UDC 621.316.53 : 621.316.7

電磁開閉器の技術動向と新SCシリーズの開発

高松　巌(たかまつ　いわお)　　村山　功(むらやま　いさお)　　山崎　誠(やまざき　まこと)

1　まえがき

幾多の科学技術がそうであるように，今日，制御技術も絶えず進化を続ける技術分野の一つである。

FA，FMSなど自動化システムの制御系統を構成する各種制御コンポーネントには，プログラマブルコントローラ(PC)，検出機器，電磁開閉器など汎用制御機器がある。それらの機器においても，新しい課題やニーズが生まれては解決され，それが実現されるとまた新しいニーズが顕在化し，解決へのアプローチが始まる。

新しい課題への対応は，既に確立されている技術や定着している技術の統合化とともに，何か新たな技術シーズを付加することにより，機能的，性能的により次元の高い商品として具現される。このように技術の進化には，一時的停滞はあっても限界はない。

本特集で紹介する富士電磁開閉器においても，昭和29年発売以来，何度かの高度経済成長，オイルショック，銀価格の高騰など市場環境の激変によって，その時々のニーズが生まれ，新たな視点や技術シーズをもって，それにこたえることにより，たゆまず進歩を続け，今日の地歩を築いてきた。

本特集においては，電磁開閉器を取り巻く動向の紹介とともに，富士電機が最近開発した関連の商品について，その基本となる設計思想，開発のねらい，並びに特長について概説する。

2　汎用制御機器の動向

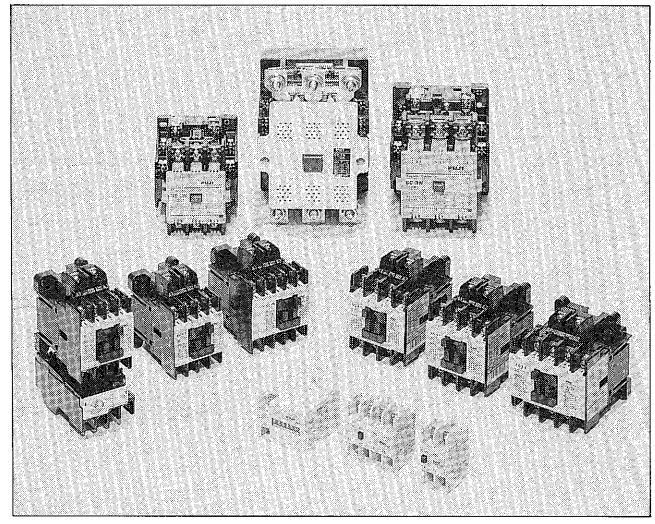
2.1　市場動向

汎用制御機器とそれを用いたシステムの構成概念を**図2**に示す。

一般的な制御システムは，大略，操作器と表示器などのマンマシンインタフェース，装置の状態を演算・制御部へフィードバックするための検出機器・センサ類，演算の結果により，マシンを駆動する出力機器から構成される。

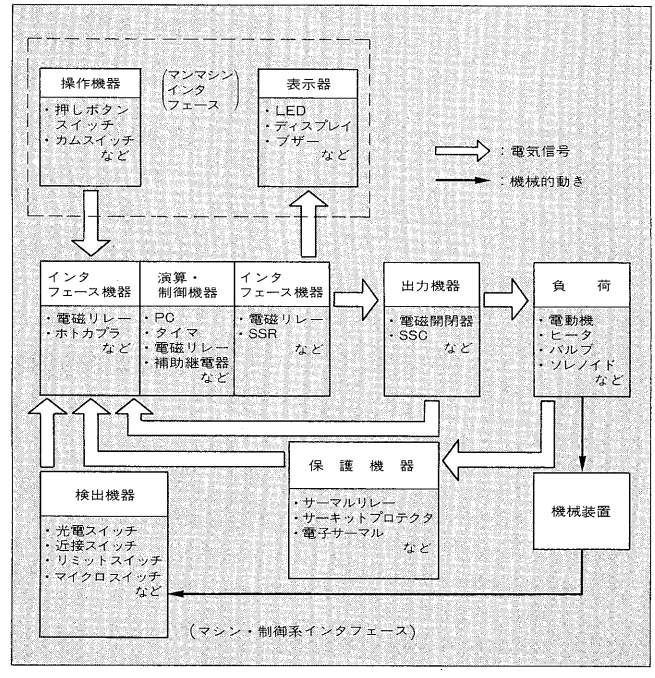
代表的な汎用制御機器として，PC，検出機器，電磁開閉

図1　富士新シリーズ電磁開閉器



AF88-746

図2　制御システムの構成と汎用制御機器



高松　巌

昭和39年入社。配線用遮断器，FA用センサの開発に従事。現在，吹上工場器具設計部長。

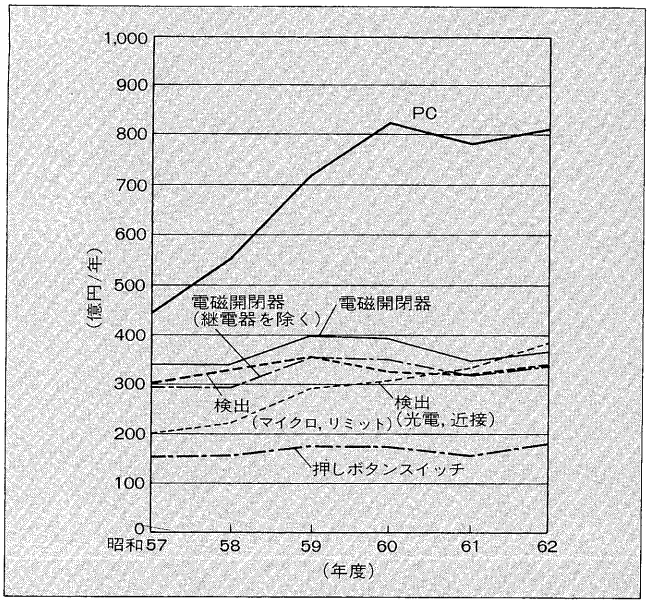
村山　功

昭和41年入社。電磁開閉器の設計に従事。現在，吹上工場器具設計部課長。

山崎　誠

昭和36年入社。制御機器，受配電機器の開発試験に従事。現在，吹上工場器具設計部課長。

図3　汎用制御機器の全国生産高推移



器及び押しボタンスイッチの最近の6年間の国内生産高推移を**図3**に示す。

各機種の生産高推移は，景気の影響による波高現象が見られるが，このデータから次のことが顕著に読み取れる。

(1)　電子応用機器であるPC及び光電スイッチ，近接スイッチの電子検出機器においては，年平均2けたの伸長を続けている。

(2)　押しボタンスイッチ及びリミットスイッチやマイクロスイッチなどの有接点検出機器においては，GNPの伸びを上回る年平均4％前後の伸長となっている。

(3)　電磁開閉器においては，年平均2％の伸長にとどまっているが，この内，補助継電器として使用されているものを除くと，上記有接点機器と同様，年平均4％に近い伸長となっている。

(4)　このことは補助継電器がPCや制御用リレーに移行していることを物語るものであり，今後もこの傾向は徐々に進行すると予測される。

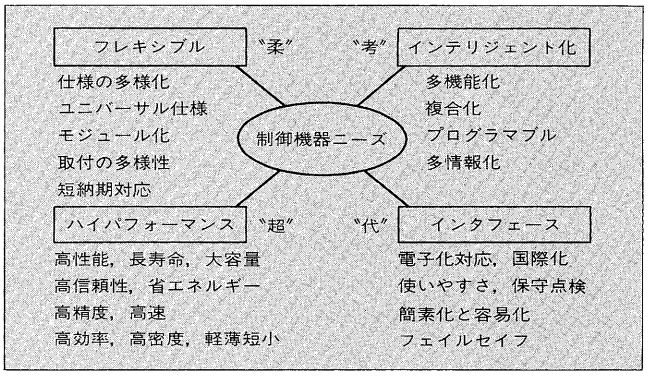
(5)　一方，パワーを制御する電磁開閉器は，根強いFA化の需要に応じて，景気の影響を受けながらも，着実に経済成長を上回る伸長が見込まれる。

2.2　汎用制御機器の技術動向と富士電機の対応

汎用制御機器を含む各種電気機器あるいは装置は，マイクロコンピュータ及びICを応用したマイクロエレクトロニクス(ME)技術をキーテクノロジーとして，市場ニーズの多様化にこたえ，大きく変貌しつつある。

したがって，汎用制御機器の技術動向は，電子化された機器も，機械式接点を有するメカニカルな機器も，ME技術との関連を抜きには語れない。すなわち，電子化機器においては，マイクロプロセッサ，ICなどの応用により，高機能化，小形化及び高信頼性の追求が図られ，また，メカニカルな有接点機器においては電子機器と組合せ使用するための仕様上の整合が重要となってくる。

図4　制御機器をとりまくニーズ



富士電機では，制御機器を取り巻く諸々のニーズが，**図4**に示すように，フレキシブル，インテリジェント化，ハイパフォーマンス及びインタフェースの四つのキーワードに要約できると受け止めている。

このことを日本語に置き換え，語呂合わせすると，柔軟であること(フレキシブル)，思考を備えたものであること(インテリジェント)，超高性能であること(ハイパフォーマンス)，相手との整合がとれ，代用が可能なこと(インタフェース)，すなわち〝柔〟〝考〟〝超〟〝代〟(重厚長大ではない)と表現できる。

我々は，「軽薄短小」の進化した姿を「柔考超代」と考える。これは，今日，時代の求めるものが，単に形やサイズではないことを積極的に認識したものである。

このようなニーズを具現化するシーズとしては，各種制御機器の適切な電子化対応ということが，商品開発時の重要なポイントになる。

電子化対応の形態としては，次のようなケースがある。

(1)　機器全体が電子化されるもの(PC，光電スイッチ，近接スイッチ，SSC)

(2)　機器の一部が電子化されるもの(スーパーマグネット式電磁開閉器)

(3)　電子化された関連機器との整合性を備えたもの(高感度コンタクタ，フラットコマンドスイッチなど)

このように機器の電子化対応の形態は様々であるが，電子化された機器と機械式接点を有する機器が共に，システムに使用されているので，機器相互間の整合性とともに，システムとして総合的機能の向上と信頼性の確保に結びつくものでなければならない。

以上のような認識のもとに，富士電機では，次のような点をねらいとし，商品開発に取り組んできた。

(1)　種々のシステムに適用できるように商品仕様をワイドレンジ化，フレキシブル化する。

(2)　機能の複合化によって，付加価値を高める。

(3)　システムの知能化や性能及び取扱性の向上に寄与する。

2.3　電磁開閉器の技術動向

焦点を絞って，電磁開閉器に言及すると，前述の制御機器に対するニーズは，具体的に次のような課題となる。

(1)　仕様・機能のフレキシブル化

電磁開閉器の発達・普及につれて，需要家の個々の使用目的に最適な仕様品が求められてきている。それに応じて，性能や機能が多様化してきた。

しかも，これら各種の特殊仕様品を短納期で対応できる供給体制が求められている。

〝特殊仕様品を短納期で〟という二律背反の要求にこたえることが，本ニーズに対する課題であり，このテーマを克服する上で，製品構造の改革に依存する面が多い。

具体的には，コンタクタ本体の接点部，コイル部，電磁石部などをユニット化することと，オプション機能をモジュールユニット化し，本体に付加する構成とすることである。

代表的オプションユニットには，補助接点，機械ラッチ，機械的インタロック，コイルサージ吸収ユニットなどがある。

(2)　性能向上

昭和30年代から40年代にかけて，電磁開閉器の性能競争の争点は，接点性能と長寿命化にあった。その結果，定格電流の10倍以上の過電流開閉能力，1,200回/時以上の開閉頻度，機械的寿命1,000万回以上，電気的寿命50～100万回の性能を，富士電機が先べんをきって実現した。この性能が，世界的な最高レベルの一つの基準として今日に至っている。

最近，機械の高度化や設置台数の増大に伴い，接点交換などの保守作業の軽減が望まれている。

一方，電磁開閉器は電動機の開閉が主な用途であるが，昨今，ヒータや力率調整用コンデンサなどの開閉に用いられるなど，負荷機器が多様化してきている。特に，コンデンサ回路の投入には，大きな突入電流を生じ，接点の消耗を著しく加速する。

接点の消耗を少なく抑え，電気的寿命を延ばすことはこれらのニーズにこたえる有効な手段である。

(3)　電子化への対応

昨今の制御系は，リレーシーケンスから PC へと移行しつつある。その結果，電磁開閉器の補助接点や補助継電器に対しても接触信頼性向上の要求が強くなっており，電磁開閉器と電子機器間の信号伝達を確実に行うことが必要である。

すなわち，低レベルの電圧，電流に対しても，接触不良の故障率が低いことが要求され，例えば24V，10mA レベルでも10^{-7}～10^{-8}程度の故障率が要求されている。

また，電磁開閉器と電子機器との組合せ使用において，電子機器の小さい出力電流で，直接電磁開閉器を開閉できること，電磁石のコイルによる発生サージを抑制する手段が講じられていること，などが要求されている。

(4)　使いやすさの追求

電磁開閉器の〝使いやすさ〟は，配電盤や装置を製作する際の取付・配線に対する作業性の向上と，保守点検の作業性の向上にある。

次のことを満たすことが望ましい。

・フレームサイズにかかわらず取付寸法が統一されていること。
・取付の作業性が良いこと（ねじ締め作業，ワンタッチ取付）。
・主回路，操作回路，補助回路が明確に区分され，配線作業性が良いこと。
・形式，定格，端子番号などが取り付けた状態でも見やすいこと。
・接点交換，コイル交換が容易なこと。

(5)　国際化への対応

電磁開閉器を単独又は機械装置に組み込んで海外に輸出する場合，海外規格への適合が必要である。米国，カナダに輸出する場合には，UL 及び CSA 規格に適合することが必須条件となる。

IEC 規格では，取付寸法及び外形寸法が5mm の整数倍，すなわち5mm モジュールで統一されている。

また，主回路，補助回路及び操作回路の端子番号と表示記号が規定されている。

西ドイツでは，作業者の感電事故を防止する目的で法規（VBG 4）が制定され，それを具体化する規格 VDE 0106 Teil 100が制定されている。欧州圏へ輸出する場合，これらの規定に適合することが求められる。

(6)　安全性の向上

盤内収納機器の充電部へ，人体が不用意に接触することを防止する充電部保護カバーを装備することが一般的となってきている。

また，過電流遮断時のアークが前面に放出しないような防止策が望まれている。

(7)　機械式接点の電子化

昨今の半導体技術の進歩・普及は目覚ましいものがあり，コンタクタにおいてもサイリスタ素子を応用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。

半導体の普及当初には，機械式接点のスイッチがいずれ無接点の半導体スイッチに置き換わるように思われていた。現実にロジック演算を行うシーケンス制御においては，PC や IC を用いた電子ロジック回路に置き換わりつつあるのは厳然たる事実である。

図 5 は，20A 定格の機械式コンタクタと SSC において

図 5　機械式コンタクタと電子式コンタクタの比較

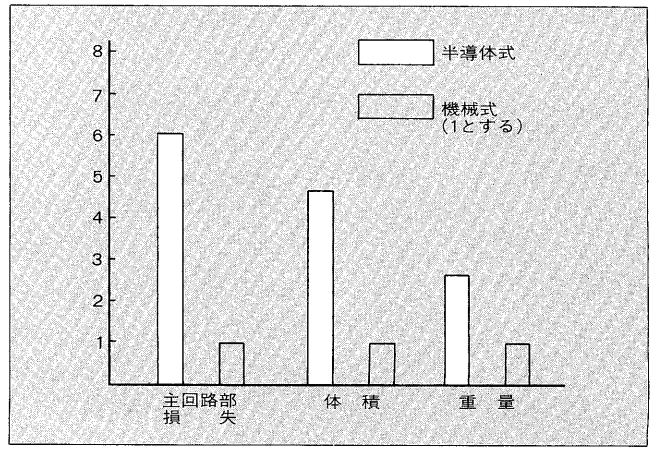


表1　機械式スイッチと電子式スイッチの特長比較

項　目	機械式スイッチ	電子式スイッチ
外　形	◎	△
発生熱量（損失）	◎	△
開閉頻度	△	◎
開閉寿命	○	◎
接触信頼性	○	◎
接点バウンス	△	◎
電気絶縁性	◎	△
過電流，過電圧耐量	◎	△
動作音	△	◎
耐振動，耐衝撃	○	◎
コスト	◎	△

◎：良，○：やや長，△：劣る

損失と体格を比較した一例である。

20A 通電をした場合，SSC の損失は機械式コンタクタの約 6 倍，その発熱の処理のため体格は 4 ～ 5 倍，当然価格も数倍となっている。

このことは半導体素子の物性に根ざすもので，半導体素子が本質的に乗り超えることのできないある限界があることを示している。

すなわち半導体素子は，機械式接点の接触抵抗による損失に対し，10倍近くに及ぶ大きい素子損失をもつもので，電子式スイッチはこの点において，パワーを制御する電磁開閉器を本質的に乗り超えることができない。

表 1 に機械式スイッチと電子式スイッチの性能と特長を比較する。両機種のテクノロジーは，適用目的に応じて補完しあい，共存するものであって，競合するものではないことが理解頂けるものと思う。

3　新小形電磁開閉器 SC シリーズの開発

3.1　開発のねらい

富士電機は昭和29年に，当時としては画期的に小形化を実現した開閉器 RC3931-1 形を発売した。最近では，中大形機種について，昭和59年に New SC シリーズとしてモデルチェンジを実施し，需要家の高い支持を得て今日に至っている。この間，高度成長期，オイルショック，銀価格の高騰，安定成長期を通して，小形化，高性能化，省エネルギー化，省銀設計，使いやすさの向上など，市場ニーズにこたえて製品の改良に努め，産業界の設備の自動化，合理化に貢献するとともに，業界をリードしてきた。

3.7kW 以下の小形機種は，発売以来，基本的なモデルチェンジを実施していないが，その小形，長寿命，高い信頼性の実績から，需要家の高い評価を頂いている。

しかし，2章で述べたように電磁開閉器に対する要求は，電子化，システム化に伴って，ますます多様化・高度化している。これらの要求に的確にこたえるためには，基本的な製品構造の見直しが必要になってきており，今回あえて，小形機種のモデルチェンジに踏み切らせて頂いた。

この度の開発は，これまでの長い経験の中で蓄積してきた適用技術，開発技術，製品ノウハウ及び生産技術を結集したもので，重点的に実施した改良のポイントは次のとおりである。

(1)　多様化するニーズへのフレキシブルな対応
(2)　仕様の国際化と高性能化
(3)　電子化が進む関連機器との適用上の整合
(4)　使いやすさと安全性の追求

そこには技術開発の視点を単なるハードウェア面の性能向上だけでなく，使いやすさと安全性の改善など，需要家サイドのトータルコストダウンに寄与することを配慮した，より広い視野に立った改善への志向がある。

商品が受け入れられるには，品質，コスト，納期が最重要であることはいうまでもないが，工業用といえども外観デザインが重要視されてきている。新 SC シリーズは，黒一色の従来シリーズに対し，正面にクリーム色のカバーを備え，それにオレンジラインを配してオレンジラインの新 SC シリーズとして，装いを一新した。

開発にあたっては，需要家の御意見，御要望を広範に取り入れ〝柔考超代〟の理念のもと，ユーザー志向を更に一段と強めてきた。本シリーズは，富士電機の総力を結集し，最新の FMS 生産体制で，最高の品質をお届けするもので，

表2　富士新シリーズ電磁開閉器の形式と定格

シリーズ	電磁開閉器形式	電磁接触器形式	補助接点構成（標準）	定格容量（kW）三相かご形電動機（AC3級） 220V	440V	550V	定格通電電流（A）	組合せサーマルリレー 形式	ヒータ定格電流（A）
新SCシリーズ	SW-03	SC-03	1a又は1b	2.2	2.7	2.7	20	TR-0N	0.1～13
	SW-0	SC-0	1a又は1b	2.7	4	5.5	20		
	SW-05	SC-05	2a, 1a1b又は2b	2.7	4	5.5	20		
	SW-4-0	SC-4-0	1a又は1b	3.7	5.5	7	25	TR-5-1N	0.1～18
	SW-4-1	SC-4-1	1a又は1b	4	7.5	9	32		
	SW-5-1	SC-5-1	2a, 1a1b又は2b	4	7.5	9	32		
SCシリーズ	SW-1N	SC-1N	2a2b	5.5	11	11	50	TR-2N	4～36
	SW-2N	SC-2N	2a2b	7.5	15	15	60		
	SW-2SN	SC-2SN	2a2b	11	22	22	80	TR-3N	7～67
	SW-3N	SC-3N	2a2b	15	30	37	100		
	SW-4N	SC-4N	2a2b	18.5	37	37	135	TR-4N	1.8～80
	SW-5N	SC-5N	2a2b	22	45	55	150	TR 6N	45～160
	SW-6N	SC-6N	2a2b	30	55	55	150		
	SW-7N	SC-7N	2a2b	37	75	75	200		
	SW-8N	SC-8N	2a2b	45	90	110	260	TR-8N	65～185
	SW-10N	SC-10N	2a2b	55	110	132	260	TR-10N	85～240
	SW-11N	SC-11N	2a2b	75	132	160	350	TR-11N	110～300
	SW-12N	SC-12N	2a2b	110	200	225	420	TR-12N	160～450
	SW-14N	SC-14N	2a2b	150	300	375	660	TR-14N	240～600
		SC-16N	2a2b	200	400	400	800		

表3　富士新シリーズ補助継電器の形式と定格

形　式			SH-4	SH-4	SH-5	
接点数			4	8 (補助接点ユニット付)	5	
接点構成			4a 3a1b 2a2b	8a　5a3b 7a1b　4a4b 6a2b	5a　2a3b 4a1b　1a4b 3a2b　5b	
接点定格	定格通電電流		10A			
	定格使用電流	交　流	110V	220V	440V	660V
		AC11級(コイル負荷)	6A	3A	1.5A	1.2A
		AC13級(抵抗負荷)	10A	8A	5A	5A
		直　流	24V	48V	110V	220V
		DC11級(コイル負荷)	3A	1.5A	0.55A	0.27A
		DC13級(抵抗負荷)	5A	3A	2.5A	1A

必ずや御満足を頂けるものと確信している。

3.2　種類と定格

新 SC シリーズは，200V 4kW 以下の小形電磁開閉器，電磁接触器，サーマルリレー及び制御用の補助継電器とオプションユニットで構成される。**表 2** に200V 5.5kW以上の SC シリーズを加えたシリーズ全体の機種と定格を示す。**表 3** に補助継電器の種類と定格，**図 6** にオプションユニットの代表的なものを示す。

新 SC シリーズの詳細については，本特集の次稿以下を参照頂きたい。

関連テーマとして，高感度コンタクタ，ソリッドステートコンタクタ及び電磁開閉器の選定と保守点検の稿を本特集に加えている。

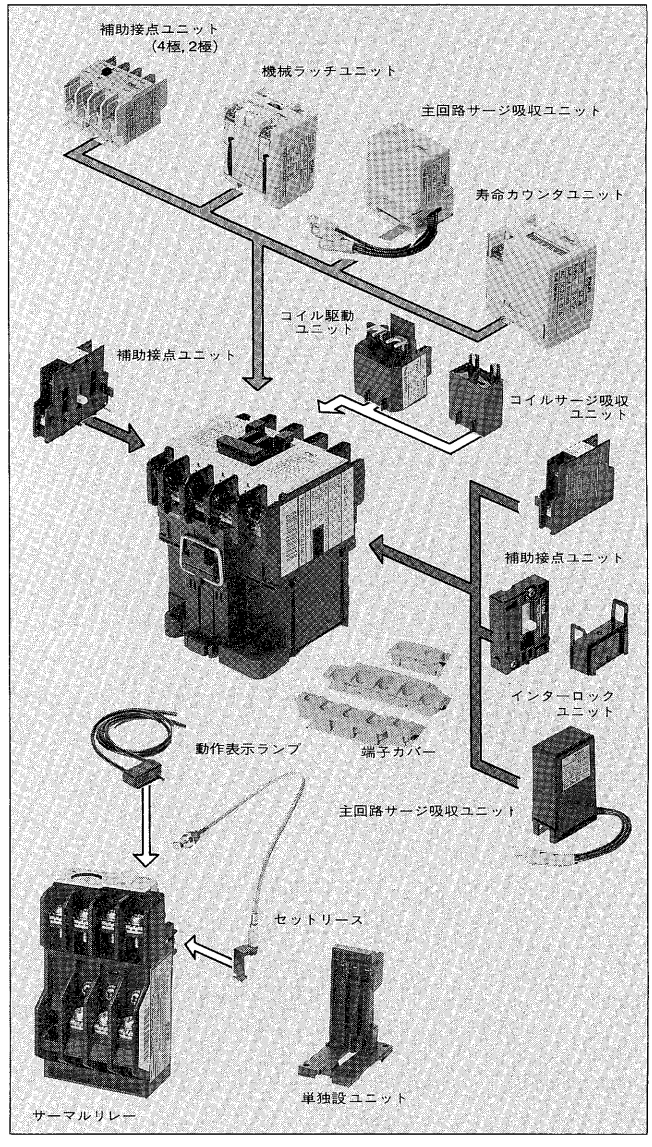
4　あとがき

以上，電磁開閉器と関連機器の技術動向，及び新 SC シリーズ開発の取組み姿勢などを紹介した。

新シリーズが多くの産業の躍進に，一端なりとも貢献し，需要家のより高い評価が頂ければ幸いである。

制御技術が，各種産業の興隆の下支えを担っていることを十分に認識し，今後とも技術研鑽に励み，新しいニーズにこたえて，積極的に商品の開発・改良に努める所存である。需要家及び読者の方々の御指導，御鞭撻をお願いする次第である。

図6　オプションユニットの代表例



参考文献

(1)　尾崎良二ほか：電磁開閉器の技術動向と New SC シリーズの開発，富士時報，Vol.57，No.12，pp.727-734（1984）

(2)　新井慶之輔ほか：制御・受配機器における電子化の現状と動向，富士時報，Vol.60，No.2，pp.114-119（1987）

e-Front runners

＊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。