

機械工学実験へのマイクロコンピュータの応用

(機械制御実験および NC 旋盤実験について)

青 山 英 樹*・川 嶋 稔 夫**

The applications of a microcomputer for experiment
of mechanical engineering
(On the experiment of mechanical control and the experiment of
numerically controlled lathe)

Hideki AOYAMA and Toshio KAWASHIMA

要 旨

機械工学実験における工作実験に関し、本年度取り入れたワンボードマイクロコンピュータによる機械制御実験と、現在行なっている NC 旋盤実験へのマイクロコンピュータの利用について述べる。

Synopsis

Respecting the experiment of machine work in experiment of mechanical engineering, this report account for the experiment of mechanical control on one board microcomputer which is introduced in this year and the use of a microcomputer to the present experiment of numerically controlled lathe.

A. 機械制御実験について

1. ま え が き

現在、電気製品はもちろんのこと機械製品のあらゆるものにマイクロコンピュータ（以下マイコンと言う）が組み込まれている。また、企業においては機械制御から在庫管理や伝票整理にいたるまで、いたるところでマイコンが利用されている。工場では自動化・ロボット化が進み数多くのメカトロニクス製品が導入されるようになってきた。

このような現状のもとで機械技術者に要求される情報処理に関する基礎知識も多様化してきており、これからの機械技術者にとってマイコン応用技術の修業は必要不可欠となってくると思われる。

そこでマイコン応用技術の中でも機械工学を学ぶ学生にとって以下の事柄が特に重要かつ必要であると考え、実験構成を考えた。

- ・マイコン（パソコンを含む）を利用する際の CPU 内のレジスタに関する知識。
- ・マイコンを利用する上でアセンブリ言語および機械語の基礎知識。→応用範囲が広がる。
- ・8ビットの2進数（16進数）表示と入出力値との関係。
- ・パルスモータを制御する上でパルス波の理解とその周波数の制御の方法。

この機械制御実験は4学年の後期に10人グループで1週しか行なわれないため、内容を次の3点に絞った。

- (1)機械語（16進数）によるプログラムの書き込み
- (2)入出力の方法
- (3)パルスモータを駆動輪とした車のオープンループ制御

* 助 手 機械工学科

** 助 手 電気工学科

しかし、上記の3点をマスターすれば機械制御技術のかなりの範囲まで応用できると考えられる。

この実験は最終的に学生が1人1人自由に車を制御することになるが、制御対象が「自由自在に動かすことのできる物(車)」であるという観点から、学生の関心を高めることになり熱心に取り組むと思われる。

2. 実験装置

制御用マイコンはコンピュータ・リサーチのCRC 80、パルスモータはオリエンタルモータのPH 264-02型である。

2-1 マイコン装置

CRC-80はCPUにZ-80を使用したワンボード型のマイコンである。CPUにZ-80を持つマイコンを選んだ理由⁽¹⁾として、現在まで最も普及してきたマイクロプロセッサにインテル社の8080系があり、これを基に設計されたのがザイログ社のZ-80である。したがってZ-80は8080系の機能をすべて有し他に多くの機能が追加されている。8080系とZ-80の命令語ではアセンブリ言語はかなり異なっているものの機械語は同じである。またZ-80の機能は感覚的に覚えやすくなっていることなどがあげられる。

図1にCRC-80とI/Oポートを備えた実験装置を示す。この装置の特徴としてスイッチにより8ビットのデータ入力ができ、8ビットのデータ出力により信号も容易に取り出せる点にある。出力の状態は8個のLED(発光ダイオード)により視覚で確かめることができる。

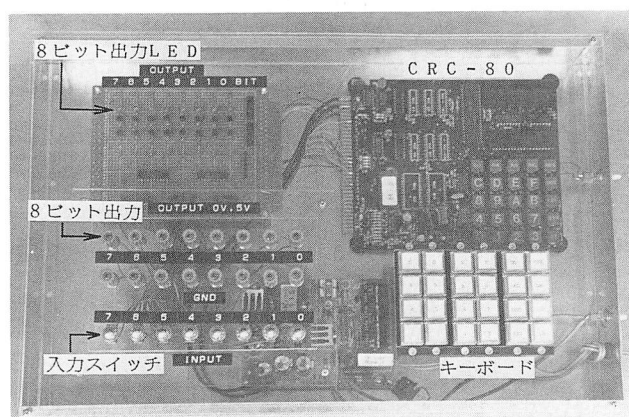


図1 CRC 80 実験装置

2-2 制御対象一車

図2に作製した車を示す。この車は左右のパルスモータ(1パルスに付き1.8°回転)の軸を直接駆動輪としてあるので制御する際に実感として捕えやすい。パルスモータの上にはPMM 8713(パルスモータ駆動用IC)を用いた駆動回路を載せてある。本パルスモータを制御するには正逆回転を定める信号と、モータを回転させるパルス信号の2つの信号を与えればよい。

3. 実験内容

実験は、実験の目的、マイコンの基本構造、ワンボードマイコンの操作法、代表的な命令語、パルスモータの制御の方法について順次説明した後、8つの実験課題を各自行なう。

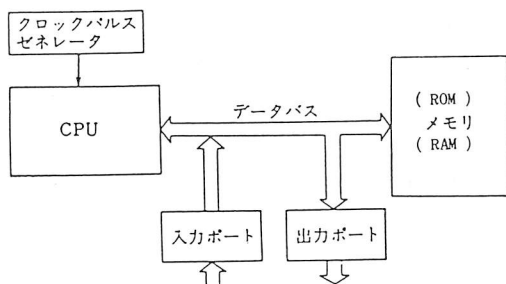


図3 マイコンの基本構成⁽²⁾

3-1 マイコンの基本構造

図3でマイコンの構成を示し、その中でも特に重要なCPUとメモリについて説明する。

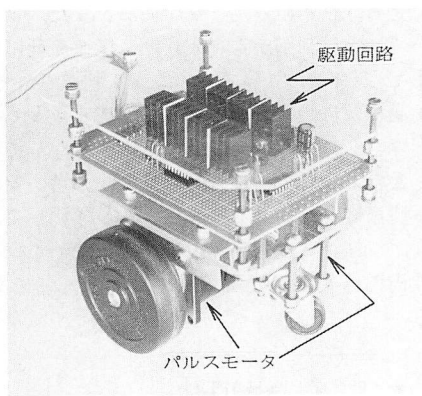


図2 制御対象~~「車」

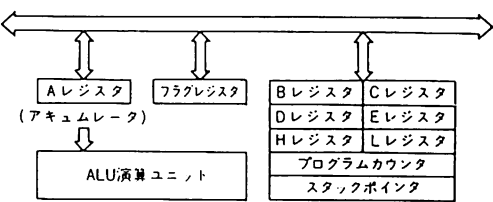


図4 CPUの構成⁽³⁾

図4によりCPUの働きについて説明する。特にレジスタ群の存在とアキュムレータ（Aレジスタ）の役割について強調する。

メモリについてはRÖMとRAMの働きのちがいを説明する。

3－2 ワンボードマイコンCRC-80の操作法

ここではメモリ番地（アドレス）の概念を認識し、16進数－2進数－10進数の変換を理解する。ここで重要なことは、「メモリ番地は16ビットであり4桁の16進数で表わされ、その番地に記憶されるデータは8ビットであって2桁の16進数で表示される」ことを深く注意することである。

具体的な操作法は難しくはないので、学生自身が説明書を読みながら理解している。

3－3 代表的な命令語

Z－80の命令語は全部で700程度あるが、ここでは代表的な21の命令語（類似したものがあるのでその種類は更に少ない）を説明する。この程度の説明により、Z－80の命令表をだいたい読むことができるようになる。

また、混乱するのを避けるためAレジスタを使うことができない16ビット算術演算グループに関しては全くふれていない。

表1に実験で説明している命令語を示す。

3－4 パルスモータ制御の方法

本実験装置は機械語を理解すれば容易にパルスモータを制御できるが、次の問題点を解決しなければならない。

(1)I/Oポートから信号（パルス信号とモータの回転方向を定める信号）をどのように出力するか。直進・後退・右回転・左回転でそれぞれ出力値が異なる。

(2)出力するパルス信号の周波数（モータの回転速度）をどのように設定するか。

(1),(2)の問題点のうち、(1)のパルス波の出力の方法とモータの回転方向を定める方法については実験を始める前に説明する。(2)については学生が試行錯誤しながら車を制御していく中で見いだししていく。

4. 実験課題

- 実験1 プログラムにより8100番地に10101011を、また8101番地に01001000を拡張し確認せよ。
- (目的) 8ビット2進数表示を入力するために16進数表示へ変換する練習と、キーボード操作（マイコン操作）に慣れる。
- 実験2 次のプログラムをハンドアセンブルし、何を行なったか解説せよ。また結果の確認をせよ。

(ニーモニック)

8000番地 LD A, 04H
LD B, 06H
ADD A, B
LD (8100H), A
HALT

表1 命令語

ニーモニック		機械語 (16進数)
LD	A, nn	3E nn
LD	B, A,	47
LD	A, (lmm)	3A mml
LD	(lmm), A	32 mml
LD	HL, (lmm)	21 mml
LD	(HL), A	77
ADD	A, B	80
INC	A	3C
INC	HL	23
SUB	B	90
DEC	A	3D
INC	A, (nn)	DB nn
OUT	(nn), A	D3 nn
AND	B	A0
OR	B	B0
JP	(lmm)	C3 mml
JP	NZ, (lmm)	C2 mml
CALL	(lmm)	CD mml
RET		C9
NOP		00
HALT		76

(目的) 演算結果(ADD A, B)がアキュムレータ(Aレジスタ)に置かれることを認識するとともに、実験1と同様マイコン操作に慣れる。

実験3 16(10進数)－9(10進数)を行ない結果を8100番地に拡張せよ。

(目的) 10進数表示である16と9を16進数でどのように表わすか。特に16進数で桁上がりする数についての練習

実験4 次のプログラムを実行し何を行なったかを説明せよ。

	(ニーモニック)	(機械語)
8000番地	LD A, 55H	3E 55
	OUT (04H), A	D3 04
	HALT	

(目的) 出力命令の練習と16進数で出力した値がどのように2進数8ビット出力となるかを確かめる。

実験5 8ビットLED出力が次に示す2つの状態を交互に表示するようにプログラムし実行せよ。●●●●○○○○と○○○○●●●●の表示を繰り返す。繰り返しが早すぎるとLED全てが点灯しているように見えるので、出力と出力の間の時間間隔をとるようにプログラムすること。

(目的) 実験4の応用で、この課題を試行錯誤することによりパルス波の周波数を任意に設定できるようになる。またパルスモータへの2つの信号を取り出す方法も理解できる。

実験6 次のプログラムを実行しINPUTスイッチを操作してみよ。何を行なっているか説明せよ。

	(ニーモニック)	(機械語)
8000番地	LD C, 08H	0E 08
	IN D, (C)	ED 50
	LD C, 04H	0E 04
	OUT (C), D	ED 51
	JP (8000)	C3 00 80

(目的) 8ビットに入力した値をそのまま出力するプログラムにより8ビット入力の意味を捕える。

実験7 INPUTスイッチにより8ビット入力した値に1加えた値を8ビット出力するプログラムを作り実行せよ。

(目的) 実験6の応用で、入力されたデータに何らかの処理を施して出力する練習で機械制御の基礎となる練習であると思う。

実験8 車(2軸のパルスモータ)の制御をする。走らせるコース、速さは各自の自由とする。

(目的) 2つのパルスモータを同時に制御する。本実験の最終目標で、どの程度まで制御するかは学生に任せてあり、この実験8により本実験に対する個人差が解消できる。

5. あ と が き

本実験についてまとめると

- ・1回の実験では時間不足でこれ以上内容を加えることは困難である。現状においても時間外にまで至って実験を行なっている。

- ・学生は2年時にフォートランを学習しており、機械語であってもアルゴリズムは同じであり、予想したよりもレベルアップされた実験ができた。本実験で、車の直進だけの制御は全員できるようになり、2～3割の学生はインプットスイッチ等で自在に制御するに至っている。

- ・本実験はフォートラン文法やエレクトロニクスの知識がなくとも機械語を理解することにより各自でそれぞれ参加することができるため、学生の学習意欲を喪失させない。

- ・本実験で2軸制御(2個のパルスモータ)を行なっているので3軸・4軸制御へと拡張していくことは可能である。

- ・本実験ではデータ入力をスイッチにより行なっているが、簡単なセンサ(マイクロスイッチなど)などからデータを入力し、何らかの判断や処理を施して出力値を定めるようにするとクローズド・ループ制御等へ応用できる実践的な実験となる。このためには実験時間の拡張が必要である。

終わりにあたり感想を述べる。機械技術者に要求される情報処理に関する知識が幅広くなってきている現在、機械工学実験や情報処理の授業等においてもその内容は少しずつ変わっていくものと思われる。エレクトロニクスの知識を得ることは重要ではあるが、実践的機械技術者にとってはマイコンやセンサやモータなどを単なる道具としてそれを使い得る知識・能力を持つこともさらに重要であると思う。

最後に本実験のレポートから3名の学生の感想を記する。

(学生A)

マイクロコンピュータを使用して今回の実験はなかなかおもしろい実験だった。今までフォートランしか使用したことがなかったが、機械語を使用しても基本的な考え方はほとんど変わらないと

思った。実験では実験5が一番むずかしかった。特に時間間隔のあけ方が難門だった。

（学生B）

ワンボードマイクロコンピュータを操作したのは初めての事で、実験の初めの方では大変手間取ってしまった。しかし、この実験は前の実験をどんどん応用していくものであったので慣れていくことができた。実験5と実験8は特に考えさせられた。最後にマイコンの操作の一端を知ることができて良かった。

（学生C）

小学生さえもがマイコンを自由に操るような今日のコンピュータ技術の進歩の中に位置しながらも、自分をはじめ他の多くの高専生はマイコンに疎いのではないかと思う。このような状況下でこの今回の実験は新鮮味があり「よし！これを機会にマイコン・コンプレックスをなくそう」という気がおきて非常に良い試み（実験）だった。

B. NC 旋盤実験へのマイコンの導入

1. ま え が き

現在10人グループで2週間行なっているNC旋盤による加工実験は、1週目がNCプログラミングの説明で、2週目は実際に切削を行なっている。2週目の切削では、10人各自が作ったプログラムを2人1組となって5本のプログラムを紙テープにパンチし、テープチェックの後、時間等の関係で実際に切削を行なうのは2本のプログラムに限られているのが現状である。

そこで本実験にマイコンとX-Yプロッタを導入することにより改善される点について述べる。

2. 具 体 的 方 法

本実験においてマイコンが成し得る内容をあげる。

- ・マイコンとパンチ機の組み合わせにより、マイコンから紙テープへパンチアウトできる。→パンチミスの防止。
- ・プログラムの自動チェック
- ・X-YプロッタまたはCRTにより切削工具軌跡のシミュレーションが行なえる。

また、上記の他に自動プログラミングの導入も可能となる。

しかし機械工学実験の1テーマであるという観点から、プログラムの自動チェックや自動プログラミング言語の導入に関しては、その意義について十分に検討し注意を払う必要があると思う。

本報で取り上げる改善案はX-Yプロッタを使った工具軌跡のシミュレーションについてである。この方法の特徴は次のとおりである。

- ・NC旋盤の操作を理解する基礎実験であるという原則を越えない。
- ・材料寸法（本実験の場合 $\phi 50 \times l 200$ ）にとらわれずに加工形状を設定でき、学生1人1人に異なった課題を出しやすくなる。
- ・時間の関係から切削を行なえるのは2人に限られるので、他の8人についてはX-Yプロッタにより各自が作ったプログラムの切削工程をシミュレートし確認することができる。このことは学生が作ったプログラムをむだにしないという点で実験意欲を喪失させない。
- ・X-Yプロッタの使用により、プロッタのペン先をバイトの刃先と見立てることで、実際の切削とかなり近い感覚で捕えることができる。

3. 出 力 例

図5に実際にX-Yプロッタにより出力した結果の一例を示す。使用したX-Yプロッタは渡辺測器のマイプロットジュニアである。また、このプログラムは工業調査会より出版されている工具軌跡シミュレータプログラム⁽⁴⁾を少々修正し利用したものである。

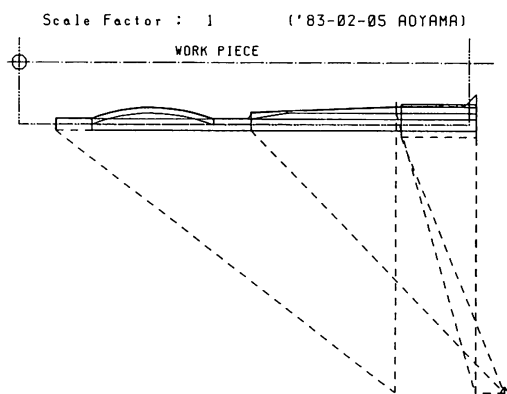


図5 メーソプロッタによる出力例

4. あ と が き

加工工具軌跡のシミュレーションを行なう学生については加工形状を学生に任せることにより10人全員異なったプログラムとすることができるので学生各自の独創性を発揮できることになり、1人1人の実験への意欲の向上につながると思う。

参 考 文 献

- (1) 横田英一：Z-80の使い方，オーム社，1982，p.8。
- (2) 杉田稔，杉田構造：マイコンによる機械制御技術，日刊工業新聞社，1981，p.55。
- (3) 山之上寛二，他2名：機械技術者のためのマイコン制御入門，日刊工業新聞社，1983，p.33。
- (4) 竹内芳美：パソコンによる機械の計測と制御，1982，p.29。

(昭和58年11月30日受理)