計測・制御技術および計測機器の現状と展望

福本 武也(ふくもと たけや)　井部 成身(いべ なるみ)　沖本 一機(おきもと かずき)

1 まえがき

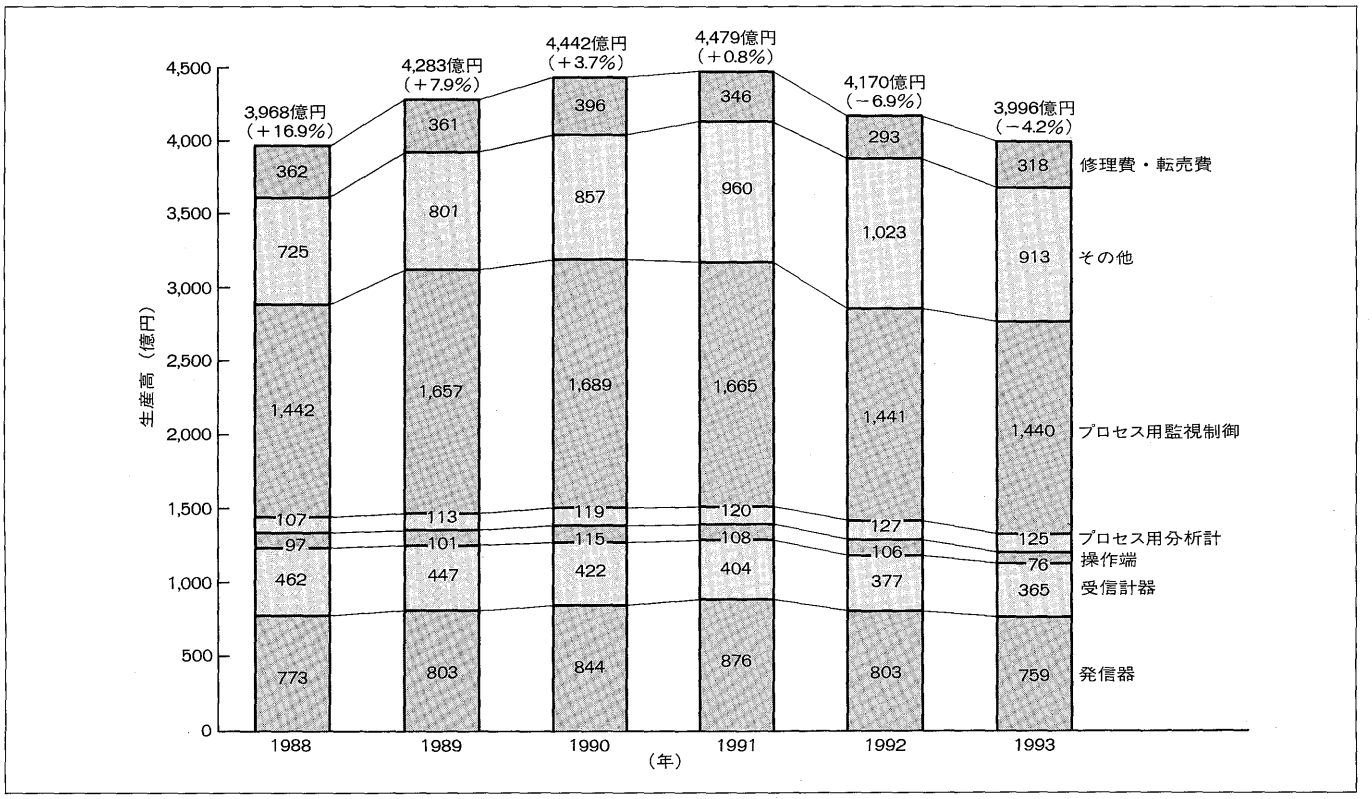
円高により景気の低迷が長期化するなかで，産業界での投資傾向は，生産拡大のための設備投資ではなく，国際的な価格競争力の強化を狙った設備の集約化を含む高効率生産システムの構築による近代化・合理化が主体となっている。この結果，国内の工業計器の生産高もその影響を強く受けている（**図1**）。

一方，パーソナルコンピュータ（パソコン），ワークステーション（WS），ネットワークの急速な技術進歩と低価格化は，オフィスオートメーション（OA），プロセスオートメーション（PA），ファクトリーオートメーション（FA）に大きな影響を与えている。

他方，センサやフィールド計器のインテリジェント化，フィールドバス化の流れとも相まって，「ネ・オ・ダ・マ」（ネットワーク，オープン，ダウンサイジングやライト（Right）サイジング，マルチメディア/マルチベンダ）が脚光を浴びている。

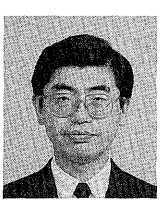
富士電機は1992年10月に第四世代の分散形制御システムMICREX-IXを発表し，多数のユーザーに納入してきた。この間，ニーズに合った技術開発と改良を継続的に行い，ユーザー要求に対するソリューションを提供してきた。本特集では，これら最近の成果を紹介するとともに，本稿では，それらの背景としての情報・制御システム，ネットワーク技術および計測機器の現状と動向を展望する。

図1 工業計器の生産高推移［出典：日本電気計測器工業会統計年報（1994-7）］



福本 武也

昭和44年入社。計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，産業事業本部計測制御システム事業部長。



井部 成身

昭和40年入社。上下水道電気計装システムの設計，情報制御システムの開発企画に従事。現在，社会システム事業本部技術企画統括部主幹。

沖本 一機

昭和40年入社。計測制御機器の受信計器の開発設計に従事。現在，産業事業本部計測制御システム事業部機器技術部長。

2 情報・制御システムの動向

情報・制御システムに対するユーザーの期待は，「厳しい経済環境のなかで最新技術を駆使し，操業・オペレーションの近代化をできるだけ安価に実現したい」ということである。

上記ユーザーの期待の背景として，

(1) フレキシブルな生産システムで多様なニーズへの対応
(2) 生産性向上による企業体質の改善
(3) 製品の高品質化による販売競争力の強化
(4) 人と環境への配慮による職場と社会環境の改善

などが考えられる。これらに対し，最新技術を駆使して生産システムを提供していくことが重要である（**図2**）。

ニーズに合わせた生産システムの開発アプローチには大きく分けて二つの流れがある。

(1) EIC統合などの生産システムを発展させ，オープン化，シリーズ化を図り，幅広い需要に適応する。
(2) HCI（Human Computer/Communication Interaction/Interface）とコンピュータ機能の実現にパソコン，汎用ソフトウェア，オープンネットワークを用いて分野に合ったライトサイジングシステムを提供する。

おのおのの流れについて概要を述べる。

2.1 EIC統合化制御システムの発展

制御システムの基本コンセプトは分散形制御システムの初期から，制御の分散と管理の集中，EIC統合，トータルオートメーションであり，その後プロセスCIM，オープン化が加えられた。

EIC統合化は**図3**のように変遷してきた。

第一世代のシステムは以前に比べ，機器付属のHCIからプラント付属のHCIとなり，経済性と操作性が大幅に

図2 生産システムの要件と実現技術

1. フレキシブルな生産システム
(1) システム構成のフレキシビリティ，スケーラビリティ
- ネットワーキング，クライアント・サーバ
- オープンシステム，マルチベンダシステム
- ライトサイジングシステム，フィールドバスシステム
- 自律分散システム：分散データベース，フィールド分散

(2) 統合化
- 情報と制御の統合
- EIC統合
- PA，FA統合

2. 生産性向上
(1) 自動化運転の追及
- 高速制御，リアルタイム制御
- 最適スケジューリング

(2) 高信頼性
- 冗長化システム（二重化，三重化）
- フォルトトレランス，フォルトアボイダンス
（予防保全：設備診断，装置診断）

3. 製品の高品質化
(1) 高度制御
- AI（ファジィ，ニューロ），H_∞
- モデリング，シミュレーション

(2) 高速制御
- 並列処理，マルチプロセッサ

4. 人と環境への配慮
(1) 人に優しいシステム
- GUI，プログラムレス，オブジェクト指向，エージェント指向，マルチメディア
- インテリジェントアラーム

(2) 環境に調和したシステム
- 脱公害，電磁環境
- 省電力

図3 EIC統合化システムの変遷

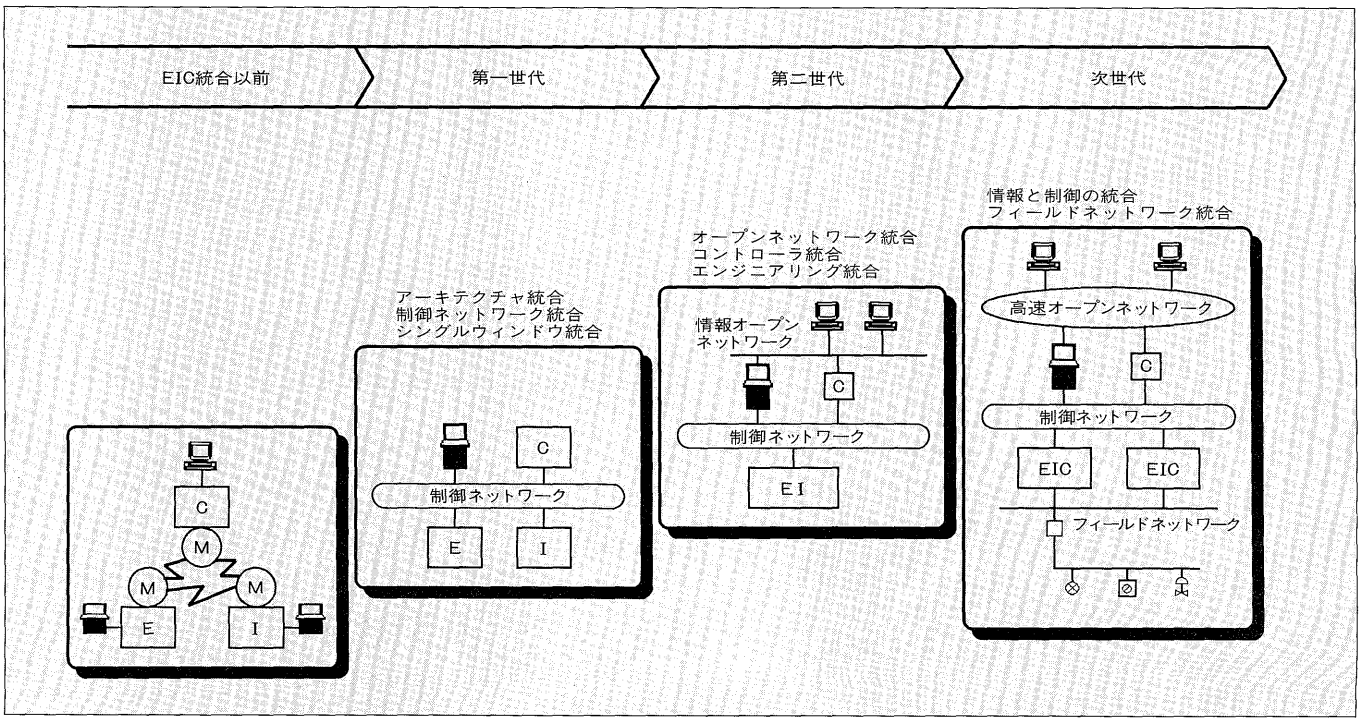


図4　分散形制御システム MICREX の発展

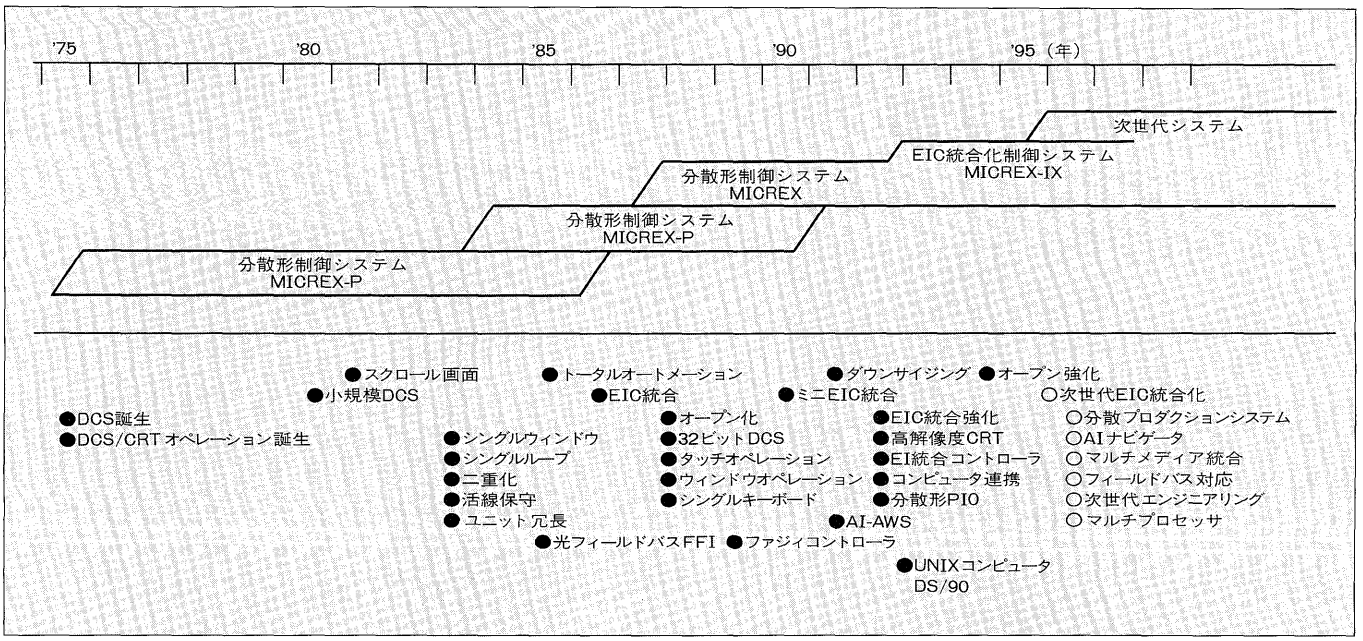
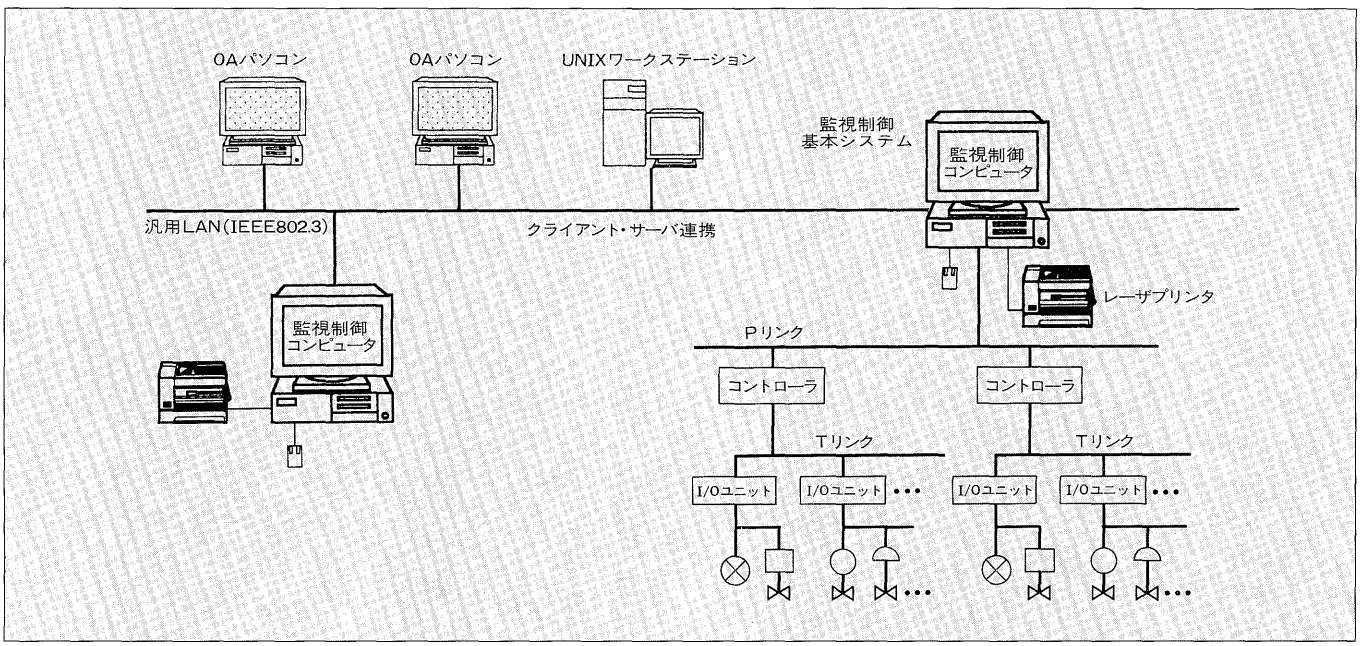


図5　ライトサイジングシステム例



向上した。さらに PIO インタフェースの重複部が削除され，システムが簡素化し信頼性向上に役立った。

第二世代のシステムは，情報オープンネットワークとの接続によりパソコンや WS をシステムに組み込むことで経済的な情報処理が可能となった。さらにコントローラを EI 融合化することで，プロセスユニットごとにコントローラを配置することが容易となって，システムの自律分散性が向上した。

次世代のシステムは，高速オープンネットワークの利用により計画，原価管理，品質管理，保守・保全を含め，あたかも一つの運転管理センターに統合したかのような分散プロダクションシステムの構築が容易となる。また，プロセスユニットごとに EIC 融合コントローラを採用することにより，高度演算能力の優れた自律分散システムとなる。さらにフィールドネットワークの採用により，インテリジェントセンサによる精度の向上や工事費の節約ができる。

富士電機は分散形制御システム MICREX をこの流れにそって開発し提供してきた（**図 4**）。

2. 2　ライトサイジングシステム

「ネ・オ・ダ・マ」で表現されるように，オープンなダウンサイジングシステムがもてはやされたが，ダウンサイジングシステムが万能ではなく，対象設備の規模と性質に見合った，きめ細かい監視・制御システムを構築すること

が重要だとの見方が多くなり，ダウンサイジングシステムからライトサイジングシステムへと変わっている。

アプリケーションソフトウェアの考え方も大きく変わって，手作りソフトウェアはできる限り避け，分野ごとのパッケージソフトウェアの組込み比率を高くし，汎用パッケージ（ISV）を多用化することがコストパフォーマンスを上げることと理解されてきた。

目的をある程度絞った標準化率の高いライトサイジングシステムをライトセレクションすることが，分野ごとのソリューションシステムとして重要と考えている。**図5**にクライアント・サーバシステムと連携したライトサイジングシステムの例を示す。

3 ネットワーク技術の動向

計測制御分野のネットワーク技術は，自律分散制御システムと相互に接続し総合的に管理するHCIやコンピュータシステムなどを接続する重要な役割を果たしている。

ISO（国際標準化機構）では，ネットワークの通信規約をOSI（Open System Interconnection）の階層モデルとして標準化するなど技術進歩，標準化の活動が活発化しており，オープン化動向を踏まえたネットワーク化が重要課題となっている。

3.1 広域通信ネットワーク

従来のネットワークは限られた事業所内，工場内であったが，管理の統合化・効率化をめざして広域ネットワークの活用が図られている。

広域ネットワークWAN（Wide Area Network）は，電話網，専用線網，ISDN（Integrated Services Digital Network），移動通信網，地域網から構成され，従来から遠方監視制御，施設の異常時通報システム，定時データ伝送システムなどに適用され，今後とも多数利用されると思われる。

ISDNは，伝送方式をアナログからディジタルとし，各種情報を一元的に扱い，データ，音声，ファクシミリ，画像などのデータを1回線で扱える。現在，通信速度1.5Mビット/秒の狭帯域ISDN（N-ISDN）が実用化され，その利用も急拡大している。今後は，通信網の光ファイバケーブル化と，ATM（Asynchronous Transfer Mode）技術を利用した高速・広帯域（156Mビット/秒，622Mビット/秒）のISDN（B-ISDN）が，統合化制御システム相互の連携，システムのマルチベンダ化，生産管理システムの統合管理に利用されるであろう。

富士電機では，従来からの監視制御で培った通信技術に加え，高速伝送技術，光伝送技術，画像圧縮技術，さらにはSS（スペクトラム拡散）無線技術を駆使し，マルチメディア伝送機器，施設のSS無線監視システムの開発，また，災害対策を考慮した設備の遠隔診断，予防保全を実現するリモートメンテナンスシステムへと応用範囲を広げている。

3.2 情報・制御系ネットワーク

情報・制御システムの相互間を接続するネットワークは，DCSの統合化とオープン化を加速している。

制御系ネットワークは，コントローラ相互間と監視制御用HCI，上位管理システムとの接続を行うもので，従来からプライベートのネットワークが多く使用されている。

情報系ネットワークは施設維持管理，生産管理，設計管理などのサブシステムとの接続が主体で，ネットワークはオープン化されたものとなる。伝送速度1Mビット/秒，10Mビット/秒のEthernet〈注1〉が多く利用されているが，今後は情報の多様化，マルチメディア化への対応としてFDDI（Fiber Distributed Data Interface）準拠のネットワーク化が進むであろう。

富士電機は，汎用LANとしてのTCP/IP（Ethernet）をMICREXへ適用しオープン化を図るとともに，UNIX〈注2〉コンピュータDS/90へデータウェイ（DPCS-F），汎用LANを接続し，コンピュータ連携を図っている。さらに，FDDI対応のオープンLANも準備中である。

3.3 フィールドネットワーク

フィールド機器のインテリジェント化に伴い，信号伝送方式もアナログ式（4～20mA）からアナログとディジタルのハイブリッド構成のスマート式，ディジタル式の光ファイバ式へと発展している。ディジタル式伝送は，フィールドバスとして国際規格化が進んでおり，1994年9月には統一フィールドバスへ向けフィールドバス協会が発足し，標準化が加速されている。

富士電機は，省電力・省スペースを実現するフィールドバス用LSI「FRONTIER-1」を開発し，それを発信器に搭載し，フィールド実証実験に参画，その実用性を確認した。また，IEC/ISA国際標準化委員会へ光仕様を提案し，DIS（Draft International Standard）となった。さらに，新電流ドライブ方式を提案し規格化中である。

4 計測機器の動向

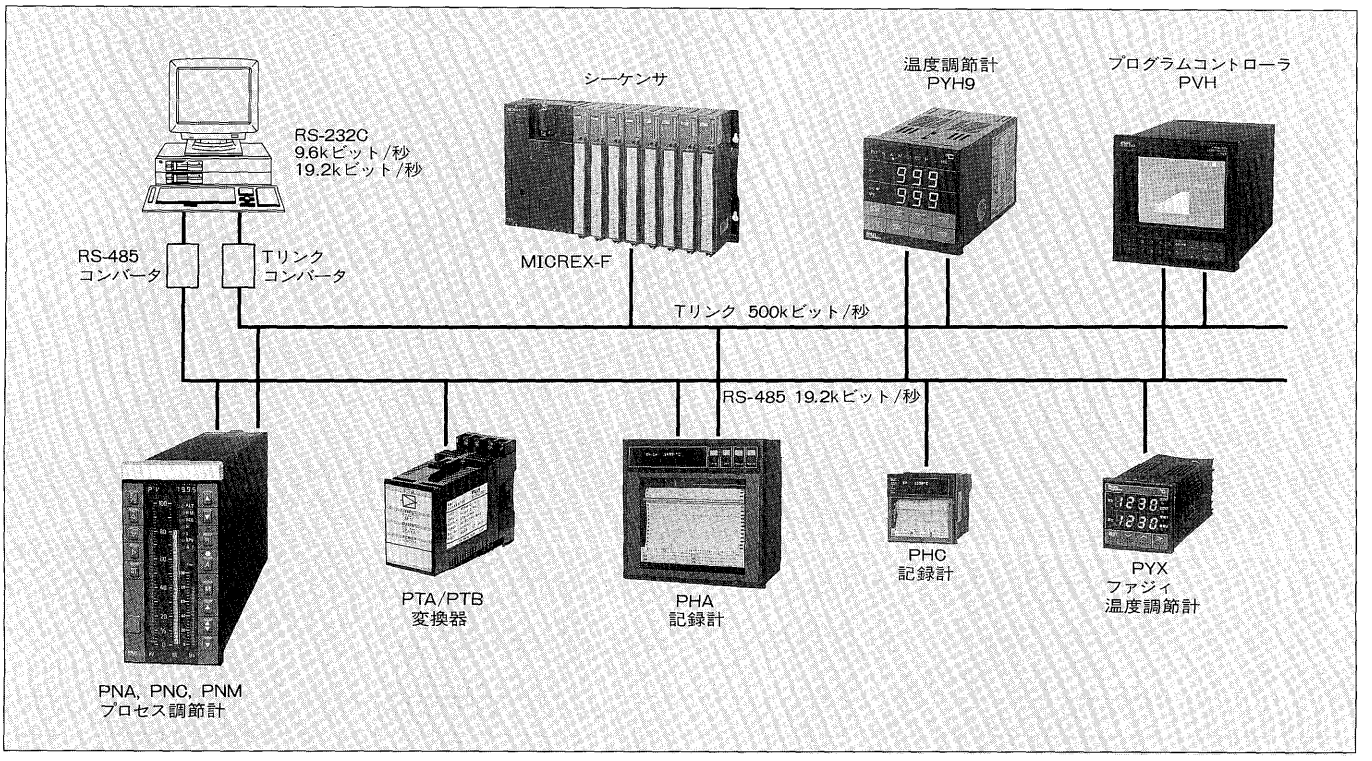
景気低迷の長期化は計測機器に対してもさまざまな変化をもたらしている。民間の設備過剰感による設備投資の減退と海外調達は急速な価格低下を招いている。また世界的には企業買収，合併による再編成が進んでおり，生産規模の縮小化およびその対極のガリバー化が進んでいる。このような環境下，計測機器メーカーは生き残りをかけた成長製品の模索と既存製品の改良やコストダウンを行っている。

一方，フィールドバスの規格化作業は着々と進み，このインフラストラクチャ整備をきっかけとして，これから派生する種々の技術問題を今後解決し，市場拡大につないで

〈注1〉Ethernet：米国ゼロックス社の登録商標

〈注2〉UNIX：X/Open Company Ltd. が独占的にライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標

図6　小形計装システム例



いこうという気運がある。富士電機ではこのインフラストラクチャ問題に早くから着目し，各機器をインテリジェント化してきた。

4.1　フィールド機器

富士電機の圧力発信器は早くから国際化されており，このグローバル化の時代において十分世界に肩を並べていける総合的な固有技術を有している。すなわち，機能，性能，価格などいずれの面でも後れをとらない。今回さらに性能の向上を図りセンサの改良を行った。また，操作面からも見直しを行い完成度を高め，アドバンストタイプと普及タイプの2種類を開発し，成熟した市場でも十分評価してもらえる製品を完成させた。

また超音波流量計の全面的な改良を行い，測定精度，応答特性，流体中の気泡による誤差問題を解決した。携帯用では，小形軽量化を実現した。このため，超音波流量計が持つ本質的な強みを十分に発揮し，今後の中心機種に成長すると考えている。

さらにフィールドバスによるディジタル出力機器の実現を間近に控え，従来，富士電機がその指導的役割を果たしてきた光ファイバフィールド計測システム FFI（Fiber-optic Field Instrumentation）製品のブラッシュアップを行った。特にポジショナの改良は今後のローカル制御の実現に向けての中心製品となるものだけに，H1レベルの光フィールドバスシステムの実現に向けて大きく前進したと考えている。

4.2　パネル計器

温度調節計の上位機種であるプログラムコントローラの追加開発を行い，製品メニューを充実させた。出力として2チャネルを有し，工業炉における温度・雰囲気の制御のように相互に関連のある系の制御に力を発揮する製品である。

記録計についてはインクヘッドのリサイクルが可能な製品の出荷ができるようになり，ランニングコストの削減とともに環境問題に対しても良好となった。

変換器は小形・軽量で，DIN レール取付け/プラグインタイプの温度変換器，絶縁変換器，演算器，警報設定器，ディストリビュータの出荷を開始した。

これらのパネル計器は共通の仕様として RS-485 通信機能を有し，他の計器やパソコンを接続してコンパクトな監視系を構成できるようになり，機械産業などへ貢献できるものと考えている（**図6**）。

4.3　分析計

富士電機の分析計はプロセス用と環境用が主体であり，機種としては赤外線分析計と酸素計を中心にしたものである。国内のプロセス用国内市場はここ数年来横ばい状態であり，環境用市場は1992年度まで増加，1993年度に減少に転じている。海外では米国の大気汚染浄化法（1990年）により，固定発生源や自動車排ガスに対する規制強化が実施あるいは計画されており，このような国では環境監視用市場の需要増加が見込まれる。また，環太平洋諸国においても規制強化により，環境用市場が活発化してきている。

このような状況のなかで，富士電機は環境測定用の分析装置の改良を進め，ごみ焼却施設やボイラの燃焼排ガス測定用の分析装置を市場に多数供給している。

また，プロセス用市場向けに磁気圧力式酸素計の新モデ

ルの開発を行った。富士電機の磁気圧力式酸素計は検出部に高感度で高信頼性のマスフローセンサを使用しており，特長のある製品である。

5 あとがき

以上，情報・制御システム，ネットワーク，計測機器について展望した。

日本の製造業は技術・品質で世界をリードしてきたが，昨今の急激な円高とボーダレスな価格競争のなかで，人員合理化や優れた生産システムによる生産性向上でこの難関を乗り切ろうとしている。

富士電機は優れた情報・制御システムの駆使が製造業の競争力向上の要（かなめ）であると確信しており，統合生産システムMICREX-IXを核として，ユーザーニーズに合うようシリーズ化し，ライトサイジング，ライトセレクションができるようにしていく。また，計測機器の分野でも，ユーザー各位に満足していただける新技術の開発と商品の提供に今後も努力していく所存である。

参考文献

(1) 黒岩重雄：計測・制御技術の現状と展望，富士時報，Vol.66，No.9，p.519-521（1993）
(2) 井部成身・萩原春嬉：統合化システムの動向と課題，富士時報，Vol.67，No.6，p.325-329（1994）
(3) 生駒雅一：制御から見たDCSの課題と展望，'94計装技術会議，1-7-1～1-7-10（1994）

最近公告になった富士出願

〔特　許〕

公告番号	名称	発明者	公告番号	名称	発明者
特公平 7-52429	マスタカードのマスタ番号設定方式	川口　公二 高橋　正宏	特公平 7-55050	整流器用変圧器	樽見　信雄
特公平 7-52430	マスタカードのマスタ番号設定方式	川口　公二 新井　聡一	特公平 7-55054	直流定電流電源用制御回路	石田　紘一
特公平 7-52634	イオンビーム装置	降矢　正保 片田　祐司 原田　靖孝	特公平 7-55055	電圧形PWMインバータの出力電流制限方法	柳瀬　孝雄 藤田　光悦
			特公平 7-55755	紙幣一括払出装置	大江　勝己
特公平 7-52731	半導体シリコン基板への孔明け方法	後藤　友彰	特公平 7-55756	紙葉類集積装置	早野　八一
特公平 7-52732	半導体機能部品の穴開け加工方法	後藤　友彰	特公平 7-55757	紙幣一括払出装置	天野　忠信 村田　靖
特公平 7-52777	高速ダイオード	荻村　好友	特公平 7-55758	紙幣一括払出装置	天野　忠信 村田　靖
特公平 7-53292	ビレットのデイスケール装置	石橋　秀昭 岡山　栄	特公平 7-56203	タービン調速装置の回転速度設定回路	渡会　裕一 茂原　政道 世古清一郎
特公平 7-53374	プラスチック廃棄物の減容固化装置	田口　一洋			
特公平 7-54080	道路用トンネルの集じん設備	久保田　喬 中村　彰吾	特公平 7-56401	トンネル用集じん装置	笹本　利治 宮本　昌広 高橋　武男
特公平 7-54087	熱併給式自家用火力発電設備の制御方法	菅井　賢三 稲村　康男 津田　宗 大西　章雄	特公平 7-56501	異地点情報の同期計測方式	斉藤　満男 成田　茂
特公平 7-54371	合焦状態検出方法	横山章太郎 西部　隆	特公平 7-56773	熱形過負荷継電器	秋地　勝美 大上　聡克
特公平 7-54426	ベクトル図形表示装置	高嶋　伸次	特公平 7-56774	多極回路遮断器	林　英雄 中野　昭三
特公平 7-54479	共有入出力装置の制御方法	塩谷　滋 樋浦　秀樹	特公平 7-56905	エキシマレーザ装置	田沼　良平
特公平 7-54661	回路遮断器の外部操作装置	瀧浦　広之 鵜沼　誠 内田　直司	特公平 7-56937	絶縁ゲート素子の駆動回路	古畑　昌一
			特公平 7-57062	漏電遮断器	井出　安俊 小山　秀樹
特公平 7-55022	無接点接触器の異常検出装置	糸賀　一穂	特公平 7-57094	多重DC/DCコンバータ装置の入力電圧アンバランス抑制方法	吉川　春樹 大堀　優
特公平 7-55027	ディジタル形線路電圧降下補償装置	井口　研二	特公平 7-57101	3相インバータの制御方法	中嶋　幸男

＊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。