汎用制御機器の現状と展望

黒田 一彦(くろだ かずひこ)　　村山 功(むらやま いさお)

1 まえがき

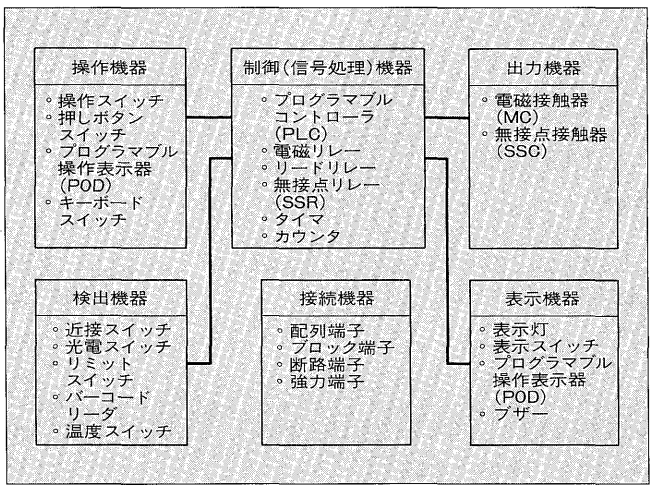
各種の産業分野における設備の自動化の発展に伴い，使用される制御装置・制御機器の需要増加と技術進歩が著しい。最近では従来の生産設備だけでなく，ビル，オフィス，民生分野などにも多く使用されている。

電気制御機器とは，一般には「産業用を用途とする電気・電子によって検出，操作，開閉，変換，伝達，表示，記憶など単一の，もしくは複合された機能をもつ機器。またディジタル制御を実現するための装置や，これに関連する機器」とされている。主要な機種群としては，制御用リレー，操作用スイッチ，検出用スイッチ（センサ），制御用専用機器（ソレノイド，表示灯，端子台など），プログラマブルコントローラ（PLC）などがある。**図1**に制御機器の基本構成例を示す。

主要な制御機器のわが国の生産状況を**図2**に示す。この図から分かるように近年は不況の影響を受け，ここ2年ほど生産高は減少しているが，最近の傾向としてはまた増加方向にあり，将来的には安定した増加が見込まれている。

ここでは各種制御機器の現状と技術動向について述べ，本特集においては最近の市場動向および新製品を主体に紹介する。

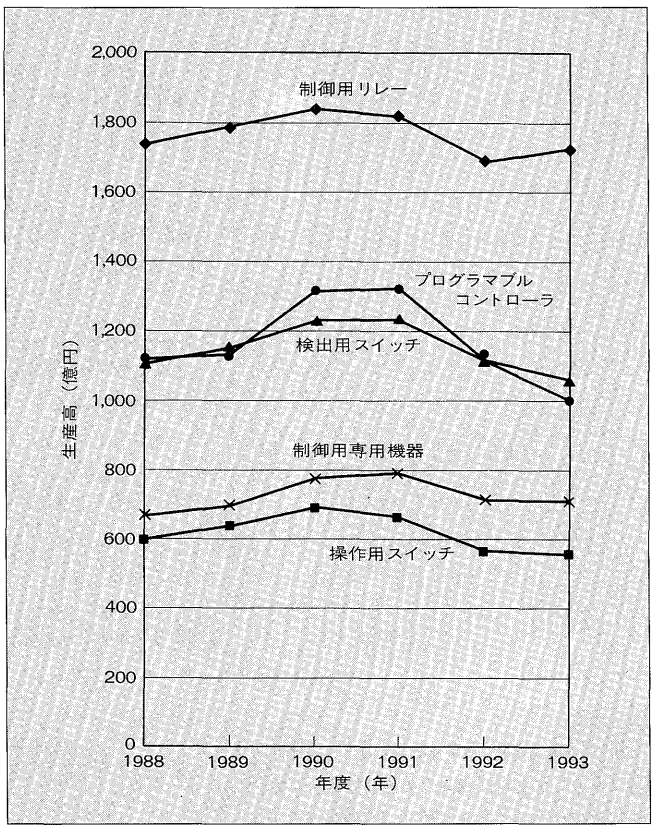
図1 制御機器の基本構成例



2 制御機器の市場動向

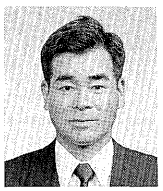
制御機器の市場は従来の生産設備の二次産業から，グリーンビジネスといわれる一次産業，またOA（オフィスオートメーション），BA（ビルオートメーション），SA（ストアオートメーション），物流，輸送分野などの三次産業分野，あるいはHA（ホームオートメーション），MA（メディカルオートメーション）などの民生分野へ拡大している。さらに最近は国際化が進み，機器の国際性が必要とされている。

図2 汎用制御機器の生産高推移



黒田 一彦

昭和40年入社。受配機器・制御機器の開発企画に従事。現在，機器事業本部営業統括部主幹。



村山 功

昭和41年入社。電磁開閉器の開発，開閉器具の品質保証に従事。現在，吹上工場器具設計部長。

この市場の拡大に適応させるため，制御機器としても技術開発が必要となっており，その技術動向としては単体としての技術面と，適用システムへの適合性がある。

単体としては，従来以上に高信頼性が要求され，小形軽量化，低価格化，あるいは取付け，配線，操作などの取扱いやすさ，さらに国際性の面からの規格適合性などが必要とされる。特に安全性確保のうえから構造上の改良が進められている。また近年，環境保護などから，単体機器としてもリサイクル可能な方式の採用，あるいは環境保護に適した素材が選定されている。

先端技術導入の例としては，光技術を応用した安価な機器が開発されている。電気絶縁，電磁ノイズ，防爆性などに優れた特性を有している。

適用性の面からみた代表的な例としては，CIM（コンピュータ統合生産），マルチメディアなどに代表される高度情報化システムが普及し始め，各種の制御技術の進歩と電子化技術の進歩とが相まって制御分野のネットワークも一般化しつつあり，また自動化の徹底により末端の機器まで種々の情報ネットワークが採用される動向にある。

制御機器としては，このような情報ネットワークに容易に接続可能な機能，すなわち制御機器としての適合性・性能・構造が必要になっている。

3 制御機器の現状と技術動向

3.1 制御リレー

制御リレーには，プリント基板用リレー，一般用電磁リレー，ソリッドステートリレー，リードリレーなどがある。制御リレーは，通信用機器，産業用機器，民生用機器，および車載用など，広範囲に使用されている。

日本電気制御機器工業会（NECA）の生産統計によると台数比でプリント基板用リレーは85％と大きなウエートを占めている。プリント基板用リレーの伸長の主要因は，電子部分やエレクトロニクス機器との共存を目的としたリレーの革新的な小形化と，コイル消費電力の大幅な低減にある。

リレーの小形化と低消費電力化によるエレクトロニクス機器との共存の具体例として，PLCの入出力リレー（I/Oリレー）について説明する。**図3**にPLCのI/Oモジュールを示す。リレーの小形化と低消費電力化は高密度実装を可能とし，I/Oモジュールの小形化に直接結びつく。

リレーの小形化を実現する主要技術としては，高効率電磁石の開発，ばね系の最適化，精密モールド成形技術などがあり，支援技術としてはCAD（コンピュータ支援設計），CAE（コンピュータ支援エンジニアリング）の活用技術の進歩が大きな貢献をしている。有限要素法の適用による電磁石の最適化，あるいはばね系の運動解析などの解析技術が，リレーの小形化や開発のスピードアップに果たす役割は大きい。

高効率電磁石として永久磁石を使用した有極電磁石があるが，経済性を重視して，永久磁石を使用しない無極の電磁石でリレーの小形化を実現したものもある。

3.2 操作機器，表示機器

操作機器，表示機器はマンマシンインタフェース用機器として民生用から産業用まで広範囲に使用されている。これらの機器には，制御盤用の押しボタンスイッチ，照光式押しボタンスイッチ，セレクタスイッチ，カムスイッチ，表示灯など，電子機器用のシートキースイッチ，キーボードスイッチなど多種多様なものがある（**図4**）。

代表的な押しボタンスイッチ，照光式押しボタンスイッチでは，小形化の市場ニーズに対応して，取付穴がϕ30のものからϕ25，ϕ22，ϕ16，ϕ12，ϕ10，ϕ8と小形の機種が開発されている。

また，制御システムの高度化の進展に伴い，集合表示灯，数字・文字表示器，音声メッセージ器などの複合化，高機能化された商品が供給されている。さらに高度な制御，生産情報の管理・指示を行うプログラマブル操作表示器（POD）が開発されている（**3.6節参照**）。

このようななかで，成熟化した商品である押しボタンスイッチ，照光式押しボタンスイッチなどの単機能商品についても，社会環境，技術動向の変化に伴う市場ニーズに対

図3　PLCのI/Oモジュール

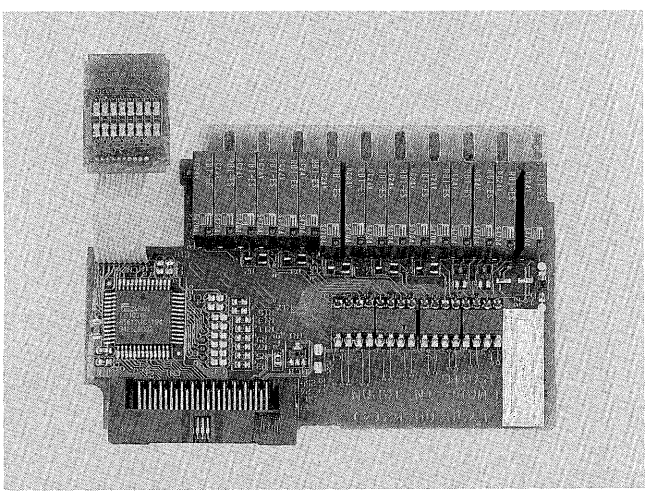
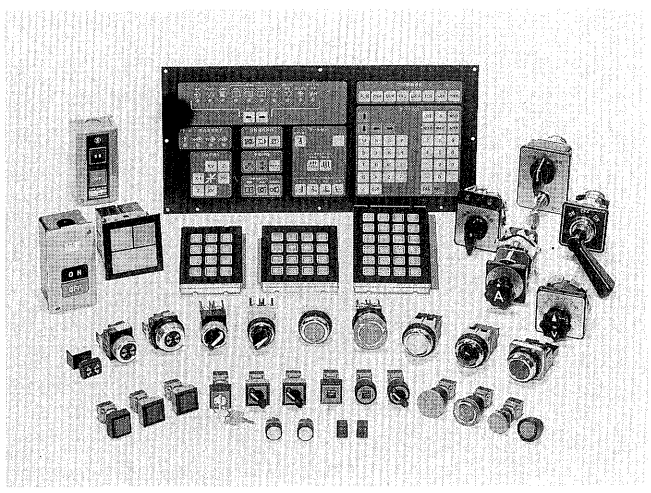


図4　制御盤用操作・表示機器群



CP95-2318

応して，活発な製品改良がなされている。

富士電機では，主力機種であるϕ30，ϕ25，ϕ22コマンドスイッチについて，次のような観点から新形の開発を行った。

(1) スイッチ奥行寸法の縮小による制御盤の小形化，取付け配線の省力化および仕様変更やメンテナンスの容易化などによる使用者におけるトータルな経済性追求への対応。

(2) 感電防止のための充電部保護，非常停止用の操作機構の改良（トリガアクション構造）などによる安全性の向上。

(3) IEC，UL，CSAなどの国際規格への標準品の適合などによる国際商品化。

などである。詳細は本特集の別稿に述べる。

最近光技術を利用し，電気を使用しない光押しボタンスイッチなど，光式の安価な制御機器が開発されている。形状は従来の電気機器と同様であり，電気接点に替え光接点を使用し，電線の代わりに光ファイバを接続したものである。防爆性，耐電磁ノイズ，絶縁性などに優れた特徴を有している。

3.3 FAセンサ

FAセンサは工場での設備，装置類，各種産業機械の自動化用に人間の五感に置き変わるものとして広く使用されている。主要なものとして非接触で物体の有無を検出する近接スイッチ，光電スイッチがあり，また接触式のものとしてはリミットスイッチがあげられる。バーコードリーダなどの識別機器類も数多く使用されている。

近接スイッチは金属のみ検出が可能で，比較的検出距離は短いが，センサ面に油などが付着しても影響を受けないので工作機械などが主な用途である。その技術開発は検出距離の拡大，小形化などである。

光電スイッチは比較的対象物の材質に左右されず検出できるので，FAセンサのなかで最も需要が大きい。とりわけ光ファイバを利用したファイバ式光電スイッチは，検出部が小形で便利なところから伸びが著しい。

最近の傾向として近接スイッチ，光電スイッチなどのセンサ類の配線を簡略化できる多重伝送機器が使用されるようになってきた。富士電機が発売しているセンサネットもその一例である。

バーコードリーダは製品，梱包（こんぽう）箱などに印刷したバーコードを読み取り，対象物の識別をしてそのデータをもとに次の工程に指示を与える用途に使用される。一般にレーザ光を利用しているが，そのための光学系，読取り後の処理回路が複雑であり，FAセンサとしては大形になる。そこでセンサ部を処理回路部と分離したものが一般的であったが，最近はこれを一体化し，かつ小形なものが登場している。

3.4 タイマ，カウンタ

タイマ，カウンタはPLCが出現する以前には，制御システムのコントローラ部分を構成する主要機器であったが，最近その機能の多くはPLCに吸収されてきた。しかしながらダイヤル設定形の電子タイマは設定・調整する機器として，PLCの普及にもかかわらず調整の便利さから多く採用されている。機種としては技術的に成熟製品であることもあり，最近の傾向としては使いやすさ，信頼性向上などが図られている。

このような動向に対し富士電機としては，電源の波形ひずみに対する耐性を向上させ，また外形寸法の小形化，あるいは文字表示の大形化，設定値の60進法表示，ダイヤルの大形化を図り使いやすさを向上させたスーパータイマMS4Sシリーズを開発した。

カウンタは機械式の電磁カウンタと電子カウンタに大別されるが，最近の電子部品，回路技術の進歩に伴い，徐々に電子カウンタの比率が高まっている。

また，カウント機能はPLCにより簡単に実現可能であることから，カウンタの需要は急速に低下するとの見方もあったが，手軽に使えることから実際は引き続き多方面で使用されている。すなわち，表示機能を持ちつつ比較的小形・経済的である点が長所として挙げられる。

電子カウンタはこのような動向から特にマイクロコンピュータ技術，液晶表示などの新技術を取り入れ，機能の向上，マンマシンインタフェースの向上などが図られている。

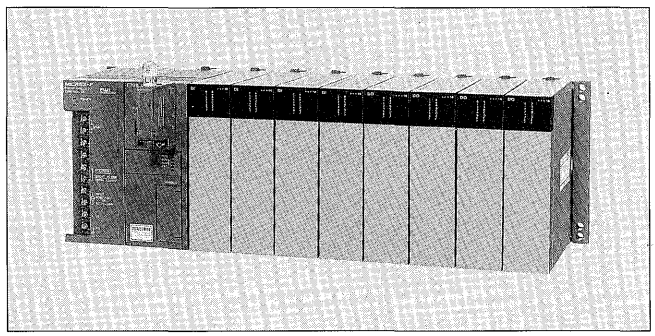
3.5 プログラマブルコントローラ（PLC）

1960年代後半に，リレー式シーケンス制御盤のリプレーサとして登場したPLCは，小形，軽量，高信頼性，プログラマブルなどの長所が，自動化をめざす多くの産業分野に受け入れられ，急速に普及した。半導体技術の急速な発展と相まって，高度化する産業設備の自動化のなかでデータ処理，通信インタフェースにも対応できる高機能・高性能なFAコンポーネントとして，FAコンピュータとともに中核的な制御装置に発展した。

PLCの需要環境は，1992年度に初めてマイナス成長となったが，（社）日本電機工業会（JEMA）がまとめた1994年度の市場規模では前年度比4％増の1,017億円と，やや回復の兆しにある。

富士電機はここ数年の間に，中・大形PLC「MICREX-F120S，F140S，F150Sシリーズ」，超小形PLC「FLEX

図5 MICREX-F70Sの外観



AF95-55

-PC NB0 シリーズ」を開発し，市場に投入してきた。さらに，このほど，「コンパクトでありながら大容量・高機能，一歩先いく高性能 PLC “MICREX-F70S，F55 シリーズ”」（本号の別稿を参照）を開発した（**図 5** 参照）。

技術動向として，近年の PLC は，通信インタフェースを持ち，小形から大形のものまで高機能・高速化されて，単独制御はもとより高度な情報システムに至るまで，全方位的コントローラを志向している。

下位の機種は一層コンパクトになり，機能・性能の向上とともに，個別機能が求める I/O の構成・仕様にフレキシブルに対応できる器具イメージのコントローラとして，手軽に使われている。

上位の機種では，32ビット化，多言語化，フローティング演算の採用などの高級化が進み，コンピュータ機能を持った PLC として，その応用範囲を拡大している。

また，機能モジュールの充実，制御の質の高度化などの諸要因によって，ソフトウェアの容量は増加の一途であるため，今後いかに使いやすくするかが技術課題である。

課題解決の一方法として，より高位の概念で制御表現が可能な仕様記述言語を設け，これをベースに異機種，多言語へのマッピング（いわゆる，コンパイル・逆コンパイル），要求定義キャプチャからのプログラム自動合成を実現するとともに，シミュレータによってソフトウェアシミュレーションを行うことで，効率の良いソフトウェア作成・検証が可能となろう。

プログラミングツールのハードウェアとしての利用が一般化しているパーソナルコンピュータ，ワークステーションの高性能・低価格化が格段に進むことで，上述のような本格的ソフトウェアエンジニアリングが今後の主流となってくる。

一方で自動化システムが高度化すると円滑な情報の流れが不可欠となる。PLC の制御対象が単独からラインへ，ラインから工場全体へと広がるにつれ，通信インタフェース機能が重要になり，（社）日本電機工業会の PLC のユーザー動向調査結果においても，64％ のエンドユーザーがネットワークを利用している。

自動化システムは高度な情報を扱う制御システムであるからマルチベンダ化も自然な流れであり，上位と下位に大別されるフィールドネットワークは，今後より経済的に，より使いやすくなる。

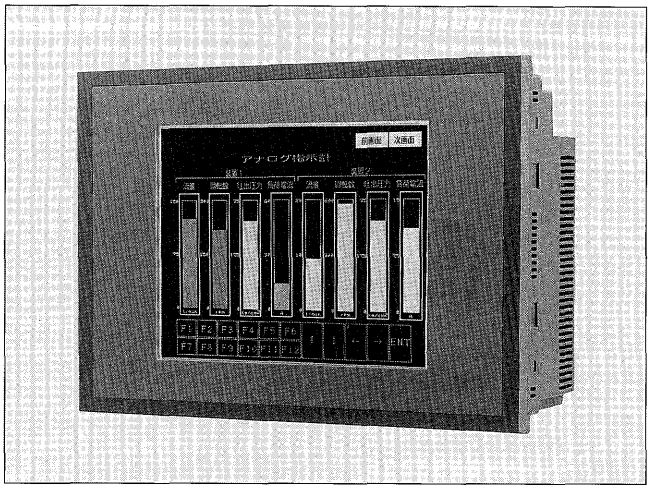
これまで PLC は，機能，性能，コストが特に重要視されてきた。今後はマーケットインが一段と押し進められ，先に述べたソフトウェアエンジニアリングのほか，互換性と真の品質を高めるべく規格化あるいは言語を含めた標準化への対応が活発化してくるであろう。

3.6　プログラマブル操作表示器（POD）

POD とは「各種の機械装置とオペレータの間に介在し，機械操作への運転指示や機械装置の監視を目的とするマンマシンインタフェース」である（**図 6** 参照）。

従来は表示灯・数値表示器や操作スイッチなどを組み合わせた操作パネル・監視盤などが用いられてきた。これに対して POD は，表示画面・操作入力用スイッチ・ホストコントローラとのインタフェースおよび画面・操作入力などの制御のためのプログラムメモリを備えた電子式操作表示器であり，従来の操作パネル・監視盤などの機能に加え，オペレータへその習熟度に応じた適切な操作案内や機械の保守情報の提供など，より高機能のマンマシンインタフェースの実現を可能にしている。

図 6　プログラマブル操作表示器（POD）の外観



またこのマンマシンインタフェース機器は年々，機能・性能の向上および適用範囲・使用目的も拡大しており，特に重要なポイントとなる表示デバイスは技術進歩がめざましく，大形の操作表示器においては，カラー液晶デバイスを採用するなどのきめ細かいグラフィック表示を実現している。

また，画面作画ツール（ローダ）においては使用頻度の高い部品絵・シンボルなどをあらかじめ用意し，作画の容易化が図られている。

さらに各社 PLC へのプログラムレスでの接続，業界標準ネットワークへの接続［(社)日本電機工業会 JPCN-1 など］の動きも加速され，今後の発展が期待できる機種分野である。

3.7　電磁開閉器

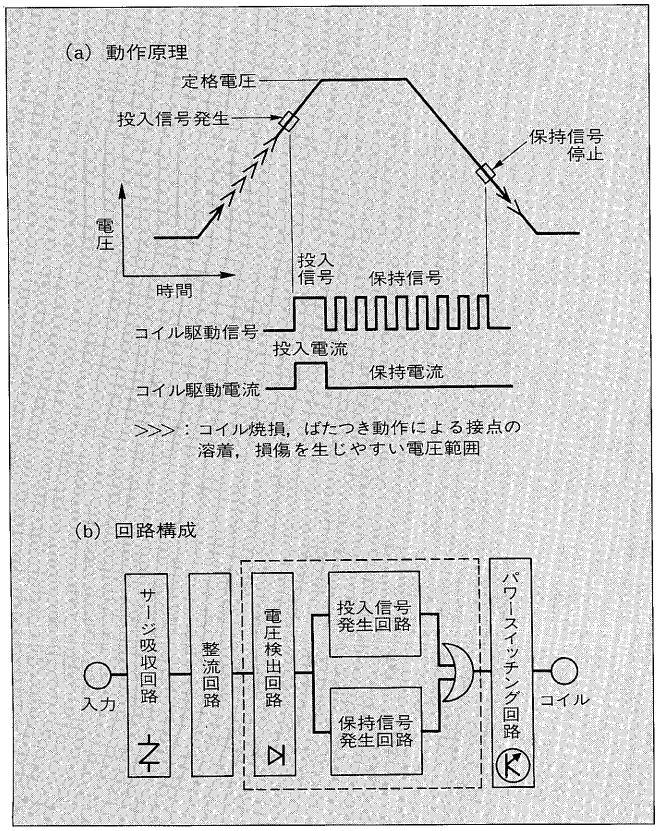
電磁開閉器は，負荷駆動用機器として民生用から産業用までの電気設備に広範囲に使用されている。自動化の発展とともに需要が拡大し，市場環境の変動に伴って要求されるニーズに対応して技術開発，新製品開発が行われてきた。

富士電機は，1954年（昭和29年）に発売以来市場ニーズを積極的に取り入れて開発改良に努め，需要家の好評を得て業界をリードしてきた。以下に市場ニーズおよび技術動向と富士電機の対応を述べる。

(1)　運転信頼性の向上

システムの高度化に伴い，電磁開閉器を含めて個々の機器への高い運転信頼性が求められる。交流電磁石を有する電磁接触器は，一時的な電圧降下に遭遇すると，いわゆるチャタリング現象を起こし，接点の溶着・焼損あるいはコ

図7　スーパーマグネット付電磁接触器の動作原理



イルの焼損が発生する。富士電機では，1984年に業界で初めて電磁石駆動回路にICを搭載し，電源電圧の検出機能を有するスーパーマグネットを採用したNew SCシリーズ電磁接触器を開発した。**図7**にその動作原理を示す。

New SCシリーズ電磁接触器発売後の市場での故障は大幅に減少しており，画期的な信頼性向上が実証されている。

(2)　仕様・機能のフレキシブル化

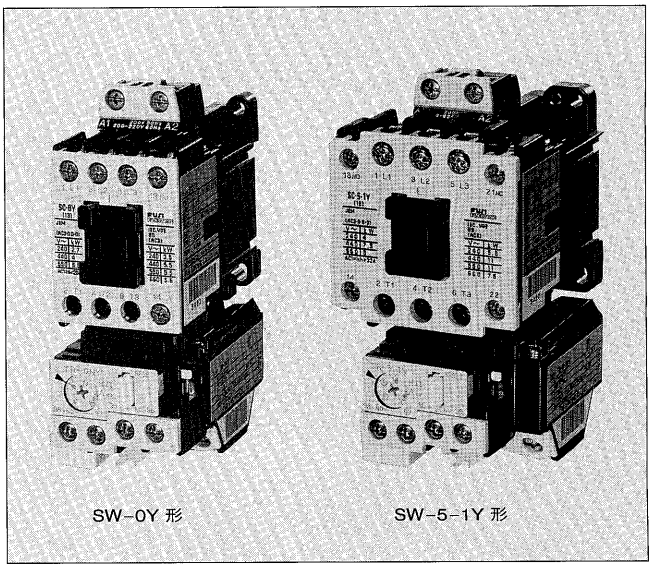
電磁開閉器の広範な適用により，需要家の個々の使用目的に最適な仕様の物を，短納期で供給することが求められる。多様な仕様を短納期でという背反するニーズにこたえるには，製品構造と生産技術両面での変革をせまられる。

富士電機では，このニーズに対応した新SCシリーズを1988年に発売した。製品構造面では，電磁接触器本体の接点部，コイル部および電磁石をユニット化し，また，需要家の特殊な要求機能をユニット化し，自在な組合せを可能とした。生産技術面では，CIMシステムの構築により，受注から出荷までの物と情報を一元管理し，段取りなしの一個流し生産を実現した。

(3)　電子化対応

電磁開閉器と電子機器とのマッチングを簡単にするため，①小形化，②コイル消費電力の低減，③サージ吸収機能の

図8　クイック端子付電磁開閉器の外観



AF95-240/AF95-238

内蔵またはユニットの取付け可能化，④補助接点の微小電圧・電流での接触信頼性の向上，などの改良が行われている。

また，電磁接触器の接点を半導体化したソリッドステートコンタクタ（SSC）が商品化されている。無騒音，接点の無保守化といった特長から高頻度開閉，24時間運転などの用途に適用されている。

(4)　省力化

配線工数の低減を図るため，小容量開閉器にはプリント基板用が多く使用されている。近年，パワー用プリント基板の導入に伴い，工作機械の制御部に中容量の電磁接触器が適用されている。

しかし，小容量の開閉器についても，大部分の需要家はねじ端子を使用しているため，丸形圧着端子の配線を省力化する目的で，新しい端子構造を採用したクイック端子付電磁開閉器を開発した（**図8**）。

4　あとがき

最近の制御機器について，その市場・技術動向と最近開発した新製品の概要について述べた。

制御機器の市場は，近年の不況によりこのところは伸び悩んでいるが，中長期的には従来の市場に加え新たな市場への展開，および各種の技術進歩に伴う需要の拡大により，今後とも着実な発展が期待されている。

富士電機としてもこの動向に合わせ，今後とも市場ニーズを機敏に察知し，制御機器の開発を実施していく所存であり，需要家および読者各位には，今後ともご指導・ご鞭撻をお願いする次第である。

＊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。