

〔公 開〕

TR-C-0113

安定姿勢における
形状対称性を用いた
能動的3次元形状推定

西村 憲吾 田中 弘美 吉田 和憲 大谷 淳
Kengo NISHIMURA Hiromi TANAKA Kazunori YOSHIDA Jun OHYA

1 9 9 5 3 . 2 0

ATR通信システム研究所

安定姿勢における形状対称性を用いた 能動的 3次元形状推定

西村 憲吾[†] 田中 弘美[†] 吉田 和憲^{††} 大谷 淳^{††}

[†]立命館大学工学部情報工学科 ^{††}ATR 通信システム研究所

1995年3月20日

Active Shape Inferring Based on the Symmetry in a Stable Pose

Kengo NISHIMURA[†] Hiromi TANAKA[†]

Kazunori YOSHIDA^{††} Jun OHYA^{††}

[†]Department of Computer Science, Ritsumeikan University

^{††}ATR Communication Systems Research Laboratories

March 20, 1995

あらまし

本論文では、能動視覚システムを用いて物体形状再構成のために必要な複数視点からのシルエット像を自動的に獲得し、それらの像より未知物体の3次元形状を自動的に再構成する手法を提案する。

本手法では、対象となる物体を人工物に限定することにより、人工物の多くに見られる重力の下での安定姿勢に着目し、物体の面对称性を仮定する。その仮定を用いて、まず画像上の物体のシルエットから重心を求め、それを通る対称軸を推定する。そして、推定された対称軸と画像を獲得した視線方向とから対象となる物体の対称面を求めて、それより次に観測する視点を決定する。以上のプロセスを再帰的に実行し、対称軸推定時に得られたシルエットから物体形状の再構成をオクトツリー表現を用いて行なう。本手法によって3次元物体形状の観測・推定を効率的・能動的に行なえることを示している。

目次

あらまし	i
目次	ii
1 はじめに	1
2 本研究のアプローチ	3
2.1 安定姿勢における対称性に対する仮定	3
2.2 本システムの構成	4
3 本研究のアルゴリズム	5
4 物体の観測	6
4.1 重心の推定	6
4.2 対称軸の推定	7
4.3 対称面の推定に基づく視点の選択	9
4.4 再帰処理	11
5 形状の推定	12
5.1 形状推定の手法	12
5.2 オクトツリー表現	13
6 実験	14
6.1 パンチ	15
6.2 帆船	18
7 結論	21
7.1 問題点	21
7.2 今後の方針	21
謝辞	22
参考文献	23

1 はじめに

近年、3次元物体の設計工程にCADを導入して省力化を推進し、生産性を向上させようとする動きがあらゆる産業において活発である。また、図1に示すようなバーチャルリアリティを適用した「臨場感通信」[1]の研究が進展している。これは、コンピューター内に臨場感のある3次元仮想空間を構築し、その仮想空間を遠隔地にいる複数の人々が共有することにより、あたかも一堂に会する感覚をもってコミュニケーションを図ったり、協調作業を行おうとするものである。このバーチャルリアリティは、近年飛躍的に発展を遂げたコンピューターグラフィックス(CG)の描画機能を用いて実現されており、仮想空間を構成する対象物体の形状モデルはCAD技法を用いて作成されている。そこで、対象物体のCAD形状データをどのように効率よく獲得し、入力するかが重要な課題である。

対象物体が実在している場合のデータ入力方法は、その寸法を計測してキーボードから入力したり、3次元ディジタイザ(座標読み取り装置)による方法があげられる。また、正視投影図によって物体が表現されている場合は、キーボードによる入力や、平面ごとに2次元のディジタイザによって入力する方法をとることが多い。このように、従来のCADを用いたモデリング法では形状が既知の単純な物体しか扱いにくいために、自由曲線によって構成される複雑な立体である場合は、その3次元形状を観測データから自動的に生成する方法が必要とされている。

そこで、本論文では形状再構成のために必要な複数視点からのシルエット像を自動的に獲得し、それらのシルエット像より3次元物体形状を自動的に再構成する手法を提案する。

本手法では、対象となるシーンは室内であり、その内部にある物体が対象となる。物体は人工物が多く、それらは安定に存在している。また、人工物は多くが何らかの機能を果たすことを目的として作られている。人工物はその機能を果たす際、対称性が重要となってくる。なぜなら、対称性を持つ物体はその対称軸に平行な力を加える際に、最も効力を発揮すると考えられるからである。よって、物体の対称性に注目し、物体の画像を獲得する視点を対称性に基づいて自動的に導き出す。次に、ロボットアームの先端に取り付けられたCCDカメラをロボットアームを動かすことによって、導き出された観測点での物体の画像を獲得する。最後に、対象となる3次元物体を、獲得されたいくつかの画像からオクトツリーモデルによって再構成する。

本研究に関連する研究として、三面図からの3次元物体の構成の研究があり、安居院[2]や千田[3]によっていくつかの有効な手法が提案されている。安居院の手法は物体画像の領域分割を行わなければならないが、本手法ではシルエットを用いるので内部の領域分割が行えない。また、3面図を入力しなければならないので手間がかかる。

このように、従来の手法のほとんどが多面体の入力方法であることや、三面画を入力する必要がある。しかし、本手法では物体が存在しているならば、多面体に限らず自由曲線で表された物体でも利用可能であり、三面図を入力する手間をかけずに3次元物体の再構成を行なうことができる。

本論文の構成として第2章に本研究のアプローチ、第3章に物体の観測に関する手法、第4章に形状に推定に関する手法、第5章で実験について、第6章で結論について述べる。

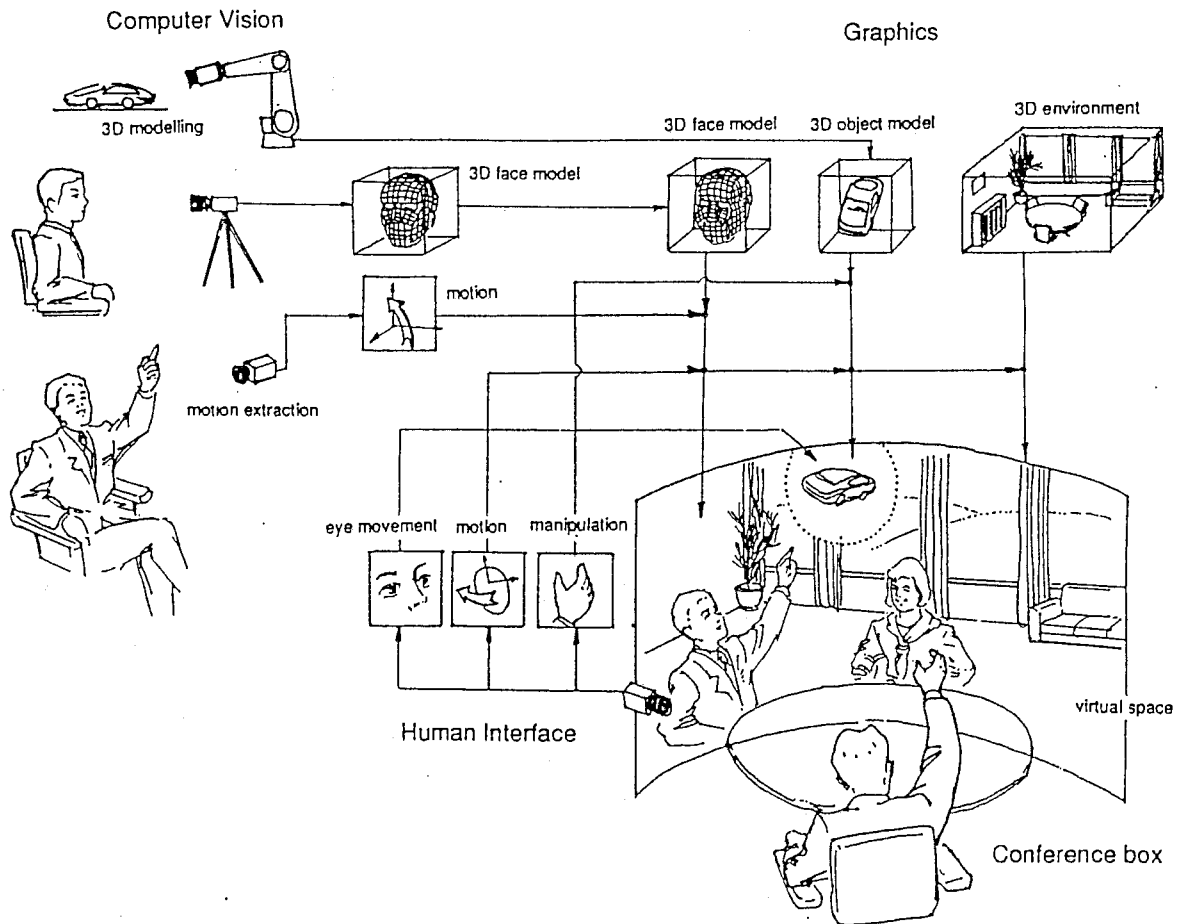


図 1: 臨場感通信の例

2 本研究のアプローチ

2.1 安定姿勢における対称性に対する仮定

本研究では対象となるシーンは室内でありその内部に多く見られる人工物が対象となる。

人工物は人間が使う道具として何らかの機能を果たすものであると考えられる。その際に、物体の安定性というものが問題となってくる。道具として使う場合には水平な台の上で使用することが多いと考えられ、その際に安定姿勢をとれないものは非常に使いづらいからである。よって対象となる人工物は安定姿勢をとるものと考えられる。

人工物がその機能を果たす際、対称性も問題となる。対称性を持つ人工物を道具として利用する際には、その対称軸に平行な方向に力を加えることが多い。なぜなら、その方向に力を加えることがもっとも効率が良いからである。よって本研究では物体の対称性に注目する。

また、対象となる人工物は比重が均一で内部に空洞がない構造をしているとする。その際、物体を構成する微小部分には、ある一定の重力が作用する。これらの合力の作用線は物体の姿勢を変えても常に物体のある一点を通る。この点を物体の重心という。このように、重心は物体の全質量が一点に集中したと考えてよい。

これらのことより本研究を行なうにあたって、安定姿勢において物体が対称性をとることが多いこと、安定姿勢は重力に対してとられることから本手法では、少なくとも物体の持つ1つの対称面は重力方向を含み、重心を通る面であるという仮定をおく。この仮定により、まず、重力方向に対して1次独立な方向から物体を観測し、その方向での物体のシルエットの対称軸を求めることにより、最初の対称面の推定を行ない、その後再帰的な処理を適用する。そのため、推定された対称軸の重力方向に対する1次独立性の評価の必要のない、鉛直上方から物体を観測する。図2に実際の物体の例を示す。

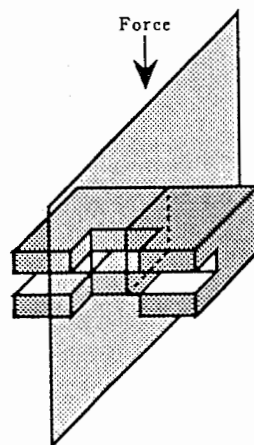


図 2: 対称性に対する仮定

2.2 本システムの構成

本システムは制御部、能動的3次元形状獲得部、および表示部から構成される。

制御部では、能動的3次元形状推定部で求められた位置へロボットアームを移動させ、CCDカメラで画像を獲得する。

能動的3次元形状推定部では、制御部で獲得された画像を二値化により処理し、対象物体の対称軸を導き出すことにより次の観測点を決定し、制御部に位置を送る。また、獲得された対象のシルエットより物体の3次元形状を推定する。

表示部は、能動的3次元形状推定部で推定された対象の3次元形状を表示する。

全体のシステムの構成を図3に示す。

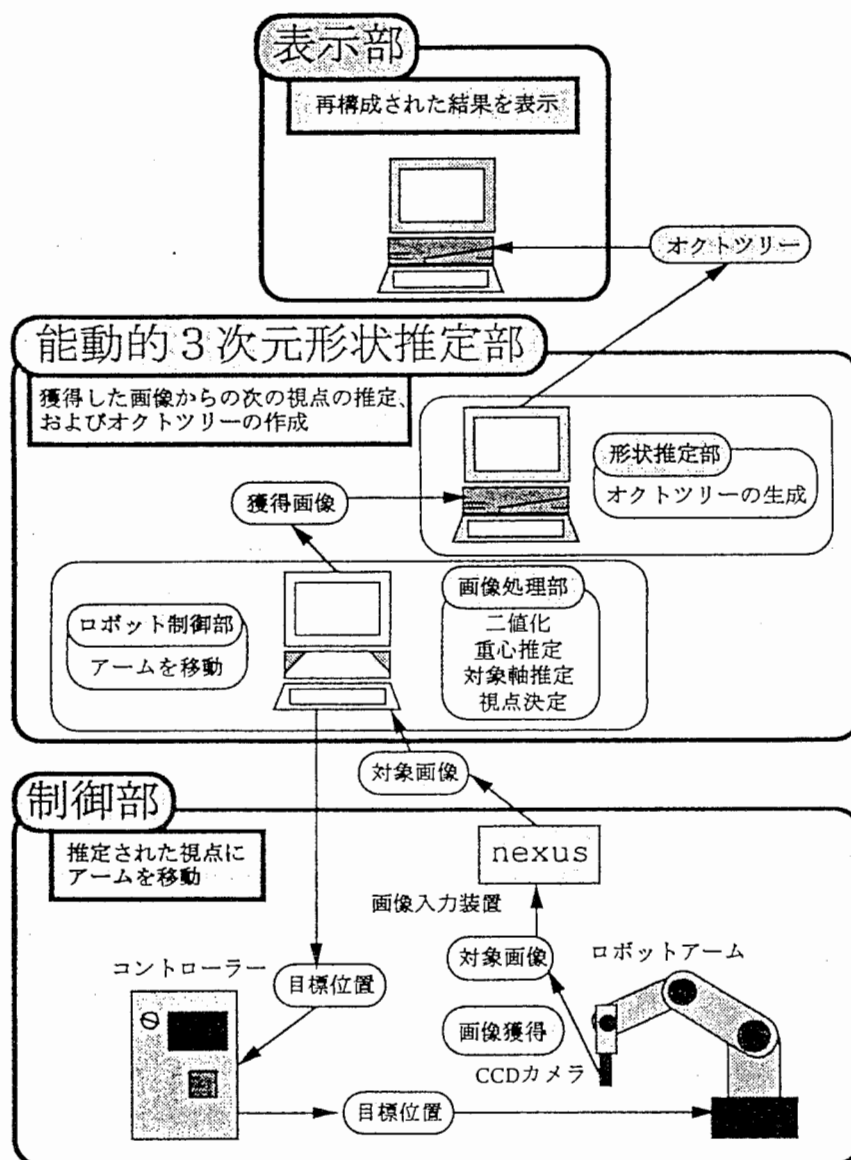


図3: システム構成

3 本研究のアルゴリズム

2.1節で述べたように、物体の安定姿勢における面对称性の仮定より、まず物体の鉛直上方から画像を獲得する。その画像に2値化を施し、物体のシルエット像を抽出した後に、対象物体の画像上の重心と対称軸を導き出す。以上により、次の視点を前後左右の4点決定する。それらの視点において重複しない点が無くなるまで、同じ操作を再帰的に繰り返す。得られた画像より、対象物体の3次元形状を推測する。

本研究のアルゴリズムを図4に示す。

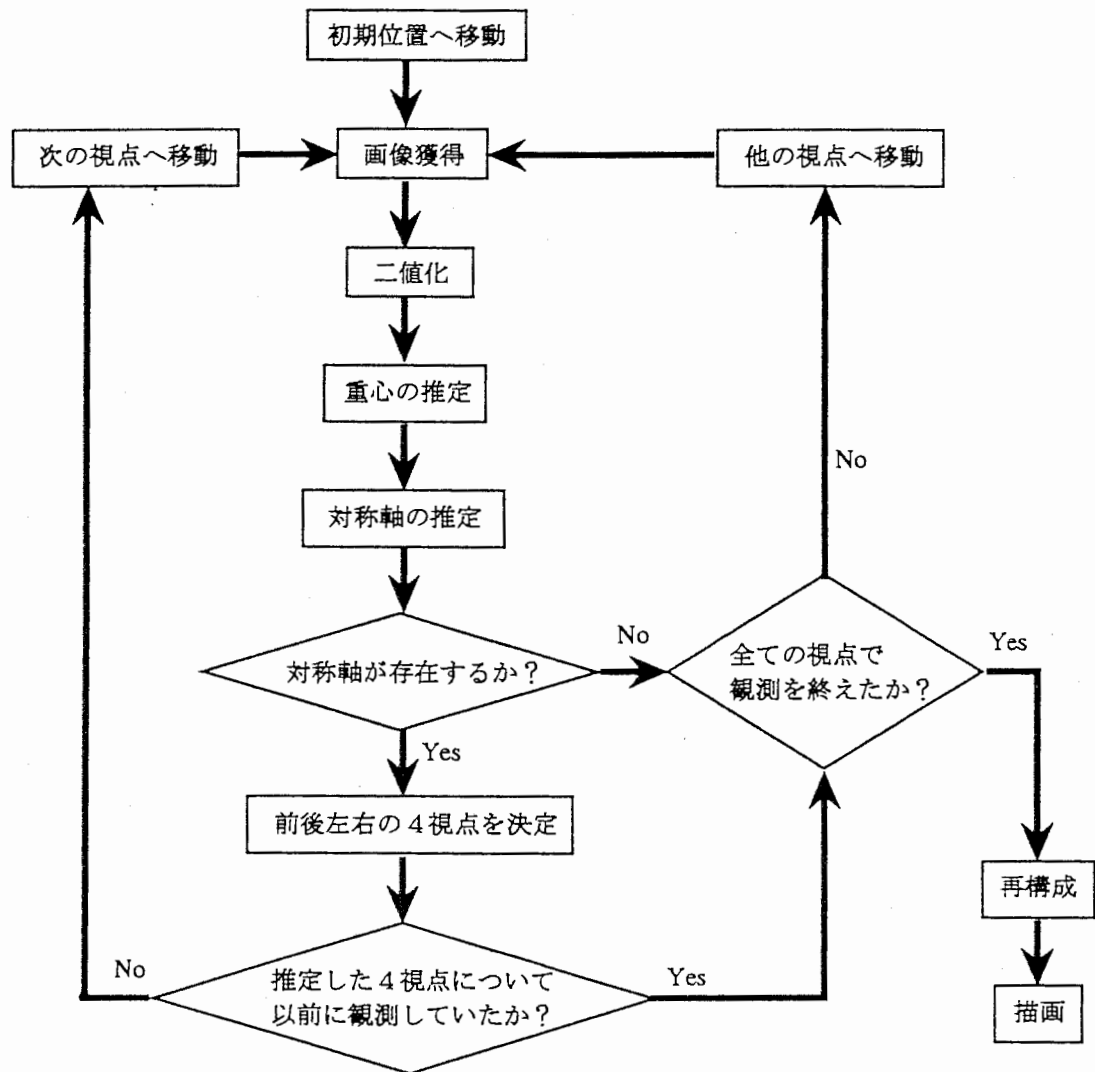


図4: 本研究のアルゴリズム

4 物体の観測

4.1 重心の推定

与えられた物体画像 $f(x,y)$ の各点 $x = (x,y)$ における画素値を、 x における対象物体の質量とすると、その重心 $G = (\bar{x}, \bar{y})$ は式(1)、式(2)のように表される。

$$\bar{x} = \iint x f(x,y) dx dy / \iint f(x,y) dx dy \quad (1)$$

および

$$\bar{y} = \iint y f(x,y) dx dy / \iint f(x,y) dx dy \quad (2)$$

いま、物体を空洞のない均質な物質から成ると仮定する。したがって、物体領域 S 内、物体領域 S 外の画素値をそれぞれ 1、0 と 2 値化した画像を用いて重心を推定できる。また、デジタル画像においては $x = (x,y)$ が離散値であるため、式(1)、式(2)の積分は、以下の式(3)、式(4)の総和計算で近似される。よって、 S の重心 $G = (m_x, m_y)$ は式(3)、式(4)で近似される。

$$m_x = \sum \sum x S(x,y) / \sum \sum S(x,y) \quad (3)$$

および

$$m_y = \sum \sum y S(x,y) / \sum \sum S(x,y) \quad (4)$$

つまり、領域 S 内の各点 x の x,y 座標の総和を S 内の総点数で割った値となる。

図5に重心の推定の例を示す。

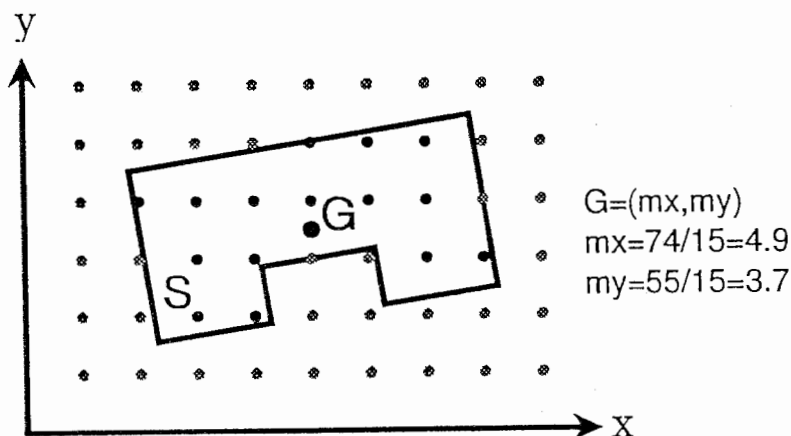


図5: 重心の推定

4.2 対称軸の推定

4.1節で求めた、物体領域 S の重心 $G = (mx, my)$ を通過する対称軸を求める。

重心 G を通る直線 $(y - my) = (x - mx) \tan \theta$ についての領域 S の慣性モーメント m_θ は式(5)で表される。

$$m_\theta = \iint ((x - mx) \sin \theta - (y - my) \cos \theta)^2 S(x, y) dx dy \quad (5)$$

ただし、 θ は x 軸に対する角度である。ここで、 S を重心のまわりに角度 ψ だけ回転するとき、回転された S に対する $m_{\theta+\psi}$ はもとの S に対する m_θ と同じであり、 θ_0 が m_θ を最小とする角度であれば直線 $(y - my) = (x - mx) \tan \theta_0$ は S の慣性主軸となる。

θ_0 は以下のようにして求められる。まず、

$$\left. \begin{aligned} m_{xx} &= \iint (x - mx)^2 S(x, y) dx dy \\ m_{xy} &= \iint (x - mx)(y - my) S(x, y) dx dy \\ m_{yy} &= \iint (y - my)^2 S(x, y) dx dy \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

とすると

$$m_\theta = m_{xx} \sin^2 \theta - 2m_{xy} \sin \theta \cos \theta + m_{yy} \cos^2 \theta \quad (7)$$

が成り立つ。次に m_θ を最小にする θ_0 を求めるに、 θ についての一次微分値を 0 とする。

$$2m_{xx} \sin \theta_0 \cos \theta_0 - 2m_{xy} (\cos^2 \theta_0 - \sin^2 \theta_0) - 2m_{yy} \cos \theta_0 \sin \theta_0 = 0 \quad (8)$$

これより

$$\tan^2 \theta_0 + \frac{m_{xx} - m_{yy}}{m_{xy}} \tan \theta_0 - 1 = 0 \quad (9)$$

となる。これより $\tan \theta_0$ は式(9)の2次方程式の解として求まる。よって θ_0 は式(10)で表される。

$$\theta_0 = \tan^{-1} \left\{ \frac{-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 + 4}}{2} \right\} \quad (10)$$

ただし、

$$\alpha = \frac{m_{xx} - m_{yy}}{m_{xy}}$$

また、連続値の積分は離散値の総和で表されるので、式(6)は式(11)で近似される。

$$\left. \begin{aligned} m_{xx} &= \sum \sum (x - mx)^2 S(x, y) \\ m_{xy} &= \sum \sum (x - mx)(y - my) S(x, y) \\ m_{yy} &= \sum \sum (y - my)^2 S(x, y) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

このとき、重心 G を通る傾き θ_0 の直線 l' 、もしくは G を通りこれに垂直な直線 l'' のいずれかが領域 S の対称軸 l となる。これを調べるために、もとの画像と、画像をそれぞれの直線の回りに反転させた画像との差分をとり、それを対称性の尺度として用いる。この値が十分小さい時、その軸を対称軸と推定する。

対称軸推定の例を図6に示す。

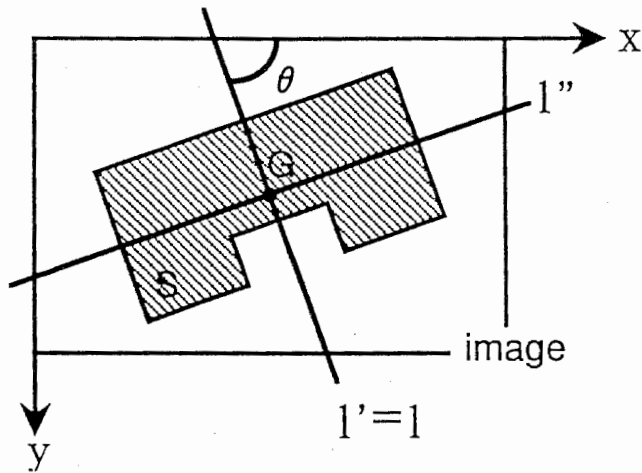


図6: 物体のシルエットに基づく対称軸の推定

4.3 対称面の推定に基づく視点の選択

4.2節で視点 v_i 方向からの観測画像における対称軸を得た後、 l_i を含む対称面 P_s の推定を行なう。次に、 P_s に対する物体形状の対称性を観測するために、 P_s 平面上の直線で相対する前後2点と、 P 平面に直交する一直線で相対する左右2点の計4点を次の観測点として選択する。

まず、物体の安定姿勢を支える、物体の重心を通り重力方向を含む対称面を推定するために、物体を鉛直上方から観測する。画像を獲得した視点を U_i とおき、観測・画像処理の結果、決定される4つの視点を各々 X_{front} , X_{rear} , X_{right} , X_{left} とする。また、鉛直上方から観測した画像 I_{top} の物体領域 S_{top} の重心点と物体を置いた水平面の交点を注視点 P とした。

画像を獲得した視点 $U_i = (u_x, u_y, u_z)$ から、決められた注視点 P を見た視線ベクトルを $v_i = (-u_x, -u_y, -u_z)$ とし、重力方向のベクトルを $g = (0, 0, -1)$ とする。この二つのベクトル g と v_i との外積によって、 g と v_i に垂直なベクトル v_x が式 (12) のように求められる。また、 v_i と v_x との外積によって、 v_i と v_x に垂直なベクトル v_y が式 (13) のように求められる。

$$v_x = g \times v_i = \frac{1}{\sqrt{u_y^2 + u_z^2}} (-u_y, u_z, 0) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} v_y &= v_i \times v_x \\ &= \frac{1}{\sqrt{(u_x^2 + u_y^2)(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2)}} (-u_x u_z, -u_y u_z, u_x^2 + u_y^2) \end{aligned} \quad (13)$$

これによって U_i の地点における v_i に垂直な平面を図7のように定義することができる。

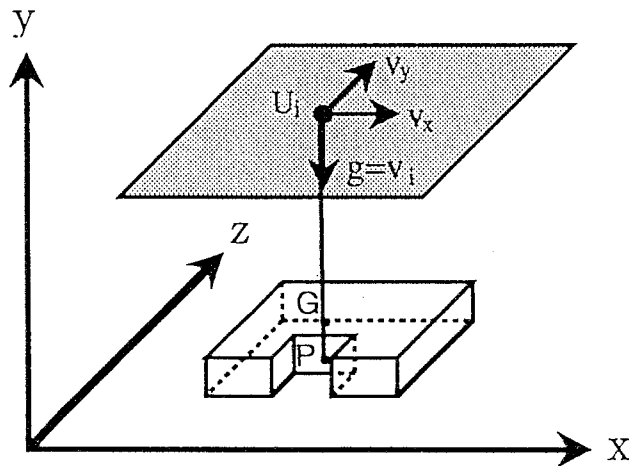


図7: U_i における v_i に垂直な平面

また4.2節で求めた対称軸の角度 θ_0 を用いることにより、視点 U_i から観測した際の U_i に垂直な平面上での対称軸の方向ベクトル l とそれに垂直な方向ベクトル n を式(14)、式(15)のように表される。

$$l = v_x \cos \theta_0 + v_y \sin \theta_0 \quad (14)$$

$$n = v_i \times l / \|v_i \times l\| \quad (15)$$

これより、ある視点 U_i からベクトル v_i で観測した際に、次の視点 $X_{front}, X_{rear}, X_{right}, X_{left}$ における視線方向ベクトル $v_{front}, v_{rear}, v_{right}, v_{left}$ が式(16)、式(17)のように表される。

$$v_{front} = -v_{rear} = -l \quad (16)$$

$$v_{right} = -v_{left} = -n \quad (17)$$

これらの視線方向ベクトルと注視点 P 、および、視点の注視点からの距離 d より、 U_i の次の視点 $X_{front}, X_{rear}, X_{right}, X_{left}$ は式(18)のように表される。

$$X_{front, rear, right, left} = P - d v_{front, right, rear, left} \quad (18)$$

鉛直上方から観測した際に導き出される前後左右の4視点を図8に示す。

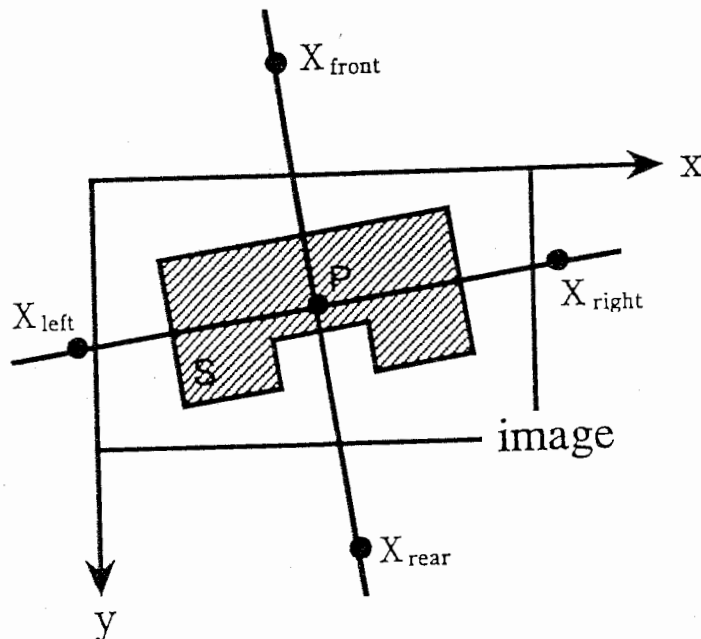


図8: 鉛直上方から観測した際に導き出される前後左右の4視点を推定

4.4 再帰処理

2.2節で述べた能動的視覚システムを用いて、選択された観測方向と観測画像のシルエットの対称性を基に、物体形状の3次元対称性を再帰的に推論し検証する。能動的な物体観測のため、物体の対称性の再帰的な推定を以下のような手順で行なった。

1. カメラを与えられた視点 U_i へ移動する。 U_i の初期値は、2.1節の仮定に基づき、重力方向 g を視線方向ベクトルとして式 (18) から求めた点とする。
2. 以下の処理を重心 G と画像中心の距離がある閾値以下になるまで再帰的に繰り返す。
 - 画像を獲得する。
 - 得られた画像から物体領域を抽出する。本研究では画像の2値化によって領域の抽出を行なった。
 - 画像中心付近に重心 G が来るようにカメラを移動する。
3. 式 (10) に従って物体領域の対称軸の傾き θ を求める。対称軸が求まらない場合、対称軸の探索が終了したとして処理を終了する。
4. 得られた対称軸と視線ベクトルから、式 (12)~式 (18) より前後左右の4視点と各々の視線方向 $X_i, v_i (i|i = front, right, rear, left)$ を求める。
5. 4視点について過去に観測したかどうかのチェックを行ない、同視点からの観測の重複を防ぐ。
6. 重複のなかった X_i, v_i を視点として、1.~5. の再帰処理を呼び出す。
7. 処理終了

5 形状の推定

5.1 形状推定の手法

本手法では、対称軸を求めるときに用いた観測画像上の物体のシルエットを用いた。

各視点から得た画像を2値化することにより求めた物体のシルエット形状を断面とし、視線方向を軸とした直方一般化円筒 (SHGC: Straight Homogeneous Generalized Cylinder) の形状を推定した。その体積をボクセル空間で表現する。各視点で推定された直方一般化円筒を用いた積から物体形状を推定する。したがって、得られた物体形状は凸包である。

また、このとき体積の積を効率的に計算するために、ボクセル空間で物体形状を *octree* [4] を用いて表現した。

物体形状を推定する所を図9に示す。

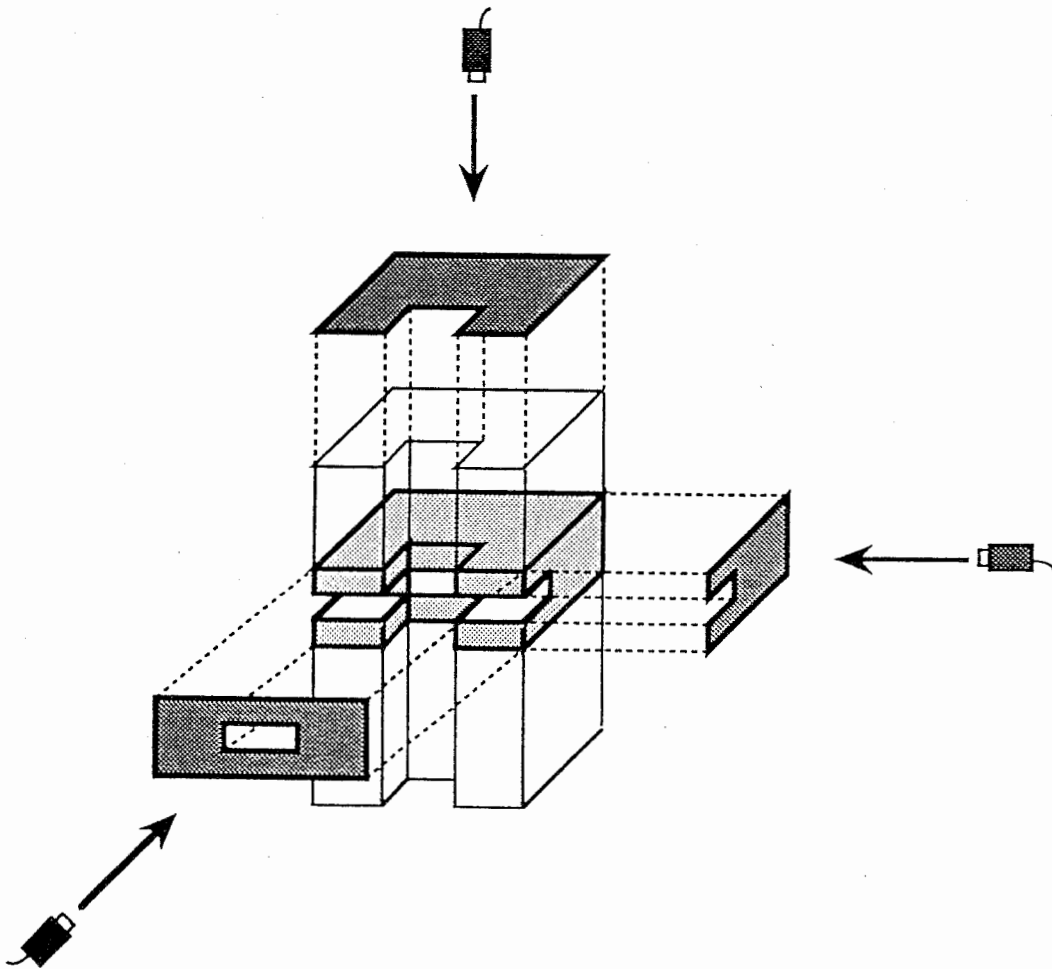
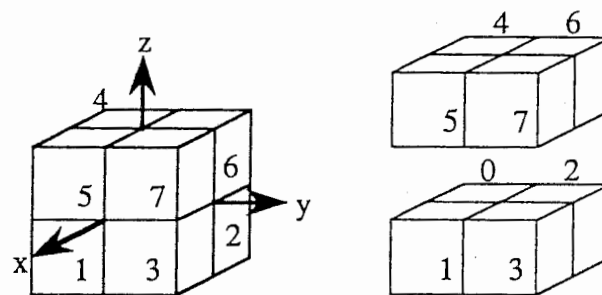


図9: 直方一般化円筒の積による物体形状(凸包)の推定

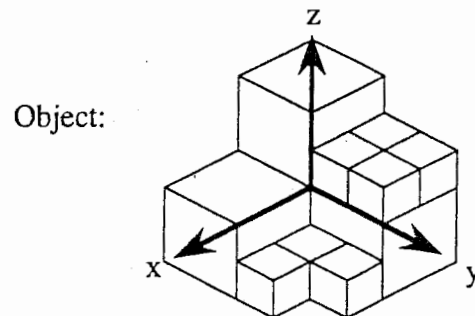
5.2 オクト ツリー表現

octree とは 3 次元物体表現法の一つである。ある物体を含む立方体 C を考えたときに、直行する 3 平面で C を 2 分割し、8 個の等しい小立方体に分割する。この小立方体が物体の内側または外側にあれば分割を終了し、物体の境界上にあれば同様に 8 個に分割する。これを、すべての小立方体が物体の内側または外側にあるようになるまで続ける。分割する際に、物体の内側・外側・境界上の小立方体にそれぞれ黒・白・灰のノードを対応させて、立方体を 8 分木で表現したものが *octree* である。

図 10 (a) にオクトツリー表現のための 3 次元空間のコード化、同図 (b) に物体のオクトツリー表現の例を示す。



(a)



(b)

図 10: Octree 表現

6 実験

ロボットは川崎重工業製の Js10-A01 を使用し、コントローラに Sun-4 ワークステーションをつなぐことにより、作成したプログラムによってロボットを制御することを可能とした。画像を取り込むためのカメラは、東芝製の CCD カメラ IK-C30 を使用した。なお、ロボットアームの先端に CCD カメラを直接取り付けることはできなかったため、アタッチメントを自作した。また、カメラで取り込んだ画像をコンピューターに入れるための画像入力装置は柏木研究所の nexus6000 を使用した。読み込んだ画像から対象となる 3 次元物体を再構築し、表示するために画像処理用のワークステーションであるシリコングラフィックス社製の Indy を使用した。

本研究では二つの物体を用いて複数のシルエット像を獲得し、3 次元形状の再構成を行った。一つめは穴を開けるためのパンチであり、もう一つは帆船の模型である。二つとも人工物であり安定姿勢を持っている。しかし、パンチは機能を持った物体であり、効率的に機能を果たすために安定姿勢を持っている。また、帆船は機能を持たない物体であり、観賞のために安定姿勢を持っている。

まず、物体のシルエットを出すために画像の 2 値化を行なう。対象物体と背景の分離を容易にするために、物体の背景に白色に紙を用いた。また、物体をそのまま地面の上に置いてしまうと、物体を真横から観測するためにロボットアームを動かした場合、ロボットアームが移動範囲の限界から地面にぶつかってしまうので、白色の発砲スチロールの立方体の上に対象物体を置いて、ロボットアームが自由に動けるようにもした。

そこで、ロボットを稼働させ CCD カメラで画像を獲得するのだが、初期位置は 2.1 でも述べたように鉛直上方から重力方向へ向いた位置となるが、初期位置における画像で対象物体の全体の形状がカメラのフレームに入るように、前もって決められた位置に対象物体を配置しておく。

今回、獲得した (R,G,B) カラー画像のサイズは 512×480 とした。

得られた物体形状は、オクトツリーの上面、下面、前面、後面、右面、左面にそれぞれ青、緑、赤、黄、シアン、マゼンダで彩色し、表示した。

6.1 パンチ

パンチの場合は、再構成に用いるボクセル空間のサイズを $128 \times 128 \times 128$ とした。まず、初期位置である鉛直上方から画像を獲得した。その画像より重心と対称軸を導き出し、対称軸が横向きに画像の中心を通るように回転を加えた。回転を加えた鉛直上方からの原画像と2値化された画像を図11の(a)、(b)に示す。得られた対称軸をもとに、*front*, *rear*, *right*, *left*の4視点を決定した後、視点を移動。各々の視点における原画像と2値化された画像を図12~図15の(a)、(b)に示す。

各々の視点の画像において画像処理を行なった結果、次の視点を求めたが、始めに求めた視点と重複したり観測点が注視点よりも下になったので、探索が終了している。以上の処理により、得られたシルエットより物体形状の再構成を行なった。再構成された結果の画像を図16に示す。

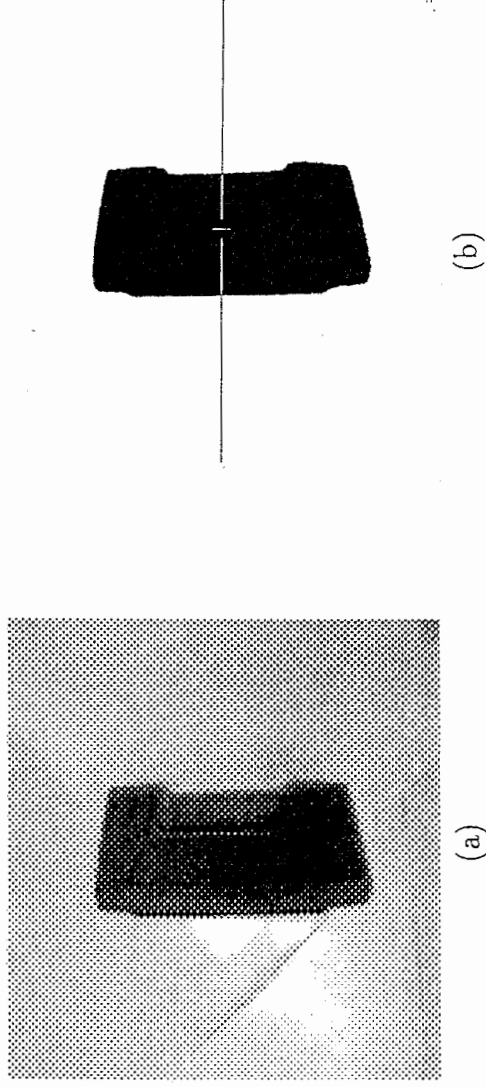


図 11: 鉛直上方の視点より観測したパンチの画像

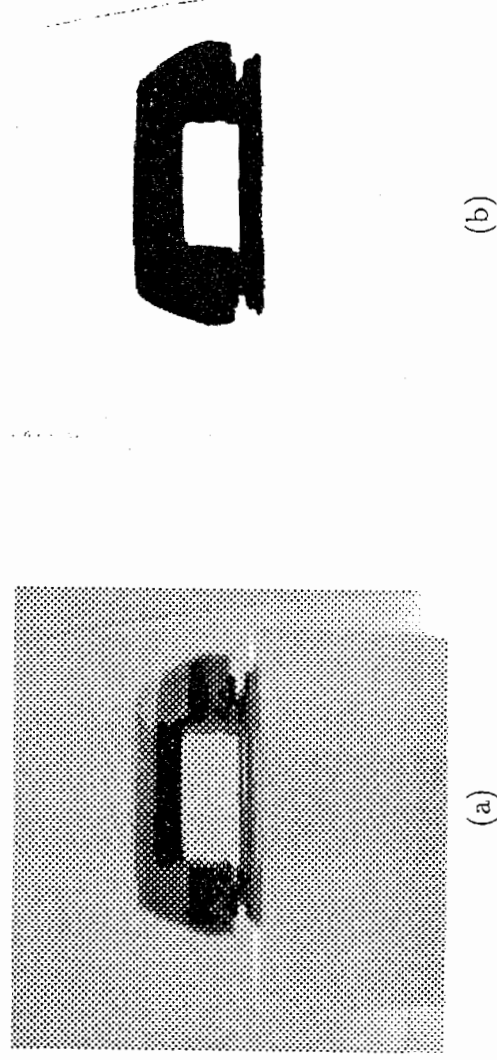
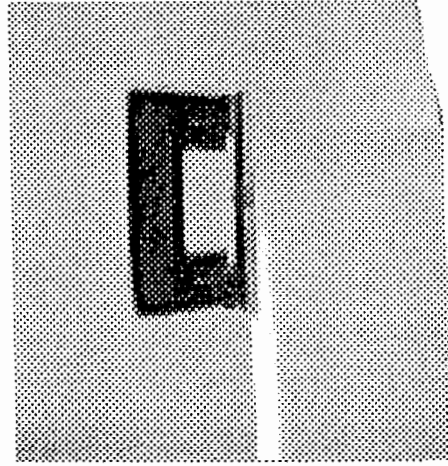


図 12: 鉛直上方の視点より求めた視点 *front* におけるパンチの画像

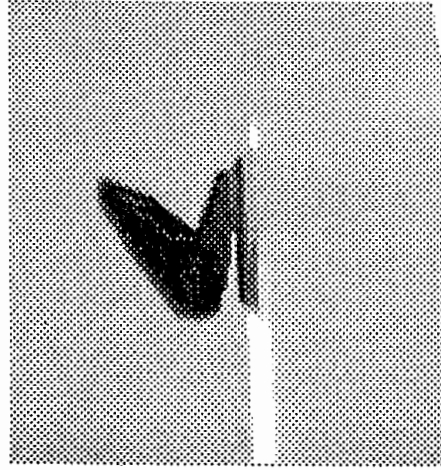


(a)

図 13: 鉛直上方の視点より求めた視点 rear におけるパンチの画像



(b)

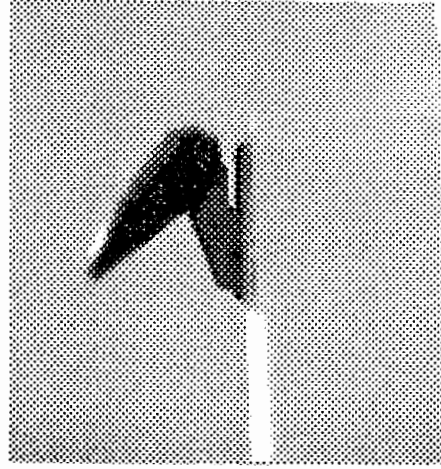


(a)

図 14: 鉛直上方の視点より求めた視点 right におけるパンチの画像



(b)



(a)

図 15: 鉛直上方の視点より求めた視点 left におけるパンチの画像



(b)

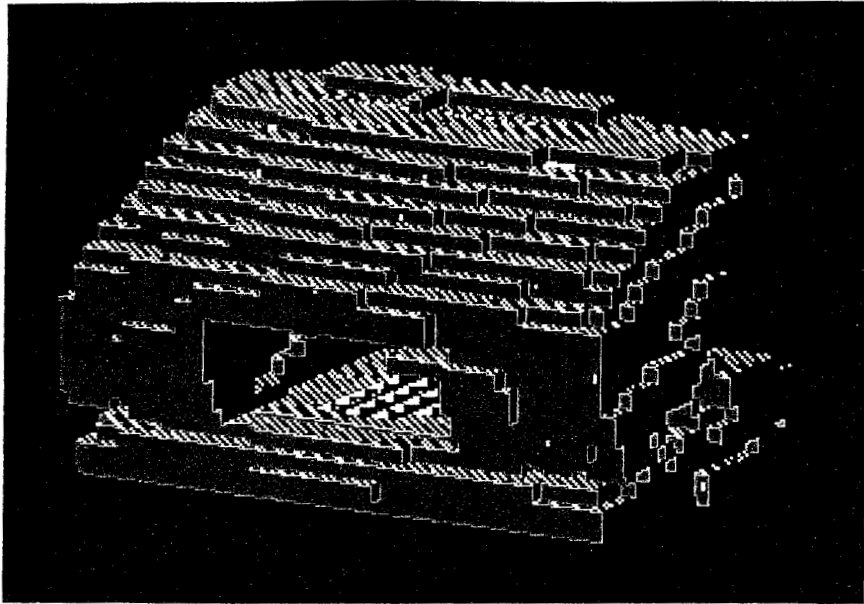
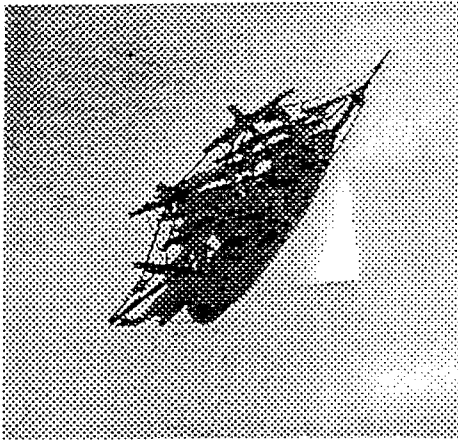


図 16: パンチの再構成の結果

6.2 帆船

帆船の場合は、複雑な物体形状を精細に再構成するためボクセル空間のサイズを $256 \times 256 \times 256$ とした。パンチの時と同様に初期位置より画像を獲得した。初期位置における原画像と2値化された画像を図17に示す。それより重心と対称軸を求め、回転を加えた。回転を加えた後の原画像と2値化された画像を図18に示す。得られた対称軸をもとに、*front*, *rear*, *right*, *left* の4視点を決定し、各々の視点において同様の処理を行なう。*front* と *right* における原画像と2値化された画像を、それぞれ図19と図20に示す。また、*front* における画像より求められた視点における原画像と2値化された画像を図21にしめす。以上の処理により得られたシルエットより物体形状の再構成を行なった。再構成された結果の画像を図22に示す。

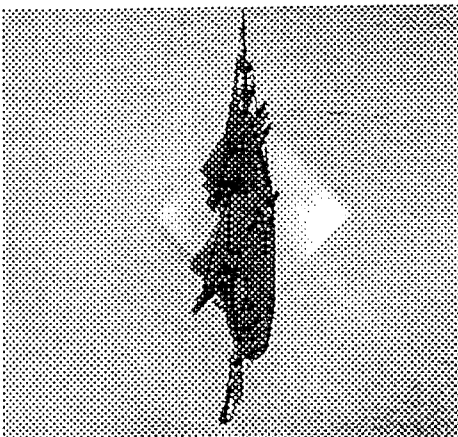


(a)

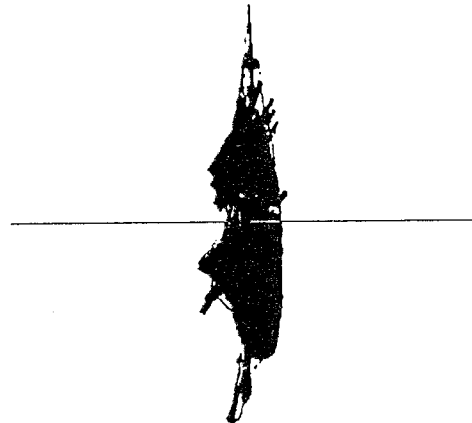


(b)

図 17: 帆船の初期画像



(a)



(b)

図 18: 鉛直上方の視点より観測した帆船の画像

図 21: 視点 front より求めた視点における帆船の画像

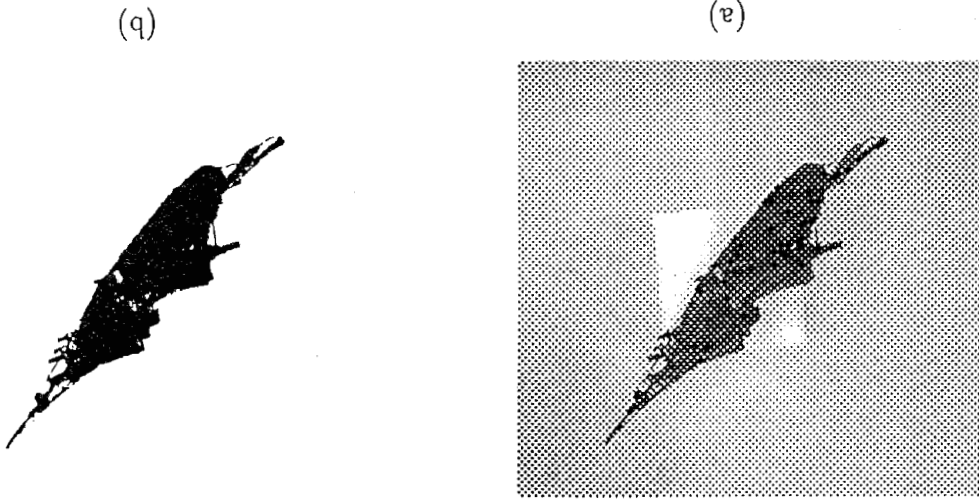


図 20: 鉛直上方の視点より求めた視点 right における帆船の画像

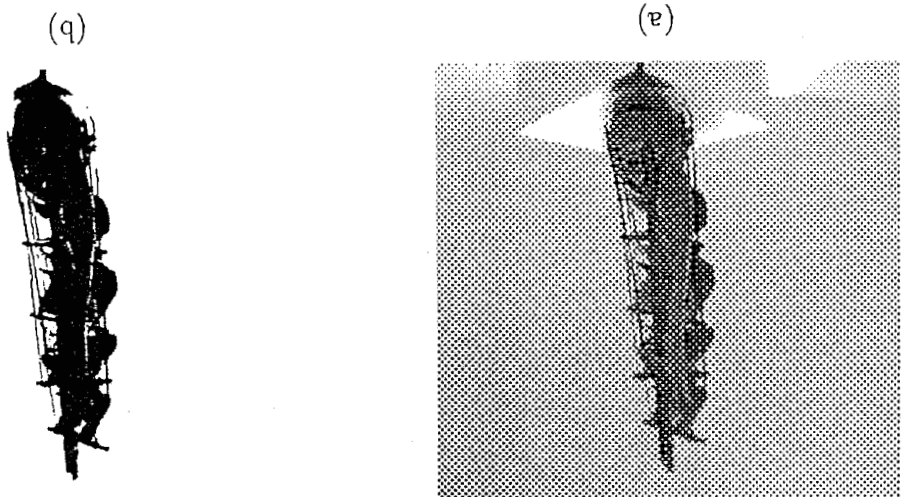
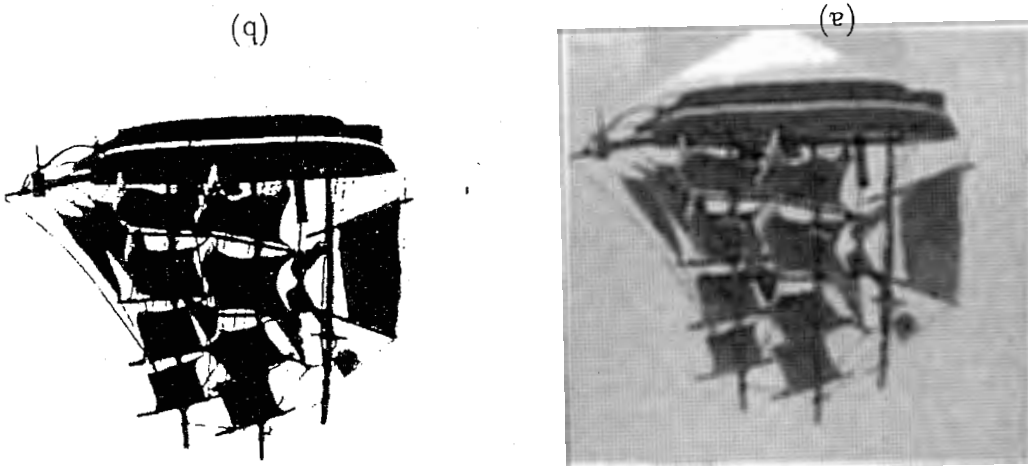


図 19: 鉛直上方の視点より求めた視点 front における帆船の画像



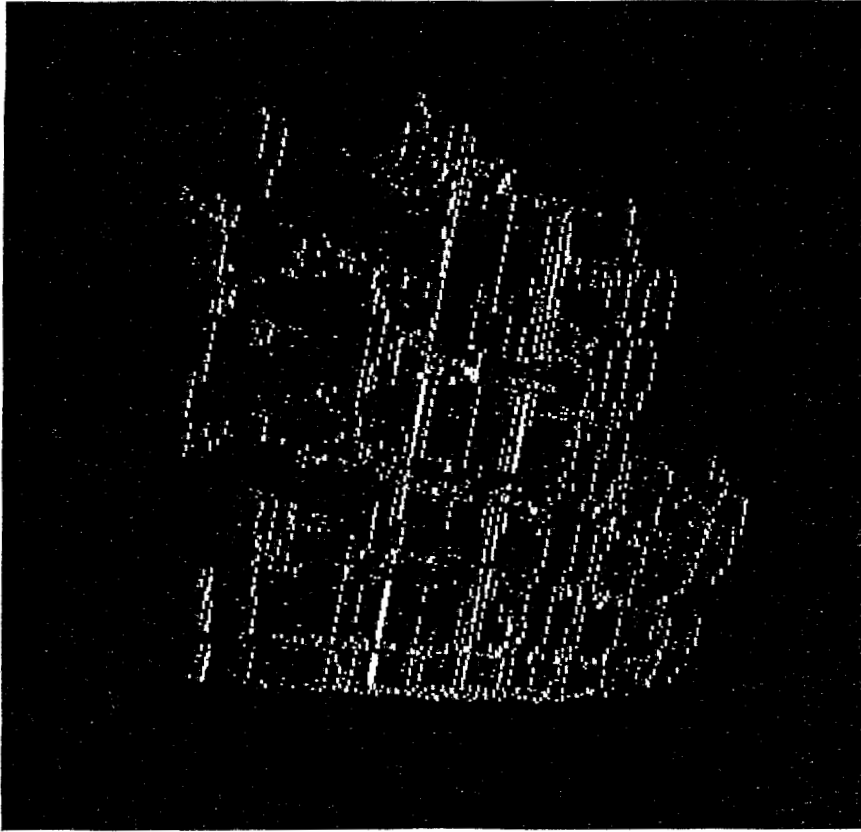


図 22: 帆船の再構成の結果

7 結論

7.1 問題点

今回の研究では、再構成した結果はオクトツリー表現のまま出力した。しかし、このままでは図 16 のように、階段状になってしまう。オクトツリーを作る際の分割を増加すれば滑らかになるが、オクトツリーを作成する際に膨大な計算時間と記憶容量が必要になる。また、オクトツリー表現を用いたのは物体形状を効率的に求める為であり、分解を増やしてはオクトツリー表現を用いた意味が無く、効率的に物体形状を再構成したとはいえない。これに関しては、オクトツリー表現から物体表面を多面体のパッチで表現した、サーフェス表現へと変換することによって解決すると思われる。

また、観測画像を用いてテクスチャマッピングを行なうことにより実際に観測された物体の表面色や模様を直接レンダリングするのに利用する。その結果、リアリスティックな可視化が可能となり、写実度を格段に改善できることが期待される。また、本手法では筒状物体の積により凸包の表現は可能だが、凹の部分は表現できない。しかし、テクスチャマッピングを行なうと、凹の部分も陰影付けられることによって疑似的に表現が可能になると思われる。

7.2 今後の方針

本論文では、人工物体について、その物体の持つ対称性に注目し、再帰的に物体を観測し物体形状の再構成を行なう手法について提案した。

7.1 節に述べた問題点の他に以下の検討を行なう。

1. 視線方向から次の観測する視点を求める方法を、現在の対称性によるものだけでなく、他の要素も加えた方法について検討する。
2. 現在の手法ではロボットの動作範囲に限界があり、任意の視点から画像を獲得することが困難であるので、物体をターンテーブルの上に置きロボットとターンテーブルの両方を制御することによってあらゆる方向からの観測を可能にする。
3. オクトツリー表現からサーフェス表現へと変換する。
4. 観測画像を用いたテクスチャマッピングを行なう。

謝辞

本実習の機会を与えて頂きました、(株)ATR 通信システム研究所・寺島信義社長、同所
知能処理研究所・岸野文郎室長に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 岸野文郎: “バーチャルリアリティーを用いた臨場感通信における画像処理技術”, 電気電子フォーラム 94 信号・画像処理と計測 論文集, pp.26-34 (Oct. 1994).
- [2] 安居院、奥山、長尾、中島: “4方向からのスケッチ画を用いた立体の形状モデリング”, 信学論 (D-II), Vol.J75-D-II, No.3, pp.565-572 (1992).
- [3] 千田豊満: “三面図からもとの立体の自動復元”, 情処学論, Vol.31, No.9, pp.1312-1320 (1990).
- [4] Hanan Samet: “The Design and Analysis of Spatial Data Structures”, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1990).
- [5] Uday G. Gujar and I. V. Nagendra: “CONSTRUCTION OF 3D SOLID OBJECTS FROM ORTHOGRAPHIC VIEWS” Computer & Graphics Vol.13, No.4, pp.505-521 (1989).
- [6] Ee-Taek LEE, Young-Kyu CHOI, Kyu Ho PARK: “A Method of 3D Object Reconstruction from a Series of Cross-Sectional Images” IEICE TRANS.INF.&SYST, VOL.E77D, NO.9 (Sep. 1994).
- [7] Richard Szeliski: “Rapid Octree Construction from Image Sequences”, CVGIP: IMAGE UNDERSTANDING, Vol.58, No.1, July, pp.23-32 (1993).