

実践報告・資料

メカトロニクス教材としての位置決めユニットの製作及びその利用

香川職業訓練短期大学校 安芸総合高等職業訓練校\* 島本 裕・田中 康夫\*

Applications of a Positioning Unit to Mechatronics Teaching Aids

Yutaka Shimamoto, Yasuo Tanaka

**要 約** 市販のメカトロニクス教材は、マイコンのハードウェアとソフトウェアの学習を目的としたものが大半であり、メカニズム部分については軽視されている。

このメカニズム部分に精密位置決めユニットを適用し、メカニズムからエレクトロニクス、コンピュータ制御まで一貫して学習できる教材を試作した。

この報告は、位置決めユニット自体の組立調整からパソコンによる駆動までの教材としての展開例を示し、問題解決型教材として有効性が見られ、ものづくりに対するモラルアップにも非常に効果があることを述べるとともに、メカトロニクス教材のあり方についての考察をしている。

I はじめに

メカトロニクス技術の教育は、企業及び教育機関において重要な課題になっており、この数年、数多くの教材が開発され市販されている。しかし、これらの教材は、マイコンのハードウェアとソフトウェアの学習を目的としたものが大半であり、プログラム作成とその動作確認だけに留まるものが多い。特に、メカトロニクスのメカニズムの部分についてはただ動けばよいというものが多く、精度面も軽視されており、メカニズムの学習ができるものは少ない。

いうまでもなく、メカトロニクスは、メカニズム、エレクトロニクス、コンピュータの融合された技術である。特に機械系の学生にとっては、メカニズムの学習も重要な部分である。にもかかわらずメカニズムの動きは見れば分かるためか、市販教材にはそれについての十分な説明がされているものがない。

また、初級レベルのものはLEDやスイッチによるシミュレーションで学習する形式が多い。初期のシミュレーション教育は確かに効果があるが、こればかりでは産業界で使用されている実機と結び付かない。実践的な内容を学習する場合は、新たに実機を想定した教材を用

意する必要がある。このとき、他社の教材を利用する場合には、操作方法や言語が異なるため、再度、操作方式や言語の学習のやり直しをせねばならない。

市販の教材にはこのような問題点があり、メカトロニクス教育において、メカニズムからエレクトロニクス、コンピュータ制御までの学習を一貫した教材で効率よく進めることが困難な現状である。この点に注目して、以下のようなメカトロニクス教材の開発を行い、電子機械科の学生に適用したところ、かなりの成果を上げることができたので、教材開発の一事例として報告したい。

II 教材の概要

教材のテーマは、モータによる位置決め制御とした。メカトロニクスは、自動化・省力化の技術として生れてきたものであり、その自動化の基礎技術は位置決め制御技術にある。したがって、教材も位置決め制御技術をテーマにしたものとする事で、メカトロニクスの基本が習得できるものと思われる。

教材は図1のような内容で構成している。

(1) 精密位置決めユニット

表1 位置決めユニットの仕様

ストローク	250mm
外形寸法	460mm×140mm×80mm
ボールねじのリード	10mm
最少設定単位	0.02mm/フルステップ 0.01mm/ハーフステップ
最高速度	200mm/sec
位置決め時間	2秒/250mm 以内
最大可搬重量	5kgf
位置決め精度	±0.01mm

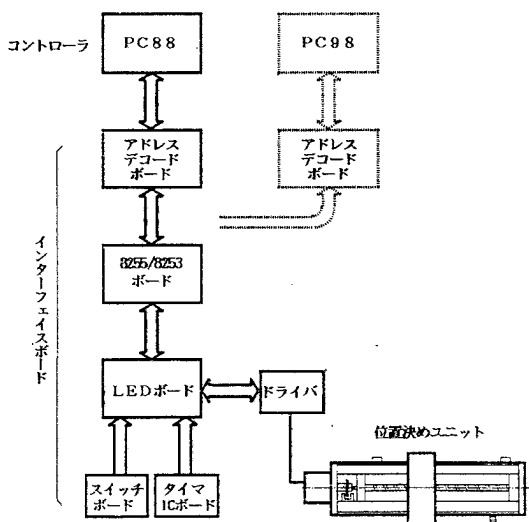
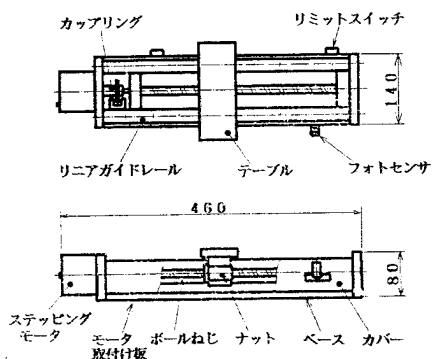


図1 教材の構成



■使用部品	
駆動モータ	5相ステッピングモータ オリエンタルPH564-NB ドライバ オリエンタルCSD566-NB
駆動部品	NSK精密ボールねじ、ナット ねじ径12mm、リード10mm、ねじ軸長さ310mm
リニアガイド	NSKリニアガイドレール L1N15 NSKリニアガイドベアリング LAN15AN
カップリング	オリエンタル MC200608C
リミットスイッチ	オムロン、マイクロスイッチ
フォトセンサ	オムロン EE-SX672, EE-SX671

図2 位置決めユニットの外形図

ユニットの外形図を図2に、その仕様を表1に示す。メカニズム部分は、少々簡単であるが、位置決めのも基本であるボールねじとリニアガイドによる直動機構とした。図2中の使用部品は購入品であるが、ベース、

モータ取付け板、テーブル、カバー等はアルミ材で製作し、ねじ部にはヘリサートを使用して、繰り返し分解・組立てができるようにした。

学生には、このユニットを分解させ、「テーブルを位置決め精度0.01mm以内で滑らかに、むらのないように動かす」ことを目標にして再び組み立てさせる。

このように、精度を追求することにより、学生に平行度、平面度、同軸度等の重要性を理解させ、それをどのように測定すればよいかを考えさせることができる。

駆動用のモータは、マイコンに接続しやすいステッピングモータとし、左右にオーバートラベル検出用のリミットスイッチを付け、原点復帰用として原点位置と一回転信号出力用にフォトセンサを付けた。これにより産業用ロボットやNC工作機械と同じような原点復帰動作を行わせることができる。

## (2) コントローラ

コントローラはパソコンとし、BASIC及びマシン語による制御用プログラムの学習をする。

パソコンを利用することによって、次のような利点がある。(1)

- ①学生が使っているもので機器操作などの立ち上がり時の負担軽減ができる。
- ②情報処理関連の科目と連携でき、高い学習効果が期待できる。
- ③使用言語に柔軟性ができる

## (3) インターフェイスボード

インターフェイスボードは、アドレスデコードボード、8255/8253ボード、LEDボードの3つを

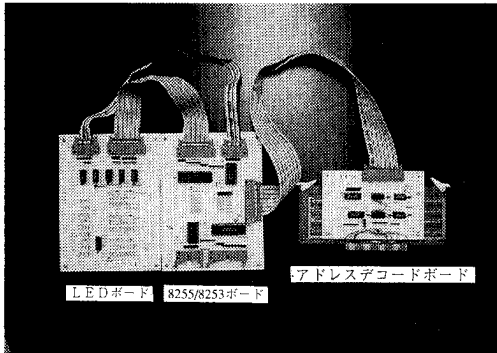


写真1 インターフェイスボードの基本セット

基本セットとして常時使用し、必要に応じてスイッチボードやステッピングモータ駆動用ボードなどの周辺ボードを接続する構成にしている。

写真1にインターフェイスボードの基本セットを示す。3つの基本セットは確実な動作を必要とするので、プリント基板化し、完成したもので学生に使用させている。

学生は、このボードの回路図を理解することにより、アドレスデコードや周辺LSIとCPUとの接続方法等を学ぶことができる。

アドレスデコードボードは、パソコンの拡張スロットに差し込み、パソコンのI/Oポートに8255/8253等の周辺LSIを割り付ける役目をするものである。このボードを取替えるだけでPC88とPC98のどちらでも使用可能となり、パソコンが変わっても、他のボードや装置はすべて共有できる。

8255/8253ボードには2個のPPI8255とTC8253があり、LEDボードとフラットケーブルで接続している。

LEDボードは、8255/8253の信号端子をそのまま展開したもので、信号の確認用のLEDと外部機器と接続する端子をもったボードである。端子にスイッチボード、ステッピングモータのドライバ、タイマICボードあるいは学生が製作した回路を接続して各種の実験実習に使うことができる。

このように、このインターフェイスボードは、操作性の統一と拡張性の高い教材システムをねらいとして開発されている。

### III 教材の授業への適用と使用例

この教材を図3のような順序で使用することにより、メカニズムからインターフェイス、ソフトウェア作成ま

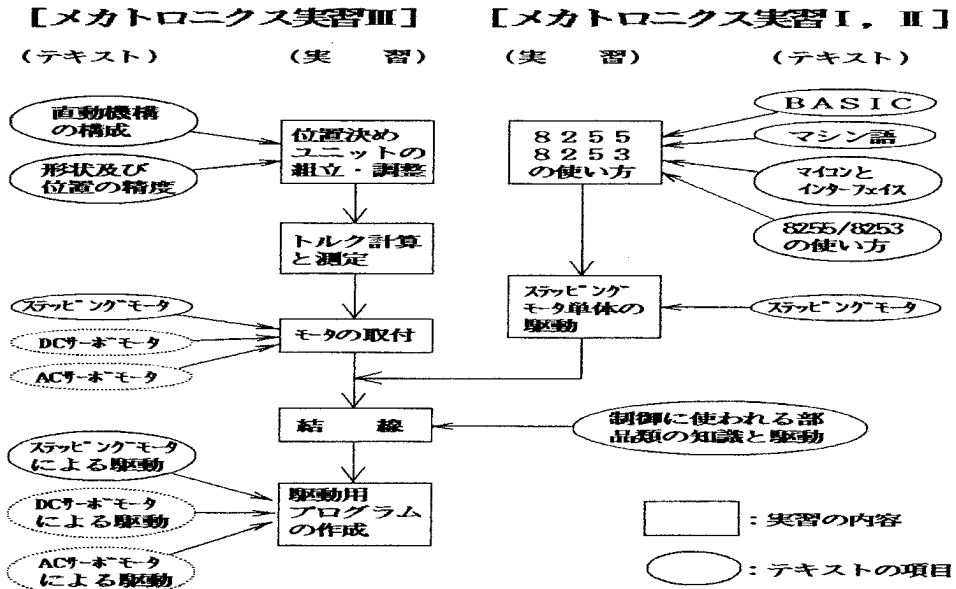


図3 授業での使用順序

を一貫して学習することができる。なお、図3の(テキスト)の部分は、知識として必要な内容をテキストにまとめた項目を示す。

教材は電子機械2年生を対象としたメカトロニクス実習Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの科目に使用している。表2は科目ごとの主な内容である。

表2 科目の内容

科目	内容
メカトロニクス実習Ⅰ (2単位)	インターフェイスボードの回路の理解 8255の使い方 BASICにより次の制御プログラムを作成 ・LEDの制御 ・スイッチの検出 ・ステッピングモータの駆動と制御 ・空気圧式ピック&プレースの制御
メカトロニクス実習Ⅱ (2.25単位)	マシン語により次の制御プログラムを作成 ・LEDの制御 ・スイッチとLEDの制御 ・ステッピングモータの制御
メカトロニクス実習Ⅲ (8単位)	8253を使用したパソコンによる計測 パソコンによる機械制御 ・位置決めユニットの駆動

特に、位置決めユニットの駆動は、メカトロニクス実習Ⅲのなかで約36時間を取り、次のように試行した。

(1) 位置決めユニットの組立て調整

位置決めユニットを分解する。

ボールねじ、リニアガイドの特長、種類、精度について調べる。

カタログ<sup>(2)</sup>より取付けの精度許容値を調べる(図4)。

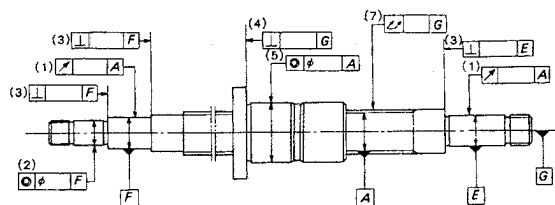


図4 ボールねじの取付部精度

リニアガイドレールを取り付ける。平行をどのように出すか検討し、取付けの手順、ボルトの締め方を考える。

ボルトの締付けトルクについても調べる。レールの平行度、真直度の測り方を検討し、所定の精度が出ているか測定する。

ボールねじとナットを取り付ける。取付け手順を考える。リニアガイドレールとの平行はどうやって出すか考える。テーブルを往復移動し、動きがなめらかになるよう調整する。(写真2)

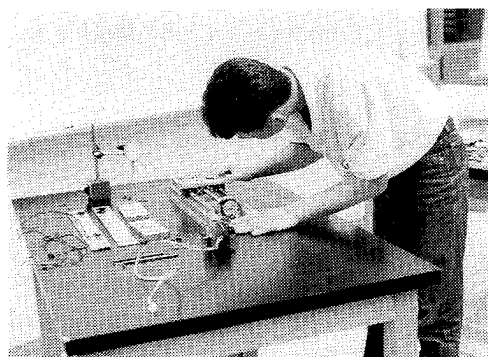


写真2 位置決めユニットの組立て調整

(2) トルク計算と測定

この位置決めユニットの構造で、モータに必要なとされるトルクを計算する。

トルクは負荷トルクと加速トルクに分け、加速トルクは、表1の仕様よりステッピングモータの加減速パターンを決め計算する。

なお、負荷トルクについては、ボールねじの軸端につけたフレキシブルカップリングに糸を巻付けて、ばねばかりで計るという簡単な方法で測定して、計算値と比較する。大きく異なる場合はその原因を考える。

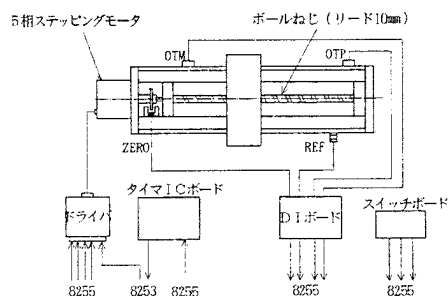
(3) モータ類の取付け

ステッピングモータの構造、種類、動作原理、速度-トルク特性、駆動方式等を学習する。<sup>(3)</sup>

ステッピングモータ、リミットスイッチ、フォトスイッチを取付ける。

2. ステッピングモータによる位置決めユニットの制御

■構成



- 【STEP1】接続  
 ① 8255のA, B, Cポートの入出力を決定する。  
 ② 各ビットに入出力信号を割付、割付表を作成する。  
 ③ 割付表どおりに接続する。

● 出力信号 (8255 → ステッピングモータドライバ)	● 入力信号 (8255 ← 位置決めユニット)
CDWN カレントダウン	OTP オーバートラベル+側
RDC 回転方向切換え	OTM オーバートラベル-側
STP ステップ角切換え	ZERO 1回転信号
COFF 出力電流オフ	REF 原点復帰用センサ
PULSE パルス信号	

- 【STEP2】入出力信号の確認  
 ① OTP, OTM, REFを作動させて信号が入っているか確認する。  
 ② ステッピングモータを手で回し, ZERO信号が入っているか確認する。  
 ③ 0.5kHzのクロックを入れてモータが回転するか確認する。  
 ④ ドライバの回転方向, ステップ角の信号を切り換えてみる。  
 注1. アクティブHかアクティブLかもチェックすること。  
 注2. クロックはタイマICから入力する。

図5 課題例

(4) インターフェイスボードの結線

8255のI/O割付けと8253の使い方を決め、端子台を介してスイッチボード、ドライバ、タイマICボードと結線する。

(5) 駆動用プログラムの作成

ステッピングモータのドライバに8253からパルスを入力し、最大自起動周波数と最大応答周波数を測定する。トルク計算のところで決めた加減速パターンが適当か検討する。

8255/8253を使って次のような駆動プログラムを作成し、位置決めユニットを駆動する。

- リミットスイッチ間の低速往復運転
- スタート、ストップボタンによる台形駆動運転
- 原点復帰運転
- あらかじめ入力した座標値への連続位置決め運転

なお、ステッピングモータに与えるパルス速度の可変は、タイマICボードから1MHzのクロックを8253に入力し、8253のモード3を使ってクロック速度を分周することにより行っている。

ステップ角の切替え、回転方向の切替えは8255からステッピングモータのドライバを制御することにより行う。

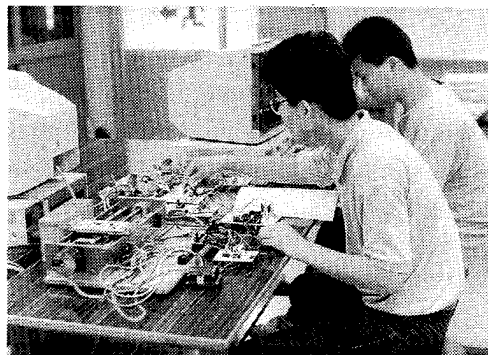


写真3 位置決めユニットの駆動実習風景

図5はこの課題の一部であり、写真3は位置決めユニットの駆動実習風景である。

以上のように、学生自ら教材を組み立て、必要な知識を同時に身につけながら実習を進めていくことによって、位置決めユニットの駆動を目的とした実習だけで、相当広範囲なメカトロニクス技術の基本を習得できるようになる。

さらに、モータをステッピングモータからDCサーボモータ、ACサーボモータに取替えることにより、サーボ機構の学習へと発展可能である。

IV おわりに

一軸の精密位置決めユニットをメカトロニクス教材として展開することについて試行した。

職訓短大では、ものづくりのできるテクニシャン養成を目指しており、学生が頭で考え、手を動かしながら学習できる教材が必要である。また、メカトロニクスはメカニズム、エレクトロニクス、コンピュータの融合したものであり、これらが一貫して学習できるトータル教材が必要である。

特に電子機械科のカリキュラムでは、機械関係の技能・技術が欠落しがちであり、メカトロニクス教材でその

部分を含んで学習できるようにすることが重要である。

今回の教材は、自分で教材を組み上げながら、メカニズム部分から学習し、最終的にはプログラムによる制御までできるようになっており、一応の成果を上げることができた。

電子機械科2年生の学生に位置決めユニットの組立て調整を行わせたところ、①物の取扱いがていねいになった。②ゴミ、かえり等に気を付け、作業中に注意深く観察しながら作業を進めていくようになった。③公差、仕上げ面、基準面の考え方、直角度、平行度、同軸度等製図の授業では分かりづらいところが実感として理解できるようになった。④測定誤差とその原因について考えるようになった。等、ものづくりに対する基本的な姿勢、いわゆるモラルアップの向上にも非常に効果があった。これは、位置決めユニットの位置決め精度を実機と同等に高くした効果である。

今回の試行をもとに、より細かい観察と指導を行い、テキストの充実と指導方法の工夫や各種ユニット、インターフェイスボードの改善、機械製図、機械力学、電子工学、コンピュータ工学等の関連科目との関係、教育環境の整備についても今後とも継続して検討していく必要がある。

#### [参考文献]

- (1) 久芳頼正, 石原学, 田中康夫:メカトロニクス教育環境の構築に関する一考察, パソコンリテラシ  
1991年8月
- (2) 日本精工カタログ精機製品〔直動編〕  
Pr. No. 1371d 1990. 5
- (3) オリエンタルモータ総合カタログ  
'91/92