

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Robots

Vol. **14B2**  
October/2007

ロボット事業

■ 新商品・適用事例紹介

3次元認識対応  
「ロボット視覚装置NV-AX」

3-D Recognition  
Robotic Vision System NV-AX

〈キーワード〉 視覚センサー・画像処理・3次元位置検出・  
ステレオカメラ・レーザー・ロボット同期

ロボット製造所／技術部

中屋 正幸 Masayuki Nakaya

# 要 旨

## <ロボット視覚装置開発の背景>

これまで、産業用ロボットは、主として単純作業を自動化用途に使用されてきた。ところが、低価格量産商品の生産が海外に移転する動きがすすみ、国内に残る、少量多品種で、高度な作業をロボットに置き換える自動化ニーズが高まっている。

## <NACHI事業の強み>

NACHIは、自動車や産業機械分野をはじめ、ものづくりの様々な工程で培ってきたロボットのアプリケーション技術、ノウハウを、社内外の主要な製造ラインに適用することにより、製造ラインの生産性改善に大きく貢献してきた。さらに高度化するものづくりのニーズに応えるため、ロボット用視覚装置を開発した。

## <新たに開発したシステムの特長>

新しく開発した視覚装置は、ロボットコントローラーに組み込み可能な、3次元認識機能を持つセンサーシステムである。

# Abstract

## <Background of Robotic Vision System Development>

Industrial robots have been used to carry out a simple task in an automated fashion. Mass production of low-cost products is being transferred to overseas factories while a small portion of various advanced operations is left domestically and is called for automation using robots.

## <Strength of NACHI Robotics Business>

NACHI has been developing robotic application technology in various processes, mainly for automobile and industrial machine sectors and has been contributing substantially to the improvement of productivity by applying the technology and know-how to main manufacturing lines internally and externally. Then we have developed a robotic vision system in order to respond to the advanced manufacturing needs.

## <Features of a Newly-developed System>

A newly-developed vision system is equipped with a sensor that recognizes an object in three dimensions and can be built in a controller of the robot.



# 1. 3次元認識で 効率向上

視覚センサーは、多種混流生産への対応、段取り作業の軽減、システムのシンプル化による設備コストの低減など、フレキシブルで効率の高いロボットシステムを構築する上で不可欠な要素となっている。

NACHIは、1985年から視覚センサーをロボットシステムに組み込み、主として自動車車体組立ラインの車体パネル搬送、ドアパネル建て付け、アーク溶接工程の位置補正など、数多くの工程へ適用してきた。

最近では、バラ積み部品のとり出し作業など、これまではロボット化が困難とされてきた高度な作業の自動化ニーズが高まっている。これに対応するため、この度、3次元認識機能を持ち、かつロボットコントローラーAX制御装置用に接続可能な画像処理装置NV-AXを商品化した。



図1 バラ積み部品のとり出し

## 2. 3次元画像処理装置NV-AXの機能概要

視覚システムの構成、仕様、システム構成を図2、3に示す。

視覚システムは3次元画像処理装置NV-AX本体、カメラ、レンズ、モニターから構成される。視覚システムとロボットコントローラーAX制御装置間は、Ethernetで接続され、視覚システムに関するオペレーションは、AX制御装置のティーチペンダントにて行なう。

また、3次元画像処理装置NV-AXの基本仕様を表1に示す。

表1 NV-AX基本仕様

項目	仕様	
画像入力	カメラ仕様	RS-170/NTSC
	接続カメラ台数	白黒 最大4台
	処理解像度	640×480×256階調
画像処理	前処理(フィルター)	エッジ、平滑化、濃淡モフォロジーなど
	プロブ	ハード、ソフト(固定、相対、自動)2値化
	サーチ(正規化相関)	パターンマッチング処理
	回転サーチ	幾何学形状サーチ処理
	キャリパー	レーザースリット位置測定処理
画像計測	登録データ数	256計測番号×20グループ
	ウインドウ種類	円、楕円、矩形、回転矩形、アフィン矩形、全画面
	キャリブレーション	2次元、3次元ステレオ、レーザースリット対応
	計測機能	2次元認識、ステレオ3次元認識、姿勢サーチ 視覚コンペア同期 クロスレーザー3次元認識 レーザースキャン3次元認識
その他	入力操作	ロボットのティーチペンダント使用
	プログラミング方式	フローメニュー
	データ記憶	512MB
	補助記憶	コンパクトフラッシュ
	言語	日本語/英語
	モニター	6.5インチ TFT液晶モニター (AX制御装置内蔵の場合)
	ロボットとの通信	イーサネット (最大4台のAX制御装置と接続)
	ロボット応用命令	VRESET (リセット) VSTART、VWORK (計測開始) VSHIFT、VDATA、VSFTCAL (データ要求) VGROUP、VCHKGRP (グループ切替) VCREQ、VCSFT (コンペア同期) VSREC (マスター登録)、VSPCHG (条件切替)

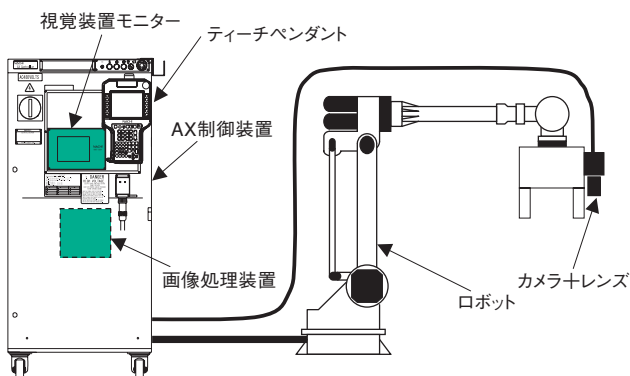


図2 視覚システム基本構成

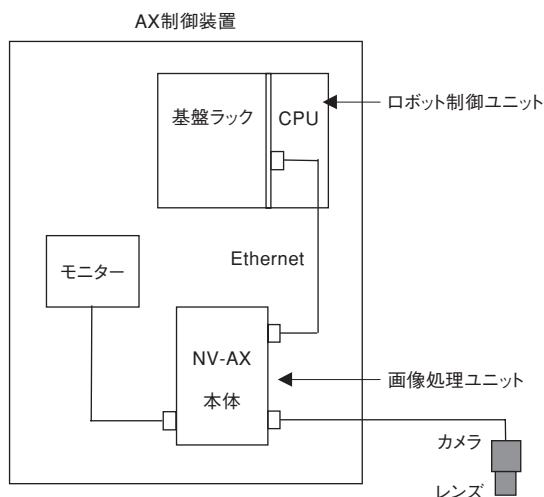


図3 視覚システム基本構成

## 3. 3次元画像処理装置NV-AXの特長

NV-AXの特長を以下に記す。

- ①汚れ、欠け、サイズ変化、照度差など、ワークのパラッキや周囲環境の変化などに起因する外乱の影響を抑え、対象物を短時間で探索する幾何学モデルサーチ機能を搭載。
- ②AX制御装置とのインターフェースを有し、画像処理装置の操作をロボットのティーチペンダントにて行なうなど、容易なオペレーションが可能。
- ③<sup>※1</sup>ステレオ3次元認識機能、<sup>※2</sup>クロスレーザー3次元認識機能、<sup>※3</sup>視覚コンベアトラッキング機能、<sup>※4</sup>姿勢サーチ機能、<sup>※5</sup>レーザースキャン3次元認識機能など、不定位置に存在するワークの3次元位置、傾きを認識する多彩なアプリケーション機能を搭載。

以降、NV-AXの特長の1つである3次元位置検出機能について紹介する。

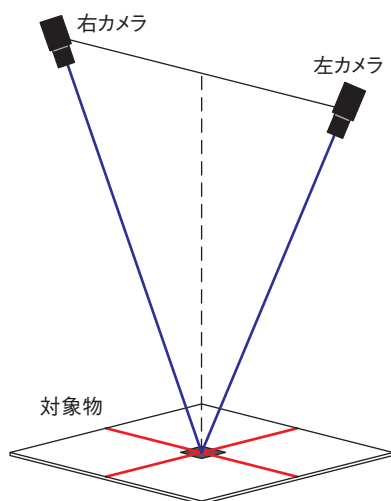


図4 ステレオ3次元認識法

### 1) 3次元位置検出機能

画像処理装置を用いた主な3次元検出方法の概要について紹介する。

#### (ステレオ3次元認識法)

このシステムは、人間の目と同じように、2個のカメラで1個の対象物を捉え、その特長量を演算することで、3次元位置および傾きを求めるものである。(図4)

#### (クロスレーザー3次元認識法)

このシステムはスリット状のレーザー光をレーザー投光器から対象物に向かって2本対角に照射し、そのスリット光の反射光をカメラで撮像する。撮像された画像を三角測量法の原理に基づいて処理し、対象物の3次元位置および傾きを演算する。

レーザーを十字に照射する様からクロスレーザー3Dセンサーと呼ぶ。

この認識方法によれば、特長量がはっきりしない対象物の場合にも、その位置計測が可能となる特長がある。

システム概要を、図5に示す。

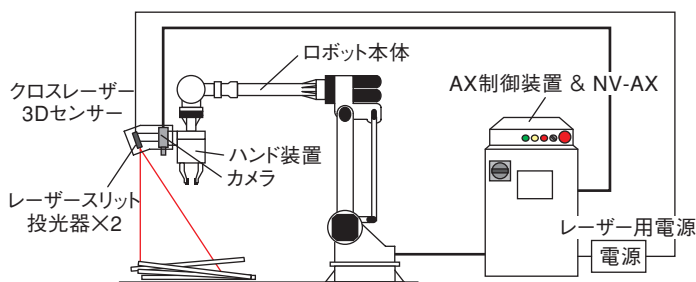


図5 クロスレーザー3Dセンサー概要

多くの場合、対象物の概略の位置を二次元計測し、補正した後、レーザースリット光を照射し、対象物の高さ、面傾きを精密に計測する方法を使う。(図6)

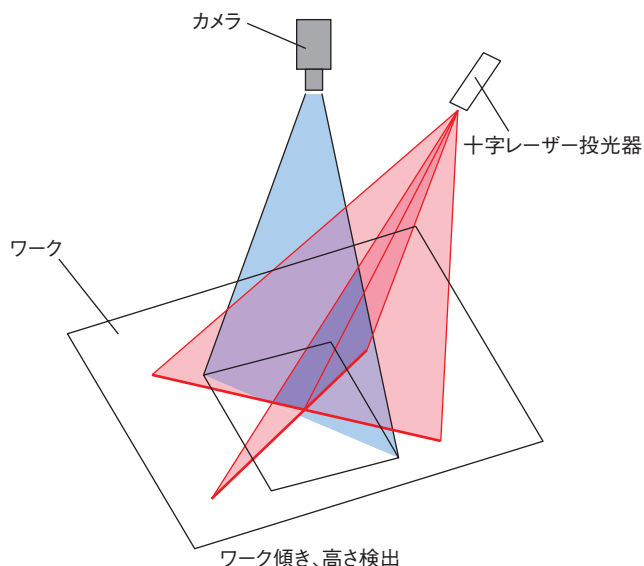


図6 高さ、面傾き検出

### (レーザースキャン3次元認識法)

前項の検出方法を発展させた形として、レーザースキャン3次元認識法がある。

レーザースリット光を図7のように対象物に順次照射(走査)させ、このスリット光の反射光をカメラで撮像、処理することにより、対象物を含む検出エリア全体の3次元形状を認識し、この中から、対象物の姿勢、3次元位置を検出する機能である。

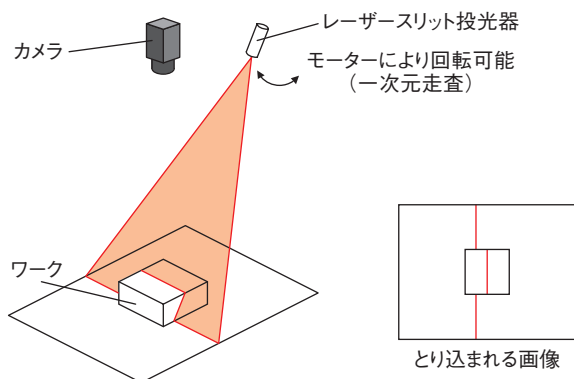


図7 レーザースキャン3次元認識法

### (適用事例)

画像処理装置を用いた3次元検出の適用事例を紹介する。

自動車車体生産ラインの最重要工程である車体パネルプリセット工程にて、工場梁が季節の温度変化により約30mm伸縮、また天井搬送機自体ラフな位置決めのため、ワーク位置ズレが発生、度々とり出しNGが発生し、チョコ停が頻発していた。

クロスレーザー3Dセンサーをとり付け、ワーク位置を3次元で認識し、補正とり出しする事により、とり出しNGは無くなった。(図8)

車体ラインでは同様の問題を各工場を抱えており、本システムは既に他の工場へも展開を完了している。

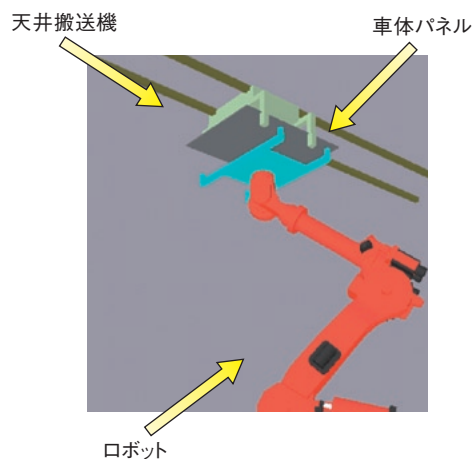


図8 車体パネルとり出しへの適用

## 2) 高速ステレオ3次元認識機能 (ロボットを止めずに視覚認識)

従来、ロボットにカメラを搭載して対象物の位置認識を行なう場合、ロボットが所定の位置に移動し停止した状態で、画像とり込み画像処理を行っていた。このため、画像処理のほかロボットの位置決めのために時間を要し、ロボットのサイクルタイムがのびてしまうという不都合があった。

これを解決するために、ロボットが動作しながら(止まらずに)対象物を視覚認識し、画像処理を行なう高速ステレオ認識機能を開発した。

### (動作しながらステレオ認識)

高速ステレオ認識機能と従来のステレオ認識との間の大きな違いは、認識の基準となるカメラの位置が変化することである。

視覚センサーは一般的に、視覚センサー内部を持つ座標系(以下、視覚センサー座標系と呼ぶ)での認識対象物(ワーク)の位置を検出することができ、従来のステレオ認識機能を使えばこの位置は3次元座標として検出できる。

高速ステレオ認識機能においても、ワーク上の計測点の3次元位置が視覚センサー座標系上で検出される。したがって、視覚センサー座標系<sup>※6</sup>とワールド座標系(≒ロボット座標)の関係を知らなければ、計測点のワールド座標上の位置が分かる。一般的に視覚センサーのカメラ部分は、ロボットの先端にカメラ固定用のブラケットを介して取り付けられているため、ロボットの動作により視覚センサー座標系とワールド座標系の関係は変化するが、カメラとロボット先端(フランジ面)との関係は変化しない。

したがって、視覚センサー座標系はロボットから見れば、ツール座標と同様に扱うことが可能となる。つまり、視覚センサー座標系とワールド座標系との関係は、視覚センサーが画像をとり込む時点でのロボット各軸のエンコーダ値が分かれば求めることができることになる。(図9)

新型視覚センサーではロボット動作、位置に同期した画像とり込み制御を行なうことで、両座標系の関連付けを行なっている。

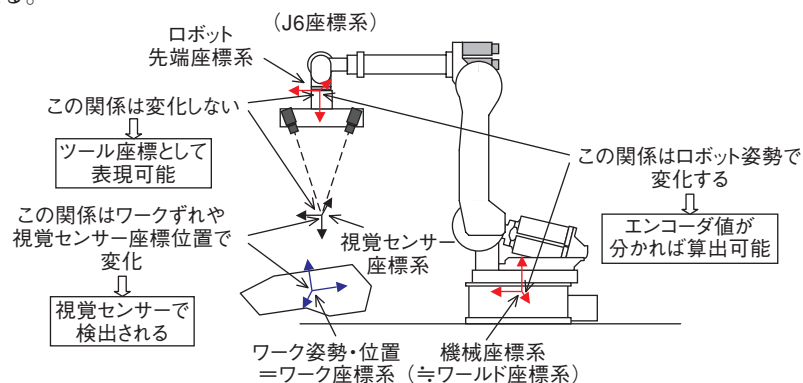


図9 高速ステレオ3次元認識機能の機能概要

## (導入効果)

新型視覚センサーを使用したロボットシステムは、整列されずに投入された素材のとり出しや、複数の部品を組み付け作業など、よりフレキシブル性が求められる高度な作業を、高い生産性で実現する自動化に適用することができる。

高速ステレオ認識機能を使用することにより、ロボットが動作しながら(止まらずに)対象物を視覚認識することができるため、従来の視覚認識法では長い時間を要していたアプリケーションでも、より短いサイクルタイムで作業することが可能となる。

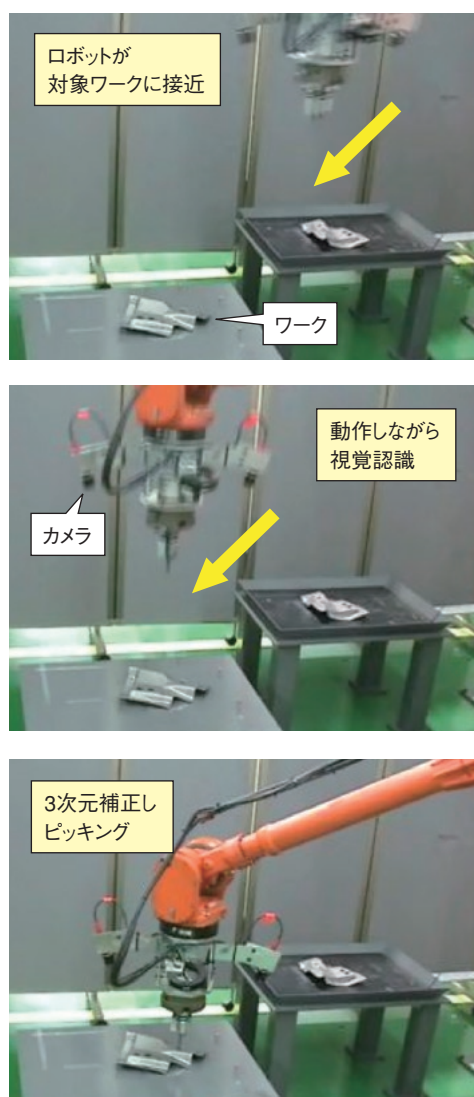


図10 事例の説明図

## 4. 社内アプリケーション事例で実施

視覚装置NV-AXとその3次元位置検出機能について紹介した。また、新しい高速ステレオ3次元認識機能についても紹介した。

今後、視覚センサーに関する開発をさらにすすめ、新機能の開発と性能の向上を行ない、精度、速度、適用性を高めた製品の商品化を目指していく。

また、これらの視覚センサー付きロボットシステムを、社内の製造工程に導入して、アプリケーション技術を実証し、適用技術やノウハウの蓄積を行なっていく。

これをカスタマーに紹介できる適用事例モデルラインとすることで、さらに高度化するものづくりのニーズに応じていく。

### 用語解説

- ※1 ステレオ3次元認識機能  
三角測量法(ステレオ)による3次元位置検出機能。
- ※2 クロスレーザー3次元認識機能  
光干渉法(レーザー)による3次元位置検出機能。
- ※3 視覚コンベアトラッキング機能  
2次元位置検出とコンベア同期機能を複合し、コンベア上をランダムに流れる対象物の位置を検出する機能。
- ※4 姿勢サーチ機能  
立体形状対象物を複数の視点から撮像し、撮像した画像を高速スキャン、対象物の位置、姿勢を検出する機能。
- ※5 レーザースキャン3次元認識機能  
光干渉法(レーザー)による3次元位置検出機能。レーザーを1次元走査させることにより対象物の表面形状を検出する機能。
- ※6 ワールド座標  
絶対座標。

### 参考文献

- 1) 精密工学会:「画像処理応用システム」