

機械・装置制御のための
マイコン・パソコン使用法

福井 清 著

機械・装置制御のための マイコン・パソコン使用法

福井 清 著

日本工業新聞社

■著者略歴

福井 清 (ふくい きよし)

昭和9年 京都大学工学部機械科卒業

昭和9年 日立製作所勤務

昭和26年 日立造船勤務

昭和23年 (京大)生産開発科学研究所所員(現在同所
学術顧問)兼務

昭和33年 立命館大学教授

昭和36年 京都大学より工学博士学位

昭和39年 米国に約1年半留学

昭和52年 立命館大学名誉教授

昭和56年 大阪府および滋賀県技術アドバイザー兼務、
現在に至る

著書 『すぐ役に立つ省力化・自動化の手法』(日本実
業出版社)

『省力化講座』連載(日本実業出版社)

『省力・自動化技術講座』連載(オーム社「省
力と自動化」)約12年間

『包装機器・技法』連載(日本包装タイムス社)

『公害防止機器便覧』(日本能率協会)

『やさしい省力機器読本』(上・下巻)(日本能
率協会)

『基礎数学序説』(森北出版社)

『基礎数学序説演習』(森北出版社)

自宅:大阪府茨木市南春日丘3丁目1番55号

機械・装置制御のため

マイコン・パソコン使用法

定価 2,900円

昭和58年9月28日 初版発行

〈無断複製、転載を禁ず〉

著者 福井 清

発行者 野地 二見

発行所 日本工業新聞社

〒100 東京都千代田区大手町1-7-2

振替 東京1-36340 電話 03-231-7111

印刷所 株式会社 丸井工文社

©1983 検印省略 乱丁・落丁本はお取り替えます。

ISBN4-8191-0559-0 C3055 ¥2900E

はじめに

マイクロコンピュータ（以下、マイコンと呼ぶ）の本は、いまたくさん刊行され多くの人たちに読まれているようであるが、それらのどれをとっても、マイコンを使って、たとえば、模型の電卓や簡単なロボットを自由に動かせるように書かれているか——、温度が上がりすぎたら下げるように、下がりすぎたら上げるようにスイッチをオン、オフさせることができるように書かれているか——、という疑問である。

そこで、本書は、ほとんどマイコンのことも、トランジスタのこともよく知らない学生諸君が読んでも、そのくらいのことはできるように、また相当知識をもっている機械技術者の人々が、高度な自動制御を実施したいというときの手引書にもなることを目的として書かれたものである。

また、第3編では、NEC-8800やシャープのMZ-80などを利用してこのような制御が行え、同時に制御の結果の記録もとれるように配慮した。

ページ数の関係で、他のマイコンの書物に出ているようなことはできるだけそれらの本にゆずり、他の本にはノウハウと考えられているのか、秘密にしておきたいためか、出ていないようなプログラムや、センサとマイコンとの繋ぎの部分のユニット（インタフェイス）の実際的な作り方や使用法などについて詳述した。

ほとんどのものは、著者が実験し、作用することを確かめたものである。

種々の物理現象を検知器（センサ）で拾い上げると、たとえば0 Vから5 Vまでというような変化する電圧の形で出力されてくる。これは、このままでマイコンの入力端子につないでもマイコンは判断できないので、これを3.25Vというように数字で示すことのできる「数値」に直す必要があるが、このことをやらせる機器（A—D変換ユニット）の作り方や、それを動作させるためのプログラムも、一般の人がすぐできるように教えてくれる本は数少ない。

マイコンで何を行うにも、まず必要となる最初の部分から未発表なので、これではマイコンを組み込んだいろいろなものが早期に出てくるはずがない。それでも、マイコンは、急速に電子レンジ、暖・冷房装置、写真機、ミシン用モータ、ミシン、自動車というように機械や装置に組み込まれ始めてきているが、これらはほとんどが大企業の行っていることで、それらに用いられている機器の作り方や、それらを動作さ

せるプログラムなどは大半が未発表で、一般の人々にはこれらを参考とすることはできない。システムハウスなどに依頼すればやってはくれるが、簡単な部分でも相当の経費がかかる。

そこで、本書は、著者にわかっていることで、一般の人々がマイコンを使って（机の上でするような仕事ではなく）機械や装置の制御を行うために必要となるような技法（テクニック）を順序だててわかりやすく説明したものである。

なお、本書の第1編第10章は、BASIC言語のよくわかっている人は読みとばしてもよい。

昭和58年8月

著 者

目 次

はじめに

第1編 基礎編

第1章 概説	1
第2章 マイコンの特徴	2
第3章 マイコンによる制御系	3
1. センサ	3
2. インタフェイス（入力用）	4
3. マイコン	4
4. インタフェイス（出力用）	4
5. 制御用装置	4
第4章 マイコンの構成と作用	5
第5章 マイコンへの入力方法	6
1. 検出方法	6
2. マイコンへの入力方法	8
3. 入力機器とマイコンのつなぎ方	9
第6章 マイコンからの出力方法	10
1. 概説	10
2. マイコンと出力機器のつなぎ方	11
3. フォトアイソレータ	11
4. ワンボードマイコンの出力ポートからの出力	11
5. 継電器駆動	12
6. デコーダによる出力	14
7. ソレノイドの駆動	15
8. ステッピングモータの駆動	16
第7章 センサ	17

1. 概説	17
2. 光センサ	17
3. 温度センサ	18
4. 力学量センサ	19
5. 湿度センサ	21
第8章 プログラム	23
1. 機械語	23
2. アセンブリ言語	23
3. 2進数, 8進数, 16進数	24
4. 機械語の構成	26
5. 命令 (一例として8085のもの)	27
第9章 乗算と割算と換算	30
1. 概説	30
2. 乗算	31
3. 割算	36
4. 換算用プログラム	36
第10章 BASIC 言語	41
1. 概説	41
2. BASIC 言語	42
第2編 制御実施編	
第1章 制御実施のための基礎知識	83
1. 概説	83
2. 抵抗体	84
3. コンデンサ	86
4. トランジスタ	87
5. TTL IC	89
6. 基板	91
7. 組立上の注意	93
第2章 NEC TK-85を用いた機械・装置の制御技法	95
1. マイコンの構造, 作用	95
2. 設定値制御法	99

3. 偏差値に正比例した速度で制御する設定値制御法	109
4. 各種の仕事(タスク)のためのプログラム	114
第3章 ステッピング・モータの使用技法	127
1. ステッピング・モータの概要	127
2. ステッピング・モータの結線方法	129
3. 駆動用プログラム例(その1)	131
4. 駆動用プログラム例(その2:ステッピング・モータ増速, 減速 駆動用プログラム)	134
5. 駆動用プログラム例(その3:ステッピング・モータ加速, 減速 駆動用プログラム)	140
第4章 一般モータ加速, 減速駆動技法	145
第5章 割込み技法	151
1. 概説	151
2. リスタート型割込み(Restarted Interrupt)	152
3. ベクトル型割込み(Vectored Interrupt)	153
4. プログラムによる「割込み命令」の使い方	154
5. 割込みのハードとソフト	154
第6章 A-D変換技法	176
1. 概説	176
2. A-Dコンバータの使い方	177
3. A-Dコンバータの使い方の一例	182
第7章 D-A変換技法	184
1. 概説	184
2. D-Aコンバータの使用方法	185
第8章 逐次比較型A-Dコンバータの原理	186
第9章 PPI 8255の増設方法	188
1. 概説	188
2. PPI 8255の増設方法の一例とその使用方法(その1)	188
3. PPI 8255の使用方法(その2)	194
4. PPI 8255の入力機能および出力機能のテストプログラム	194
第10章 入力用インタフェース	196
第11章 Z-80用 PIO	198

1. PIO (Parallel input/output interface controller).....	198
2. PIO のそれぞれのモードでの機能	198
3. PIO のプログラミング	203
4. PIO のプログラム例	204
第12章 自動式貨車操作場	206
1. 作用の説明	206
2. 構成の説明	209
第13章 実際の装置のマイコンによる制御の場合の注意点	218
1. 概説	218
2. 数個の類似の仕事の場合の技法	218
3. 2回以上、同じ実行を念のために行わせる技法	218
4. 大きいプログラムの完成方法	219

第3編 パーソナルコンピュータなどによる機械や 装置の制御技法

第1章 はじめに	223
第2章 NEC 8000ならびに8800シリーズ用	224
1. 概説	224
2. コンテック社の I/O用ボード	224
第3章 PC-8800での機械語	225
1. 概説	225
2. モニタ・コマンド	225
第4章 BASIC プログラムと機械語副ルーチンの混合実行の行い方.....	231
1. USR 関数.....	231
2. CALL 文の用い方	232
3. 混合実行の方法	234
第5章 NEC PC-8801用入出カウンタフェイス	234
1. 概説	234
2. 構成と使用方法	235
3. 割込み	237
4. 本ボードのテストプログラム	238
第6章 シャープ社製 MZ-80シリーズを用いた機械、装置の制御技法.....	238

1. 概説	238
2. MZ-80B を使用した場合の機械、装置の制御のための基礎知識	238
3. MZ-80B の場合の「拡張ユニット」と「ユニバーサル・ インタフェースカード」	242
4. MZ-80B での機械語プログラムコントロール命令	245

第4編 組込み用マイクロコンピュータ・ボード

第1章 概説	249
第2章 構成	249
第3章 このシステムのためのプログラム	252

付 録

付録1. CPU 8085用 命令表	260
付録2. CPU 8085およびZ-80 ニーモニック↔機械語 対照表	265
付録3. CPU 8085用 命令語、機械語、ニーモニック 対照表	269
付録4. CPU 8085用 ニーモニック↔機械語 対照表	271
付録5. CPU 8085用 機械語↔ニーモニック 対照表	273
付録6. CPU 8085用 ニーモニック→機械語 対照表	275
付録7. CPU Z-80用 機械語→ニーモニック	277
付録8. 16進↔10進変換表	283

参考文献

おわりに

第1編 基礎編

第1章 概 説^{〔1〕}

一般にだれでも、周知のことかもしれないような事項や用語の明確な意味がよくわからなくても、恥ずかしいような気がして人に聞くわけにもいかず、知っているような様子をしていたり、ときとしては、わかっているように自分に暗示をかけて、そのままにしていたりすることがよくあるものである。

しかし、これではそのものを使いこなすことができないのは当然で、ここにとり上げたマイクロコンピュータ（以下マイコンと呼ぶ）も、このような傾向の強い機器の一つであるかもしれない。

世はまさにマイコンばやりで、どのような商品もマイコン内蔵式といえば、すばらしい制御を自動的に行う優れた製品と思わせることができるようになってきているようである。したがって、どの業種の製品のメーカーでもできればこのマイコンを制御部分や記録装置などにとり入れたいという希望をもちはじめているようである。

したがって、マイコンについての解説書は多く、またこれに関する雑誌や、各種のマイコンに関する取扱説明書や講習会などもあるが、いずれもが相当コンピュータに詳しい人や、しばらくマイコンについて勉強してきた人でなければ、はじめてのような用語が1行の間に2個も、3個も出てきて、ちょうどドイツ語がほとんどわからない人が、ドイツ語の文章を理解しようとしているような状況になることが多い。

それではわからないのでは困ると思い、初心者向きらしい本などを選んで読んでみると、今度は内容があまりにも初心者向きで、とうてい自分が知りたい企業製品への応用法などはほとんど述べられていないような内容であって、困っているのではない

（注）〔 〕内に示してあるのは、本書の末尾に掲載した参考文献の番号を示している。

かと思う。それでできるだけだれにでもよくわかり、内容はマイコン内蔵製品を実際に製造するための具体的な手法を知ることのできるようなものとなるように工夫して述べることにする。

第2章 マイコンの特徴^{〔1〕}

コンピュータは一般の大形のものでも、マイコンであっても電卓と異なっているのは、① ある入力を取り入れて、② 各種の計算や演算⁽¹⁾そのほかの操作を行った後、③ その結果を何かの形で出力して各種の機器を作用させるという①、②、③の能力をもっている。すなわち、電卓では計算結果を表示はさせるが、それによって制御用の電磁継電器を作用させたり、電動機を止めたり、動かしたりなどすることはできないが、コンピュータではこれらができる。

しかし、なにぶん制御したい継電器やスイッチなどは相当大きき電力を必要とするが、マイコンの出力は微少な、いわゆる弱電なので、ここにもいろいろの工夫が必要である。

この本を読まれる方々の多くはマイコンをつくってみようというのではなく、市販のマイコンを利用して、できればこれを自社の装置に組み込んで自社の製品をマイコン内蔵式のものにしたい、またどのような制御をマイコンでさせることができるか、そしてどの程度の経費で完全に商品として使用できるものが入手できるかというようなことを知りたい人々であろう。

それで、ここではマイコン自体の構造や作用、命令語などについては他書に譲って必要なことだけに絞ることとし、プログラムについては、実用化のために必要なことで他書では知ることのできない役に立つできるだけ多くの技法について述べて、一般のマイコンの書物にはノウ・ハウ⁽²⁾と考えているからかあまり書かれていないマイコンの企業製品への応用手法・技法に重点をおくことにする。

(注) (1) 演算：詳しくは論理演算 (logical operation) といわれ、アンド、オア、ノット回路などの論理回路で行われる論理和、論理積、否定、比較、抽出、飛び越しなどの四則計算でない作業をいうが、ただ演算という場合には、これらのほかに四則計算をも含んでいる。

(2) ノウ・ハウ (know-how)：特許や実用新案にはならないが、自社で開発して他社には教えたくない、~~秘~~扱いしておきたい技術や方法を指すことが多い。

一例として温度と湿度をそれぞれある一定範囲の値に制御したうに、これらの値を定められた数式に代入して計算した結果もある一定範囲になるように温度と湿度を制御する場合について考えよう。これは一般に「計算自動制御」と呼ばれる制御の方法で、この計算を伴う自動制御のためには、マイコンが発表される現在からほんの5、6年前まではミニコンピュータかそれ以上の機種のコンピュータを使用するほかはなかったが、最近の4、5年にはこれが数段と価格の安い簡単な構成のマイコンにより行えるようになってきた。

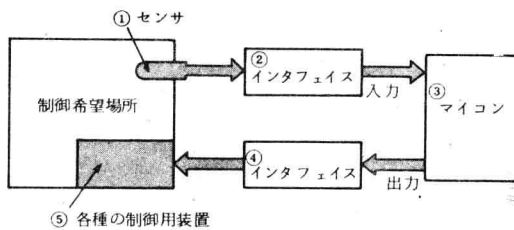
しかし、なにぶんマイコンの歴史は浅く、わずかに約10年ほど前に最初のマイコンが市場に発売され、それから4、5年してからしだいに各種の装置に組み込みはじめられたという新しさであるために、マイコンの実際の使用方法については周知ではなく、機械や装置の制御のためにマイコンを活用することについての文献も少ないのは仕方のないことかもしれない。

第3章 マイコンによる制御系^{〔1〕}

前述の温度と湿度の計算自動制御を例として、もう少し詳しく制御系統装置の組み合わせ（コントロールシステム^{〔3〕}）の各項目について述べてみよう（第1図）。

1. センサ

ある場所の温度を制御するには、まずこの温度を計測する必要がある。この状況の値を拾い上げるピックアップ装置（検知器）をセンサ（sensor）と呼ぶ。その計測され



第1図 マイコンによる制御系

（注）（3） システム（system）：各種の単位装置が組み合わされて構成されてできている一連の装置系のことをいう。

るものが温度、湿度、速さ、重量、圧力、長さなどであるに従って、それぞれ適当なセンサがあるので、これらについて充分に知っておく必要がある。これは自分が計測したい場合に最も適しているものを選んで使用する必要があるからである。

2. インタフェイス（入力用）

この状況をセンサで拾い上げたとしても、一般のセンサではアナログ的な電圧などの形なので、このままではマイコンに入力することはできない。すなわち、数値的な（デジタルな）、例えば82度とか84度という形に直したり、入力するタイミングを合わせたり、電圧状態を都合のよいものに直したりなどの仕事をするものを經由させる必要がある。この機器がインタフェイスと呼ばれている。

3. マイコン

インタフェイスからのデジタルなマイコンの入力端子に都合よい程度の電圧に直されたデータがマイコンに入力され、これが必要に応じて記憶場所に入れられたり、計算、比較、そのほかの各種の演算操作の結果、それならばもっと温度を上げるようにしようとか、もっと下げるようにさせようとかの出力が送出される。

4. インタフェイス（出力用）

しかし、マイコンからの出力は微弱な電力であるため、とても大形の電磁継電器やスイッチ類を駆動させることはできないうえに、これらの制御機器のための比較的に高い電圧がマイコンのほうに流れ込むとマイコンを破壊したり、記憶装置に入れられているデータやプログラムを乱したりすることがあるため、どのような故障が発生した場合でも、このようなおそれのないように、ここにも適当な回路のインタフェイスを置いて次段に送る。

5. 制御用装置

これは一般のもので、温度のためには加熱器やバーナのスイッチやバルブを制御さ

(注) (4) アナログ的：連続的な量で表されている状態で、水銀柱や指針の位置からその値を読み取っているのはアナログ計器で、これに対して82度というように数字で数値を示すものがデジタル計器である。それでこのアナログ量をデジタル値に変換する機器をアナログ—デジタルコンバータ（A—D変換器）という。

せるが、これを4.のインタフェイスからの出力で行わせることになる。

第4章 マイコンの構成と作用^[1]

マイコンには限らず、どのコンピュータであっても直接に入力されてコンピュータが理解できるのは機械語⁽⁵⁾であり、1と0の組み合わせでつくられている記号のようなものであるが、この1と0の区別はどのような状態であろうか。

実はこの区別は何でも付けられるので、一般にはある端子に+5Vを与えることと、ほとんど電圧のない0Vに近い状態にすることでよい。いうまでもなく+5Vが与えられたときが1で、0Vに近い状態が0である。それでこれをH(high)とL(low)⁽⁶⁾で示すこともある。

この0と1のいずれかを4個(4ビットという)いろいろと組み合わせると15種ができるので、数字ではこれで1から15として定めることができる。しかし、これでは命令などを示すには少ないので、この2倍の8個の1と0にしたり、さらにもっと多数の1と0を用いたくなってくる。

ところが、同時には4ビット(4個の1や0の組み合わせ)しか入力できない機種のマイコンが最も簡単でもあり、安価なので、多数のビット数のデータを同時に取り扱える機種のマイコンが一般的に使用されはじめてきている現在でもやはり、この4ビット並列処理⁽⁷⁾の機種のものが企業製品内蔵用としてまだ多数に使用されているといわれている。

この4ビット並列処理のもので、それより多いビット(例えば、8ビット)で表されている命令やデータを入力するには4ビット分の0や1の組み合わせで送り込まれてきたものを仮にある記憶素子に一時入れておいて(格納しておくという)、続いて送られてきた次の4ビット分を、前の記憶素子に続いている部分に格納して、8ビット

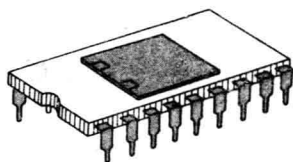
(注) (5) 機械語：1と0が組み合わされてできている計算機内部で理解され、取り扱われる言語で、命令や数値はすべてこの言語で表される。

(6) 「1」と「0」：実際には+2.7V以上ならばマイコンは「1」の状態と判断し、0.7V以下ならば、これを「0」の状態と判断して作用する。そして、この2個の電圧を「しきい値」と呼ぶことがある。

(7) 4ビット並列処理：4ビット分を同時にまとめて処理する能力をもつものをいう。その2倍の8ビット分を同時に扱えるものは8ビット並列処理用である。

分がそろった時点で、これを一度に送り出して使用するという方法を用いればよいことになる（時間的には2倍ぐらいかかることになるが、一般装置用としては差し支えないことが多い）。

マイコンは、例えば第2図のように、端子であるピン（足）を多数にもっている小片（チップと呼んでいる）の数個の組み合わせで一般には構成されて



第2図 マイコンの中心となる一つのチップの外観

いる（最近はこちらの数個のチップを1個にまとめて、相当多数のピンをもつ物に構成したワンチップ形のものも発売されてきている）。

この中心となる一つのチップの内部に最も重要な機能をもつ中央処理装置（central processing unit：CPU）と呼ばれる中枢部分がある。これをマイクロプロセッサと呼ぶ。中央処理装置はほかのすべてのユニットの動作を制御し、また入力された情報を処理するための記憶部、演算部、制御部をもっている。

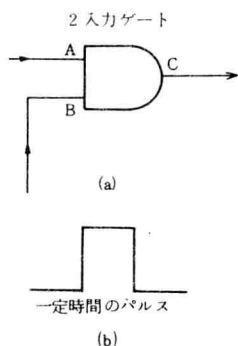
記憶と演算の機能は一般の電卓とよく似ているので比較的にわかりやすいが、制御のほうについて述べておこう。これは交通整理のようなもので、簡単な十字路の場所でさえ東西行きはある時間内に行かせて、次にはこれを止めて南北行きだけを通らせるので混乱なくどちらも進行できるが、この制御がされていない場所で絶えず行き交う場合は、ここで通行はむちゃくちゃになってしまうであろう。

コンピュータでは命令やデータが行き交い、CPUからメモリまたこのメモリから引き出されて処理された後にこれを出力するとなると、その交通整理や時間を合わせる（タイミングをとる）作業はとくに大切で、このCPUから出る制御命令により整然と、これらの作業があらかじめメモリ部分に入れられているプログラム（一連の系統的な命令列）によりその命令どおりに行われていくようにされている。

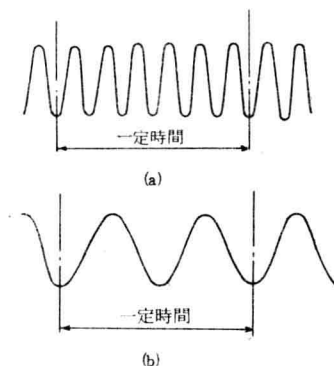
第5章 マイコンへの入力方法^[1]

1. 検出方法

これは前述したように検出して制御をしたいものが温度、移動、寸法、圧力、重量、湿度などによりそれぞれ適当なセンサ（このセンサについては第7章に述べる）を使用するが、それらによって得られる出力は多くの場合、(i)アナログ的な電圧であるか、(ii)ある一定時間内のパルス数である。言い換えれば、この(i)や(ii)のような形の出力が得られるような種類のセンサを選んで使用するのが都合がよいという



第3図 2入力ゲートの作用
説明図



第4図 高い周波数と低い周波数の場合の
一定時間内のパルス数

ほうがよくわかるかもしれない。

(i) の場合は、後述する適当なA-D変換用装置(A-Dコンバータ)を用いて、これをデジタル的な値(数値)に変換した後にマイクロコンピュータへ入れることになる。回転速度などを知るためには第5図のようなセンサから送り出されるパルスを2入力ゲートに送り、ゲートの他方の入力端子Bに任意のある定まった時間間隔のパルスを与えて、このゲートを一定長さの時間だけ開く。回転速度などを知るために一定時間内でのパルスをここに使用される2入力ゲートとしてはアンド回路が使用されるが、その作用を第3図について述べる。アンド回路ではAが1になっても、Bも1でなければCには1が出ないので、これを利用して、Aには常に変化中の、例えば第4図(a)、(b)のようなパルスを与えておいて、Bのほうに第3図(b)のような短い一定時間のパルスを与えると、Bに第3図(b)のパルスが与えられた時間の間だけAに入ってきているパルスは、そのままCのほうに送り出されることになる。

それで例えば第4図(a)のように比較的高い周波数で送り込まれてきているときは約6パルスが送り出され、第4図(b)のように低い周波数では約2パルスが送り出される。

それを最初0にしてあるカウンタに入れるので、カウンタは検出器の回転速度に相当したデジタルな(数値的の)2進数の計数結果を送り出す。

カウンタからのデジタルな出力をマイコンの入力ポートに送り込む。