

# 自動制御訓練に使用する走行軸付2軸ロボットの開発

富山職業能力開発短期大学校

石川 哲

## Two-Axis Robot Adding Travel-Axis For An Automatic Control Education

Satoru ISHIKAWA

### 要約

自動制御訓練に使用する走行軸付の2軸ロボットを開発した。

このロボットは垂直多関節型の2軸ロボットを走行軸に組み込んだもので、自由度3のロボットであるため、位置に関しての制御が可能である。このため、直線補間制御が実現できる。モータにはACサーボモータを使用し、モータドライバの制御を市販のパーソナルコンピュータで実行している。制御プログラムは基本的にC言語を用いている。

本報告のシステムの目的は制御プログラム、インターフェースプログラム、システムの統合等を訓練に展開しようとするものであり、メカトロ技術、情報処理技術等を実践的に学べる。

## I はじめに

日本における産業用ロボットの普及率は、世界各国の中で圧倒的に高く、自動車、電気、機械、金属加工産業から、食品・鉄鋼など全製造業に浸透しており、近年は医療、建設、福祉及びそれらに関するサービスの分野にまで利用範囲を増やしてきている。その普及につれて、産業用ロボットの研究・開発も着々と進み、現在は第一世代ロボットから第二世代ロボットの代替期にあるといわれている。第一世代のロボットというのは、人が教示した作業を繰り返し行うだけの機械的ロボットであり、通常我々がよくお目にかかる代物である。しかし、第二世代のロボットは学習、推論などの能力をもち、より人間に近い能力を備えたロボットをいう。

このような状況の中、近年の生産システムにおいては、産業用ロボットの使用は不可欠となっており、多くの製造現場においては、いかに有効にロボットを制御し、作業効率をあげるかが課題となっている。そういう課題に対する実務レベルでの教育・訓練の必要性

は以前から声高に叫ばれてはいるが、市販の産業用ロボットを購入し、教育・訓練に応用した場合には、制御装置がブラックボックスであるため、操作教育が主たる内容とならざるをえないのが現実である。そこで、物体のハンドリング作業を教示し、実行することができる人間の手・腕的な装置を有する走行軸付2軸ロボット及び、プログラマブルにロボットを制御、動作させるシステムを設計、開発し、自動制御訓練に活用することを検討した。

開発教材は、ロボット各軸の制御、走行軸を含めた3軸の協調動作プログラムの作成、動作確認を通じて、自動制御技術の習得を図るものである。

## II ロボット本体

ロボット先端の空間的位置制御を行うためには、最低自由度3のものが必要であるため、基本仕様は3軸にし、ロボットにおける基本的な制御である直線補間等の位置制御の原理が明確に把握できるような構成要素をもつロボットを開発、作成した。図1は、ロボッ

ト本体の外観であり、図2はロボット本体の駆動機構を表している。第2アーム先端にはワークハンドリング用のツールが取り付け可能である。

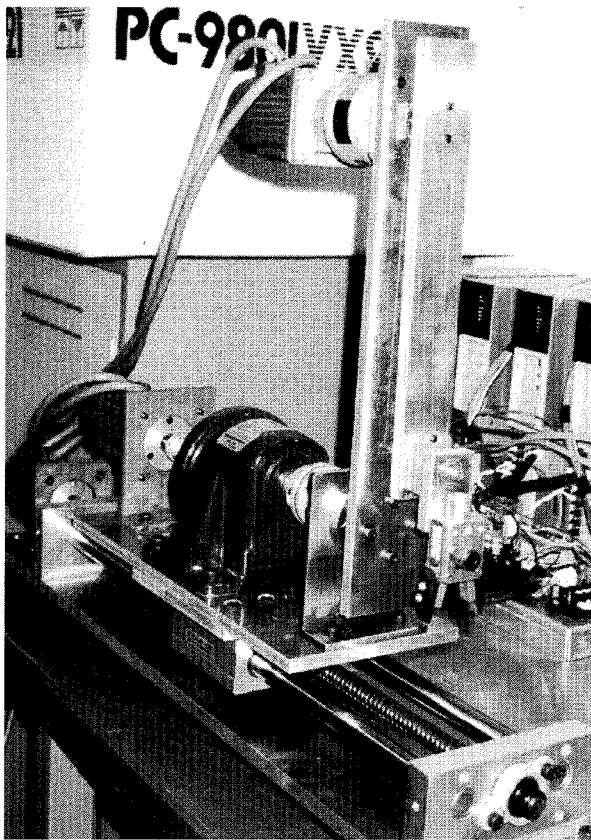


図1 ロボット本体外観

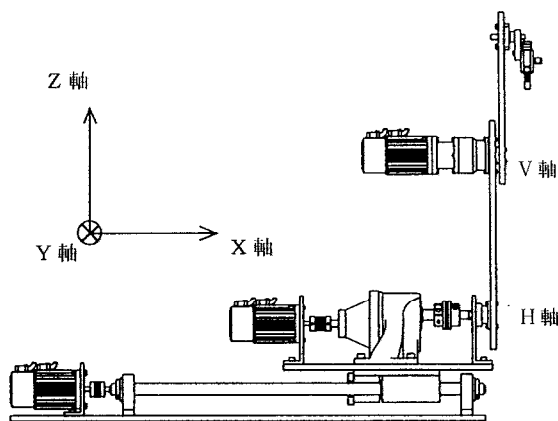


図2 ロボット本体駆動機構

H軸によって回転する第1アームはアーム長さ300mm, V軸によって回転する第2アームは長さ200mmである。また、走行軸の動作範囲は500mmである。

H軸はモータ出力をフレキシブルカップリングを介して減速機に入力、V軸はモータ出力と減速機が直結

されてモータの回転を減速し、トルクアップを行い、各軸を回転させる。走行軸に関しては、ボールネジによる減速機構を用いる。各軸の位置検出は、モータ軸に直結したインクリメンタルエンコーダによって行っている。また、基本原点位置が各軸に設定してあり、電源投入後、各軸をその原点位置まで動作させ、各軸原点のエンコーダ値をソフトウェア上で検出する仕様にした。

モータは走行軸、H、V軸共、オムロン社製のエンコーダ付きACサーボモータを使用している。サーボモータの仕様を表1に示す。また、減速機はH軸が橋本チエイン社製、V軸がオムロン社製、またボールネジは不二越社製を使用し、その仕様を表2に示す。また、本ロボットの基本仕様を表3に示す。

表1 モータ仕様

H, 走行軸軸共

|         |   |
|---------|---|
| モータ型式   | R88M-S10030   |
| 出力      | 100 W   |
| 定格トルク   | 3.25 kg・cm  |
| 定格回転数   | 3000 rpm  |
| 瞬時最大トルク | 9.75 kg・cm  |
| イナーシャ   | $1.89 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$ |
| トルク定数   | 2.02 kg・cm/A  |
| 電氣的時定数  | 2.14 msec   |
| エンコーダ   | 磁気式 1000ppr   |
| 重量      | 1.3 kg  |

V軸

|         |   |
|---------|---|
| モータ型式   | R88M-S05030   |
| 出力      | 50 W  |
| 定格トルク   | 1.62 kg・cm  |
| 定格回転数   | 3000 rpm  |
| 瞬時最大トルク | 4.86 kg・cm  |
| イナーシャ   | $1.28 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$ |
| トルク定数   | 2.02 kg・cm/A  |
| 電氣的時定数  | 1.38 msec   |
| エンコーダ   | 磁気式 1000ppr   |
| 重量      | 1.0 kg  |

表2 減速機仕様

|         |            |
|---------|------------|
| 走行軸     |            |
| 減速機構    | ボールネジ減速    |
| ボールネジ径  | 16 mm      |
| リード     | 10 mm      |
| ボールネジ長さ | 670 mm     |
| H軸      |            |
| 減速機型式   | GRT010L-50 |
| 減速機構    | ギヤ減速       |
| 減速比     | 1 : 50     |
| 許容出力トルク | 210 kg・cm  |
| 重量      | 2.4kg      |
| V軸      |            |
| 減速機型式   | GM10B      |
| 減速機構    | ギヤ減速       |
| 減速比     | 1 : 10     |
| 許容出力トルク | 40 kg・cm   |
| 重量      | 0.9kg      |

表3 ロボット本体基本仕様

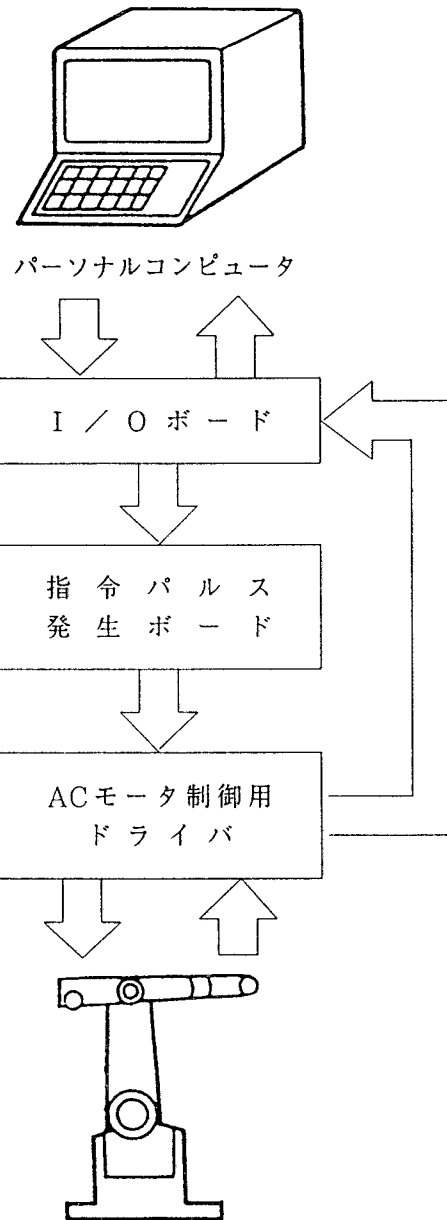
|      |                    |                  |
|------|--------------------|------------------|
| 最大速度 | 走行軸                | 3 0 0 mm/sec.    |
|      | H軸                 | 6 0 deg. /sec.   |
|      | V軸                 | 3 6 0 deg. /sec. |
| 可搬重量 | 1 . 0 k g          |                  |
| 動作範囲 | Y-Z平面上で半径5 0 0 mm内 |                  |
| 走行範囲 | X軸上で5 0 0 mm内      |                  |

### III システム構成

本システムは、パーソナルコンピュータ、I/Oボード、指令パルス発生ボード、ACモータ制御用ドライバ、ロボット本体により構成されている。このシステムは自動制御訓練において使用することを目的とするため、制御用のソフトウェア及びパラメータの変更を容易に行えるようパーソナルコンピュータをメインの制御部とした。構成図を図3に示す。

I/Oボードはアイ・オー・データのPIO-9022Bを使用し、指令パルス発生ボードは市販のZ80CPUボードに指令データを出力指令パルスに変換するプログラムを組み込ませて使用している。また制御用ドライバはモータ専用のオムロン社製のR88D-SR05を使用している。図4は制御用ドライバの外観である。

メインのパーソナルコンピュータ上ではシステムの



ロボット本体

図3 システム構成図

管理、数値演算、入出力信号の制御、及びエラー処理を行っている。又、ロボットの手動操作、各モードの選択、ティーチング、プログラム作成・実行、及びエラー内容の表示等に用いるインターフェースターミナルとしても使用している。

ロボットの動作は次のような流れで制御される。動作指令位置をコンピュータによって計算し、その計算値に従って、各軸毎の指令データ(16ビット)をI/Oボードから10msec.毎に出力。この指令データの時間間隔は、ソフトウェア割り込みの最低時間間隔により決定した。この出力データをもとに、指令パルス発

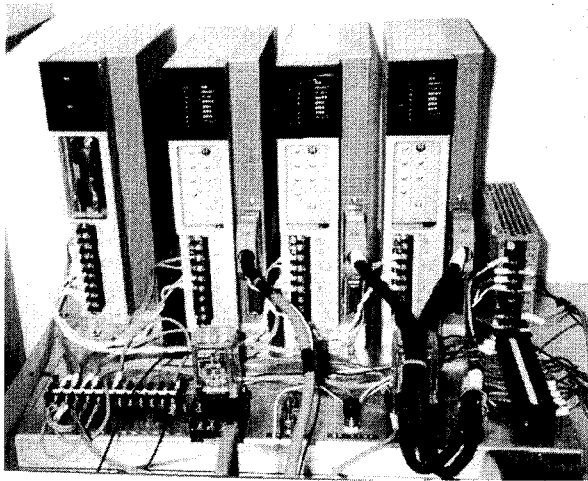


図4 制御用ドライバ外観

生ボードは指令パルスをACモータ制御用ドライバに送信する。このパルスデータに従って、ドライバは、ACモータを指令位置まで動作させる。この制御フローを図5に示す。H軸、V軸駆動部のサーボループのブロック図を図6に示す。

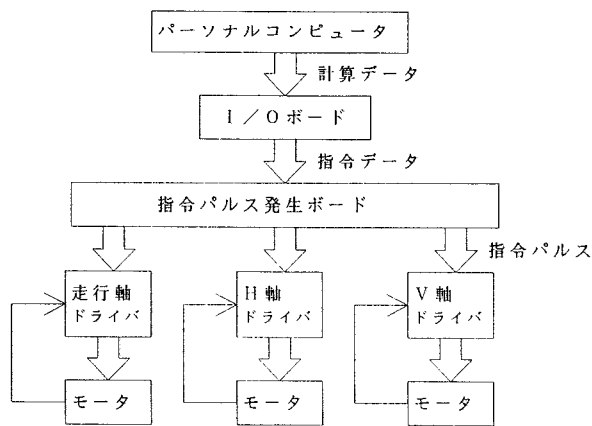


図5 制御フロー

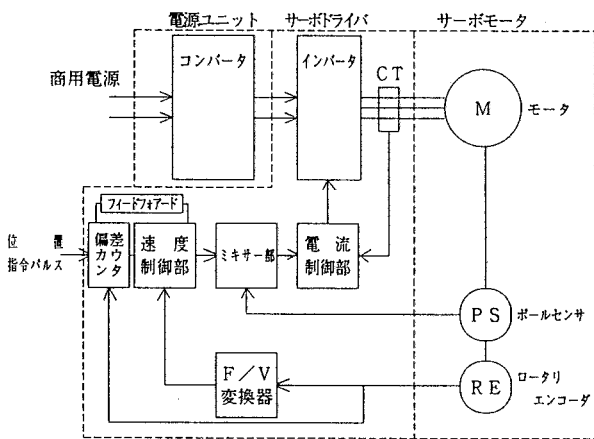


図6 サーボループブロック図

経路制御方式としては、PTP、3次元直線補間制御（アーム先端が直線上を動作）が可能である。位置教示は、ターミナル上から位置データ入力するMDI (Manual Data Input) 方式、または手でダイレクトにロボットを動かして教示するティーチングプレイバック方式が可能である。

#### IV 制御用ソフトウェア

制御用ソフトウェアにはC言語を用いている。操作者とのインターフェース部分の作成には、C言語が大変有用であり、グラフィクス、数値計算、入出力関係のライブラリが豊富であることなどがその理由である。ソフトウェアの構成を図7に示す。

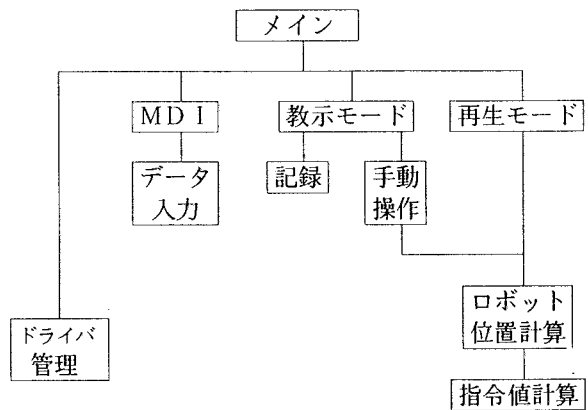


図7 ソフトウェアの構成

メインのプログラムは、システムの管理がその主な役割であるが、その他に外部のハードウェアとのやりとりを実行するドライバの管理も行う。各種ドライバの内容を表4に示す。

表4 各種ドライバの内容

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| アンプドライバ   | モータ制御用ドライバとのデータのやりとり |
| 入出力ドライバ   | 入出力データを管理            |
| マウスドライバ   | マウスの状態を管理            |
| コンソールドライバ | キーボードからの入力を管理        |

作業のモードとしては、教示モード、MDIモード、再生モードがある。教示モードは、ロボットを手動で動作させ、所望の位置まで動かし、その位置を記録させるモードである。MDIモードは、位置データをキーボードより入力してロボットの再生動作プログラム作成するモードである。再生モードでは、上記2つの

モードによって作成されたプログラムを使用して、プログラムに記録された位置へロボットを再度動作させる。

ロボットの位置計算は各軸モータのエンコーダデータを角度値もしくは座標値に変換し、ロボット先端の空間的位置を計算し、求める。また指令値算出は、次に動作すべき空間的位置から各軸角度・座標値を計算し、エンコーダデータに変換し、指令値とする。

次にロボットの操作手順の流れを図8に示す。

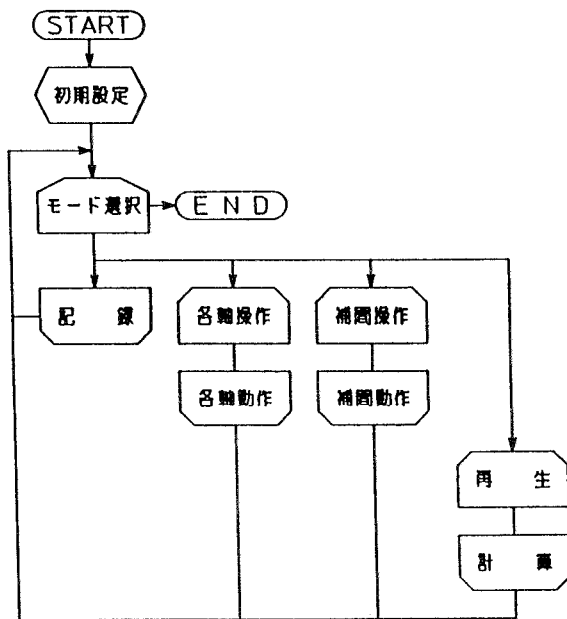


図8 操作手順の流れ

## V 訓練への展開

これらの仕様に従い、空間的位置制御が可能となるロボットシステムを製作し、各軸動作および直線補間動作は自作のテストプログラムにより確認した。確認内容は各軸動作に関しては表3の仕様を確認する内容であり、その結果は仕様を満足している。また位置繰り返し精度は $\pm 2.0\text{mm}$ であった。直線補間動作はXY, YZ, ZX各平面で速度 $10.0\text{mm}/\text{秒}$ の速度により動作確認を行い、最大ずれ幅 $3.2\text{mm}$ での補間動作を実現した。

このシステムの本来の目的は、自動制御訓練に用いることであり、前項までに記述した内容に関して、制御プログラム、操作者のインターフェースプログラム、システムの統合等を訓練に展開する。

訓練内容は次に示すような、実践的なものとする。

これらの訓練には、制御工学、シーケンス制御、情報処理、メカトロ技術についての基本的知識が必要となる。

- ・ロボットの機構・構造の理解
- ・一般的制御理論
- ・ロボットの制御方式の理解
- ・座標変換に関する理解
- ・外部入出力回路の理解
- ・ACモータ制御回路の理解
- ・パーソナルコンピュータのインターフェース
- ・マイクロコンピュータの動作理解
- ・プログラム言語
- ・制御プログラムの作成

## 謝辞

最後に、この教材を作成するにあたって多くの助言、協力を頂いた富山短大職員の各氏および機械システム系の学生諸君に深く感謝の意を表する次第であります。