U.D.C. 681.527.7'183/185:621.398:681.323-181.48

マイクロコンピュータを用いた遠方監視制御装置

Supervisory Control Equipment Based on Microcomputer Application

寺田保広* *Yasuhiro Terada*
新田　勉* *Tsutomu Nitta*

最近，電力，一般産業などシステムの大形化，制御対象範囲の拡大に伴い，機能，保守性，信頼性などの向上に対するニーズが高まっている。また，この分野の制御装置は増設・改造の頻度が高いことから，システムの拡張性，発展性が要求されている。日立製作所では，これらのニーズに対処するため，マイクロコンピュータを複数個用いたマルチプロセッサ構成の遠方監視制御装置を開発した。装置のソフトウェア化による機能の向上と，装置の各種機能を分割し機能モジュール化を図ることにより，システムのビルディングブロック構成を実現した。また，モジュール単位の二重化によるフォールバック運転を可能にしている。

以下，装置の特長，構成及び電力設備を対象とした4箇所の適用例について述べる。

1 緒　　言

電力系統及び一般産業システムでの設備運用の合理化と省力化を目的に，遠方監視制御の導入が進められてきた。最近ではこれら適用対象のシステム形態は大形化・多様化し，地域あるいは系統別グループを対象とした集中制御，更には階層総括制御(ハイアラーキシステム)へと移行しつつある[1),2)]。

一方，マイクロコンピュータの適用は，LSI素子技術の進歩により拡大の一途をたどっており，遠方監視制御の分野でも，大形化・複雑化するシステムを構築する有効な手段として，マイクロコンピュータの導入が急速に進められている。

今回，これら市場動向及びマイクロコンピュータ技術の進展を踏まえて，マイクロコンピュータを用いた集中遠方監視制御装置「スーパーロール(SUPERROL：以下，SPRと略す。)5000シリーズ」を開発した[3)]。以下，SPR-5000シリーズの特長と電力設備での適用例について述べる。

2 ニーズの多様化と高機能化

2.1 制御形態の変化

遠方監視制御の形態としては，制御所と被制御所が1：1で対応する個別制御方式と，1箇所の制御所と多数の被制御所が対応する集中制御方式とに大別できる。最近では集中制御方式の形態が一般的であるが，更に制御所が1箇所にとどまらず複数箇所から制御できる構成をとるものが多い。これは，地域あるいは系統別集中制御化を推進すると同時に，制御所相互間での運用業務を円滑にするためであり，今後ますますこの傾向は続くものと考えられる。**図1**に電力系統運用での階層総括制御の例を示す。

これら制御形態の変化に伴い，遠方監視制御装置には以下の項目が要求されている。

(1) 被制御所からのデータを収集し再編集のうえ，他の複数制御所へ伝送する機能，及び逆に他の複数制御所からの制御指令を被制御所へ転送する機能。

(2) 既設の遠方監視制御装置を有効に活用して集中化を実現可能とするため，各種子局装置と容易に結合可能な送・受信機能の装備。

(3) 大規模な集中化に伴い装置故障時の波及範囲が広がるのを防ぐため，装置の部分運転機能，修復時間の短縮などによる稼動率の向上。

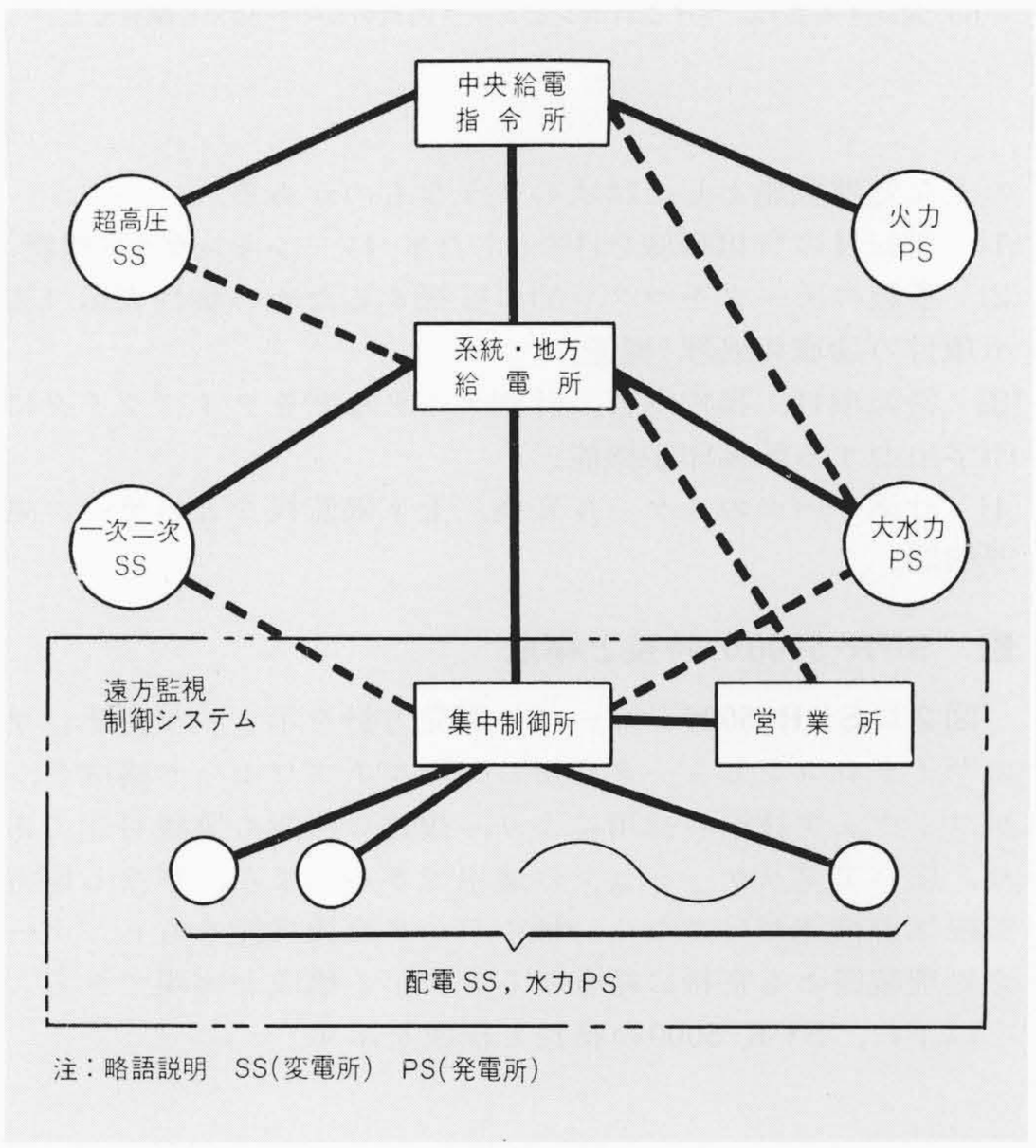


図1　電力系統運用における階層制御　電力系統運用システムでの遠方監視制御システムの位置付けを示す。最近では配電変電所を集中制御所と営業所の両方から制御する例が増加している。

2.2 運転・操作性の向上

大規模集中化により取り扱うデータ量は膨大なものとなり，個々に全項目を人間が監視することは困難となりつつある。また，よりきめ細かい制御を行なうという面からも，データ処理の機械化が求められている。大規模システムでは，制御用電子計算機の導入によりこれらデータの監視・記録処理の自動化が推進されているが，中小規模システムではこれら機能を遠方監視制御装置で実現することが要求されており，そ

* 日立製作所大みか工場

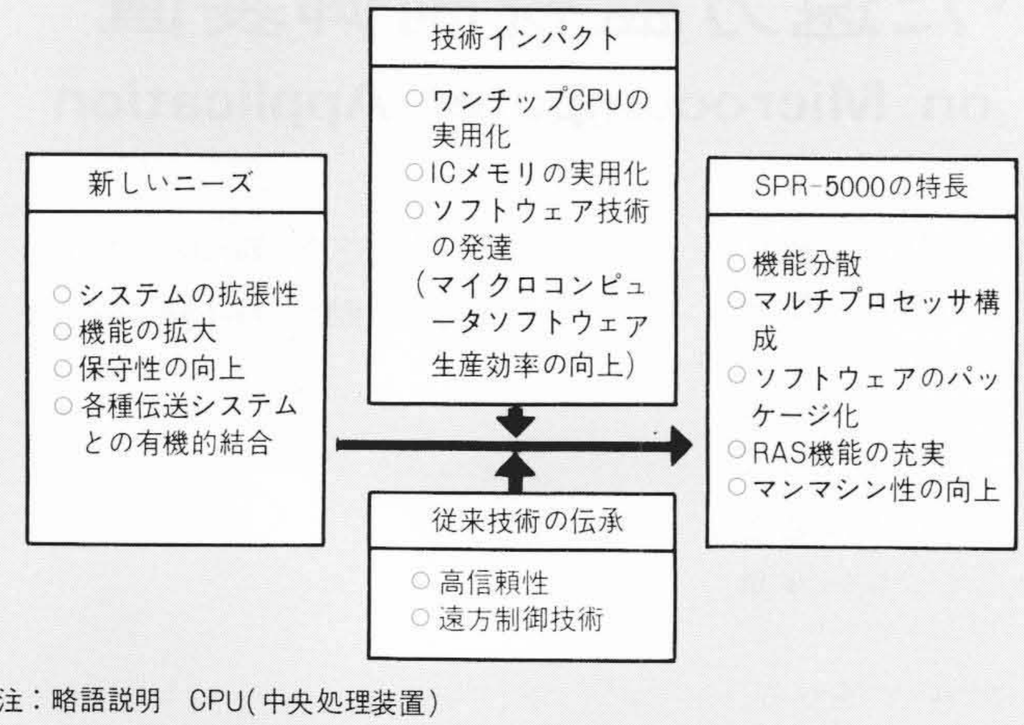


図2 SPR-5000シリーズの開発方針 適用業種，適用範囲の拡大に伴って，規模の大形化，情報の多様化が起こり，市場のニーズが変化している。これに対応するため，マイクロコンピュータ内蔵のSPR-5000を開発した。

の主な処理機能としては次のようなものがある。

(1) 運転員の負担軽減を目的としたオペレーションガイド機能。

(2) 多数のデータをマクロ的に監視するための集約表示（表示項目の論理和処理）機能。

(3) 警報項目，操作内容，計測データなどをタイプライタに印字出力する簡易印字機能。

(4) 計測データのスケール変換，上下限監視などのデータ処理機能。

3 SPR-5000の特長と構成

図2にSPR-5000シリーズの開発方針を示す。ワンチップのマイクロコンピュータを用いたマルチプロセッサ構成と，ソフトウェア技術の採用により，複雑な機能も実現可能であり，広いアプリケーションに適用できる。また，単なる遠方監視制御機能だけでなく一種のデータ交換機能をもち，データ処理装置とも密接に結合するシステム構成が実現できる。

以下に，SPR-5000の特長と構成を示す。

3.1 システムの拡張性・柔軟性

(1) マルチプロセッサシステム

図3に示すように遠方監視制御の機能を分割し，各々を機能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で構成し，その複数の機能モジュールをLB(Linkage Bus：共通バス)で結び装置を構成する，いわゆるマルチプロセッサ構成とした。ここで，モジュール間の結合はモジュール間でデータの受渡しが必要なときだけ結合し，それ以外のときは各モジュールをそれぞれ独立に動作させることとした。すなわち，モジュール間の結合を非常に疎な結合としている。またLBには最大30個までの機能モジュールを接続可能とし，小規模から大規模システムまでシステム規模に応じた構成ができるようにした。**図4**に機能モジュールの構成と故障診断機能を示す。P(データ処理部)はLBP(バスインタフェース部)と結合する一方で，PB(プライベートバス)を介してI/O(入出力回路)及びM(記憶回路)と結合し，機能モジュールに割り当てられたデータ処理を行なう。なお，故障診断機能については**3.2**で述べる。

図5に機能モジュールの実装例を，**図6**に1：*N*方式集中遠方監視制御装置の外観を示す。

(2) システムの変更

あらかじめ入出力端子台，プリント板実装スペースなどを確保しておくことにより，伝送項目の追加，表示方式の変更，計測値のスケール変更などについてもパラメータの変更で容易に実現できる。

(3) 機能の分類とソフトウェアのパッケージ化

SPR-5000の機能を分類すると**図3**に示すようになり，これらの機能に対応して**表1**に示すような標準プログラムパッケージを用意している。これらを使用することにより，ソフトウェア製作の円滑化を図るとともに，熟成したプログラムを使用することによりソフトウェアの信頼性向上を実現している。

3.2 高信頼性

(1) システムの二重化

システム稼動率向上を経済的に実現する手段として，システム規模に応じて重要モジュールだけをモジュール単位に二重化することを可能とした。この場合の二重化モジュールの切換えは自動的に行なうことができる。

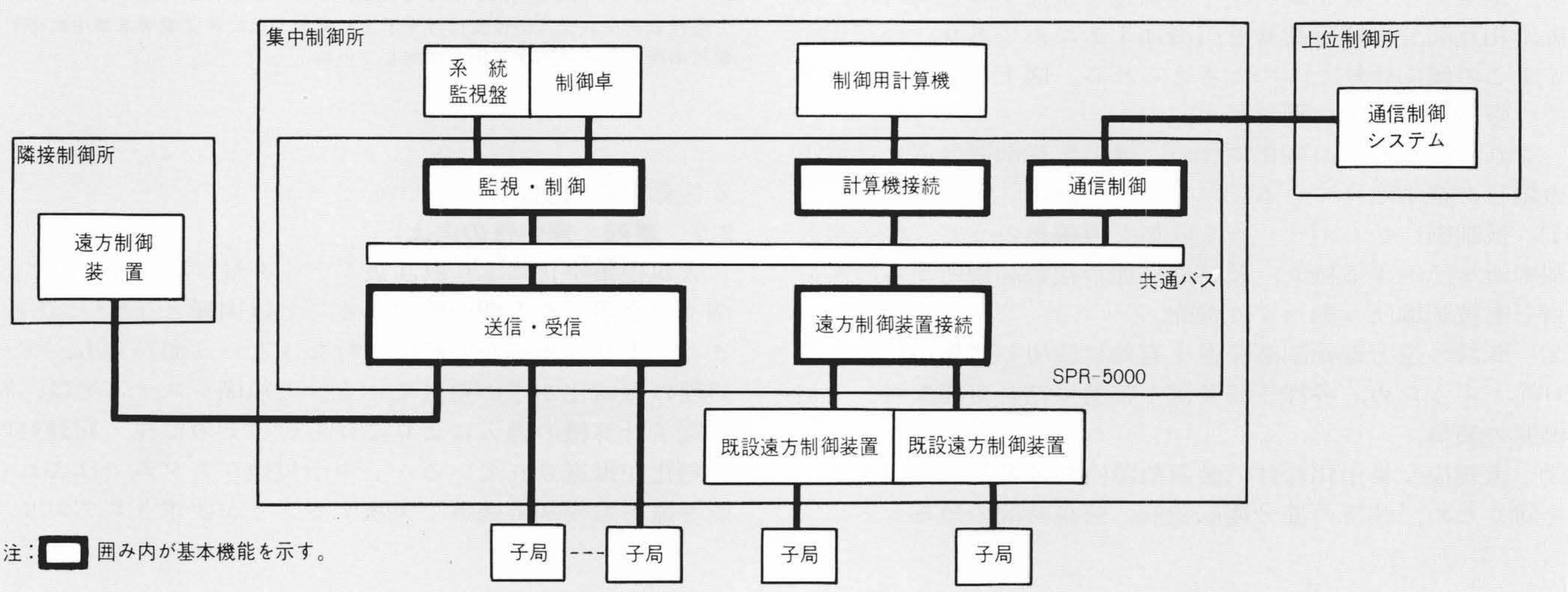


図3 SPR-5000の基本機能 遠方制御装置の機能を分類し，合計五つの基本機能に大別し，機能の積上げができる装置構成とした。

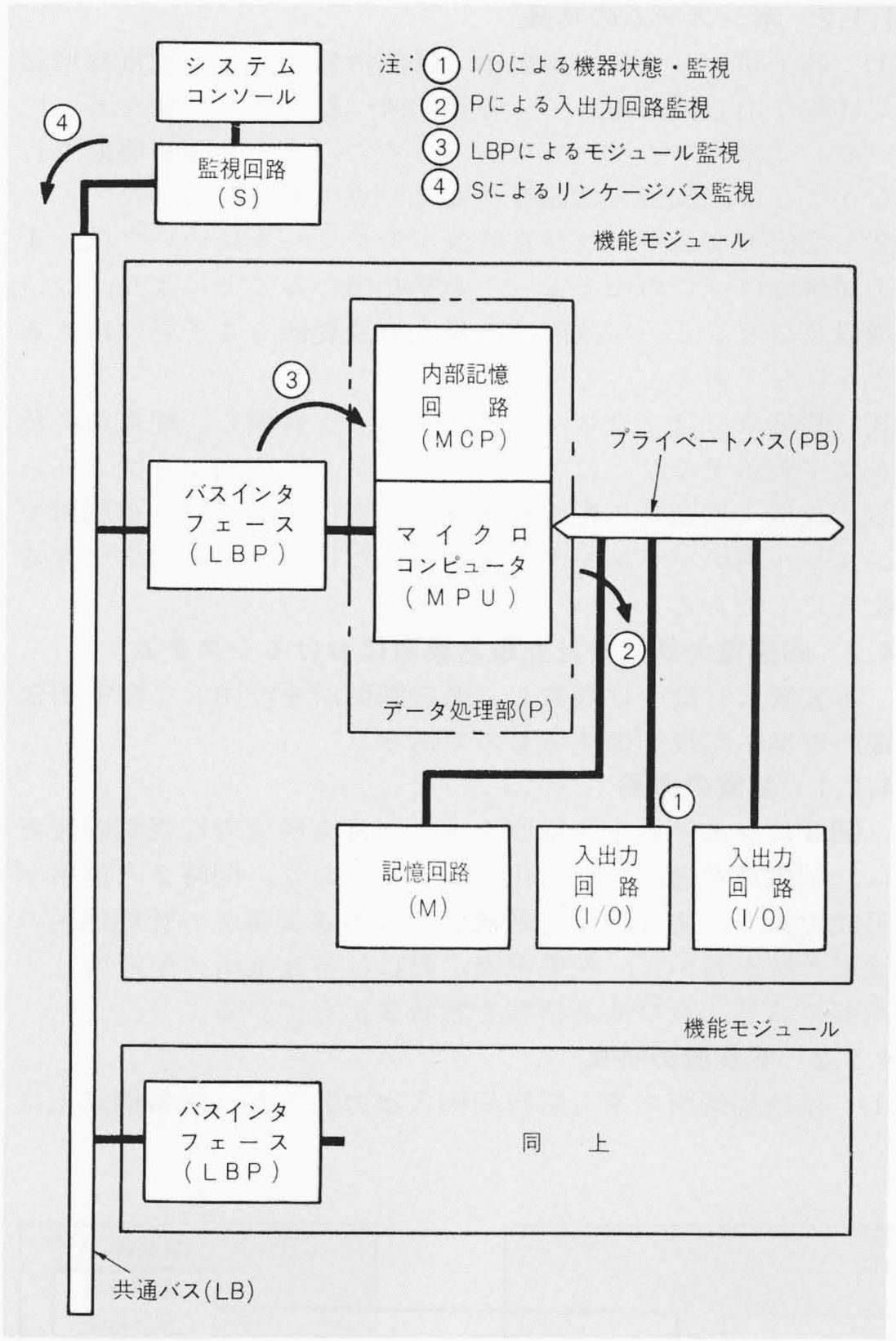


図4　機能モジュールの構成と故障診断機能　機能モジュールは，各々独立した処理を行なう構成(分散処理)となっている。また，ツリー構造的に動作，状態の監視を行なうことにより，装置故障箇所の早期発見を可能としている。

表1　標準プログラムパッケージ例　図3に示す基本機能区分ごとに標準的な処理を行なう熟成したプログラムを用意し，ソフトウェアの信頼性向上を実現している。

基本機能	モジュール名	内　容
送信・受信	機器制御I	自所取込方式
	送信・受信IV	多方向CDT
	送信・受信I	1：1対向方式
	送信・受信II	特殊伝送方式
	送　信I	1：N対向方式
	受　信I	多重化CDT
	送信・受信III	多重化伝送方式
	送信・受信IV	ポーリング方式
	中　継	中継伝送
監視制御	装置試験	装置内データ監視・設定
	卓制御	32局用制御卓との接続
	常時表示I	8局
	常時表示II	4局多方向
遠方制御装置接続	遠方制御装置I	DXI/O受信
	遠方制御装置II	DXI/O送信・受信
計算機接続	計算機I	高速パラレル通信(CLC-PR)
	計算機II	DXI/O
通信制御	通信制御I	基本形データ伝送制御
	通信制御II	ハイレベルデータリンク制御

注：略語説明　DXI/O(データ交換入出力)，CDT(サイクリックディジタルテレメータ)

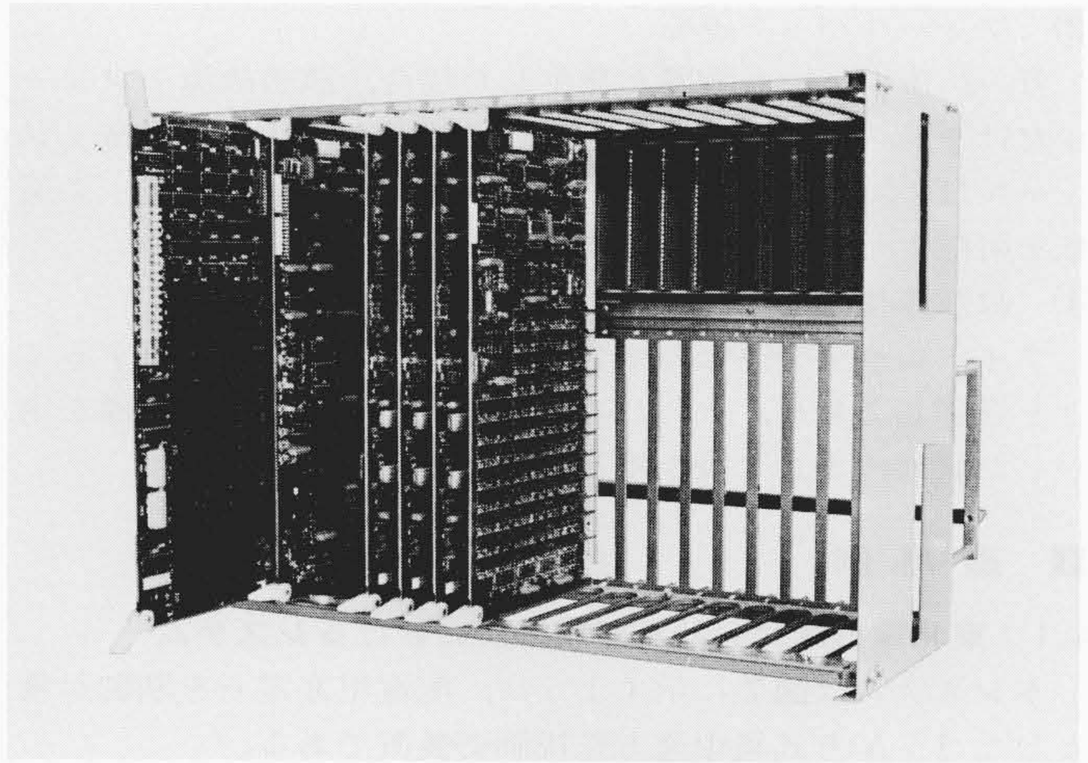


図5　機能モジュールの実装例　1ユニットに最大18枚のプリント板を実装することができる。ユニットは各機能モジュールのプリント板の実装枚数に応じて任意に分割できる。ユニットは幅535×奥行236(ケーブルスペース除く)×高さ350(mm)である。

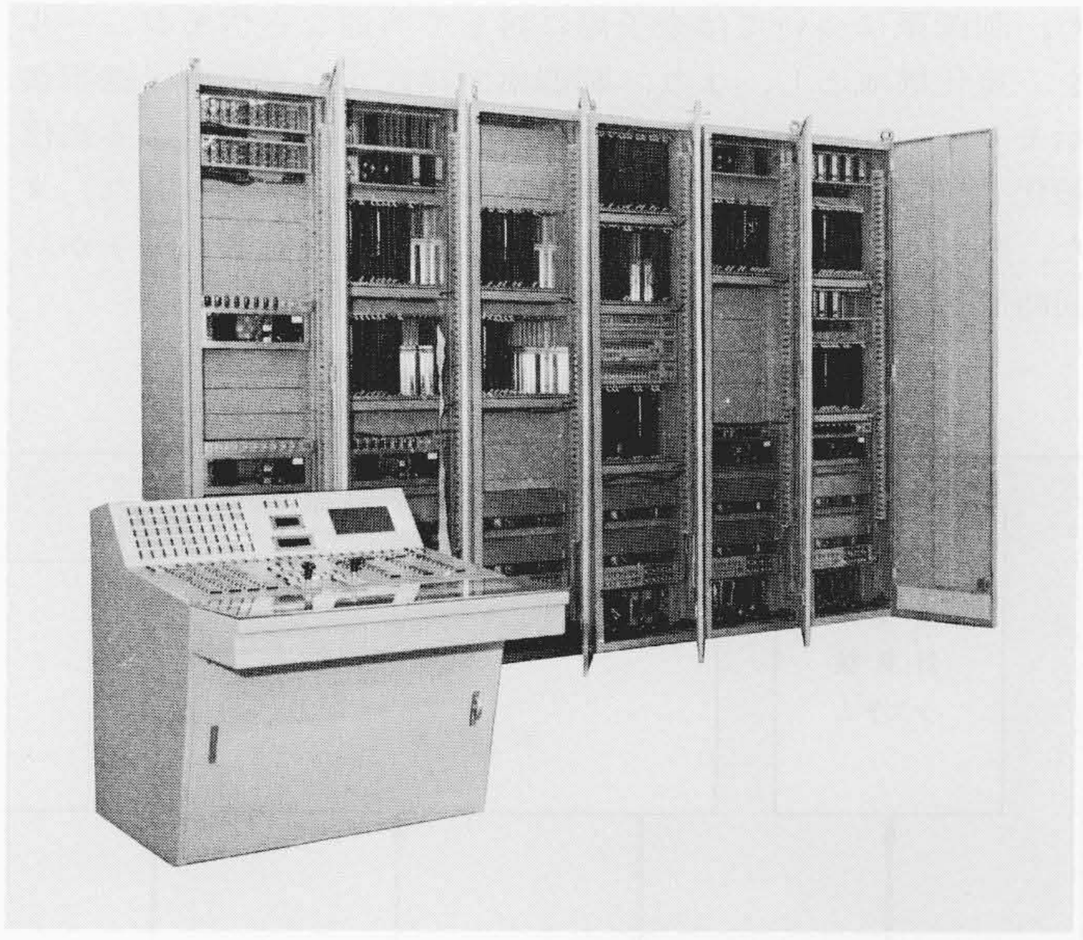


図6　SPR-5000装置の外観　架前面の扉を開いた状態を示している。機能モジュール間の結合は，ユニット後面のコネクタで行なう。各架は幅600×奥行600×高さ2,300(mm)である。

(2)　自己診断機能

データ転送処理時には，あらゆる部分でハードウェア及びソフトウェアによる故障診断を行なっており，異常を発見したときには，ただちに表示・警報する機能を監視回路（Sモジュール）にもたせ，容易に故障診断と修復ができるようにしている。

すべての故障内容は**図4**に示すように，順次，I/O回路，P，LBP，S(監視回路)へと転送し，最終的にはシステムコンソールへ集約して表示・警報する方式としている。システムコンソールでは，故障したモジュール番号と故障内容を一括表示して故障箇所の判別を容易にするとともに，該当モジュールの実装位置へゆけば，プリント板に実装している発光ダイオードによって，更にその詳細内容及び故障入出力回路プリント板の実装位置が分かるようにした。このようにすることにより，装置の故障探索時間・補修時間を短縮し，稼動率の向上を図っている。

(3) フォールバック運転

万一，モジュール故障が発生した場合，該当故障モジュールだけをシステムから自動的に切り離して，残りの正常モジュールによって運転を継続する，いわゆるフォールバック運転を可能とし，システム全体の停止を避けている。

(4) 故障修復

フォールバック運転の状態で故障モジュールを修復することを意図しており，そのために，プリント板は装置電源を生かした状態のままで抜き差しできるようにした。

4 適用例

4.1 東北電力株式会社八戸制御所におけるシステム

本システムは**図7**に示すように，配電用変電所を制御対象とした1：N方式集中遠方監視制御装置である。

4.1.1 システムの概要

制御信号については，一つの送信モジュールからすべての子局を制御する1：N方式を採用し，表示・計測信号については1子局分ごとのデータを常時受信する(1：1)×N方式を採用している。モジュール故障が即システム全停止となるため，制御系については全子局に対して共通な送信モジュールを二重化構成とし，また，制御卓と接続する卓制御・選択表示モジュールについても各二組み装備し，二重化による高信頼化と平常時の2人制御運用の両面を兼ねる構成とした。また，制御ルートは計算機と二つの制御卓の合計3ルートから同時制御が可能なように設計している。

4.1.2 本システムの特長

(1) 各子局から受信する表示・計測情報のうち，配電線情報だけ取り出し再編集して，各営業所へ転送する機能をもっている。従来のワイヤードロジックでこのデータ編集機能を行なうことは，改造・増設時の変更の点で困難であった。

(2) 受信モジュール及び常時表示モジュールについては，4子局単位に一つのモジュールを割り当てることにより，改造，増設及びモジュール故障時の最大波及範囲を4子局に抑えるようにしてある。

(3) 制御卓にはプラズマディスプレイを装備し，配電線名称を文字表示することにより，マンマシン性の向上を図っている。改造・増設時の配電線名称の変更については，卓制御モジュール内のパラメータを変更するだけで容易に対応できるようにしてある。

4.2 四国電力株式会社丸亀営業所におけるシステム

本装置は営業所に設置し，系統制御所を経由して配電用変電所を集中監視制御するものである。

4.2.1 装置の概要

図8にシステム全体構成を示す。営業所遠方監視制御装置は，制御卓を含めて二重化構成としており，同時2人運用が可能である。また，送電系統盤には当該営業所の管轄地区の送電系統を表示し，配電線表示盤には各変電所の配電用しゃ断器の状態，及び故障情報を常時表示している。

4.2.2 本装置の特長

(1) 系統制御所の遠方監視制御入出力装置とは機器構成上は

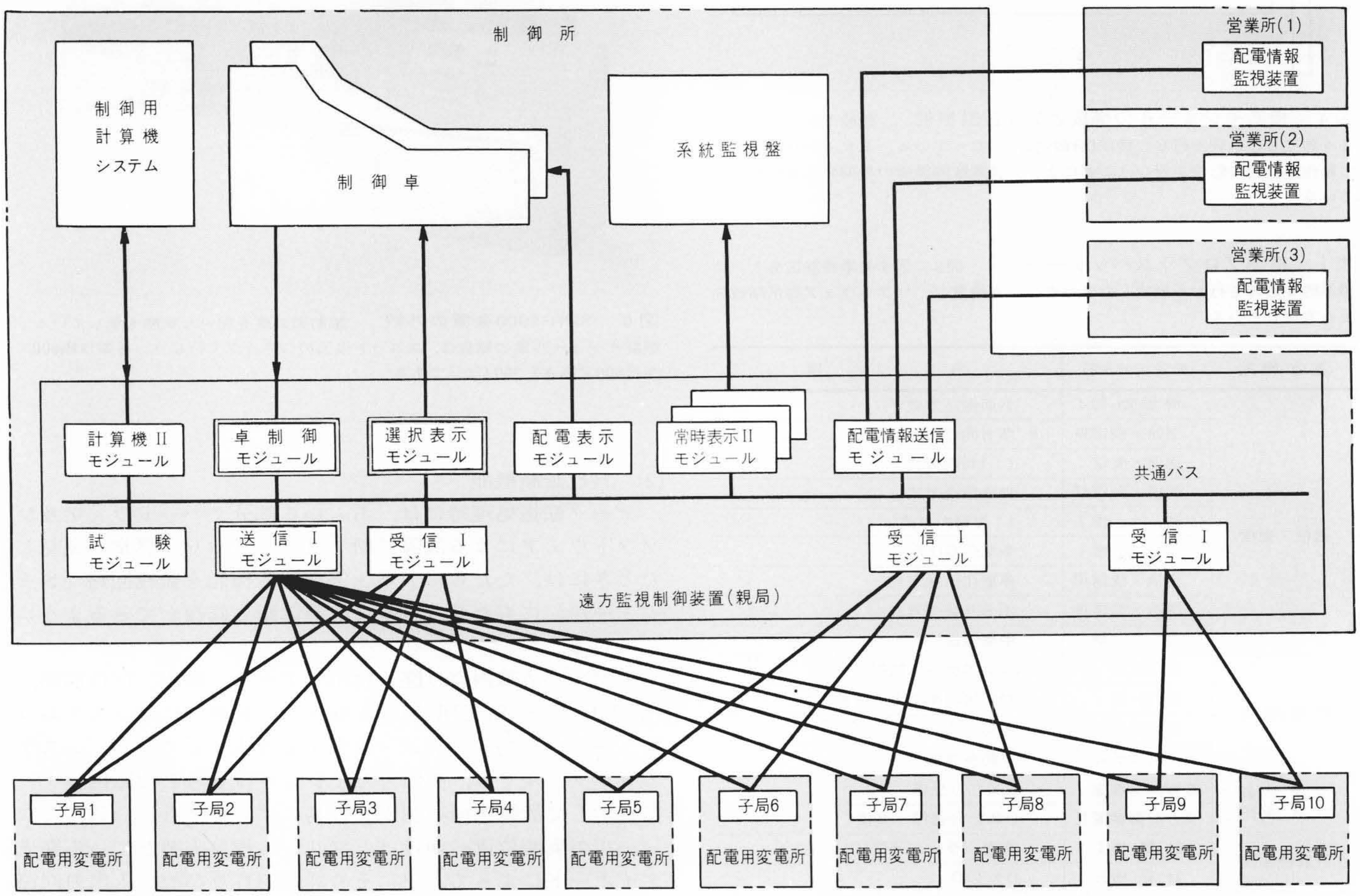
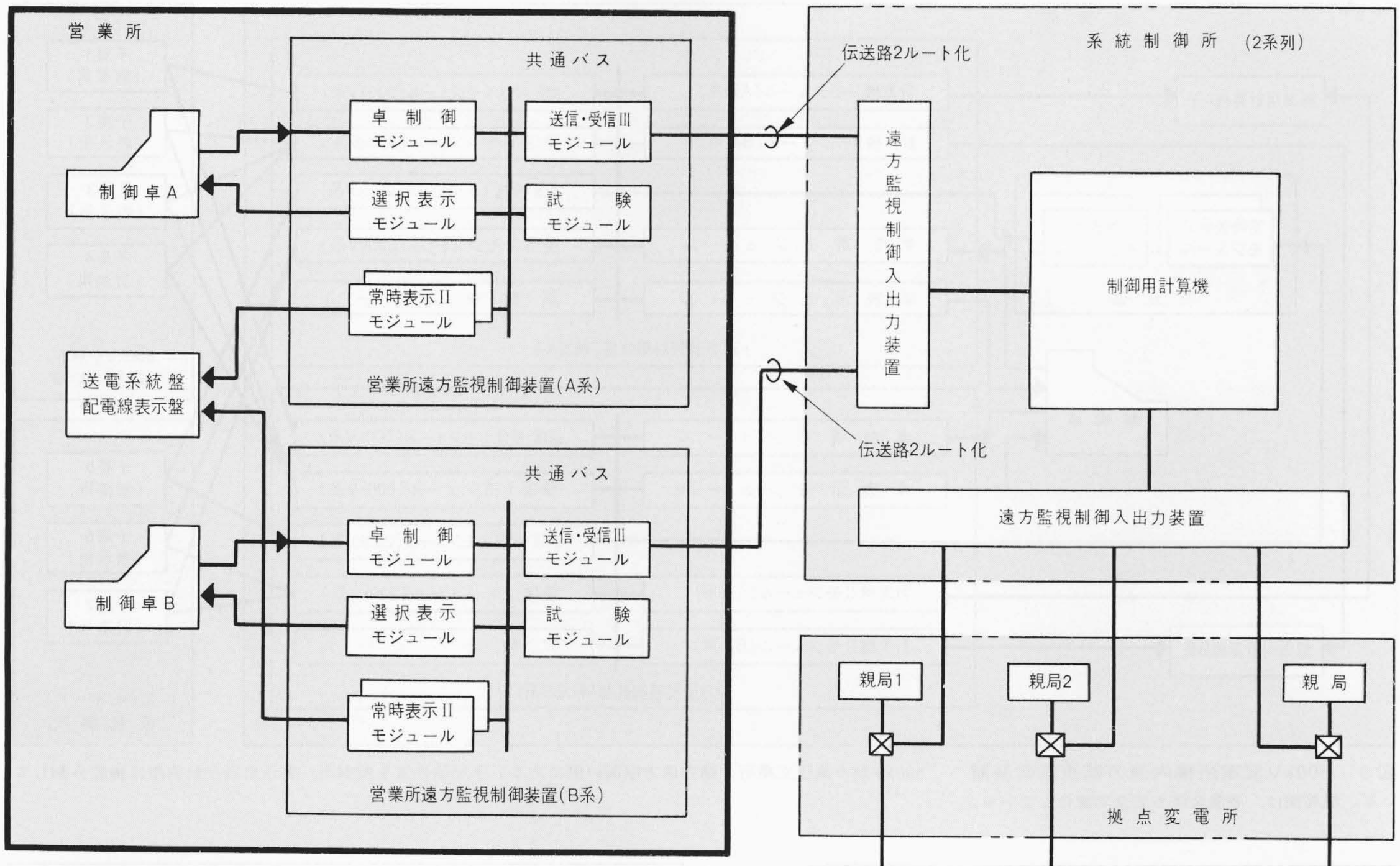


図7 配電用変電所集中遠方監視制御装置　配電用変電所を制御対象とした1：N方式集中遠方監視制御装置であり，共通部についてはモジュール単位に二重化している。



注：⊠は，切換回路を示す。
　　制御は手動切換え，表示はハイブリッドトランスによる分岐。
　　▭は，SPR-5000の範囲を示す。

図8　配電用変電所監視制御装置　　営業所から系統制御所を経由して，配電用変電所を制御するもので，「多重化スーパー」とも呼ばれる。

1：1に対向させ，運用面では多数の子局を対象とした1：N対向の多重化遠方監視制御方式とし，営業所と系統制御所間の伝送路数を大幅削減（3チャンネル/系）している。ここで，伝送路障害時のシステム停止を防ぐため，伝送路を各系ごとに2ルート化している。

(2)　システム稼動率向上のため，制御卓と営業所遠方監視制御装置ともに二重化構成とし，障害発生時，自動的に二重化切り換えを実現している。

4.3　九州電力株式会社中央変電所におけるシステム

本システムは，500kV及び220kV超々高圧変電所の構内遠方監視制御装置である。

4.3.1　システムの概要

図9にシステム構成を示す。500kVヤード，220kVヤード合わせて表示点数1,700点，計測量数100量と監視項目数が多いため，子局装置を機能別に分割し，親局装置とは(1：1)×N対向方式としているが，運用上は500kV及び220kVの二つの子局として扱えるようにしている。

4.3.2　本システムの特長

(1)　電力系統上非常に重要な設備を制御対象とするところから親局装置を完全二重化しているが，二重化構成に当たっては，入出力回路部出力段に出力ロックゲート機能を内蔵させ，特別な二重化切換装置をもつことなく切換え可能としている。

(2)　バスインタフェース部とデータ処理部の間に，接続ケーブル延長用のバッファ回路を設けることにより，常時表示モジュールを監視盤内に実装する，いわゆるリモート入出力方式とし，盤面数と盤間接続ケーブルの削減を図っている。

(3)　系統事故時に発生する誘導障害を防ぐために，親局～子局間に光ファイバを用いた光伝送方式を採用した。

4.4　九州電力株式会社田上制御所におけるシステム

本システムは，営業所で配電線情報を監視するために，集中制御所とデータの授受及び編集処理を行なうものである。

4.4.1　システムの概要

図10にシステム構成を示す。集中制御所側では遠方監視制御装置からの表示情報を，データ交換インタフェースで装置内に取り込み，配電線故障区間検出及び状態変化検出の処理を行ないデータ編集のうえ，各営業所へ転送する。営業所側では集中制御所からのデータを受信し，タイプライタ，CRT（Cathode Ray Tube）へ出力する。また，指令卓からのリクエストにより，集中制御所へリクエスト信号を送信し，この応答データをタイプライタ，CRTへ出力する。

4.4.2　本システムの特長

(1)　伝送方式として，コンテンション方式によるメッセージ伝送を採用しており，将来のネットワークシステムへの拡張を意図している。

(2)　変電所名称，フィーダ名称などはパラメータとして指令卓制御モジュールに一括して格納しており，必要に応じて各モジュールへ転送することにより，改造・増設時のパラメータ変更を容易にしている。

(3)　遠方監視制御装置からの表示・計測情報を集中制御所で集約して各営業所へ分配するため，各被制御所と営業所間の

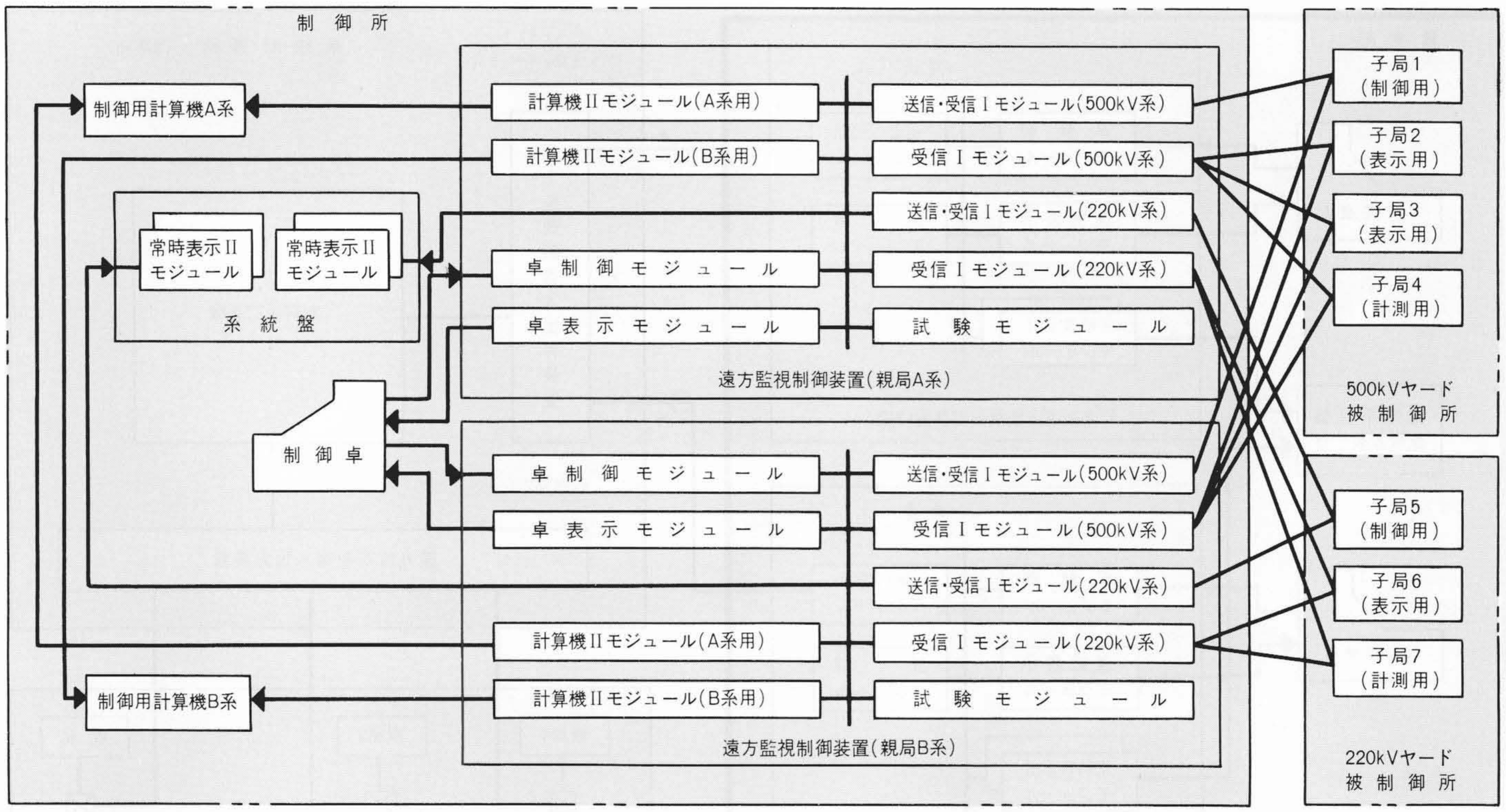
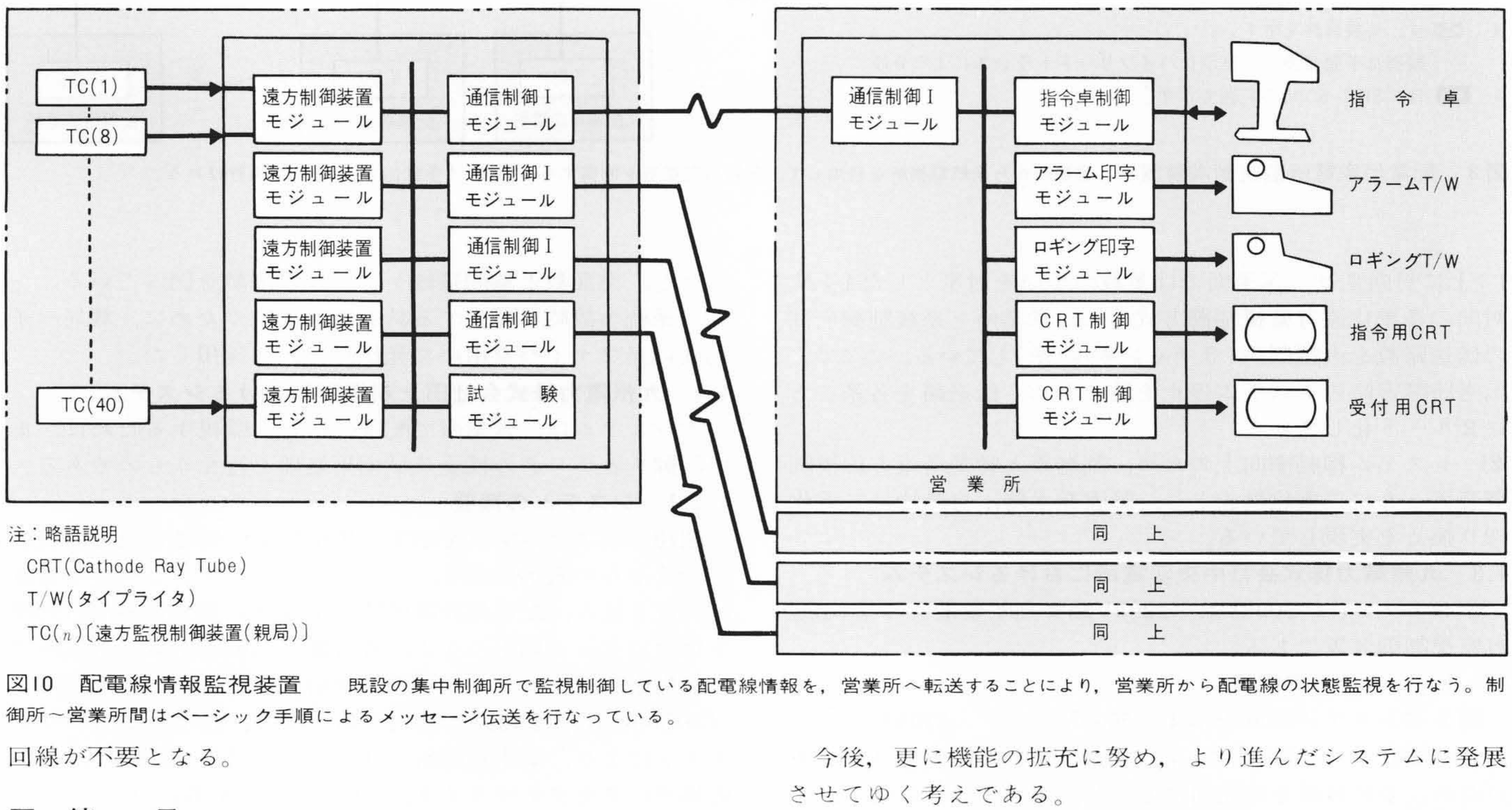


図9 500kV変電所構内遠方監視制御装置　500kV超々高圧変電所の構内遠方制御の例である。子局側装置を制御用，表示用及び計測用に機能分割している。親局側は，装置全体を完全二重化している。



注：略語説明
CRT(Cathode Ray Tube)
T/W(タイプライタ)
TC(n)〔遠方監視制御装置(親局)〕

図10 配電線情報監視装置　既設の集中制御所で監視制御している配電線情報を，営業所へ転送することにより，営業所から配電線の状態監視を行なう。制御所～営業所間はベーシック手順によるメッセージ伝送を行なっている。

5 結　言

マイクロコンピュータの出現は，遠方監視制御の分野でも技術革新の大きなインパクトとなっており，装置構成，伝送方式はもとより，制御用電子計算機を含む総合的なネットワークの在り方に至るまで，すべてに新しい対応が要求されている。このような背景のもとで，日立製作所ではマルチマイクロコンピュータ構成の遠方監視制御装置を開発し，各種設備に適用してきた。SPR-5000シリーズは，昭和53年に開発して以来，現在までに約50システムが納入されて順調に稼動中である。

今後，更に機能の拡充に努め，より進んだシステムに発展させてゆく考えである。

終わりに，本シリーズの開発に当たって終始熱心な御指導をいただいた関係各位に対し，深い謝意を表わす次第である。

参考文献

1) 黒木，外：最近の集中遠方監視制御の動向，日立評論，**56**，587（昭49-6）
2) 田村，外：変電所総括遠方監視制御システム，日立評論，**59**，481（昭52-6）
3) 三木，外：マイクロコンピュータの送変電制御への応用，日立評論，**61**，245（昭54-4）