

## 視覚センサーを併用したロボットのワークハンドリング\*

若槻 正明\*\*、和合 健\*\*、相原 孝彦\*\*\*

NC旋盤加工のワークハンドリングへロボットを適用する場合、ワーク着脱時のワーク形状に応じた位置決めが難しいことから、掴み部が単純な同一形状の部品加工のみへ使用されることが多く、大半が専用機化してしまう。しかし、これは加工部品の多品種小ロット化の現状にあわず、機械加工へのロボットの導入を難しくしている。この問題を解決するため、視覚センサーにより、ワークの形状や姿勢の判断、ならびに旋盤のコレットチャックの取り付け位置や取り付け形状の判断を行い、ワークを供給する検討を行った。この結果、形状による位置合わせが必要なワークをロボットで供給することを可能とした。

キーワード：NC加工機、視覚センサー、ロボット、ワークハンドリング

## Robots Control System for Work Handling with Image Sensor

WAKATUKI Masaaki, WAGO Takeshi and AIHARA Takahiko

When a robot attaches a work which have complicated shape to NC machine, it is a problem to suit the location of a work with the collate chuck position. Therefore robots use in handling for only same shape works and almost use for mass production. This is unsuitable for small-sized production and it is difficult to lead robots for work handling to manufacturing by using machine. In order to settle this problem, we try to control robot by personal computer connected with image sensor.

key words : NC machine, image sensor, robots, work handling

### 1 結 言

現在、(有)小林精機ではNC旋盤とロボットを連動させ半自動で部品加工を行っている。しかし、加工部品点数は約3000種類あり、部品形状に応じた着脱時の位置合わせが難しく、ロボットを使用して加工できる部品は

限られる。

図1(a)は、現在ロボットを使用して加工を行っているワークとコレットチャックの形状である。図1(b)は新たにロボットを使用して加工を行うことを検討しているワークとコレットチャックの形状を表している。これらワークの形状はどちらも内側が円形であり、ロボットのハンドで掴むことの困難さはないが、ワークをNC加工機に取り付ける際のコレットの形状に対してのワークの位置合わせが問題となる。図1(a)に示すワークの場合は、円筒形のワークの保持に広く使用される4～8分割のスリ割りコレットで掴めるが、図1(b)に示すワークはこの図のようにワーク形状に合わせた彫り込みを入れた特別なコレットでしか掴むことができない。

NC加工機は、コレットを毎回同じ位置で停止させる

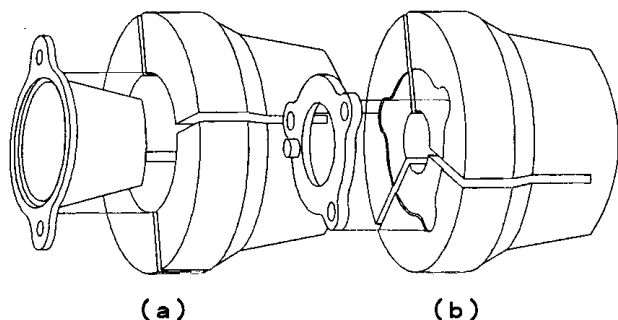


図1 加工ワークとコレットチャックの形状

\* コンピュータ利用による生産技術のシステム化

\*\* 電子機械部

\*\*\* (有)小林精機

ことはできるものの、その停止位置が少しでもずれるとコレットと取り付けワークの姿勢が不一致となりワークを取り付けることができなくなる。このことから、このワークとコレットの位置合わせの問題を解決するため、視覚センサを併用してコレットの停止位置(姿勢)を認識し、コレットが任意の位置で停止した場合であっても、その停止位置の形状に合わせ、ロボットで取り付けワークの姿勢を制御し供給する方法について検討した。この結果、図1(b)に示すワークのロボットでの供給が可能となるとともに、非対象異形状のワークのロボットでのワークハンドリングへの適用も可能となった。

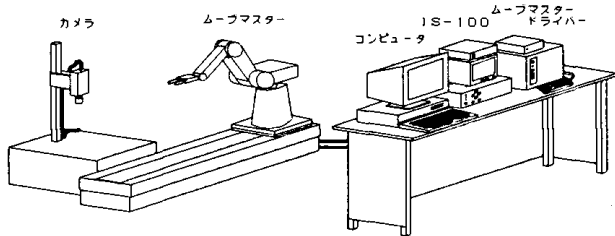


図2 実験システムの概要

## 2 実験装置

図2に、今回の研究で使用した実験システムを示す。パソコンはPC-9801(NEC製)、視覚センサは画素数256×240のIS-100(ムーブマスタービジョン、三菱電機製)、ロボットは5自由度多関節型のRV-M2(ムーブマスター、三菱電機製)を使用した。

パソコンにはRS-232C増設用のインターフェースボードが組み込まれており、これとロボット(ムーブマスター)ドライバーが接続されている。また、パソコン標準装備のRS-232CのポートとIS-100(視覚センサ)が接続されている。これらを用いてワーク姿勢形状の認識、コレット彫り込み形状の認識と位置の判定ならびにロボットでのワークの供給の実験を行った。

## 3 ワーク姿勢の検出

ワークの状態の検知は、まず、二値化処理した画像データから重心座標 $G_0$ を読み出し、この重心座標 $G_0$ を基に計算により内円の中心 $O$ を求める。次に、この求めた中心 $O$ から水平方向へ半径18mmの円周(穴①、②、③を通る円)上の $P$ 点から反時計方向へ360度計測し、このワークの特徴である3つの穴を検出する。なお、 $P$ 点がワーク上または、検出する穴の上にあった場合には360度以上計測する。その上で検出された穴の間隔を、予め記憶しているワークモデルのデータと比較し穴の識

別を行う。

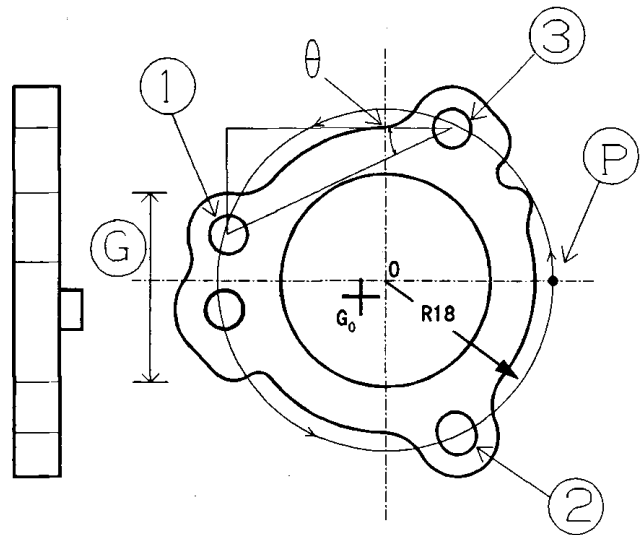


図3 ワークの検出

次に、計測によって得られた穴の円周上の2点(半径18mmの円との交点)の座標と穴円周上の3点目の座標を計測し、これら3点の座標から各々の穴の中心を計算により求める。このとき、ワークの耳幅が最も大きい部分 $G$ の穴を1番とし他の穴は2番、3番とする。1番と3番の穴の中心からラインを引き、そのラインの水平軸に対する傾き $\theta$ を計算により求めこによりワークの姿勢を判定する。(図3参照)

## 4 コレットチャック停止位置判定アルゴリズム

コレットチャックの位置判定は、ワークを把持する3カ所の耳部の形状に依存する特徴を捉えることで行った。図4に示すように、各耳部の形状の特徴を捉えることができる同一サイズのウインドウを設定し、図5の例に示すように、二値化されたこのウインドウ内の画像メモリ配列の総和により判定する方法とした。

すなわち、設定ウインドウにおいて

$$(a) \text{ 部の二値の総和 } \sum \sum M_{ij} = a$$

$$(b) \text{ 部の二値の総和 } \sum \sum M_{ij} = b$$

$$(c) \text{ 部の二値の総和 } \sum \sum M_{ij} = c$$

とした場合、これらの関係が

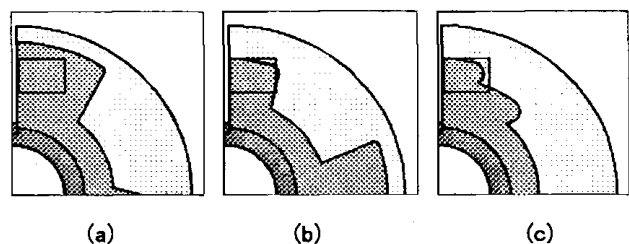


図4 ウインドウの設定

	$M_{00}$	$M_{01}$	$M_{02}$	...	$M_{09}$			
$M_{00}$	1	1	1	1	1	0	0	0
$M_{10}$	1	1	1	1	1	1	1	0
$M_{20}$	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮	1	1	1	1	1	1	0	0
⋮	1	1	1	1	1	1	0	0
⋮	1	1	1	1	1	1	1	0
$M_{90}$	1	1	1	1	1	1	1	1

メモリ配列総和  
 $\sum_i \sum_j M_{ij} = 83$

図5 メモリ配列の総和算出例

$$a > b > c \quad \dots \dots \dots (1)$$

となるようにウインドウを設定することにより判定を行う。  
 各耳部の位置の対応関係は決まっているので、この関係から一つのウインドウの値を求めることにより、それぞれの位置関係を求めることが可能となる。

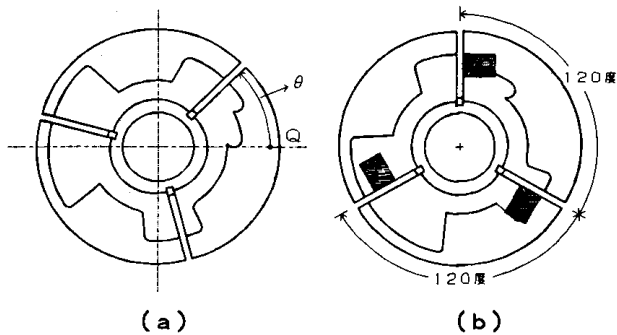


図6 コレットチャックの検出

実際の処理手順は、図6 (a) のようにセンサーが起動したときに、コレットチャックの中心から半径2.7 mmの円周上を、中心を基点とした水平軸上のQ点から反時計回りの方向へ1度ずつデータを取り、コレットチャックの3カ所あるスリ割り部の任意のスリットを検出する。このスリット位置が計測開始位置(中心とQ点を結ぶ線上)から90度傾けた位置にアフィン変換により画像を回転させる。次に図4 (b) のように各耳部に設定したウインドウ内の画像メモリ領域が常に一定の領域を捕らえるように、このスリ割りを基準として二値化されたワークを120度ずつ回転させることにより、ウインドウ内の二値化メモリ配列の総和を求め、(1)の関係から位置関係の把握をするとともに前もって入力しているデータと比較してコレットチャックの傾きを $\theta$ を計算によ

り求める。

コレットチャックの中心は加工機に取り付けた際に決定され、特別なことがない限り位置ズレを起こすことはない。従って、CCDカメラで捕らえた映像視野範囲において常に同じ位置を中心として設定することが可能である。このことから、予めカメラ視野内におけるコレットチャックの中心位置を求めておきデータとして記憶することにより、アフィン変換による回転中心を常にこの位置として処理する。また、このコレットチャックの各耳形状部の理論的二値化メモリ配列の総和も予め求めておき、外乱などによる影響がある際の判定基準とする。

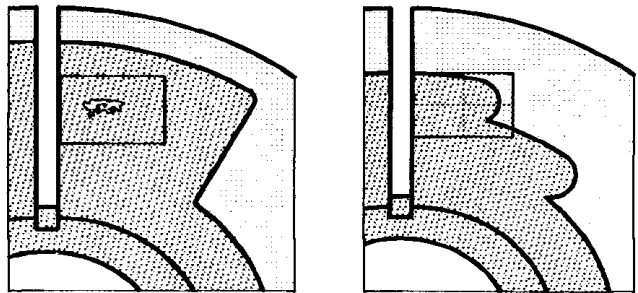


図7 外乱の影響による値の似かよりの除去

すなわち、図7に示すように外乱などの影響により値が不確定となる場合があり、これら3つのウインドウの値が似通った値となり、それぞれが特定できないことがある。このような場合、図8に示すように設定ウインドウを4分割し、この4分割したそれぞれのウインドウごとの総和を求め、予め記憶しておいた参照モデルとの領域ごとの比較を行う。また、これでも特定できない場合にはさらに4分割し、同様にそれぞれのウインドウにおける二値メモリの総和を求める。このようにすることで、値に影響を及ぼす領域が本来なら取り得ない値となっている部分がある場合には、外乱による影響として、この領域に対して1でマスクすることにより全体の値を修正

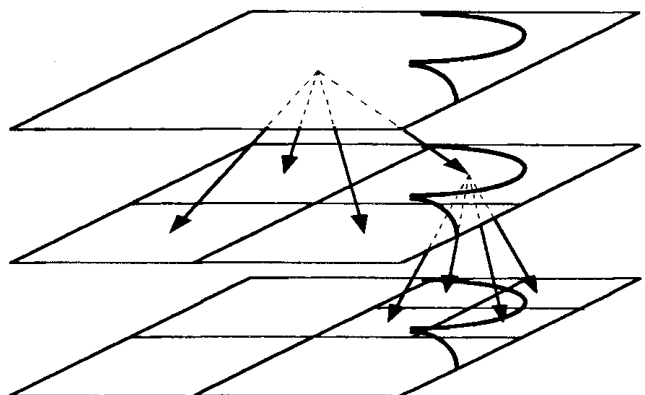


図8 ウインドウの4分割(4分木法)

することが可能となる。このように3カ所の特徴的な形状に着目し、これらの区別が可能となる一定の大きさを持つウインドウを設定し、その領域内の二値画像の算術和を形状判定基準とすることにより、処理の高速化を図った。

### 5 ロボットの制御

図9にロボット座標とセンサー座標の相対位置関係を示す。視覚センサー座標とロボット座標の対応付けは、視覚センサーのX座標、Y座標の0点をロボットのティーチングボックスで教示して対応付けを行った。したがって、ロボットがワークを掴みに行くとき、また、コレ

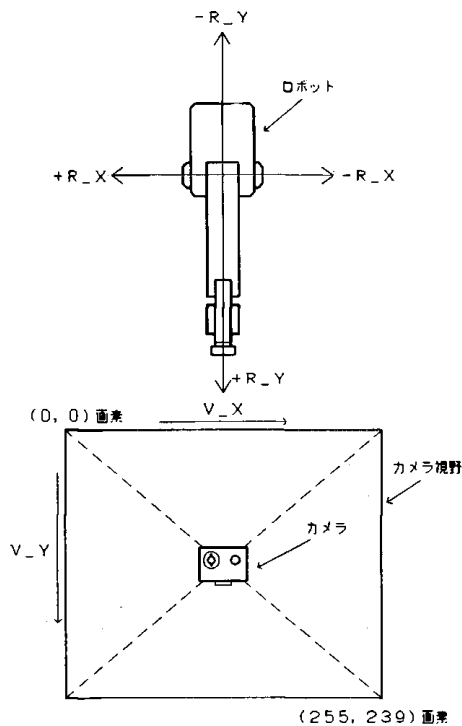


図9 ロボット座標とセンサ座標

ットチャックにワークを供給するときには、このティーチングボックスで教示したポイントを基準にして動作する。

ロボットがワークを掴むための位置決めを行う動きは、ワークの位置へアームを移動させ、アームの下降、ワー

クを掴む、アームの上昇と4つの動きが必要となる。

また、ロボットがコレットチャックへワークを供給するための位置決めを行う動きも掴む動作と同様、コレットチャックの中心位置へワークを掴んだアームを移動させ、ワークのセット、ワークを離す、アームの戻りと4つの動きが必要となる。このことから、以下のような処理を行うプログラムを作成した。

視覚センサーでワーク識別処理の完了後に、視覚センサーから送信されるワークの重心、傾きなどの位置データをパソコン側で受信し、ロボット座標に変換する処理を行う。これをもとに、ロボットドライバーの任意の位置データから上述の8つの動きに伴う位置データへ自動的に書き換えを行う。以上により、ワークの検知からワークをコレットチャックにセットするまでの一連の動作を行う。

### 6 まとめ

視覚センサーによりワーク把持チャックの停止位置ならびにワーク姿勢を認識することで、形状による位置合わせが必要なワークのロボットでの自動供給を可能とした。チャック取り付け部の特徴を捉えたウインドウを設定し、この領域の二値メモリの総和を求め比較することにより姿勢判定処理の高速化を図った。ロボットの制御は、視覚センサーの位置データをロボットドライバーのデータへ自動書き換えを行うことにより制御した。

なお、本研究は平成8年度技術パイオニア養成事業ORT事業で実施したものである。

### 文 献

- 舟久保登：視覚パターンの処理と認識，啓学出版
- 長谷川純一ほか：画像処理の基本技法，技術評論社
- IS-100ムーブマスター・ビジョン取扱説明書，三菱電機（株）
- IS-100VM-BASIC文法説明書，三菱電機（株）
- RV-M2ムーブマスター取扱説明書，三菱電機（株）
- 高橋正明ほか：機械技術，日刊工業新聞社，6，1996