集中遠方監視制御特集

最近の集中遠方監視制御の動向…… 73

日立集中遠方監視制御装置スーパーロール シリーズ…… 78

電力系統における遠方監視制御システム…… 83

上水道における遠方監視制御システム…… 87

日本道路公団下関管理事務所向け 高速道路集中遠方監視制御システム…… 91

集中遠方監視制御特集要旨

最近の集中遠方監視制御の動向

電力系統，高速道路，上下水道などの分野においては，システム運用の合理化と省力化に対する要求が増大するにつれて，遠方監視制御装置の適用がますます盛んになった。最近ではその適用範囲が拡大，多様化した結果，遠方制御システムの形態としては1個所の中央制御所から多数の遠隔地点を管理する集中制御が多くなっている。

本稿では，本特集に盛られた数編の論文に先立って，集中遠方監視制御システムの最近の動向について述べている。まず，いくつかの代表的分野への応用が概説され，次いで最近の遠方監視制御システムの新技術，特徴，設計面の配慮などが述べられている。

日立集中遠方監視制御装置 スーパーロール シリーズ

最近，運転の合理化，省力化を行なうために遠方の設備を無人化する遠方制御技術が広範囲に適用されるようになった。適用範囲が拡大するにつれて，大容量化，仕様の多様化及び高信頼度化が要求され，また電子計算機を用いて処理業務の自動化も併せ行なうようになってきた。今回，ＩＣ（集積回路）化の遠方監視装置スーパーロール シリーズを開発し上記ニーズに対応できるようにした。

電力系統における遠方監視制御システム

電力系統の遠方監視制御は，従来配電用変電所及び小容量水力発電所が主対象であったが，最近その範囲が超高圧変電所や大容量水力発電所へ拡大してきた。これに伴って遠方監視制御システムでは制御，表示，計測の大容量化，多数の発・変電所の集中制御化及びシステム信頼性向上の諸対策が図られている。

上水道における遠方監視制御システム

上水道設備は原水を取水する取水場，薬品により沈殿，ろ過し飲料水とする浄水場，広域に散在する各需要家に必要に応じ水を供給する配水場などにより構成されている。

各設備は水位，流量などを監視し，弁，ポンプの制御を行ないながら需要家に安定した水の供給を行なう。このような上水道設備に対しては，運転の合理化，省力化を目的とした集中遠方監視制御システムの導入が有利である。本システムを電子計算機と結合して自動運転，データ処理を行なうことにより，より高度の自動化，集中管理化を行なうことができる。

日本道路公団下関管理事務所向け高速道路集中遠方監視制御システム

高速道路にはトンネル，インターチェンジ，サービスエリア，橋梁などの諸施設が多数設置されており，これらの施設には，道路利用者の安全確保と交通流の円滑化を図るため，換気，照明，防災，交通管制標識及びこれに必要な受配電設備が設けられている。これらの各設備を合理的に管理するため集中制御を行なうようになってきた。

このたび，日本道路公団下関管理事務所に集中遠方監視制御システム一式を納入したが，これは対象設備21個所からなる大規模なもので，電力設備のほか交通管制設備の集中制御を行なうようになっており，遠方監視制御装置と電子計算機を導入したCathode Ray Tube（CRT）ディスプレイ表示やタイプライタ記録など業務の合理化も行なっている。

U.D.C. 654.93:62-519:621.398

最近の集中遠方監視制御の動向

Recent Trends of Centralized Supervisory Control Systems

黒木正明* *Masaaki Kuroki*
小林一彦* *Kazuhiko Kobayashi*
原田寿明** *Toshiaki Harada*

The rising needs for streamlined system operation and manpower saving has led to an extensive use of supervisory control equipment in such fields as power systems, freeways, water supply systems and sewerage. The recent widespread and diversified utilization of it has involved the growth of centralized supervisory control systems in which operation of many remotely located stations is controlled at the control center. This paper describes the recent trends of centralized supervisory control systems. A brief review is given on their applications to a few typical fields. Also discussed are the state-of-the-art developments, features, and some design considerations of the current supervisory control systems.

1 緒　言

電力系統及び一般産業システムにおける設備運用の合理化と省力化の観点から遠方監視制御の採用がますます盛んになり，最近ではその適用対象は電力系統における大容量発変電所，あるいは高速道路，上下水道など大規模公共設備へと拡大している。これに伴って，監視制御システムの形態は大形化，多様化するとともに，地域ないしは系統別グループを対象とした集中制御方式，あるいは更にこれらを統合した総括制御へと移行しつつある。

このようなシステム レベルの動向に対して，遠方監視制御装置としては，従来主流を占めてきたトランジスタ式に代わって，最近では発展の目覚ましい集積回路（以下，ＩＣと略す）技術を駆使した高性能，高信頼度の装置が開発改良されるとともに，制御用計算機，ＣＲＴ（Cathode Ray Tube）ディスプレイなどの導入によりシステムのコスト パフォーマンス，マン マシン インタフェースも急速に改善されつつある。

日立製作所はこのような市場動向と技術的背景をふまえ，従来よりのサイクリック式遠方監視制御装置，サイクリックディジタル情報伝送装置（以下，ＣＤＴと略す）[1]-[3]，１：Ｎ形集中遠方制御装置[4]などの実績を生かして，新形遠方監視制御装置スーパーロール シリーズを開発した。

本稿は最近の遠方監視制御の動向について述べたもので，日立スーパーロール（SUPERROL）シリーズの設計思想と装置構成及び各分野における適用例などについては，別論文として紹介する。

2 遠方監視制御の適用分野

遠方監視制御の適用対象として歴史的にも量的にも最も代表的な分野は電力系統であるが，最近ではその他の分野においてもシステム的運用と省力化が必要になるにつれ，遠方制御ないし集中制御が要求されるようになった。**表1**は代表的な適用対象をまとめたものである。

表１　遠方監視制御の代表的適用対象　遠方監視制御が適用される代表的分野，対象及び主な監視制御項目を示す。

Table I Major Applications of Supervisory Control Equipment

適用分野	適用対象	主な監視制御項目
電力系統	小(中)容量水力発電所	発電機起動停止制御 しゃ断器，断路器開閉制御 負荷調整，電圧調整 各種故障表示，計測
	配電用変電所	受電，配電しゃ断器，断路器開閉制御 電圧調整 配電線故障区間，各種故障表示，計測
	大容量水力発電所	発電機起動停止制御 しゃ断器，断路器開閉制御 発電機出力数値制御 ゲート制御 各種故障表示，計測
	一次(二次)変電所	受電，送電しゃ断器開閉制御 電圧調整 各種故障表示，計測
電気鉄道	電鉄変電所	受電，き電しゃ断器，断路器開閉制御 整流器運転制御 各種故障表示，計測
高速道路	受変電，自家発電設備	受電，配電しゃ断器開閉制御 自家発電機運転制御 各種故障表示，計測
	トンネル換気設備	送風機運転制御 煙霧透過率，CO量計測
	交通管制，照明設備	電光標識制御 照明灯制御 車両台数計数
	防災設備	火災報知器監視 消火装置操作
上下水道	上水道設備	ポンプ，バルブ，ゲート制御 流量，水圧，水位，水質計測 受変電設備監視制御 各種故障表示，計測
	下水道設備	ポンプ，バルブ，ゲート制御 流量，水圧，水位，水質計測 受変電設備監視制御 各種故障表示，計測

* 日立製作所大みか工場　** 日立製作所機電事業本部

2.1　電力系統における適用

電力系統の運用は**図1**に示すとおりで，中央給電指令所を頂点とし，この下に系統ないし地方給電指令所，更に，遠方監視制御システムの中心としての集中制御所が位置し，それぞれのレベルに対応した電気所が管理されている。このようなハイアラキ システムにおいて，遠方監視制御の代表的適用対象は水力発電所と配電用変電所であるが，最近では制御装置全般の信頼度が向上した結果，大容量発電所及び一次変電所などへの適用が増加する傾向にある。遠方監視制御装置の機能は適用対象が異なっても本質的には同じとも言えるが，水力発電所における発電機出力指令値，変電所における配電線故障区間などそれぞれ特有の制御，あるいは表示計測情報があり，また電気所の主機側機器構成の標準化の程度も異なるので，現実には適用対象の種別ごとにそれぞれに適した形で採用されている。

なお，発変電所向け遠方監視制御装置に関して電気協同研究会にて定められた仕様[5][6]は以後の電力のみならず一般産業向け遠方監視制御装置の基本仕様となっている。

2.2　高速道路における適用

道路設備への遠方監視制御装置の適用例として，古くは昭和33年の関門トンネルの例[7]があるが，昭和38年7月に名神高速道路が開通して以来，高速道路への遠方監視制御の適用は急速に広まってきた[8]~[10]。

高速自動車道においては，特に交通安全の見地より，道路に沿って点在する多数の設備の迅速的確な管理が要求され，このため一般に集中制御の形態がとられている。また，監視制御の対象機器としては，受変電，自家発電設備のほかにトンネル換気設備，交通標識及び照明設備，防災設備などがあり，これらは他の応用分野にはない特徴と言える。

2.3　上下水道における適用

近年，全国的都市化対策の一環として上下水道整備の重要性は急速に高まり，このため関連設備の整備拡充が進められているが，これらの合理的運営のために遠方監視制御の適用もますます盛んになってきた。

上水道システムは取水場，導水ポンプ場，浄水場，配水池送水ポンプ場，配水管路網などより構成され，通常，浄水場を制御所とした集中制御システムが採用されることが多い。主な監視制御項目としては，受変電機器及びポンプ，ゲート，バルブなどの制御項目並びに水位，流量，水質などの監視項目がある[11][12]。

一方，下水道においては下水処理場，雨水及び汚水中継ポンプ場などが監視制御の対象であるが，遠方監視制御システムとしては一般に処理場を制御所とし，中継ポンプ場を被制御所とすることが多い。監視制御項目としては上水道システムに準じ，ポンプ，バルブなどの運転項目及び汚水量，雨水量，水質などの監視項目が主なものである[13]。

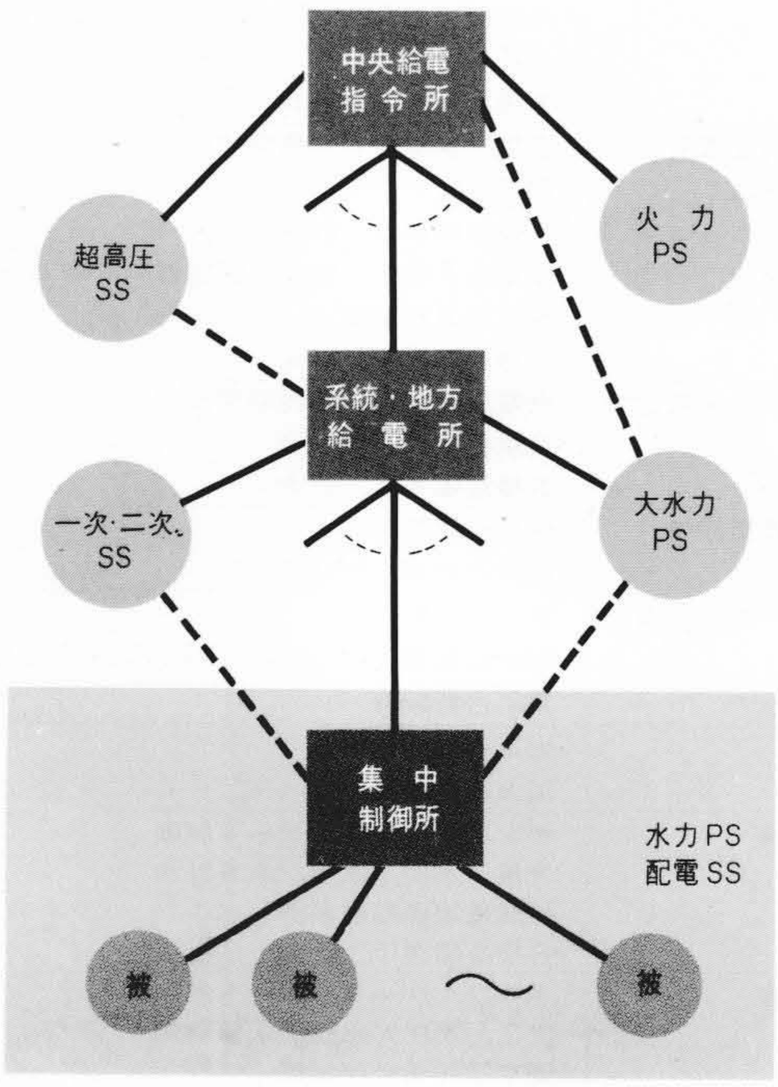


図1　電力系統における遠方監視制御システム　電力系統運用システム及び遠方監視制御システムの位置付けを示す。

Fig. 1 Supervisory Control System in the Field of Power System

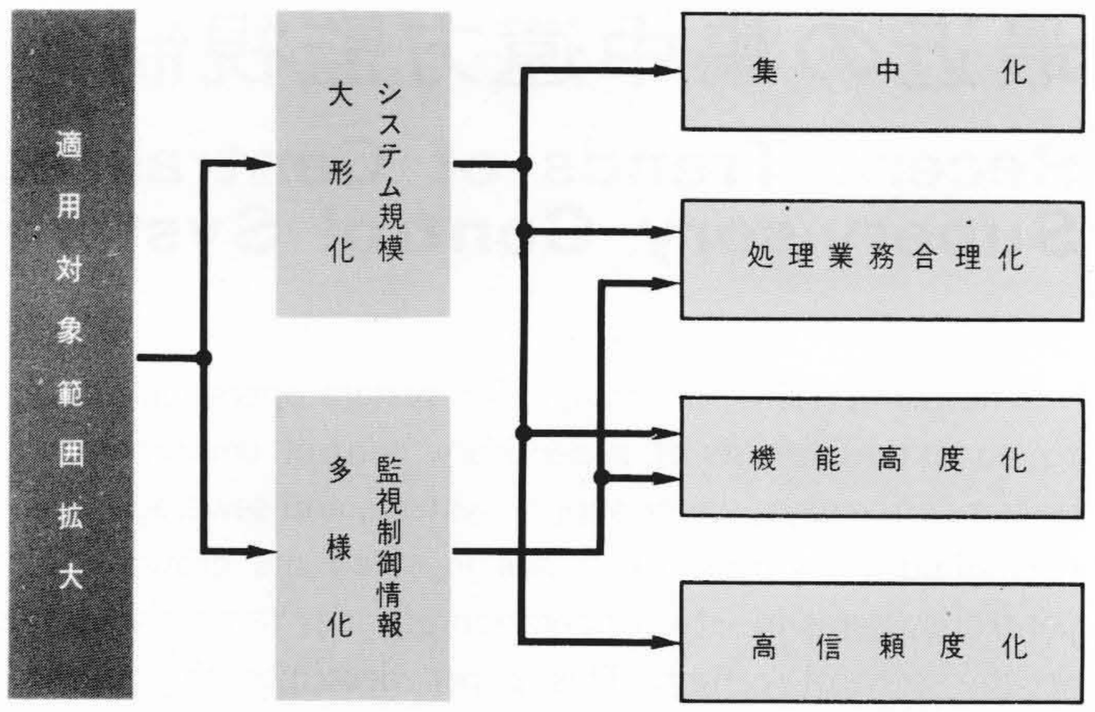


図2　遠方監視制御システムの一般動向　遠方監視制御装置の適用範囲が拡大するにつれ，処理性，機能面など種々の面での改善が要求されるようになった。

Fig. 2 General Trends of Supervisory Control Systems

3　遠方監視制御システムの動向

遠方監視制御システムの適用対象範囲が拡大されるにつれて，監視制御情報は増大，多様化し，システム規模も大形化する傾向にある。このような市場動向を背景として，最近の遠方監視制御システムは**図2**に示すように集中化が進むとともに処理性，機能，信頼性など種々の面からの改善が進められている。

3.1　集中化

遠方監視制御システムの形態は，制御所と被制御所とが1：1で対応する個別制御方式と，1個所の制御所が多数の被制御所に対応する集中制御方式とに大別されるが，最近では既述したように集中制御の形態が多くなっている。

集中制御方式としては，**図3**に示すように，1：1形装置を多数組み合わせて（1：1）×N構成とする集合形，制御所装置を多数の被制御所に対して共通として1：N構成とする共通形及び両者の折衷とも言える制御1：N，表示（1：1）×Nの構成とするハイブリッド形とがある。**表2**はこれら3方式の比較を示すもので，システムを計画するに際し，被制御所の数と規模，要求される応答性などに応じて，主として経済性の見地より最適の集中制御方式が採用されるが，最近では共通形及びハイブリッド形が従来に比べて多くなる傾向にある。なお，**表2**に日立スーパーロールの適合機種を掲げたが，これらの詳細は本特集の別稿に譲る。

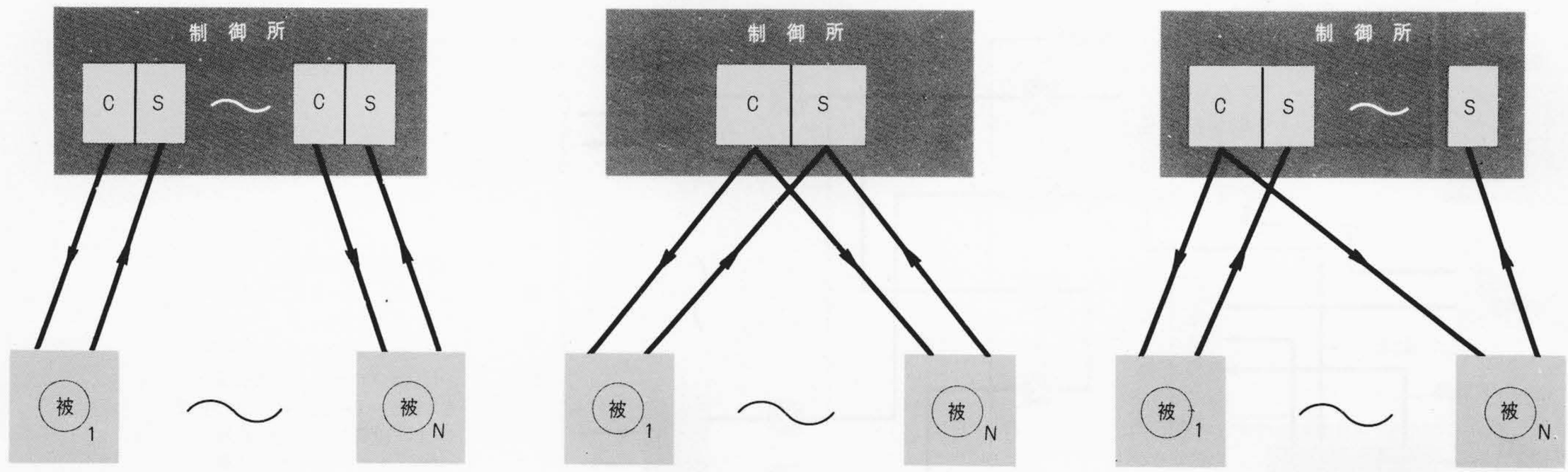


図3　集中制御システムの構成　　集中制御システムの構成には3とおりの形態がある。

Fig. 3 Configurations of Centralized Supervisory Control Systems

3.2 処理業務の合理化

遠方監視制御システムでは，人間とシステムとのインターフェースが制御所に集約されるため，特に，多数の被制御所を一括管理する集中制御システムにあっては制御所における処理業務の合理化が大切である。これに対しては，**表3**に示すように，監視制御項目の標準化と整理統合，監視盤（系統盤など），制御盤（操作卓など）の小形化，簡略化とともに，最近ではコスト パフォーマンスの改善が著しい制御用電子計算機及び周辺機器[14]の導入による監視，記録及び制御の自動化が積極的に推進されている。**図4**は電子計算機システムを導入した集中制御システムの一例を示したものである。

本システムにおいて，表示，計測（上り）情報及び数値（設定値）制御（下り）情報は，ワード直列，ビット並列のプログラム モード／スキャニング方式（DX I/Oインタフェース[15]），また，ON／OFF制御（下り）情報は，ワードごとビット並列のバスDI方式（PI/Oインタフェース）により，それぞれ電子計算機に入出力される。

3.3 機能の高度化

遠方監視制御装置の機能面での進歩として顕著なものは，**表4**に示すとおりである。適用対象が多様化して大容量設備の遠方制御が行なわれるようになった結果，被制御所1個所当たりの監視制御項目が数百点となるケースも多くなっている。このため，情報量の拡張が容易なCDT伝送フォーマット[1][3]の採用，IC及びプリント配線の活用による実装の高密度化などにより，大容量化が図られている。これとともに，伝送レスポンス向上のため，高速伝送が可能な600ないし1,200ボー回線の使用が盛んになり，更に，特定の情報を高速処理

表2　集中制御システム構成の比較　　最近では共通形及びハイブリッド形の適用が増加の傾向にある。

Table 2 Comparison of Centralization Structures of Supervisory Control Systems

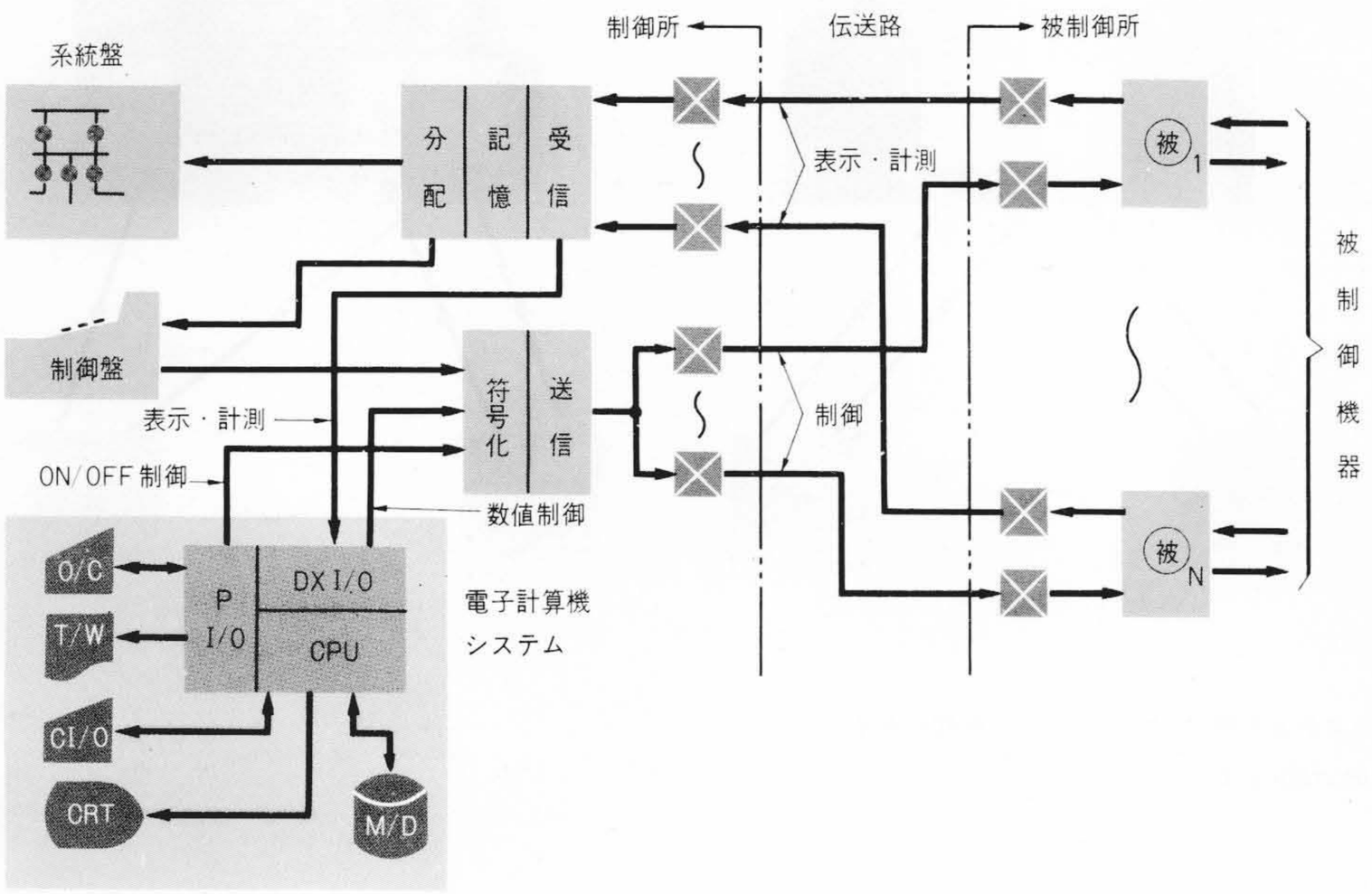
項目＼方式		(a) 集合形	(b) 共通形	(c) ハイブリッド形
経済性		被数個所以下では有利。	被6～9個所以上で(a)より有利。	被数個所以上で(a)より，10個所以下で(b)より有利。
信頼性		故障の波及が1個所に限定。	制共通部二重化により信頼度確保。	制操作回路二重化により信頼度確保。
機能	制御応答	◎*	△	○
	表示応答	◎	△	◎
	制 処理の集約化	△	◎	○
	制 他装置との接続性	△	◎	○
拡張性（増設・機能）		◎	○	◎
適用性		被の量的，質的標準化が困難なケースに適す。	被の標準化が可能なケースに適す。	最も一般性を有す。
スーパーロール**適合機種		SPR140C SPR320C SPR340C SPR360C	SPR730C SPR740C	SPR440C

注：* ◎は優，○は良，△は可を示す。
** スーパーロール（SUPERROL）機種名は，SPRと略称する。

表3　処理業務の合理化　　集中制御所におけるマン マシン インタフェースに主眼を置いて合理化が進められる。

Table 3 Streamlining of Management Measures

項目	内容
監視制御項目の標準化と整理統合	類似項目の一括表示 代表表示による表示灯の削減 選択表示による常時表示項目の削減 選択計測による指示計の削減
監視盤，制御盤の小形化と簡略化	スイッチ類の共用化 代表表示，選択表示・計測による盤面器具の削減 盤面器具の小形化
制御用電子計算機の導入	プログラム（スケジュール）運転 パターン制御 自動状態監視 自動記録（アラーム，ロギング） カラーCRTディスプレイ



注：⊠＝信号伝送装置
O/C＝オペレータズ コンソール
T/W＝タイプライタ
CI/O＝コンソール入出力装置
PI/O＝プロセス入出力装置
DX I/O＝データ交換入出力装置
M/D＝磁気ドラム記憶装置
CRT＝カラーCRT表示装置

図4　制御用電子計算機を導入した集中制御システム　ハイブリッド形集中制御システムに制御用電子計算機を導入することにより処理業務の自動化，カラーCRTによる監視の合理化が可能となった。

Fig. 4 Computer-Assisted Centralized Supervisory Control System

するための優先伝送機能が具備される場合もある。また，従来アナログ伝送への依存度が大きかったテレメータは，CDT伝送フォーマットの採用によりディジタル化され，情報伝送の一元化が可能になった。**図5**は制御情報，表示，計測情報それぞれの典型的な伝送フォーマット例を示したもので，これにより，ON／OFF指令最大100点，設定値1量，表示信号100点及び計測値10量の伝送が可能である。

3.4　高信頼度化

電力系統，その他適用対象システムの安定且つ高効率運転のために，遠方監視制御システムに対して要求される信頼度はますます高度化している。信頼度向上は大別して三つの面からの対策が必要であって，**表5**はこれらをまとめたものである。

高信頼度化の第一の課題はハードウェアの故障率低減であるが，最近ではＩＣ化，無接点化，あるいは品質管理の充実により故障率は従来に比べ大幅に低減されている。しかしながら素子故障を皆無にすることは不可能であるため，重要システムに対しては，稼動率向上の観点から装置の二重化，あるいは伝送路を2回線使用した2ルート伝送などのシステムダウン防止策が講じられるとともに，不稼動時間短縮のため試験機能の充実，回路ユニットのモジュール化などによる保守性の向上が配慮されている。

また，伝送回線上の雑音，その他の障害に基づく符号誤りによる誤表示あるいは誤制御を防止するために，**図5**のフォーマットに示したように，誤り検定符号を二重（表示，計測信号の場合）若しくは三重（選択操作信号の場合）に適用して伝送の信頼度を確保している。

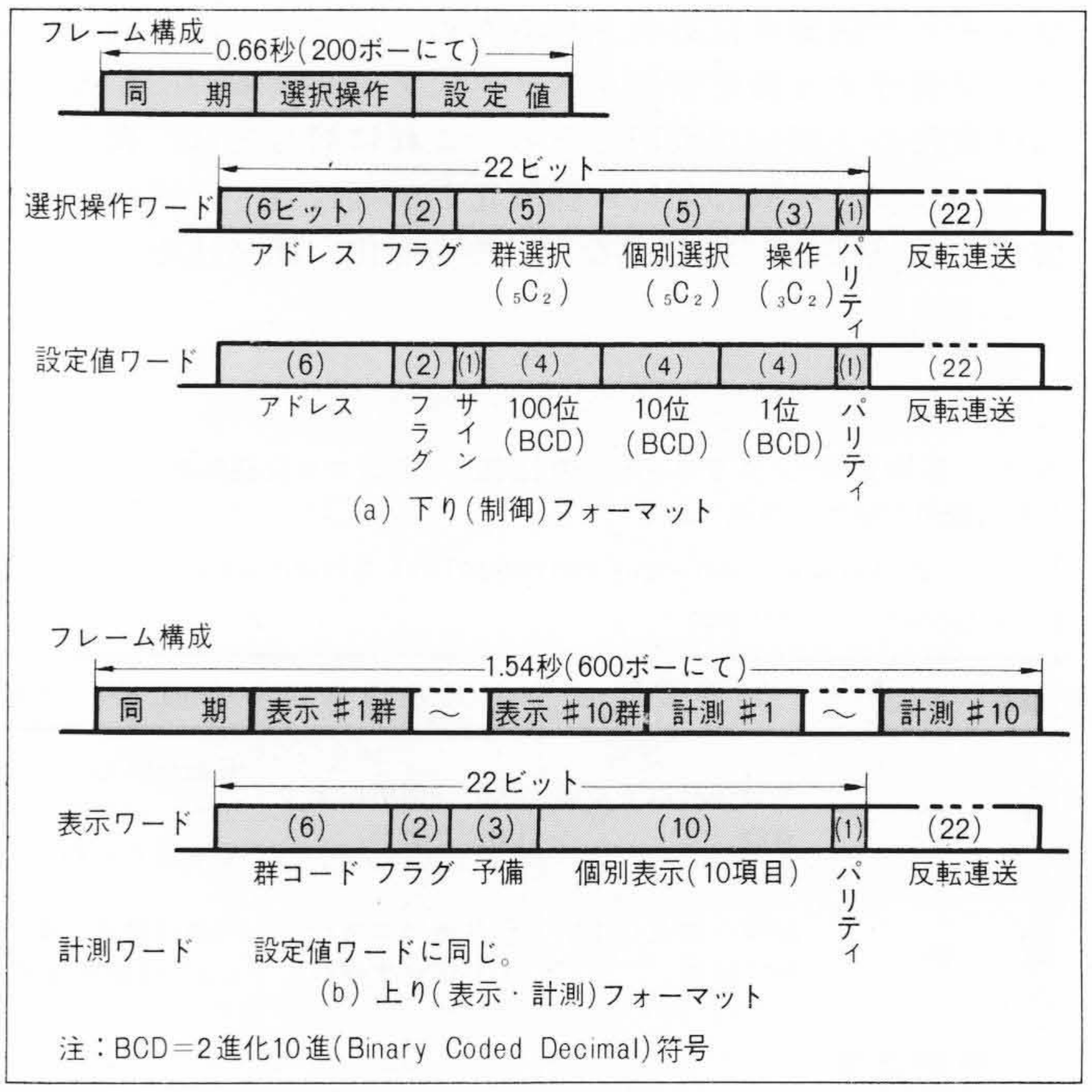


図5　遠方監視制御の伝送フォーマット例　CDT伝送フォーマットの適用により符号構成の拡張性が改善され，情報伝送の一元化が可能となった。

Fig. 5 Typical Example of Code Transmission Format for Supervisory Control

表4　機能の高度化　ハードウェア，符号方式両面からの改良がなされている。

Table 4 Improvement on Functions of Supervisory Control Equipment

項　　目	内　　容
大容量化	小形化，高密度実装（IC化，無接点化，プリント板化など） CDT伝送フォーマット適用
高速化	600ボー，1,200ボー回線使用 NRZ（Non-Return-to-Zero）符号採用 優先伝送機能具備
アナログ量伝送のディジタル化	ディジタル テレメータ化によるON/OFF情報伝送との一元化と回線有効利用 高精度化

4　結　　言

以上，最近の集中遠方監視制御について，その適用対象及びシステムの動向について述べた。

表5　高信頼度化　信頼度向上は大別して故障率，稼動率，伝送信頼度の三つの面から対処されている。

Table 5 Betterment of Reliability of Supervisory Control Systems

項　　目	内　　容
故障率低減	IC化 無接点化，プリント板化 エージング（初期不良除去） 信頼度管理（QC）
稼動率向上	装置二重化（デュアル又はデュプレックス） 2ルート伝送採用 トラブルシューティング性改善 パッケージ化（モジュール化）
伝送信頼度向上	誤り検定符号（パリティ検定，定マーク検定，連送照合など） 二重，三重チェック（パリティ検定＋連送照合など）

小規模発変電所の無人制御用装置に端を発した遠方監視制御装置は，適用範囲の拡大と回路技術の革新に支えられて発達し，今日では，電力その他の分野において情報伝送の重要な一翼を担うに至っている。また，多様化する情報の伝送と処理を円滑に行なうため，伝送システムはハイアラキ化されるとともに，伝送方式の一元化と情報の自動処理が推進される傾向にある。

終わりに臨み，日ごろ御指導いただいている関係各位に対し厚く謝意を表わす次第である。

参考文献

(1) 電気学会通信専門委員会：「サイクリック・ディジタル情報伝送装置仕様基準」 電気学会技術報告（I部），第91号（昭44-8）
(2) 岩田，小林：「関西電力株式会社納サイクリック・ディジタル情報伝送装置」 日立評論 **51**，811（昭44-9）
(3) 秋山，小林：「自動給電システム用サイクリック・ディジタル情報伝送装置」 日立評論 **52**，549（昭45-6）
(4) 中沢，渡瀬ほか：「東北電力株式会社納め発変電所集中制御システム」 日立評論 **54**，317（昭47-4）
(5) 電気協同研究会：「発変電所遠方監視制御（I）」 電気協同研究 第25巻 第3号（昭44-8）
(6) 電気協同研究会：「発変電所遠方監視制御（II）」 電気協同研究 第26巻 第2号（昭45-8）
(7) 三田：「関門国道トンネルの中央監視制御」 日立評論 **40**，1171（昭33-10）
(8) 竹原，小林ほか：「名神高速道路天王山・梶原トンネル換気装置の集中自動制御」 日立評論 **45**，1960（昭38-12）
(9) 小坂，原田：「首都高速道路千代田トンネル換気装置の総合集中制御」 日立評論 **47**，352（昭40-2）
(10) 原田，遠藤ほか：「東名高速道路富士～清水間電気設備の集中制御」 日立評論 **52**，564（昭45-6）
(11) 浜岡，大音ほか：「上水道総合管理制御システム」 日立評論 **54**，905（昭47-10）
(12) 原田，渡瀬ほか：「広域水道情報伝送システム」 日立評論 **54**，913（昭47-10）
(13) 大音，野北ほか：「下水道集中制御システム」 日立評論 **54**，919（昭47-10）
(14) 宅間，森田ほか：「制御用計算機特集」 日立評論 **55**，501（昭48-5）
(15) 中野，谷中ほか：「電力系統制御用データ交換システム」 日立評論 **52**，1142（昭47-12）

論文抄録

システム計画

日立製作所　三浦武雄

電気学会誌　92-11，1104（昭47-11）

技術革新に伴う社会の高度化，複雑化，広域化とともに，環境問題，資源問題の発生，価値観自体の変遷により，これを解決するシステムへの要求はまさに変身的な変化をとげつつある。これらは従来の経験によるところが少なく創造的であるばかりか，対象が物より社会，人の場合が多く，システム開発に当っては従来のような技術指向のみでは困難で，人間の価値観，社会のコンセンサスなど環境条件をふまえたアプローチが重要である。また長期にわたるものが多くシステマティックにフェーズを追った計画と予測評価などの計画手法が必要とされてきている。以上の観点からシステム計画が具体的なシステム設計を行なう前段フェーズとしてシステム開発の重要な位置を占めつつあり，種々の手法開発が進められている。本論文はこのような問題の技術総説である。

システム計画には計画の目標自体にやや幅を持つプログラム計画と，プログラム計画の結果目標が明確化し，それに対して具体的計画を遂行するプロジェクト計画がある。それぞれの計画のフェーズには目的分析，機能分析，システム合成，評価などのステップを設け，検討事項を明らかにし，いくつかの提案システムを目的にそって定量的に評価し，最終案を決定しやすくしている。

計画の段階はシステムに創造性を付加するフェーズとして手順とともに計画のためのシステム技法および手法（Tool）が重要な役割を果たす。プロセス制御を中心に発展したシステム制御の技法とともにOR理論，ゲーム理論など社会システムを対象とする最適化，適応化技法などが有効であるが，そのほかに環境，技術，需要などの予測手法，評価，意志決定を行なう評価手法など計画時に特に必要な手法がある。また数式的なアプローチだけでなく関連樹木表，クラスタ分析，デルタチャートなど図形表示による手法が有効に利用されている。

技術予測手法として直観的，探索的，規範的な手法のうち代表的なものについて特長，概要を紹介している。規範的な予測は将来のゴールを想定し，未来と現在の中間を埋める方法として革新的な変化を伴うような戦略的なシステムの予測に有効である。価値観の違い，社会の多様性などに対処した社会開発システムなど定量的，理論的取扱いの困難なものについては直観的予測が多く用いられている。評価には事前，中間，事後の評価があるがシステムのリスクが大になるに従い事前評価が重要である。また最近では技術再評価として技術開発に先立ってその社会に及ぼす影響を単に経済面のみに限らず，あらゆる分野への影響，特に負の効果を評価し人間福祉への貢献を意図した配慮が必要とされている。

最後にシステム計画に多くの実績をもつNASA（アメリカ航空宇宙局）で開発されたシステム技法を紹介し，このうちPATTERNは関連樹木法として今日広く用いられ，Phased Project Planning Guidelineはプロジェクト開発の標準パターンを与えるものとして注目されている。