

# マイクロコンピュータの送変電制御への応用

## Application of Microcomputers to Electric Power Transmission and Substation Control Facilities

送変電制御の分野では、系統規模の拡大需給バランスのひっばくなどにより必要となっている制御技術の高度化、保守の省力化に対処するためマイクロコンピュータの導入が活発化しつつある。この分野での制御、保護及び伝送装置は、装置の不具合により停電を引き起こさないことが要求され、かつ電磁誘導雑音やサージなどの影響を受けやすい環境に設置されることが多い。したがって、日立製作所は、マイクロコンピュータのもつ種々の特長のうち、この用途に適したものを最大限に活用した装置を開発するとともに、装置の高信頼化、耐サージ・耐雑音性に細心の注意を払った対策を施して適用を進めている。この論文では、この分野のマイクロコンピュータ応用の特質を、制御、保護、伝送に大別して相対的に述べ、その特質の差によって生ずる使用マイクロコンピュータの要求仕様面の違いを集約すると同時に、それぞれの代表的適用例について述べる。

三木義照\* Miki Yoshiteru

渡瀬英夫\* Watase Hideo

谷中雅雄\*\* Yanaka Masao

### 1 緒言

送変電制御の分野では、従来、系統制御・保護及び変電所集中制御装置としてワイヤードロジックをベースとした専用装置を適用してきたが、最近はそのマイクロコンピュータ化を積極的に推進しつつある。その理由は大きく分けて次の二つに集約される。

第一は、マイクロコンピュータが、小形で標準化された構成でありながら、これまでハードウェア上の回路や素子の接続で実現されていた部分を、プログラムによって実現できるからである。このプログラマブルな性質は、電力の需要に応じて規模や機能の拡張・変更の伴うことの多い送変電制御の分野の装置構成要素として極めて好都合である。

第二の理由は、マイクロコンピュータのもつ多様な演算処理能力が、系統制御・保護及び変電所集中制御技術を高度化する上で必要な数々の複雑な機能の実現を可能にすると同時に、装置のセルフチェック機能の充実にも貢献するからである。

送変電制御に用いる制御用装置では、

- (1) 装置の不具合が、停電の要因につながることを絶対に避けなければならない。
  - (2) 一般産業の場合に比べ、電磁誘導雑音やサージなどの影響を受けやすい環境に設置される場合が多い。
- ので、マイクロコンピュータの応用に際しては、装置の高信頼化及び耐サージ・雑音性を最重要視して進めている。

### 2 適用対象とその特質

送変電制御で、系統制御装置は、日常の系統運用に必要な監視(表示・記録)、制御(調整・操作)の機能を果たし、変電所集中制御装置は、これらに情報伝送を加えた役割を果たす。これに対し系統保護装置は、系統事故のような突発性の異常事態発生時に直ちにこれを検出して、異常条件を解消する働きを担っているから、前二者との間には、制御動作に許容される時間及び所要信頼度の面で本質的な違いがある。

このため、これまでのところマイクロコンピュータ化の動向は、上記両面の技術的制約の少ない系統制御装置、変電所

集中制御への適用が主体となっている。しかし、系統保護の分野でも、応用指向を徹底したマイクロコンピュータを開発し、これを用いた数多くのフィールドテストが行なわれているので、実用化の日が間近い状況となっている。

図1は、送変電制御の分野でのマイクロコンピュータ適用装置の一覧を示したもので、それぞれの装置の主な機能、演算処理内容、マイクロコンピュータ化の意義なども要約したものである。この図から、マクロに判断すれば次の三つのことが言える。

- (1) 系統制御に関する装置では、マイクロコンピュータの記憶機能と論理演算機能を活用し、情報の多角的判断を行なわせるとともに、変更の容易性を伴った制御機能の向上を、コスト性能比の増分を小さく抑えながら達成する指向が望ましい。
- (2) 応答性が重要視される系統保護の分野では、数値演算の高速処理能力とデータの転送能力を最大限に結びつけ、保護対象に適したアルゴリズムを高精度で効率良く実行することが必要である。
- (3) 変電所集中制御用の情報伝送の分野では、伝送フォーマットの作成(送信)及び検知(受信)でのワード、フレームなどの情報単位の処理の前にビット単位の処理を、ビット歩進周期以内で実行しなければならないから、高速の論理演算能力が重要視される。また、既存のものを含めた各種系統制御装置と自由に結合可能とすることも不可欠である。

このような、三つの分野の特質の違いは、使用するマイクロコンピュータに対する要求仕様の差となって現われるが、これを要約すると表1のようになる。

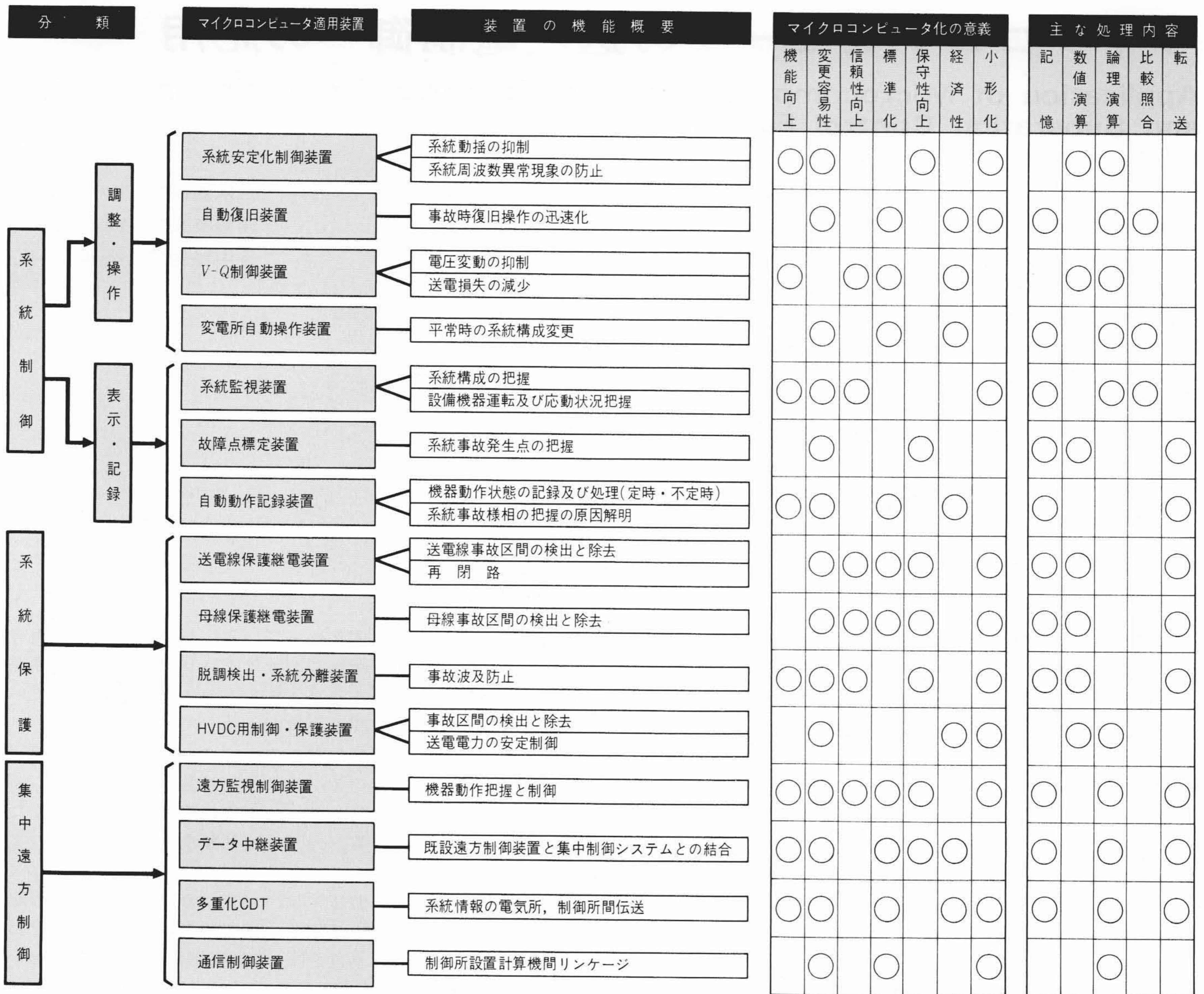
以下では、上記三つの分野でのマイクロコンピュータ適用装置の中から、代表例として、電圧無効電力制御装置(V-Q制御装置)、送電線保護継電装置及び集中遠方制御装置の場合を紹介する。

### 3 V-Q制御装置への応用

マイクロコンピュータを適用したV-Q制御装置の外観、及

\* 日立製作所大みか工場 \*\* 日立製作所日立研究所





注：略字説明 V-Q制御装置=電圧無効電力制御装置，HVDC=直流送電，CDT=サイクリックデジタルテレメータ

図1 送変電制御における適用対象 装置に要求される特性と、マイクロコンピュータのもつ特長を結びつけ、かつ保守、運用面を考慮した適用を行なうことが肝要である。

びブロック構成を図2に示す。この装置は超高压変電所へ納入した例であるが、制御に先立って系統に及ぼす効果を予測計算することによって、母線電圧(V)と、変圧器を通過する無効電力(Q)とを、ハンチングを起こさず滑らかな状態で制御できるようにした。この点と、将来に備え上位のコンピュータと結合して自動設定やデータの受渡しを可能にした点が大

きな特長である。VとQの状態は、装置と結合するカラーディスプレイ上に表示できるので、これを、手動制御を行なう場合の操作ガイドとしても活用でき、機器の制御効果や操作記録は、タイプライタによって自動記録できるようになっている。

表1 適用対象による使用マイクロコンピュータの特質 保護、制御、伝送ごとの特質の差が使用マイクロコンピュータに対する要求仕様の違いとなって現われている。

No.	比較項目	用途	保 護	制 御	伝 送
1	主要演算内容		数値演算(実時間信号処理)	論理演算(総合・多角的判断)	論理演算(ビット処理)
2	入力情報	種類と性質	電圧、電流瞬時値情報 (ダイナミックレンジ大)	開閉情報主体 (瞬時値情報はダイナミックレンジ小)	開閉情報 計測情報
3		取込頻度・量	高頻度・少量	低頻度・多量	低頻度・多量
4	演算タスクの起動		常時繰返し	割込み(定時・不定時)	割込み
5	応答速度		極めて大	小	中
6	メモリ容量	プログラムメモリ	小	大	中~大
7		データメモリ	小	中	中~大
8	信頼度		高レベルが要求される。 (点検・監視機能が重要)	最小限の直接制御用バックアップ機構を併設するので、保護用よりは要求が緩やかである。	同左
9	ハードウェア構成		冗長構成のとりやすいことが望まれる。	各種周辺装置と接続が可能なが望まれる。	同左
10	伝送系との接続		他端子情報を用いる保護の場合だけ必要。	必要なケースが多い。	—



#### 4 送電線保護継電装置への応用

マイクロコンピュータを用いた送電線保護継電装置のブロック構成を図3に示す。この装置では、電圧・電流変成器を介して導かれる系統情報の瞬時値をサンプリングし、デジタル量に変換してマイクロコンピュータに取り込み、演算処理によって事故判別を行なわせている。演算精度を確保するには、サンプリング周期を系統波形の周期に比べ十分小さく選ばねばならないが、突発性の系統事故が発生した後、極めて高速に検出するためには、この短いサンプリング周期の間に、事故検出アルゴリズムに従った演算処理を一巡することが望ましい。したがって、マイクロコンピュータには、ビットスライス形バイポーラ・マイクロプロセッサを中心に構成した高速度の演算処理能力をもっているものを使用している。保護継電装置の場合、系統事故直後の過渡状態にある系統波形(過渡直流分や高調波成分を含む)をもとに事故検出を行なわねばならないので、この点を十分配慮したアルゴリズムを開発し採用している。

#### 5 集中遠方制御装置への応用

マイクロコンピュータを用いた集中遠方制御装置であるSPR5000では、遠方制御の機能を分割して、それぞれを機能

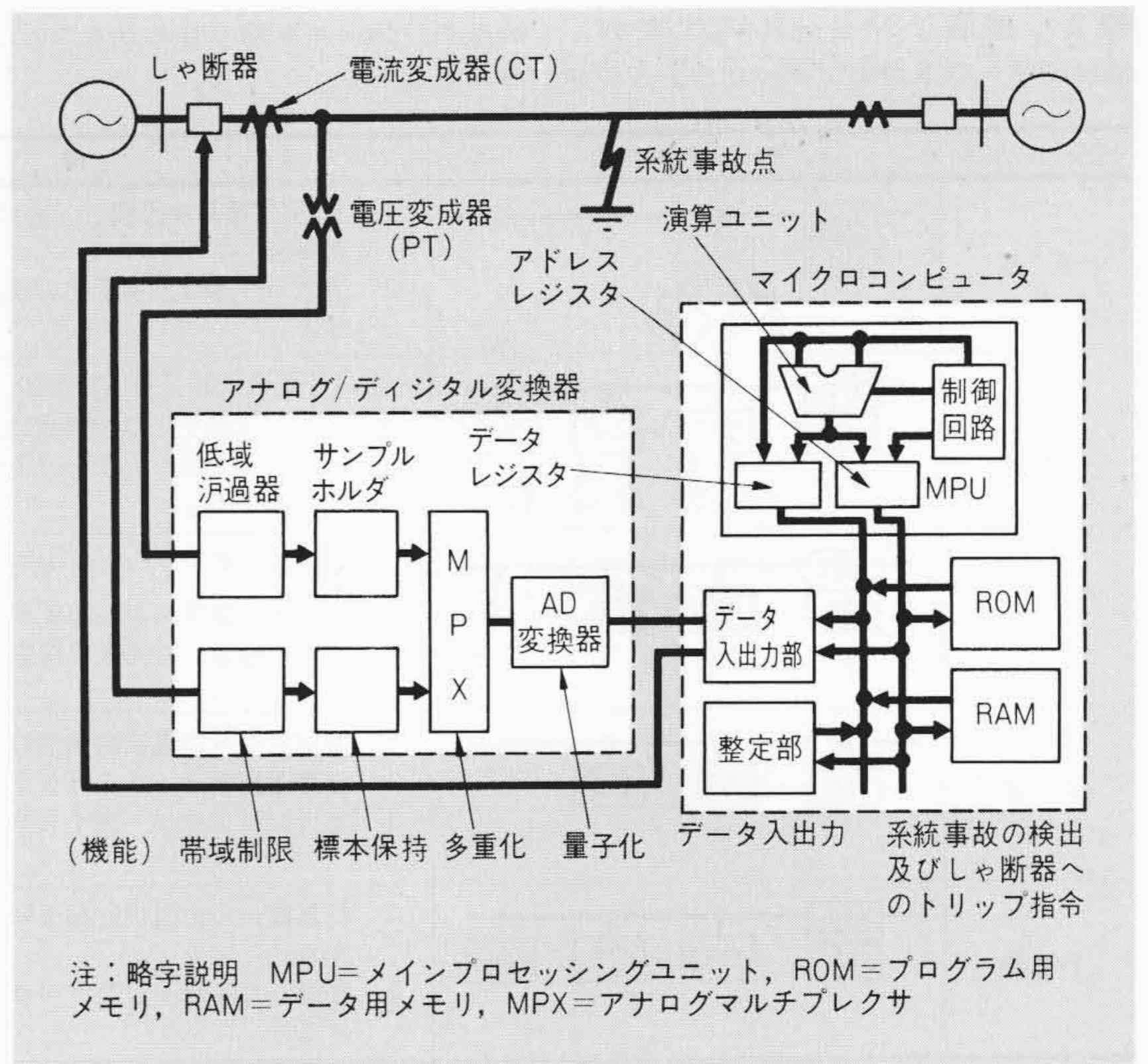


図3 送電線保護継電装置のブロック構成 突発性の系統事故を、事故直後の過渡状態にある系統波形のサンプリングデータによって、高速かつ確実に検出できるよう、アルゴリズムにも十分な配慮が払われている。

モジュールと称するマイクロコンピュータ内蔵のプリント板とし、これらを共通バスで結んだマルチプロセッサ構成をとっている。

##### 5.1 システム構成

図4は、そのシステム構成を示す。監視モジュールは、モジュール間のデータ転送に関与せず共通バス、及び各モジュールの状態を監視している。共通バスには、機能モジュールの中のマイクロコンピュータと結合するインタフェース部をもっている。この部分で、(1)バス占有制御、(2)データ送信、(3)データ受信の処理を行ない、監視モジュールの指令によって、(1)イニシャル処理、(2)共通バスの故障処理、(3)モジュール内故障診断、(4)故障モジュール切離し、(5)二重化モジュールの自動切替制御を行なう。共通バスは、システム全体の信頼性に重大な影響を与えるため、故障検出、診断を厳密に行なうとともに、修復時間の短縮のため、すべてのプリント板は活線で挿抜してもシステム全体に影響しないように配慮してある。

##### 5.2 機能モジュールの構成

表2に、代表的な機能モジュールを示す。機能モジュールは、他のモジュールと独立に動作していて、モジュール相互間にデータ転送が必要ときだけ結合する、いわゆる疎結合としている。ソフトウェアは、データ及びプログラムの一部がパラメータ設定できる標準ソフトウェア・パッケージにしてある。

##### 5.3 システム構成例

###### (1) 1:N形集中遠方監視制御装置

図5は、1:N形集中遠方制御装置親局の装置構成を示す。制御1:N, 表示(1:1)×Nで対応させ、20子局まで監視制御できるが、信頼性向上のために制御機能は二重化し、監視機能は4子局単位にブロック化している。制御卓には、オペレーション・ガイド用にプラズマ・ディスプレイを接続することもできる。この構成によって、従来のハードウェアで構成しているSPR440Cに比べて、スペースは30%減にすることができた。

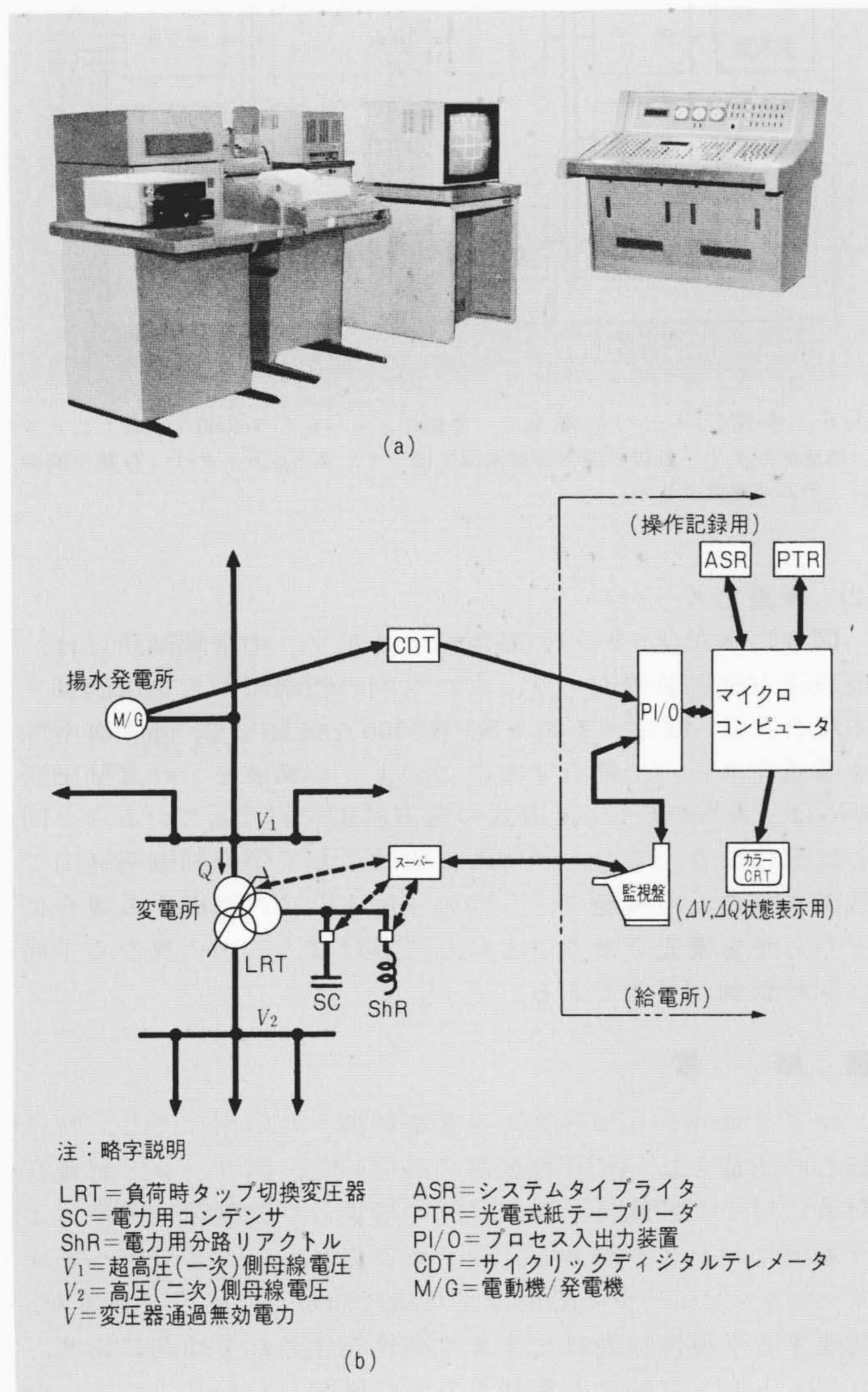


図2 V-Q制御装置 母線電圧Vと無効電力Qの状態が、カラーディスプレイ上に表示でき、制御効果はタイプライタに自動記録される。



表2 機能モジュールの代表例 機能モジュールを組み合わせることでシステムを構成できるが、各機能は標準ソフトウェアパッケージでプログラムしてある。

モジュール名	モジュール構成	機能	仕様
受信		<ol style="list-style-type: none"> <li>FS変調信号を復調し、直並列変換をする(変換はソフトウェア化してある)。</li> <li>表示データは状態変化の検出時、計測データは一定周期でバスに出力する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>伝送速度: 200ボー, 600ボー, 1,200ボー</li> <li>対向数: 4子局</li> <li>符号方式: CDTフォーマット</li> </ol>
送信		<ol style="list-style-type: none"> <li>4子局と同時送受信が可能。</li> <li>表示・計測データの処理は上に同じ。</li> <li>バスから受信したデータを伝送フォーマットに合わせて直列信号として出力する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>対向数: 4子局</li> <li>符号方式: CDTフォーマット</li> <li>伝送速度: 200ボー, 600ボー, 1,200ボー</li> </ol>
表示		<ol style="list-style-type: none"> <li>受信した表示データを表示・警報パラメータに対応して出力する。</li> <li>計測データはスケール変換, 上下限チェックなどの処理後出力する。</li> <li>出力の種類, 方向数は複数可能。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>子局数: 4子局</li> <li>表示点数: 240点</li> <li>計測量: 16量</li> </ol>
制御		<ol style="list-style-type: none"> <li>制御卓からの選択制御情報を取り込み, 選択信号に変換する。</li> <li>多重選択チェックを行なう。</li> <li>オペレーション・ガイドを行なう。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>子局数: 20子局</li> <li>選択項目数: 400点</li> </ol>
計算機		<ol style="list-style-type: none"> <li>計算機からの選択制御信号を取り込み, 信号検定後, 選択信号に変換する。</li> <li>受信した表示・計測データはワード直列, ビット並列信号にして出力する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>接続回線数: 2チャンネル</li> <li>転送速度: 4,800ボー相当</li> </ol>

注: 略字説明 MC=マイクロコンピュータ, M=記憶回路, SIO=シリアル入出力回路, DO=デジタル出力, AO=アナログ出力, BDI, DI=デジタル入力, DX=データ交換出力

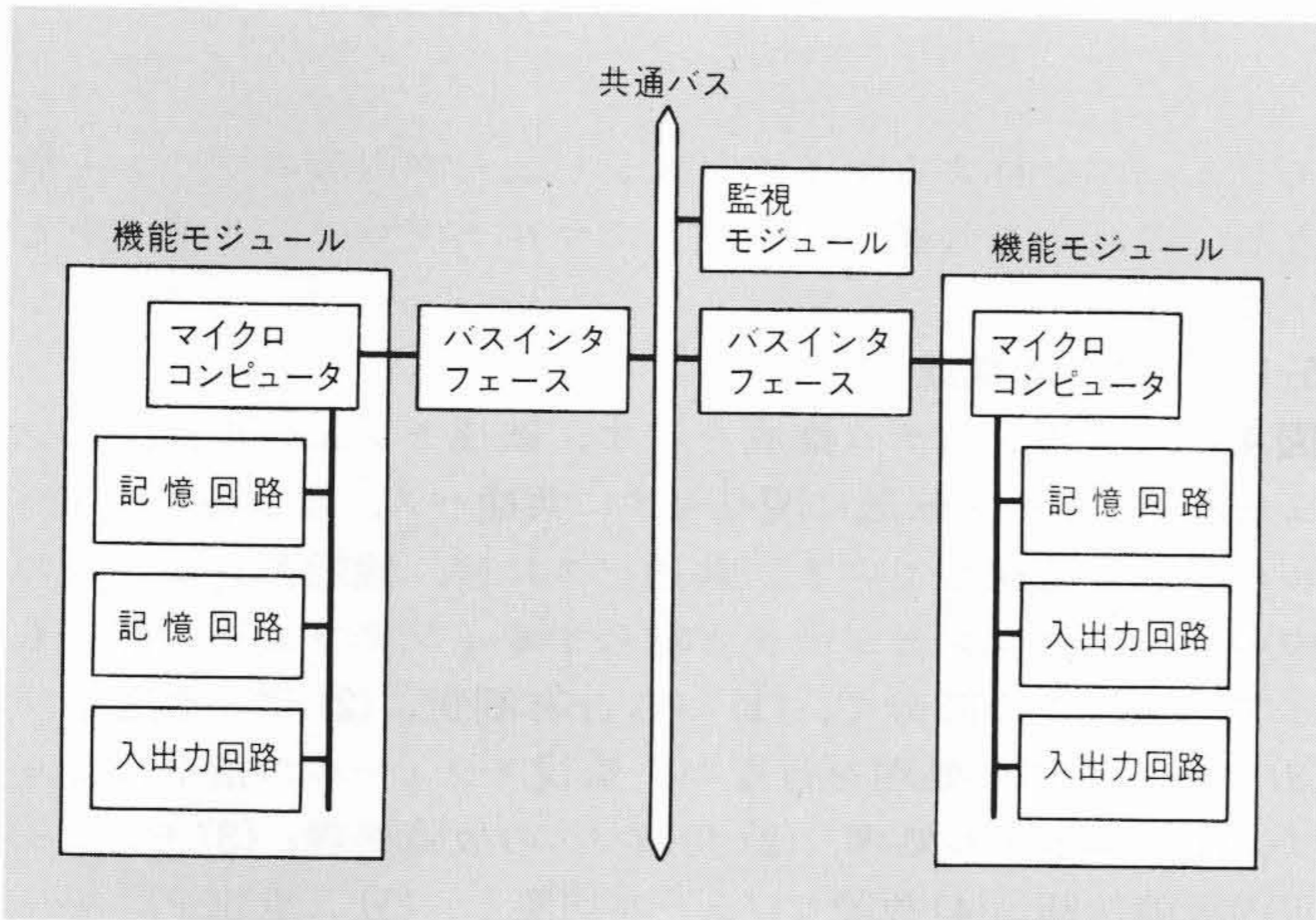


図4 SPR5000のシステム構成 マイクロコンピュータを使ったマルチプロセッサシステム構成をとっていて、モジュール間結合は疎結合にしてある。

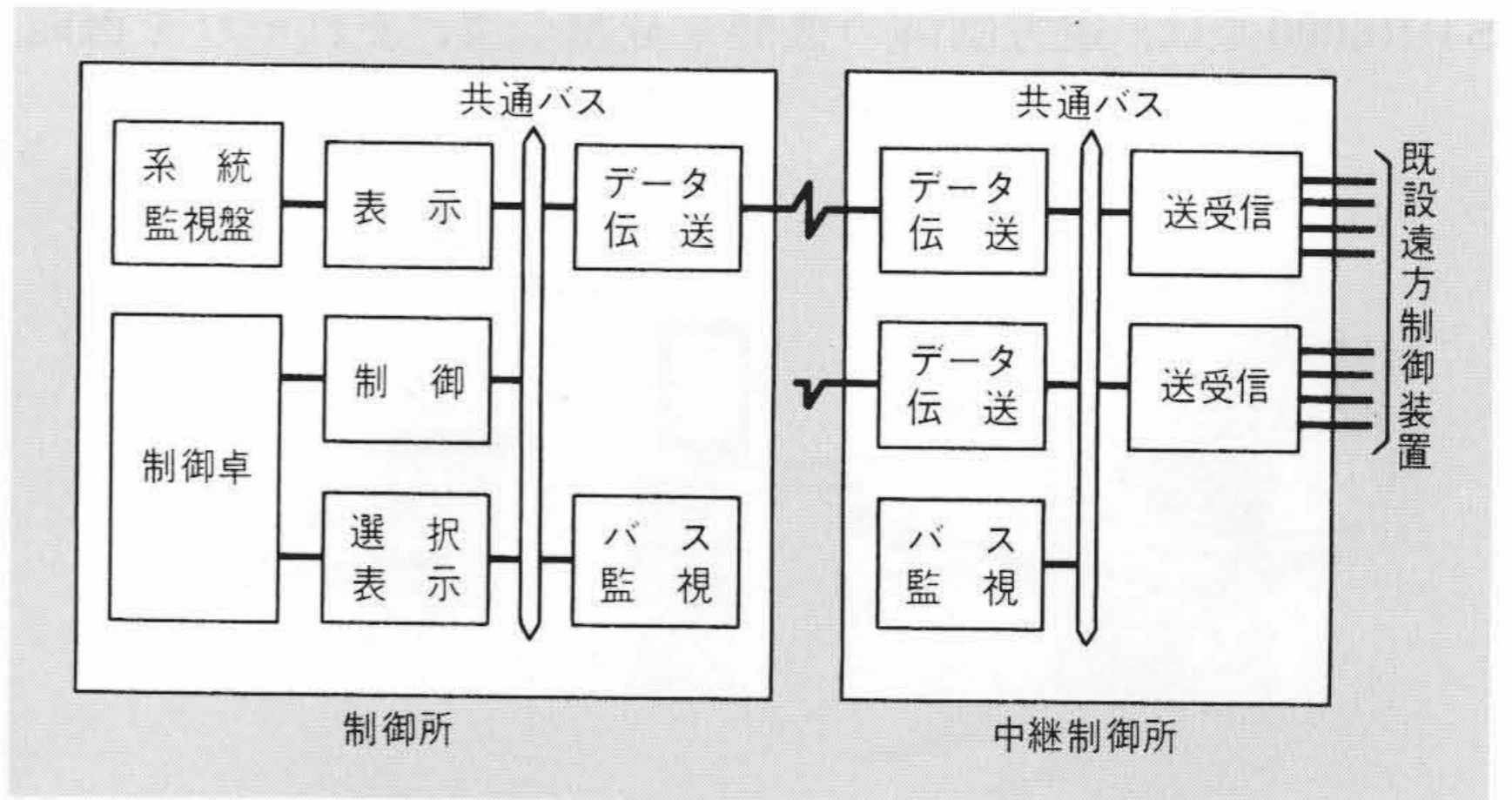


図6 多重化スーパの構成 多重化スーパをSPR5000で実現したときの構成例を示す。既設の遠方制御装置を使って、多方向からの1:N集中制御システムが構成できる。

(2) 多重化スーパ

図6に多重化スーパの装置構成を示す。中継制御所には、既設遠方制御装置があり、これを別の制御所から集中制御する場合には、既設のものとSPR5000を接続して、両制御所間を多重化スーパで結合する。このような構成をとれば制御所からは、あたかも1:N方式の遠方制御を行なっているのと同じ状況になる。また、制御所を複数にして中継制御所経由で制御することも可能で、一つの子局を同時に制御する場合にどちらかを優先させることにしておけば、二つの異なる子局は同時制御が可能である。

6 結 言

マイクロコンピュータの送変電制御への応用に際し、特に細心の注意を払ってきた装置の高信頼化、耐サージ・耐雑音対策に対する性能は、適用経験の増大及び改善策の蓄積により着実に向上しつつある。マクロに見れば、この分野へのマイクロコンピュータの応用はまだ緒についたばかりであるが、関連する半導体技術はますます高性能化される傾向にあり、コストトレンド的にも有利な方向に展開しつつあるので、今後ともマイクロコンピュータを活用して適用分野を広げてゆく考えである。

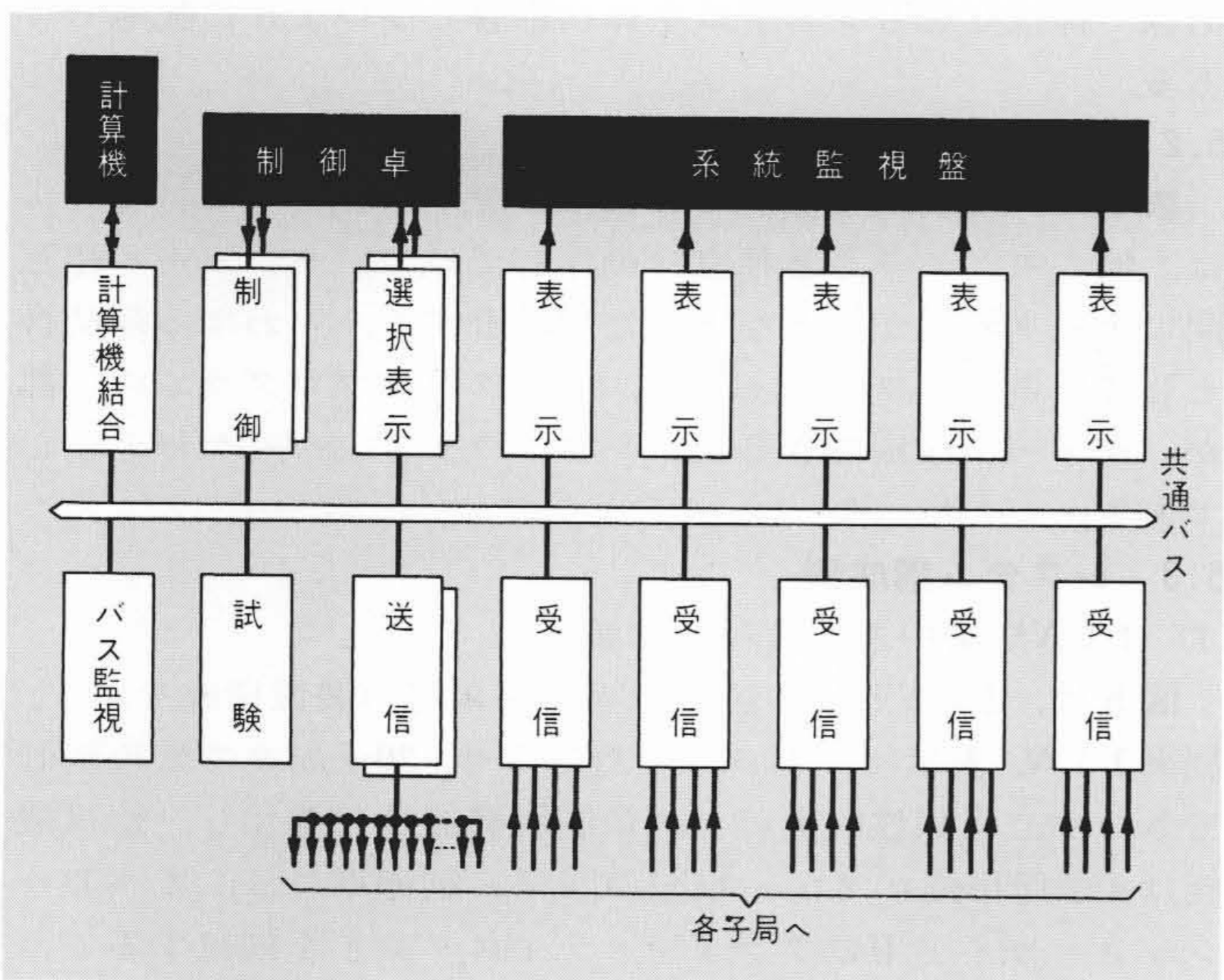


図5 1:N形集中遠方監視制御装置の構成 親局をSPR5000で実現したときの構成例を示す。バスの容量に余裕があるので、更にシステムを拡張することが容易にできる。