

プログラマブル コントローラ

Recent Tendency of Programmable Controllers

リレー盤の代替としてスタートしたプログラマブル コントローラは約20年の歴史を持つ。その間ハードウェア面では半導体を中心とするエレクトロニクス技術の急速な進歩を、ソフトウェア面ではコンピュータ技術を巧みに取り込み、小形化、高機能化、高速化、大容量化および使い勝手性の向上が図られ、トータルFAシステムのキーコンポーネントとして位置づけられるようになった。

日立製作所では、小規模から大規模まで製品ラインアップを行っている。この中で汎(はん)用プログラマブル コントローラとして位置づけられているHIZAC-Hシリーズは小形化・ネットワーク機能の充実、高速化など処理機能の向上と4言語対応を図った。

近藤佐免司* Satoshi Kondô
藤原克弘* Katsuhiro Fujiwara
松下鶴正* Tsurumasa Matsushita
勝見国男** Kunio Katsumi

1 緒 言

最近のプログラマブル コントローラは、従来の機械、装置を制御するコントロール機能に加えて、制御することによって派生したデータをプログラマブル コントローラから取り出したり、プログラマブル コントローラの外部からデータを与えて制御条件の一部とするなど、いわゆるデータのリアルタイム制御機能を併せ持つ機種が増えてきた。これらを実現する手段として、半導体特にマイクロコンピュータや高集積のカスタムLSI、コンピュータ技術に裏づけされた通信手段の採用が挙げられる。

また、入出力装置も従来の外部機器のON-OFF信号の出入口の役目から、それ自体が頭脳を持ち、CPUと非同期に演算を行うインテリジェントI/Oが増えてきた。

さらに、プログラマブル コントローラを使う人にとって使い勝手のかなめであるマンマシンインタフェースに当たるプログラミング言語については、1台のCPUでユーザーがいちばん使い慣れた言語を自由に選択できるように配慮されてきている。

HIZAC-Hシリーズは多様化するユーザーニーズに対応するため、以下の点にかんがみ製品化されている。

- (1) 省スペース化に対応して、従来機種に比べ据付面積を $\frac{1}{2}$ とした。
- (2) 通信プロトコルの統一によるネットワーク機能の充実
- (3) 処理速度の高速化、命令群の充実およびI/Oのインテリジェント化による高機能化
- (4) 4言語対応、数式表現のプログラミング、固定アドレス

方式など使い勝手性の向上

ここでHIZAC-Hシリーズの外観を図1に示す。

以下にHIZAC-Hシリーズをベースとして、プログラマブルコントローラ本体、ネットワーク機能、I/Oおよびプログラミング言語の現状について述べる。

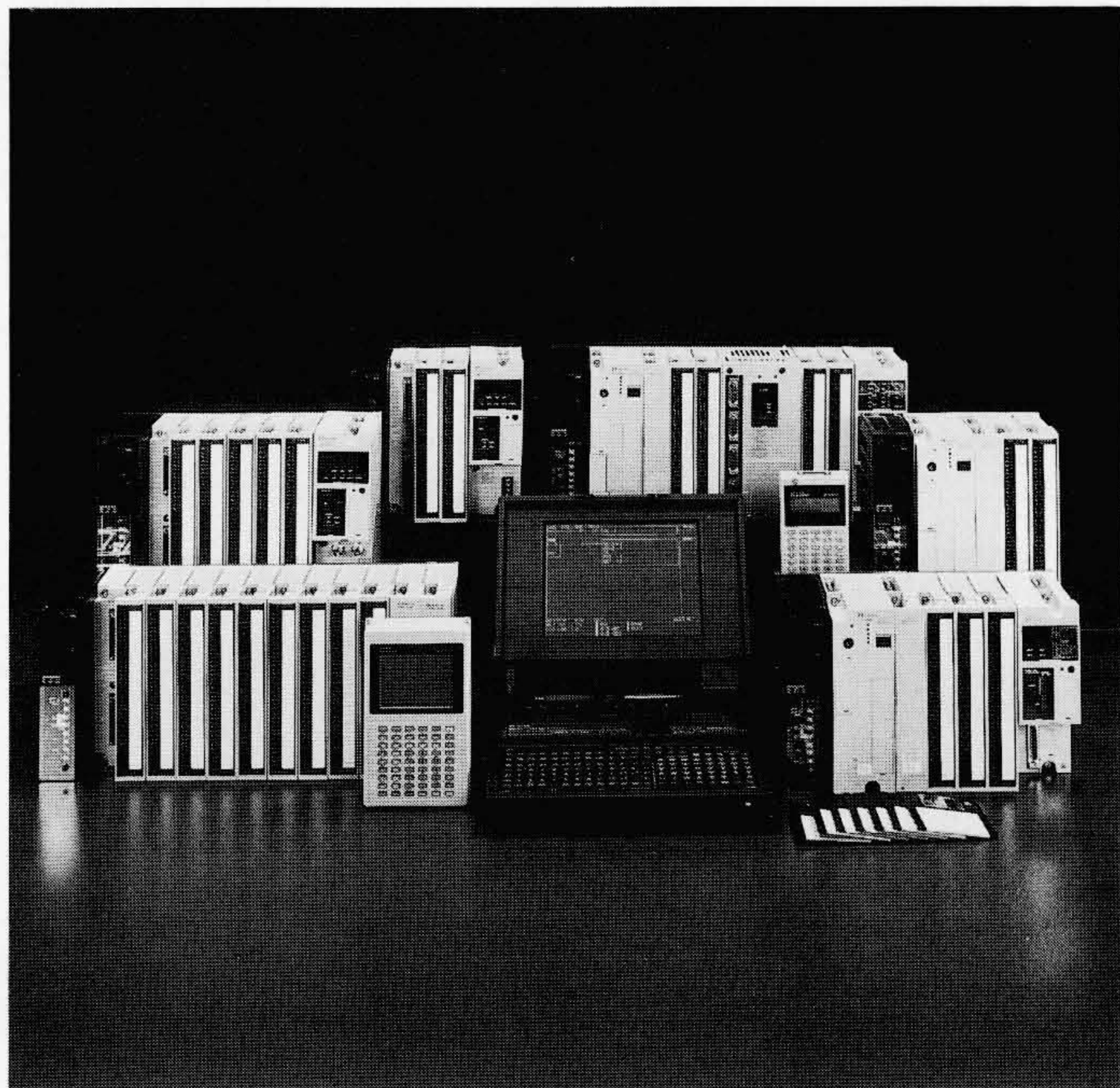


図1 HIZAC-Hシリーズの外観 高密度実装し、小形化されたHIZAC-Hシリーズの製品群を示す。

* 日立製作所習志野工場

** 日立製作所商品事業本部

2 プログラマブル コントローラ本体の動向

プログラマブル コントローラの基本機能を左右するCPUは、高機能化、高速化および大メモリ容量化の方向へ進んでいる。

また信頼性向上の面では、CPU自身の自己診断機能を高めユーザーに開放することによる故障修復の迅速化、さらには外部機器の故障診断を行うことも可能になりつつある。一方、CPUを多重化してノンストップ化を図ることを実現しているメーカーもあり、今後、経済性との絡みでさらに改善が加えられていくと思われる。また、新しい分野である知識工学を応用しての故障診断機能も、近い将来プログラマブル コントローラに組み込まれる可能性もある。以下、高速化とメモリの大容量化について述べる。

(1) 高速化

高速化については、従来は1個のプロセッサによって演算処理、周辺装置へのサポートおよび通信処理を行っていた。これらの動作がシリアルとなるため、各処理負荷の変化が即処理速度に影響を与え、結果的に高速化の妨げとなっていた。

HIZAC-Hシリーズではこのことを考慮し、演算処理を専用に行うプロセッサと周辺装置の通信、およびシステム管理を行う管理通信用汎用マイクロプロセッサの二つのプロセッサによって機能の分担を図り、0.5μs/命令の高速演算を実現した。さらに、高速化と合わせて周辺装置、通信モジュールなどがCPUに対してアクセスするタイミングを、従来のスキャンエンドではなく、スキャン途中の1命令サイクル実行中にサイクルスチールによって行うことにした。このことによりユーザープログラムを実行するスキャンタイムが、周辺装置

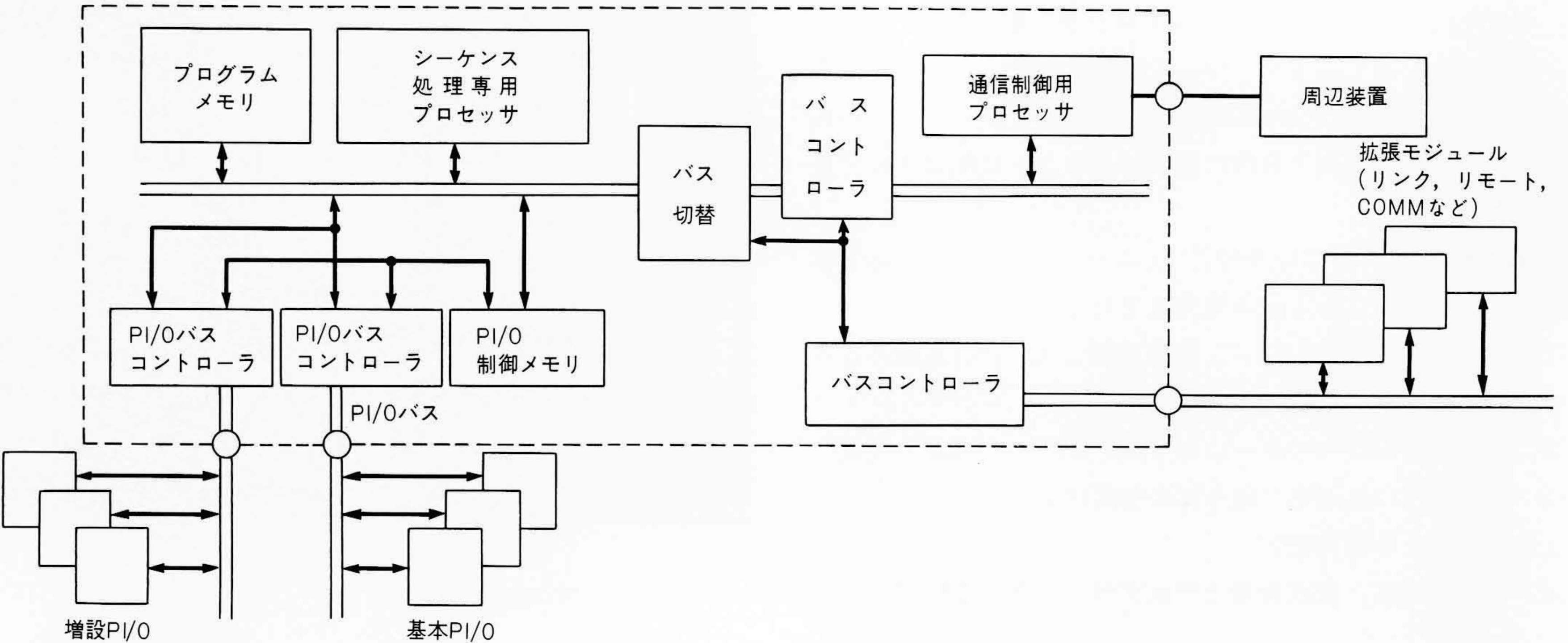
表1 HIZAC-Hシリーズの基本仕様 HIZAC-Hシリーズ3機種の基本仕様を示す。

機 種		H-300	H-700	H-2000
項 目	機 種			
処 理 方 式		ストアード プログラム サイクリック方式		
プ ロ グ ラ ミ ン グ 方 式		命令語, ラダー図, フローチャート, BASIC (専用モジュール併用)		
外 部 入 出 力 点 数	32点I/Oモジュール	288点	640点	2,048点
	64点I/Oモジュール	576点	1,280点	4,096点
	64点I/Oモジュール + リモートI/O	2,112点	2,816点	5,632点
処 理 速 度	論 理 演 算	1.1~2.5μs/命令		0.5~1.3μs/命令
	応 用 命 令	数マイクロ秒~数十マイクロ秒/命令		
	フ ロー チャ ー ト ス テ ー ト メ ン ト	数マイクロ秒~数十マイクロ秒/命令		
ユーザ ー プログラム メモリ		最大7.6k ステップ	最大15.7k ステップ	最大48.5k ステップ
デ ー タ メ モ リ	ビ ッ ト	2,048点		
	ワ ー ド	1kワード	17kワード	50kワード

へのサポート、および通信処理にまったく影響を受けないようにした。

演算処理専用プロセッサは、1万5,000ゲートのカスタムLSIを開発し、汎用プロセッサが不得意としているビット処理の高速化に特に顕著な効果が得られた。

HIZAC-Hシリーズの基本仕様を表1に、CPUのブロック図



注：略語説明 COMM (Communication Module)

図2 CPUのブロック図 シーケンス処理専用プロセッサと通信制御用プロセッサの2プロセッサ方式を採用した。

を図2に示す。

今後CPUのプロセッサは、ハードウェアによりメーカー特有の機能を容易に組み込むことができること、およびソフトウェアの機密が保護できることから、カスタムLSIと汎用プロセッサの機能分担によるマルチプロセッサ化の傾向がさらに強まっていくと思われる。

(2) メモリの大容量化

メモリ容量については、一般的な目安としてリレーシーケンス制御だけの簡単なものでI/O点数の5～10倍、数値データなどを扱う複雑な制御を行う場合は10～15倍必要と言われ、さらに、今後はネットワーク機能の充実などコンピュータ的な使い方の比率が高まってくると20倍以上必要となってくる。すでに60 kステップの大メモリ容量を持ったプログラマブルコントローラも出現している。

CPUの機能が向上するにつれて、ユーザープログラムのためのメモリ容量だけでなく、データを格納するためのデータメモリ容量も増大させる必要がある。HIZAC-Hシリーズでは50 kバイトのデータメモリ容量を実現している。半導体メモリの高集積化、高速化および低価格化とあいまって、今後ともメモリの大容量化の傾向は加速されていくと思われる。

3 ネットワーク機能の動向

プログラマブルコントローラをスタンドアロンとしてマシン制御するとともに、プログラマブルコントローラを中核とするシステムの最適な階層分散をするためには、ネットワーク機能の充実が不可欠となってきた。これはハードウェア、ソフトウェア共にコンピュータ技術に裏づけされるところが大きく、しかもプログラマブルコントローラはその拡張性、柔軟性から今後ますます必要性が増加していくと思われる。これは制御の自律分散(危険分散)、管理の集中を行い、システム全体の拡張、信頼性向上を図る上でも必要である。

ここでHIZAC-Hシリーズのネットワーク構成を図3に示す。下位レベルからあげると¹⁾、

(1) リモートI/O

(2) CPUリンク

(3) ホスト間通信

に分類される。

(1) リモートI/O

現状のほとんどのプログラマブルコントローラが持っている機能であり、省配線によるコストダウンに大きい効果が得られる。

高速化、長距離伝送化が図られつつあり伝送速度は1.5 Mbpsまで実用化されている。実際には、I/Oリフレッシュ時間の高速化が必要であり、現在512点で3 msまで実現しているメーカーがある。長距離化については、光通信技術の適用によって最大局間1 km、総延長10 kmまで実用化されている。

伝送ケーブルとしては、シールド付きツイストペア線、同軸ケーブルおよび光ケーブルの3種類が適用でき、経済性、伝送距離、耐ノイズ性および耐環境性の点から最適のものを選択すべきである。

HIZAC-Hシリーズでは、1.5 Mbps, 500 m(同軸ケーブルの場合、局間、総延長とも)、1 km(光ケーブルの場合、局間)、10 km(光ケーブルの場合、総延長)を実現し、さらに使い勝手性向上のため、通信プロトコルの統一によりI/O情報の伝送に加えて、プログラム情報、制御情報も同時に伝送するシステムとしている。このため、リモート子局にプログラミング装置が接続でき、遠隔地から自分自身の親およびCPUリンクで結ばれている他のCPUのプログラムのリード、ライト、モニタなどが可能となっており、試運転効率の向上、保守性の向上に寄与している。

(2) CPUリンク

複数台のプログラマブルコントローラを連結し、プログラマブルコントローラ間の緊密な分散制御を行うものである²⁾。機械ごとにプログラマブルコントローラを1台設置して、数台の機械で一つのラインを構成するような場合、各プログラマブルコントローラ間のデータの授受を高速で行う必要がある。CPUリンク間のデータの授受の仕方はメーカーの機種ごとに決められた手順で行われており排他的であるが、最近ではプログラマブルコントローラ以外の装置(例えばパーソナルコンピュータ)もCPUリンクの中に参加できるようにする傾向にある。

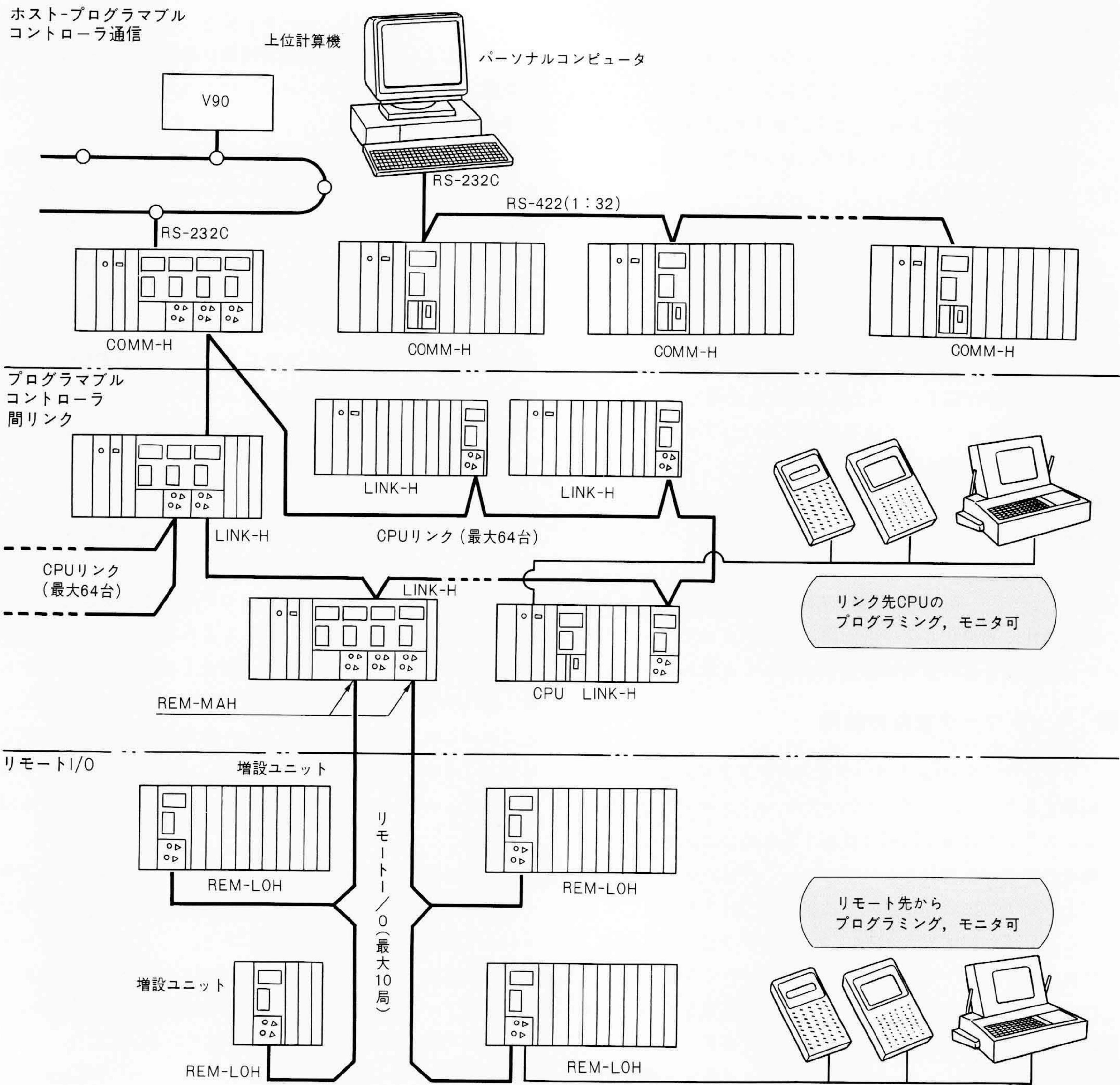
データの高速授受、伝送データ量の増大、連結できるプログラマブルコントローラの数の増大、プログラマブルコントローラ間伝送長距離化の方向にある。

伝送速度は1～5 Mbpsが実用化されている。連結できるプログラマブルコントローラの台数は64台まで、伝送距離は光ケーブルで総延長15 kmまで実現されている。

HIZAC-Hシリーズでは、1.0 Mbps, 500 m(同軸ケーブルの場合、ステーション間)、1 km(同軸ケーブルの場合、総延長)、1 km(光ケーブルの場合、ステーション間)、15 km(光ケーブルの場合、総延長)を実現し、さらに64台×2ループのCPUリンクが可能であり、前述のリモートI/Oの項で述べたとおり、リンク上に連結されているすべてのプログラマブルコントローラのプログラミングのサポートを、どのプログラマブルコントローラからも行うことができ、システムの立ち上げ、保守性に優れている。

(3) ホスト間通信

プログラマブルコントローラは制御することに伴って派生したデータを、これまでは制御の目的以外に有効利用することなく捨てていたが、このデータが生産管理などに利用でき、プログラマブルコントローラの持っているデータを上位ホストコンピュータが吸い上げ、データ処理を行うことができる。



注：略語説明 COMM-H (コミュニケーションモジュール) REM-MAH (リモートI/Oモジュール：親局)
LINK-H (CPUリンクモジュール) REM-LOH (リモートI/Oモジュール：子局)

図3 HIZAC-Hシリーズネットワーク構成図 階層、分散形FAシステムに対応するハイアラキシステムを示す。

逆に、ホストコンピュータからデータを受信し制御信号とするように、プログラマブルコントローラと上位ホストコンピュータの接続が必要となってきた。

プログラマブルコントローラとホストを接続する場合、プログラマブルコントローラ側から見てホストは特定できないため、RS-232Cなどの汎用通信インタフェースが用いられることが多い。また通信手順は、調歩同期式無手順、HDLC (High level Data Link Control) 手順などがあるが、専用の通信手

順を定めているメーカーもある。

HIZAC-Hシリーズでは、300 bps～19.2 kbpsの伝送速度で最大1：32までの接続形態がとれ、HIZAC-Hシリーズの統一されたプロトコルによって通信を行う。

以上ネットワーク機能について述べたが、ネットワーク内通信方式は各メーカーごとに決められたクローズドネットワークであり、他社機器への拡張性に制限があるのが現実である。今後だれでもネットワークに参加できるように、物理的、

論理的インタフェースと通信手順が公開されているオープンシステムネットワークの実現が望まれる。その一例として、MAP(Manufacturing Automation Protocol)が提案されている。MAPの詳細については別稿に譲る。

4 I/O

プログラマブル コントローラは、強電構造のI/Oを直接駆動できるコントローラであることが、プログラマブル コントローラの存在価値が認められる一つの理由である。したがって、I/Oはプログラマブル コントローラにとって手足となる重要な要素と言える。

従来、バス直結でCPUに直接アクセスされていたI/Oがほとんどであり、I/Oの動作はすべてCPUが管理をする形をとっていた。しかし、より高度な制御が求められるようになると、従来のやり方では対応できなくなってきた。例えば、CPUのスキャンタイムよりも短いパルスをカウントすることは種々考慮が必要であるし、位置決めのようにそれ自体が演算機能を持つ必要がある場合は、その演算をCPUで実行させるとCPUの負荷が非常に重くなり、スキャンタイム、プログラム容量および応答性に重大な影響を及ぼす。従来はこのような目的にはプログラマブル コントローラの外部で専用制御装置を設置して、演算指令およびその結果だけをI/Oを介してプログラマブル コントローラとデータの授受を行っていたが、プログラマブル コントローラが高機能化するにつれてプログラマブル コントローラ自体の機能として取り込む傾向となってきた。HIZACシリーズの代表的な高機能I/Oを挙げると、

- (1) 高速カウンタ入力モジュール
- (2) 位置決めモジュール
- (3) 割込みモジュール
- (4) ASCII(American Standard Code for Information Interchange) モジュール
- (5) 温度センサモジュール
- (6) PID(比例・積分・微分)モジュール
- (7) 音声出力モジュール
- (8) 外部表示モジュール

などである。これらのほかにも特殊な機能を持ったモジュールを実現しているメーカーもある。

今後ともこの傾向は強まり、専用的な特定ユーザー向けの特殊機能モジュールが開発され、プログラマブル コントローラを介して機械、装置の付加価値を上げる一助となることが期待される。

5 プログラミング言語

プログラマブル コントローラは、本来コンピュータであるがゆえにユーザープログラマブルであり、プログラムをインプットしなければ動作しないものである。このプログラムを

作成する際の言語はプログラマブル コントローラが誕生してからラダー図プログラミングが主流を占めてきた。しかし、最近のようにプログラマブル コントローラが高機能化してくると、ラダー図プログラミングだけでは表現が冗長になったり、直感的理解が不十分になったりして全体像の把握が困難になってきた。また、プログラミングを実際に担当する人々の資質から見ても、ラダー図プログラミングは学校で学ぶものではなく、企業で学ぶものとの社会通念からも、一考を余儀なくされてきている。

ラダー図プログラミング言語以外に、現在実用に供されている言語としては命令語、フローチャート言語、BASIC言語、タイムチャート方式などがある。それぞれの言語ともメーカー間である程度共通点はあるといっても、メーカー独自のものであり完全な互換性がないのが現状である。そこで、IEC(International Electrotechnical Commission)が提案しているSFC(Sequential Function Chart)^{3),4)}が最近注目されている。

SFCは制御全体の流れ、実行順序、条件をフローチャート形式で表現する形となっているので、プログラムの保守、管理が容易な点が挙げられる。SFCはヨーロッパで多くの実績のあるGRAFSET(Graphic de Commande Etape-Transition: ステップ遷移の制御用グラフ)を基本として、IECで規格化した言語であり、輸出向けには今後取り組んでいく必要がある。

HIZAC-Hシリーズでは、従来機種は1機種1言語であったがユーザーの広がりなどによって、ユーザーが使い慣れた言語でプログラミングできるよう一つのCPUで命令語、ラダー図プログラミング言語、フローチャートおよびBASIC言語の4言語をサポートすることとした。

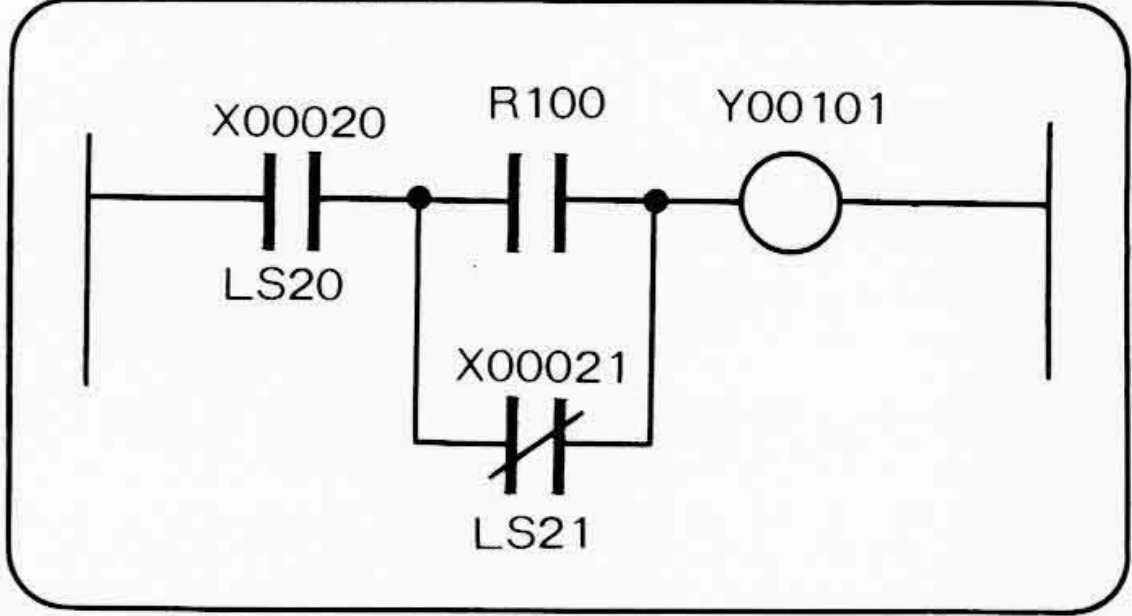
プログラミング言語の良しあしは学問的裏づけもさることながら、ユーザーにとっては自分がいちばん慣れた言語が最良であるという思想から多言語対応とした。

4言語プログラミングの例を表2に示す。

6 結 言

以上、一般的な動向を踏まえながらHIZAC-Hシリーズについて述べた。プログラマブル コントローラは今後ともFA、CIMの生産現場でのキーコンポーネントの地位はゆるぎないものとなっており、いっそう産業界に普及していくと思われる。プログラマブル コントローラが今後課題としていることは、新機種投入の際ユーザープログラム財産を保護するため、既存機種との互換性保持であり、さらに一歩進めて、メーカー間の互換性をどのような形で推進していくかである。特にネットワークについては、JEMA(日本電機工業会)で統一する方向の動きもあり大いに期待したいところである。

表2 4言語プログラミング 命令語, ラダー図, フローチャート, BASICの4言語を1CPUで対応する。

言 語	表 現 内 容
命令語 (HI-COMMAND) 特長 - シーケンスコントローラの標準命令 - ラダー図へ変換表示も可能	001 LD X00020 LS20 002 LD R100 003 ORI X00021 LS21 004 ANB 005 OUT Y00101
ラダー図 (HI-LADDER) 特長 - 手持ちのラダー回路図を翻訳せずに直接入力可能 - ユーザーの器具名を片仮名, 英・数字で6文字以内, およびI/Oコメント, 回路コメント (片仮名, 英・数字で16文字以内なども使用でき, プログラム作成システム立ち上げ効率と保守性が向上する。) - 命令語へ変換も可能	
フローチャート (HI-FLOW) 特長 - 制御作動に密着したプログラム表現 - プログラム画面がそのままモニタ画面にもなる。 - 複数の制御を並列処理可能で, マルチの制御が容易に行える。 - 漢字が使用できる。	1 2 3 ON Y102! 急速降下 4 X6! スイッチ6 5 ON Y103! タップ立て 6 X7! スイッチ7 7 ON Y104! タップ抜き 8 X8! スイッチ8 8
BASIC (HI-BASIC) 特長 - BASIC言語を採用している。 - 制御用に機能を拡張, I/Oナンバーをそのままプログラムできる。 - システムのオンラインモニタ, 日報, 月報処理ができる。	10 TASK2 20 INPUT A,B 30 PRINT A*B 40 END

参考文献

1) プログラマブルコントローラ(PC)活用集, オートメーション, 第33巻, 1号(1988-1)

2) システム化するプログラマブルコントローラ, 電気計算

Vol.57, No. 2 (1989-2)

3) 関口:シーケンス制御工学, 電気学会(1988)

4) インテリジェント機能とは, 電気計算, Vol.56, No.10(1988-8)