法について述べる。この判定行列は直交投影画像を用いて構成するため、透視投影画像を持つ非線形な歪成分が考慮されていない。従って、透視投影画像の判定を行うためには、次の 2.1.2 で述べる改良を加える必要がある。

3D 物体のあるアスペクトを 3 つの異なる視点から観測し、その直交投影画像（基底画像）の正しく対応付けられた N 個の特徴点のベクトルを $\bar{x}_k, \bar{y}_k$ ($k=1,2,3$) とおく。また、平行移動を表す全要素が 1 のベクトルを $\bar{x}_4, \bar{y}_4$ とし、2D 直交投影

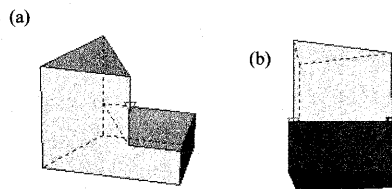


図 3 凹の部分を持つ多面体が起こす自己遮蔽の例
(a)自己遮蔽の例
(b)平行な 2 本のエッジが起こす自己遮蔽の例

画像における特徴点座標のベクトル x, y は次のような線形結合で表される。

$$x = \sum_{k=1}^4 a_k x_k, \quad y = \sum_{k=1}^4 b_k y_k \quad (1)$$

そこで、

$$X_0 = L_x X \quad (2)$$

を考える。ここで、 $X = [x_1, \dots, x_4, x_5, \dots, x_N]$, $X_0 = [0, \dots, 0, x_5, \dots, x_N]$ であり、 $x_1 \sim x_4$ は $\bar{x}_1 \sim \bar{x}_4$ をシュミット正規直交化したもの、 $x_5 \sim x_N$ は乱数からシュミット正規直交化法で生成される。

式 (2) から $N \times N$ の直交射影行列

$$L_x = X_0 X^{-1} \quad (3)$$

を求め、 $L_x x = 0$ か否か、つまり x が L_x の核（零空間）の要素であるか否かにより、観測画像が基底画像と同一アスペクトで正しい対応付けかを判断することができる。

y 座標についても上と同様に L_y を求め、次式を判定基準として用いる。

$$A = \|L_x \hat{x}\|^2 + \|L_y \hat{y}\|^2 \quad (4)$$

ここで、 $\hat{x}, \hat{y}$ は観測画像の特徴点ベクトルに誤差を加えたものである。この判定基準をすべての判定行列について計算し、最小となるものが同一のアスペクトで正しい対応付けと判定できる。

対象物体の 1 面のみが可視で、特徴点座標が 3D 空間を張らない場合は、2 つの基底画像と平行移動成分によって同様に判定行列を構成できる。

対象となる物体の全アスペクトについて、各シルエット画像の外周上の特徴点のみを用いて判定行列を準備しておく。この判定行列と観測画像の特徴点を巡回シフトしながら掛けることで、特徴点の組合せ数なるべく抑えた効率の良い判定を実行できる。

直交射影の判定行列では、透視投影画像の非線形歪やノイズ成分による誤差のため、誤判定が起りやすくなる。この誤判定は次項の判定行列により減少できる。

2.1.2. 一般固有ベクトルによる判定行列

前項で述べた直交射影の判定行列は、透視投影画像の非線形歪について考慮していなかった。ここでは、透視投影画像から推定した非線形歪に

より判定行列を補正する方法を示す。この補正を加えることで、判定の精度をかなり高めることができる。

特徴点の観測誤差 Δx_r にはノイズによるものと透視投影の非線形歪の誤差の 2 種類が考えられる。ノイズによるものは通常無相関かつ均一分布であるが、透視投影の非線形歪の誤差はアスペクト毎に特有であり、各特徴点ごとに不均一な分散と相関を持つ。以下では退化次数が 4 の場合における判定行列の改良法を示すが、退化次数が 3 の場合（1 面のみが可視の場合）も同様に改良できる。

誤差の共分散行列を $R_{\Delta x_r} = E(\Delta x_r \Delta x_r')$ とおき、正定値と仮定する。2 つの行列 $L = L'_x L_x$ と $R_{\Delta x_r}$ に対する一般固有方程式を変形した

$$R_{\Delta x_r} L s_i = \mu_i s_i, \quad (i=1, \dots, N) \quad (5)$$

において、 $\{\mu_i\}$ は非負の一般固有値であり、 $R_{\Delta x_r} L$ の退化次数と同個数の 0 をとる。上式の解 $\{s_i\}$ のノルムを $s_i' R_{\Delta x_r}^{-1} s_i = 1$ により正規化し、縦方向に並べた行列を S とおき、 $T = S^{-1}$ とする。但し、0 固有値に対しては計算精度が低く、複素共役の一般固有値・固有ベクトルが数値計算上得られる場合も多い。その場合は補正を要する。 T と S により、 $R_{\Delta x_r}$ と L はそれぞれ

$$T R_{\Delta x_r} T' = I \quad (6)$$

$$S' L S = \text{diag}(\mu_1, \dots, \mu_{N-4}, 0, 0, 0, 0) \quad (7)$$

となる。 $\text{diag}(\cdot)$ は対角行列、 I は単位行列を表す。さらに、式(7)より

$$L = T' \text{diag}(\mu_1, \dots, \mu_{N-4}, 0, 0, 0, 0) T \quad (8)$$

となる。ここで、式(6)のように無相関化・正規直交化された誤差は等しい重みで評価した方がよいので、式(8)の非零の一般固有値をすべて 1 に置換し、

$$\tilde{L} = T' \text{diag}(1, \dots, 1, 0, 0, 0, 0) T \quad (9)$$

のように変形する。さらに $\tilde{L} = \tilde{L}'_x \tilde{L}_x$ とおけば、

$$\tilde{L}_x = \text{diag}(1, \dots, 1, 0, 0, 0, 0) T \quad (10)$$

が改良された判定行列となる。 $\tilde{L}_x$ によって誤判定率が減ると共に、演算量も減らすことができる。実験にはこの一般固有ベクトルによる判定行列を用いる。

2.2. アスペクト境界の判定行列

ここでは、アスペクトの境界を考慮に入れた判定行列を作成するための方法を述べる。本論文では2種類のアスペクト境界を考慮した判定行列を作成し、これを従来の判定行列に追加して使用する。

実画像から特徴点を抽出する際、特徴点の抽出に失敗することがしばしば問題となる。例えば、図1のような実画像では頂点5が検出され難い。この状態が起こる原因の1つが、視線と物体の面が平行に近い状態にあるからである。図では頂点5を含む左側の面が視線と平行に近い状態にある。この状態が面の可視・不可視が切り換る、アスペクトの境界である。図4にアスペクトの境界の例を示す。図(a)では不可視の面が図(c)では可視に切り換っている。この2つのアスペクトが切り替わる状態がアスペクト境界の図(b)である。

上のアスペクト境界は、次の2種類に分類できる。まず1つ目は、視線と面が接し、その面の可視、不可視が切り換る場合である。2つ目は物体の辺と視線が一致し、複数のアスペクトが切り換る場合である。それぞれの例を図2(a)と(b)に示す。この2種類のアスペクトを従来のアスペクトに追加し、その判定行列を準備する。

アスペクトの境界を検出する際に注意しなければならないのは、そのアスペクト境界が新しい特徴点对応を持つかどうかである。本判定行列では、物体のシルエット画像の外周頂点を用いて判定行列を構成する。

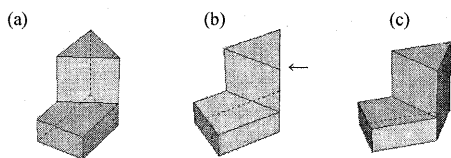


図4 アスペクト境界

- (a) 右側の面は不可視、
- (b) 右側の面の可視・不可視が切り換る境界
- (c) 右側の面は可視

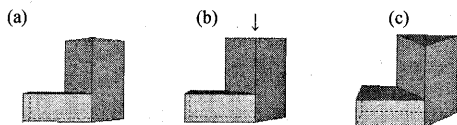


図5 考慮しないアスペクト境界の例

- (a) 一番上の面は不可視、
- (b) 一番上の面の可視不可視が切り換る境界
- (c) 一番上の面は可視

しかし、アスペクト境界となる面の中にある頂点は検出し難いことが多いので、このような頂点は無視して考える。図4(b)では矢印に示す頂点が検出し難いため、この頂点は無視して判定行列を構成する。従って、面が不可視の場合と同じ外周頂点を持つものが存在する。例えば、図5の一番上の面のような3角形の面の場合、図(b)の矢印の頂点は無視するため、面が不可視の場合とアスペクト境界の場合の外周頂点の対応が同じ値を取る。このような場合はアスペクト境界を新しいアスペクトとしない。

2.3. 凹の部分を持つ面体の自己遮蔽

さらに、凹の部分を持つ多面体が起こす自己遮蔽を考慮した判定行列の作成法を述べる。特徴点の動きが線形であれば、これまでの手法を拡張することで判定行列を作成することが可能となる。

凹の部分を持つ多面体では図3に示すような自己遮蔽が起こり、画像上のエッジとエッジの交点(▽)が特徴点として検出される。しかも、この交点は視点の位置により画像のエッジ上を移動してしまう。本判定行列はシルエット画像の外周上の頂点の特徴点とするため、これまでの方法では画像上のエッジの交点である擬似頂点を利用できない。しかし、この交点の動きが直線的、つまり線形的な動きであることに着目し、判定行列を構成した。

一般の多面体にかかる自己遮蔽では、自己遮蔽が起こった点の数だけ自由度が増える。但し、図3(b)のように平行な2本のエッジが自己遮蔽を起こしている場合、線形従属性により自由度は1しか増えない。判定行列は自由度が増えた数だけ基底画像を増やす必要がある。

従来の判定行列における基底画像の枚数は3枚であった。凹の部分を持つ多面体の自己遮蔽における基底画像の枚数 M は、これに自由度が増えた数(自己遮蔽の数)を加えた数となる。

判定行列 L_x, L_y を構成するため、特徴点の数 N と基底画像の数 M は $N > M$ でなければならない。しかし、自己遮蔽の数が増えると同じように特徴点の数も増えるため、 $N > M$ の関係は普通満たされる。

このようにして構成した直交射影行列に2.1.2項で述べた改良を行い一般固有ベクトルの判定行列を構成する。

3. アスペクトの検出法

ここでは、実験に用いる物体からアスペクトを検出する方法を述べる。3.1ではアスペクトの境

界を含む場合のアスペクトの検出法を述べ、3.3では凹の部分を持つ多面体におけるアスペクトの検出法を述べる。

3.1. アスペクト境界における検出法

初めに、アスペクトの境界を考慮した場合のアスペクトの検出法について述べる。まず従来の判定法における検出法について述べ、その後にアスペクトの境界を検出するために行った改良法を述べる。

3D モデルを座標の原点に置き、半径 $R[\text{cm}]$ の観測球面上の十分多数の観測点から原点方向に向けて透視投影画像を生成する。この画像の可視面を調べてアスペクトを求める。半径 R は 28cm から 125cm まで5段階で動かした。

従来の方法ではアスペクトの分類のため、物体の面を可視と不可視で分けていた。これにアスペクトの境界を含めるため、物体の面が視線と平行である場合を新たに加え、面の見えを3つに分類することにした。本論文では、処理の簡潔化のために次の2種類の方法でアスペクト境界を検出した。

まず1つ目は、視線と物体の面が接する場合のアスペクトの検出法である。視線と物体の面が接する場合を探すため、物体の面を観測球の赤道平面上に回転・平行移動した。その後、カメラを赤道上で動かし、視線と物体の面が接する状態にあるすべてのアスペクトを検出することができた。この処理を物体のすべての面について、観測球の半径を動かしながら実行する。

次に、視線と物体の辺が一致する場合のアスペクトの検出法を示す。上と同様に、物体の辺を赤道平面上に回転・平行移動する。その後、物体の辺と観測球が交わる2点に置いたカメラから画像を生成し、アスペクトを分類した。この処理も同様に物体のすべての辺について観測球の半径を動かしながら実行する。

従来の方法に上記の2種類の方法を加えて、アスペクトの境界を含むすべてのアスペクトを検出することができた。但し、アスペクトの境界を含むのでアスペクトの総数は従来よりも大幅に増す。

3.2. 凹の部分を持つ多面体における検出法

次に、凹の部分を持つ多面体におけるアスペクトの検出法について述べる。検出法は従来のものと変わらないが、自己遮蔽を含んでいる場合についてのみ新たに考慮する必要がある。

凹の部分を持つ多面体におけるアスペクトの検出法も従来と同様の方法で透視投影画像を生成

し、その可視面を調べてアスペクトを分類する。但し、自己遮蔽を含むアスペクトについては次のことを考える。

自己遮蔽を含むアスペクトでは、どのエッジとエッジが交差しているかを判定する。それから交点を検出し、物体の特徴点座標と共に判定行列を構成する。

4. 数値実験

ここでは数値実験の結果を述べる。4.1で実験に用いたモデルの形状を述べ、4.2では2.1.2項で示した改良を施すために必要な誤差の共分散行列の作成方法を述べる。4.3で合成画像による実験の結果、4.4では実画像による実験の結果を示し結果を考察する。

4.1. 実験に用いたモデル

まず、実験に使用したモデルの形状について述べる。本論文の実験には3種類のモデルを使用した。このモデルから前章の方法でアスペクトを検出し、その判定行列を作成する。

図2と図6(a),(b)に示すモデルを順番にモデル1,2,3と呼び、合成画像と実画像を用いた実験について述べる。モデル1と2は凹の部分を持つ多面体である。そのため、アスペクト境界を含む2種類の自己遮蔽が起こる。モデル3は凸多面体である。こちらはアスペクト境界の自己遮蔽のみ起こる。これらのモデルは、異なる視点から異なるアスペクトを得るために、なるべく非対称で特殊な形状とした。

例えば、対称な立方体を考える。この立方体の面を区別しない場合アスペクトの数は3である。しかし、面を区別するとアスペクトは26となる。実画像を扱う計算機視覚においてこれを区別することは難しい。

実験に用いた各モデルの実寸法とその頂点、面、辺の数を表1に示す。また、実験に用いた各モデルのアスペクトの総数を表2に示す。

4.2. 誤差の共分散行列の計算

次に、2.1.2項で述べた改良法に必要な誤差の共分散行列の作成法について述べる。

半径 $r=35[\text{cm}]$ の球面上に中心角を4度間隔で約2600個の視点を置き、各視点においてロール角を $\pi/16[\text{rad}]$ 間隔で32通りつけ、透視投影画像を合成する。その特徴点座標に直交射影行列 L を掛けて誤差を求め、アスペクト毎にその平均を求めた。その平均の誤差に、ノイズによる均一分散の無相関誤差成分として3画素相当の定数を

加え、 $R_{\Delta r}$ の推定とした。

さらに、上で観測できなかったアスペクトについては、 $r=28$ の観測球で同様に $R_{\Delta r}$ を推定する。それでも観測されないアスペクトについては無相関成分のみとした。

4.3. 合成画像による実験

ここでは、合成画像による実験の結果を示す。まず実験用の画像の作成法について述べる。それから実験の結果を示し、その結果を考察する。

実験用の画像は次のように合成する。半径 $r=28, 35, 80, 135$ [cm] の 4.2 と同様に置いた約 2600 個の視点について、その緯度と経度にそれぞれ分散 0.5 度の無相関正規乱数を加え、ロール角を $[0, 2\pi]$ の一様乱数で与えて透視投影画像を合成する。但し、カメラの焦点距離 f を $f=1/r$ として、 r によらない画像のサイズを得た。その外周頂点 N 個の座標を求め、0 から 3 画素相当 (全画面 640×480) の標準偏差の無相関正規乱数を加えて特

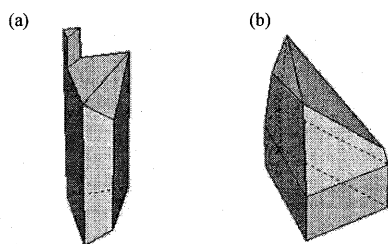


図6 実験に用いたモデルの合成画像
(a)モデル2, (b)モデル3

表1 実験用モデルのパラメータ (長さの単位は [cm])

	model 1	model 2	model 3
最大/最小の奥行	4/4	4/2	6/2
高さ	6	12	6
幅	7	5	9
頂点数	11	12	12
面の数	8	9	11
辺の数	15	19	21

表2 物体から検出されたアスペクトの総数

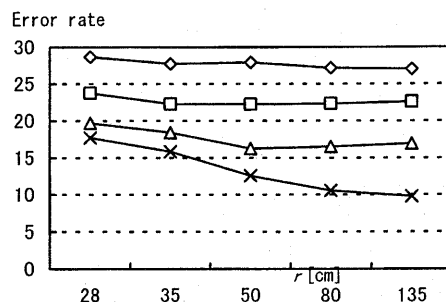
	model 1	model 2	model 3
アスペクト境界を含まず	70	94	129
アスペクト境界上	104	158	199
総数	174	252	328

徴点座標とした。また、実験すべてのアスペクトについて予め判定行列を準備しておく。

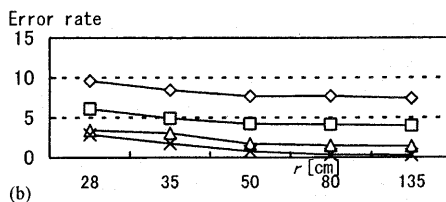
各観測画像について、その外周頂点数 N と同じ大きさを持つ $N \times N$ の判定行列をすべて掛け、2章で示した判定基準 A を求める。その最小値から2個を記録する。図7に実験の結果を示す。図(a)は A の最小値が正答でないときの、図(b)は最小値から2個までに正答を含まないときの誤判定率を示す。グラフの各点は、各モデルを全周囲から見た約 2000 枚、合計約 6000 枚の合成画像に関する平均値である。

図より、透視投影の非線形歪と付加ノイズが大きいほど誤判定率が増える。また、図(b)の誤判定率は図(a)に比べて $1/3$ 以下に大幅に減少している。この理由は、ある画像とその鏡像における不確定性 (視覚の Necker 反転に相当) のために、判定基準 A の最小値とその次の値が非常に近い値をとり、正答が第2位の最小値になることが少なくないためである。

この不確定性を 2.1.1 の直交射影行列は原理的に判別できない。しかし、2.1.2 の改良を施した一般固有ベクトルの判定行列ならば、透視投影の非線形歪とカメラ距離の情報により、ある程度判別可能となる。



(a)



(b)

図7 一般固有ベクトルを用いた判定行列による誤判定率
特徴点に付加した正規分布ノイズの標準偏差 (画素相当) 3 (◇), 2 (□), 1 (△), 0 (×)
(a) 判定基準の最小値のみを正答とする場合
(b) 第2位の最小値まで正答とする場合

誤判定率の実用的な範囲を仮に 4%以下とすると、図(b)ではノイズ 1 画素以下で実用的といえる。また、凹の部分を持つ多面体の起こす自己遮蔽も正しく判定することができた。だが、合成画像の実験ではすべての頂点が検出可能であるため、アスペクトの境界の判定実験はできない。そこで、次の節では実画像による実験結果を示す。

4.4.実画像による実験

次に、実画像による実験の結果を示す。実験には図 8(a), 9(a), 10(a)に示す 3 つの紙製の模型を使用し、それぞれの物体を約 35cm の距離からカメラで撮影し、手動でシルエット外周特徴点座標を求めた。画面上でマウスを用いて特徴点を指定するため、ランダム誤差成分の標準偏差は 1 画素程度であると思われる。

それぞれのモデルを 10 枚ずつ撮影した計 30 枚の画像による実験の結果を表 3 に示す。すべての画像に対して、判定基準 A が最小から 2 つ目までに正しい結果を得られた。また、アスペクト境界を含む場合の結果と凹の部分を持つ多面体の自己遮蔽を含む結果をそれぞれ図 7, 8, 9 に示す。

図 8 はアスペクトの境界上の実画像による実験の結果である。図(a)の矢印を含む面が視線と接しているため、矢印の頂点は検出できなかった。この画像から判定基準 A を求め、最小値として得られたアスペクトの合成画像が図(b)である。結果の合成画像でも図(a)の矢印と同じ頂点を含む面が視線と接している。

図 9 は凹の部分を持つ多面体で、3 つの自己遮蔽が起きている場合である。2.3 節で述べたように、平行な 2 本のエッジが自己遮蔽を起こしている場合ならば自由度は 1 しか増えないが、図(a)の自己遮蔽は平行なエッジが起こすものではないため、自由度が 3 増えている。この画像を用いて判定し、 A の最小値として得られたアスペクトの合成画像が図(b)である。図(b)でも図(a)と同様の 3 つの自己遮蔽が起き、同じ面が見えていることが分かる。つまり、本判定行列は自由度が増えた場合でも正しく判定が行える。

さらに、図 10 では凹の部分を持つ多面体でアスペクト境界と自己遮蔽が同時に起きている場合を示す。図(a)では矢印の頂点を含む面と視線が接し、物体の上部では凹の部分による自己遮蔽が 2 箇所で起こっている。この画像による判定結果 A が最小となるアスペクトの合成画像を図(b)に示す。図(b)でも図(a)と同様に下の面が視線と接し、上部では 2 箇所の自己遮蔽が起きている。すなわち、2 種類の自己遮蔽を同時に含む場合でも正しく判定することができた。

表 3 実画像による実験結果 (30 枚使用)

	判定基準の最小値	第2位
正答数	24	6

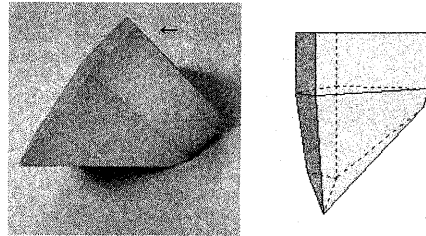


図 8 アスペクト境界上のアスペクト

- (a)実画像
(b)A の最小値として得られたアスペクト
(合成画像)

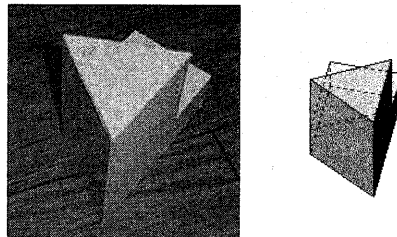


図 9 凹の部分を持つ多面体で 3 つの自己遮蔽が起きている場合

- (a)実画像
(b)A の最小値として得られたアスペクト
(合成画像)

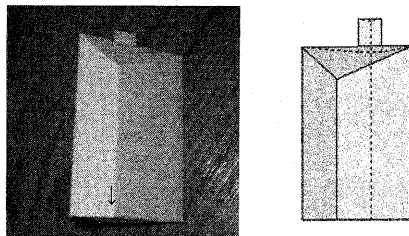


図 10 凹の部分を持つ多面体に起こる自己遮蔽とアスペクト境界が同時に起こる場合

- (a)実画像
(b)A の最小値として得られたアスペクト
(合成画像)

5.まとめ

3D モデルベースビジョンにおける単眼視画像からアスペクトと特徴点对応を効率良く決定する方法に、行列を用いるものがある。本論文ではこの行列を 2 種類の自己遮蔽に対して拡張する方法を提案し、その有効性を実験的に明らかにした。多数の合成画像と実画像を用いた結果、ノイズがあまり大きくない場合について、本判定行列は有効である。

今後は、本判定行列に観測誤差の縦横座標間の相関を含め、観測画像の縦横座標を同時に判定する行列を構成する。さらに、より多くのモデルを用いた実験を繰り返し、本判定行列の有効性とその精度を高めていく予定である。

[文 献]

- 1) I.Weiss and M.Ray, "Model-Based Recognition of 3D Objects from Single Images," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. , vol.23, no.2, pp.116-128
- 2) 山根, 泉, 福永, "モデルベースに基づく物体の位置・姿勢推定", 信学論 (D-II) ,J79-D-II,2,pp-165-173 (Feb. 1996)
- 3) 坂本, 井上, 川上, 秦野, "アスペクト判定行列を用いた単一画像への 3D モデル当てはめ", 信学論 (D-II) ,J82-D-II,11,pp-2165-2168 (Nov. 1999)
- 4) 坂本, "行列によるアスペクト判定法の改良", 信学論 (D-II) ,J83-D-II,2,pp-645-652 (Feb. 2000)
- 5) 洪, 川嶋, 山本, 青木, "回転行列の正規直交性拘束を用いた多面体物体の同定", 信学論 (D-II) ,J72-D-II,3,pp-404-415 (Mar. 1989)