

機械制御システムの現状

*中野 勝夫(なかの まさお)

① まえがき

「機械制御」という言葉は色々な制御技術の中でも把握の仕方が広すぎる面も考えられるようであるが、従来の生産工程のオートメーション化をPA (Process Automation)、あるいはFA (Factory Automation) というのに比して、現場、ラインに使用される機械自身のオートメーション化を指しているものと富士電機は定義づけている。この定義によれば機械制御システムの中で、技術の進歩の度合い、生産高で最右翼の一つと目されるものに「工作機械用数値制御装置」(NC)がある。逆にNCから広く「機械制御」の目指すものが把握できよう。

本「機械制御技術特集」では、このような機械制御の対象を、工作機械、産業機械のみならず農水産業に使われる小システムの制御に至るまで、その制御対象を広げた形で富士電機の開発例を紹介する。

本来この「機械制御」は固有の技術というよりは、マイクロコンピュータを中心とし、駆動系、センサ系の各要素技術をハードウェア面、ソフトウェア面からいかにうまく組み合わせていくかというエンジニアリング技術に負うところが多い。この意味から対象となる機械そのもののノウハウにより共同開発的要素の強いものもあって十分に発表できないが、できるだけ応用例を盛り込みたい。

上に述べたごとく、マイクロコンピュータはもちろん、必要に応じて専用センサ、アクチュエータとの組合せが可能であったり、あるいは上位コンピュータとの結合により、それぞれのライン独自のFAが構築できることが必要である。このため、必要な要素技術についても別稿で紹介する。

② 汎用プログラマブルコントローラ(PC)と専用コントローラ

汎用PCは生産高において最近こそやや鈍化傾向がみられるものの、ここ数年でみれば着実かつ大幅な伸びを続けてきた。生産高の伸びはここでは別にして、その内訳を分析してみると、I/O点数128点(あるいはメモリ容量1kw)以下と512点(あるいは8kw)以上のものに二極分化されてきていることがみられる(表1は日本制御機器工業会資料による)。

大形といわれるPCは、当然のことながら単一の規模の大きいシステムに使われるため絶対台数としては少ない。小形のPCは台数が多いことはもちろん、内容がI/O以外にも多彩になっていることと、ほとんどすべてが信号の伝送機能を有し、「分散制御・集中監視」の傾向に沿うものに

表1 汎用PCの容量別伸長率

(月別平均台数)

年度(昭和)	容量	小	中	大
55		2,056(100)	940(100)	108(100)
56		4,425(215)	2,032(216)	268(248)
57		8,644(420)	2,792(297)	411(380)
58		14,388(700)	4,870(518)	763(706)
59		19,787(960)	7,759(825)	1,814(1,680)
60		25,581(1,240)	7,819(831)	2,845(2,630)

<注> 括弧内は昭和55年度の台数を100としたときの伸長指数を示す。

なっている。このため小形PCといえど規模に比例したコストパフォーマンスで大規模なシステム構築が可能になってきているのが現状である。

一方、用途を見れば、どのような汎用機器であっても使用場所では専用に用いられるものが多く、PCも例外ではない。また、これに対し、PCのユニット規模が小さく台数が増えてくれば用途別の機能を各種とりそろえておくことが技術的にはもちろん、経済的にも可能であって、小規模のPCの特長を生かした富士電機のMICREX-Fの、特にファンクションカプセル⁽¹⁾はその代表であるといえる。

最近の生産ラインに使われる制御対象機器は、サーボ、インバータなどの駆動機であれ各種センサであれ、ほとんどインテリジェント化、デジタル化されており、これらの群管理、群制御のためのPCは、いたずらに機能をあげておくことは制御対象機器のインテリジェント度合いによっては二重機能ということになり得策ではない。

このような観点から、PCの持つ特長を生かしつつ専用制御を目指した専用コントローラが「機械制御システム」として多用化されるに至っている。したがって、汎用PCに対する機械制御用のコントローラはぜい肉をとりながらも適用機械に合わせた複合制御が可能なシステム構成と、対象機械若しくはその制御盤に合わせたハードウェア構成と、特定言語を使っても機械自体の使いやすさ、スピードを目指したソフトウェア構成が要求される。これらの特徴の違いをまとめると表2のようになる。この表は、制御装置より下位の制御対象側を見た特徴であって、上位の「分散制御、集中管理」機能への結合については専用コントローラも汎用PCも変わるところはない。

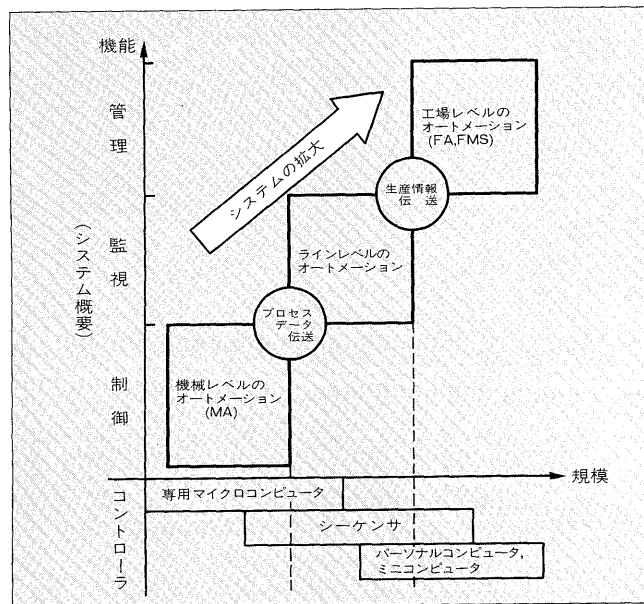
次に汎用(PC)と専用マイクロコンピュータの、制御管理規模に応じた役割分担をみると図1のようになる。この図に即していえば、機械制御用のコントローラは必要に応じてプロセスデータ伝送機能を有し、ラインレベルでの機

*FA機器事業部 機械制御システム技術部

表2 汎用コントローラと専用コントローラの比較

分類	ハードウェア			ソフトウェア
	構成	機能	入出力	プログラム言語
汎用コントローラ	標準(JIS, IEC)寸法に基づくビルディングブロック	特定制御(シーケンス, 数値)用演算機能	各種入出力仕様に対応できるファミリー化ビルディングブロック	特定制御向き汎用言語
専用コントローラ	適用機械に合わせた最適構成	適用機械に合わせた複合制御機能	適用機械に合わせた最適仕様	特定機械向き専用言語

図1 シーケンサ、専用マイクロコンピュータの位置付け



能の範囲で PC にその役割を渡し、PC を介して工場管理のレベルにまで機能を高めている。例えば農産物の乾燥システムでは、それぞれの乾燥制御のコントローラにプロセスデータ伝送機能を持たせて小形コンピュータに結合して監視・管理レベルまでの作業を行わせている。また、横編機の例では、データ伝送機能を通して各種の柄データを個々のマシンのコントローラに公衆回線を介して送っており、ラインレベルの制御までを可能にしている。

③ 専用コントローラの用途による特長

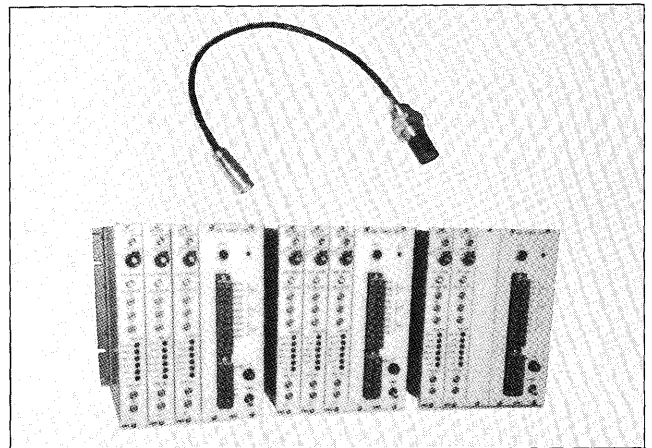
制御は大きく分けてオープンループ制御とクローズドループ制御に分かれる。また見方を変えれば、前者はアクチュエータベースのコントローラ、後者はセンサベースのコントローラといってもよい。もちろん、これはどちらの比重が大きいかという見方であって他方が皆無ということはないが、それぞれの特長をみると次のとおりである。

(1) アクチュエータベースコントローラ

シーケンス制御を高速に行うものが主体で、機械製作者の意向をよく理解して開発を行えば、初期の目的どおり動作することが多いが、使用されるセンサとのインタフェースの問題、実負荷をかけたときの機械自身の変動の問題等々機械を実際によく認識しておく必要がある。

アクチュエータベースでは各種プログラムデータを機械に送る必要から、機械自身がライン化、FMS 化されて配置されるものがあり、大規模システム構築に移行しやすい。

図2 ビート中の石礫検出用センサ(上)と増幅器(下)



(2) センサベース

文字どおりセンサをベースにした機械制御システムであるが、検査装置によくあるようなセンサが主体ではないため、汎用のセンサを組合せあるいは一部改良してコントローラと組み合わせるのが通常である。特に農水産物関係では生産性が高くとれないものが多いこと、機械自身の価格を低く抑えねばならないなどのため補充が容易で、かつ安価な汎用センサを組み合わせたものが多い。図2は北海道糖業(株)と長年開発に取り組んできた甜菜(ビート)の収穫時に混入する石礫を検出するセンサと増幅器を示す。この原理は、ビートが石礫に比べて弾性に富むため、鉄板の上に落下させた場合、鉄板の振動がビートの場合 1 kHz 以下の低周波領域に集中し、石礫の場合は 3 kHz あるいはそれ以上になるため、加速度センサでこれを分離し、ビートと石礫を識別する。

更に石礫が落下したときの鉄板のわずかな変位をとらえて変位センサによる重量測定を行うが、センサ自体はいずれも市販のもので、増幅器を特殊仕様として、例えば石礫がパウンドしたときの二重カウントを防ぐなどの回路を設けているなど、市販センサに改良を加え、専用コントローラに適したものとしている例は多い。

コントローラ自体のもつべき処理スピードその他の能力についていえば、一般に温度制御などは比較的低速の制御でよいと思われがちであるが、射出成形機のような場合、微少な温度、圧力制御が製品品質に影響するため、アナログ値を高速で処理する能力が必要である。

また、農水産関係で使われるコントローラは、専門の運転者がいないこと、使われる環境が悪いことから特に品質については注意が必要で、使い勝手の面でも簡単な操作とフェイルセーフの考え方がとりわけ重要である。

④ エンジニアリング

機械制御用コントローラと汎用 PC のもう一つの大きな特徴の差はエンジニアリングである。

汎用 PC は本質的にエンジニアリングがユーザー側に委託され、ソフトウェアを加えて納入する例はプラントに使われる以外は通常は無い。もちろん、使用者側に立った使い勝手のよさを追求し最大公約数としての機能をふんだんに盛り込むことは汎用 PC にとっては必要であるが、個々の使用現場でのエンジニアリングは使用者の方に任されていることが多い。

これに対し機械制御用コントローラは、それぞれの機械製作者各位との共同作業によるフルエンジニアリングが基本になる。従来の例から見た、エンジニアリングの重要なポイントを挙げてみると次のとおりである。

(1) アクチュエータベースコントローラ

先に「機械製作者の意向をよく理解して開発を行えば、初期の目的どおり動作することが多い」と述べたが、これはあらゆるシーケンシャルコントロールについて当然のことである。しかしながら実際はその作業自体が非常に困難かつ重要なことが多い。その基本項目として次のようなものがあげられる。

(a) 機械を熟知すること。

機械の動作のみでなく、多くの機械要素の中で、電気・電子式に切り換えた方がよいもの、逆に切り換えるべきでないものを十分判断できること。

(b) 機械要素の動作時間を厳密に把握すること。

カム、アクチュエータなどについて動作時間を正確に測定し、高速化をねらう中でも必要なタイムマージンをとることが必要である。この検討が不十分であると、例えばカムなどで死点を越えるまで信号が持続せず戻ってしまうなどのおそれがある。富士電機の開発例では、実際のアクチュエータを貸り受け、動作試験を行ったが、実負荷がかかるとこの値も変化する場合があります、この点でもマージンをみたシステム設計が必要である。

(c) 使用センサの特性

センサについても、精度、ピックアップレベル、応答特性などを確認し、インタフェースを確実にしなければならない。富士電機の開発した編機コントローラの例では、センサも含めて実機と同一条件のテストを繰り返しながら開発を行っている。図 3 に編機用センサを示す。

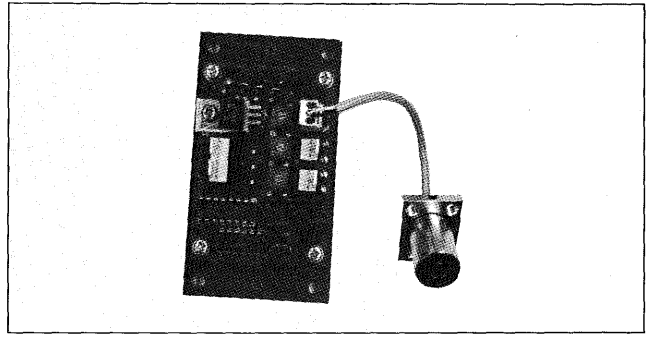
(d) 制御システムの系列化

機械自身のシリーズ化に呼応した専用コントローラのシステム構成を前もって入念に検討すること。特に高速化をねらいマルチ CPU システム構成にするときはその役割分担を十分にチェックし、機械自身の拡張及び系列化に柔軟に対応できることが必要である。

(2) センサベースコントローラ

機械制御システムに使われるセンサは、先にも述べたとおり、センサそのものの開発に金と時間を費やすことはコ

図 3 編機コントローラ用センサ



ストパフォーマンス的にもできない場合が多い。したがって原理が簡単で保守の容易なもの、耐久性のある汎用センサをいかにうまく組み合わせていくかが重要な要件になってくる。また、当然のことながら汎用センサを使った場合、何を選ぶかによって制御形態が全く異なってしまうものがある。例えば、先にあげたビートの中に混入する石礫の検出の場合、現システムに至る一つの試行過程としてマイクロウエーブを利用した水分センサがあった。これはビートのように水分の多いものではマイクロウエーブが吸収されて受信器側のレベルが下がることを利用した検出器であるが、最大の難点は試料を必ず一条に並べる必要のあることであった。これは現行のビート受入れ設備の構造を大幅に変えるものであり、実用にならないことが判明した。

また、センサ自体はたとえ一つの汎用センサを改造して使用可能なことが確認されても機械制御装置の中での取付位置によって大きく結果の異なるものがあり、最終的には実システムに近い形での確認が必要である。

⑤ あとがき

前章で、機械制御システムが汎用 PC を使ったシステムと異なる点として「フルエンジニアリング」をあげた。これは換言すれば、機械側製作者各位との親密な共同作業にほかならない。とりわけ機械そのものも新しく開発しようとするときはもちろん、在来品を電子化するときでも「絶対にこのシステムでなければならない」ということがなく、むしろフレキシブルな対応が肝要であるほか、マイクロコンピュータ以外の幅広い知識が不可欠である。

農産物を扱う機械、システムのコントローラでは季節品を扱うことが多く、色々な試行錯誤の繰り返しだが 1 年に一時期しかできないということもあって、開発に時間がかかることが多い。

機械制御システムは初期の NC がおそらくそうであったであろうように、機械製作者側と制御装置製作者側が文字どおり一体となって開発に当たり、最終需要家への対応も一致して当たるという共同作業体制が必要であると思う。

参考文献

- (1) 千葉芳弘ほか：MICREX-F シリーズ入出力インタフェース、富士時報、58、2、pp.133~137 (1985)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。