

B2 Robots

新視覚装置「NVsmart」の紹介

Introduction of "NVsmart" New Vision System

キーワード ■ 視覚装置・画像処理

ロボット開発部／ロボット開発戦略部

三本木 将夫 Masao Sambongi

要 旨

2020年に市場投入したロボット用視覚装置「NVsmart」の紹介を行なう。この装置は視覚装置NV-Proの後継機で、立ち上げ時間の短縮および、省スペース化を目的として開発した。ハードウェア構成はカメラと視覚用PCを一体化した構成で、省配線および、省スペース化を実現した。また、省配線による接続時間の短縮、簡単キャリブレーション機能による初期設定時間の短縮で視覚装置の立ち上げ時間を約50%削減した。図1は今回開発した「NVsmart」本体および、ロボットへの取り付け例である。

ここでは従来機種NV-Proとの比較を中心に「NVsmart」の様々な機能を紹介し、最後に今後の開発の展開を述べる。

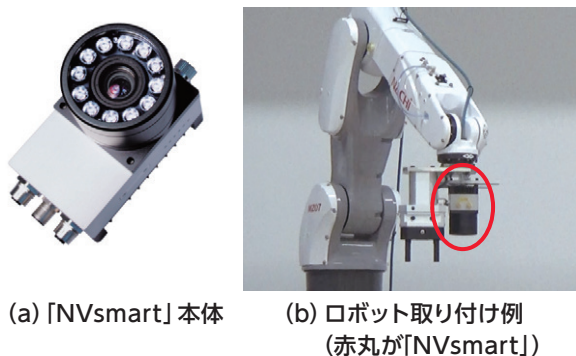


図1 ロボット用視覚装置「NVsmart」

Abstract

Introduced here is “NVsmart”, a new vision system that was launched on the market in 2020. “NVsmart” is a successor to NV-Pro Vision System and has been developed to achieve a shorter setup time and saving of space. A camera is unified into a computer for visual function in the hardware composition, realizing the saving of wire and space. Moreover, the setup time is reduced approximately 50% by shortening the connection time due to shorter routing of wire and decreasing the time for initial setting with function of simple calibration. Figure 1 shows the main body of “NVsmart” and the example of mounting it to a robot.

The article introduces various functions of “NVsmart”, focusing on comparison with the conventional model, NV-Pro and lastly gives an overview of the future development.

1. 開発の背景

ロボット用の視覚装置はカメラでとり込んだ画像情報をもとに対象物(工作物)の位置を計測、ロボットの動作を補正し、工作物を取り出す作業や、取り出された工作物の置き位置を補正する作業に有効であり、ロボットを用いた作業自動化においては重要な構成要素の一つとなっている。

これまで、ロボットの制御装置であるFD11対応の視覚装置として、2次元視覚装置であるNV-Proを開発、販売してきた。

しかしながら、NV-Proはカメラと視覚用PCおよび、制御装置を接続するための配線が複数あり、接続に時間がかかることや、キャリブレーションの際にキャリブレーションプレートの位置、姿勢を変えた撮像を複数枚行なう必要があり、視覚装置の初期設定に時間がかかるという課題があった。

以上の背景から、簡単セットアップをコンセプトに次期視覚装置として「NVsmart」の開発を行ない、ハードウェアおよび、ソフトウェアを一新し、さらに、画像処理アルゴリズムや機能の改良を行ない、工作物の認識精度、処理速度を向上させた。

2. 開発の目標

従来機種NV-Proと比較した開発目標を以下のようにする。

- ・立ち上げ時間の短縮

簡単キャリブレーションやPoE(Power over Ethernet)を採用することで電力供給と通信配線の一本化による省配線が可能となり、またカメラと視覚用PCを一体化させることで省配線を実現し、視覚装置の立ち上げ時間を従来比50%以上削減する。

- ・省スペース化

カメラと視覚用PCを一体化させることで、従来の視覚用PCのスペースを削減する。

表1に従来視覚装置NV-Proと「NVsmart」と機能、操作性および、保守性に対する比較を示す。

<機能>

従来機種に比べて、工作物の認識精度および、処理速度を向上させる。また、視覚装置の立ち上げ時間に寄与するキャリブレーションは、従来機種で10枚以上撮像が必要であったものを1枚撮像でキャリブレーションを可能とする技術を開発する。

また、「NVsmart」に搭載する新機能として、検査用途として使用できる工作物の長さ・円径を測定する機能を追加する。

<操作性>

従来機種のNV-ProではT/Pによる操作のみ対応していた。T/Pでの操作は、専用ディスプレイの準備が不要で、ロボットの近くでロボット操作をしながら直接視覚装置の設定が可能である反面、T/Pで表示される解像度が低いために工作物のモデル登録における細かな調整には手間がかかるという課題があった。

そのため、「NVsmart」では従来通りのT/P操作に加えてPCの画面上で操作可能なツールを新規開発する。例えば、オフラインでの視覚装置の設定ではPCで操作可能なツールを用い、工場のラインにおいてはT/Pを用いて直接視覚装置を調整するといった作業が可能となる。また、認識モデルを登録する際に、従来のエッジ領域を選択するモード以外にも、エッジ情報そのものを選択できるエッジモード(詳細は後述)という機能も開発する。

<保守性>

従来のNV-Proでは視覚用PCとカメラを別筐体として提供していた。カメラと視覚用PCおよび、制御装置を接続するケーブル(電源ケーブル、イーサネットケーブルなど)の本数が多いため、接続が煩雑なこと、視覚用PCが別筐体なため配置に制約がでることなどの課題があった。そこで「NVsmart」ではカメラと視覚用PCを一体とすることで、取り付けを簡単にし、さらに、省スペース、PoEケーブルを用いた省配線を実現する。

表1 従来視覚装置NV-Proと「NVsmart」の比較

分類	項目	NV-Pro	「NVsmart」	備考
機能	検出数	同時に16個まで	同時に100個まで	多品種少量生産へ対応
	キャリブレーション	撮像枚数10枚以上	撮像枚数1枚	「NVsmart」は簡単キャリブレーション実装
	検査	なし	長さ・円径計測	「NVsmart」は測定機能を実装
操作性	PCでの操作	不可	可能	「NVsmart」はティーチペンダント(T/P) および、PCに対応
保守性	セットアップ時間	—	50%削減	「NVsmart」は簡単キャリブレーション機能を有し、カメラと視覚用PC一体型の構成

3. システム概要

NV-Proおよび、「NVsmart」のシステム外観を図2および、図3に示す。システム上の変更点は以下の通りである。

- ・カメラと視覚用PCおよび、照明を一体化し、照明用コントローラが不要、省スペース、省配線を実現。
- ・PoEケーブルを用いることにより、カメラ用電源ケーブルが不要。

従来機 (NV-Pro)

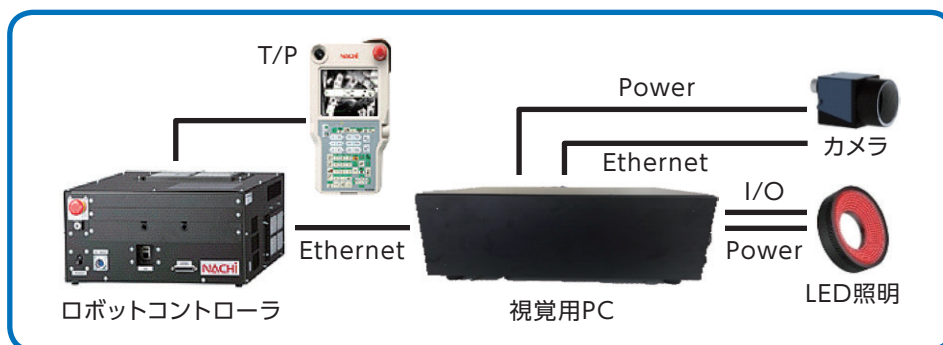


図2 NV-Proシステム外観

「NVsmart」

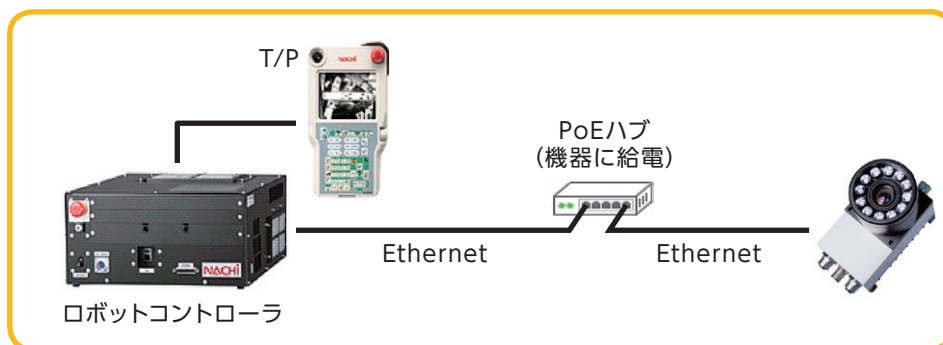


図3 「NVsmart」システム外観

以上の改良を実施した「NVsmart」は図4のような外観となり、カメラ、視覚用PCおよび、照明を一体化したものとなっている。



図4 「NVsmart」の外観図

「NVsmart」の主な仕様は以下のようになる。

- ・画素数 : 200万画素
- ・本体質量 : 500g
- ・サイズ : 65×109×73mm
- ・防塵防滴 : IP67対応

「NVsmart」は、図3にあるPoEハブを通じて複数台のカメラ(最大7台)を制御することが可能である。カメラの画素数は40万画素から450万画素まで対応している。

4. 各機能の説明

産業用ロボット向けの視覚装置には大きく分けると位置認識と検査の2つのアプリケーションが存在する。

位置認識については、画像から工作物(対象物)の特徴量を算出し、その特徴量を用いて工作物の位置情報を算出する。位置認識は工作物のピッキングなどに使用され、ロボットを用いた自動化作業では不可欠な機能の一つである。

検査用途については、工作物の寸法情報が検査項目における重要な要素の一つであることが明らかとなったため、「NVsmart」に搭載する検査機能については工作物の長さや円径を計測する寸法計測を搭載する。

1) 2次元形状マッチング

2次元平面上に置かれた工作物(対象物)の位置を視覚装置で計測し、工作物の2次元の位置情報を算出し、ロボットへ送信する。

「NVsmart」で採用しているマッチング手法は幾何学的マッチングと呼ばれるものであり、工作物の形状(エッジ情報)を特徴量として用いており、回転やスケール変化に強いという特長がある。また、エッジ情報は非線形の照明変化にロバストであるという特長もある。さらには、物体の重なりによる一部隠れやその他の要因から生じる外乱によって対象物の一部が欠けている場合(オクルージョンが発生している場合)においても、工作物を認識する能力が高い。

具体的には工作物の特徴量を算出し、その特徴量を工作物の情報として予め登録する。その後、視覚装置で撮影された画像に対して工作物の特徴量を用いてマッチング処理を行ない、画像中に存在する工作物の位置情報を算出する。また、このマッチング処理により2次元のxyの位置情報だけでなく、工作物の回転情報も算出することができる。

図5(a)のように、まずモデル画像から特徴量を算出し、その特徴量に基づき図5(b)の画像に対して特徴量のマッチングを行ない、モデル画像と一致する工作物を認識する。認識誤差は約0.05mmであり、ロボットのピッキング用途としては十分な精度である。

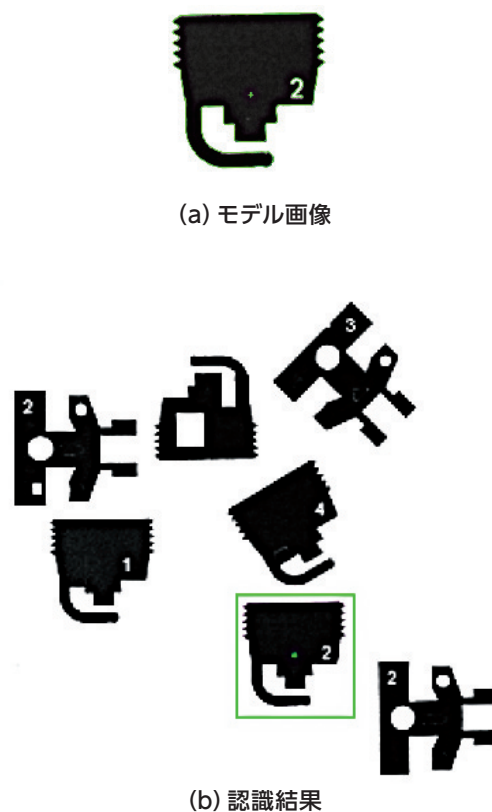
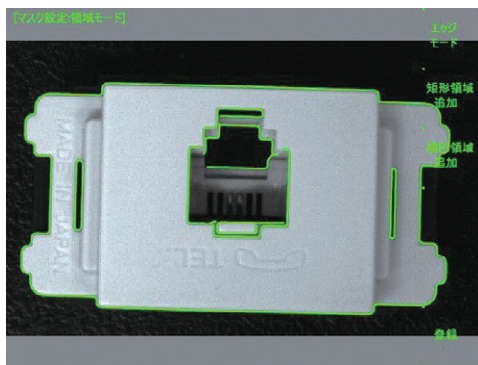
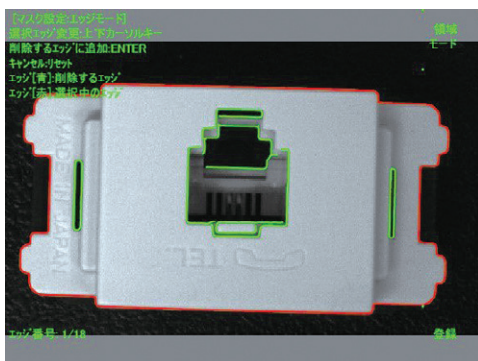


図5 2次元形状マッチング

また、NV-Proの場合、モデル画像から特徴量を算出する際に、不要な特徴量は領域のマスク処理を用いて削除していたが、「NVsmart」では新たにエッジモードという機能を追加した。図6(a)のように特徴量(エッジ)が表示された状態でエッジモードの機能を選択すると、図6(b)のように選択されたエッジ情報が赤く選択される。このエッジ情報が不要な場合は削除を選択することでこのエッジ情報を除去することができる。マスクによる領域選択とこのエッジモードを使うことでモデルの特徴量の調整を容易に行なうことができ、所望のモデル画像の特徴量を登録することができる。



(a)



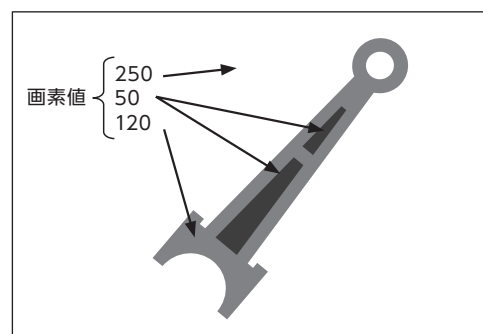
(b)

図6 エッジモード

2) ブロブ

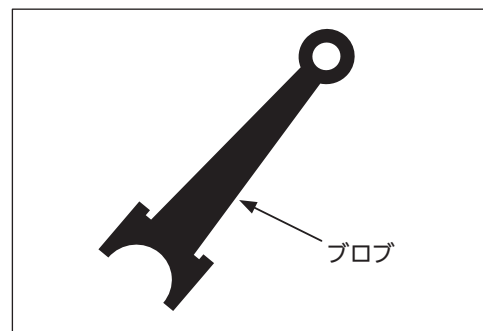
入力された画像を白黒2色の画像に変換(2値化)し、解析することで、工作物の位置、形状、向きなどの特徴を算出する。特定の値をしきい値とし、この値より上の画素値と下の画素値で分ける方法を用いる。

図7はしきい値を150とした場合の処理を表わす。



(a) 入力画像

2値化 ↓ しきい値=150



(b) 2値化画像

図7 ブロブ処理

この結果を解析することで、図8のような幾何学的特性を算出する。

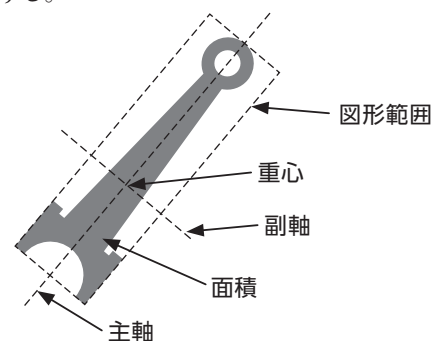


図8 ブロブの幾何学的特性

3) 検査

(1) バーコード、QRコード認識

工作物に印字、刻印されているバーコード・QRコードを検出する機能である。バーコードは1次元および、2次元に対応している。図9に対応するバーコードおよび、2次元コードの一例を示す。バーコードは26種類、2次元コードは3種類に対応している。



(2) 長さ、円径計測

工作物のエッジ間の長さを測定する機能である。図10のように工作物に対して長さを計測したい箇所をウィンドウで囲み、その間の2つエッジの間の距離を誤差±0.05mmで計測することが可能である。また図11のように画像中の円もしくは楕円を抽出し、径を計測することも可能である。



図9 バーコードおよび、QRコードの一例

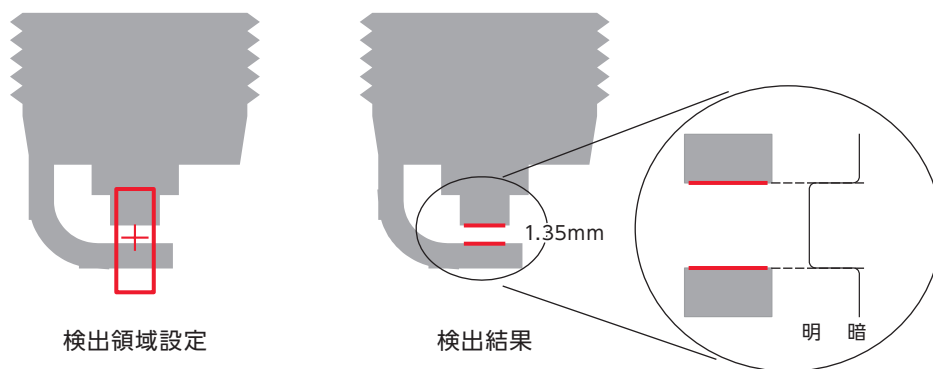


図10 長さ計測

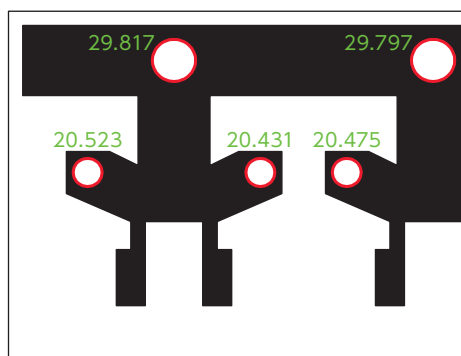


図11 円計測

4) 視覚コンベア同期

視覚装置を使ったコンベア同期機能を用いると、視覚装置はコンベア上を流れる工作物を認識し、ロボットはその認識情報をもとに工作物の位置ずれを補正してコンベアに追従し、工作物をピッキングすることができる。この機能を用いることで、ライン作業を自動化することが可能となる。また、図12のように多数の工作物に対応することも可能であり、絶え間なく流れてくる全ての工作物に対して高速にピッキング処理を行なうことができる。

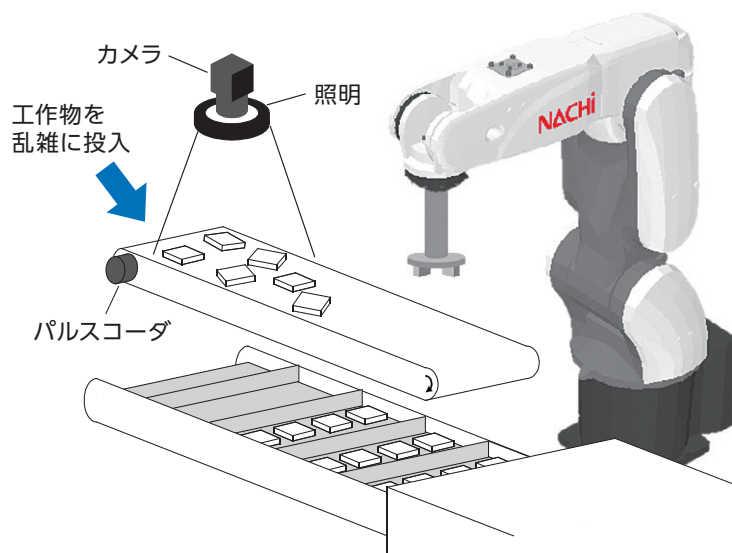


図12 視覚コンベア同期機能

5. 今後の展開

今回、カメラと視覚用PCが一体となった視覚装置「NVsmart」を紹介した。小型ロボットのニーズが高まっていることから、ロボットに取り付ける視覚装置もさらなる小型化が求められており、今後は小型化の検討を行なっていく。さらに、AIの技術を用いてさらなる立ち上げ時間短縮に寄与する技術開発を行なっていく。