

# ステレオ画像からの3次元立体形状データの取得

—形状データの変換速度・精度の向上とシステムの試作—

阿部 正人・河野 裕・清水 誠司

## Reconstructing 3-Dimensional Shapes from Stereo Images

—The Improvement in the Conversion Speed and the Accuracy of Form Data—

Masahito ABE, Hiroshi KONO and Seiji SHIMIZU

### 要 約

平成11年度では、画像入力装置を駆動するドライバーを作成し、ステレオ画像から3次元立体物の位置計測手法について検討したが、この位置計測を正しく行うには、2次元原画像について、さらに高精度な画像処理技術が必要であることが分かった。そこで、平成12年度では、2次元画像のより正確な特徴抽出を行うため、方向性を持ったエッジ検出と画素濃淡のヒストグラムを利用した輪郭抽出手法について検討し、このためのプログラム開発を行った結果、正確で再現性の高い輪郭抽出が比較的高速に処理できることを確認した。

### 1. 緒 言

企業における生産工程の合理化によるコストダウンや省力化は大きな課題であり、これまでも自動化や無人化などのための様々な努力が続けられてきている。

しかしながら、中小企業においては、センサー応用技術の遅れやシステム運用技術の不足、資金面での問題などから、自動化や無人化は十分に進んでいない状況にある。

本研究は、複数のCCDカメラを用いて周囲の立体物を認識し、従来、作業者の視覚に依存している作業の自動化や無人化を低コストで実現し、将来的には工場全体の統一的な管理にも適用できる中小企業向けのシステムを開発しようとするものである。

ここでは、立体の位置情報と環境情報の抽出を行う手法の開発とシステムの試作を行い、実際の電子部品の識別検査などへの適用について検討した結果を報告する。

### 2. 画像処理方法

一般に画像処理用のシステムは高価であるが、msecオーダーのタクトタイムが要求される極めて厳しい条件での作業は除いて、安価にしかも広範囲な利用者側の要求に対応・処理ができることを第一にシステムの構成を行った。市販のパーソナルコンピュータをベースに量産品のパーツとフリーライセンスのソフトウェアを組み合わせ、可能な限り安価なシステムの構築を行った。

パーソナルコンピュータにビデオ信号をキャプチャー可能なイメージキャプチャーボードを装着し、さらに外部に

CCDカメラを置き、CCDカメラによって撮影されたコンポジットビデオ信号を静止画像として取り込み処理を行った。使用した機器は、CPUにAMD社のAthlon 750MHz、Video Decoder Chipは、Bt-848を使用した。オペレーティングシステムはLinux、Window Systemは、XwindowであるXfree86を使用した。図1にハードウェア構成を示す。

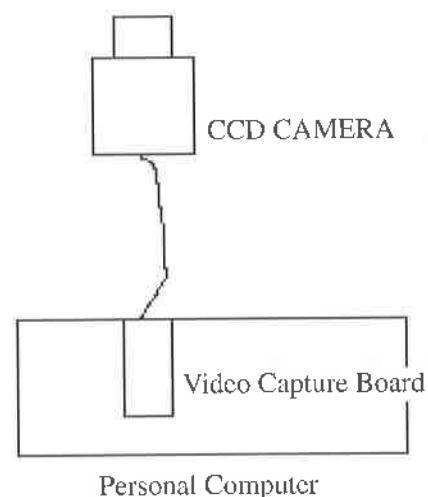


図1 ハードウェア構成

### 3. 輪郭検出

#### 3-1 ノイズ除去

CCDカメラによって撮影された画像には、ゴマ塩ノイズなど少なからず不要な情報が入ってしまうことは避けられない。このようなノイズを含んだ画像から本来必要となる情報を抽出するために、得られた画像に平滑化処理を行い不要な情報を取り除く必要がある。平滑化処理には、比較的輪郭情報を保存しやすいメディアンフィルターを使用し、処理対象である本来の輪郭のディテールを損なうことなくノイズの除去作業を行った。

#### 3-2 輪郭検出オペレータ

次に、平滑化処理を行いノイズ成分を除去した画像に対し、物体の輪郭を抽出する処理を行う。物体を認識するには輪郭情報をもとにして対象物体を抽出することが多い。一般的に、画像で濃淡が急激に変化している箇所は何らかの輪郭が存在していると考えられる。そこで、画像中の各画素間の明るさ変化の1次微分を利用して方向性をもったエッジ検出オペレータにより抽出を行った。

#### 3-3 濃度分布による輪郭検出

さらに広範囲な条件下でも安定して輪郭を抽出する手法として、画素の濃淡の分布状況を調べ、分布を近似する直線を生成して輪郭判別を行う方法を用いた。この手法は以下のとおりである。

- ①画像のスキャンライン方向に4×4画素分の画素濃淡度分布のグラフ図2を作成する。
- ②濃淡度の分布を近似する直線を生成する。
- ③各画素において、直線と濃淡度との誤差距離を計算し、誤差の分布表図3を作成する。
- ④誤差分布が正規分布を示すまで分割を行う
- ⑤スキャンライン方向に向かって画素に番号を付ける。
- ⑥ある区間を設定し、その区間内の画素が④で1σ以内にある画素数からヒストグラムを作成する。
- ⑦ヒストグラムがほぼ水平になったら直線が画素濃淡を近似しているものとみなす。
- ⑧直線の傾きを調べ傾きが大幅に変化しているところを輪郭とする。

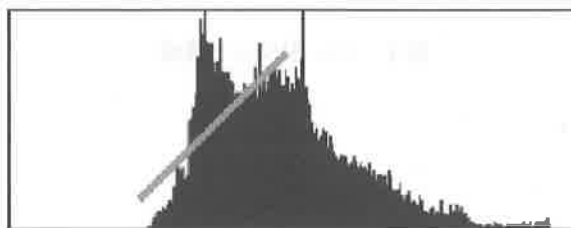


図2 濃度分布図

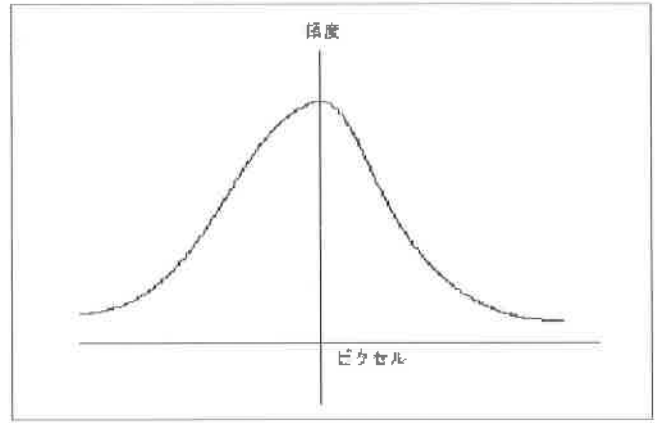


図3 誤差分布図

### 4. ステレオ画像

3次元空間上に配置される物体を計測するには、複数のカメラから撮影された画像をもとに、三角測量の原理を応用することにより空間上の位置を特定することができる。複数の画像から3次元計測をカメラによって行う行為を図4のような幾何モデルによって考えた。今回は3次元上での位置推定は行わなかったが、ここでは下記に示すいくつかの座標系を考慮した3次元位置の推定方法について記述することにする。

3次元空間に配置される物体の計測を行うために、

- (1) カメラ毎に設定されるカメラ座標系
- (2) 2つのカメラ間を結ぶ線分の中点を原点とするステレオ座標系
- (3) 3次元空間全体を表すワールド座標系
- (4) カメラのレンズからの光が投影される画像平面座標系

の4つの座標系を考慮する。

3次元空間上に点Pが存在し、ステレオ座標系でのPの位置を $(X_s, Y_s, Z_s)$ とすると、ワールド座標系での点Pの位置 $(X_w, Y_w, Z_w)$ は、次式で求めることができる。

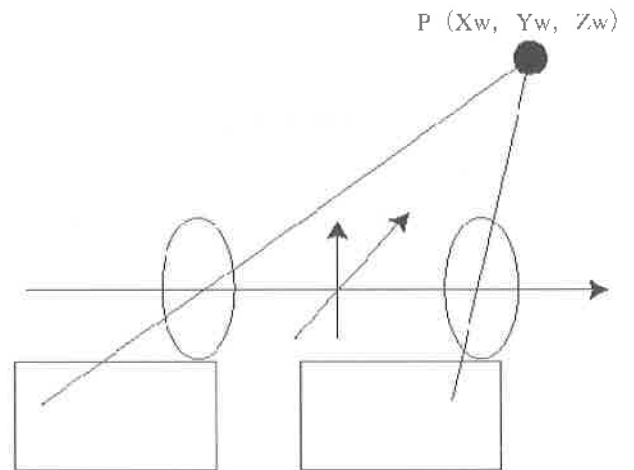


図4 幾何モデル

$$[x_w y_w z_w 1] = [x_s y_s z_s 1] \begin{bmatrix} r11 & r12 & r13 & 1 \\ r21 & r22 & r23 & 1 \\ r31 & r32 & r33 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$r_x$  ( $r11, r12, r13$ ),  $r_y$  ( $r21, r22, r23$ ),  $r_z$  ( $r31, r32, r33$ ) は、ステレオ座標系でのワールド座標系の  $x$  軸,  $y$  軸,  $z$  軸を表す単位ベクトルである。

### 5. 処理結果

CCDカメラによって撮影され、本システムでキャプチャーされた原画像を図5に示す。キャプチャーされた画像は640×480ピクセルのサイズを持ち、24bitの解像度を持っている。ここで提案した手法により輪郭を抽出した画像例を図6に示す。輪郭が強調保存され輪郭が抽出されていることがわかる。また、ビデオマイクロスコーブに装着されているデジタルカメラからのビデオ信号をキャプチャーし、同様な処理を行った例を図7と図8に示す。ここでも輪郭の抽出をおこなった。基盤上の微小なチップの輪郭が明らかになっている。

### 6. 結 言

物体を計測するためにCCDカメラと市販のパーソナルコンピュータを用いて、画像処理システムの試作を行った。その結果次の結論を得た。

市販のパーソナルコンピュータにビデオキャプチャーボードを装着した単純なシステムにおいても、十分な画像処理能力があることを確認した。

また、新しい輪郭抽出アルゴリズムにより、比較的高速に精度良く輪郭の抽出を行えるようになった。

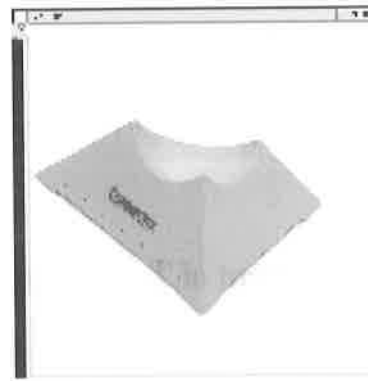


図5 原画像

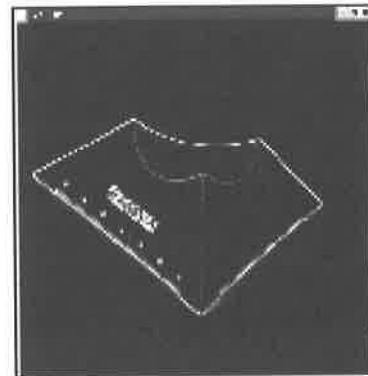


図6 輪郭抽出画像

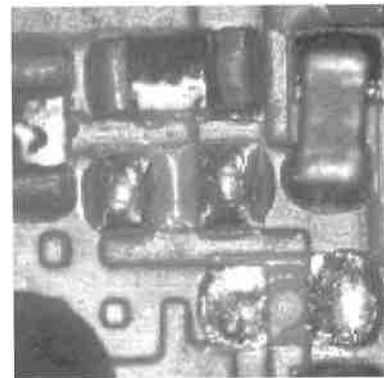


図7 原画像



図8 輪郭抽出画像