

# PC 制御教材

## —空圧シリンダの中間停止を応用した自動選別搬送ロボット—

富山職業訓練短期大学校 五 島 奎 一

### Training Appratus for programmable Controller

— Automatic machine utilizing interrupted  
stop-motion of pneumatic cylinder —

Keiichi Goshima

**要 約** プログラマブルコントローラ (PC) の出現によって、自動機的设计、製作から制御までを一貫して、機械技術者の手で実行できる状況が実現した。しかし、プログラム作成技法の困難さは解決されたとはいえない。そのため各種自動機を设计、製作し、カリキュラム「制御実験」の回路演習教材として使用した。

今回製作した表題のロボットは、再編後の機械系演習教材を意図したものであり、従来製作した順序制御タイプの教材から条件制御に中心を移した自動機である。具体的には、ワーク9種類の形状の相違点、すなわち情報から、ワーク形状に対応した9種類の位置制御をおこなう構想である。ワーク搬送コンベア、形状検出装置、直交座標形3軸ロボットから成るシステムを设计製作した。二重出力動作を禁止する補助リレーの使い方、インタロック、復帰のタイミングといった技法が条件制御を主体に習得できる。

また、ロボットは中間停止回路により、1本のシリンダから多段停止位置を得る構造を採用し機構的な複雑さを回避した。さらに空圧シリンダ中間停止実験により、安価な空圧機器を採用した自動機の高速度化、高精度化を可能にする研究内容を紹介し、教材製作の幅広い選択範囲を期待した。

## I はじめに

プログラマブルコントローラ (PC) の出現によって、自動機的设计、製作から制御までを一貫して、機械技術者の手で実行できる状況が実現した。しかし、条件制御にみられるプログラム作成技法の困難さは依然残されており、この技法の習得が、PC制御の不可欠な課題となっている。当校金属成形科における「制御実験」においても、実際自分の手で制御してみる教材、としてプログラム演習に重点をおいた各種自動機を设计、製作した。

今回報告する表題の自動機は、訓練目標を条件制御のプログラミングに重点をおき、再編後の演習教材として計画、製作した。また、本機の多段位置決め機能として、空圧シリンダの中間停止回路を採用した。シリンダのストロークエンドの利用は、確実な位置決めを可能とするが、機構的な煩雑さを避け得ない。

開回路における空圧シリンダの中間停止は、繰返し停止精度に限界はあるが、精度ランクによっては使用に耐

え得ることがわかり、その実験内容も併せて報告する。

## II 自動選別搬送ロボット

### 1. 装置の構想と訓練目標

本装置は、順序制御を主体としたPC制御教材から、条件制御に重点を移した演習教材として計画した。すなわち、9種のワーク形状、つまり情報を直交座標形ロボットの中間停止機能に対応し位置関係に制御できるシステ

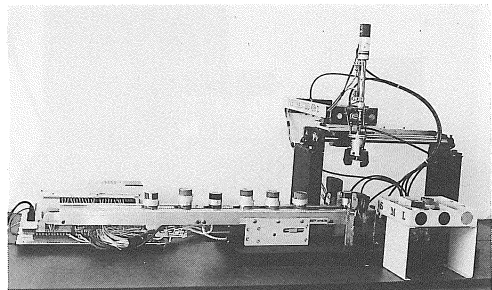


図1 自動選別搬送ロボット

ムとした。補助リレーの使い方、インタロック、動作条件および復帰条件の高度なプログラム技法を演習する。図 1 は装置全体を示す。

## 2. 装置の構造

本システムは、ワーク搬送コンベア、ロッドレスシリンダを組込んだ直交座標形 3 軸ロボット (図 2)、およびワーク形状検出部からなる。ワーク形状は、ロボット原位置直下のコンベア上にワーク高さを検出する光電センサ 2 組、ワーク側面形状を検出する近接センサ 2 組を配置する (図 3)。ワーク原位置検知はコンベア端のマイクロスイッチが受持つ。3 軸ロボット XY 方向の位置検知は、スライダ側面にマイクロスイッチを 4 個ずつ取り付け、原位置 1 個、中間停止位置 3 個に分ける。ロボット前部に 3×3、合計 9 区画に分割したケージをおく。後述する 9 種のワークをランダムにコンベアで送り、ケージの X 方向にワーク側面形状を、Y 方向に高さを系統的に自動選別し搬送する。

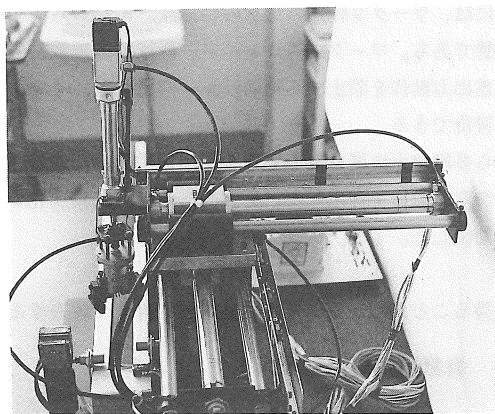


図 2 直交座標形 3 軸ロボット

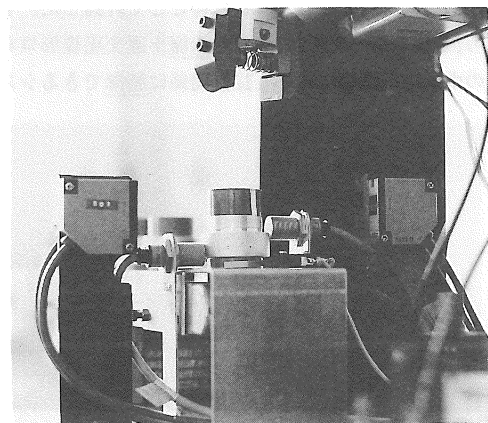


図 3 ワーク形状検出部

## 3. ワーク形状

図 4 はワーク基本形として

- 1) ワーク高さを S、M、L サイズとしてそれぞれ 55、60、65mm とした。
  - 2) ワーク側面形状は、ツバの有無、ツバのあるものはツバを軸方向中心から偏りをもたせ、A または B 面を上面にすることにより 2 種に分類できる。
- 以上の組合せにより 9 種の形状を得る。これらの形状に対し、段差をつけた 2 組の光電、近接センサの ON、OFF の組合せにより形状検出をおこなう。

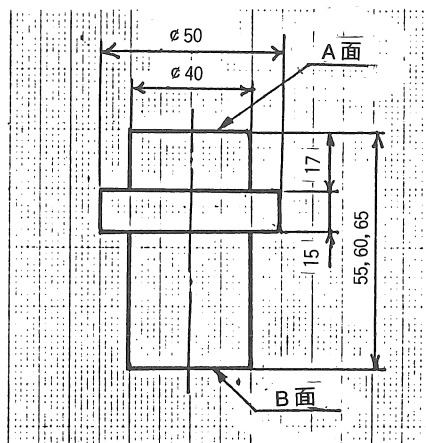


図 4 ワーク形状

## 4. 中間停止空圧回路

空圧シリンダの中間停止にはエキゾーストセンタ形、クローズドセンタ形、プレッシャーセンタ形の方向切換弁が紹介され市販されている。エキゾースト形は起動時に飛び出しがおき、クローズド形は慣性負荷に対する振動が著しい。プレッシャー形はこれらの欠点を補っているが、片ロッド複動シリンダを使用する場合、ロッド側とヘッド側の圧力差を調整する必要がある。

本装置の位置決め繰返し停止精度を実測したところ、シリンダ速度 100mm/sec で  $\pm 1.0\text{mm}$  であった。

## 5. 制御回路作成のために

自動運転回路作成のために次の条件を満足することが望ましい。

- 1) 原位置マイクロスイッチがワークによって押されると、コンベアは停止する。
- 2) コンベア停止後、2 種のセンサの信号により形状が補助リレーに記憶される。ワークが掴まされると再びコンベアが運転し、次のワークを原位置に搬送する。
- 3) 記憶されたワーク情報を 3 軸ロボットの位置決め用

マイクロスイッチに転送され、シリンダが指定されたスイッチを押すと方向切換弁が中立位置に戻り中間停止する。

4) XY方向の停止位置が確認されると、ワークが外され、同時にワーク情報が解除、ロボットは原位置に復帰する。

以上、回路作成にあたり、二重出力動作を禁止し、誤動作を避けるため確実なインタロック回路を構成する必要がある。

### Ⅲ 空圧シリンダの中間停止実験

#### 1. 実験装置 (図5)

市販補助シリンダ (φ32×300st.) のロッド端にテーブル装置を直結し、テーブル上面には慣性負荷を与える重錘を取付け得る。リニアスケールをテーブル側面に取りつけたアダプタで継ぎ、ピストンの移動量を表示ユニットで読みとる。その他、ピストン平均速度、瞬間速度、圧力変化等を測定することができる。制御部はPCを用いた。また、テーブルの動摩擦力は1kgfであった。

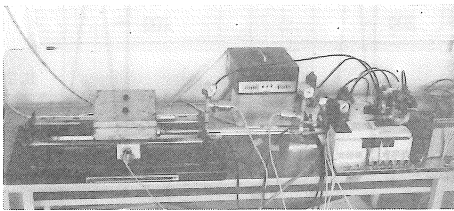


図5 空圧シリンダ中間停止実験装置

#### 2. 繰返し停止速度とオーバーラン

開回路では、図6のようにシリンダに停止信号を与えてもオーバーランが発生する。また停止位置にもバラツキがあり、その全幅を繰返し停止精度とする。図7に示す空圧回路でピストン速度を150mm/secとし、重錘を5~35kgfまで10kgfずつ変化させ、各重量ごとに100回繰返し試験を行った結果を図8に示す。速度を300mm

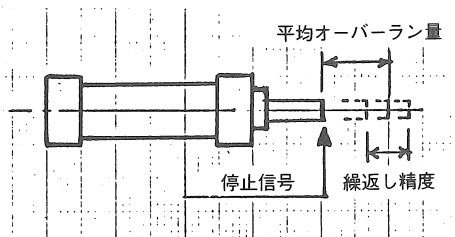


図6 オーバーランと繰返し停止精度の説明

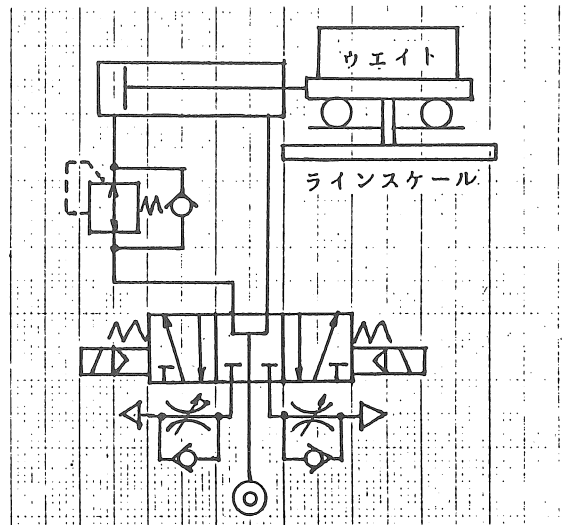


図7 中間停止回路

/sec とすると、オーバーラン量は36~142mm、繰返し停止精度は±2.8~6.1mmとなり高速、大慣性負荷は使用に耐えない。100mm/secでは5.4~13.7mm、±0.5~1.1mmと簡易位置決め限度を満足する。

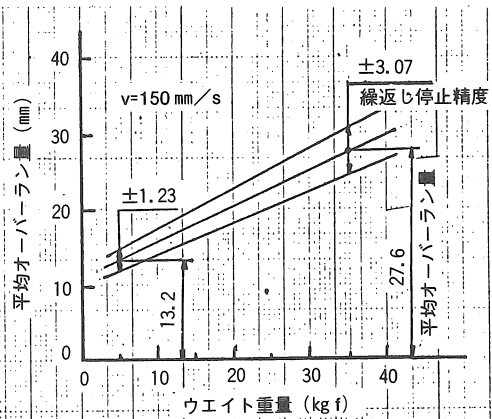


図8 繰返し停止精度実測例

#### 3. 慣性負荷対策について

慣性負荷が大きい場合、高速 (一次速度) から停止位置直前で減速 (二次速度) 域を作り停止させることができれば、慣性の影響を相殺し、停止精度の向上と動作時間の短縮を計ることができるであろう。

図9に示すメータアウト回路で、表示ユニットより得ることができる減速位置信号により2位置3方弁を切換え、高速用絞りを通ったシリンダ排気は低速用絞りより排気され二次速度を得る。つぎに、表示ユニットで停止信号を得、3位置5方弁を切換えテーブルを停止さす。

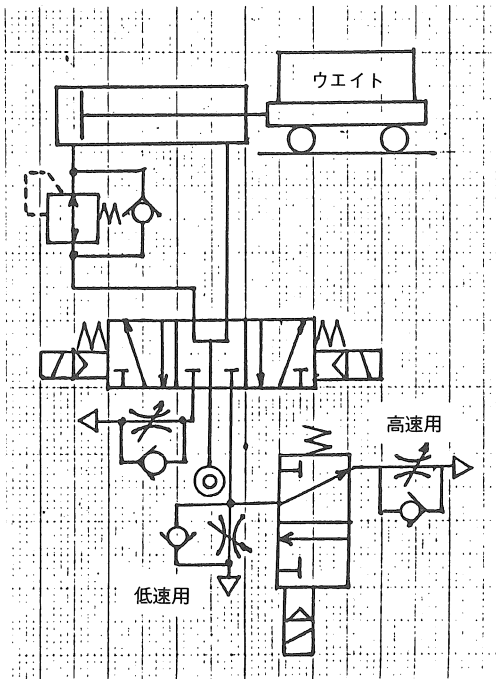


図 9 絞り減速方式

この絞り減速方式による繰返し停止精度は $\pm 0.5 \sim 1.0$ mmであった。ただこの方式は、図11(a)が示すように重錘が10kg f 以上になると一旦停止後低速度域に入る。この現象は、二次速度を下げるほど、慣性負荷が大きい程著しいことから、慣性の影響で絞り弁の一時的な排気抵抗増大によるものと考えられる。

絞り減速方式の欠点を解決するために、図10に示す差圧減速方式を考案した。2位置3方弁の切換えによって2つの減圧弁の差圧で二次速度を発生させるものである。図11(b)に示すように、一旦停止現象は発生しない。図12はその停止精度を示し、二次速度から停止信号を出すまでの時間を0.2secとした実験値である。二次速度をパラメータとしたのは、3~9mmの範囲で種々のオーバーラン量を得るためである。また、両方式とも一次速度を250mm/secとした。以上、差圧減速方式は簡易位置決め回路として推奨できる。

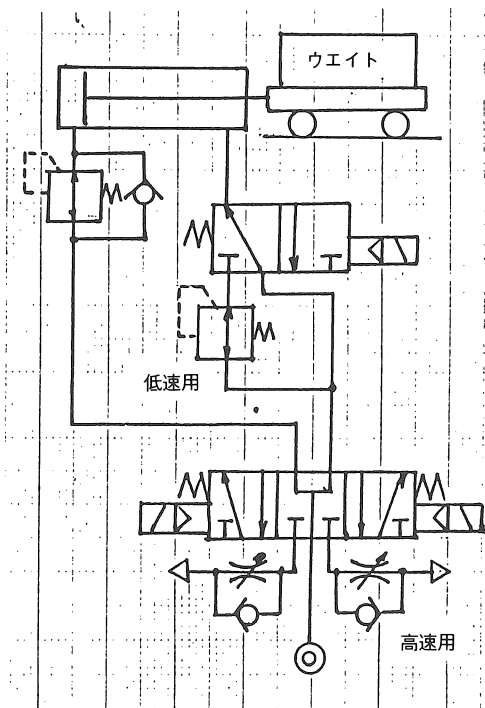


図10 差圧減速方式

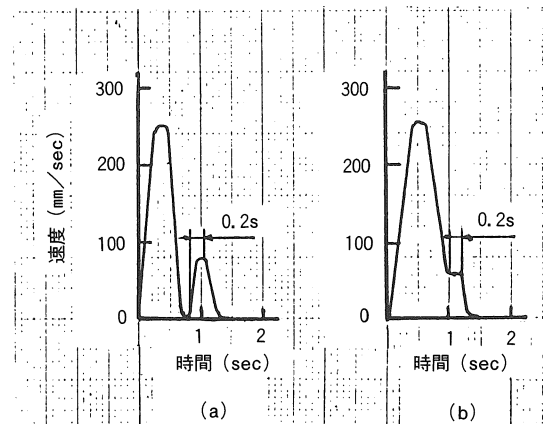


図11 速度-時間線図

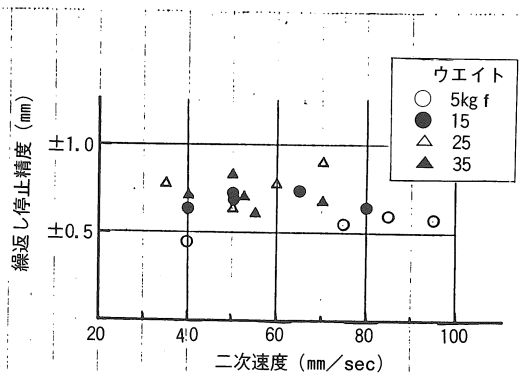


図12 差圧減速方式による繰返し停止精度

#### IV おわりに

情報の選択と制御に焦点を当て、PC からその機能を引き出そうとした今回の試みによって、今後の自動機製作とプログラム演習の場に、楽しい展望を与えてくれた。本稿では、制御回路の掲載を割愛したが、条件制御を主体に二重出力動作を禁止するための補助リレーの使い方、インタロックのとり方、復帰のタイミングといったシーケンス制御の基本的な技法が習得でき、再編後のPC 制御教材として耐え得ることを願っている。

空圧シリンダの中間停止実験においても、さらに繰返し停止精度向上を計るよう研究されねばならぬが、比較的安価な空圧機器に機構の簡素化、高速化、高精度化が約束され、教材製作の幅広い選択を与えてくれるであろう。

