

最近のFA用コントローラ

Recent Controllers for Factory Automation

FAシステムでは対象製品の多様化、ライフサイクルの短期化に伴い、ますます柔軟性、拡張性、低価格化が要求されている。特にFAシステムの下位制御レベルは、分散化の傾向が強くなっている。この核となるのがFA用コントローラであるが、マイクロコンピュータの進展により従来のシーケンサとは機能・性能・使いやすさの点で大きく異なる新しいFAコントローラが生まれている。その代表例がプログラマブルコントローラHIDIC-S10/2, HIZAC-P500E及びこれらを統括してローカルFAの中心となるFA用統括コントローラHIDIC-FMCである。FAシステムはこれらコントローラにより、小規模から大規模まで柔軟かつ段階的に構築可能となった。

解良和郎* Kazuo Kera
 山中邦夫* Kunio Yamanaka
 三井善夫** Yoshio Mitsui
 尾嶺一義*** Kazuyoshi Osako

1 緒言

最近のFA(ファクトリーオートメーション)システム計画時に考慮される項目は、(1)システムの低価格化、(2)システムの使いやすさと柔軟性の追求、(3)システムの段階的構築のための拡張性、改造・増設の容易性、などが挙げられる。この一方で従来からの制御システムとしての信頼性、制御応答性の確保も忘れてはならない要素である。

これらのニーズに対する最近の対応技術は目覚ましいものがある。その一つはマイクロコンピュータ能力向上によるプログラマブルコントローラの機能向上、LAN(Local Area Network)によるネットワークシステム化というハードウェア面の技術であり、他方はソフトウェアの面で、知識工学応用に代表される、よりユーザーに近いインタフェースを提供するソフトウェア技術である。

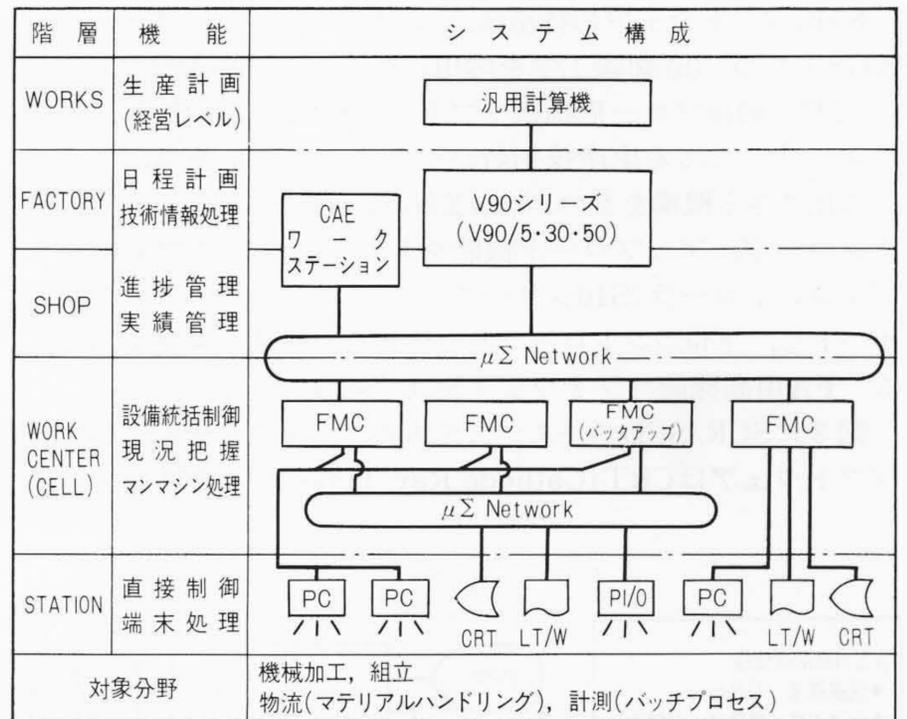
このような技術的背景の下で、最近のFAシステムは、特にコントロールレベルでFA用コントローラを核とした分散システム化が進展してきている。分散システムは機械・設備の直接制御を行なうプログラマブルコントローラと、これらを複数台接続し、上位システムとのデータコミュニケーションも行ないながら統括制御するFA用統括コントローラ、及びこれらを有機的に接続するLANから構成される。

以下、FA用統括コントローラとしてのHIDIC FMC(Flexible Manufacturing cell Controller 以下、FMCと略す。)とプログラマブルコントローラとしてのHIDIC-S10/2(以下、S10/2と略す。), HIZAC P500E(以下、P500Eと略す。)の特徴、システム構成について述べる。

2 FA用統括コントローラ

2.1 FA用統括コントローラの位置付け

FAトータルシステムは図1に示すように、管理レベル及び機能から階層構成となるが、ローカルFAの最小単位となるWORK CENTERレベルは分散システム化が最近の傾向となっている。これは部分からトータルへのシステムの段階的構築、ライン運用の変更に対する柔軟性向上という点から分散システムが優位であるためである。FA用統括コントローラは分散システムの重要な構成要素と位置づけられ、WORK CENTERレベルで下位のプログラマブルコントローラ群、パ



注: 略語説明
 FMC(Flexible Manufacturing cell Controller)
 CAE(Computer Aided Engineering)
 CRT(Cathode Ray Tube)
 PC(Programmable Controller)
 LT/W(Logging Typewriter)

図1 FAトータルシステムとFMCの位置付け FAトータルシステムは、管理レベル、機能により階層構成となる。FMCはWORK CENTERレベルの分散システム化の核となり、下位コントローラを統括するコントローラである。

ーソナルコンピュータ、端末を統括し、一方で上位生産管理コンピュータのセンサベースシステムともなるものである。

2.2 HIDIC FMC

上記FA用統括コントローラとしてFMCを開発した。その特徴は以下の4点である。(1)分散システム指向のFA用コントローラであり、小規模から大規模FAまでのシステムの段階的構築を可能とした。(2)FMCはマイクロコンピュータでありながら制御用リアルタイム処理性を重視し、プロコン並みのリアルタイムOS(オペレーティングシステム)搭載、RAS(Reliability, Availability, Serviceability)強化を図ってい

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所機電事業本部 *** 日立製作所習志野工場

る。(3) システムの分散化に当たっては、自律分散技術の採用によりフォールトトレランス性、拡張性の向上を図っている。(4) ソフトウェアの面ではユーザーの使いやすさを追求し、知識工学を応用したルール形制御ソフトウェア(SCR: Station Coordinator), 動作フロー形制御ソフトウェア(SCR: Station Controller)を開発し、搭載している。

(1) ハードウェアの構成

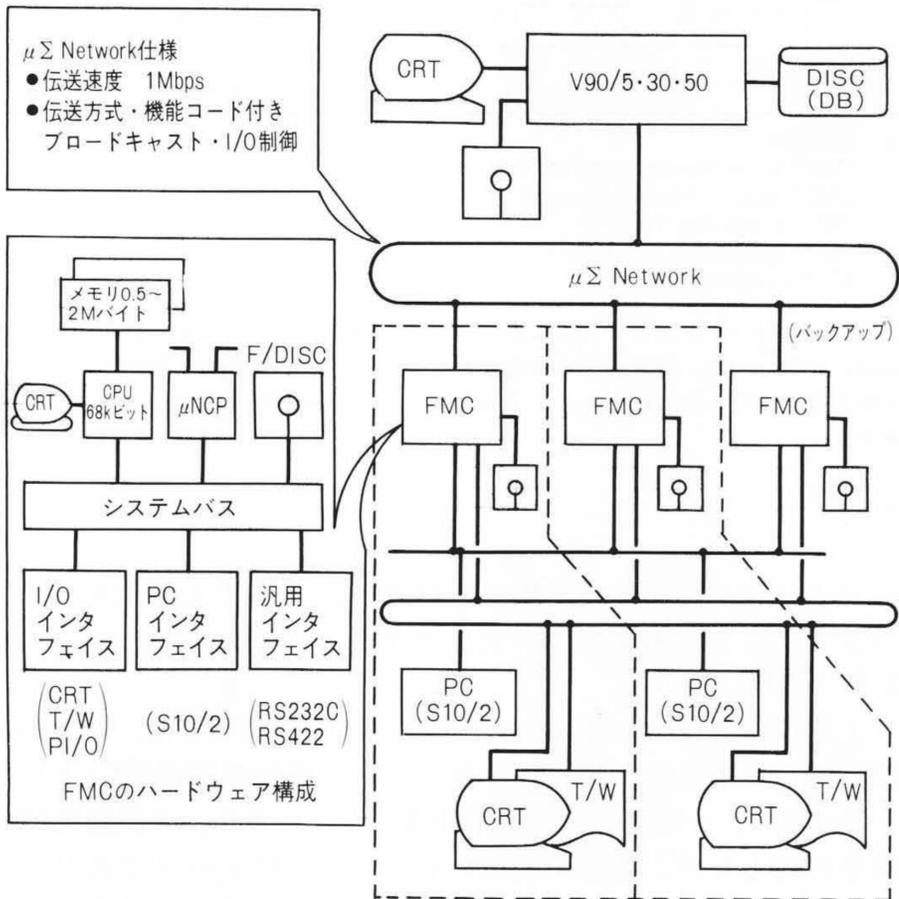
図2にハードウェアアーキテクチャを示す。FMCは16ビットマイクロコンピュータの68000を採用し、メモリ実装最大2Mバイトの強力なコントローラである。LANである $\mu\Sigma$ Networkとは μ NCPを通して接続する。入出力インタフェースはRS232C, RS422の汎用インタフェース、プログラマブルコントローラインタフェースを用意している。 $\mu\Sigma$ Networkは伝送効率の高いトークンリング方式で、伝送速度1M bpsのスピードをもち、CPU(中央処理装置)とともにI/O(入出力装置)も接続できる。また拡張性、信頼性向上のため二重ループを標準としている。

(2) ソフトウェアの構成

FMCソフトウェアの特徴は、(a)プロコン並みのリアルタイムOSをもつ。(b)知識工学を応用したルール形制御ソフトウェアSCR, 動作フロー形制御ソフトウェアSCRを採用し、エンドユーザーである生産技術者がそのノウハウを簡単にプログラム化できる機構をもつ。(c) $\mu\Sigma$ Network上のホストからのダウンロード、アップロード機能をもつ。(d) 下位のプログラマブルコントローラ(S10シリーズ)のメモリリード・ライトをサポートし、下位コントローラと一体化した構成が可能である。

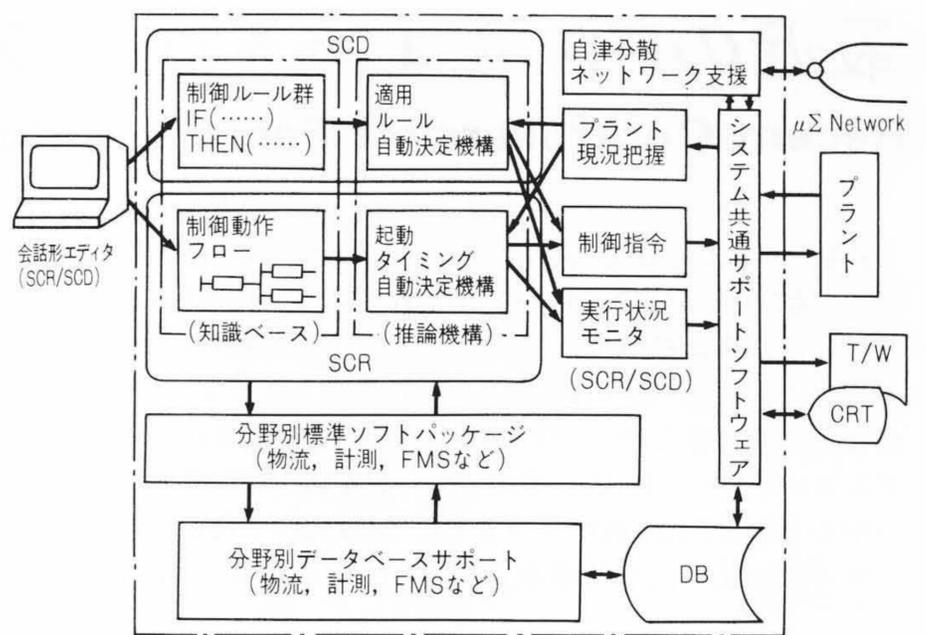
(3) FA用高機能ソフトウェアSCR/SCD

図3にSCR/SCDベースシステムのアーキテクチャを示す。ソフトウェアはCRT(Cathode Ray Tube)から会話形で生産



注: 略語説明
I/O(入出力) PI/O(プロセス入出力)
DB(データベース) F/DISC(フロッピーディスク)
T/W(タイプライタ) μ NCP(マイクロネットワークコントロールプロセッサ)

図2 FMCハードウェアアーキテクチャ FMCは68000をエンジンとし、メモリ2Mバイトをもつ分散システム向きコントローラである。LAN($\mu\Sigma$ Network)はトークンリング方式、伝送速度1Mbpsである。



注: 略語説明
SCD(Station Coordinator)
SCR(Station Controller)
FMS(Flexible Manufacturing System)

図3 SCR/SCDベースのソフトウェアアーキテクチャ ユーザーは会話形でノウハウ、動作フローを入力してやればSCR, SCDで制御実行する。

技術者の現場ノウハウ、制御動作アルゴリズムを“IF, THEN”のルール形式あるいは動作フローの形で入力してやるとSCR/SCDの中で自動的に現場状況の動きと知識ベースから制御情報を導き出すもので、可視性、保守性に優れたソフトウェアである。

SCR/SCDはFAシステム全般に適用可能である。特にSCRは順序制御に適しており、例えば機械加工・組立てラインでのロボット・NC(数値制御)マシンの群管理、搬送ライン、倉庫などの工場内物流制御など、動作順序を制御する分野では設計、保守両面に大幅な生産性向上が図れる。一方、SCDは従来ヒューリスティックな手法に頼っていた搬送系の最適アルゴリズムなど、人間の経験、ノウハウに基づいてソフトウェアを組む部分、現場の生産事情により頻りにアルゴリズムを変更しなければならない分野に大きな効力を発揮する。もちろんSCR, SCDを組み合わせて使うことも可能である。

3 プログラマブルコントローラ

3.1 FA用コントローラ的視点

プログラマブルコントローラは、小規模クラス(メモリ1kワード以下)の小形機種伸びが著しい。一方で大規模高機能クラス(メモリ4kワード以上)がFAシステムの中で重要な役割を果たすようになってきている。

この大規模クラスでは、ON/OFFの2値情報(1ビット情報)以外に、数値情報(ワード情報)の演算・入出力、数値データの高度な演算処理、上位コンピュータとの接続、アナログデータの入出力、PID(比例・積分・微分)制御ロジック内蔵、データの一次的貯蔵、簡易位置決め制御、ディスプレイ端末、タイプライタなど計算機用一般入出力機器との接続といった機能をもつに至っている。これらの機能をFA用コントローラの観点から整理すると、以下のコントローラとしての必要機能に整理できる。

- (1) シーケンス制御以外に、ワード情報が扱え、算術演算の可能なメモリと応用命令又はファンクションをもつ。
- (2) 上記命令又はファンクションが、シーケンス制御と混在でき、並行処理的に性能よく実行できる。
- (3) アナログ入出力、パルス入力、汎用シリアルインタフェ

ースによる一般入出力機器接続が可能である。

(4) 上位コンピュータに接続でき、FA用LANとの接続もでき、トータルFA化が可能である。

(5) 更に高度なプログラミング、制御演算サポート、コントロールプログラムの多重制御など、従来は制御用計算機の機能であったレパートリーを装備するものもある。

日立製作所では、FA用コントローラのニーズに合った高機能なシーケンサを開発し、FAシステムを設備制御レベルから積み上げ、効率よくトータルFAを実現できるようにレパートリーをそろえている。高機能コンピュータシーケンサS10/2及び多様な制御ニーズに対応できる高機能シーケンサP-500Eである。規模、機能両面からS10/2が上位に位置付けられるが、各々の特徴を生かしたFA用コントローラ用途にシステム化したシーケンサとして活用できる。前述のコントローラとしての必要機能を、両機種がカバーする範囲を含めて表1にまとめて示す。

P-500EはFA用途に不可欠な機能をコンパクトにカバーしており、組み込まれた応用命令、サブルーチンなどの標準機能によりシステムを効率よく組むことができる。一方、S10/2は汎用言語でのプログラミング、多重タスク制御オペレーティングシステム、各種制御サポートシステムなど、コンピュータとしての汎用性、機能を大きな演算メモリ(最大128k語)に組み込んでいる。両機種共、機能分散ニーズに対しては、CPU間リンク機能を装備している。以下、両機種のこれらの特長と応用について述べる。

3.2 HIDIC-S10/2システム

シーケンサとしての入出力点数は768点となっており、シーケンスプロセッサと68000マイクロプロセッサによるデュアルプロセッサ構成で、コントローラ機能は68000上で実行される方式である。

(1) FAコントローラの特長

表1に示す付加機能のポイントは、コンピュータ的機能により、上位計算機(HIDIC V90シリーズ中心)との接続によるトータルFA化が可能な点で、分散制御の役割を実現する分散FAアーキテクチャ(図1参照)体系の中の高機能コントローラとして機能できる。すなわち上位との一貫性をもったプログラミング、支援システム、制御ソフトウェアである。S10/2はコントロールソフトをタスク単位で扱い、タスクの多重制御ができるマルチタスキング機能をもつ小形のオペレーティングシステムをもつ。複数のタスクがシーケンスロジックと非同期に、同時並行処理でき、メモリ128k語に、多数のタスクを登録し、制御に伴うデータ処理を高速に実行することができる。制御ソフトウェアとしては、工程歩進、PID制御(高速バス経由を含めて)、CRTグラフィックパネル(プラント監視マンマシン)機能をもつことも大きな特長と言える。

(2) プラント監視システム機能

シーケンス制御における監視、コントロール中の状態監視にはグラフィックパネルを用いていたが、カラーディスプレイによるグラフィック表示監視が本システムでは可能である。カラーディスプレイ装置として、日立パーソナルコンピュータ(B16/EX, B16/MX)を接続して用いるが、プラントフロー監視画面作画機能パッケージが装備されている。まず、監視したいプラント画面をパーソナルコンピュータ上でオフラインで作成しておき、次にS10/2と接続することにより、プラント状態に応じた色替表示、アラーム表示、フリッカを自動リフレッシュで表示する。図4にその一例を示す。

(3) 小形コントロールシステムへの適用例

表1 FAコントローラに必要な付加機能 シーケンサをコントローラ的に活用し、FAシステムを実現する上で必要な機能と、P-500E, S10/2の対応するレパートリー一覧を示す。

区分	FAコントローラに必要な付加機能	P-500E	S10/2
基本機能	算術演算メモリ	最大10.9k語	最大128k語
	ワード処理(BCD, バイナリー)	○	○
	算術演算命令及びファンクション	○	○
	ジャンプ及びサブルーチン機能	○	○
	ラダー制御と算術演算の並行処理	○	○
インタフェース機能	アナログ入出力	○	○
	パルス入力	○	○
	一般入出力装置接続(シリアルインタフェース)	○	○
	簡易位置決め	○	○
	パーソナルコンピュータ接続	○	○
上位リンク	通信回線/上位リンク	○	○
	上位プログラミング及びテスト	—	○
	上位からのプログラム自動ロードセーブ	—	○
OS・言語	リアルタイム用オペレーティングシステム	—	○
	タスク多重制御(マルチタスキング)	—	○
	汎用言語プログラミング	—	○
	汎用言語ソフトウェアの実機テスト機能	—	○
高度な制御機能	工程歩進プログラミング	—	○
	PID制御サポート	—	○
	CRTグラフィックパネルサポート	—	○
	高速PIO用インタフェース	—	○

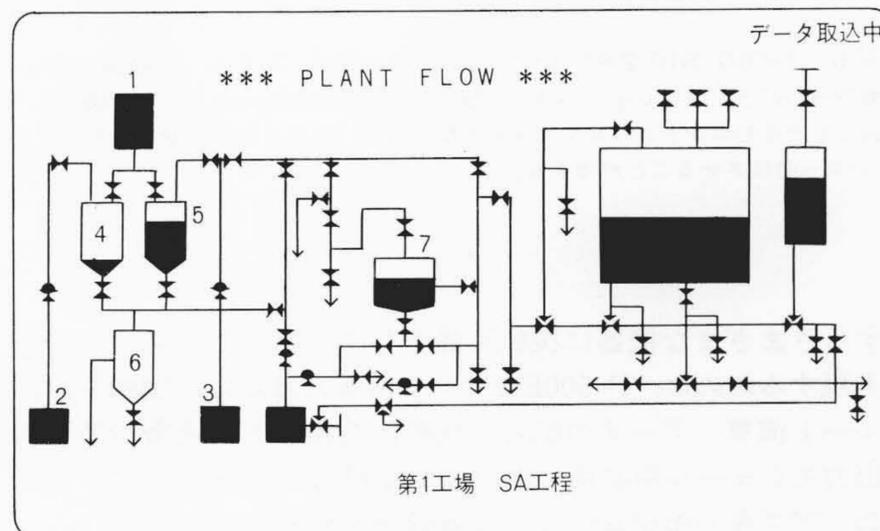


図4 プラントフロー作画例 タンク、配管、バルブ、ポンプなどのシンボルを組み合わせ、モデル化したプラントフローにより、カラー画面でタンクレベルの動き、ON/OFF状態を監視できる。

図5は、一般的なシステム構成で示されているが、従来は小形の制御用計算機(メモリオンリーシステムベース)で対応していた規模に、S10/2が適用できることを意味する。シーケンス制御+演算制御だけでなく、制御条件のテーブル類、実績データの1日分のバッファリングなど、かなりのデータ処理を取り込むことができる。上位計算機とのリンク中断中にも、フレキシブルな制御と結果の蓄積が可能となる。

3.3 HIZAC P-500E

シーケンサとしての外部入出力点数は512点となっており、高度なCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)技術を駆使したカスタムLSIをシーケンスプロセッサや入出力コントロール部に採用している。コントロール機能はこの専用LSI上で実行される方式である。

(1) FA的特長

アナログデータ入出力、電子回路と接続可能なTTL(Transistor Transistor Logic)入出力モジュール、位置決めユニットなどの特殊モジュールをラインアップしてFAを構成

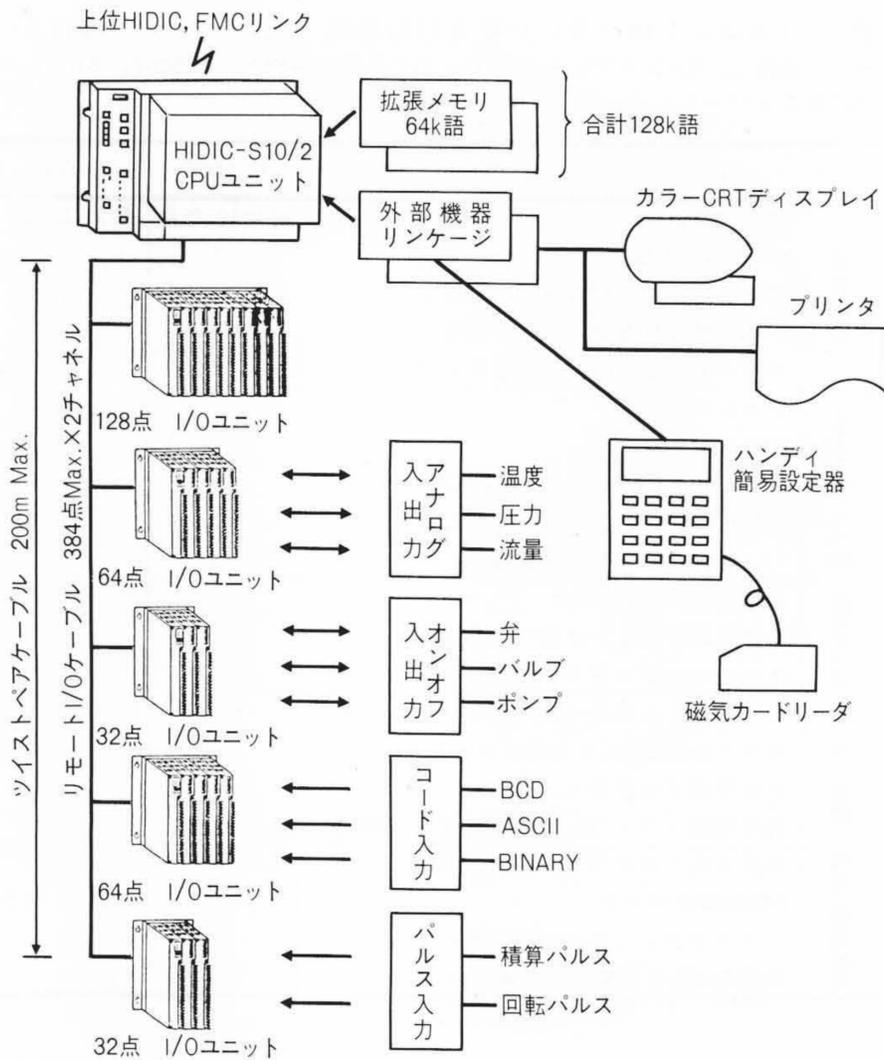


図5 HIDIC-S10/2を用いたコントロールシステム 拡張メモリ、カラーCRTディスプレイ、ハンディ簡易設定器、磁気カードリーダーを接続し、独立した小形コントロールシステムを構築でき、上位リンクによりトータルFAへ発展させることができる。

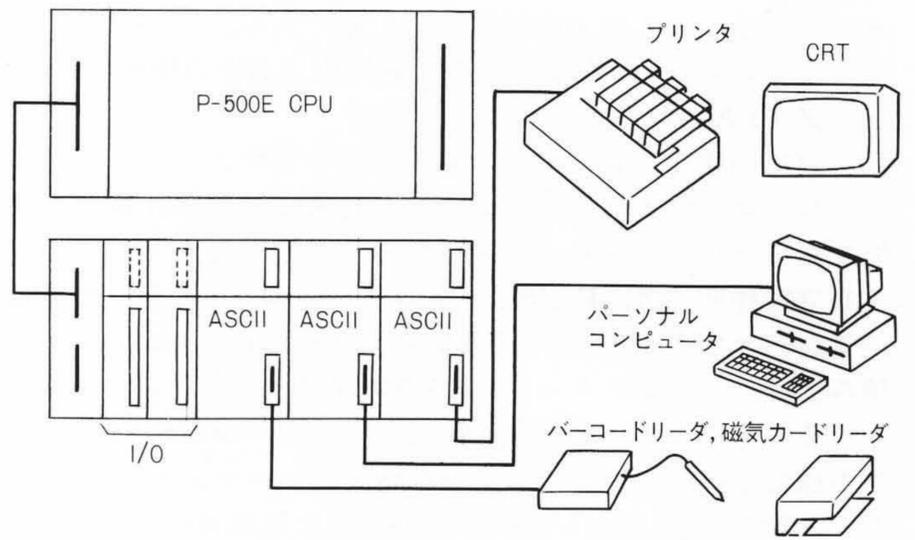


図6 アスキーモジュールを用いたシステム構成図 アスキーモジュールの接続により、従来のシーケンサでは難しかった設備管理監視機能が可能となる。

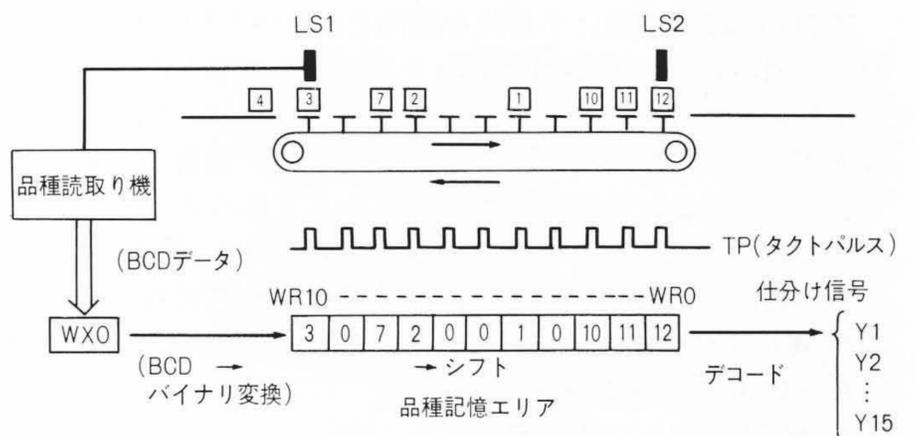


図7 P-500Eによる仕分け制御例 LS1で品種情報を読み取り、タクトパルスに同期して制御し、LS2で品種デコード結果に応じて仕分けする。

するさまざまな機器に接続可能としている。これらの機能を実現するために、P-500Eはリレー演算のほかに、加減乗除、ルート演算、データの転送、比較、変換などの命令や特殊入出力モジュール用応用命令で高度な制御が可能となっている。

(2) アスキーモジュールによる管理・監視機能の向上

従来、中規模以下のシーケンサでは実現が難しかったシーケンスコントローラによる設備の管理・監視がアスキーモジュールにより容易に実現できる。

アスキーモジュールはRS-232C又はRS-422のシリアルボードがある。このボードを通してCRTディスプレイやプリンタ、磁気カードリーダーなどのASCII(アスキーコード)などで入出力できる機器を接続して、これら機器との組合せにより設備の動作フローのほか、加工数量、出荷数量、故障が起こったときの原因別メッセージ表示など、多様なモニタリングが行なえる。なお、アスキーモジュールは、一般の入出力モジュールと同じ形態をとっており、入出力ユニットに複数個実装が可能となっている。そして、FAシステムに最適な入出力機器構成をとることができる。これにより、例えば入力機器から設定データを取り込み、製品組立てし、でき上がった製品数量を出力機器に出力するというようなことが可能となる。図6にアスキーモジュールを用いたシステム構成図を示す。

(3) 仕分け制御への適用例

P-500Eの演算機能、アスキーモジュールを活用し、コンベヤで流れてくる物の品種を読み取り、品種別に仕分けを行なう事例を図7に示す。制御方式は、同図中のLS1(リミットスイッチ1)の時点で、品種読取り機により品種データをBCD(Binary Coded Decimal)コードで読み取り、バイナリー変換

し、その情報をWR(内部出力)に記憶し、LS2(リミットスイッチ2)の時点で仕分けを行なう。プログラ的には、シーケンス基本命令以外に、算術命令、演算用応用命令(変換、データシフト、データ転送ファンクション)を組み合わせることでプログラから入力するだけで全体の仕分け制御ロジックを作成することができる。ラダーシンボル以外の必要ステップは、15ステップで済む。

4 結 言

以上FAシステムの重要なコンポーネントとしてのFA用コントローラ、すなわちプログラマブルコントローラとこれらを統括し、ネットワークとともにトータルシステムを構成するFA用統括コントローラについて述べた。FAシステムにはますます柔軟性、使いやすさ、低価格化が要求されるが、本報告のFA用コントローラが極めて有効な手段となると考えている。最後に今後共ユーザーニーズに合ったFAシステム開発に積極的に取り組んでゆきたいと考える次第である。

参考文献

- 1) 松本, 外: FAにおける自律分散制御システム, 日立評論, 65, 12, 823~828(昭58-12)
- 2) 薦田, 外: 分散FAシステムを実現するルール型制御技術と適用例, オートメーション, Vol. 29, No. 10(昭59-9)
- 3) N. Komoda, et al.: An Autonomous Decentralized Control System for Factory Automation, IEEE COMPUTER (December, 1984)
- 4) 解良, 外: 分散型FAシステム用高機能コントローラHIDIC FMC, 情報処理学会第30回全国大会(昭60-3)