

H-054

## ロボットアームによる組み付け部品検査

## Inspection of Assembly by Robot Arm

野村侑一朗†

青木公也‡

Yuichiro NOMURA†

Kimiya AOKI‡

## 1. まえがき

最近では、ただ教えたとおりの動作を繰り返すものから、最新の技術革新に基づく知能化による産業用知能ロボットが注目を集めている。ここで言う知能とは人間のよう考えるのではなく、高い技能を機械に持たせることである[1][2]。現在、工業製品の部品の組み付け位置が正しいかどうか検査を行うのに、作業員が1つつげージを使い目視で検査を行っている。この現状を自動化するため、本研究では上記のような知能ロボットとして、能動的視覚を使った物体検査を行うシステムを提案する。

## 2. 提案システムの概要

## 2.1 組み付け部品の検査手法

組み付け部品の検査を行う際に、検査対象の2次元画像情報から、部品の傷などは検出できる。しかし、部品のずれまで確認することは難しい。よって、組み付け部品の検査を行うためには、部品の組み付け位置、方向、姿勢を3次元的に確認する必要がある。そこで本研究では、ステレオカメラによって、データを取得する。ステレオカメラを使用することにより、距離データが取得でき、検査対象の奥行方向の情報を得ることが可能となる。さらに部品組み付け位置の検査を行う際は、ステレオカメラが検査対象の回りを自由に移動できる必要がある。そのため本研究では、ロボットアームを使用して、ステレオカメラを移動させる手法を採用する。具体的には、ロボットアームの先端にステレオカメラを取り付け、取得したデータをロボットアームへフィードバックし、検査を行う。現在、2次元情報を元に検査対象が3次元的に分布する製品を検査するシステム[3]があるが、本研究では、距離データによる部品の姿勢検査を目的としている。

## 2.2 実験装置

本研究での実験装置としてまず、小型ロボットアーム(Neuronics社のKatana HD-6M)を使用する。ロボットアームは5軸で構成されており、最大積載量は500gとなっている。次に、ステレオカメラとして、株式会社ビュープラスのMiniBEEを使用する。4眼のカメラシステムで、それぞれ近距離用と遠距離用に対応しており、お互いに補完しあいがながらの3次元計測が可能である。また、ステレオカメラは、ロボットアームに搭載しても動作に異常が無い重量のものを選んだ。

## 2.3 倣い動作

ロボットアームを制御してより正確な検査を行うため、検査対象とステレオカメラの距離を一定に保ち、かつカメラ光軸と対象面の方向を一致させる倣い動作を実現する。倣い動作を行うことにより、分解能を一定に保つことがで

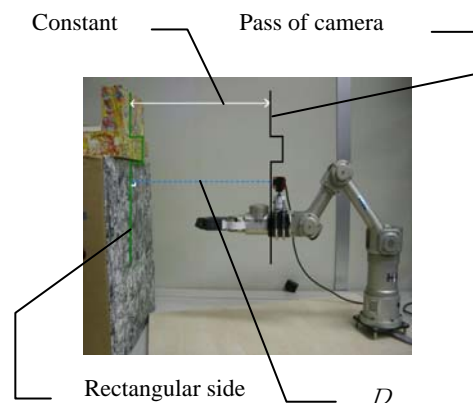


図1 実装概観



(a) 正面

(b) 側面

図2 検査対象

きる。これにより常に実寸での値を取得でき、検査を行う際に有効である。さらに、検査対象の表面を3次元的に倣うことによって、常に正面の画像が取得できる。また、組み付け部品全体の位置合わせに要する時間コストも大幅に削減される。以上、倣い動作は良好な検査画像を取得するために必要不可欠である。倣い動作を行うには、ロボット先端(エンドエフェクター)の位置、姿勢、軌道制御が必要である。本研究では、逆運動学を使用しロボットアームの動作を制御している。

## 3. 実装

今回行った研究では、前述の提案システムの導入研究として、矩形の組み付け部品の検査を実現した。今回の検査は矩形の組み付け部品に限定したので、完全な倣い動作ではなく水平方向での倣い動作を行う。図1に実装外観を示す。検査対象の矩形面とステレオカメラのパスが一致するようにロボットアームの姿勢を制御し検査を行う。ステレオカメラの光軸は矩形面に直交することになる。また、ステレオカメラから検査対象までの距離を $D$ とする。検査対象を図2に示す。検査対象は3つの箱を積み重ね、中央の箱が1cm手前に飛び出したものを正常な矩形の組み付け部品として模している。図2(b)の1~4の部位についてその凹凸を検査する。実験では、ステレオカメラから検査対象までの距離を $D=57.8$ cmとする。カメラ姿勢を水平に、かつこの $D$ を保ち続けるようにロボットアームを動作させ

† 中京大学大学院情報科学研究科

‡ 中京大学情報理工学部

る。また、これにより取得画像の分解能は 3.3 mmに保たれる。

#### 4. 処理の流れと検査実験

検査対象に対して下から上へステレオカメラで距離を取得しつつ、ロボットアームを動かし 3 で説明した検査を行う。まず、ロボットアームを制御し検査初期位置に移動させる。検査初期位置は予め設定された位置である。ここで図 3 (a) に示す画像の中心画素 (下段の×印) を現在の距離計測点として計測する。取得画像サイズは 320×240 画素である。中心の 1 画素だけを使用するとステレオカメラの特性によりぶれが生じ、数値が安定しない。そこで、現在の距離計測点は中心点の周りの 5×5 画素の平均を使用した。その際に、距離データを取得できなかった画素については含めないようにしている。また、この時点でステレオカメラから検査対象までの距離に誤差が生じていればアームの調整を行う。

次に、次の検査位置に移動するため、図 3 (a) 中の中央から 4 cm 上の画素 (上段の×印) の距離データを取得する。また、4 cm 上の点については前節で述べたように、ステレオカメラから検査対象までの距離  $D$  を 57.8 cm に保つことにより分解能が 3.3 mm となっているため、現在の距離計測点から約 12.12 画素上の画素となる。図 3 (b) に移動後の画像取得範囲を示す。上昇後  $D$  の値に誤差が生じている場合は、前回と同じように現在の距離計測点を使用してアーム位置を修正する。ここで現在の距離計測点である図 4 (b) の下の×印と、前回の距離計測点である図 4 (a) の下の×印における距離を比較し、あらかじめ入力しておいた正常な値の範囲内でなければ異常とする。本研究では±3 mm までを正常とみなす。これらの動作を 3 回繰り返すことにより検査を行う。図 4 に構築したシステムの操作画面を示す。画面右下に検査結果が出力される。図 5, 6 は異常部品について検査した結果である。全ての例について正しい結果が出力された。

#### 5. 結論

本研究により、矩形の組み付け部品の検査を行うシステムを構築した。5 軸のロボットアームを使用し、逆運動学による位置指定と軌道制御により、距離データによる倣い動作を行った。また、ステレオカメラを自動で移動させ、2 次元情報ではなく、取得された距離データによる 3 次元情報を使用して矩形の組み付け状態の上下方向への検査を実現した。またこれにより、部品検査におけるロボットの知能化に成功した。今後は、3 次元での倣い動作の実現を検討する。曲面に対しても倣うことにより、さまざまな形状の部品に対しても対応でき、検査を行える。

#### 参考文献

[1] 榊原 伸介, “産業用知能ロボット”, 日本機械学会誌, vol.109, NO.1051, 2006.6  
 [2] 山崎 公俊, 友納 正裕, 坪内 孝司, 油田 信一, “密な三次元形状モデルに基づく小型物体の把持”, 第 23 回ロボット学会学術講演会, 2005.6

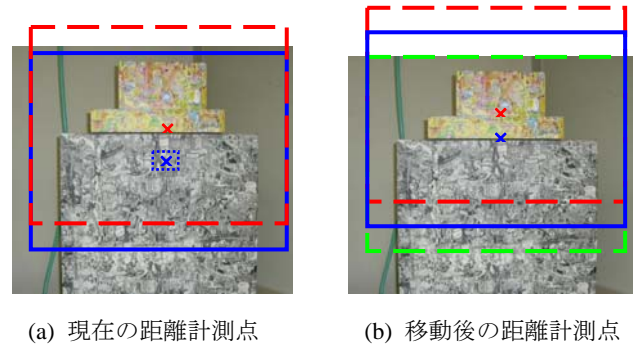


図 3 ステレオカメラの画像取得範囲

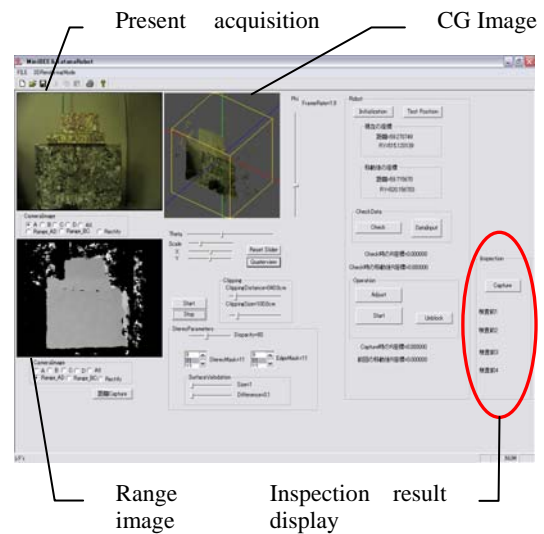


図 4 制御画面

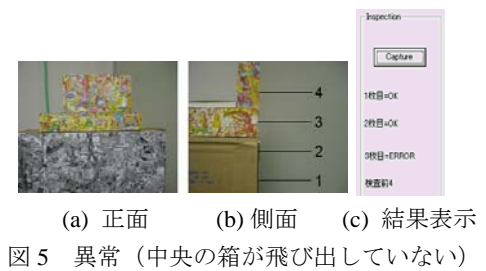


図 5 異常 (中央の箱が飛び出していない)

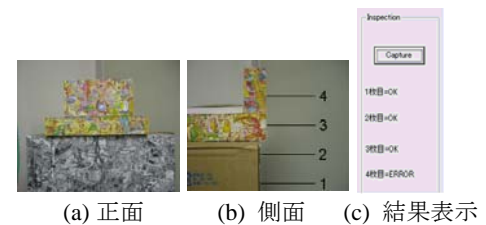


図 6 異常 (1 番上の箱も 1 cm 飛び出している)

[3] 木村 博志, 松岡 博, 森 芳弘, 近藤 禎樹, 榊原 聡, “多機種の製品に適用可能な高速検査ロボットシステムの開発”, デンソーテクニカルレビュー, vol.9, NO.1, 2004