

受変電設備用監視制御システム

Supervisory Control System for User's Substation

需要家用受変電設備での省エネルギー、省力、安定供給などのユーザー側の要請は、最近の社会的背景のもとにますます高まってきている。これらの基本的な要請の一括しての実現は、設備全体を統括する中央監視制御装置の近代化により得られる。すなわち、中央監視制御装置を各構成要素のシステムの結合によるシステムとしてとらえ、これらの構成要素単位に最近のエレクトロニクス技術を用いて近代化を図り、全体としてハードウェア面、ソフトウェア面の最適運用を行なうことにより、主回路設備も含めた全システムとしてのより効果的な運用を実現することができる。本稿はこれらの最近の受変電設備での監視制御システムの在り方、及び構成要素を遠方制御装置と計算機システムを中心にして述べる。

豊田武二* *Toyoda Takeji*
 鈴木正義** *Suzuki Masayoshi*
 柏木雅彦** *Kashiwagi Masahiko*
 成田俊幸** *Narita Toshiyuki*
 奥田勤一*** *Okuda Kin'ichi*

1 緒言

最近の需要家用受変電設備での中央監視制御装置は、特高設備、主変圧器、高圧配電設備などの主回路設備に対し、従来の従属的立場から独立した対等の立場になってきている。これは、負荷設備の量的拡大と質的向上により、設備全体を効果的(省力、省エネルギー、電源の安全供給、省工事)に運用するためには、全体を統括する立場にある中央監視制御装置に期待するところが大きいがためである。この期待に対し、最近の発達の著しい電子装置を核として、中央監視制御システムを構成し、主回路設備などのプロセス側システムを最適な監視制御を行なうことにより実現が可能となった。以下、これらの最近の監視制御システム及び構成要素の特長と問題点について述べる。

2 システムの在り方

2.1 監視制御システムの位置づけ

中央監視制御システムの位置づけは、プロセスと人間を対話させる神経系としての働きと、電気設備、計装装置に対する代行処理としての働きとに分けることができる。したがって、中央監視制御システムに要求される機能は、プロセスからの情報を迅速、かつ正確に収集整理する情報サービスと、入力されたプロセス情報により、人間に代行する迅速、かつ正確な自動制御の二つの機能に分類することができる¹⁾。

これらの二つの機能を実現するハードウェアとしての監視制御システムは、プロセス情報を処理する処理装置により分類することができ、表1には処理装置としてマイクロコンピュータ及び制御用計算機を用いたシステムの分類と処理内容を示す。表1に示す情報サービス及び制御の実行は、省エネルギー、省力化、供給信頼度の向上、監視効率の向上などの受変電システムに対するニーズを実現するものとして、その手段を需要家などのユーザーに対し提供するもので、情報サービスは主として省力化及び監視効率の向上に寄与し、自動制御は省エネルギー及び供給信頼度の向上(ただし、スケジュール制御だけは省力化になる)に寄与している。

2.2 システムの構成要素

表1の内容を実現するハードウェアシステムの構成は伝送装置、操作及び表示装置、並びに中央処理装置の三つの構成

表1 ハードウェアシステムと処理内容 処理装置別のハードウェアシステムの分類と、各システムでの処理内容を示す。

システム 処理装置 機能	データロガーコントローラシステム HIDIC 08マイクロコンピュータ	モニタ制御システム HIDIC 08マイクロコンピュータ	計算機総合制御システム HIDIC 80制御用計算機
情報サービス	1. レポート作成 (1)日報の作成 (2)操作故障記録	1. レポート作成 (1)日報の作成 (2)操作故障記録 2. 監視表示 (1)上下限モニタ	1. レポート作成 (1)日報の作成 (2)操作故障記録 2. 監視表示(CRT) (1)現状表示 (2)動向表示 (3)上下限モニタ
自動制御	1. 電気制御 (1)デマンド制御 (2)無効電力制御	1. 電気制御 (1)デマンド制御 (2)停電時の自動切換 (3)負荷選択しゃ断 (4)無効電力制御 (5)非常用ディーゼル発電機、負荷バランス制御	1. 電気制御 (1)デマンド予測制御 (2)停電時の自動切換 (3)負荷選択しゃ断 (4)無効・電力制御 (5)非常用ディーゼル発電機、負荷バランス制御 (6)スケジュール制御 2. 他部門との総合制御 3. 予測制御 4. 広域システムでのマイナ計算機HIDIC 08のサポート制御
その他サービス			1. 予防保全システム 2. データ解析 3. 情報サービス、制御システムの方式修正変更システム
適用規模	・データロガー、モニタを中心とした小規模システム	・入出力1,000点以下のデータロガーと、モニタ及び電気関係の制御の実行を主体とした中規模システム	・入出力点数1,000点以上で、CRTを使用し、総合制御の必要な中～大規模システム

要素に区分することができる。従来は、これらの要素を中央監視盤として一体的にとらえられていたが、規模の拡大と、無人化などのニーズ及び電子装置の著しい発達を背景として、これらの要素を各々分離し、これらを系統的に結合したものが中央監視制御システムと考えることが必要になってきた。そして、各要素単位に従来のワイヤードロジックを極小

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所国分工場

化し、電子化を図りコストパフォーマンスの追求と、各要素のインターフェースの標準化、統一化を行なって、中央監視制御システムの構成を容易にし、システムとしてより大きなメリットを得ようとしている。また、各要素の停止が全体のシステムダウンにつながらぬよう、必要最小限の相互バックアップ機能を設け、負荷及び居住人員に対する安全を保つようしなければならない。

3 遠方制御システム

3.1 集中遠方監視制御システム

集中遠方監視制御は、主として省力化、運転の合理化、及び労働環境の悪い場所からの開放という観点から、無人化運転を目的として導入されてきた。しかし、最近では上下水道設備、高速道路、電気鉄道、ビル群、農耕用水設備など広域に散在する諸産業設備の大形化、及び産業システムの合理的運用、安全性確保、供給力確保の観点からシステムの統括集中制御が不可欠になってきた。このため、集中遠方監視制御装置の導入が各種分野で増大しつつある。

生産動力源としての受変電設備は、産業設備（以下、対象プロセスと略す）の一部をなすものであるから、受変電設備単独としてより、対象プロセスの一部として集中監視制御される。次に集中監視制御に関して考慮すべき点について述べる。

(1) 対象プロセスの安全性

集中遠方監視制御は、数百メートルから数十キロメートル離れた対象プロセスを伝送路を介して制御するものである。このため、対象プロセス及び伝送路、監視制御を包含したトータルシステムとしての安全性確保が重要である。

(2) 対向方式、機種を選択

対象プロセスの使命、形態及び集中遠方監視制御の目的に適合した対向方式、並びに機種を選択しなければならない。対象プロセスの特殊条件を除いて一般的に考えれば、子局数及び子局当たりの伝送情報量（制御項目数、表示及び計測項目数）によって、集中遠方監視制御システムと適用機種を区分することができる。図1は日立集中遠方監視制御装置「スーパーロール(SUPERROL)」(以下、SPRと略す)シリーズのファミリー構成を示している。また図2は、集中遠方監視制御システムの親-子対向方式を示したものである。

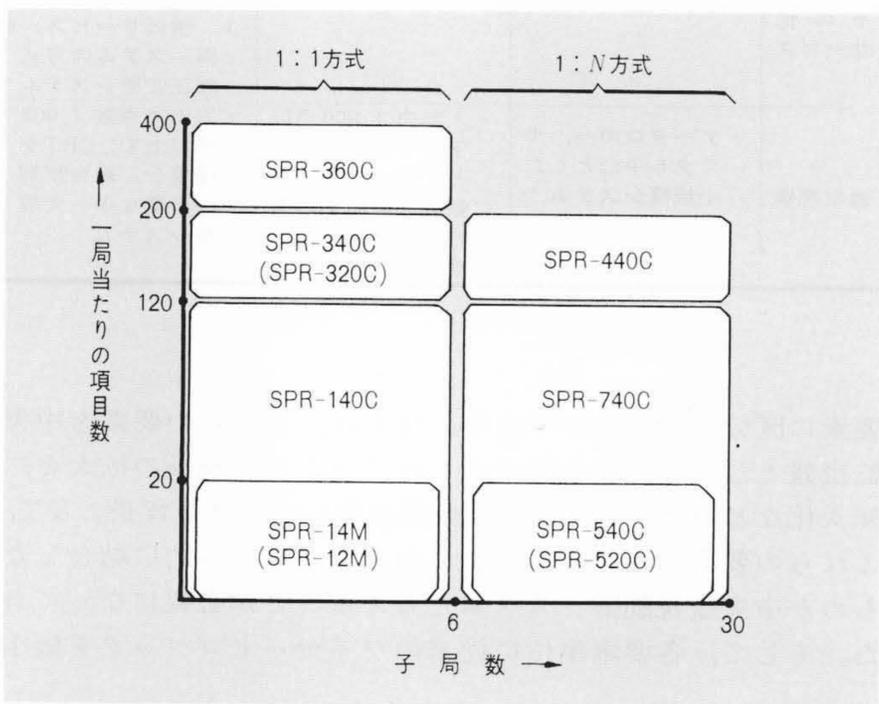


図1 スーパーロールのファミリー構成 あらゆるアプリケーションに対して、最適な機種を選択することができる。

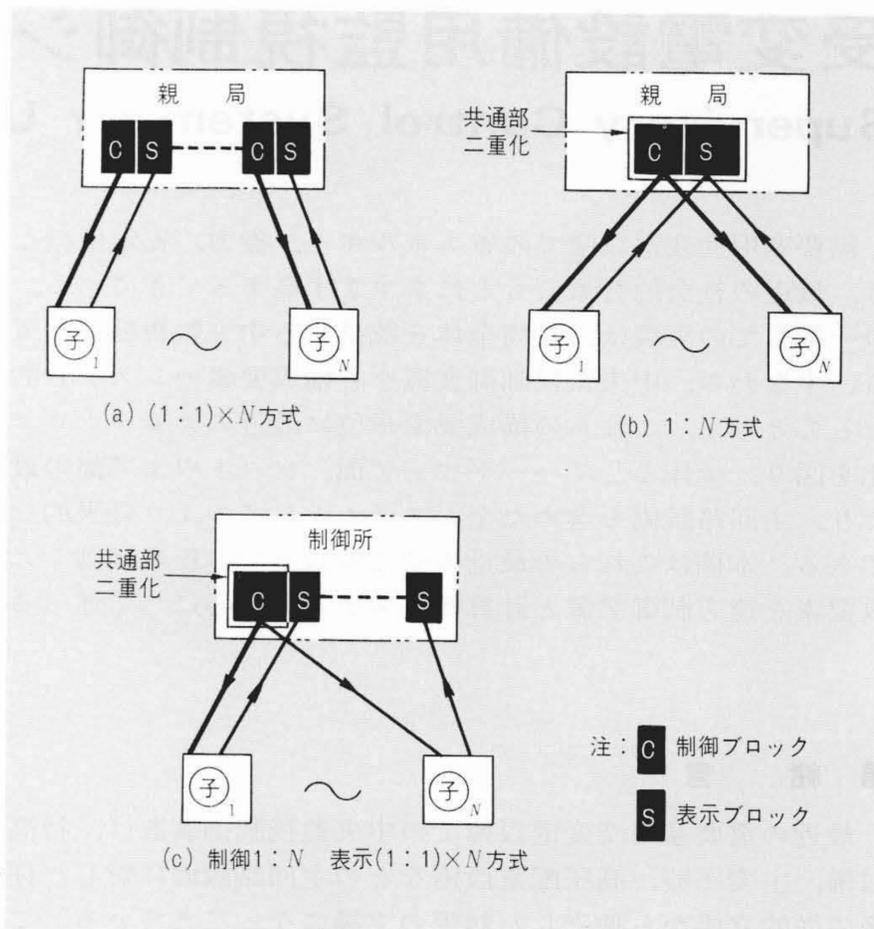


図2 集中遠方監視制御システム親-子対向方式 集中遠方監視制御システムの親-子対向方式には、三とおりの形態がある。

(3) 伝送路

親局と子局をつなぐ伝送路には、有線方式と無線方式がある。親局と子局間の距離が比較的短く、かつ高信頼度を要する場合は自家用専用線が用いられるが、一般的には日本電信電話公社特定通信回線が利用される。無線方式（多重多方向無線）は公共性が高く、かつ地震などの災害時に対象プロセスの運転を確保する必要がある場合に適用される。

(4) 集中監視制御システムの信頼性

1:N方式は親局装置が全子局に対して共通になっているので、親局装置の不具合が全対象システムの運転に支障を与える。このため、少なくとも親局側共通部の二重化を図らねばならない。伝送路は高価であるが、特に集中監視制御システムの高信頼性を要するシステムでは、伝送路二重化（2ルート）を検討しなければならない。

(5) マンマシンインタフェースの合理化

目に見えない遠方の対象プロセスを集中監視制御する親局では、子局から伝送される表示（機器の状態及び故障表示）及び計測情報を適切に表示して、運転員が迅速、かつ正確な判断ができるようにしなければならない。このため、監視制御項目の整理統合、代表表示による表示灯の削減、選択制御、選択計測方式の採用などによって、系統監視盤及び制御デスクの簡略化、小形化を図らねばならない。親局の業務合理化を図るため、制御用電子計算機の導入による記録、監視の自動化及び制御の自動化が積極的に推進されている。

(6) 制御用計算機システムとの協調

記録、システム監視などのデータ処理業務及び制御の自動化を制御用計算機に分担させ、本来の集中監視機能を遠方監視制御装置にもたせる方式が一般に採用されている。図3は日立集中遠方監視制御装置SPR-440Cの計算機との結合方式及び二重化方式の例を示したものである。

SPRシリーズは日本電機工業会標準規格(JEM-1337)に基本仕様を準拠させ、また集積回路(IC)を効果的に採用し

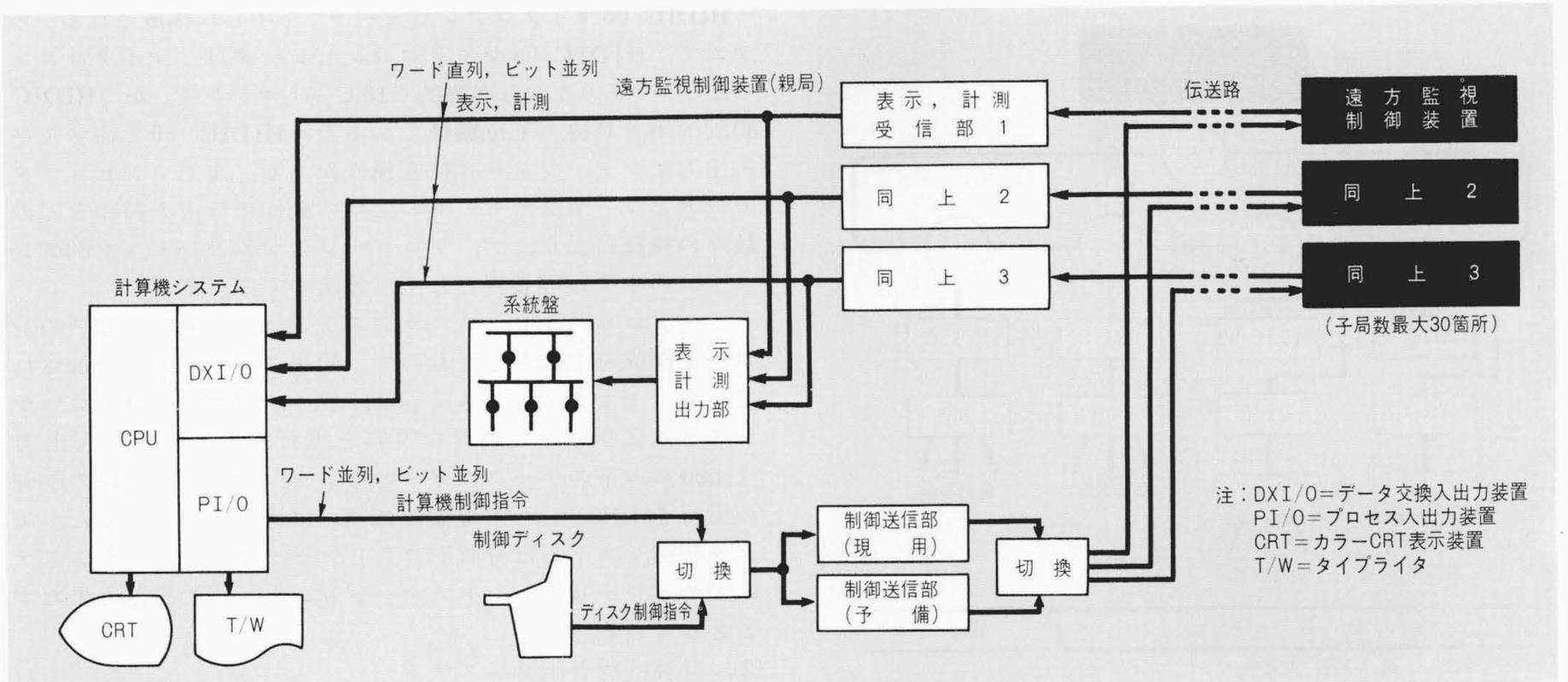


図3 制御用コンピュータを導入した集中制御システム 制御用コンピュータを導入して、処理業務の自動化、制御の自動化、及びカラーCRTによる監視の合理化を行なっている。

た小形、かつ高信頼度なデジタルサイクリック式遠方監視制御装置で、その主な特長は次のとおりである。

- (a) 豊富な機種とファミリー構成を有する。
- (b) 情報伝送方式、符号構成及び回路ユニットとその入出力インターフェースが、統一思想のシステム構成より成る。
- (c) 徹底したモジュール化と入出力バス結合を採用により優れた拡張性を有する。
- (d) 豊富な機能とオプションを有する。

3.2 構内遠方監視制御システム

同一構内や場内の比較的近距離の場合は、3.1で述べた遠方制御方式のほかに、送信側と受信側を32ビットのユニット単位に信号伝送するユニット形信号伝送装置（Signal Transmission Unit（以下、STUと略す））が用いられる。STUは基本的にはサイクリックデジタル伝送方式であるが、送信側と受信側とを分離し、また32ビット単位にユニット化することにより回路構成、システム構成を簡略化している。図4にその外形を示す。STU方式は子局数が少なく、かつ一子



図4 STU(Signal Transmission Unit) 時分割多重送信/受信を用いた信号伝送装置で、1本のケーブルで32点伝送できる。

局当たりの情報量が20~50程度の中小規模の受変電所に適している。

3.3 データフリーウェイシステム

中央にHIDIC 80制御用コンピュータを設け、設備の計算機制御を行なう場合は、制御範囲の分散化と広域化及び制御のトータル化が著しくなる。入出力情報量が数百から数千に及ぶような場合は、データの流通、設備全体の運用効率及び工事費、保守費の点からデータフリーウェイ方式が適している。データフリーウェイ方式は図5²⁾に示す方式で、1本の同軸ケーブルによる共通母線（フリーウェイ）をループ状にめぐらし、このフリーウェイを通じて各機器と接続する。そのため、各リモートステーションが中央コンピュータのリモート入出力装置となり、全体を一つの拡大化されたコンピュータシステムのようになり、高速性、拡張性が得られ、負荷に対するコンピュータ制御をより直接的に行なうことができ、また他のファミリーなローカルコンピュータとリンクし、コンピュータネットワークを構成することができるため、高信頼度を必要とする大規模システムに適している。

4 計算機制御システム

4.1 機能と分類

受変電設備での計算機制御システムの役割は、省エネルギー、省力化の中核であり、特にCathode Ray Tube（以下、CRTと略す）を採用した集積的な中央監視システムの出現により、省スペースの観点からも見直され、近年その導入は盛んになりつつある。計算機制御システムの機能体系は主として、表1に示す如く情報サービスと自動制御より構成されるシステムの中核として使用する計算機としては、表1にも示すように設備規模及び処理内容により、HIDIC 08マイクロコンピュータ、又はHIDIC 80制御用コンピュータが用いられ、そのシステムはデータロガーコントローラシステム、モニタ制御システム及び計算機総合制御システムに分類することができる。

- (1) データロガーコントローラシステム及びモニタ制御システム

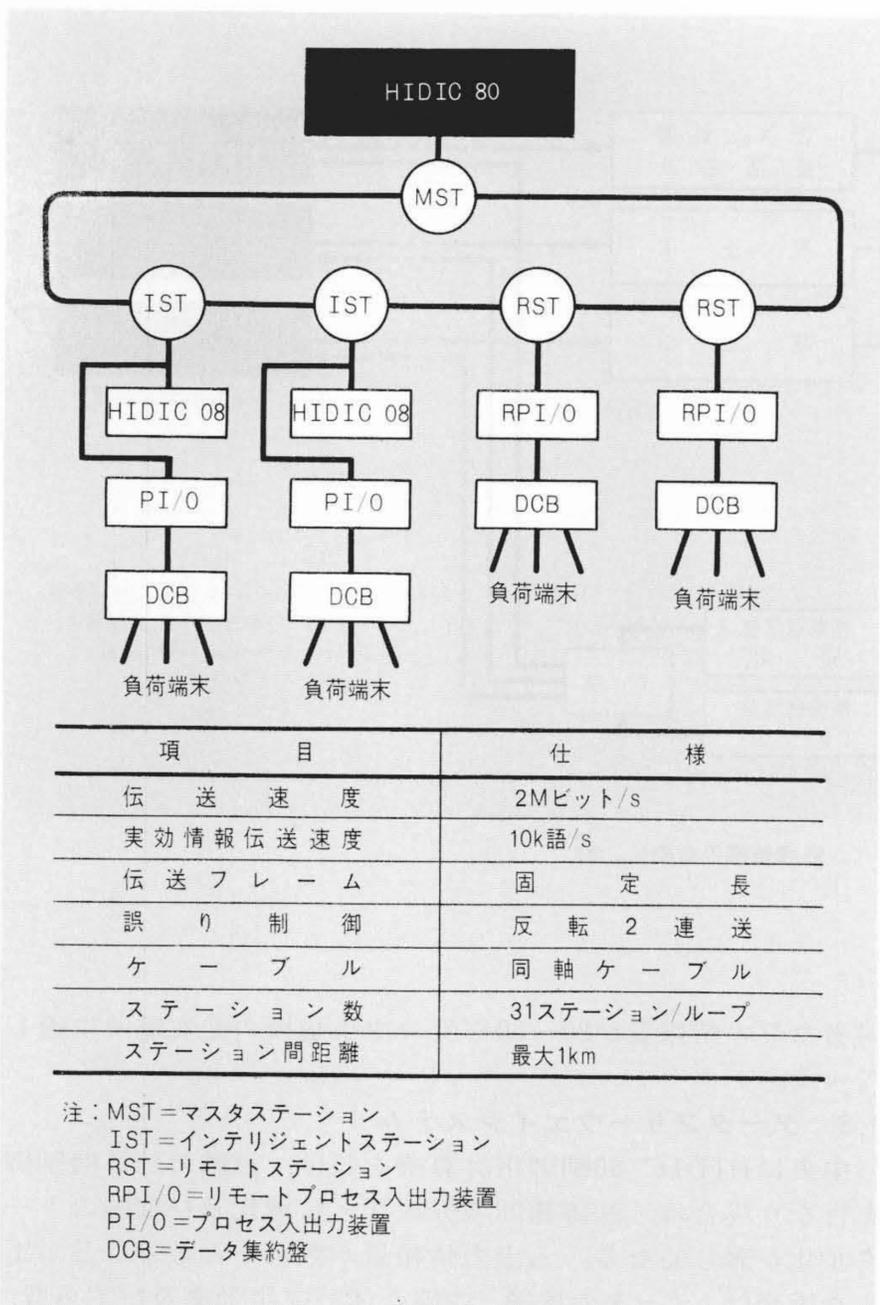


図5 データフリーウェイ方式 1: N式データフリーウェイの原理接続と仕様を示す。

HIDIC 08マイクロコンピュータ³⁾を中心に構成されるシステムで、HIDIC 08マイクロコンピュータは、マイクロコンピュータでありながら本格的な16ビットマシンで、かつHIDIC 80制御用計算機の下位機種であるためHIDIC 80と命令及び入出力インターフェースに互換性がある。またコンピュータモードとシーケンサモードの二つの動作モードを持つなどの数々の特長により、データロガーシステム及びモニタ制御システムの中央処理装置としては最適のものである。

データロガーコントローラシステムは、情報サービスのレポート作成を主体としたもので、簡単な電気制御が付加されている。モニタ制御システムは、データロガーコントローラシステムよりも更に高度な内容を実行するもので、入出力1,000点以下のデータロガーとモニタ、及び電気関係の制御の実行を主体とした中規模システムに適している。また、モニタ制御システムは分散形コンピュータネットワークシステムでのインテリジェントステーションとしての役割も果たすことができる。

(2) 計算機総合制御システム

入出力点数が1,000点以上の規模のシステムに適し、HIDIC 80制御用計算機を中心に構成された、いわゆる計算機制御システムで補助記憶装置を使用する。このシステムの特長は、表1にも示すようにCRT導入による高度のマンマシンシステムをそろえ、情報サービスの充実と、より高度で、かつ量的に質的に拡大された自動制御の実行を行ない、監視制御すべきシステム及び機器、プロセス量の大形化に対し、人間の負担にならぬようにする。また、データフリーウェイシステムや集中遠方監視制御システムと結合できること、コンピュータネットワークを用いた分散形システムが形成できることなどにより、大規模な負荷設備に対し、容易に対処できる拡張性、追従性のあるシステムを形成できる。図6に大規模計算機総合制御システムの一例を示す。

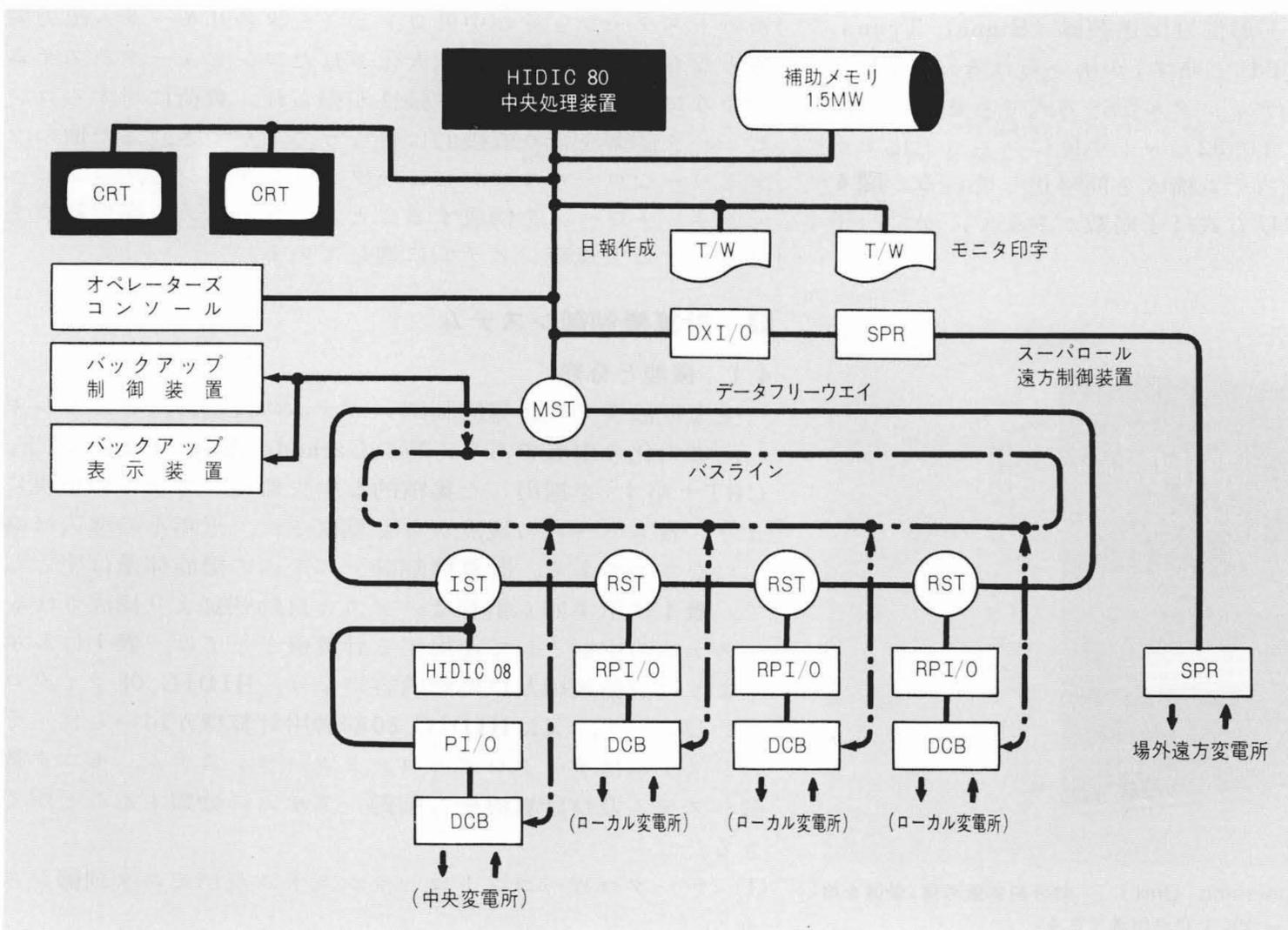


図6 大規模計算機制御システム データフリーウェイ、集中遠方制御方式を用いた大規模計算機制御システムを示す。

4.2 計算機制御システムとソフトウェア

計算機制御システム建設上の問題点は、ソフトウェアの開発にあることが広く認識されている。プラントごとに異なる施設の仕様に従って、異なるロギングやCRT表示フォーマット、及び制御方式の多様性に適合するプログラムをそのつど開発することは大量のマンパワーを必要とし、開発期間の長期化を惹起するとともに、プログラムの質によりシステムの信頼性が左右される。

このようなソフトウェアネックに対処するため、受変電設備監視制御向けソフトウェアストラクチャ(構成)を開発し、短期間内に高信頼システムを提供している。

この受変電向けソフトウェアストラクチャは、プログラムパッケージ部とプラント仕様部から構成され、施設ごとに異なる機能に対応してプログラムパッケージ群から必要なプログラムを編集し、ロギングフォーマットやCRT表示フォーマットなどの仕様部分は空欄穴埋め方式で記述する問題向き言語(POL)を採用している。

表2に代表的パッケージを示す。

本ストラクチャの特長は次に述べるとおりである。

- (1) 実績のあるシステムであるため、プログラム不良がなく高信頼性を持っている。
- (2) 受変電施設監視制御に必要な機能を豊富に持っている。
- (3) プラントデータベースとして分単位のデータを2時間分、時間単位データを2日分、日単位データを2箇月分標準的にサポートしているため、タイプライタ故障時の再打出しやトレンドデータの表示など多くの用途を持っている。
- (4) CRT表示は、オペレータの思考順序に従ったオーバビュー表示、ディテール表示、及びトレンド表示の3段階方式であるため、優れた監視性を持っている。
- (5) 機能プログラムと仕様テーブル部が分離されているため、増設時は仕様テーブル部の増設だけでよくシステムの拡張性が高い。
- (6) ドキュメント類が標準化され、かつ整備されているため、打合せ回数が少なく、かつソフトウェア開発期間が短縮される。

5 表示装置

5.1 表示器によるもの

産業用受変電設備だけでなく、あらゆる分野の設備が巨大化、複雑化している現在、設備の管理はますます省人化、高度化を要求されるため、監視機能は高集約によるコンパクト化を図り高度なマンマシンコミュニケーションを実現させる必要がある。

(1) グラフィックパネル

監視盤のコンパクト化を図るためには、グラフィックパネルを大幅に縮小する必要がある。この目的のために、発光ダイオードを表示器として用いた写真製版製によるエッジング式グラフィックと、縮小形モザイクブロックによるモザイク式グラフィックがある。発光ダイオードは小形、長寿命で発熱量が少なく、しかも小電流で高輝度が得られ、ランプと同じように簡単にソケットに着脱可能なものが使用されるが、電流制限用に直列抵抗を用いなければならない。写真製版製エッジング式グラフィックは、黒色に銀梨地の洗練された色彩であり、縮小化のため小形デザインに重点をおくビル用に主として用いられている。モザイク式グラフィックは色彩調節が任意に可能であり、モザイクブロックの集合体のため拡張性に優れており、数回にわたり増設を行なうことの多い上下水道用受変電設備に多く用いられている。

表2 計算機制御プログラムパッケージ代表例 豊富な機能をもつパッケージ化されたプログラム群の採用により、高信頼性をもつソフトウェアが短期間で完成される。

パッケージ名	機能	仕様決定
PM (プロセスモニタ)	プロセス情報(アナログ、デジタル、パルス入力)を取り込み、データ検定、補正を行ない、分単位、時間単位、日単位のデータを整理する。	・パルス仕様 ・デジタル仕様 ・アナログ仕様など
TMM (テレメータモニタ)	テレメータよりリンケージを行ない、各種の異常検定を行なった後、正しいデータをPMへ渡す。	・回線数 ・子局仕様など
FILE (ファイル処理)	PMよりデータを受け積算値、平均値を計算し、時間単位、日単位データをファイルし、プラントデータベースを作成する。時間単位データは2日分、日単位データは2箇月分をファイルし、タイプライタ故障などのフォーマット再生を可能にする。	
CRTSG (CRT表示)	・オーバビュー表示(プラント全系のグラフィック表示) ・ディテール表示(プラント一部の詳細グラフィック、及び計測量のバー表示) ・トレンド表示(計測量4点又は8点のバー表示と計測量1点の分単位、時間単位、日単位のトレンド表示)	・グラフィックパターンなど
LOGR (日、月報)	時単位、日単位、月単位のデータを指定されたフォーマットで打出す。また、途中印字、時間幅印字、日印字などのデマンド記録を行なう。	・印字フォーマット ・項目の単位など
LOGE (故障、記録)	PMで検出されたプロセスデジタル値の変化、各種異常を発生しつつ一行印字する。	・印字フォーマット
状態変化 CTLパッケージ部 (制御)	・SC投入しゃ断計算 ・SC号機選択 ・デマンド監視制御 ・シーケンス制御 ・SPC制御	・機器台数 ・機器仕様 ・上下限值 ・計測信号名など
POC (オペレーターズ コンソール)	・システム指令、時刻較正 ・プロセス仕様変更 ・各種データ入力 ・印字、CRT切替起動	・盘面仕様 ・操作仕様

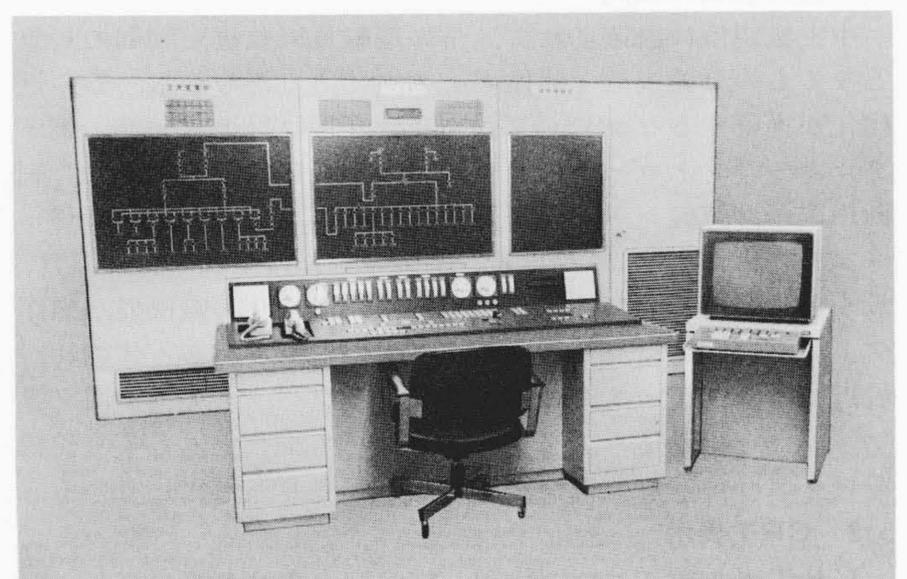


図7 中央監視盤と操作ディスク 発光ダイオードを用いた表示装置と写真製版式エッジング式グラフィックから構成された監視盤及び操作ディスク、CRTが併用されている。

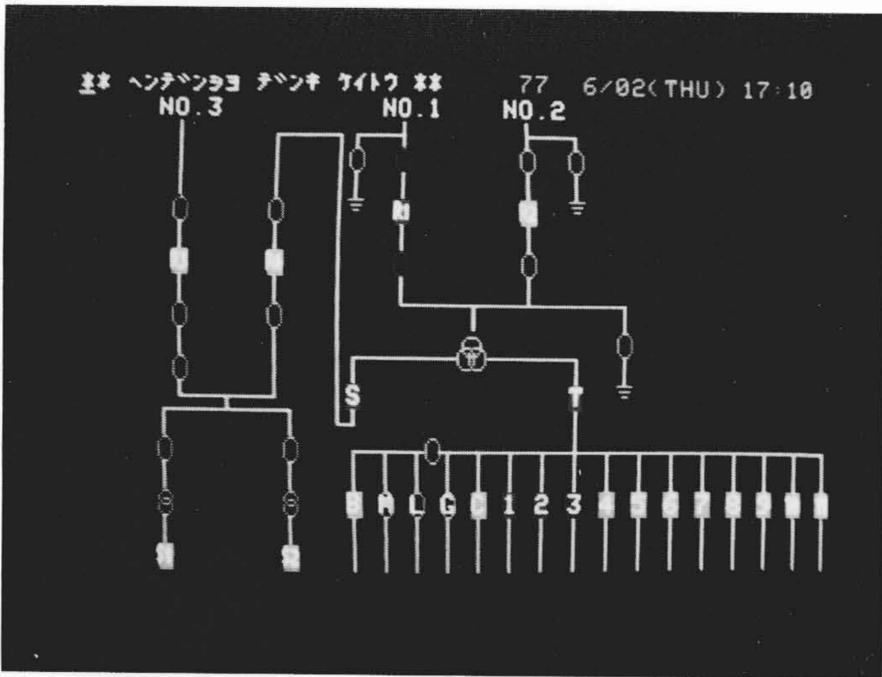


図8 オーバビュー表示 全施設をマクロ的にCRT表示し、プラント全体の監視を行なう。

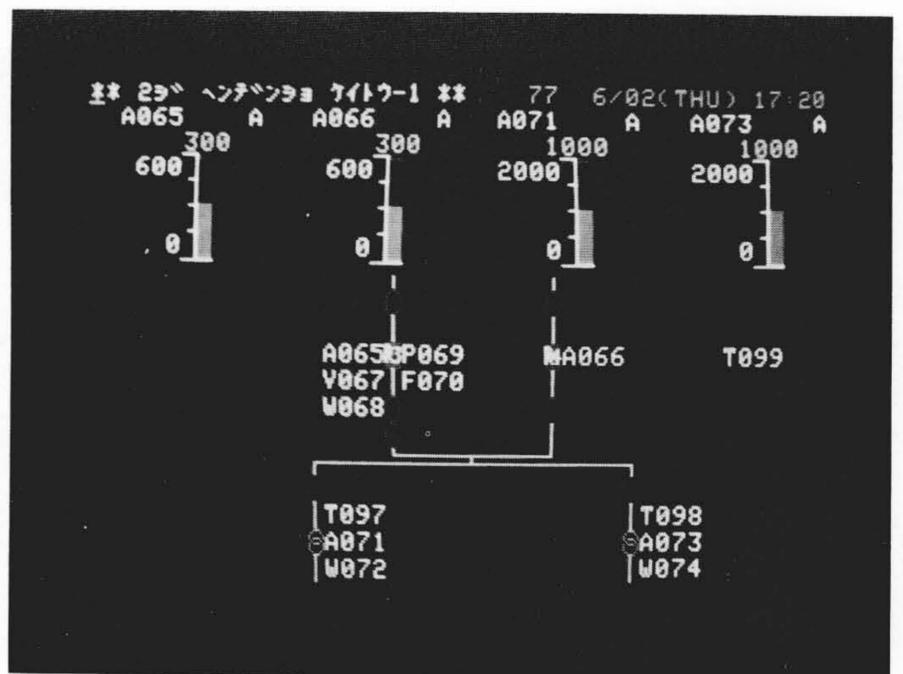


図9 ディーテイル表示 施設の一部を詳細表示する。アナログ表示は画面の上部に4又は8点表示され、監視性を高める。

表3 CRT表示方式 プロセス監視にはオーバビュー、ディーテイル、トレンドと3段階の表示方式を採用し、監視性を向上している。

分類	画面区分	表示内容
プロセス監視	オーバビュー表示	(1)施設全体をマクロにグラフィック表示 (2)1画面で最大16施設を表現できる。 (3)故障発生で該当施設フリッカ
	ディーテイル表示	(1)オーバビュー表示の各施設内部機器状態の詳細グラフィック表示 (2)上段にアナログ値を4又は8箇バー表示。下段にグラフィック表示
	トレンド表示	上段にアナログ値を4箇又は8箇バー表示。下段に分、時、日単位データをトレンド表示
コントロール表示	デマンド監視	(1)デマンド規制値と実績トレンド及び予測トレンド (2)デマンド規制値オーバ予測でアラーム
アラームリスト	アラームリスト	機器故障リストを表示
システム表示	ループスペック	上下限值, SPAN, BIAS, SCANあり, なしなど設定。SV, PV表示

(2) 盤の形状の傾向

中央監視室に設置されて、常に運転員の監視、制御の対象となるものは監視盤と操作ディスクである。しかし、盤の近代化が進行するなかで、プログラマブルコントローラ、データロガーコントローラの適用が増大し、CRTを駆使した制御用電子計算機システムが採用されるに至っては、単にバックアップ装置とみなされ監視、制御のための盤面取付器具は、最小限必要なものだけにとどめる傾向にあり、監視盤、操作ディスクは図7に見られるように大幅にコンパクト化され、最近では操作ディスクの中にCRT及びバックアップ用グラフィックを組み込み、グラフィックパネルを主体とした監視器具を取り付けた監視盤を省略した装置も実用化している。

5.2 CRT表示

CRT表示方式はマンマシン性を向上させたオーバビュー方式を採用している。

この表示方式は、プラントの全施設をマクロに表示するオーバビュー画面、オーバビュー画面の一部を拡大し、施設の

詳細を表示するディーテイル表示、及びプラントデータの傾向を把握するためのトレンド表示から構成される。

図8にオーバビュー表示例を、図9にディーテイル表示例を示す。

常時はオーバビュー表示して施設全体の状態監視を行なっておく。

施設に故障が発生した場合は、該当施設に相当するオーバビューの部分にブザー鳴動とともにフリッカするため、オペレータはCRT画面上に対応した画面選択押しボタンを操作することにより該当施設の詳細グラフィック、及びアナログ表示が得られ、故障機器又は異常データの詳細をグラフィカルに把握することができる。

また、オペレータがある操作量に関し操作を行なおうとする場合、該当データのトレンド表示を要求するケースが多い。

これに対処するため、前述したようにプラントデータベースを標準的に持ち、オペレータの要求により分単位のデータなら60分まで、時間単位データなら1日分まで、日単位データなら30日分まで、すべてのデータに対し表示可能としている。

このほかの各種CRT表示を表3に示す。

6 結 言

以上述べたとおり、産業用受変電設備の監視、制御装置は、エレクトロニクスの発展とともに大幅に電子化され、様相を変えようとしている。今後この種の設備が企業規模の増大に伴い、ますます大形化、多用化される傾向をたどると考えられるが、最小の投資で省人化、省エネルギー化を図り監視効率の向上を目指したできるだけシンプルなシステムを提供していかなければならない。そのためには、ハードウェア、ソフトウェア両面のモジュール化と標準化とを進め、使いやすくするとともに、システムとしての信頼性、安全性との協調を図りながら開発を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 加藤ほか3名：下水道における計算機制御システム、日立評論, 58, 475 (昭51-6)
- 2) 平子ほか5名：制御用計算機ネットワークシステム、日立評論, 58, 491 (昭51-6)
- 3) 今井ほか5名：制御用マイクロコンピュータHIDIC 08, 日立評論, 59, 397 (昭52-5)