

## 機械とマイクロコンピュータ

—計測用ロボットにおける使用例と評価方法—

岸 本 健\*

### Machine and Micro-Computer

—Measuring Robot Manufactured with Micro-Computer  
and its Estimation—

KEN KISHIMOTO\*

#### 1. はじめに

現在、工業の各方面においてはもちろん家庭用機器についても、電子産業の飛躍的発展の結果、電子何とかというもの（機械）が多く、町に騒々しさを増加させたゲームのみならず、カメラ、ミシン、パーマに至るまで、“コンピュータ”という冠詞をもって呼ばれている。今や電子に関係せざるもの文明の道具・機械には非ずといった様相を呈している。このようにコンピュータが市場にあふれ出たのは、大型コンピュータの発展の結果ではなく、多機能の集約された電子機器の中枢をなしている IC や LSI の開発の結果であろう。この風潮は、日米経済摩擦といった問題から、“一家に一台、幼児までコンピュータ”といった標語が出きるに至っている。

新しきに至っては、上述の様相が、“メカトロニクス”なる学問(?)まで作り上げて拍車をかけてきた。このように各方面に浸透した工業概念は“産業革命”以来のものであり、電子による産業革命といっても過言ではない。ただ、教育・研究の場において、特に工学においてこの工業概念（電子と他の学問を融合させる概念）が浸透しているとは考えにくいのは残念である。大学がその本来の場である教育の場にこの工業概念を速く取り入れなければならないと考える。便利な発見や発明が行われた時はいつでもそうなのだが、使用・応用するという実際面が、企業において進展され市場に浸透する。その後、発明や発見に対する意義と方向づけが行われ、工業的な一つの柱となり、次の工業化の原動力となるという形をとる。

本稿で言及するのは、このマイコンという電子機器の浸透力が将来どうなるのかという予想

---

\* 工学部機械工学科助教授

Assistant Professor, Mechanical Engineering Division

と、この予想に基づいて大学にもちこまれた1つの教育・研究の方法としての例を示す。マイコンやミニコンに対して、著者の考え方以上に詳細に分析され将来を正確に予想され、また、すばらしい考えをもっておられる方も多くおられると想像するが、本稿は、著者の自己評価と、有機的な機械を考える上での参考意見を述べたものと、各読者の方々に判断していただければ幸いである。

## 2. マイクロコンピュータと機械工学

マイコンが市場に浸透した結果、開発される機械は市場のニーズに合っている必要がある。つまり、マイコンをもった機械は、マイコンをもった意味である多機能・便利さをもつ必要がある。平たく言うと“頭のよいバカチョン”でなくてはならない。従来、人間が操作し、蓄積してきたノウハウをすべてもち、最も簡単化された操作（例えばボタンを押すなどの操作）を行えば、機械が目的の動作を全てするという形をとるものでなくてはならない。“バカチョン”機械は、操作方法や微妙な制御を知らない人が、こうすればこうなるという途中過程を知らないで、原因と目的である結果のみを知っていればよいというものである。しかし、この頭のよい“バカチョン”機械を作り上げる人間は、完成された途中過程に精通する必要があり、途中過程が体系化されていなくてはならない。

マイコンをもった機械は、以上の意味において従来の機械工学の中からは創り出されない。電子工学の素養はもとより、制御工学やその他の学問を多少なりとも含めた複合機械工学に機械工学は変遷してゆかなければならないと思う。

従来の機械工学における自動機械は機構的に自動であり、各条件下における1ステップ動作が1機構を構成している。つまりハードウェアでこの自動化を企んでいるわけだが、マイコンをもった自動機械では、記憶されているプログラム中に対応する1ステップ動作がある。つまりRAMなりROMなりの記憶装置に入っているソフトウェアは、従来のハードウェアと同等になっており、従来の機械工学の行った設計という仕事の一部はソフトウェアの構築という設計作業になる。機械設計という知識はそのままプログラミングに活かせるわけである。つまり、自動機械におけるマイコンプログラミングは機械設計者の仕事とも言える。

このマイクロコンピュータは、パーソナルコンピュータやオフィスコンピュータ等にも応用され、高級言語でかなり高度な計算処理をする事もできるが、本稿で言及するマイコンは、マイクロコントローラといっても良い意味あいをもつ。つまり、非常に小型化されたマイコン（1チップマイコンがその良い例）に、大型のコンピュータが持っている機能を模倣させ、小型化して使用する方法も一つの応用方法であるが、小型化された意味が薄らぐ。マイコンは大

型コンピュータの入りこめない分野で活躍させなくてはならない。大型コンピュータの端末ターミナルを応用し得る分野はマイコンを応用すべき分野とは言い難い。

機械の制御には、それほどの高速性も要求されないし、また精度も16ビット程度あれば十分というものが多く、その代りに入出力チャンネルを多用することになる。大型コンピュータはその計算機能の充実のためと、容量の増大のためにすでに多くの入出力チャンネルをもっており、さらにタイムシェアリング等の機能をもつものも多いため、更に入出力チャンネルをもつことは負荷を増大し機能低下となり得る。また、制御プログラムは比較的固定された使い方をされるので、ROM等に固定した方が得策とも考えられ、マイコンの小型であることを生かして機械そのものの中に組み込んだ方が良いと思われる。つまり、電子制御部と機械部分が混然一体となったものが、“メカトロニクス”の産物と言えよう。この産物では、マイコンの特徴が十分に活かされ得、マイコンは組み込みとして使用するのが長所を活かした使用方法であると言える。この使用方法において、複合機械工学という考え方が強調されるのであろうし、機械工学に携わる者がもつべき概念と思える。また、有機的機械を創る基礎概念とも言えよう。

### 3. マイコンと機械

従来、機械の操作は人間がするものと相場は決っていた。つまり、人間の眼や耳、さらに鼻舌触といった5感を最終計測部とし、頭脳で論理演算、条件判断を行い、手足を運んで操作をするという形をとっていた。そして、人間のもつエネルギーや尺度以外のところでは、モータや歯車、レンズやラジオなどの、力、運動、大きさ、音などの量を人間の5感に反応し、手足の操作範囲内に入る量に変換していた。この人間の操作をマイコンに置きかえることがマイコン応用の原点であるのだが、鼻、舌、触といった感覚は人間の尺度以外の量からはなかなか変換されないでいるし、色彩、色調、感触、光沢、構図などの量も含む情報量の多さや尺度のあいまいなことから未だマイコンで感知することができないでいる。機械技術者は機械の操作時に、これらの感覚や、音色などを判断することで、適当な操作か否かを判断していたが、この感覚を感知し得るマイコンを作ることは現在ではまだ十分にはできない。

感覚には以上のような多様性をもつ人間であるが、操作部である手足は、運動エネルギーを出すのみで、光や電磁波、さらには音を出して操作することはなかった。しかし、この部分をマイコンに置きかえるのは比較的容易である。

以上の人間の分析から、操作する部分、アクチュエータを作ることは容易であり、人間のできない光、電波による操作も可能である。しかし、動作する条件を判断する基準となるセンサが大変な難題とならざるを得ない。

しかしながら、機械の操作は、感知部（センサ）と操作部（アクチュエータ）とを制御部

(コントローラ) が結んで行うものであり、単純操作においては、マイコンをコントローラにして行えることがわかる。現在すでにシャッタを押すだけで、露出、距離などを自動調整し最適な映像の得られるカメラ、工作条件と工具寿命を考慮に入れ、複雑な形状の工作物を作る機械、自動航行装置、燃料消費や排ガス条件を最良にする静かなエンジンなど実用化されたものも多い。これらの機器は電子部分と機械部分が有機的に結びついた有機機械と言える。これらの完成度の高い電子化機械を見ると、将来のマイコンは、一作業に専従化することが強くなり、さらに小型化し、単一機能化してゆくとと思われる。そして多機能をもつ必要のある機械には機能ごとにマイコンが使用され、これらのマイコンを制御するコントローラと合せて有機機械を作りあげるようになっていくと思われる。

研究室単位の小規模な開発と試作では、汎用のマイクロプロセッサをその持ち得るすべての機能をもたせることではなく、できるだけ専従度の高いモノタスクの形とし、まさに“バカチョン”形式のユニットに作り上げる方が意義が大きいし、手作りシステムとしては、作りやすく、また使いやすいものになるとと思われる。つまり、単一ソフトに単一プロセッサという対応をとる方が開発後の活用性や対応性をもつと思える。

#### 4. マイクロコンピュータの使用例

##### 4.1 計測バスを用いた方法

ここでは、上記に示した将来のマイコン応用という観点にはないが、演算専用とソフトウェア開発のために力をもっているパーソナルコンピュータの使用例を示す。このパーソナルコンピュータの仕様を表1に示す<sup>1)</sup>。このマイコンは、後述のマイコンと結合し、計測ロボットにより送られてくるデータを判断し、かつ高度な演算を行い、まとめるという役割をもつもので、演算の速度と、通信方法に重点をおいて選んだものである。主コントローラとして、この

表1 PFC-15の仕様 (使用中のものについて)

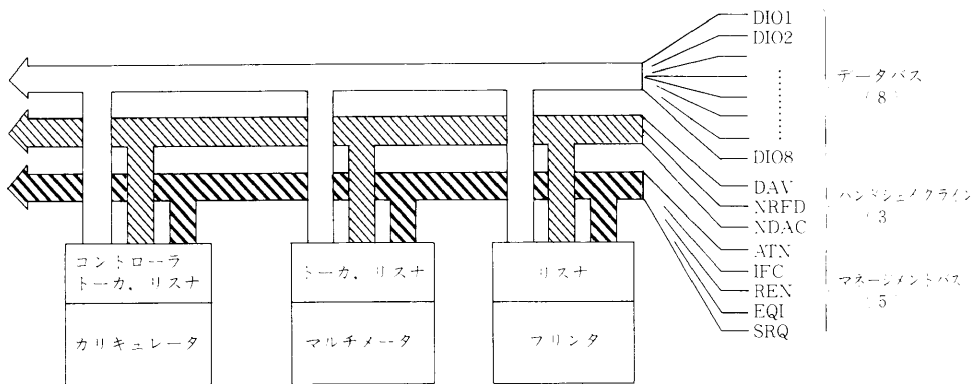
プロセッサ	16ビット MN1610
ROM	2KB
RAM	64KB
CRT ディスプレイ	9インチ 64文字×16行 JIS カナ文字 128字 グラフィック特殊文字 64×3字
カセット磁気テープ	ISO規格 読書き 15 inch/s サーチ 45 inch/s 転送速度 12 kbit/s
キーボード	JIS相当69キー 128文字+画面エディタキー+ファンクションキー
ソフトウェア	科学計算用拡張 BASIC III 計測システム BASIC III
プリンター	エディタ(3種), システムコピー, システム診断等テープで供給 サーマルプリンタ 21文字/行, 42文字/sec
その他	1/20秒リアルタイム機能

資料：機械とマイクロコンピュータ

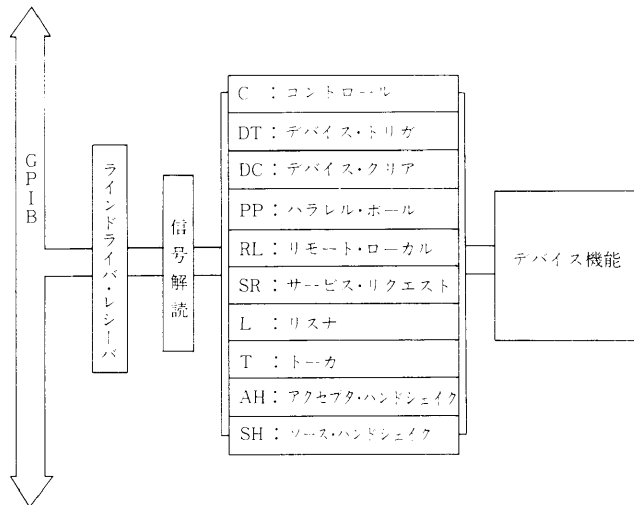
マイコンを採用した理由は、採用時点においては最も高速のコンパイル型ベーシックマシンであった事、16ビットデータバスをもつこと、下記に述べる GP-IB<sup>2)</sup> という計測バスをもつことである。

現在、この機能に合致するマイコンで、より小型化したのは、PC-8001, TRS-80, ベーシックマスタ等があるが GP-IB を使用しているのは PC-8001, 計画しているもので MZ-80C, IF-800 などといった機種が出ており安価である。しかし、国産で完成された形では PFC-15 以外になかったし、HP 社のものは高価であった。(脱稿の時点では更に多くなっていた。)

GP-IB を計測バスとして選んだ方針は以下に示す指標によった。



a) システム構成例



b) GPIBのインターフェース機能

図1 GPIB の機能と構成

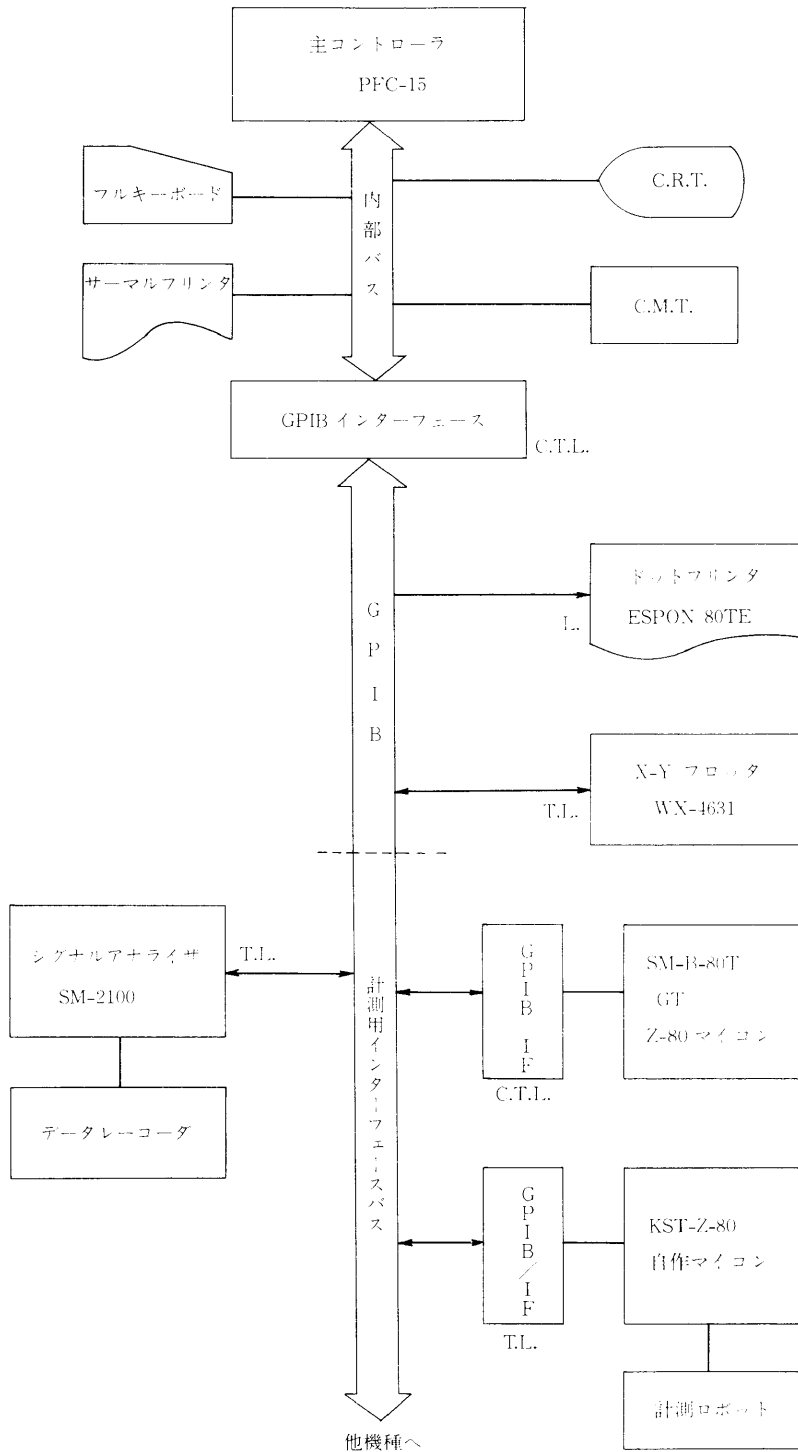


図2 計測バスによるシステム

1. バス上のどの機器もバス管理が可能である。
2. 通信のためのハードウェアが簡単である。
3. 相互方向の通信が十分なフレキシビリティをもつ
4. 市販の計測器やセンサがそのまま利用できる。
5. 通信のためのデータは短かく、複数機種とのやりとりが可能
6. ホストとなるコンピュータ（コントローラ）に大きな負担をかけない。

などである。この GP-IB は HP-IB, IEEE-488, IEC バスなどと呼ばれるものと同じもので 16本の信号線からなり、バス上にコントローラ、トーカー、リスナをもつ、そしてバス上に30種の機器の接続が可能である。その上、コントロール権のうけわたしや、トーカーからリスナへのモード遷移も容易であるなどの理由である。GP-IB 以外にも RS-232 C 非同期ビットシリアル、セントロニクス型パラレル、IEEE S-100、マルチバス、CAMAC バス、ユーロバスなどがあるが、ハードウェアが大変複雑であったり、通信機能が貧弱であったりするために除外した。拡張性やフレキシビリティからこの GP-IBはさらに普及するという記事<sup>6)</sup>や、解説等<sup>3)4)5)</sup>も多い。また文献(3), (4), (5)などに、ハードウェア、ソフトウェア両面にわたる記事も多い。そのため現在では大変使いやすくなっており選定の基準に誤りがなかった。ここで図1に紹介の意味もかねて機能を示す。

この PFC-15マイコンと、GP-IB バスを用いた研究室でのシステム全体図を開発中のものを含め、図2に示す。図中の C, T, L などは、その機種がコントローラ、トーカー、リスナの機能をもつことを示す。また図中の一部のバスは開発中のものを包む。

現在、開発済のもののうち、SM-B-80 T/GT を除いたシステムで行っている作業の1例を示す。この作業は時系列の総合処理システムであるが入力が開発中であるので、リアルタイムには行えないが、下記の方法をとっている。

#### 入力

- (1) 電源投入している PFC-15 をコントローラとし、X-Yプロッタのテジタイザ機能を利用して、過去に採集された高速記録計（フォトコーダ等）の記録紙上からデータを入力する。
- (2) シグナルメモリからパンチアウトされたデータを PFC-15 が読み込む

#### データの保存

入力されたデータをフォーマットして磁気テープに格納する。

#### 解析

PFC-15に処理プログラムを入れ、処理し、結果をプリンタとX-Yプロッタに出力する。以上の方法によった解析で、X-Yプロッタに出力した結果のうちで、クロススペクトラム

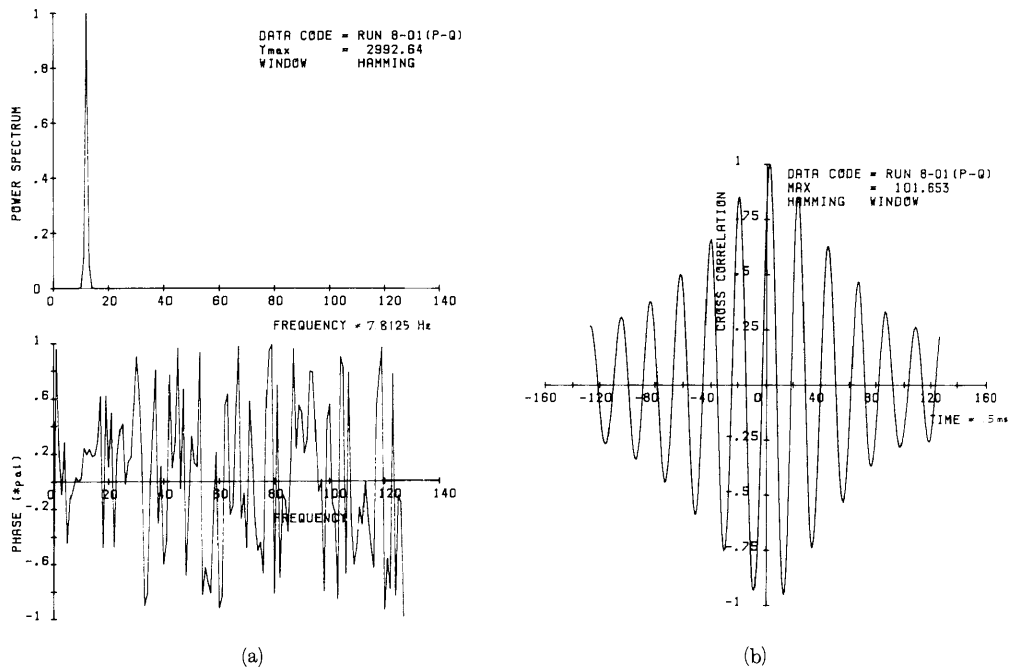


図 3

とクロスコーレレイションの出力結果を図3に示す。他の作業をも含めて約12~15分で各種の解析ができる。

#### 4.2 インテリジェントタイプの例

マイコンを使用して計測を行うときの考え方に沿って、現在計画中のものを示す。図2において、SM-B-80 T/GT にはコントローラ機能をも含んだ GP-IB をもつので、この部分を切りはなして使用することもでき、主として実験室に持ち込んでメインコントローラとして用いることになる(図4)。これと自作マイコンを用いての作業のうちで、入力と出力に関しては、次のようになるが主として、パルスモータを動かして位置決めをする方法について述べる。

入力：位置データを読みとる A/D 変換インターフェース

割り込みによって命令形態を変えるキーボード

位置決め順など、流れ図に沿ったプログラムを受けとる GP-IB

出力：位置決め装置にとりつけられた圧力、温度計等のセンサ出力のデータ入力

3次元4自由度の位置決め装置を動かすパルスモータ

磁気記録装置

位置データの GP-IB 出力

以上の入出力によって、決められた実験プロセスによって実験・計測を行うものである。上



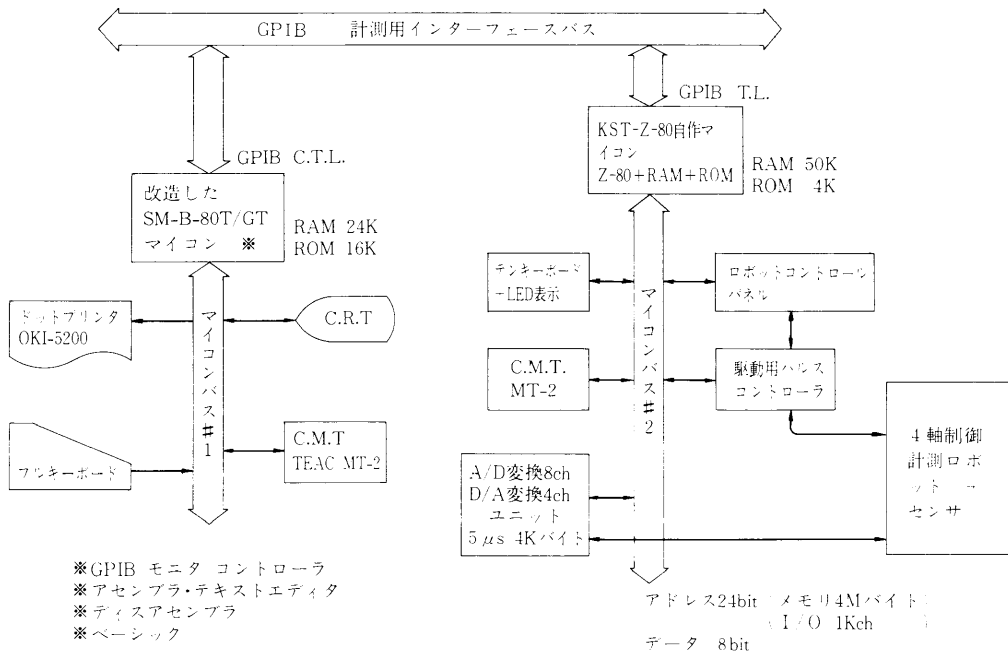


図4 サブシステム

記のシステムでは、あらかじめ決められた条件（例えば、その地点で、常温より5℃温度の高い地点があるところを始点とし、平均温度で10℃おきの場所にセンサをセットし、変動するデータを約1000点採取するなど）を与えることにより、その条件を満足する空間の地点を探し出して測定するなどの方法を採用することができる。この機能は、著書の専門である燃焼の測定においては実験データの省力化、正確さをもち合わせる重要な事であるのみならず、必要不可欠となる。何千点というデータをアナログチャート上から読み取り解析にかけることは、その先の進展にとって大きなマイナスとなってしまふ。この実験室単位での即応性はマイコンの独断場とも考えられる。

さらに進んだ形態での使用方法としては、流量制御や圧力制御にもマイコンを使用したいと思っている。これらの制御の主たる目的は、長いタイムラグをもった操作点と測定点の間における制御を、タイムラグの特性を学習させることで即時制御なり、事前制御を行わせようというものであり、前述のマイコンを使用方法としての究極の形態であると考えているが、その成果はまた機会が与えられれば報告したいと思っている。

## 5. マイコンの評価方法の提案

### 5.1 評価の基準

マイコンの1応用例として、センサーアクチュエータの単一結合に専従するという形が最も

将来性のあるものとして論じてきた。そして不完全な形であるが、計測ロボットともいえるものを例にした。このマイコンが、どのくらいマイコンらしく使用されているかを評価する方法を提案したいと思う。

#### 評価の対象

1. I/O チャンネル数 (1つの目的に対して使用する入出力チャンネル)
2. プログラム対応性
3. 制御データ量
4. フィードバックのループの回数と個数
5. 自己改善能力
6. 専従性

##### (a) チャンネル数 $N_{c\text{in}}, N_{c\text{out}}$

マイクロコンピュータが、目的のためにいくつの量を感じし、いくつの自由度でそれらを制御しているかを示す。この入力チャンネル数は、人にたとえれば、感覚の種類をいい、人では5感と総称される。出力チャンネル数は、そのままアクチュエータの数とすればよい。

##### (b) プログラムの対応性 $J$

1つの動作プログラムのうちで、最適に作製されたプログラム条件及び論理判断の種類として考えればよいと思われる。実行時間も加味する。

##### (c) データ量 $D$

1つのステップ動作を行うに必要な判断用データ量で、その種類と数量

##### (d) フィードバックの回数と回数

安定な制御を行うために組まれた制御ループの特性を評価する

##### (e) 自己改善能力 $C$

つまり学習能力で、1つの動作の特性を行ったのち、前の動作との実行時間の比や、どのくらいの前の動作のデータを記憶して次の動作の指針として使用しているかを示す。

##### (f) 専従性 $L$

1つのマイコンが、1つの動作にどのくらい熱中するかを示す。つまり、あるセンサとあるアクチュエータという組合せをマイコンは複数をもつわけであるが、その主要とする組み合わせが他の組み合わせとくらべてどのくらい稼働率をもつと評価するものである。この稼働率は可変プログラムでは評価しないこととする。BASIC, PASCAL, FORTRAN などの高級言語を用い、RAM 上におかれ、いつでも変更されたり、さまざまな目的用にプログラムがわかるものについては原則的には評価しにくい。1つのプログラムについてということならば評価できる。しかし、これは可変ソフトウェアについての評価であって、ハードウェア+固定ソフトウ

ェアという評価をしようとする上記の目的には反する。

## 5.2 評価方法

### 5.2 (a) チャンネル数 $N$

アクチュエータを主体とする考え方であるので、出力に重点を絞るが、カメラ、ミシンなどのデータで、センシングに動く時間とアクチュエータ作動をする時間とを比較してみると大きく異なる。その比は、ものによっては1/200くらいになる。これはセンサがアクチュエータよりも発展している結果でもある。そのため、次の量より取り出す。

カメラ (某社) 推定	センサ	1/400秒	アクチュエータ	1/40秒
ミシン	=	1/500秒	=	1/3秒
マイコンねずみ	=	1/160秒	=	1/5秒

その他、評価不可能なものもあったが、配線図等からよみ、センサにもう少し重みをつけると

$$N = 0.16N_{c.in} + 0.84N_{c.out}$$

$N_{c.in}$  : 入力チャンネル数

$N_{c.out}$  : 出力チャンネル数

### 5.2 (b) プログラム対応性 $J$

プログラム中のメインルーティンの中での条件判断数を  $J_1$ 、その条件判断のうちで最長の実行時間を  $J_2$  とする。条件数はプログラミングが最適な形で行われたものについて計上する必要がある。この条件数を  $J_1$  とすると

$$J = CJ_2^{-1} \log_2 J_1 \quad (C: \text{は定数})$$

と表わせる。この式は提案であり、実行時間の長さが対応性の悪さを示すが、判断の項目とのバランスという意味をもっている。式の形には根拠は少ない。

### 5.2 (c) データ量

データ量は、コントロールするための程度の入力が必要であるかと、アクチュエータを動作させるために必要なデータ量の総和をもって示せばよい。このデータは、組み込まれた作業中主目的のために用いられるもののみを考えることにするが、各動作種類別にも計上できる。この指標はマイコンの処理能力の大きさも示す。

$$D = \log_2 (D_{in} + D_{out})$$

$D_{in}$  : 入力データ量 × bit 数

$D_{out}$  : 出力データ量 × bit 数

### 5.2 (d) フィードバック特性 $F$

この定量化は困難であるが、実行時間を加味させて、ナイキスト線図などの安定判別図を用

いて評価する必要がある<sup>7)</sup>。また制御の速さを問題にしてもよいと思われる。ここでは後者を採用する。つまり安定状態にある系に適当な入力を与えたときの追従速度を意味する。入力の変動に対する出力がどのような特性をもっているかを評価するのに、入力—出力間で対応づけた方が評価しやすい。それにより改良に対するアイデアも出やすくなる。しかしプログラムの中に制御方法が示してあるので、その方からの評価も容易である。この制御の良否は、制御工学で言うところの行き過ぎの回数と減衰比をもって示す。

5.2 (e) 自己改善能力 C

連続動作をくり返す場合、対象としているものの変化や過程に対する追従性の改善度を時間の比で示す。大きい方が改善度大である。

$$F = \left(1 - \frac{\text{今回試行時間}}{\text{前回試行時間}}\right) \times 100$$

5.2 (f) 専従度 L

マイコンのもっているセンサとアクチュエータの組み合わせのうちで、それらを使用する動作の種類とそれぞれの稼動時間割合を示す。上記の自作マイコンユニットでは、動作の種類は、位置決め動作、データ採取動作、データ記録動作の3つがあり、その主たるものは位置決め動作であった。それぞれのプログラム長さの割合は共通サブルーティンを除いて、12, 37, 28%で残り28%が共通ルーティンとなり、時間割合はそれぞれ63%, 17%, 20%となった。専従度はこのパーセンテージをもって示す。

5.3 評価の例

以上の評価をマイコンを用いた機器のうち、自作マイコン、コンピュータミシン、マイコンねずみの迷路脱出、工業用組立ロボット、自動溶接機の5種で比較する。プログラムが公開されていないものや、ハードウェアが明確になっていないものが多いので推定値などが多いが、

表2 マイコン機械の評価例

機 械	データビット	主 動 作	N 値	J 値 ×10 <sup>-2</sup>	D 値	C 値	L 値
自作マイコン	8	位置決め, 速度制御	6.0	6.4	6	—	63
コンピュータミシン*	4	” ”	4.7	3.7	4.2	—	87
マイコンねずみ **	8	” ”	4.5	5.8	6.3	28	98
組立ロボット ***	8	” ”	6.7	6.5	6.6	36	97
自動溶接機 ****	12	” ”	9.6	21.2	8.7	64	94
コンピュータカメラ*	4	” ”	2.7	3.0	3	—	66

\* カタログ値より推定

\*\* マイコン雑誌 I/O 1979.12~1980.6 号より算出

\*\*\* ユニメーション社“知覚機能をもったラインロボット”より算出

\*\*\*\* 日立の開発目標としての談話より推定

動作の自由度や、入出力インタフェースの機能等より判断し求めたものである（表2）。

コンピュータミシンにおいては、ジグザグぬいのパターンを送り菌の動きや左右ジグザグの振れ幅、縫いスピード等のコントロールを行なっており、パターンのみならず、布地の質に対する対応も行なえる。しかし、これらはパターンなど動作内容をROM内にもっており、人間が選択し得るものである。判断による外部に対応する機能は少ない。そのため $N$ 値は小さく、また $J$ 値もそれほど大きくはない。

マイコンねずみは、そのものがホビーとして製作されたものであるため、手作りとなりそれほど大きなプログラムや多数の入出力機器をインターフェースしていないため $N$ 値、 $J$ 値とも小さいが、 $N$ 値に対する $J$ 値は大きく、条件判断用データ値 $D$ も、眼と触覚をもつために大きい。また、試行錯誤を行なった経過を記憶し、迷路においては学習による改善が著しいことを示している。同時に人間による入力ほとんど不要のため専従度は極めて大きい。

組立ロボットは、20種類の部品の形状を判断してその部品を必要な場所に組み込む作業とするロボットであり、はじめに人間がその手順を実行してみせる。その後、機械が組み立てミスをしたたびに再認識動作を行わせる方法で学習させてゆくのであるが、判断しにくい部品（たとえばM20と同細目のボルトの判断など）をおぼえさせるのは何回かの学習が必要であることなどが未だ開発不十分の点である事が、 $C$ 値の低さを示している。しかし、学習中、動作中を通じて、人間が判断せよとかプログラム選択をせよとかといった命令をしなくてもよいので、専従度は大きい。また、判断のデータは多いが、実行の速度が早いため、比較的大きな $J$ 値となっている。未だ組立ラインのネックとなるらしく使用目的が限定されているらしい。 $J$ 値が、 $1.8 \sim 4 \times 10^{-1}$ となることが実用性を広げるための改善値という事である。

自動溶接機については、計画値としているためにその値は正確さを欠くが、溶接の良否の判断を何らかの探傷法や、形状判断を併用させて行ない、溶接材や母材の選択、溶接形状まで備えている視覚機能で行わせようというものらしいが、材質の判定は未解決らしい。しかし、入力のデータ量は、感覚機能が著るしく大きいことより多く、 $D$ 値、 $N$ 値とも極めて高い。また、判断の材料が多いということから、最適な溶接条件を見い出すという学習能力値 $C$ も大きい。

これらの値に比較して、自作マイコンについて、これが測定ロボットで入力主体のシステムであることから、他の自動機械より貧弱であるが、アナログ量の対象とし、入力値に正確さを必要とすること、時系列データを目的としていることから、 $D$ 値や $N$ 値は大きい、それに比較して、対応性を示す $J$ 値は小さい。これは、コンピュータミシンよりも入出力データが多いのにそれを活用していないという事にもなるが、ソフトウェア開発が研究室ではなかなか難しいことでもあるので許容するしかない。また、将来、他の目的にも使用できるようにと欲張

ったため専従度も悪く、ゲームマシンにもおとる。

話が横道にそれるが、ゲームマシンにおいて C. R. T. 上の作業を評価し、その機能から発展させて C. R. T. 上の図やパターンがアクチュエータを作動させるという方法がとれるならば（光ファイバや、光電素子で組み合わせで可能と考える。）入出力チャンネル数に比して実行性の高いマイコンということになる。しかし、対人間ということで、判断のほとんどが人間（ゲームであるので当たり前といえば当たり前だが）のためマイコンと機械という結合の考え方に入らないが、応用としての参考にはなろう。

上の例においては、フィードバックに対する評価をしなかったが、この評価が可能なのは自動溶接機と組立ロボットである。しかし、どのくらいのループ数や次数を用いているのかの評価が不可能であったためにここでは行わなかった。しかし、組立ロボットにおいては部品のとり上げ速度、組立てられる機械の位置制御などを行っておりその速度をも行っているわけであるので、フィードバックループはあるはずだし、溶接機においては、溶接棒の送りや供給速度、溶接の電流等も学習をしながらフィードバックする方法をとっているので評価可能であるはずだがデータ不足のため行わなかった。

## 6. ま と め

機械工学におけるマイコンの利用方法では、現在の主流ともいえるパーソナルカリキュレータとしての利用方法は一つの方法ではあるが、将来は専従性の高い“賢いバカチョン”の形をとってゆき、その中に自己改善能力（学習能力）を含んだソフトウェアをもつマイコンとしての利用方法が、工業的価値のある利用方法であるという考え方を述べ、専従性や学習能力、ソフトウェアの対応性やフレキシビリティなどを評価する指標を提案した。

この指標においては、手足であるアクチュエータの数や、眼耳などのセンサの数、それに記憶という機能が重要であることと、また、実行速度も評価されるべきであることを盛り込んだ。これによって、個々のマイコンの特徴や課せられた作業の質をも示すことができ、評価値を比較することによって、ますます特徴を明確にしたり、作業の質の向上をはかることのできるものであることを示した。

最後にこのマイコンの評価の重点や将来の姿などについては早稲田大学理工学部の三輪教氏との雑談の中で明確化されてきたものであり、同氏に厚く感謝するとともに、未熟な考え方を発表するのははばかしい次第であるが、読者の批判を受ける場を提供して下さったセンター関係各位にも感謝の意を表す。

(1980年10月1日 受理)

## 参考資料

GP-1B に関して

- 1) PFC-15 ユーザーズマニュアル
- 2) ANSI/IEEE Std 488-1978 IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation.
- 3) 岡村：インタフェース, No. 21 (1979-2) 45.
- 4) 岡村：インタフェース, No. 38 (1980-7) p. 70.
- 5) 神谷：インタフェース, No. 39 (1980-8) p. 70.
- 6) 編集部：インタフェース, No. 38 (1980-8) p. 44.

自動機械に関しては、最近の記事として日経メカニカルに豊富にある。

- 7) 加藤：制御工学, 電気学会 (昭40).