

# MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報



Vol.53 No.10

電力系統集中制御システム特集

# 三菱電機技報

Vol. 53 No. 10 OCTOBER 1979

## 電力系統集中制御システム特集

### 目次

#### 特集論文

これからの電力系統制御	森 健・山田郁夫	705
最近の系統制御における基本応用ソフトウェア	志岐紀夫・宮西洋太郎・中川秀人・辻 俊彦	709
最近の給電所におけるデータ処理装置	中川秀人・片桐哲朗・後藤卯一郎	713
最近のLSIを用いた集中制御システム	辻 俊彦・永田慎二・流郷忠彦	718
最近の大規模集中監視制御システム	中川秀人・加賀赳寛・伊藤満夫・団 幸太郎・志岐紀夫	723
系統監視制御室のトータルデザイン	須山 勉	728

#### 普通論文

805 MVA 水車発電機用サイリスタ励磁装置——ベネズエラグリ第2発電所納め	合田啓治・実松良次・今井吉郎・筑田芳夫	735
工業用高速データウェーブシステム	橋本健治・菅野典夫・中島邦彦・吉良広文・諸富寿	739
低温用冷凍圧縮機の信頼性の評価法の開発	二川暁美・苗村康次・古川博一・大井手正彦	744
ホットガスデフロストシステム	古川博一・岩瀬進・川井治	749
新データ網接続端末のインターフェース及び試験装置	松永 宏・松田主税・鹿間敏弘・谷口順・齊藤幸夫	754
高遠感熱ファクシミリ《MELFAS》510	満田 浩・畠部悦生・富田悟・阿部正昭	759
縫製工程におけるマテハシ自動化システム	小川成夫・尾崎博規・森田 稔・米沢康夫	763
九州電力㈱西九州変電所納め 500 kV ガス絶縁複合開閉装置(GIS)	山口浩一・木佐貫滋・桑原 宏・松田節之・合志宏道	768
特許と新案		733
選択装置・絶縁導体の製造方法・陰極線管・半導体直流発振器		776
当社の登録実用新案一覧		773
スポットライト		
カーステレオコンポーネント用リニア IC・電気クッキングヒータ・石油ガス化業務用ファンヒータ・クッキングワゴン(表紙-3)		

## FEATURING CENTRALIZED CONTROL SYSTEMS FOR ELECTRIC POWER NETWORKS

### CONTENTS

#### FEATURED PAPERS

The Future of Electric Power System Control	Takeshi Mori & Ikuo Yamada	705
Recently Developed Primary Software for Electric Power System Control	Norio Shiki et al.	709
A New Data-Processing System in a Load-Dispatching Center	Hideto Nakagawa et al.	713
Recent Centralized Control Systems Using LSIs	Toshihiko Tsuji et al.	718
A Large Centralized Supervisory Control System	Hideto Nakagawa et al.	723
Designing an Operator-Oriented System Supervisory and Control Room	Tsutomu Suyama	728

#### GENERAL PAPERS

Thyristor Excitation Systems for 805MVA Hydro-Turbine Generators for Venezuela's Guri II Power Station	Keiji Goda et al.	735
A High-Speed Dataway System for Industrial Applications	Kenji Hashimoto et al.	739
Techniques for Evaluating the Reliability of Compressors for Cold-Storage Applications	Akemi Futagawa et al.	744
A Hot-Gas Defrosting System for Supermarkets	Hirokazu Furukawa et al.	749
A Terminal Interface for a New Data Switching Network, and Terminal Testing Equipment	Hiroshi Matsunaga et al.	754
The MELFAS-510 High-Speed Thermal-Printing Facsimile Transceiver	Hiroshi Mitsuda et al.	759
A System for the Automation of Material Handling in the Garment Industry	Shigeo Ogawa et al.	763
A 500kV Compound GIS for Kyushu Electric Power's Nishi-Kyushu Substation	Koichi Yamaguchi et al.	768

### 表紙

中部電力(株)岐阜地方制御所納め

大規模集中監視制御システム

巨大化、複雑化した電力設備を限られた要員で適切かつ効率的に運用管理する大規模集中監視制御システムを完成し、中部電力岐阜支店の構内にある岐阜地方制御所にて、昭和54年1月運転した。

三菱制御用計算機《MELCOM》350-50(主メモリ 112 KW)の2重系システムで、CRTディスプレーの効果的応用、データベース方式の採用など制御システムの規模としては約200電気所を集中化することが可能である。余裕のある、コンピュータが不可欠の時代の新鋭制御システムである。

### COVER

#### A Large-Scale Centralized Monitor and Control System for Chubu Electric Power's Gifu Area-Control Center

A large-scale centralized monitor and control system, designed to assure the effective management of increasingly large, complex electric power facilities by a limited number of personnel, was placed in operation in January 1979 in the Gifu Area-Control Center, located at Chubu Electric Power's Gifu Branch Office.

The duplex system using the MELCOM 350-50 process-control computer with a 112K-word main memory enables centralized control of approximately 200 substations through effective application of CRT displays and the adoption of the database system.

## アブストラクト

### これからの電力系統制御

森 健・山田郁夫

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P705～708

電力エネルギーの安定供給のために、給電運用制御には計算機が不可欠となりつつある。系統制御への計算機適用上の諸問題を述べ新しいハードウェア、ソフトウェア技術に触れて、これからの系統制御の研究課題を述べている。あわせて大規模な制御システムのプロジェクト推進管理システムも紹介している。

### 最近の大規模集中監視制御システム

中川秀人・加賀赳寛・伊藤満夫・団 幸太郎・志岐紀夫

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P723～727

巨大化した電力設備を限られた要員で適切かつ効率的に運用管理する大規模集中監視制御システムを完成し、中部電力株岐阜地方制御所に納入したので、その概要を述べる。《MELCOM》350-50(主メモリ112KW)の2重系システムで、CRTディスプレーの効果的な応用、データベース方式の採用、電気所設備、運用条件等をパターン化して、メモリ容量を節減した自動操作方式など、特色ある新技術について述べる。

### 最近の系統制御における基本応用ソフトウェア

志岐紀夫・宮西洋太郎・中川秀人・辻 俊彦

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P709～712

より使いやすい系統運用制御システムを実現するための特色ある基本ソフトウェア、基本応用ソフトウェアについて最近の傾向を述べる。オペレーティングシステム、システム運転管理ソフトウェア、CRT图形処理ソフトウェア、データベース メンテナンス ソフトウェアについて系統制御からみてどのような要求があるか、どのような傾向などを述べる。

### 系統監視制御室のトータルデザイン

須山 勉

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P728～732

電力設備が増大する結果、系統監視制御室の運転員はさらに高度でしかも正確な判断を行うことが求められている。このため従来どおり、ソフトウェアやハードウェアを単独の分野として検討するのではなく、人間の諸特性を中心とする総合的な考察が要請される。

人間工学とデザインの視点を含むトータルデザインを追求した系統監視制御室が1979年2月に運転したので、この報告をはじめて、これまでに行ってきた考察の内容について述べる。

### 最近の給電所におけるデータ処理装置

中川秀人・片桐哲朗・後藤卯一郎

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P713～717

需要の增大に伴い、年々拡大複雑化している電力系統の効率的な運用を図るために、給電所においても自動化が推し進められている。本格的な自動給電システムの導入までのつなぎとして、既設の自動記録装置の周辺装置を増強したデータ処理装置を、東京電力㈱の沼津支店、山梨支店、松本電力所に納入したので、その概要を述べる。《MELCOM》350-7のミニコンピュータ システムで、CRTを介した対話方式による系統監視、記録統計、運用計算を行っている。

### 805MVA水車発電機用サイリスタ励磁装置

—ベネズエラ グリ第2発電所納め—

合田啓治・実松良次・今井吉郎・筑田芳夫

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P735～738

ベネズエラ国、カロニ電力公社グリ第2発電所は、世界最大容量805MVA水車発電機10台を持つ世界最大級の水力発電所である。ここに納入される発電機10台のうち5台を当社及び東京芝浦電気㈱、日立製作所、西独シーメンス社の4社で構成する日本・西独連合が受注し、分担して製作を進めているが励磁装置については5台分すべてを当社が担当しており、そのうちの2台分を製作完了し出荷した。この励磁装置の概要について紹介する。

### 最近のLSIを用いた集中制御システム

辻 俊彦・永田慎二・流郷忠彦

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P718～722

電力系統の規模の拡大と運用業務の高度化に伴い、計算機を導入した総合自動化が進められている。この論文では関西電力㈱における最近の負荷制御所集中制御システムについて述べる。集中遠方監視制御装置はLSIを応用した1:N方式であり、拡張性・変更性・コンパクト性に特に優れ、自動処理装置は各種業務に加え、配電線情報の営業所への集約伝送業務を有し事故の把握と復旧に役立てている。なお、現在フィールドテスト中の自動操作機能についても述べる。

### 工業用高速データウェーブシステム

橋本健治・菅野典夫・中島邦彦・吉良広文・諸富 寿

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P739～743

広域、分散制御システムのデータ伝送を担う三菱データウェー(MDWS)のシリーズとして、新たに、プロセス入出力データの伝送に適したMDWS-5、計算機やインテリジェント端末間のデータを32メガビット/秒の高速で伝送し、かつ光ファイバ、同軸ケーブル共用可能なMDWS-30Sを開発したので概要を報告する。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 723~27 (1979)

## A Large Centralized Supervisory Control System

by Hideto Nakagawa, Takehiro Kaga, Mitsuo Ito, Kotaro Dan & Norio Shiki

The article describes a centralized supervisory control system designed to assure the effective management of the large-scale electric power facilities of Chubu Electric Power's Gifu Area-Control Center by a limited number of personnel.

The duplex system using the MELCOM 350-50 control computer with a 112K-word main memory has a number of noteworthy technological features, including effective application of CRT displays, adoption of the database system, development of patterns for substation equipment operational status, and an automatic operation method that allows reduced memory capacity.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 728~32 (1979)

## Designing an Operator-Oriented System Supervisory and Control Room

by Tsutomu Suyama

Larger, more complex electrical facilities require control-room personnel to make increasingly complex and precise judgements. This necessitates an integrated point of view based on human capability, rather than on isolated categories of software or hardware.

The article describes a supervisory and control room using a total design approach that includes human engineering and industrial design, which was placed in service in February 1979, and reviews some of the considerations that were involved.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 735~38 (1979)

## Thyristor Excitation Systems for 805MVA Hydro-Turbine Generators for Venezuela's Guri II Power Station

by Keiji Goda, Ryoji Sanematsu, Yoshiro Imai & Yoshio Chikuda

The Guri II plant of EDELCA in Venezuela is one of the largest hydroelectric plants in the world, and will consist of 10 of the world's largest hydro-turbine generators, each rated at 805MVA. Orders for five of these generators will be shared by a Japanese-German consortium composed of Mitsubishi Electric, Toshiba, Hitachi and Siemens, while the excitation systems for all five are the responsibility of Mitsubishi Electric. Two of these excitation systems have already been shipped.

The article gives a general description of the excitation system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 739~43 (1979)

## A High-Speed Dataway System for Industrial Applications

by Kenji Hashimoto, Norio Kanno, Kunio Nakajima, Hirofumi Kira & Hisashi Morotomi

As part of the MDWS series of dataways for data transmission in widely distributed control systems, Mitsubishi Electric has developed the MDWS 5, suitable for the transmission of process input and output data, and the MDWS 30S, which allows use of both optical fiber and coaxial cables, and carries data between CPU and intelligent terminals at 32 megabits/sec. The article gives a general description of the new dataways.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 705~08 (1979)

## The Future of Electric Power System Control

by Takeshi Mori & Ikuo Yamada

Computers are becoming an essential factor in system control for the stable supply of electrical energy. In discussing the problems involved in the application of computers in this field, the article touches on new hardware and software technologies, and suggests some themes for future study. A project-promotion and -management system for large-scale control systems is also introduced.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 709~12 (1979)

## Recently Developed Primary Software for Electric Power System Control

by Norio Shiki, Yotaro Miyanishi, Hideto Nakagawa & Toshihiko Tsuji

The article discusses recent trends in basic software and primary software for the development of operating and control systems that are easier to use. It discusses what demands have arisen and what trends are apparent from the system-control viewpoint in connection with operating systems, system-management software, CRT picture-processing software, and database-maintenance software.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 713~17 (1979)

## A New Data-Processing System in a Load-Dispatching Center

by Hideto Nakagawa, Tetsuro Katagiri & Uichiro Goto

Great advances have been made in the automation of load dispatching centers to provide effective operation of today's larger and more complex electric power systems. As a transitional step toward a fully automatic load-dispatching system, data processing equipment for increasing and upgrading the peripheral devices of existing automatic data logging equipment has been delivered to the Numazu, Yamanashi and Matsumoto offices of Tokyo Electric Power. The article gives a general description of this MELCOM 350-7 minicomputer system, which provides system monitoring, logging and load-flow calculation in a conversational mode, by means of a CRT.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 718~22 (1979)

## Recent Centralized Control Systems Using LSIs

by Toshihiko Tsuji, Shinji Nagata & Tadahiko Ryugo

Larger electric power systems and the increasing sophistication of control operations requires full-scale automation using computers. The article describes recent centralized control systems used in load-control centers of Kansai Electric Power. Supervisory and control equipment is of the 1:N type, and applies LSI engineering for outstanding expandability, replaceability and compactness. Combined with automatic processing equipment, it aids in fault identification and recovery through remote transmission of distribution line data to the company's business offices.

## アブストラクト

### 低温用冷凍圧縮機の信頼性の評価法の開発

二川暁美・苗村康次・古川博一・大井手正彦

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P744～748

この報告は、冷凍圧縮機の信頼性、効率及び性能に関する当社の設計・評価技術の紹介である。この報告では、まず低温用冷凍圧縮機を取り上げて、弁及び弁まわり構造の設計上の問題点を抽出する。次に流量係数、抗力係数などの物理定数や、弁運動並びに弁応力の計測法や計算法について述べ、2～3の結果を例示して、冷凍圧縮機の稼働時の弁の挙動を示す。更に弁材料の曲げ疲労試験法について述べ、破面解析で得られた破面の観察結果を例示する。

### 高速感熱ファクシミリ《MELFAS》510

満田 浩・畠部悦生・富田 哲・阿部正昭

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P759～762

《MELFAS》510は、感熱記録方式の経済性とデジタル伝送方式の高速性を合わせもったファクシミリである。8ドット/mmという高解像度の感熱デジタルファクシミリは、幅広い需要にこたえ得るものである。A4判の標準原稿を解像度8ドット/mm×3.85ライン/mmにおいて約40秒で伝送するために、新感熱ヘッドを採用し、その駆動方式及び感熱記録走査に適した画信号符号化方式を、新たに開発した。

### ホットガスデフロストシステム

古川博一・岩瀬 進・川井 治

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P749～753

スーパー・マーケットに使用される多数の大形冷凍・冷蔵オープンショーケースの蒸発器に付着する霜取り（デフロスト）の各方式について比較し、ホットガスデフロスト方式が優れていることを示した。次に当社が開発したホットガスデフロスト装置の仕様・構造を示し、デフロスト時間が短いこと、運転経済性がよいこと、デフロスト後の冷却降下が速いこと、低負荷時にも安定して運転できる補償回路付きであることなどの特長を紹介した。

### 縫製工程におけるマテハン自動化システム

小川成夫・尾崎博規・森田 稔・米沢康夫

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P763～767

我が国の縫製業界におけるミシン稼働率は約20%にしか過ぎないと言われている。残りの約80%は、布を取り上げてミシンに送り、取り出して次の工程に移送する前後動作が占めている。この前後動作である布のマテハンを自動化してミシン稼働率を3倍に向上させる目的で「バーツ縫製のマテハンシステム化技術開発」が、中小企業振興事業団によって実施された。三菱電機も参加し、担当して開発した機器を中心に紹介する。

### 新データ網接続端末のインターフェース及び試験装置

松永 宏・松田主税・鹿間敏弘・谷口 順・齊藤幸夫

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P754～758

日本電信電話公社の新データ網(DDX)を利用する端末、計算機の開発の一環として、DDX網を利用する場合に必ず(須)なXシリーズインターフェースを検討してきた。また、それらの検討結果に基づいて各種新規端末及び通信制御装置の開発を進めてきた。ここでは、その内の1つである通信制御装置C7704と同インターフェースを持つ端末装置の接続手順試験装置として開発したDDX回線交換Xインターフェースシミュレータについて紹介する。

### 九州電力(株)西九州変電所納め500kVガス絶縁複合開閉装置(GIS)

山口浩一・木佐貫 澄・桑原 宏・松田節之・合志宏道

三菱電機技報 Vol.53・No.10・P768～772

九州地区では初めての500kV系統変電所に本邦初の1/2Ls方式GISが完成した。このGISには、酸化亜鉛式避雷器や増幅形PDをはじめ地絡事故検出装置、異常時対策法を考慮した多くの技術開発がなされて適用された新しいタイプのGISである。また、電力系統に電子技術が導入された点でも注目され、今後の変電所建設の1つの方向を示唆するものである。

## Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 759~62 (1979)

### The MELFAS-510 High-Speed Thermal-Printing Facsimile Transceiver

by Hiroshi Mitsuda, Etsuo Hatake, Satoru Tomita & Masaaki Abe

The MELFAS-510 facsimile transceiver combines the economy of thermal printing with the high-speed obtainable with digital transmission, and with the high resolution of 8 dots/mm, it will answer a widely felt need. In order to transmit a standard A4 document at 8 dots/mm and 3.85 lines/mm in 40sec, a newly developed thermal printing head is used, and a new picture signal coding scheme was developed suitable for the driving method and scanning method adopted.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 763~67 (1979)

### A System for the Automation of Material Handling in the Garment Industry

by Shigeo Ogawa, Hironori Ozaki, Minoru Morita & Yasuo Yonezawa

In the Japanese garment industry, sewing machine duty factors are a mere 20%, with the other 80% of the time consumed by bringing in, positioning, and removing the material. The Small Business Promotion Corporation with the participation of Mitsubishi Electric is therefore carrying out a program to develop a system for automating the handling of the component parts of garments, aiming at a three-fold increase in duty factor. The article describes equipment under development by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 768~72 (1979)

### A 500kV Compound GIS for Kyushu Electric Power's Nishi-Kyushu Substation

by Koichi Yamaguchi, Shigeru Kisanuki, Hiroshi Kuwabara, Setsuyuki Matsuda & Hiromichi Koshi

This is the first  $1\frac{1}{2}$ Ls-type GIS in Japan, and the first GIS for a 500kV network to be installed in the Kyushu Region. The GIS is of an advanced design, incorporating a number of technical innovations including metal oxide surge arresters and PDs with amplifier systems, as well as a ground fault locator and various measures to cope with emergencies. The degree to which electronic engineering is adopted is also noteworthy, pointing the direction for substation construction for the future.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 744~48 (1979)

### Techniques for Evaluating the Reliability of Compressors for Cold-Storage Applications

by Akemi Futagawa, Koji Namura, Hirokazu Furukawa & Masahiko Oide

The article introduces design and evaluation techniques developed by Mitsubishi Electric concerning the reliability, efficiency and performance of compressors for cold-storage applications, examining problems in the design of valves and related mechanisms. It then discusses such physical constants as discharge coefficients and drag coefficients, along with techniques for the measurement and calculation of valve motion and valve stress, using examples to illustrate the behavior of valves during compressor operation. Finally, it describes a flexural fatigue testing method for valve materials, giving examples of the results of inspections made of failure surfaces.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 749~53 (1979)

### A Hot-Gas Defrosting System for Supermarkets

by Hirokazu Furukawa, Susumu Iwase & Osamu Kawai

A comparison of the many methods in use for removing the frost from open showcases for refrigerated and frozen food in supermarkets has shown the superiority of hot-gas defrosting.

The article describes the specifications and construction of a hot-gas defrosting system developed by Mitsubishi Electric, and points up such features as shorter defrosting time, reduced running cost, quicker cool-down after defrosting is completed, and auxiliary circuitry that assures stable operation even at low load.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 10, pp. 754~58 (1979)

### A Terminal Interface for a New Data-Switching Network, and Terminal Testing Equipment

by Hiroshi Matsunaga, Chikara Matsuda, Toshihiro Shikama, Jun Taniguchi & Sachio Saito

A program for the development of terminals and computers compatible with the new DDX data-switching network of the Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation has resulted in the design of a new X-series interface. Based on this, a variety of new terminals and communication control units have been developed. The article describes the C7704 communication control unit, and a DDX-circuit-switching X-interface simulator, which was developed as a protocol tester for terminal equipment having this interface.

# これからの電力系統制御

森 健\*・山田 郁夫\*

## 1. まえがき

電気の文明、電気の文化は日本国内はもちろんのこと世界各国で開化し、電力エネルギーの安定供給に対する社会的要請は増大の一途をたどりつつある<sup>(1)(2)</sup>。

一方スリーマイル・アイランド原子力発電所事故による原子力電源開発の停滞、中東地域の政情不安による石油確保の不安定性、用地取得の困難性、環境保全の強化など電力エネルギーの安定供給に対する制約は厳しさを増すばかりである。

電力事業が多くの困難を乗り越えて、電力エネルギーの安定供給という社会的要請にこたえるためには経営管理、系統計画、系統運用など多くの面からのアプローチが必要である。

この特集号は系統運用制御面からのアプローチについて当社の最新の成果をまとめ、将来の方向を示そうとするものである。特に本文は給電運用制御に不可欠となりつつある計算機並びに情報伝送技術の系統制御への適用上の諸問題を述べ、新しいハードウェア、ソフトウェア技術に触れて、これからの電力系統制御の研究課題を述べようとするものである。また、これからの電力系統制御システムは大規模なものになり、これを所定の期間内に製作するためには適切なプロジェクト推進管理方式が必要である。我々の開発した「セグメント方式」を紹介する。

## 2. 系統制御と研究課題

電力設備を適切に運用し、限られた要員で良質な電力を安定に供給するために、電力系統の計算機制御は不可欠なものとなり、給電所・変電所・集中制御所・水系制御所などに多くの計算機が設置され

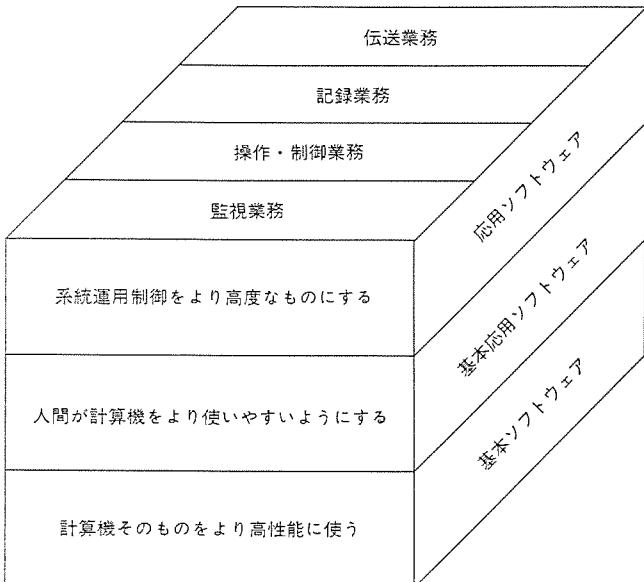


図1. 系統制御とそのソフトウェア構成

つつある。このような系統制御の計算機ソフトウェアは図1.に示すように「計算機そのものをより高性能に使う」ための基本ソフトウェア、「人間が計算機をより使いやすいようにする」ための基本応用ソフトウェア、「系統運用制御をより高度なものにする」ための応用ソフトウェアから構成されており、この3つのソフトウェアがバランスよく統合されることが重要である<sup>(3)</sup>。

### 2.1 基本ソフトウェア

基本ソフトウェアにはタスク管理・入出力管理・システム運転管理・ファイル管理・ジョブ管理などの機能がある<sup>(4)</sup>。大規模なデータベースを扱うための高度なファイル管理機能、大容量外部メモリの高度な入出力管理機能、(稼)働率を高めるための自動診断を可能にする高度なエラー処理機能、コモンメモリを含む高度な多重系運転管理機能など、最近の制御用計算機の基本ソフトウェアの進歩には著しいものがある。

基本ソフトウェアは大規模な給電制御システムの開発製作段階、運用段階などでそれぞれ重要な役割をない、基本ソフトウェアの良否はシステムの性能に直接的に影響する。また、システムの性能を評価し、改善する場合に「性能評価シミュレータ」などのサポートソフトウェアが大きな貢献をしている。

### 2.2 基本応用ソフトウェア

基本応用ソフトウェアにはオペレータコンソール(略してオペコン)処理・CRT処理・システム管理(イニシャライズなど)・増設変更処理などの機能がある。多数のCRTの高速表示、高密度画面の高速表示、画面のジョイスティックなどによる自由な移動、画面のズームアップ・ズームダウンなど高度なCRT処理機能、電力設備の増設変更に伴うスケルトンの変更、ポジションの変更など高度な増設変更処理機能など、最近の基本応用ソフトウェアの進歩には著しいものがある。

基本応用ソフトウェアは人間が計算機をより使いやすいようにするためのものであるから、系統制御面のニーズに密着したもののが要求され、基本応用ソフトウェアの良否はシステムの使いやすさに直結している。

### 2.3 応用ソフトウェア

系統運用制御の高度化、高性能化を実現する応用ソフトウェアは表1.に示すように大きく4つの業務に分類される。各業務の間には深い関連があるが、便宜上各業務ごとに新技術とその適用上の諸問題並びに将来の研究課題を述べる。

#### 2.3.1 監視業務

監視業務に含まれる主な機能には系統運転状態監視機能、系統状態推定機能、系統セキュリティ監視機能、伝送系監視機能などがある。

系統運転状態監視機能はしゃ断器の開閉状態、送電線の潮流状態、作業停止のための接地状況、再閉路リレーなどの不使用状態などをあらわす系統運転状態を監視するものである。電力系統の運転状態を大局的に把握するための系統監視盤によるマクロ監視と、各変電所の運転状態を詳細に把握するためのCRTディスプレーによるミクロ監視との機能分担の最適化は非常にむずかしい問題である。雷による多数の同時事故発生時には一覧性のある系統監視盤で、全体の

表 1. 系統制御と新技術の適用

業務	機能	新技術		適用上の諸問題と将来の研究課題
		ハードウェア	ソフトウェア	
監視	・系統運転状態監視 ・系統状態推定 ・系統セキュリティ監視 ・伝送系監視	・7,200画素カラーセミグラフィックディスプレー ・カラーフルグラフィックCRTディスプレー ・カラーCRTスクリーンディスプレー ・音声発生LSI	・高速CRT表示処理パッケージ ・CRTベクトル表示処理パッケージ	・系統監視盤へのマクロ表示と、CRTディスプレーへのミクロ表示の機能分担の最適化 ・矛盾した系統状態の修正方式の研究 ・実用的な系統信頼度指標の開発 ・音声アラーム(警報)の芸術性の研究
操作・制御	・平常時自動操作 ・事故時復旧操作 ・電圧・無効電力制御 ・系統安定化制御 ・事故波及防止制御 ・セキュリティ制御 ・給電水系一貫制御	・高速演算プロセッサ(浮動小数点加算0.7μs) ・大容量主メモリ(2MB) ・並列演算プロセッサ	・ゼネレーション法 ・誤操作防止法 ・模擬操作実行チェック法 ・過負荷解消方式 ・安定度予防改善方式	・運転員が操作しやすく信頼性の高い平常時自動操作方式の開発 ・的確で誤操作のない事故時復旧操作方式の開発 ・需給バランスだけでなく、潮流ネット、電圧ネットも考慮した系統安定化制御方式、事故波及防止制御方式の研究 ・水資源有効活用のための、水系の個性(特性)にマッチした給電水系一貫制御方式の研究
記録	・操作記録 ・事故記録 ・運転記録	・大容量外部メモリ(300MB) ・豊富なチャンネル	・データベース	・保安要員が対応しやすい、事故内容の自動編集の開発 ・事故解析リポートの自動作成の研究
伝送	・系統運用情報伝送 ・系統事故情報伝送 ・系統操作指令伝送	・高性能前置プロセッサ ・μ-P テレコン ・光ファイバ伝送	・HDLC(ハイレベルデータリンクコントロール) ・コンピュータネットワーク	・伝送効率と信頼性の高い伝送方式の研究 ・リソース(資源:具体的には系統データベース)の有効利用のための系統制御用コンピュータネットワークの研究

状況を早く把握したいが、下位の電力系統まで系監盤に表示していると複雑でわかりにくくなるので、どの程度まで下位系統をマクロ表示するのが適当か、CRT表示との関連において決めなければならない。

最近は4,800画素あるいは7,200画素のカラーCRTディスプレーが実用化されつつあるので、CRT表示の高速化とあいまって系統監視盤のマクロ表示を可能なかぎり単純化しようという考え方支配的である。将来は10,000画素以上のカラーセミグラフィックディスプレー(キャラクタとスケルトン画面表示)、あるいはカラーフルグラフィックディスプレー(地形図表示も可能)、更にはカラーCRTスクリーンディスプレーなどが実用化された暁にはマクロ表示とミクロ表示の機能分担は現在とはますます違った形になっていくであろう。画面移動、画面のズームアップ・ズームダウンが付加されて、CRTディスプレーを使った監視は多様化されるが、真に実用的な方式の確立は非常にむずかしい研究課題である。

系統状態推定機能はしゃ断器が開放状態になっていると表示されているにもかかわらず、そのしゃ断器の接続されている送電線には線路潮流が例えば100万kW流れていると表示され、いずれの系統状態が正しからうか推定しようとするものである。系統の運用情報、事故情報が表示されるまでには伝送路や前置プロセッサを経由し、計算機の中の各種処理テーブルをデータが通過していく必要があり、どこかでデータが間違ったものになると、矛盾した系統状態が表示され、運転員はどちらが正しからうかわからないので、的確な処理ができないことになる。日本では伝送路の質が外国に比べ非常によいので、系統状態推定機能の必要性は現在あまり強く叫ばれていないが、給電制御システムが大規模化していくにつれて、矛盾した系統状態の修正方式の研究は重要な課題になっていくであろう。系統セキュリティ監

視機能<sup>(5)</sup>は現在の系統運転状態の安全性・信頼性(電力供給の安定性)がどの程度保障されているかを監視するものである。想定事故(単純事故や重大事故など)に対して、潮流ネットの有無、安定度ネットの有無、電圧ネットの有無、周波数変動の有無、短絡容量オーバーの有無など系統の安定運転を脅かすことがないかどうかをチェックするわけであるが、これら系統の安定運転に関与する多くのパラメータを統合して、現在の系統運転状態がどの程度安全を保障されているかを示す実用的な系統信頼度指標が求められている。基本的には電源開発計画、系統計画並びにその推進によって電力の安定供給は保障されるのであるが、計画が余儀なく変更されたり、予想もしない事故が発生したりして、実際の日常の系統運用は苦しい局面もある。このような時、人間の経験や直感にのみ頼らない、計算機に援護された系統セキュリティや監視が必要となるであろう。

最近音声を発生するLSIが実用化されつつあるが、各種監視機能のアラーム(警報)に使われると予想する。言葉や音楽の組合せによる、人間とのかかわり合いを十分に配慮したアラームが研究されるであろう。ややオーバーないい方をすると音声アラームの芸術性の研究が必要となろう。

### 2.3.2 操作・制御業務

操作・制御業務に含まれる主な機能には平常時自動操作機能、事故時復旧操作機能、電圧・無効電力制御機能、系統安定化制御機能、事故波及防止制御機能、セキュリティ制御機能、給電水系一貫制御機能などがある。

平常時自動操作機能は日常の系統操作を計算機により自動的に実行するものである。変電所の構成が多種多様で、運転状況も毎日変化している状況のもとで、運転員に大きな負担をかけず、信頼性もあわせて高く維持して、操作表を作成し、計算機に記憶させ、自動

的に実行する方式が求められている。

平常時の操作表をあらかじめ沢山準備して、計算機に記憶させておく方法（準備法、パターン法などと呼ばれる）や、基本的な少数组合せをベースにして変電所の特殊性やその時の運転状況を条件にして操作表を自動作成する方法<sup>(6)</sup>（ゼネレーション法などと呼ばれる）や、それらを組合せた方法<sup>(7)</sup>などが実用化されつつある。大容量メモリ、大容量外部メモリの計算機システムの適用により、運転員がさらに操作しやすく、信頼性の高い平常時自動操作方式が開発されよう。

事故時復旧操作は系統に事故が発生した時、事故範囲を局限し、健全系統を自動的に復旧しようとするものである。限られた情報で的確に判断し、絶対に誤操作のない実用的な事故時復旧操作方式の開発が求められている。

復旧操作を1ステップごとに禁止操作かどうか確認していく誤操作チェック法や、一連の操作を模擬実行させて人間が確認する模擬操作実行チェック法などが実用化されつつある。運転員の負担を軽減し、的確で誤操作のない事故時復旧操作方式<sup>(8)</sup>は大きな研究課題である。

電圧・無効電力制御は古くから研究され、静態的なV-Q制御は既に実用化されている。最近はサイリスタを使った高速応答のある無効電力源<sup>(9)</sup>が開発され、これを使ったダイナミックなV-Q制御によって、系統安定化が図られようとしている。

系統安定化制御は系統の需給バランス（周波数変動）を主として考えていたが、系統構成の複雑化（ループ化）、大規模化（500kV系統の拡充）により潮流ネット・電圧ネットなども考慮した事故波及防止制御へとその概念を拡大しつつある。

電源立地と負荷地域のアンバランス、電源基地の大規模化と送電線容量のアンバランスなどにより潮流ネット、電圧ネットが発生しやすい系統構成となる傾向に世界各国とも悩んでおり、大停電を発生させない事故波及防止制御はこれから大きな研究課題である。

セキュリティ制御は系統セキュリティ監視と一体のものであり、系統の信頼度指標が低下したときに、その指標を一定の水準以上に保持すべく、発電制御・系統制御をするものである。セキュリティを確保するための過負荷解消方式、安定度予防改善方式<sup>(10)</sup>などが開発されており、将来はこれらの高速演算処理のため、並列演算プロセッサの活用が期待されている<sup>(11)</sup>。

給電水系一貫制御は同一河川（水系）にある水力発電所の出力を、水に関する多くの制約条件を満足させつつ最大にする給電制御（ダム制御を含む）である。水系によりダムの大きさや位置、揚水発電所の有無、水のフロー特性などが異なるので、水系の個性（特性）にマッチした給電水系一貫制御方式の確立が求められている。水のフローの予測はパラメータが多く、最もむずかしい問題である。また河川の安全運用の面から、高い信頼性が要求される。

水資源有効活用のため、水の流れに応じた給電制御が要求されるので、応水制御とも呼ばれる。この研究は実用化をめざして、今後さらに活発に推進されるであろう。

### 2.3.3 記録業務

記録業務に含まれる主な機能には操作記録機能、事故記録機能、運転記録機能などがある。

事故記録機能は電力系統に発生した事故状況を記録として残したり、営業所や保安電力所にリモートタイプライトを使って通報するものである。単に事故でトリップしたしゃ断器や、動作した保護リレーの記録の羅列では緊急を要する保安要員の的確な対応を遅らせることに

なるので、事故内容の自動編集が求められ、実用化されつつある。例えば、配電線の再々閉路成功か失敗かみて、特定の配電線の事故状況を編集して記録する方式が開発されているが、再々閉路成功・失敗の判定はそれ自体のシーケンスから最悪6分間は必要であり、保安要員の緊急出動をより早めようという要求と事故編集記録の時間とをいかに協調させるかが問われている。

また一連の事故を解析して自動的にリポートを作成する機能が将来要求されるであろう。その際大容量外部メモリや、データベース技術の活用が期待されている。

### 2.3.4 伝送業務

伝送業務に含まれる主な機能には系統運用情報伝送機能、系統事故情報伝送機能、系統操作指令伝送機能などがある。

ハードウェア面では高性能前置プロセッサ、マイクロプロセッサを応用した遠方監視制御装置（テレコン）、光ファイバ伝送などの新しい技術が実用化されつつあり、ソフトウェア面ではハイレベルデータリンクコントロール（HDLS）方式やコンピュータネットワーク方式が実用の域に達しつつある。これらの新技術を応用した電力系統制御のニーズにマッチした伝送効率と信頼性の高い伝送方式の研究や、系統データベースを有効利用するための系統制御用コンピュータネットワークの研究が活発になるであろう。

## 3. 系統制御システムの製作管理方式

電力系統制御システムは大規模なシステムになりつつあり、これを決められた期間内に製作するためには、ユーザとメーカが共通の認識のもとに適切にプロジェクトを推進管理する方式が必要不可欠である。我々はこのような考え方から、数年前から研究を進めてきた結果、図2.に示すような「セグメント方式」を開発し、大規模システムの製作に適用して、大きな成果を収めた。

SPセグメントはシステムの総合計画を規定するもので、製作工程、製作体制、製作コストなどを規定し、これにもとづいてプロジェクト管理を行う。

Tセグメントは制御対象となる電力系統の構成とその範囲、関連事業所などと、それらの年次増設計画を明確に規定し、系統制御システムの構成とその総合仕様（例えば信頼性、即応処理性、保守性など）を述べ、共通仕様として建物、電源、環境条件などを記述規定するものである。

Fセグメントはシステムの制御機能を記述するもので、具体的には考慮すべき制約条件、機能間優先順位、各個別機能の詳細内容、システムの運転管理機能、ソフトウェアのメンテナンス方式などについて規定している。

Sセグメントはシステムの情報伝送系統を規定するもので、伝送システム構成、伝送項目、計算機とのインターフェース条件などについて詳細を規定する。

CHセグメントは計算機のハードウェアを規定するもので、計算機システムの詳細構成、ハードウェア個別の仕様、外形、入出力インターフェース、システム切換装置、付属品・予備品など詳細を記述する。

SBセグメントは計算機ハードウェア以外の系統監視盤、電話指令台、電源順序投入盤などのハードウェアの詳細を規定する。

CPセグメントは計算機プログラムを規定するもので、プログラム構成、データベース構成、各個別プログラムの詳細を記述するものである。

TFSセグメント、TSセグメント、TRNセグメントは試験について規定するものである。

このようなシステムティックな新しいビジョンにもとづく管理体制をも

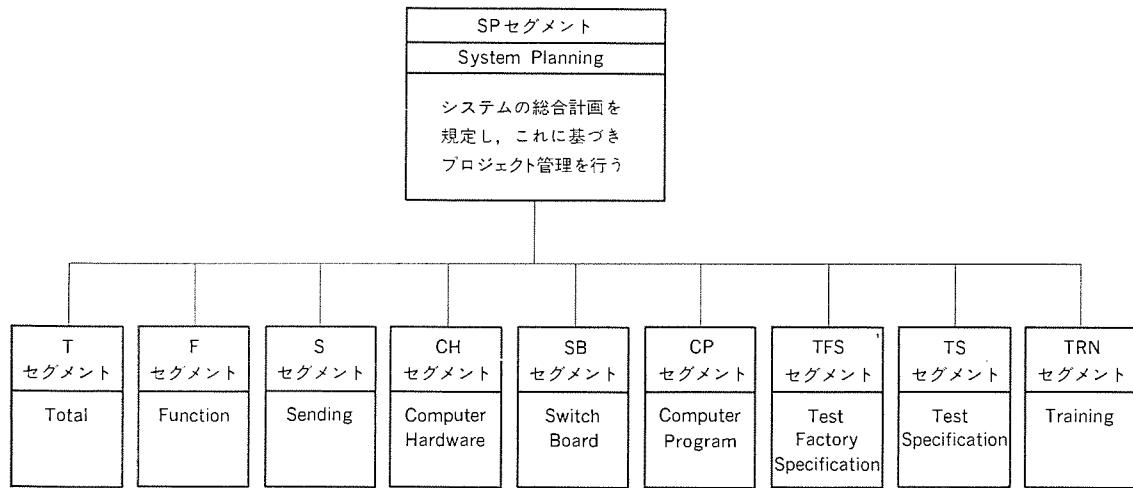


図 2. 系統制御システムの製作管理方式（セグメント方式）

って、これから電力分野の高度な制御に対応していくことが、我々の責務であると考えるものであり、今後とも更に改良、研究を進めていく所存である。

#### 4. むすび

大規模、高度化する系統制御と新技術の適用について、将来動向を踏まえつつ、これから研究開発課題を述べた。また大規模化する系統制御システムの製作管理方式について紹介した。

大学・電力会社・メーカーの緊密な協力のもと、電力系統運用のかなめとなるにふさわしいシステムを作成し、電力エネルギーの安定供給という重大な使命の達成に微力ながら貢献したいと思う。

終わりに、日頃種々ご指導を賜っている大学並びに電力会社の関係各位に謝意を表します。

#### 参考文献

(1) 森、山田：これからの電力系統保護・制御装置、三菱電機技

報、49, No. 10, p. 649 (昭 50)

- (2) 森、山田、鈴木：これからの電力系統保護・制御装置、三菱電機技報、51, No. 6, p. 363 (昭 52)
- (3) 山田：昭和 53 年電気関西連大, S 3-4
- (4) 電協研：発変電所計算機制御専門委員会報告書、35, 第 1 号 (昭 54)
- (5) 小泉、山田、辻、志岐：大電力系統安全運用のためのセキュリティ自動監視方式の開発、三菱電機技報 49, No. 10, p. 689 (昭 50)
- (6) 安田、村端、団、堀内：昭和 54 年電気学会全国大会, 807
- (7) 関、渡辺、池田：昭和 54 年電気学会全国大会, 799
- (8) 奈良、小池：昭和 54 年電気学会全国大会, 812
- (9) 春本、迎、矢野ほか：電気学会制御変換装置研究会 PCC-79-2
- (10) 房岡ほか：昭和 54 年電気学会全国大会 シンポジウム, S 13-8

# 最近の系統制御における基本応用ソフトウェア

志岐 紀夫\*・宮西洋太郎\*\*・中川 秀人\*\*\*・辻 俊彦\*

## 1. まえがき

大規模化、広域化する電力系統を適切に運用し、良質な電力を安定的に経済的に供給するために、計算機システムを導入することは、最早通常化している。電力系統の監視制御、情報処理などの業務のうち単純で定形的な業務は計算機にまかせ、運転員は計算機に援助されてより高度な判断をする業務に専念できるようになりつつある。このような電力系統の計算機制御をさらに発展させるためには、系統制御技術に計算機技術、情報処理技術、情報伝送技術等をより一層融合させが必要である。特に最近では計算機ソフトウェア技術の占める割合が増大してきており、この良否がシステム全体の評価を決定する程になっている。ソフトウェアは図1. のように計算機により高性能に保つための基本ソフトウェア、人間が計算機をより使いやすいうようにするための基本応用ソフトウェア、系統制御をより高度なものにするための応用ソフトウェアの3つに大別でき、これらが調和よく組立てられることが重要である。本稿では、これらのうち基本ソフトウェア、基本応用ソフトウェアの重要なものについて最近の進歩を述べる。

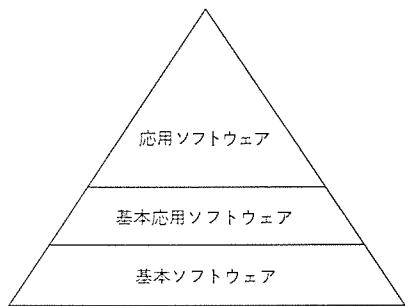


図1. ソフトウェア階層構造

## 2. 系統制御用ソフトウェアへの要求

電力系統制御分野の特質からくる系統制御システムに要求される事項はいくつかあり、系統制御用ソフトウェアに対してもこれらの点を留意する必要がある。

(1) 高信頼性・高稼働性：計算機に行わせる業務が増大するにつれて、計算機なしには系統制御業務の正常な運営はできなくなりつつある。一方、経済社会面から電力の安定な供給は必ず(須)条件である。したがって可能な限り計算機システムの信頼性を確保し、稼働性を高めることが要求される。

(2) 最大負荷時の処理性：電力系統制御では、平常時に比較して系統事故時には計算機の処理すべき業務量が急激に増加し、計算機負荷は最大となることが多い。特に電力系統の大規模化に伴い対象電力系統設備が増えてくるとこの傾向は一層強まる。ところが、事故という緊急事態には迅速性が要求される。すなわち計算機負荷が増えたときに、応答性がより一層重要となる。したがって、最大負

荷時でも遅れなく業務処理が可能な計算機システムであることが要求される。

(3) 増設変更の容易性：系統制御システムは運用時の状態をそのまま保持することではなく、必ず増設変更の要求がひん繁に発生する。ところで系統制御業務は停止することが許されない。個々の電力系統設備単位では停止することがあっても、それらを統括している系統制御システムは停止できない。すなわち増設変更は多いがシステム停止は許さないという要求であり、このため増設変更に対して格別の配慮が必要である。

(4) マンマシンの機能性：計算機を導入することにより、定形業務は自動化されるが、運転員の判断に頼るものがある。この性能は従来よりも高度なものとなるが、それだけに影響度も大きくなろう。運転員が迅速、的確な判断に基づき業務ができるために、マンマシンの機能性、操作性が重要となる。系統状態を正しくは(把握)できるようなマンマシンコミュニケーションが要求される。

## 3. 系統制御用ソフトウェアの動向

2章で述べた点を配慮しながら系統制御用ソフトウェアを組立てる必要があるが、ソフトウェアシステムの性能を決める基本ソフトウェア、基本応用ソフトウェアは特に上記要求を満足することを要求される。ここでは、これらのうち重要と思われるオペレーティングシステム、システム運転管理ソフトウェア、CRT图形処理ソフトウェア、及びデータベースメンテナンスソフトウェアについて述べる。

### 3.1 オペレーティングシステム

オペレーティングシステムは、計算機ハードウェアの機能を最大限に利用しつつユーザーに便利で使いやすいシステムを提供することを目的としている。計算機の発展に伴って計算機システムの演算速度、入出力処理速度の速いことだけでなく、ソフトウェアがどれだけ完備されているか、また、きめの細かいサポートがされているかという使いやすさが注目されてきている。大規模な情報処理的傾向が強くなりつつある最近の電力系統制御システムでは特にこの点は重要である。

『MELCOM』350-50シリーズ計算機のオペレーティングシステム TSOS (Time Sharing Operating System) は、リアルタイムを中心とした制御を行うのに最適な高速処理性とソフトウェアの開発・保守のための充実したサポート機能をあわせもったものであり、数多くのシステムで実績がある。

TSOSは図2.に示すように大別すると、オンライン制御用ソフトウェアとプログラム開発・保守用ソフトウェアの2つになる。これらの組合せにより応用面からの多様なニーズに答えられるようになっている。

オンライン制御用ソフトウェアの中核はハードウェア機能を使いやくすくユーザーに開放するスーパバイザである。TSOSのスーパバイザは主記憶管理、タスク管理、割込み制御、異常処理、マクロ命令処理、入出力制御等を行う。

主記憶管理はハードウェアのマッピング機構を駆使し、大容量記憶をサポートしており、多量のプログラム、データを主記憶に常駐でき応答性

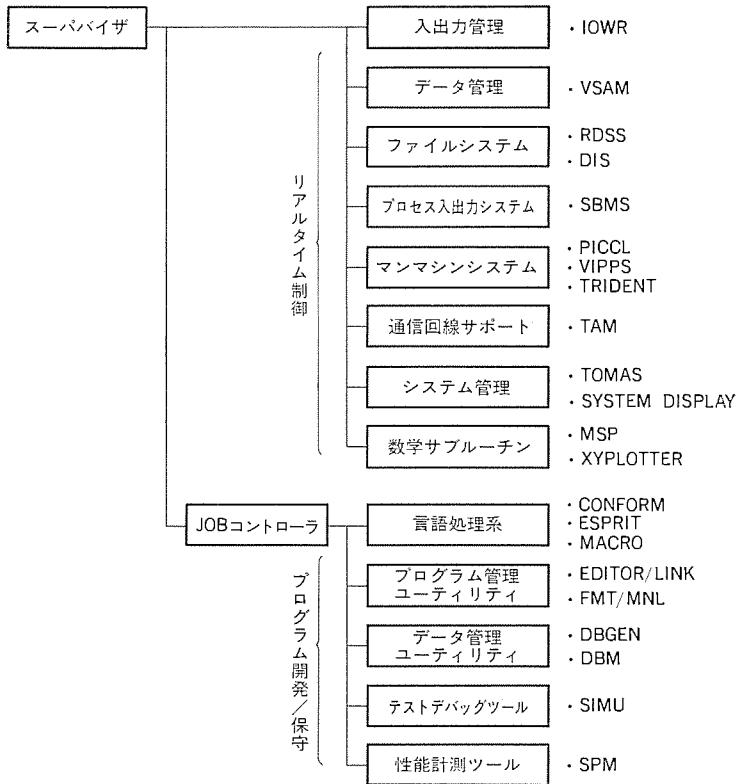


図 2. TSOS 構成図

の向上が図れる。また、主記憶中の非常駐領域に対する実行要求プログラムの割付けは 1 ページ (1 kW) 単位に独立して行えるフリーエリア方式 (ページング方式) をとっている。非常駐領域が満杯のときにライオリティのより低いプログラムの実行を一時中断し退避させ新しいプログラムの実行を行わせるダイナミックなロールイン・ロールアウトも行う。これにより主記憶のむだのない利用が行われ非常駐プログラムの応答性を向上させる。更にはプログラムの実行領域を意識することなしにプログラムの作成変更ができる増設変更性を高めている。非常駐領域でメモリパリティエラー (2 ビット誤り) が発生すると、該当領域上のプログラムを異常終了させ該当ページを切り離しシステムの処理を続行する主記憶ページ切り離し方式も行われ稼働性をあげている。

入出力処理はチャネル方式であり、CPU はチャネルの起動及び完了処理だけ行えばよく、入出力処理と演算処理を並列動作させることができるのでシステムの処理性を大幅に向上させることができる。

計算機システムの基本的な障害はプログラムチェックやマシンチェックとなり標準的なエラー処理が行われるが、オプション処理が任意に追加できるようになっており、エラーの性格とそのときの応用面の状態からきめの細かいエラー処理をダイナミックに決定できる。

補助メモリは論理的なファイルとして管理されており、物理的な記憶場所を意識せずにプログラムの増設変更が行える。更にオンライン制御中にプログラムの追加、削除が自由に行え保守性を向上させている。

プログラム開発・保守用ソフトウェアとしてプログラム設計、プログラム作成、テスト、デバッグそして性能評価という各段階に対して各種のサポートソフトウェアを用意している。

言語プロセッサとしては JIS 7000 FORTRAN をベースにプロセス制御用の諸機能を加えた CONFORM をこれまでの数多くのシステムで使用してきているが、これからは構造化プログラムができる高レベル

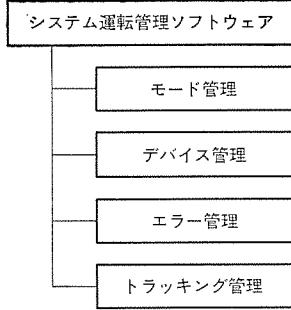


図 3. システム運転管理ソフトウェア構成

ル制御用言語 (例えば PL/I ベースの ESPRIT がある) が使われよう。

また、CRT やタイプライタを用いた会話形式により補助メモリファイルに登録されたテキストデータの作成、変更及び操作が行えるテキストエディタ (EDIT) はソースプログラム群を大容量ディスクパックや磁気テープに記憶させて管理させることを可能とし、従来のカードによる管理の煩わしさを一掃する。

テストデバッグツールとしてはオンラインで運転中の計算機システムでもプログラムのテストデバッグを可能とするいわゆるオンラインデバッグ機能をもつ SIMU が有効に使われているが、これからはソースレベルでテストデバッグが可能なシステム (ESPRIT に対応した SOLDA がある) が望まれよう。

更にオンライン稼働中の計算機システムにおいてオンライン運転を妨げることなく計算機の各種負荷を時系列データとして測定する負荷測定プログラム SPM はそのシステムの余剰能力やクリティカルなリソースを把握でき、システムの処理性の改善あるいは増設変更に対して貴重な基礎データを得ることができ大いに役立っている。

### 3.2 システム運転管理ソフトウェア

重要な業務を行う電力系統制御システムでは計算機システムを2重化して冗長系とすることが一般的である。冗長化する目的としては装置の障害によるシステム全体の停止を防ぎシステムの稼働性を向上させること、増設変更など高ひん度に予想されるメンテナンスに対してシステムのオンライン運用を停止することなくハードウェア、ソフトウェアの変更と試験が実施できることがあげられる。

系統制御システムでは冗長系としての運転形態は待機形が多く一部に負荷分散形がみられる。このシステム全体の運転を管理するソフトウェアがシステム運転管理ソフトウェアであり、これは図 3. に示すようにシステムの運転モードを管理するモード管理、共有デバイスの接続及び入出力処理を管理するデバイス管理、システムの障害を監視しその原因に応じた復旧処理をとるエラー管理、両系の情報交換を管理するトラッキング管理の4つの基本処理に分割される。このように2重化システムによる処理は原則としてシステム運転管理ソフトウェアで処理するようにして応用ソフトウェアが2重系であることを意識しなくて組立てられるようにしている。

片系異常発生時、健全系が常に支障なく業務を引き継ぐ全体のシステム停止を防ぐためには細心の配慮が要求される。システム運転管理ソフトウェアは正常時には動作しておらずシステム障害時に始めて動作するプログラム部分が多いため、より一層の信頼性が要求されその試験は特に厳密に行う必要がある。また、片系が業務を引き継ぐときに

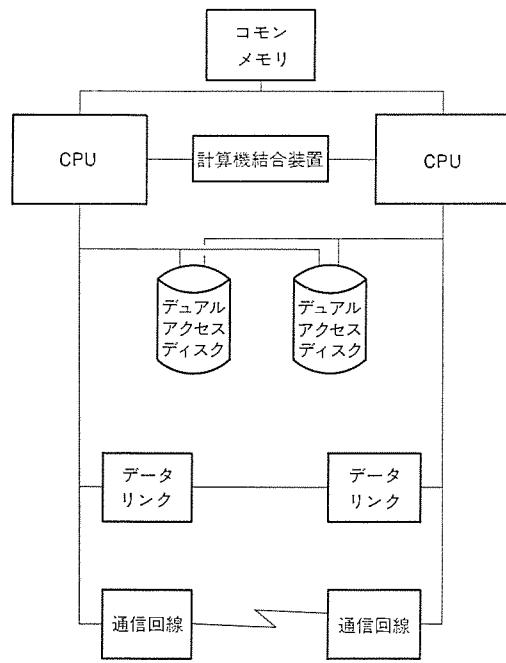


図 4. 両系の情報交換方式

は電力系統に対して絶対に悪影響があつてはならない。このためには両系計算機間で処理の連続性に必要な情報を常に交換させる。この情報交換手段として《MELCOM》350-50 では図 4. に示すように伝達速度、伝達容量、伝達距離、価格等にそれぞれ特徴のある方式をそろえており、そのシステムに応じた最適な構成がとれるようしている。一般的に処理の連続性をきめ細かく行うとすれば両系間の情報交換の密度は多くなり、そのための処理が増えそれだけ単体としての性能を下げることになる。どの程度の処理の連続性を保ちどのように実現するかはシステム設計の重要なポイントである。CDT や TC からの電力系統情報を両系へ並列入力させる方法も入力情報の交換をなくすと同時に両系の計算機処理の同期をこの入力でとることにより両系間の同期情報交換も不要として処理の連続性のためのオーバヘッドを少なくしようとするものである。

なお、現在は 2 重化システムが主流であるが、更に処理性と稼働性をあげるために 3 台以上の計算機を用いたマルチシステムも考えられよう。

### 3.3 CRT 図形処理ソフトウェア

電力系統制御分野においては早くから CRT ディスプレー装置のもつ表示の高速性、融通性等に注目し、マンマシン コミュニケーションとして活用してきている。CRT としてはセミグラフィックキャラクタ ディスプレー装置が多いが表示容量も大容量なものが望まれている。《MELCOM》350-50 システムにおいても 2,000 画素の M 2396, 3,200 画素の M 2397, 4,800 (7,200) 画素の M 2398 等の各種をそろえている。

最近は CRT も複数台設置されることが多く、マンマシン性能として複数台の CRT からのリクエスト ふくそう時にも高い応答性と表示性を保つことが要求される。大容量主記憶の有効活用、ダイミックリレーション機構を活用したマルチコピー マルチタスク方式、編集処理と入出力処理を分離して並列動作が可能なチャンネル方式などはこの要求に対しても有効であるが、更に使い勝手の面も考慮した CRT 図形処理ソフトウェアのサポートが必要である。このソフトウェアとして PICCL 及び VIPPS がある。

一般的に CRT 図形処理は情報変換の流れで考えると 図 6. のよ

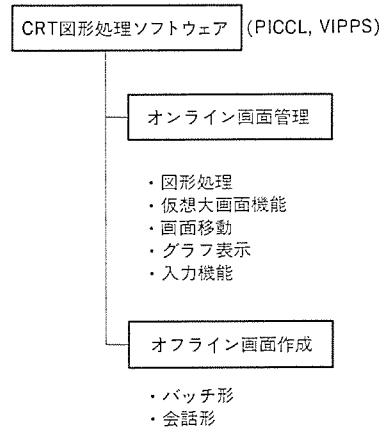


図 5. CRT 図形処理 ソフトウェア 構成

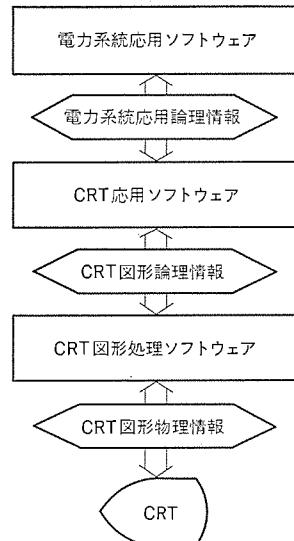


図 6. CRT 図形処理の情報変換の流れ

うになる。CRT 図形処理ソフトウェアは応用ソフトウェアから与えられる CRT 図形論理情報を CRT 図形物理情報へ変換するものである。応用ソフトウェアからは CRT テキストコードあるいはフォーマットなどの物理情報を知らずにもっと論理的な情報で扱えるようになる。応用面からみると論理的に意味を持った图形はいくつかの画素が集まったブロックのことが多い。これをピクチャブロックと定義してこの単位で表示編集処理（クリア指定、色指定、リンク指定、图形変更指定、移動指定等）ができる応用ソフトウェアとのインターフェース サブルーチンをもたせている。このサブルーチンの組合せで容易に複雑な CRT 図形処理が実現できる。

ところで CRT 図形論理情報を CRT 図形物理情報に変換するためには画面ごとの画面データが必要である。最近のシステムでは画面が数 100 枚以上にもなってきており、画面データの作成登録のサポート機能がソフトウェア生産性向上からも重要な要素となっている。画面データ作成としてカードベースのパッチジョブ形と CRT ベースの会話ジョブ形ができるようになっている。パッチ形は大容量の画面データを最初に生成するときのようにオフライン並列作業のほうが効率的な場合に適用され、会話は画面データの増設変更のような場合に多く適用されている。

CRT 図形作成として特徴的なものにマクロ图形による画面生成、任意画素パターンの登録等がある。マクロ图形とは論理的な単位の画

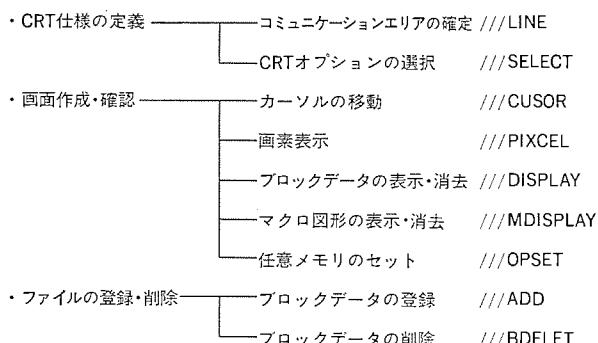


図 7. 画面生成操作 コマンド の例 (VPPPS)

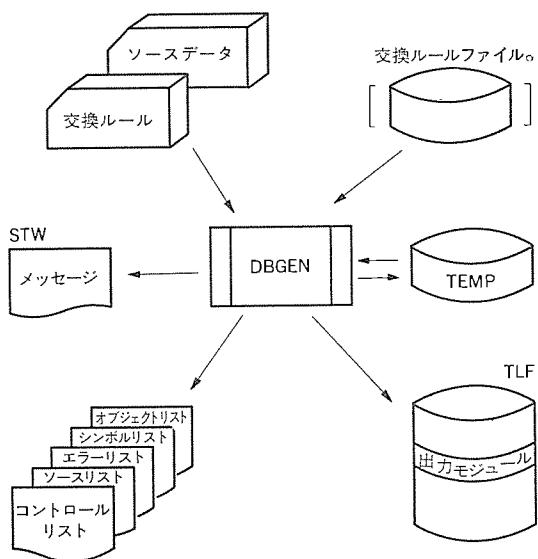


図 8. DBGEN の処理概略

▶001 デンキショ セツビ ファイル	54.04.01.
デンキショ メイショウ = ××××××××	< > SET
センロ メイショウ = ×××××××	< > RTN-M
デンアツ = ×××kV	< > RTN-P
CLASS GROUP タンシNO	< > ツヅキ
1L LINE ×× ×× ××	< > NEXT
2L LINE ×× ×× ××	< > PRINT
タンシ1 ×× ×× ××	
タンシ2 ×× ×× ××	

図 9. DBM の CRT 画面例

素シンボル集合であり各種のマクロ图形をライブラリとして登録しておき、画面生成時とマクロ图形単位にその相対位置を指定するだけで画面データが作成される。また、任意のドットパターンにより構成する任意画素パターンもドットパターン情報を入力するだけで生成登録ができるようになっている。

なお、VPPPS は PICCL の実績から更に発展させたもので特に物理的な CRT 表示画面以上に大きい論理的仮想大画面をサポートする機能をもち、その内の任意の画面を表示させることが可能である。また、M 2398 は 4 画面分の画面メモリを持たせることができ、ハードウェアで画面を連続的に移動させることができる。

CRT ディスプレー装置を用いたマンマシン コミュニケーションは将来も一

層活用されようが、その表示にグラフィック的要素が強まることが予想される。

#### 3.4 データベースメンテナンスソフトウェア

電力系統においては最近データベース方式のソフトウェアシステムが盛んである。データベース方式とは簡単に言えばプログラムとデータを完全に分離させ、データを統合化して統一的に扱うということである。これにより増設変更に対してはプログラムの修正を行わずにデータの増設変更だけで基本的には対処できるようになる。更に計算機システム内の情報交換の流れが整理されプログラム構成が分かりやすくなる。このことはソフトウェアの信頼性及び生産性の向上にもつながることになる。

データベース方式の採用によりメンテナンス性は従来より向上するが、増設変更が計算機内部データの物理的構成や配置を意識することになるのでは十分とは言えない。物理的情報を意識することなしに論理的情報で、更には電力系統応用の情報でメンテナンスできることが望ましい。特にユーザでメンテナンスを行いたいという最近の傾向からもこのことが要求される。

データベースゼネレータ(DBGEN)とデータベースモディファイア(DBM)はこのような機能をサポートするソフトウェアである。DBGEN,DBM共にはん(汎)用的なソフトウェアで、システム固有のデータベース構造に応じた処理は変換ルール表として与える。したがって変換ルール表を変えることにより種々のデータベースを扱うことが可能である。マンマシン方式としては DBGEN はカードベースのパッチジョブ形であり、DBM は CRT ベースの会話ジョブ形である。最近の傾向としてソースカードイメージを大容量ディスクパックに記憶させて管理する方式も考えられている。

データベースメンテナンスの場合に信頼性チェックも考える必要がある。メンテナンスソフトウェアで増設変更データを作成するときの情報入力段階でチェックし、悪いデータは受け付けない、作らないというのが望ましいが、すべてのメンテナンスデータベースについてこのようなチェックを行うのはチェック自体のアルゴリズムが複雑となり困難である。最終的なチェックはデータ単体としてだけではなく、関連プログラムを動作させた上での確認試験となろう。したがって、メンテナンスシステムはデータ自体の増設変更機能だけでなく、どのような試験を行うかまで含めて考えることが重要である。

また、メンテナンス性が向上するとユーザでメンテナンスをする機会も多くなるが、データ管理には配慮を要する。現状のデータベースを正しく把握しておく必要があり、変更した場合の試験についても細かい運用規定を定めることになろう。

データベースメンテナンスソフトウェアは情報処理分野での本格的なデータベース技術を取り入れ更に発展していくであろう。

#### 4. むすび

電力系統制御計算機システムにおけるソフトウェア構成の基本骨格をなす重要なソフトウェアについて幾つか説明をした。このほかにも本稿では触れなかったが通信回線サポートソフトウェアやネットワークサポートソフトウェアもこれからは一層重要となろう。システム全体の評価はこれらのソフトウェアによって決定される要素が非常に大きく、システム設計で十分留意すべきところである。

電力系統の計算機制御においては、扱うべき情報量と処理量はまだまだ増加する方向にあり、これまで以上に情報処理技術が取り入れられていくであろう。

# 最近の給電所におけるデータ処理装置

中川秀人\*・片桐哲朗\*・後藤卯一郎\*

## 1. まえがき

近年、電力会社においては、電力系統の拡大集中化が進む中で、電力の安定供給確保を図りつつ需要家のサービス要請に、的確かつ効率的に対応するため、給電運用の自動化が推し進められている。

このため東京電力(株)では、情報伝送装置と接続して、電力機器の動作記録及び管内総需要電力の記録を行うことを目的として、系統給電所、地方給電所などにミニコンピュータを中心とした、給電所用自動記録装置(以下SVP装置と称す)を設置し、省力化を行ってきた。

最近では更に大容量ミニコンを採用して、給電所の膨大化していく系統の情報の自動処理(系統監視、記録統計、操作指令及び運用計算)を行う自動給電システムが導入され、一部で実用段階に入っている。

この自動給電システムの設置は他の給電所にも拡大される傾向にあるが、導入までの期間、前段階として既設SVP装置の周辺機器の増強を行い、小規模な情報処理(系統監視、記録統計、運用計算)を行う計算機システム(以下データ処理装置と称す)が計画され、当社が受注、納入したので以下その概要について紹介する。

## 2. システムの概要

### 2.1 システム構成

データ処理装置は、冒頭述べたように各給電所管内の系統情報の記録、編集統計、運用技術計算等の給電所業務の省力化を目的とした

ミニコンピュータシステムである。

定検、故障時の給電所における系統機器操作の遅延、麻痺を防ぐため図1に示すように、CDT装置、CSV装置、アナログレーメータ装置(以後ATM装置)を介して、給電所に送信される系統運用情報を系統監視盤や記録計と並列入力、又は別ルートにておのの独立にオンライン入力するコンピュータ支援形システム構成を採用している。

したがって、給電所運転員の系統機器操作は、CRTに表示された機器状態表示によらず、系統監視盤の機器状態表示情報に基づいて行うことを原則とする。

### 2.2 システムの特長

電力需要の増大に伴い、電力系統の増設変更がひん繁に行われるところから装置の操作の容易性、信頼性はもとより、ひん繁に行われる系統の増設変更に迅速に対処するため下記の特長をもっている。

(1) バス構造形ハードウェアであるため、システムの拡張、増設、変更が容易である。

(2) ロジック部とコントロールワード部(データ制御部)を分離したプログラム構造のため、増設変更は原則的にはコントロールワード部だけの変更によって対処できる。しかも、そのコントロールワード部はCRTを介して容易に変更することができるソフトウェアサポート(システムユーティリティ)を供給しているので、伝送装置のポジション増設など、比較的簡単な増設変更はユーザ独自で行うことが可能である。

(3) 積極的にCRTを活用した対話形システムでありマクロな機能選択を操作卓スイッチで行い、表示させたCRT画面から、ライトペンで所定の画面を選択させる画面選択方式を採用しているため、小ス

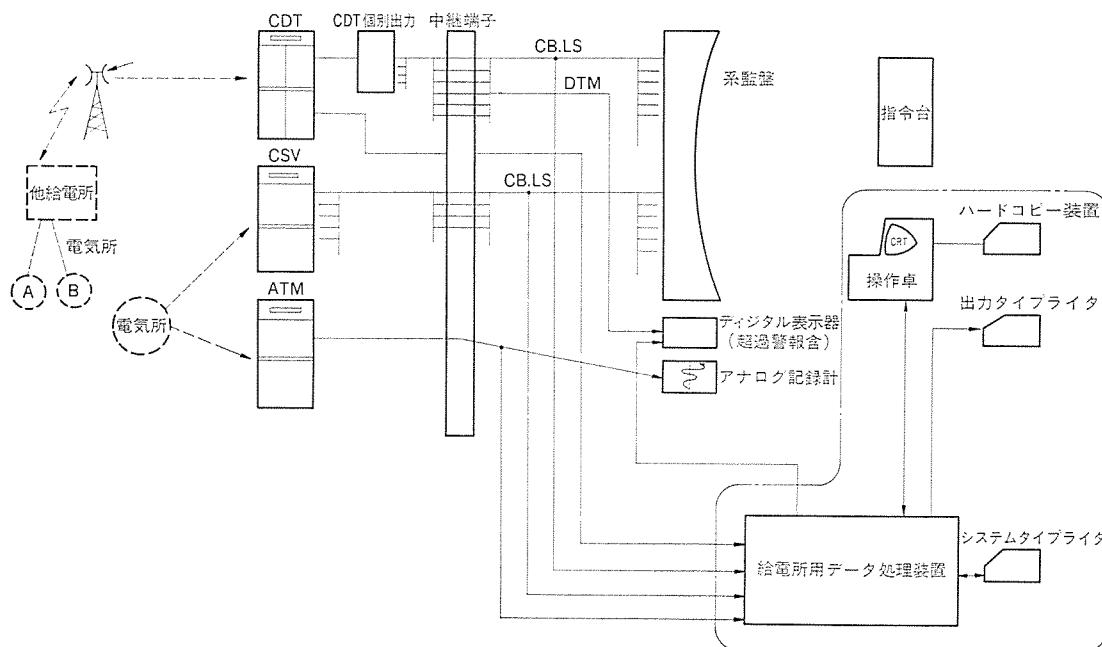


図1. 給電所用データ処理装置のシステム構成

ベースで多数の機能の操作を容易に行うことができる。

### 2.3 処理機能

給電所用データ処理装置の機能は、給電所の日常業務であるしゃ断器の開閉状態、潮流、母線電圧の監視業務と総需要電力量や潮流、電圧実績等の記録統計業務と将来の系統運用計画、及び現状系統のより効率的な運用を図るために潮流、電圧、短絡容量の技術計算や水系の効率運用を図るために水系運用計算業務に大別される。

これらの機能の内容を下記に述べる。

#### (1) 系統監視

##### (a) 潮流、電圧監視

送電線や変電所の潮流や母線電圧が、許容値内か否かを監視し、逸脱した場合には警報とともに、運用者の要求によりCRTに異常内容を表示する。潮流監視目標値には連続許容値と短時間許容値があり、おのの季節ごとに設定値が変更できる。また電圧監視目標値は、おのの5パターンありあらかじめ1年分のパターン指定ができる、各目標値も監視項目ごとに設定変更が可能である。電圧については日常の運用において設定変更の必要があるためCRT画面により設定変更が可能である。

##### (b) 系統状態変化の監視

しゃ断器、リレー動作など系統の状態変化を検出した場合、運用者の確認によりCRTに系統図、状態変化内容を表示する。

##### (c) 水位監視

ダム水位が定められた許容範囲内であるか否かを監視し、警報とともに運用者の要求によりCRTに異常内容を表示する。

##### (d) 流量監視

ダムの流入量や放流量が定められた許容範囲内か否かを監視し警

表1. 保存区分と記録項目

保存区分	記録対象時点	保存期間	保存記録項目	記録内容	備考
短期保存記録	毎時	翌日の24時まで	(1) 毎日毎時計測記録(P. Q. V)	計測記録(P. Q. V)	
			(2) 每日毎時系統構成記録	電気所のCB, LSの開閉状態	
			(3) 每日毎時総需要記録	毎時の管内総需要実績及び内訳	
長期保存記録	毎時に、過去の最大値と比較判定し、該当する場合保存。	翌々年度4/1の24時まで	最大需要実績	毎月の最大総需要発生時点(時)における (1) 計測記録 (2) CB, LS開閉状態 (3) 最大総需要及び内訳 12か月×2年間	
定期保存記録	状変検出時	保存量が規定に達するまで	系統状態変化記録	すべてのSVの状変情報 事故情報及び (オフライン開閉器の状変を含む)	250件 (2日分相当)
伝送異常記録	監視による異常発生解消時	同上	○重過負荷(運用目標値超荷、過負荷)記録 ○電圧異常記録 ○水位流量異常記録	制限値に対する超過、逸脱記録	120件 (1か月相当)
	伝送異常検出時	同上	○伝送装置異常記録	オフライン情報 伝送の異常内容	60件 (1か月相当)

報するとともに、運用者の要求によりCRTに異常内容を表示する。

### (2) 記録

#### (a) 記録の保存

平常時・異常時の計測、及び系統構成の記録などを保存期間別(長期、中期、短期、件数指定)に保存する(表1. 参照)。

#### (b) 編集資料

保存された記録を自動的に、又は運用者の要求により編集資料としてCRTに表示又は印字表する(表2. 参照)。

CRTに表示されたデータは、ハードコピー装置でコピーすることにより保存資料として活用する。

### (3) 運用計算

#### (a) 技術計算

技術計算は、オンラインの監視処理を妨げずにオンライン系で実行することができる。

このシステムでは、CRTを介して対話形式で計算を行う。CRTの技術計算用スケルトン画面からデータの設定を行い、計算結果も

表2. 編集資料

資料区分	編集資料名	記録データの時点	編集出力要求	データの内容	出力方式	備考
潮流	全系潮流図	毎日14時	自動印字	○計測記録(P. Q. V)		
		当日、前日の中の指定齊時	CRTから指示	○電気所のCB, LSの開閉状態	タイプライタ	
		現在状況	操作卓からの指示			
電圧	基幹系部分系統潮流図	短期及び長期ファイルに保存されている記録日時	CRTからの指示	計測記録したデータ	CRT (ハードコピ)	
		設備別潮流実績	操作卓からの指示	発電機、線路、変圧器等指定した設備潮流	タイプライタ	
		重過負荷電圧異常記録	異常発生、復旧時点	制限値を超過、解消した時刻、実績負荷率	CRT タイプライタ	
需	最大需要実績	当日、前日総需要実績	操作卓及びCRTよりの指示	管内総需要実績	CRT (ハードコピ)	表、グラフ
		同上	同上			
		内訳	CRTよりの表示	同上内訳	CRT (ハードコピ)	表
要	実績	毎月最大総需要実績	操作卓及びCRTよりの指示	管内総需要の2年分	CRT (ハードコピ)	表、グラフ
		同上	同上			
		内訳	CRTよりの表示	同上内訳	CRT (ハードコピ)	表
実	状変記録	月間最大需要時	操作卓及びCRTよりの指示	状変発生箇所状変内容	CRT	
		同上	同上			
		内訳	CRTよりの表示	同上内訳	CRT (ハードコピ)	表
状変記録	伝送異常記録	状変検出時	月、日、時指定し操作卓より起動	状変発生箇所状変内容	CRT	
		同上				
		内訳				
伝送異常	伝送異常記録	異常発生時点	同上	オンラインデータ伝送における異常内容	CRT	
		同上				
		内訳				

スケルトン上に表示するため、設定が容易で結果が見やすく、かつ早く計算できるという特長をもっている。

計算対象は、あらかじめ設定された、現状の基幹系統から部分系統までの系統図はもちろん、一覧表画面でノード、ブランチを新規に設定できる任意系統まで含まれる。

更に、系統図によりあらかじめ設定された、現状の系統状態を任意系統に移行できるため、CRT を介して任意系統の一覧表画面に、追加変更分のノード、ブランチを入力して計算させることにより、設備変更時の系統状態の検討を容易に行うことができる。

(ア) 計算方法

潮流電圧計算、短絡容量計算とも、フロー法で計算している。潮流電圧計算は、直流回路による簡易計算（潮流計算と呼ぶ）と、抵抗分も含めて、収束計算を行う電圧計算の指定ができる。短絡容量計算は、故障点の指定方法により、単ノード指定と全ノード指定がある。

(イ) 系統規模及び計算速度

計算の対象となる系統の最大規模は、ノード数 96、ブランチ数 160、ループ数 24 である。計算速度は、ノード数 50、ブランチ数 100 程度の系統の場合、実行から計算結果が CRT に表示されるまで、潮流計算で 10~20 秒、電圧計算で 40~60 秒である。短絡容量計算は、単ノード指定のとき 20 秒程度、全ノード指定のときは(単ノード指定時の時間) × ノード数となる。

(b) 水系運用計算

水位、流量等のオンラインデータや、オフライン設定データにより、水系運用対策検討に必要な、下記運用計算を行う。

- (ア) 揚水計算
  - (イ) 本日運用計算
  - (ウ) 明日運用計算
  - (エ) 取水ダム(湖)水位放流量長期予想計算

### 3. ハードウェア構成

このシステムは、主記憶容量 48KW(最大 64KW)で、外部記憶装置として、固定ヘッドディスク装置 1 台、プログラム やデータ類のロードダンプ用にカセット磁気テープ装置 1 台、更に CDT の情報を受信する CD

表 3. 給電所用データ処理装置の機器概略仕様

項目	内 容	仕 様	備 考
1. 構 造	外形寸法 実装方式	自立架 H2,300, W700, D600mm プラグイン方式	3架 (既設 SVP 装置 1架を含む)
2. 使用条件	温 度 電 源	0~40°C AC 100V 50Hz (5kVA)	
3. 受渡し条件	CDT 入力 CSV 入力	1,200 BPS ワードシリアル 接点入力	含電子接点
	ATM 入力	20~30Hz 衝流	
4. 演算処理装置	MELOM 350-7	フェイセル機能 IPL 機能 標準 コアメモリ容量 46KW 仕様 サイクルタイム 0.8 s 語長 16ビット+パリティ	
5. 固定ヘッド ディスク装置	容 量 データ転送速度	512KW 312KW/s	
6. 時 計 回 路	CPU 内蔵タイマー	日誤差±2秒/1日以下	プログラム演算
7. システムタ イプライタ	印字速度 最大印字数	20字/秒 120字/行	
8. 出力タイプ ライタ	印字速度 最大印字数	45字/秒 130字/行	防音機構付
9. カセット磁 気テープ	データ伝送速度	6K ビット/秒	
10. カラー CR T	画面寸法 表示色	20インチ 7色(赤、緑、青、黄、水、桃、白)	
	表示画素数	3,200 画素 (80×40行)	
11. ハードコピ ー装置	画面寸法 コピー時間	120mm×240mm 45秒/画面	

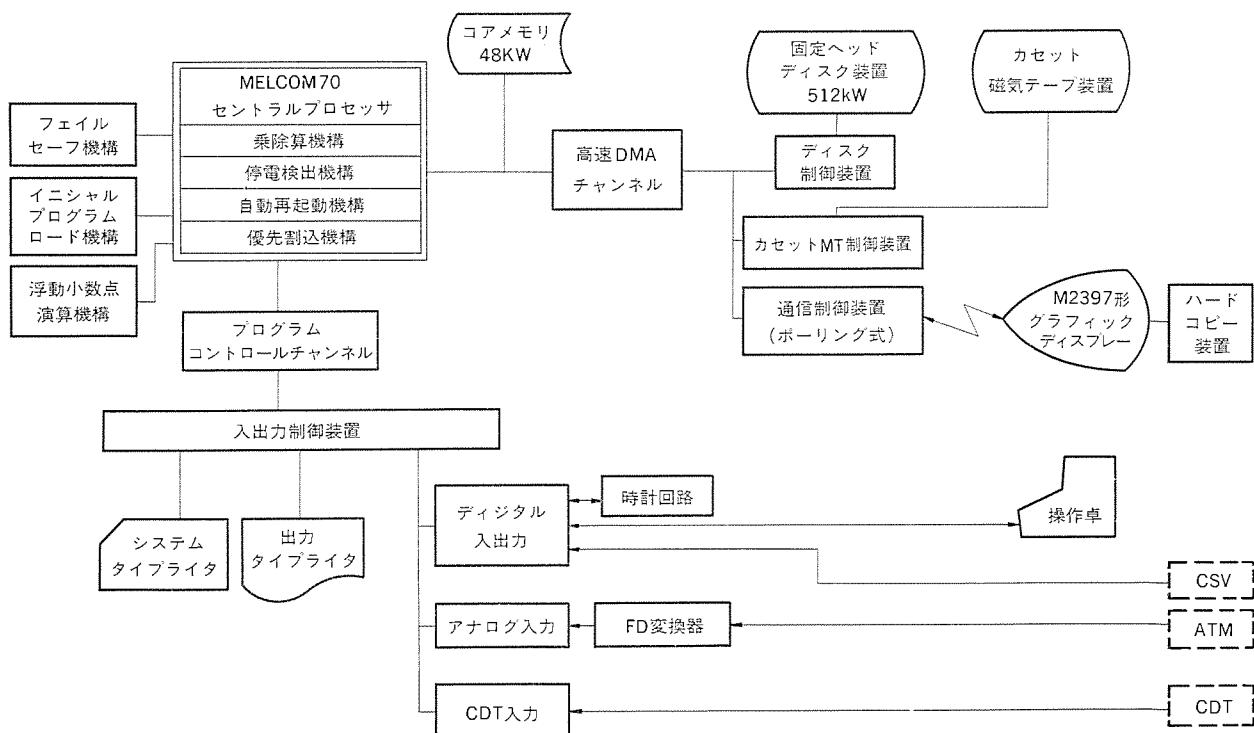


図 2. ハードウェア 構成図

T入力装置、アナログテレメータを入力するアナログ入力装置、CSV情報の入力及び操作卓の入出力情報の送受信機能を持つたデジタル入出力装置を実装した3架(既設SVP装置の1架を含む)と、システムタイプライタ1台、出力タイプライタ1台、CRT内蔵の操作卓1台、ハードコピー装置1台によって構成されている。

表3.に機器概略仕様、図2.にハードウェア構成図を示す。

#### 4. ソフトウェアシステム構成

給電用データ処理装置のソフトウェアは、オンライン系と、オフライン系から成る。

オンライン系には、(1)オンラインデータの監視、記録、(2)実系統のデータ設定による技術計算、(3)オンラインデータを使用する水系運用計算がある。このうち、(1)、(2)の機能は各システム共通であるが、(3)の水系運用計算は、各システムの水系に合わせて、独自に作られている。

オフライン系には、(1)システムゼネレータ、(2)システムユーティリティがある。

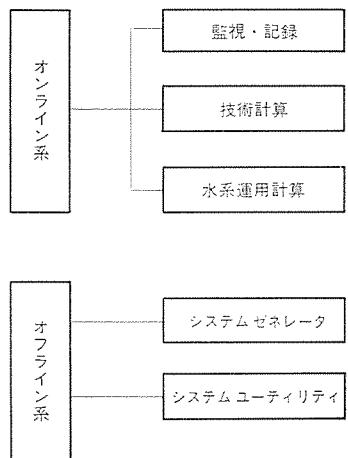


図3. ソフトウェア構成

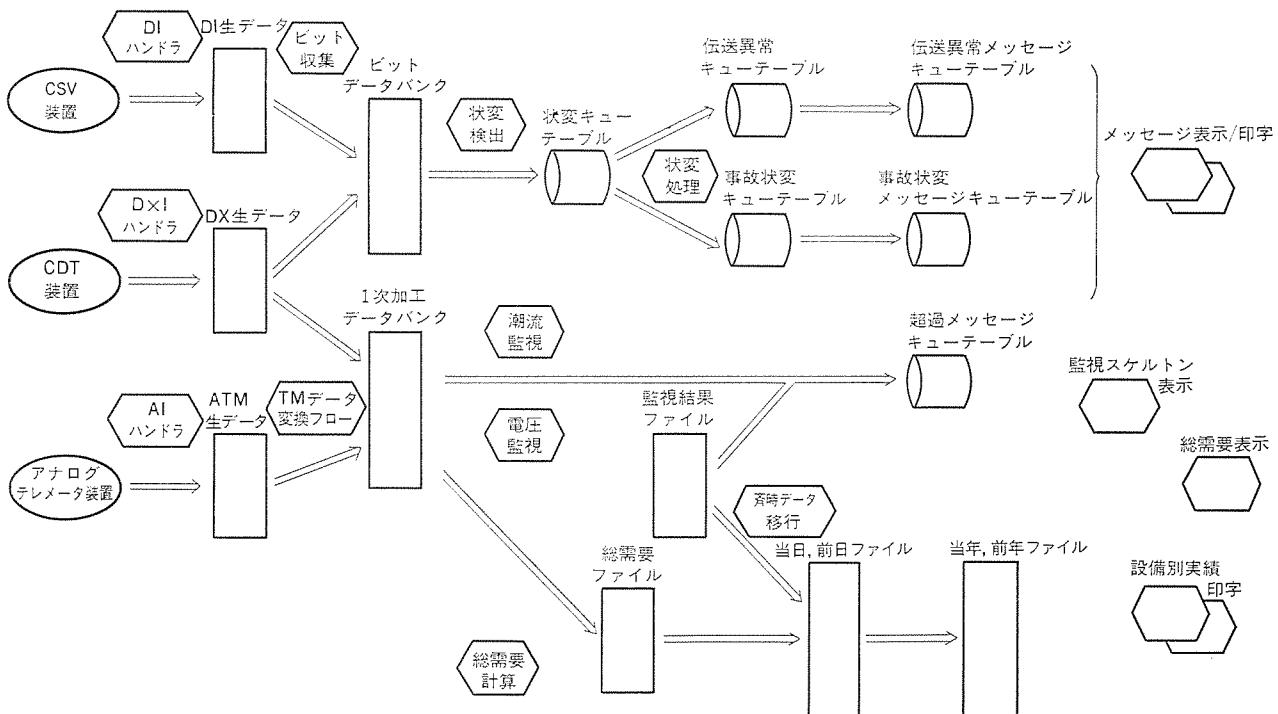


図4. 監視記録 データフロー

る。(1)は、システムの作成、及びプログラムの登録、削除を行うもので、主として工場でのシステム組上時に使う。(2)はこのシステム用に新規に開発したもので、コントロールワードの増設変更をCRT画面から容易に行えることを目的としている。主として納入後、現地でのコントロールワードの変更に使用する。

以下に、オンライン系の監視、記録、技術計算、オフライン系のシステムユーティリティについて概要を述べる(図3.、図4.、図5.を参照)。

##### 4.1 監視、記録

監視、記録の処理は、入力部、状変監視部、異常監視部、データ記録保存部、表示印字出力部から成る。

##### (1) 入力部

入力は、CDTから送られるSV情報・テレメータ情報、CSVにより入力されるSV情報、及び、アナログテレメータより入力されるテレメータ情報がある。CDTについては、1,200 BPSで伝送されるデータまで取扱うことができ、優先伝送に対する処理、及び、水系のデータに使われる2ワード連結のデータに対する処理についても考慮されている。SVデータは、2秒周期でデータ収集を行う。テレメータデータは、通常20秒周期、事故時は8秒後に、通常の周期に割込んで、データ収集を行う。入力データは、SVデータ、1,000ポジション、テレメータデータ、100量まで取扱えるように設計されている。

##### (2) 状変監視部

状変監視は、電力系統機器の入／切状態等の監視と伝送装置の異常の有／無の監視がある。状変検出部で、SV情報の状変を検出し、状変処理部で事故操作状変と、伝送異常状変に振り分ける。各状変データは、CRT／タイプライタにメッセージ出力できる形で、事故状変メッセージキュー・テーブル、伝送異常メッセージキュー・テーブルに格納される。同時に100状変まで処理可能であり、事故状変は256メッセージ、伝送異常状変は50メッセージ分を保存している。

##### (3) 異常監視部

系統の潮流、電圧の異常監視を行う部分である。潮流監視は送電線種別、回線数、季節により、自動的に監視目標値を決め、監視目標

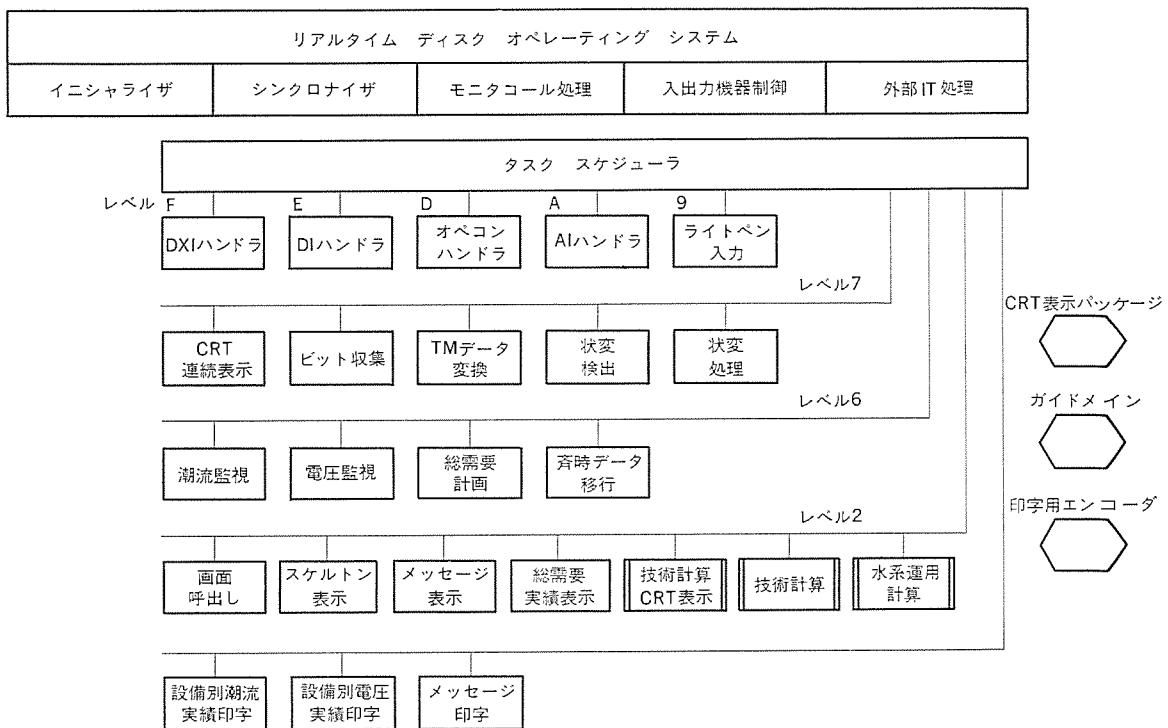


図 5. オンライン系ソフトウェア構成

値も 3 段階に分けて、きめの細かい監視を行っている。電圧監視は、監視対象ごとに異なる監視パターンをもち、カレンダと時刻により自動的に監視上下限値を決定して、電圧の上下限監視を行う。監視結果は、超過メッセージキューテーブルに格納されて超過メッセージとして、表示・印字される。また、監視スケルトン画面上で、数値の表示色を変えて表示される。潮流、電圧の超過メッセージは、128 メッセージ分を保存している。

#### (4) データ記録保存部

テレメータデータのうち、総需要計算項目となっている潮流値を1分ごとに積算して、WH 値を求め、全項目を合計して総需要を計算する。また、月最大の総需要であれば、月最大総需要として保存する。月最大総需要が発生した時点の、SV 情報、テレメータ情報、監視結果、総需要のデータを2年間保存する。また、齊時の上記データについては、2日間保存する。

#### (5) 表示印字出力部

計算機内部で処理したデータを、CRT、タイプライトにより出力する部分である。メッセージ類の表示印字、監視スケルトンの表示、総需要項目の表示及び補正、設備ごとの潮流値、電圧値の印字等を行う。

#### 4.2 技術計算

技術計算のプログラムは、CRT 表示設定、潮流電圧計算本体、潮流電圧計算入出力変換、短絡容量計算本体、短絡容量計算入出力変換に分けられる。使用言語は、CRT 表示設定がアセンブリで、他は、リアルタイムフォートランである。

#### 4.3 システムユーティリティ

このシステムは、コントロールワード方式により、プログラムをロジック部とコントロールワード部とに分離して、データを扱っている。

コントロールワードモディファイアは、オンライン系運転状態に一部の修正を加えて、システムユーティリティ系として稼動する。システムユーティリティ系は完全に独自のシステムを構成するのではなく、オンライン系との互換性を保っている。

#### 5. このシステム適用による効果

このシステムの適用により、次のような効果が期待できる。

- (1) 給電所で、異常状態が迅速には(把)握できるため、対応が早い。
- (2) 監視業務の負担が軽減し、記録統計業務の省力化ができる。
- (3) 電力の需要予想など、運用計画作成の上で効率化が図れる。
- (4) 机上では不可能であった大規模計算や、半日～2日程度を要した計算が数分程度で可能となり、従来より多種類の検討が可能であり、より一層の信頼度向上、及び運用の効率化が図れる。

#### 6. むすび

このシステムでは、給電所における定形的な監視業務、及び記録統計業務を自動化することにより、省力化を図るとともに、オンライン状態のままで、監視記録業務に影響を与えることなく、CRT を介して電力系統、及び水系の技術計算を行うことができ、給電所用データ処理装置として、大規模系統制御システム導入までの前段階として効率的な活用を図ることができる。

また、再三述べてきたように、今日、電力需要の増大のため、ひん繁に電力系統の増設変更が行われているが、システム納入後もこれらの増設変更に、容易に対処できるようなコントロールワード方式を採用しており、しかもそれらを CRT を介して変更するシステムユーティリティ機能を持っているため、簡単な増設については、ユーザにて実施することができるところがこのシステムの特長である。

最後に、このシステムの計画・設計にあたって、ご指導、ご協力いただいた、東京電力(株)の関係各位に深く感謝する次第である。

#### 参考文献

- (1) 羽子岡、渡辺ほか：給電所用自動記録装置、三菱電機技報、48、No. 6 (昭 49)

# 最近のLSIを用いた集中制御システム

辻 俊彦\*・永田慎二\*・流郷忠彦\*

## 1. まえがき

需要増大に伴う電力系統の大規模化と運用業務の複雑化、高度化に伴い、各電力会社とも一層の電力供給の信頼度向上と効率的運用を要求されている。このような要求に対して電力系統を高信頼度でかつ効率的に運用するために給電所自動化、発電所自動化、及び他の関連部門との協調などについて総合的見地から見直した、いわゆる総合自動化計画による設備の自動化が進められている。

本稿では総合自動化の一環である配電用変電所の集中制御システムについてその方式と構成を述べる。

## 2. システム構成

### 2.1 システムの概要

このシステムは、2次及び配電用変電所を1:N集中遠方監視制御装置によって負荷制御所へ集約し、計算機を中心とした自動処理装置との有機的な結合により高信頼度でかつ効率的、経済的な運用を可能としたものである。図1.にシステム構成を示す。

負荷制御所には、系統監視盤を設けてパンク2次母線までの全系統を常時表示し一覧性を持たせることにより系統全体を的確には(把)握できるように考慮している。選択制御操作は全変電所に共通の制御機(2台)により組合せ選択制御を行うとともに、該当変電所の故障表示、6kV配電線しゃ断器(F-CBと略す)のON・OFF表示が自動的に選択表示され、運転の効率化とフロアスペースの縮小化を図っている。また、自動処理装置により負荷の自動監視、機器状態と各種計測値の自動記録を行う。更に負荷制御所の自動処理装置と地方給電所の自動処理装置との間はメッセージ伝送装置(RDT)及びサイクリックデータ伝送装置(CDT)で結ばれ、負荷制御所から各種系統情報が上位に伝送される。地方給電所からは、更に上位給電所へCDT、RDTを用いて情報の伝送が行われるとともに、各営業所に

設置されているリモートタイプライタに配電線情報を伝送印字するようにしており、総合的かつ合理的な集中監視制御システムを構成している。

### 2.2 システムの特長

#### 2.2.1 1:N集中遠方監視制御装置(1:Nテレコン)

負荷制御所のシステム停止時には全変電所の運転が不能となることから信頼度確保に十分配慮しなければならない。したがって、1:Nテレコンの共通部は2重化し、個別部は4変電所単位で独立実装することにより1部位の故障による停止範囲を4変電所以内に抑えている。更にシステムが取扱う情報量の飛躍的な増大と処理機能の高度化のため、1:Nテレコンには拡張・増設・変更の容易さ、データの前処

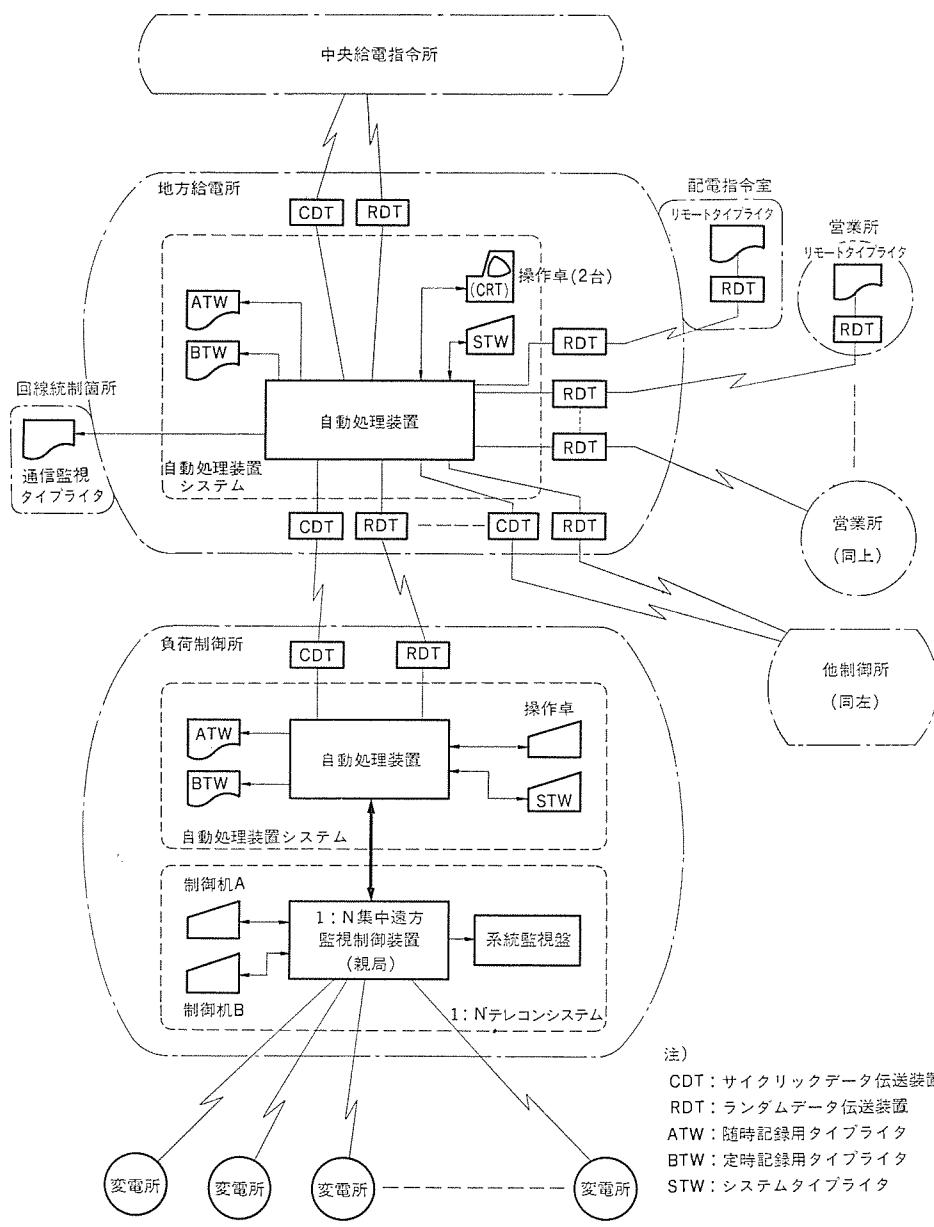


図1. システム構成図

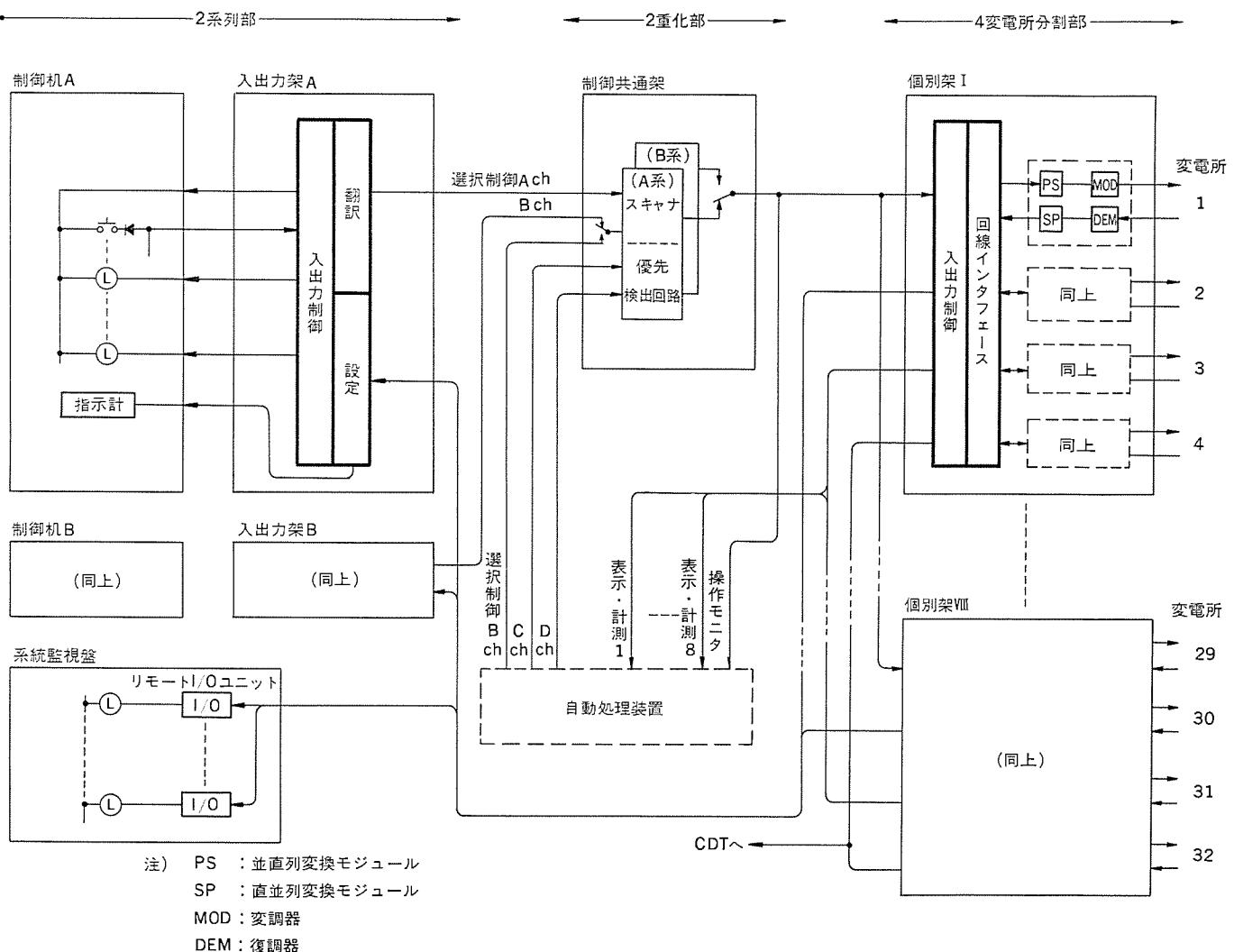


図 2. 1: N 集中遠方監視制御装置構成図

理機能、マンマシン処理機能、自動処理装置とのインターフェース機能等の高度化が要求されている。これらの要求を満足させるために1:N テレコンは、従来のワイヤードロジックのハードウェア装置からLSIを主要構成要素とした新形システムを採用している。図2.にこのシステムの制御所側構成図を示すが、太わくで囲んだ部分がLSIにより構成されている部分である。

このシステムの構成の基本思想は下記のとおりである。

- (1) 定形機能ハードウェアモジュールとプログラマブルモジュールとを有機的に結合し、信頼性、拡張性、増設変更性、保守性等の面からバランスのとれたシステムとする。
- (2) ハードウェアモジュールは高信頼度の低消費電力形要素を主要構成要素とし高密度実装かつ自然空冷とする。
- (3) システムの拡張・増設変更を容易とするため、データの授受はバス方式とする。
- (4) 4対向ごとの分散構成方式とする。

各部の構成と機能は次のとおりである。

まず入出力架A、Bの入出力制御部は制御机A、Bの操作信号読み込み制御を行い、翻訳部は机A、Bからの組合せ選択信号を定マーク符号へ変換する翻訳制御を行う。設定部では配電線有無表示、指示計スケール点灯制御、指示計切換制御を行っている。

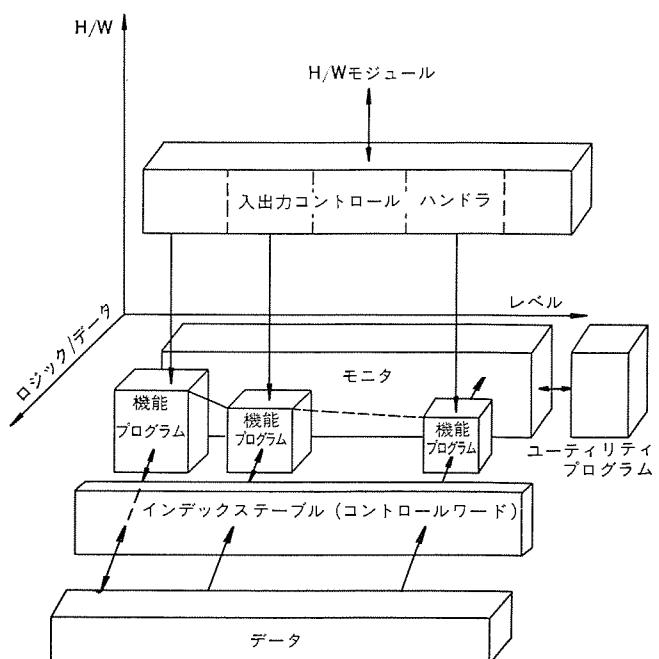


図 3. ソフトウェア構成図

個別架の入出力制御部は選択・制御信号の入力制御、机A、Bへの30F表示制御・F-CBの状態表示制御、系統監視盤への機器状態表示制御、及び自動処理装置への表示・計測信号の転送制御を行い、更に重要F-CBのCDT転送制御などを行っている。

回線インターフェース部は選択・制御信号の送出制御、表示、計測信号の受信制御を行っている。

ソフトウェアは下記の基本思想に従い構成している(図3.参照)。

(1) プログラム部とデータ部を分離し、プログラム部はROM(Read Only Memory)領域に、データ部をRAM(Random Access Memory)領域にそれぞれ格納する。

(2) 機能プログラムとデータ部の結合はインデックステーブル(コントロールワード)を介して行う。

(3) 機能プログラム群はそれぞれモニタを介して結合され、各プログラムはレベルを割当てられ実行の優先順位が決められる。

(4) ハードウェアモジュールと機能プログラムとの結合は各種入出力ハンドルを介して行い、インターフェースの統一を図る。

以上述べたソフトウェア構成の実現により

①電力設備の増設・変更に際しては機能プログラムやデータ部を何ら変更することなく、インデックステーブルの変更により対応できる。

②各機能プログラムはツリー(TREE)構造により構成されているので、機能の追加・変更に際しては、機能プログラムモジュールの変更・追加により対応できる。

③ソフトウェア構成がモニタ～機能プログラム～インデックステーブル～データ、機能プログラム～入出力コントロールハンドル～H/Wモジュールという次元配列で構成されており、増設・変更に対してフレキシブルな構成である。

## 2.2.2 自動処理装置

このシステムでは前述の1:Nテレコンからの各種系統情報を受けて表1に示す各種業務処理を行っており、特に事故(自動状変)記録は、状態変化ポジションがテレコンセット単位、テレコン1サイクル単位でまとめて編集印字され、同時状態変化(多重状態変)時は、テレコン3サイクル以内で、最高450状変の処理まで可能であるが同時に状態変化時のタイプライタ印字の解読に運転員がかなりの時間と労力を必要とする欠点があった。今回この欠点を解決する

るために、F-CBの状変だけを一定時間ごとに区切り1行にまとめて集約印字する「F-CB状変集約記録」機能を追加した。機能の主な内容は下記のとおりである。

(1) F-CBがIN(入)からOFF(切)に自動状態変化を起こせば初発事故として認識し、これから6分(変電所ごとに可変)以内に生ずる当該F-CBの状変(自動状変、操作状変とも)は初発事故を含めて最大5状変分並びに再閉路失敗時の配電線故障区間計測データを記憶する。

(2) 初発事故の発生から6分後に記憶している状変と故障区間計測データとを所定のフォーマットにまとめAタイプライタに印字するとともに同時に同一内容をメッセージ伝送により営業所設置のリモートタイプライタへ印字させる。

(3) 状変集約は6分間で最大240ポジション(最大事故実績から想定)の処理が可能である。

(4) 集約時間幅は変電所側の自動再閉路继電器(79リレー)の動作時間(1動作サイクルは6分間)に合わせる。ただし動作時間が6分30秒の79リレーが混在しているため、集約時間幅は6分～6分30秒で変電所単位に変更可能とする。

図4.に印字フォーマット例を示す。

表1. 自動処理装置の処理業務

No.	業務処理項目	備考
1	日報作成	毎正時に電力量を自動記録する
	月報作成	毎月1日に自動編集記録する
2	機器・操作記録	テレコン制御機より操作時に自動記録する
	事故(自動状変)記録	自動状態変化発生時に自動記録する 配電線情報については、自動集約記録する
	配電線故障区間記録	
3	全S/S電圧・電流記録	
	全S/S配電線CB状態記録	操作卓から要求し、各内容を自動記録する
	S/Sごと一括記録	
4	過負荷監視	線路・パンク等の電流が設定値を超えた都度警報し、内容を自動記録する
5	メッセージ伝送(RDT)	地方給、営業所に必要な事項が発生都度、自動又は手動キックによりその内容を伝送する
	サイクリックデータ伝送(CDT)	地方給で必要な事項について、當時その状態を伝送する
6	全項目自動計測(長周期)	長周期で全データを自動計測し、短周期では重要データを自動計測する
	重点項目自動計測(短周期)	
	配電線故障区間表示器自動計測	配電線事故時の故障区間表示データを自動計測する
7	操作卓要求業務内容判断処理	操作卓からのデータ表示、警報表示、設定、設定解除、データ変更等の要求内容を判断し、その処理を行う

Ⓐ	11 15 ヨウカ	6KV ケイ CB-F14 OFF 6KV ケイ CB-F15 OFF 6KV ケイ CB-F16 OFF 6KV ケイ CB-F22 OFF 6KV ケイ CB-F23 OFF
	11 16 ヨウカ	6KV ケイ CB-F15 IN 6KV ケイ CB-F16 IN 6KV ケイ CB-F22 IN 6KV ケイ CB-F23 IN
	11 17 ヨウカ	6KV ケイ CB-F16 OFF 6KV ケイ CB-F22 OFF 6KV ケイ CB-F23 OFF
	11 17 ヨウカ	F16 3クカン
	11 17 ヨウカ 11 18 ヨウカ	6KV ケイ CB-F22 IN 6KV ケイ CB-F23 IN
Ⓑ	11 19 ヨウカ	6KV ケイ CB-F23 OFF
	Ⓑ-1	** 11 21 ヨウカ ** 11 21 ヨウカ ** 11 21 ヨウカ ** 11 21 ヨウカ ** 11 21 ヨウカ
	Ⓑ-2	F14 /15-OFF/ クカン** F15 /15-OFF/ 16-IN 0クカン**
	Ⓑ-3	F16 /15-OFF/ 16-IN 17-OFF/ 3クカン**
	Ⓑ-4	F22 /15-OFF/ 16-IN 17-OFF 18-IN/Xクカン**
	Ⓑ-5	F23 /15-OFF/ 16-IN 17-OFF 18-IN 19-OFF/ 4クカン**

注) [ ] 部分は赤色印字部分

図4. 印字フォーマット例

図でⒶの部分は従来の状変記録であり、Ⓑの部分が今回追加された集約印字であるが、両端の\*\*印のみ赤色印字され検索しやすくなっている。ここでⒷ-1は再閉路しなかった場合を示し区間印字はスペースとなっている。Ⓑ-2は1分後に再閉路成功した場合を示し0区間となってい。Ⓑ-3は再閉路失敗し最終しゃ断となった場合で区間は3である。Ⓑ-4は再々閉路成功したが、故障区間値は“テレコン機割込み”により計測できなかった場合を示しX区間となっている。Ⓑ-5は再々閉路失敗した場合で区間は4である。以上述べた機能の実現により従来の当該F-CBだけを抜き出して転記し事故様相を解説する労力が削減され、事故時の迅速な対応が可能となった。

## 2.3 ハードウェアシステム構成

### 2.3.1 1:N 集中遠方監視制御装置

このシステムは、LSIを主要構成要素としており下記のような特長をもっている。

(1) 低消費電力形素子の採用により装置本体の消費電力が従来形の約1/3程度に減少した。

(2) このシステムでは個別部を4変電所単位で実装する制約があるために、従来形システムと比べてフロアスペースは変わらないが、制約を除外すれば実装密度を2倍にすることが可能であり、フロアスペースは大幅に減少可能である。

(3) 回路部品の種類と数の大幅な減少、及び自動処理装置との接続点減少により、信頼度の向上が図れた。

(4) 系統監視盤内に系統盤用リモートI/Oモジュールを実装し、個別架と高速バスインターフェースで接続したために授受信号数が大幅に減少し、接続ケーブルが約1/10程度に減少した。

### 2.3.2 自動処理装置

このシステムは中央演算処理装置『MELCOM』350-7を中心として図5.のよう機器で構成されている。

各装置はユニット単位で増設可能であり、PI/O装置はカード1枚が1ユニットとなっている。また、信頼度向上のため各カードは大形基板を採用し、極力接続部分が少なくなるような構成としている。

### 2.4 1:N 集中遠方監視制御装置と自動処理装置とのインターフェース

インターフェース信号としては、下記の3種類があげられる。

#### (1) 選択・制御信号

図6.に示すとおり、1:Nテレコンには制御入力としてA, B, C, Dの4chが用意されており、自動処理装置とはB, C, Dの3chで接続されている。ただしBchは制御機Bと共に切換

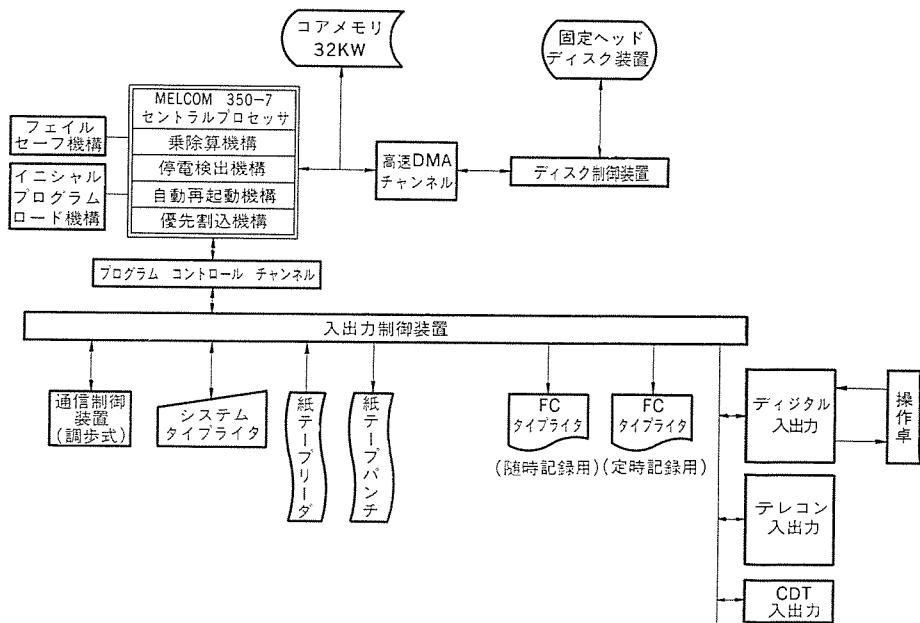


図5. 自動処理装置 ハードウェア構成図

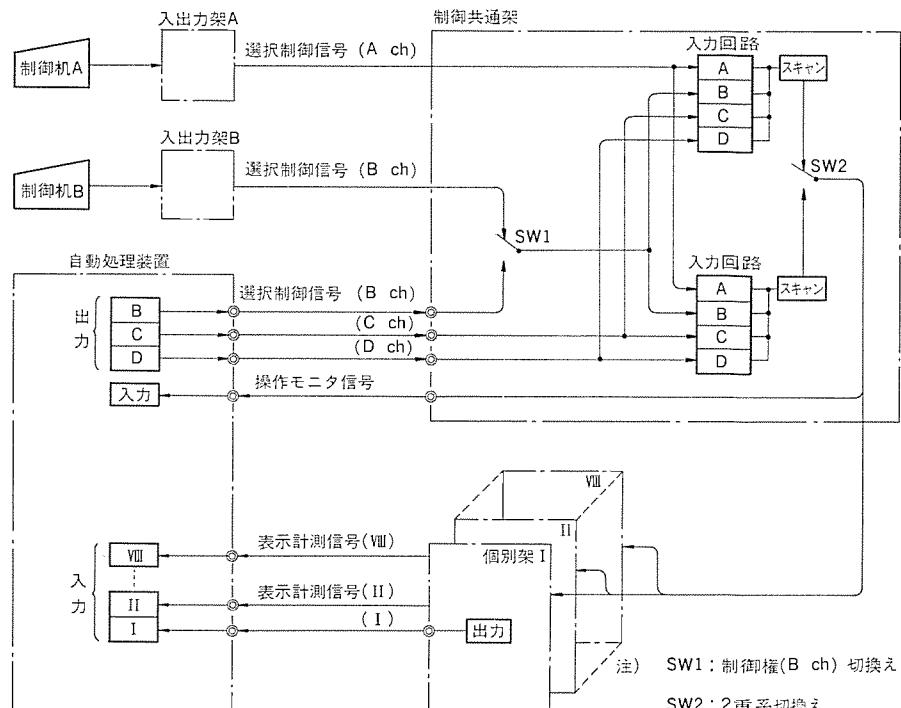


図6. 1:N 集中遠方監視制御装置と自動処理装置とのインターフェース

えはマニュアルで行われる。

#### (2) 操作モニタ信号

図6.に示すとおりA, B, C, Dの4chのオンライン制御信号をモニタ信号として自動処理装置に渡しており、[A|B|C|D]の順に多重化されたワード直列信号がサイクリックに転送される。

#### (3) 表示・計測信号

被制御所からのデータ信号の受渡しを行うものであるが、このインターフェースは4変電所分のデータが1chに多重化され転送されている。

受渡しのタイミングは、図7.に示すように従来の1変電所ごとに1chで接続されていた方式と比べて4倍のスピードで各データが自動処理装置へ転送され処理されている。

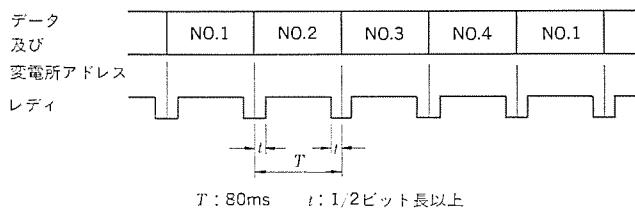


図 7. 表示・計測信号の受渡し タイミング

この方式の採用により表示・計測信号用インターフェースが1/4に減少し、信頼性の向上が図ると同時に装置間ケーブルの減少により現地工事の短縮化が図れた。

### 3. 系統操作業務の自動化動向

以上のとおり、業務の自動化については、制御所に自動処理装置を導入し、記録・監視・情報伝送を主体に自動化をはかってきた。一方、無人変電所の増加による制御所規模の拡大に伴って、全体の業務量の増大とともに、系統操作に関連する業務の比率がますます増大しつつあり、更にこれら業務が作業開始及び終了の特定時間帯へ一層集中していく状況にある。これに対処するため、系統操作業務の省力化と誤操作防止を主目的とした自動操作システムを開発試作し、現在関西電力(株)加古川制御所でフィールドテストを行っている。この

システムはその構成を図8.に示すとおり、CRT装置を用いた専用処理装置を既設の自動処理装置と結合する方式を採用しており、既に自動処理装置が導入されている制御所に自動操作機能を増設する場合にも、既設設備の改造変更は最小限にとどめることができる。

このシステムは、次の3つの機能を持っている。

#### (1) 自動操作機能

CRT装置を用いて操作票を作成し、その正当性を模擬実行によりチェックした後、外部記憶装置に登録しておき、操作時に必要な操作票を呼び出して実行する。

#### (2) 個別監視制御機能

系統に事故が発生した場合には、対応する変電所のスケルトンと30FをCRT装置に選択表示する。また、スケルトン画面からライトペンを用いて、機器の個別制御を行うことができる。

#### (3) 増設変更機能

このシステムの増設変更は、すべてCRT装置を用いて、ポジション表とスケルトン画面の追加変更により対処することができ、更に増設機器の自動操作が直ちに行えるように、系統接続の自動認識機能も有している。

以上の機能により、系統操作の省力化と誤操作防止、事故状況の的確な把握、増設変更の迅速確実な実施を達成することができる。フィールドテストは、53年12月以来順調に進んでおり、線路の停止・復元操作、母線の停止・復元、及び切換操作等ある程度定形的な操作はもちろん、複数変電所にまたがる系統操作もこのシステムを用いて行われている。今後更にフィールドテストを続けて、操作性、増設変更性、信頼性等を十分確認しつつ、実用化システムを完成する予定である。

### 4. む す び

以上、負荷制御所の集中制御システムを紹介したが1:N集中遠方監視制御装置はLSIの採用によって拡張性、増設変更性、コンパクト性を実現でき、自動処理装置は配電線情報の集約印字を追加し、制御所運転業務の高度化並びにサービスレベルの向上に寄与できたが、この成果は関西電力(株)関係者のご指導とご協力によるものであり、本誌上を借りて厚く謝意を述べる次第である。

今後、系統運用自動化の高度化を目指して遠方監視制御装置と自動処理装置の利用はますます重要性を増し、高信頼性、拡張性、変更性を要求されると考えられ、当社としてもその具体的な実現に積極的に取組み、ユーザ各位のご期待にこたえる所存である。

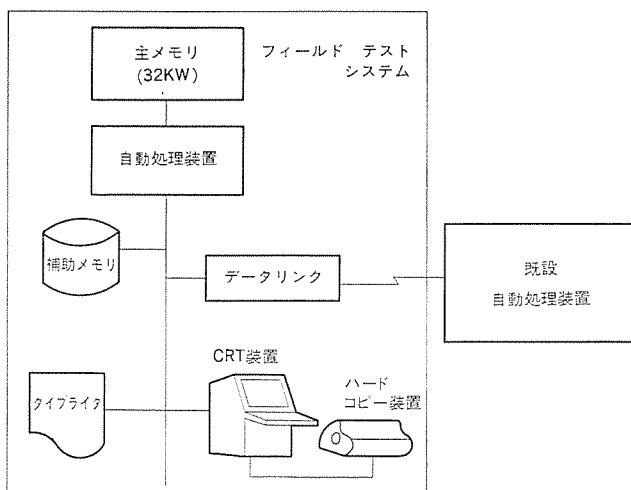


図 8. 自動操作 フィールドテスト システム 構成図

# 最近の大規模集中監視制御システム

中川秀人\*・加賀赳寛\*・伊藤満夫\*・団幸太郎\*・志岐紀夫\*\*

## 1. まえがき

近年電力需要はますます増大し、更に良質な電力の安定した供給が強く望まれている。電力供給事業に課せられたこのような社会的使命をまとうするため電力設備は増大の一途をたどり、その運用と保守管理は高度化、複雑化する一方である。巨大化した電力設備を限られた要員で適切かつ効率的に運用・管理するには、監視制御、情報処理等のうち単純かつ定形的な業務はコンピュータで集中的に処理することにより、運転員の負担を軽減し、運転員の能力に余力を持たせ、事象の総合的把握、判断等より高度な業務に専念できるようにしなければならない。そのためには大量のデータを集中的にかつ効率的に処理できる大規模な集中監視制御装置が必要となってくる。

当社では従来から、変電所、集中制御所の自動化システム、給電所のデータ処理システム等、電力系統の分野に、計算機を応用した監視制御装置を数多く製作納入してきたが、このほどこれまでの技術・経験の上に、更に高度なシステム技術と、信頼性、処理能力を増大した最新の制御用計算機ハードウェアを導入して、大規模な集中監視制御装置を完成し、中部電力(株)岐阜地方制御所へ納入した。岐阜地方制御所は中部電力岐阜支店構内に所在し、昭和54年1月運転開始した。岐阜支店が現在管轄する電力設備は水力発電所、変電所、配電用変電所合わせて130か所ほどである。運転当初は、このうち配電用変電所を主として10数か所の集中化から始め、その後1・2次変電所を含めて各年度25~30か所の電気所を集中化し、将来は一部275kV以上の系統を除き、水力変電所も含めて岐阜支店管内の全電気所を集中化する計画であり、制御システムの規模としては約200電気所を集中化することが可能となる設計になっている。

以下、このシステムに適用された新技術を紹介する。

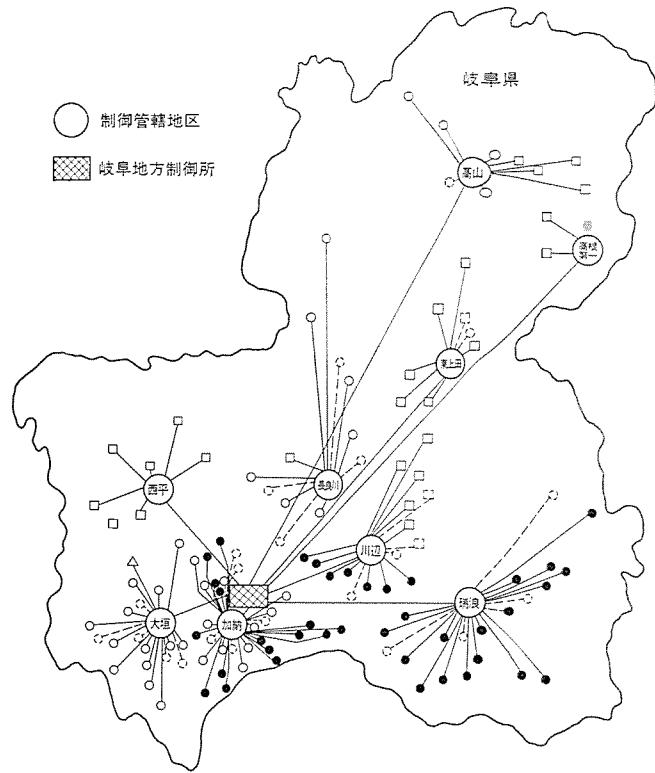


図1. 岐阜地方制御所の管轄範囲

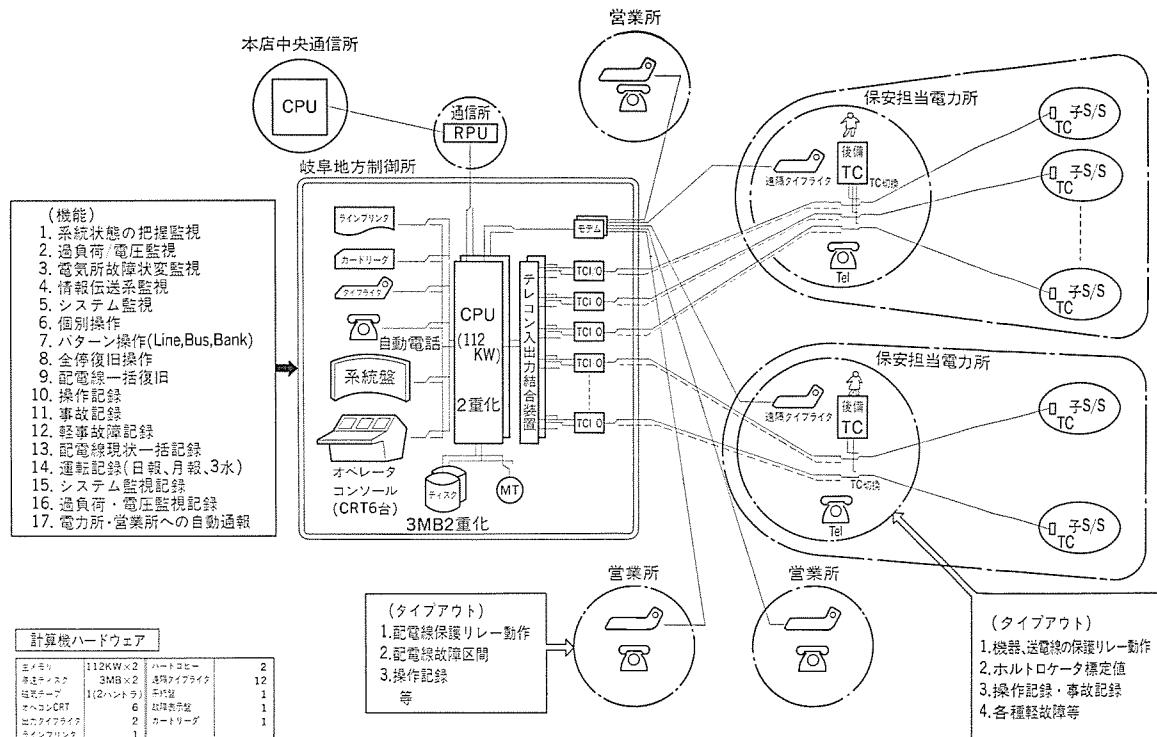


図2. 集中制御システム トータル システム構成図

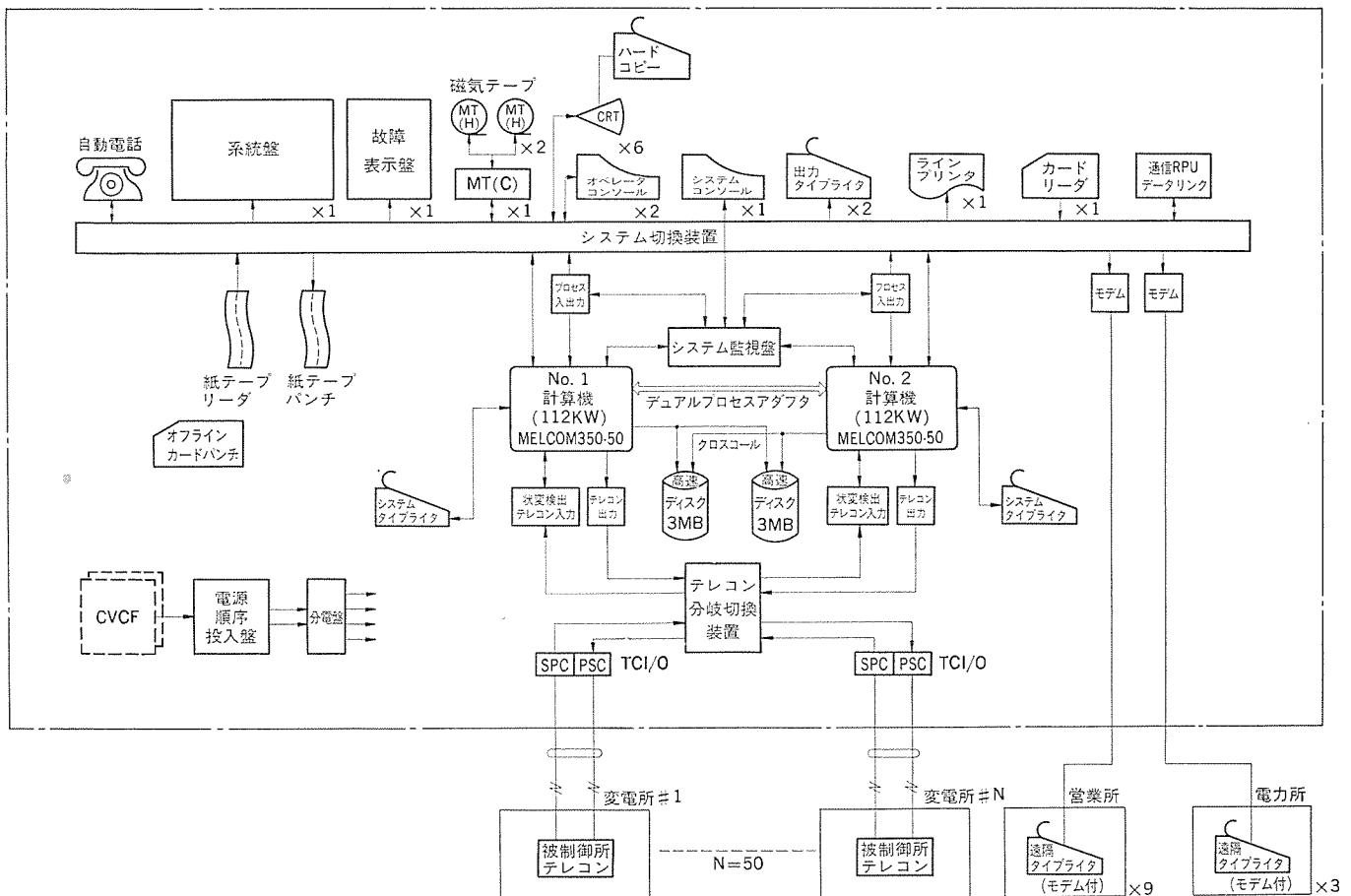


図 3. 集中制御システム ハードウェア構成図

## 2. システムの概要

集中監視制御システムのトータルシステム構成図を図2.に示す。被制御所である電気所からの情報は保安担当事業所を経由して、TC, CDT, により制御所に伝送される。これらの情報は TC 入出力結合装置により 1 次処理が行われ、CPU に入力される。CPU ではこれらの情報をさらに処理し、制御所の CRT に表示したり、ターミナルに記録し、必要なものについては各関係部署へ通報する。電力設備の操作・計測は制御所の CRT と操作卓から行う。CPU から出力された選択・制御信号は TC 入出力結合装置、TC を経由して被制御所に伝送され電力設備を操作する。

### 2.1 自動化業務の概要

以下、このシステムで自動化した主な業務の概要を説明する。

#### 2.1.1 電力設備の操作

電力設備の操作は大別して個別操作、平常時自動操作、事故時自動操作の 3 つがあり、個別操作以外は、電圧・電流の TM 値の計測・確認を含め、各種操作条件をチェックしながら TC を介して手順に従って電力設備を操作していく。

#### 2.1.2 系統監視

線路又は配電線に事故が発生した場合は最初の CB トリップ時から現地の自動復旧装置による事故の復旧シーケンスを監視し、最終的に現地装置による復旧が成功したか、あるいは復旧が失敗しオペレータが何らかの判断をし、処置する必要があるか否かを集約したメッセージで知らせる。

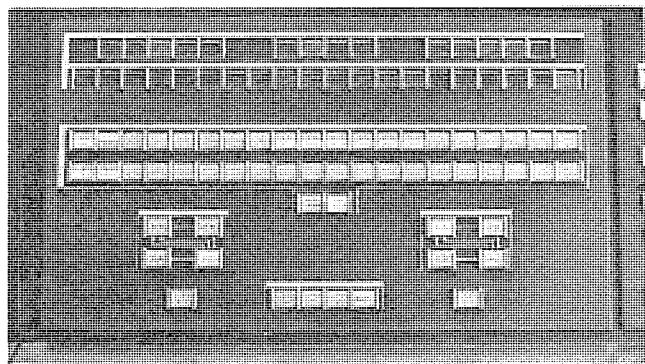


図 4. システム監視盤

#### 2.1.3 システム監視

システム全体の運転状況及び端末装置、TC 等の接続状態、故障状態を監視し図4.のシステム監視盤に表示する。

#### 2.1.4 TM 監視

系統の重要なポイントの電圧、電流を計測し、電圧異常、過負荷の有無をチェックする。TM 監視にはおのおの平常時と事故時監視がある。平常時監視は設定されている周期で定期的に監視する。また事故時監視は事故状況発生の都度監視する。

#### 2.1.5 記録通報機能

各種操作結果、監視結果、ロギングなどは自動的に制御所のターミナルに記録し、営業所、電力所などの関連部門へは必要メッセージのみを伝送路を経由して通報する。

### 3. システム設計の基本思想

このシステムは大規模電力系統集中制御の中枢となるシステムであり、高信頼性、高稼働率、確実かつ容易な操作性が要求される。また制御対象である電力系統は設備の新增設が間断なく行われ、それに伴い日々増大するものである。したがって増設変更に対しても柔軟性を有し、将来の機能強化、業務拡張等にも十分対応できることが必要である。システムを開発するにあたってはこれらのことと念頭におき、

- (1) システムの重要な部分は2重化し、信頼度と稼働率の向上を図る。
- (2) 計算機と情報伝送系間のチェック機構を充実させ情報の信頼度向上を図る。
- (3) 計算機の処理能力に余裕を持たせ、将来の業務拡張に備える。
- (4) 計算機資源を有効に活用し、増設変更に備える。
- (5) マンマシンインターフェースに柔軟性を持たせ、使い勝手のよいものとする。
- (6) はん(汎)用性の高い自動操作方式とする。
- (7) 異常状態発生時の状況把握と処置が迅速かつ的確にできる。
- (8) ソフトウェアメンテナンスが容易である。

などを重点項目としてシステム設計を行った。

### 4. システムの特徴

#### 4.1 コンピュータ・伝送入出力装置の2重化(図3.)

このシステムは電力系統の全情報が計算機に集中し、監視・制御共に計算機を介して行ういわゆるCBSC方式のシステムである。

2重系の運用方式は、一方をオンラインで監視・制御業務を実行する制御系、他方をホットスタンバイの待機系とするデュアルレックス方式であり、万一オンラインの制御系が障害などにより機能を喪失した時には、直ちに待機系が制御系に立上がりてオンライン業務を継続する。2重系のモード遷移を図5.に示す。

- (1) 制御モード(オンライン)：オンライン業務がすべて実行できる。
- (2) 待機モード(スタンバイ)：オンライン運転に自動的切換が可能な

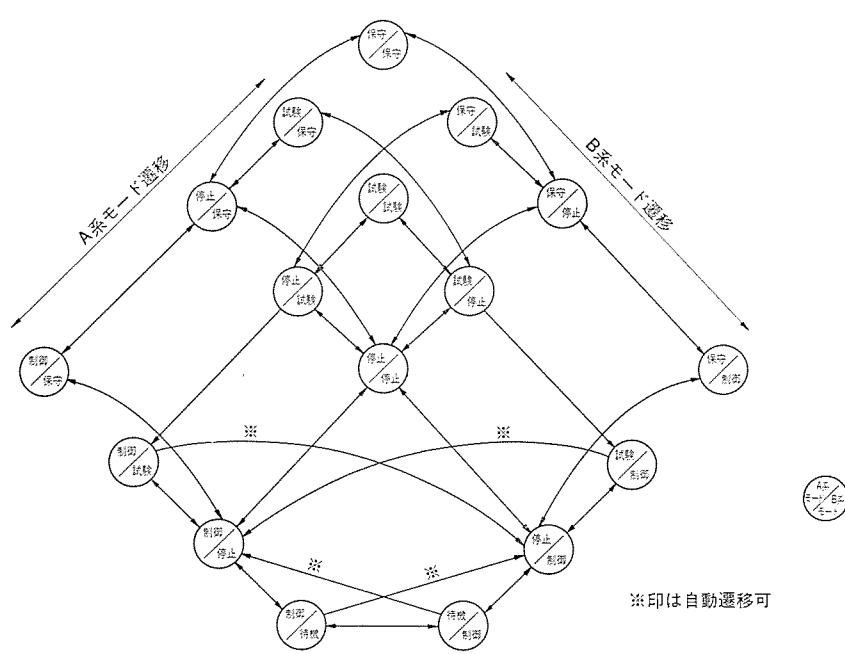


図5. 2重系モード遷移

状態である。ただし、このモードにある計算機からは、電力設備はいつさい操作できない。

(3) 試験モード(テスト)：ソフトウェア的には制御モードとほぼ同じで、ほとんどすべてのオンライン業務が試験できる。特定のTC、端末機械を接続してハードウェアの試験や、電力系統シミュレータ(後述)を接続してソフトウェアの機能試験、新增設データの確認などを行う。

(4) 停止モード(イニシャライズ)：ソフトウェア的な停止の状態であり、主メモリデータ、ディスクファイルのイニシャライズなどがすべて完了し、(1)から(3)までのいずれかのモードへ遷移するための準備が完了した状態である。

(5) 保守モード(オフライン)：計算機のオペレータパネルから手動でIPLした状態である。このモードではデータベースのメンテナンス、プログラム作成等を行う。

#### 4.2 大容量ミニコン《MELCOM》350-50の採用

このシステムに採用した計算機は、《MELCOM》350-50シリーズのA2400である。主メモリは最大512KBまで実装可能であり豊富なチャネル機構を備えている。また重要回路の2重化、命令実行のリトライ機構、エラー訂正機構など充実したRAS機能を装備している。

#### 4.3 データベース方式の採用

##### 4.3.1 データベース方式採用の背景

このシステムは大規模な集中監視制御システムであり、かつ機能も複雑でプログラム数も多い、更に制御対象である電力系統が日々変化するものであるところから、以下のようないくつかの背景でデータベース方式を採用した。

- (1) データ類を可能な限り共通化して、メモリ資源の有効活用を図る。
- (2) 電力系統の変化に対応して、データメンテナンスが容易にできるよう、データ管理を集中化する。
- (3) プログラムの作成を容易にすると同時に汎用性をもたせるため計算機内のデータの流れを物理的な形式ではなく論理的な(例えばA<sup>s</sup>/s, Bライン, C機器)形式での取扱いを可能とする。

##### 4.3.2 データベース設計上の留意点

一般に自由度の高いデータベースを構築すると、アクセスが遅くなる傾向がある。しかし電力系統においては雷多発時などに見られるように、広範囲にわたって多数の状変が短時間内に発生し、計算機のデータ処理量が飛躍的に増大する。このため電力系統向けの監視制御システムにとって、データのアクセス速度を早めること、アクセス回数を減らすこととは計算機処理能力向上の面から非常に重要な課題となっている。

また、増設変更がひん繁に行われるためメンテナンス性を良くすること、更に多種多量のデータがあるためメンテナンスプログラムの汎用性を高めることが強く望まれる。

以上の理由から次の4点に特に留意して設計した。

##### (1) データベースの効率的配置

各データベースの性質、アクセスひん度、所要速度等を分析し、主メモリ、補助メモリに効率よく配置し、アクセス効率を上げた。



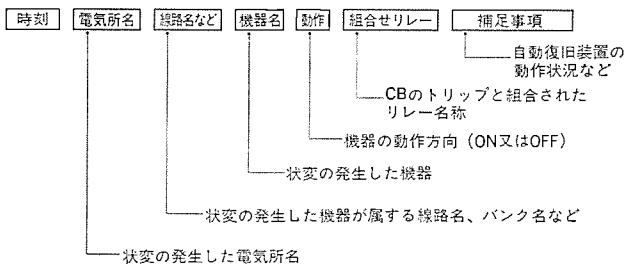


図 8. 事故 メッセージ 記録 フォーマット



図 9. 系統 監視 盤

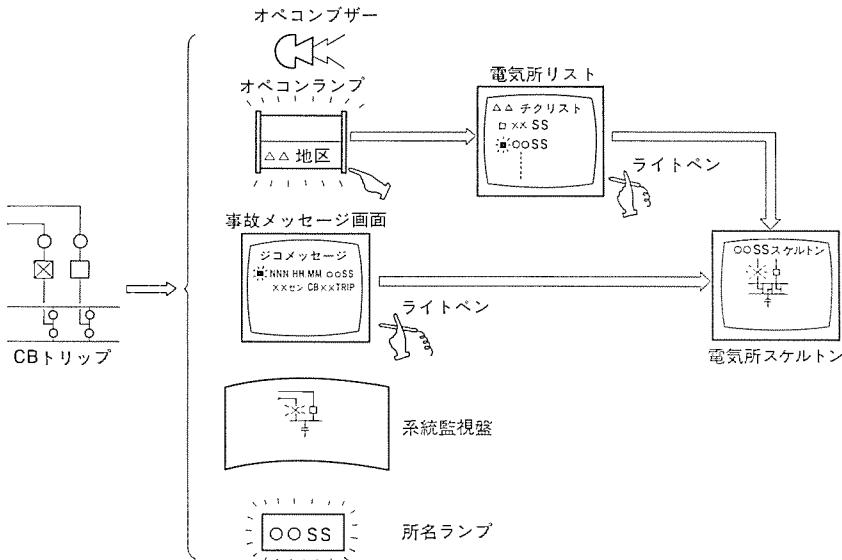


図 10. 状変 把握 フロー

詳細な情報は CRT の事故メッセージ画面、スケルトン画面によって提供される。状変把握のフローを図 10. に示す。

#### 4.6.2 柔軟性に富むマンマシンインターフェース

マンマシンインターフェースで中心的位置を占める オペコンと CRT とで構成されるインターフェースについては、機器の有効利用と柔軟性を追究し、オペコンと CRT の組合せを固定せず、オペレータの要求に応じてオペコンと任意台数の CRT を組合せてインターフェースを構成する方式を採用した。

#### 4.7 計算機負荷の軽減

マイクロプロセッサを応用した前置プロセッサを設置し TC, CDT からの入力データに 1 次処理をほどこしてから、計算機に入力することにより計算機の負荷を軽減している。

#### 4.8 高即応性

電力系統のような動きのはやいプロセスを対象とするシステムは、即応性が非常に重要視される。このシステムでは、電力系統に状変が発生した場合、ほとんど情報伝送に要する時間だけの遅れでオペレータに状変を知らせる。あるいは全 CRT に対し同時に画面表示を要求しても 3 秒以内に全画面を表示し終わるなど、高い即応性を実現しているが、このために特に以下の点に考慮をはらった。

##### (1) データベースのアクセス

アクセス頻度が高く、即応性が要求されるものは主メモリ上に配置し、ディスクファイルについてもアクセスの手順を簡略化した。

##### (2) 計算機負荷の軽減

前置プロセッサの採用、豊富なチャンネル機構の採用により、入出力動作時の計算機負荷を軽減する。

##### (3) ベース負荷の低減

プログラムの定周期処理を必要最小限とし、平常時のロードを低減し、事象発生時の即応性を高める。

### 5. 試験装置

電力設備の新增設などで、データやプログラム機能に追加変更が生じた時は、確認試験を十分に行わなければならないが、実運用中の設備には、運用上の種々の制約があり、十分な試験ができない恐がある。このため、オンラインの実系統の動きを模擬する電力系統シミュレータを開発し、試験の用に供した。

**5.1 電力系統シミュレータのハードウェア構成**  
ミニコンは《MELCOM》350-7 でコアメモリ 32 KW, 固定ヘッドディスク 131 KW を装備し、レベル入出力のおおの 512 点を実装している。その他にカードリーダ、システムタイプライタを有する。

#### 5.2 情報伝送装置の模擬

TC, CDT を模擬し、電力設備の開閉状態、TM 値をおおの所定のフォーマットに変換し、定められた速度で計算機に送信する。

#### 5.3 電力設備の開閉模擬

計算機から送られてくる制御指令に基づいて、所要の機器の動作を模擬し、結果を計算機に送信する。

#### 5.4 事故シーケンスの模擬

いろいろな事故における CB, リレーの動作を分析し、それぞれ、時系列的な CB, リレーの動作状況をカードにパンチしてシミュレータに入力することにより、各種の事故シーケンスが模擬できる。

### 6. むすび

以上に紹介した監視制御システムは、昭和 52 年から具体的なシステム設計を開始し、昭和 54 年 1 月初めから営業運転を開始した。今後は水力発電所の取込み、更に機能を向上させ設備総合自動化へと移行する計画である。

最後にこのシステムの設計、製作にあたり多大なご尽力をいたいた中部電力(株)の関係各位に深謝いたします。

# 系統監視制御室のトータルデザイン

須山 勉\*

## 1. まえがき

快適な市民生活や躍動する産業活動にとって電力の安定かつ安全な供給は、ますます不可欠な条件となってきている。電力供給事業に課せられたこうした社会的使命をまとうするために、電力設備は増大し、その運用と保安管理には高度な技術を要請されている。そのうえ限られた要員数でこれらの業務を安定して行うために、監視制御、情報処理などのうち単純で定形的な業務はコンピュータによって集中的に処理し、運転員は高度な判断を要する分野での業務に専念できる監視制御システムが広くとりいれられてきている。

最近のこうした動きを人間とハードウェアとの関係という別の面から考えると、CRT制御卓と系統監視盤がマンマシンインターフェースの中心の座を占めることは、現在も近い将来についてもそれほど大きく変わることはないであろうが、注目すべき変化は、制御に専用の計算機が使われて対話式系統計算方式がとりいれられたために、運転員と計算機の対話という全く新しい局面がマンマシンインターフェースの重要な要素としてもちあがってきたことである。ライトペン付CRTを群使用する制御卓などがその代表的な例である。

人間と装置との対話するという新しい関係を持つようになると、両者の間には今までに知られなかった問題がいくつも生まれてきた。この問題点を解決することはもとより、更に進んで人間と装置との調和を保ちつつける環境を作りだすことこそ、眞の解決の方向と考えられるようになってきた。人間工学とインダストリアルデザイン(工業デザイン)の立場からこのテーマに取組み、系統監視制御室を総合的にデザインした事例を中心に報告する。

## 2. 系統監視制御室のトータルデザイン

系統監視制御室を人間と装置との情報授受の場と解釈するとき、そこに調和のレベルにまで高められた最適解をもたらそうとするアプローチと、その方法がトータルデザインである。

### 2.1 人間の諸特性を中心とするアプローチ

監視制御システムに計算機が導入されようと、その中心の座はどこまでも人間であり、従来から用いられているハードウェアとソフトウェアの両面を個々にとりあげる方法に加えて、人間の諸特性を中心テーマとする解決方法を用いて能率的な作業性と快適な居住性を保障した「制御室」としての環境を、業務に従事する人々に提供しようとする設計の態度は今後もますます重要となってくるであろう。

### 2.2 トータルデザインの社会的使命

一般の人々になじみの少ない「電力系統監視制御システム」を分かりやすくして、「良質の電気をいつまでもお客様にお届けする」という電力会社の重要な使命」といかえて人々に説明し、理解を得る役割もこの「制御室」が負わされている。マスメディアを用いるPR活動や見学者への説明会などがそれであり、電力運用システムの、ひいては電力会社の「顔」といわれる理由である。トータルデザインを行うことでこの社会的使命はさらに効果的に達成されよう。

## 2.3 トータルデザインのステージ

系統監視制御室のトータルデザインを行うことによる効果として、好ましい調和をもたらす側面と社会的効果の側面について述べたが、これを可能にするアプローチの具体的なステージとしては

- (1) デザインコンセプトを計画する
- (2) マンマシンインターフェースを人間工学的に考察する
- (3) 照明計画
- (4) 系統監視盤を中心とする室内の色彩計画
- (5) デザインによる総合化

の5段階のステージをとりあげることができる。

## 2.4 トータルデザインの実施例

当社が製作し納入する監視制御設備については、前述の目標を達成するためにデザイン部門が協働する例が多く、1例として

日本道路公団恵那山トンネル中央制御システム

茨城県利根淨化センター中央制御システム

神奈川県羽田ダム中央管理システム

関西電力(株)中央給電指令所給電指令台設備<sup>(1)</sup>

などがあり、これらのトータルデザインの結果は、ユーザ各位の良好な評価を得ることができた。

## 3. デザインコンセプトの計画

トータルデザインの導入口にあたり、系統監視制御室の基本的な方向づけを行う重要なステージである。

### 3.1 系統監視制御室のデザイン・フィロソフィー

(1) 人間工学の考察を徹底して行い マンマシンインターフェースを最高の状態で維持して運用の効率と信頼性を高め、この結果、制御システムの総合効率を最大にする。

(2) 人間工学とデザインの協調関係から「制御の中核」にふさわしい信頼感、精度感をあらわし、同時に操作員が装置や環境からどんな制約も受けずに、納得した業務が続けられること。

(3) 制御室が電力系統の機能や社会的使命を象徴的に語りかけ、たずさわる人々はもとより、見学者や地域住民に対しても知的興味を満たすいわば「学習センター」としての場を提供すること。

(4) 監視制御設備と室内デザインが総合されて、制御室の格調ある個性が表現されていること。

### 3.2 システム設計を行う場合に検討すべき項目

(1) 人間の特性と機械のもの特性とを十分理解し、それぞれの能力の限界を超えた使われかたがなされないようチェックすること。

(2) 人間と機械でシステムを構成するにあたり、システムの機能をどのように人間と機械に割つけるかを判断する。これは自動化技術の投入の適否を決定する段階で特に重要である。機能配分を行う場合の一般的な原則の例を表1.に掲げる。

(3) 人間の受けもつべき情報に対しては、視覚及び聴覚器官の選択を注意深く行う。情報の処理加工にあたって人間の受け入れ体制、すなわち作業の競合状態、視覚、聴覚の受け入れ余裕などを考え、好

表 1. 機能配分の一般原則 (J. W. Dunlap)

機械に与えたほうが有利な機能	人間を用いたほうが有利な機能
(a) 決まりきった仕事の反復・計算・大量の情報資料の蓄積。	(a) きょう雜物に妨げられたシグナル(情報)の判別。例えは、ものに覆われた戦車を判別する場合など。
(b) 大きな物理的力を迅速に与えようとするとき。	(b) パターンの変化する状況下で、そのパターンの判別を要求されるとき。
(c) 大量のデータの整理。	(c) 種々雑多の入力間に判別が要求されたとき。
(d) ある同じ特定の法則により、下すことのできる判断を何回となく反復するとき。	(d) 極めて発生ひん度の低い事態に対処して、判断が望まれるとときは、適応性のある人間のほうがよい。
(e) 環境上の制約が人間を危険に陥れ、あるいは誤りを犯しやすくしている状況下の場合。	(e) 倫理的推論力の要求される問題の解決を要するとき。
(f) 調整・操作のスピードが決定的に重要な場合。	(f) 不測の事態の発生が予期され、それを探し、情報の報告を望まれる状況では、人間を用いることがよい。
(g) コントロールに加えられる力が厳密さを要するとき。	
(h) 力が長時間にわたって加えられなければならないとき。	

表 2. 情報の種類に対する感覚器官の選択

(1) 視覚による伝達が適当な場合
・伝送されるメッセージが複雑であったり、抽象的なとき。
・メッセージが長いとき。
・メッセージをあとで参照する必要があるとき。
・メッセージが空間的定位とか地点(地図、図形など)を取扱うとき。
・メッセージ内容が特に急を要しないとき。
・利用できる聴覚的チャンネルの負荷が過重であったり飽和しているとき。
・他の感覚器官が利用できないとき。
・オペレータが定位置で作業できるとき。
・いくつかの情報を組合せ表示したいとき。
(2) 聴覚による伝達が適当な場合
・メッセージが簡潔なとき。
・メッセージの伝達速度が重要なとき。
・メッセージをあとで参照しなくてよいとき。
・メッセージが時間的経過中の特定の時点を扱うとき(発射命令など)。
・視覚的伝達チャンネルへの負荷が過重であるとき。
・他の感覚器官を使えない環境のとき。
・オペレータが定位置で作業できないとき。

ましい情報の伝達、適合した表示機器の採用を考慮する。感覚器官の選択の一般的基準は表 2. に掲げるとおりである。

- (4) 操作する要員の数や勤務の体制は適切か。  
(5) 操作機器と監視機器との間に、また操作の方法と監視の方法に一貫した考え方たがなされているか。

- (6) メンテナンスの要求度はどれくらいか。補修作業に必要なスペースはあるか。補修要員はメカ側かユーザの側か。  
(7) 系統監視設備の増減に対して、監視制御装置の対応がハードウェア及びソフトウェアの面で可能か。要員の増加は何人か。

### 3.3 系統監視制御室のイメージ作り

系統監視制御室のイメージを決定するための要素としては、監視制御する対象の項目数、システムの規模、将来の拡張性、使用する計算機のハードウェアなどが第 1 にあげられる。これらの概要がある程度具体化されれば、制御室のイメージ作りに着手すべきである。

系統監視盤の大きさと形状、CRT 制御卓の配置、室内での運転員の動線計画などを含めた比較的自由なアイデアを具体的に表現して、ユーザ、システムエンジニア及びデザイナーの間で論議して最良のコンセプトを創造すること。表 3. に 1 例を示す。

系統監視制御室の将来の方向づけのために、監視制御システムの本質に立ち返ったレベルの討議が行われるのもこのステージである。コンセプトをイメージスケッチした例を図 1. に示す。

表 3. デザインコンセプトの評価の例

人間工学的項目	直線状の配置	曲折状の配置
デザインの項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>• #1卓における正面視では監視盤の一部が120°視野の外となる。(失)</li> <li>• 操作者は左右の卓への融通性をもち操作に伴う強制が小さくなる。(得)</li> <li>• 操作の見習者などへの指導の効果が大きい。(得)</li> </ul> <p>(※頭部固定時の水平面視野)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 操作位置のすべてにおいて、監視盤は120°視野の内となる。(得)</li> <li>• #1卓、#3卓が監視盤に近づくために監視盤下部の死角が大きくなる。(失)</li> <li>• #1卓、#2卓、#3卓が位置的に独立性を持つため、操作者に責任感をうえつける。</li> <li>• 操作に多少の強制を伴う。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 単純・明快な配置により近代的感覚を与える。(得)</li> <li>• 室内の占有面積が小さい。</li> <li>• 卓の増設時に、従来からの卓は直線状の単純な移動ですむ。(得)</li> <li>• 単純さの故に、ざん新な印象を欠く。(失)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機能を優先(みえやすさ)させた印象を与える。</li> <li>• 室内の占有面積を大きくする。(失)</li> <li>• レイアウトの対称性を得るために、システム監視卓を中央寄りに配置させる。(失)</li> <li>• 増設後の設置床面が、増設前の床面とずれている部分をもつ可能性がある。</li> </ul>

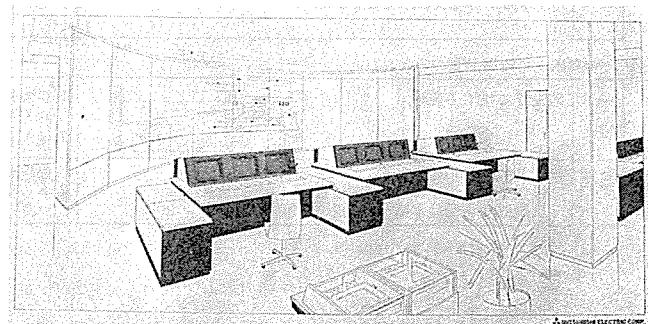


図 1. コンセプトのイメージスケッチ

### 4. 人間工学の立場からの検討

最近の系統監視制御システムでは、20 インチの CRT ディスプレーが多く用いられ、系統監視盤がバックアップに使用される。ところが 20 インチ CRT を卓上に配置するだけでは、系統盤の視認を大きく妨害する位置関係となって、人間工学的な解決を求められる。

#### 4.1 身体計測値のアプローチで解決されること

(1) 日本人成人男子の身体計測値の 50 パーセンタイル値<sup>(2)</sup>をもとに、装置類の相互干渉や視野の妨害を生じないハードウェアの寸法を設定するために、幾可及び光学的検討を行った。

(2) CRT 操作卓の通常の作業は座位姿勢で、緊急時の立位姿勢にも満足される寸法とするため、卓面の高さは 700 mm とする。また卓面に必要最小限度の事務作業スペースを確保しておく。

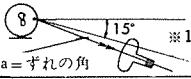
(3) バックアップの機能をもつ系統盤は、マンマシンインターフェースのうえからは操作卓のあらゆる位置からその全体が視認されることが望まれる。系統盤の下部がみえかくれする位置では運転員にいろいろの気分をもたらすため、極力避けなければならない。

#### 4.2 CRT 操作卓の人間工学的寸法の決定

20 インチ CRT 操作卓の寸法決定では CRT 球面の傾斜角度が大きな要素を占める。すなわち球面の傾斜が通常視線<sup>(1)</sup>に垂直でかつライトペン操作が容易に行えること。CRT の全面が操作者の最大作業域に位置すること。この詳細は既に中部電力(株)岐阜制御所及び同社

津制御所向けのCRT操作卓のデザインにおいて、種々の検討を行い結論を得ている。この内容及び経過を次に述べる。

表 4. CRT操作卓の形状決定の要因

		条件・評価規準
① 第1の要因: CRT球面の視認性		
1-1	CRT球面の中心点と通常視線(※1)とのずれの角度(※1監視時の疲労を最小にする視線)	 <p>1. <math>a = 0^\circ</math>が理想。 2. 不可の場合は <math>a = \pm 15^\circ</math>以内が表示の最適域となる。</p>
1-2	CRT球面の視方角(※2)(※2: CRT球面の中心点を視る場合の視線と球面とのなす角度)	 <p>1. <math>90^\circ - 60^\circ</math>で理想的な視認性を得る。 2. <math>45^\circ</math>以下で視認性が低下し、読み取り時間が増加する。</p>
② 第2の要因: ライトペンの操作性		
2-1	ライトペンはCRT球面に垂直にあたること。	 <p>1. 球面上部では垂直となるか。 2. 球面の下部では垂直となるか。</p>
2-2	CRT球面は作業域内に位置すること。	1. 通常作業域でのライトペン操作が行われることが理想的。
2-3	Mock-upでの操作性のチェック。	2. テーブルの水平面の奥行きが450mm以上要す。 実感によること。
③ 第3の要因: 天井照明光線の反射		
3-1	天井照明光や屋外光線がCRTの球面で反射して操作者に入射しないこと。	1. しゃべり角45°以上のルーバーを使用可能。
3-2	CRT球面では適度の照度となること。	1. CRTの球面位置・傾斜面での照度が500lx程度が望ましい。
④ 第4の要因: 系統監視盤のみとおし		
4-1	監視盤に生じる死角	 <p>1. システム機能からは、監視盤を視認する必要性は、2次的となる。 2. 操作卓-監視盤間を4,000とする。</p>
4-2	操作者の心理的原因 ・操作卓から受ける圧迫感の緩和。 ・監視盤から受ける精神的緊張の緩和。	1. 操作卓上の空間の広がりを大きくして圧迫感を減らす。 2. あらゆる操作位置での監視盤のみえかくれが操作者にいらいらを起こさせる。
⑤ キーボード及び作業スペースの確保		

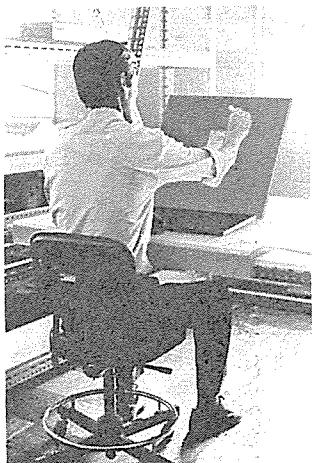


図 2. ライトペン操作性のシミュレーション

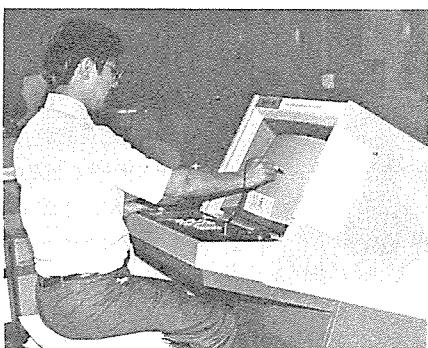


図 3. CRTの傾きとCRT面の適切照度の実験

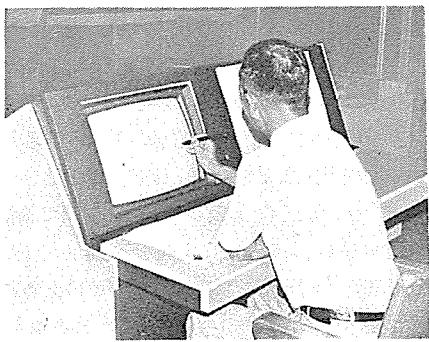
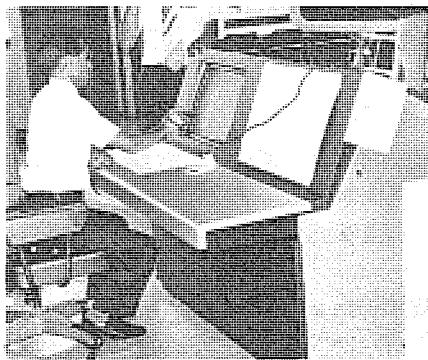
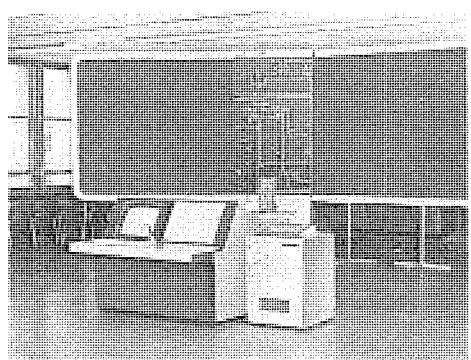


図 4. 現寸モデルを使用したシミュレーションとトータルデザインの評価

(1) CRT操作卓の形状決定の要因を人間工学とデザイン面から考察した結果、表4.に掲げる諸項目について検討を加えた。

(2) 実験室内でライトペンの操作性を確認するための簡単なシミュレーションを行った結果、 $\theta$ (CRT球面と水平面のなす角度)が $60^\circ - 75^\circ$ に適値があることが実感として得られた。この様子を図2.に掲げる。

(3) CRT球面の傾斜角度と、傾斜面における室内の最適照度を測定する実験を中部電力本店中央給電指令所と同岐阜支店のご協力を得て行った。図3.にその様子を掲げる。この実験からは、次のデータを得た。

- CRT球面の傾斜 $\theta$ は $60^\circ - 75^\circ$ の付近に最適値があること。

- CRTの視認度を高めるための、CRT傾斜面における室内照度は350~550lxに適値がある。

(4) 現寸モデルを使用したCRT操作卓の操作性の検討。これまでの実績やデザインの新しい試みを盛り込んでCRT操作卓と系統監視盤の現寸大モデルを作成して、人間工学上の総合的実験と系統監視盤の視認性の検証、更にトータルデザインの総合検証と評価をあわせて行った。実際のライトペンを使用して、CRTの傾斜とライトペンの誤操作との関係も調査した。この結果は前項で述べた実験結果に近く、 $\theta$ は $60^\circ - 75^\circ$ に適値があった。それに表4.の4.2項に示した心理的要因の重要性が関係した人々の注目をあつめた。この模様を図4.の組写真で掲げる。

(5) これまでのデータとデザインの考察の結果、まとめられたCRT操作卓の外形図と人間工学的検討図を図5.に示す。

#### 4.3 視覚作業域と視方角を中心とする人間工学的検討

- (1) 通常の状態での操作位置では系統監視盤の全域近くが運転員の視覚作業域内（左右に 60°、合計 120°）にあることが望ましい。
- (2) 運転員の視線と系統監視盤の盤面のなす角度を視方角<sup>(3)</sup>といふが、視方角が 90°～60° の範囲にあることが望ましい。45° 以下になると、系統監視盤に表示される情報の誤認率と確認のための時間が増加する。視方角と誤認率の実験データ<sup>(3)</sup>を図 6. に掲げる。

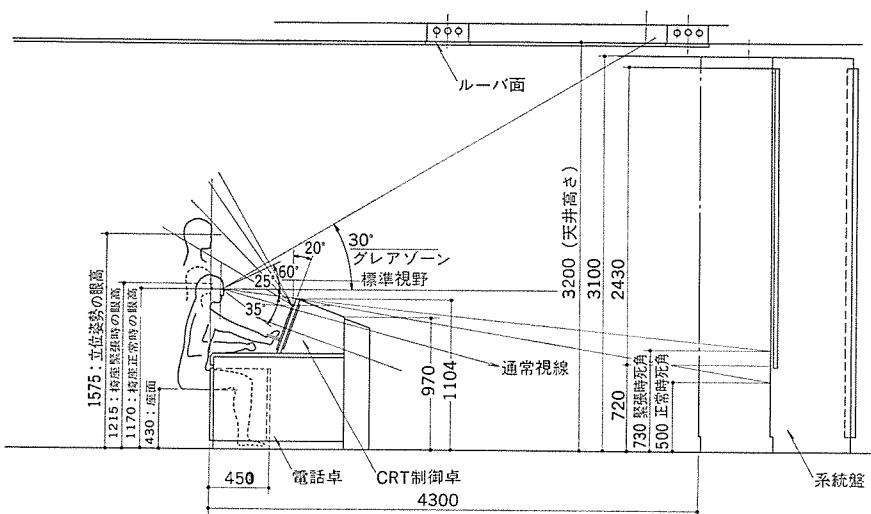


図 5. 人間工学的検討図

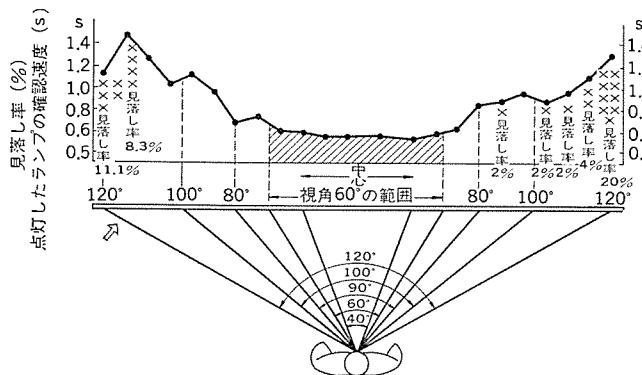


図 6. 視方角と誤認率の実験データ(鉄道労研)

(3) 系統監視制御室では系統監視盤の全幅は約 15 m 程度となることが多いが、この盤面を曲面構成として視方角を大きくとる。しかし同時に“洞窟感”（どうくつ（洞窟）に閉じ込められたような圧迫感）が生じやすくなり、これらの要素を調和的に解決することが必要となる。

(4) これらの条件を満足させるために 1,350 mm 幅のモジュールで 10 面程度で構成される壁面埋込みの系統監視盤を提案している。系統監視制御室の機器配置図を図 7. に示す。

#### 5. 系統監視制御室の照明計画

CRT 操作卓や系統監視盤に最適照度を提供するという機能面のほかに、照明には快適な居住性の提供と、今ひとつ設備及び維持費に対する経済性の達成という 3 要素をいかにバランスよく実現させ得るか、これがトータルデザインのテーマとなる。

##### (1) 天井照明及び室内照度条件

- ・ 系統監視盤の盤面直面照度は 350～550 lx とし、平均照度と最小照度の比を 2 以下、最大照度と最小照度の比を 3 以下とする。
- ・ 45° の見上げ角度以下からの直接光線はしゃへいする。
- ・ 操作卓近くの机面照度 (H=850) は 700～800 lx とするが、CRT 球面での傾斜面における室内照度は 350～550 lx が望ましい。

・ CRT 球面での反射光線が運転員の眼に入射しないこと。

(2) これらの条件をふまえた最適照明条件を図 8. に示す。

(3) 系統監視制御を行う運転員にとって、“太陽による時刻”的実感は必要である。したがって系統監視盤や CRT 球面、その他の表示装置に屋外光線が直射しない配慮をしたうえで、自然光線を系統監視制御室にとり入れることが望ましい。

#### 6. 系統監視盤のトータルデザイン

##### 6.1 系統監視盤のデザイン

従来の系統監視盤でも多少の配慮が払われてはいたが、系統図を単

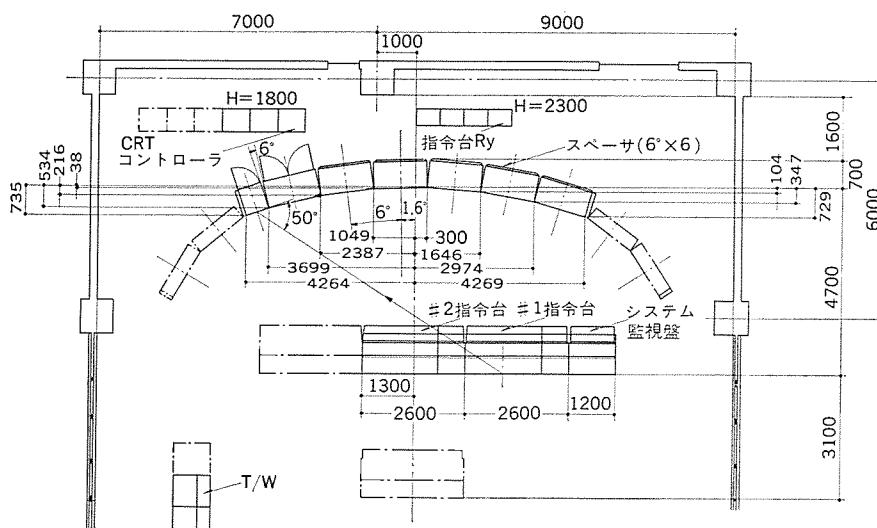


図 7. 系統監視制御室の機器配置図

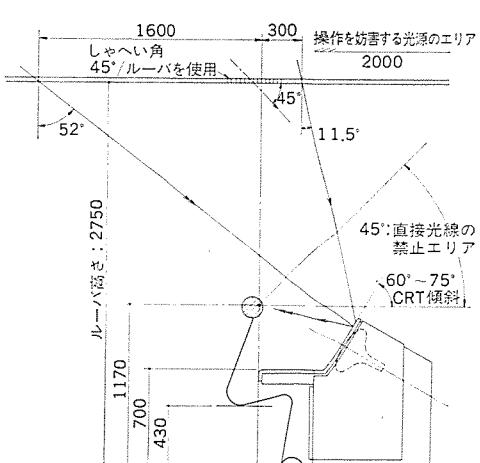


図 8. 最適照明条件の例

純に拡大表示して電気的機能を満足させるだけの方法が多くとられていた。トータルデザインでは

(1) 盤面の視認度を高め同時に誤読率を低下させることができ、盤面にデザイン処理を施すことによって可能となる。変電所をめりょうに輪郭づけ、送電線の太さや配置、色彩について秩序のあるレイアウトを施す。

(2) すぐれたデザインによる統一感ある盤面は運転員に快感情を与える。この結果運転業務のモラルが向上する。

(3) 以上の目的で、系統図のパターンを検討し、色彩を中心とする調和のあるデザインを行うこと。

## 6.2 系統盤盤面の新しい傾向

監視制御設備においてマンマシンシステムの総合効率を増加させ、同時に色彩し(暗)い面でも高い普遍性を示す色彩として、ビーバーグレー(マンセル値5Y3/1, 5分つや)を実施する例が増加している。その理由は

(1) 低明度の盤面に明るい図柄を配置することは、人間工学的に視認性が高められ、監視作業による疲労度が低下する。

- ・ 低明度の盤面の場合、明るい盤面に比べて視認距離が10%程度増加する。また図柄(系統図など)の監視が明順応<sup>(4)</sup>となり逆の暗順応よりも応答時間が短くなる。

- ・ ビーバーグレーではランプ(赤、黄、緑など)が低い輝度でも判読しやすく、ハレーションも少ないので視認性が高められ、監視による疲労が少なくなる。

- ・ 計測実験の結果、ビーバーグレーの盤面では鉛直面照度が350~450lxで視認の適値がある。これは室内の適切な照明条件下で容易に得られる鉛直面照度である。

(2) ビーバーグレーは多くの人々に好まれる色彩である。

- ・ ビーバーグレーは系統監視盤のイメージを近代的で、かつ信頼感のあるものとする。このため系統監視制御室の全体のイメージも監視制御システムの中核らしさをもつ。なお、日本電機工業会では、マンセル値5Y7/1の色彩を新しく盤外観色として決定したが、ビーバーグレーはこのJEM色とも良好な色彩調和を示す。

(3) CRT画面と、系統盤盤面とが統一した印象を与える。

- ・ CRTを使用した監視制御システムにおいて、CRT画面と系統監視盤盤面とが、色彩と明暗の調子に統一した印象を与えることで、監視制御の機能が高められる。ビーバーグレーはこの点でも良好な効果をもつ。

## 7. デザインによる総合化

### 7.1 イメージクリエーション

(1) 監視制御システムが計算機などの導入で高度化された結果、その室内デザインは、従来の“電気室”あるいは“監視盤室”的危険と強迫との隣りあわせの場ではなく、操作に従事する人間が装置の側から受ける物理的、心理的なあらゆる強制を少なくし、逆に快適な作業性と居住性を保障された「系統監視制御室」としての場を提供すべきである。

(2) これは、操作卓、系統監視盤、室内デザイン、照明などがトータルデザインのテーマによって総合されたとき、はじめて可能になる。

(3) また、従来の電気室、指令室にみられた“没個性”的イメージから脱し、許容される限度内で格調ある個性を表現し、系統監視制御室としての独自のキャラクタを語りかけるべきである。

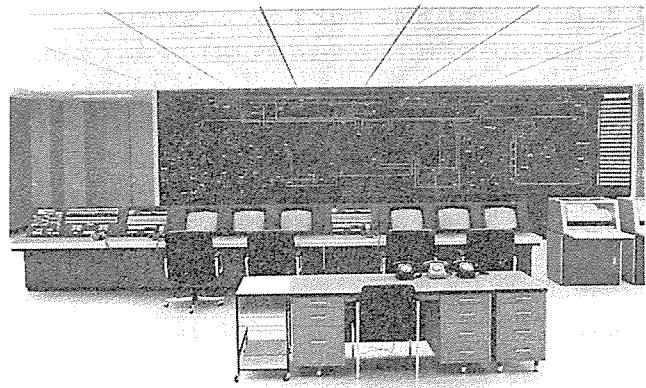


図9. トータルデザインの実施例

### 7.2 色彩の調整と室内のデザイン

(1) 有名なホテルのロビーに施されたインテリアデザインが独自の個性でホテルの歴史と格調を語りかけることがあるが、監視制御室でもある程度の個性の表現が必要なのではないか。

(2) 施された室内デザインにより落ち着きと格調を感じられ、しかも疲労の軽減、安全性の向上、作業意欲の増大、情緒の安定など監視制御に従事する人々に本質的に求められる機能を満足させることは、言うまでもなく重要なポイントである。

(3) 室内デザインの機能性と情緒性とを調和的に満足させるために、デザインの提示とユーザーの評価のプロセスをくり返すことが望まれる。

### 7.3 トータルデザインを実施した例

系統監視制御室のトータルデザインの実施例として、昭和54年1月に運用を開始された中部電力岐阜地方制御所集中制御システムの現況を図9に掲げる。幸いユーザーから操作性能とデザインに関しても好評を得ている。

## 8. むすび

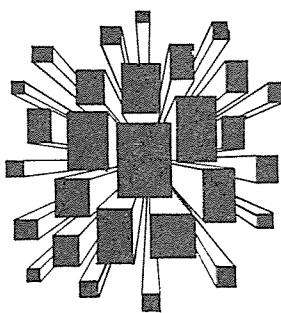
以上、系統監視制御室のトータルデザインの概要について述べた。ここでは監視制御システムの設計にあたり、従来から行われていた方法であるソフトウェアとして的一面と、ハードウェアとしての領域とを独自にとりあげるのではなく、その考察の場に人間を主題として第3の要素を導入してこれらの諸要素を総合化し、その調和をみいだすことによってシステムの最大効率を達成しようとするアプローチの方法であった。

電力系統監視制御の分野では、これはまだ新しい領域であり、研究すべき問題は数多くある。CRTの視認を高めるグラフィックパターンのデザイン、系統盤の情報表示機能をさらに高める新しいディスプレイデバイスなどがその例であろう。この報告がそれらの研究の端緒になれば幸いである。

終わりにこれまでの実施例で貴重なご指導やご協力をいただいた電力会社の関係各位に厚くお礼申しあげる。

## 参考文献

- (1) 藤田ほか：関西電力(株)中央給電指令所納め給電指令台の人間工学的考察及びデザイン、三菱電機技報、52, No. 12, p. 896 (昭53)
- (2) 人体計測編集委員会：人体計測値図表、医歯薬出版
- (3) 飯山ほか：システム開発と人間工学、鉄道労研、昭和48年
- (4) 和田ほか：心理学ハンドブック(感覚・知覚)、誠心書房



# 特許と新案

## 選 択 装 置 (実用新案 第 1096560 号)

考 案 者 中 田 昌 和・岸 博 武

この考案は手動のプログラム選択装置を有する自動同調ラジオ付テーププレーヤーに関するものである。

従来の自動同調ラジオ付テーププレーヤーでは、テープ演奏時のプログラム選択用押しボタンスイッチと、ラジオ受信時の同調用押しボタンスイッチとは別々に存在しており、安価で小形な装置を構成できなかった。

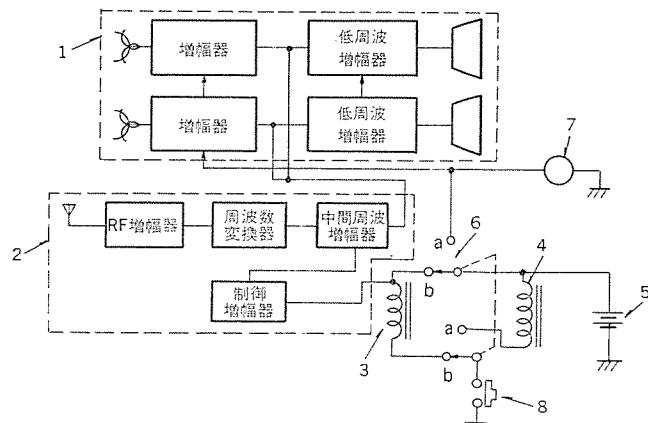
図はこの考案によるテーププレーヤーのブロック図であり、(1)はテープ演奏部、(2)はラジオチューナ部、(3)は自動同調掃引・停止用電磁クラッチ、(4)はテープのプログラム選択用電磁プランジャー、(5)は電源、(6)はテープ演奏・ラジオ受信との切換用運動スイッチ、(7)はモータ、(8)は押しボタンスイッチであり、テープのプログラム選択とラジオ受信における同調とを行う共用のスイッチである。

この構成において、運動スイッチ(6)がテープ演奏側(a側)では、押しボタンスイッチ(8)を押すことにより、プログラム選択用電磁プランジャー(4)に電流が流れ、その機構部が動作し所望のプログラムを選択することができる。

次に、運動スイッチ(6)がラジオ受信側(b側)では、ラジオチューナ部(2)の中間周波増幅器から制御信号を取り出し、押しボタンスイッチ(8)を押した時だけ、制御増幅器から電磁クラッチ(3)に制御電流を流し、アンテナから入ってくる電波の強さに応じて電磁クラッチ(3)を制御することができる。例えば電波が強くなるほど電磁クラッチに流

れる電流は小さくなり、微少電流では掃引が停止する構成にすれば、同調点を検出し所望の電波を受信することができる。また他の電波を受信しようとする時は、押しボタンスイッチ(8)を再度押せば他の電波の強い所で掃引を停止させることができる。

このようにこの考案は、1個の押しボタンスイッチによってテープ演奏時のプログラム選択とラジオ受信時の同調を行うので、小形かつ安価な選択装置を得ることができる。



## 絶縁導体の製造方法 (特許 第 871208 号)

発明者 西崎俊一郎・寺谷宏・玉置明信・板倉真介

この発明は流動浸し(漬)塗装法(以下FBCといふ)により絶縁導体を製造する方法に関するものである。

周知のごとく、FBCは溶剤タイプの塗料にくらべ、1回の処理により厚い塗膜が得られるので、これを電気導体の絶縁塗装に適用すると少ない処理回数で耐電圧の高い絶縁膜を得ることができる。しかし、この方法は被塗物の予熱を必要とし、特に被塗物として銅導体を使用した場合には酸化膜のため塗膜との密着性が悪くなり、高電圧印加時にコロナが発生しやすいなどの問題があった。

この発明はこのような従来の欠点を排除したものであり、銅導体の表面を酸洗、脱脂などの通常の方法で清浄にした後、FBC用粉末塗料と同一の樹脂成分を溶剤に溶解した溶剤形ワニスを塗布し、しかるのち加熱することにより、溶剤形ワニスとFBCの予熱を同時に行わしめ、銅の酸化を防止するとともにFBC処理塗膜との密着性のよい絶縁導体を得ようとするものである。以下、具体例について概略的に説明する。

FBC用粉末塗料としてエポキシ樹脂粉末(エピコート1004と2-フエニルイミダゾールからなる)を、溶剤形ワニスとしてこの粉末を固形分が0.1~80重量%となるようにメチルエチルケトンに溶解したものをそれぞれ用い、上記本発明の方法によって塗膜厚さ約2.0mmの絶縁導体を製造した。なお比較のために溶剤形ワニスを用いない外は同様にして製造した比較試料を準備した。

上記のようにして得た導体を低温そう(槽)に入れ、室温より10°Cずつ温度を下げながら各30分間保ち、塗膜の外観を調べた。この結果を下表に示す。

表から明らかにかかなく、溶剤形ワニスを塗布した本発明の方法によるものはき(亀)裂が入りにくく、密着性の良好なことを示している。

試料番号	ワニスの濃度	塗膜に危険の生じた温度
実施例 1	0.1 重量 %	-40°C
" 2	1 "	-60 "
" 3	5 "	-60 "
" 4	10 "	-60 "
" 5	20 "	-60 "
" 6	50 "	-60 "
" 7	80 "	-60 "
比較試料	ナシ	10 "

# 特許と新案

## 陰極線管 (特許 第 877037 号)

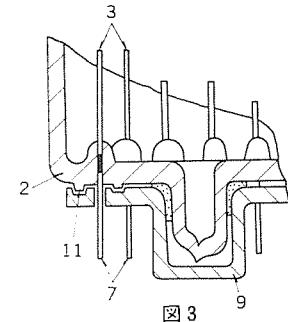
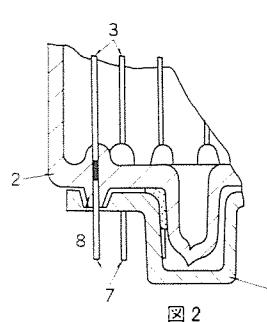
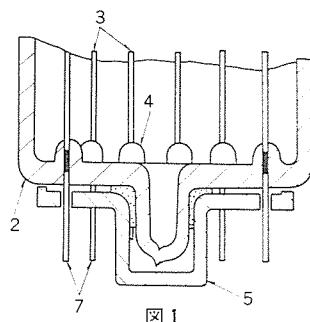
発明者 中西寿夫

この発明は電極に高電圧を印加する陰極線管において、ステムリード間の放電を防止するようにしたものである。

従来の陰極線管のステム部附近の構成を示す図1において、電子銃を構成する電極の1部にアウタリード(7)及びインナリード(3)を通じて所要の高電圧を印加する必要があり、この電圧を高くするとアウタリード(7)の間で放電を生じ、印加し得る電圧は制限されてしまう。この放電現象を調べた結果、アウタリード(7)の間でステム(2)の表面及びベース(5)の表面に沿った放電経路によって沿面放電が生じ、その印加電圧を制限して満足な電子銃の特性が得られない欠点があった。

この発明はステム部の構造を放電経路を屈曲させる表面構造にしたものである。以下この発明の実施例を図を用いて説明する。

図2に示す実施例はステム(2)の外表面にアウタリード(7)を中心とする突起起状のアウタフィレット(8)を設け、このアウタフィレット(8)が埋没するようにベース(9)におう凹部を設けて、放電経路が他のアウタリード(7)まで直進しない構造にしたものである。更にアウタフィレット(8)及びベース(9)の



凹部の表面にシリコンワニス等の絶縁塗料を塗布することにより、放電防止効果を上げることができる。

図3に示す他の実施例は、ステム(2)の外表面にアウタリード(7)を中心とした環状突起(11)を設け、この環状突起(11)が埋没するようベース(9)に環状凹部を設けたものである。

このように、リード線の周辺に凹と凸(凸)を設けることによって、リード線間の放電を防止することができ、簡単な構成で実施することができる上、特性においても十分満足できる効果が得られた。

## 半導体直接発振器 (特許 第 814264 号)

発明者 白幡潔

この発明は周波数安定化を図った半導体直接発振器に関する。半導体直接発振器に使用されるガンドイオード、あるいはインパットダイオードは、基幹構成要素たる半導体結晶のキャリア速度の温度依存性が $-10^{-3}$ ~ $-10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ と大きいため、結晶中のキャリアの走行時間が発振周期に密接な関係のある半導体直接発振器にあっては、その温度係数が本質的に大きく、通常 $-10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 程度である。

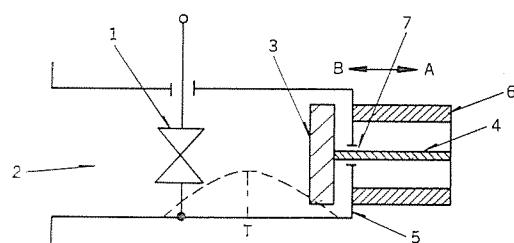
この数値は従来の電子管を用いたマイクロ波発振器と比べて約1けた大きい。そのため従来からこの温度依存性を改善するため、種々の方策がとられてきたが、温度依存性を補償する手段になお一層の改善が望まれていた。

図はこの発明による半導体直接発振器であって、発振ダイオード(1)を含む発振空腔(2)内に支持部材(4)の一端に取付けられた誘電体片(3)を位置させるとともに、支持部材(4)の他端を短絡板(5)の外にあって熱膨脹率が支持部材(4)より大きい材料で形成された筒(6)の一端に固定し、短絡板(5)に設けた穴(7)を貫通して矢印A又はB方向に微動するようになっている。

このような構成において周囲温度が上昇すれば筒(6)は図中矢印

A方向に微動するので誘電体片もA方向に微動する。反対に温度が下がれば、筒(6)はB方向に微動するから誘電体片もB方向に微動する。したがって、温度が降下した時には図中破線で示す電界の強い箇所Tの方(矢印B方向)へ誘電体片(3)は動き、一方温度が上昇した時には電界の弱い方(矢印A方向)へ誘電体片(3)が動いて、共振周波数を制御する。

以上のようにこの発明によれば簡単な構成で発振周波数の温度依存性を改善し、安定した発振出力を得ることができる。



# 805MVA水車発電機用サイリスタ励磁装置—ベネズエラグリ第2発電所納め—

合田 啓治\*・実松 良次\*・今井 吉郎\*・筑田 芳夫\*

## 1. まえがき

ベネズエラ国、カロニ電力公社(略称 EDELCA)グリ第2発電所は、世界最大容量805MVA水車発電機10台を持つ世界最大級の水力発電所である。ここに納入される発電機10台のうち5台を当社及び東京芝浦電気(株)、(株)日立製作所、西独シーメンス社の4社で構成する日本・西独連合(略称JWG)が受注し、分担して製作を進めているが、励磁装置については5台分すべてを当社が担当しており、そのうちの2台分を製作完了し出荷した。

発電機容量が世界最大であること、低速機であることから、励磁装置も今までにない大容量のものであり、大電力・高耐圧サイリスタ(1,000A・4kV)を適用している。更に電力系統の安定化から極めて高い頂上電圧が必要となり、サイリスタ素子を2直列に使用している。また全閉鎖形の冷却システムを採用し、励磁装置の発生する熱を発電所建屋内に放出させない考慮を払うなど、世界最大最高級の励磁装置である。以下この励磁装置の概要について紹介する。

## 2. 設計要項

### 2.1 水車発電機

出力	805,000 kVA (過負荷連続定格)
	700,000 kVA (60°C 定格)
定格電圧	18,000 V
周波数	60 Hz
力率	0.9(遅れ)
回転数	112.5 rpm
最大界磁電流	2,910 A
界磁抵抗	0.187Ω(75°Cにて)

### 2.2 サイリスタ励磁装置

頂上電圧	2,000 V
連続定格電流	3,200 A
使用素子	FT 1000 BV-80
素子定格電流	1,000 A
素子定格電圧	4,000 V
並列数	5
直列数	2

### 2.3 励磁用変圧器

形式	乾式、閉鎖風冷(空気冷却器付き)
容量	8,000 kVA、連続
温度上昇	80°C
1次側定格電圧	18 kV
1次側耐圧(BIL)	150 kV

2次側定格電圧 1,750 V

結線 デルタ-デルタ(△-△)

## 3. 構成

### 3.1 回路構成

図1.にこの励磁装置の回路構成の概要を示す。

励磁用変圧器はアレスタを取り付け、離相母線を介して発電機主回路に接続されている。

界磁しゃ断器はサイリスタブリッジ出力側(直流側)に設置し、非直線界磁放電抵抗を持つ急速減磁方式を採用している。

初期励磁はバッテリを使用せず、所内交流電源を整流して使用している。付属装置として、低励磁制限装置(MEL)、過励磁制限装置

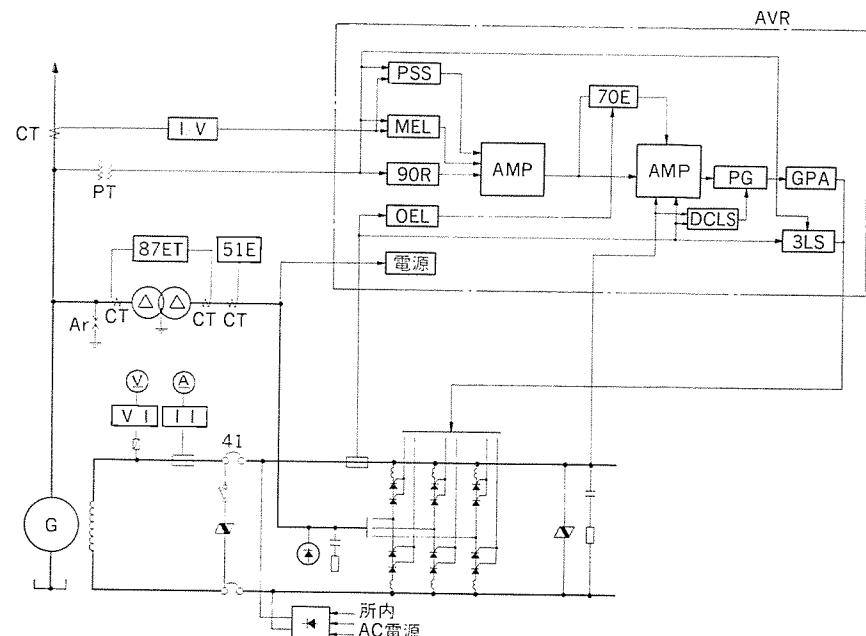


図1.回路構成

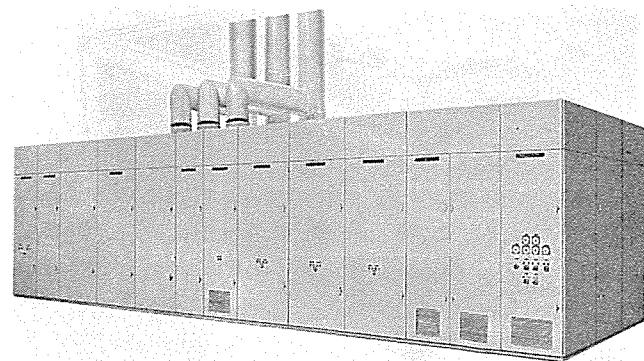


図2.励磁キューピクル配列

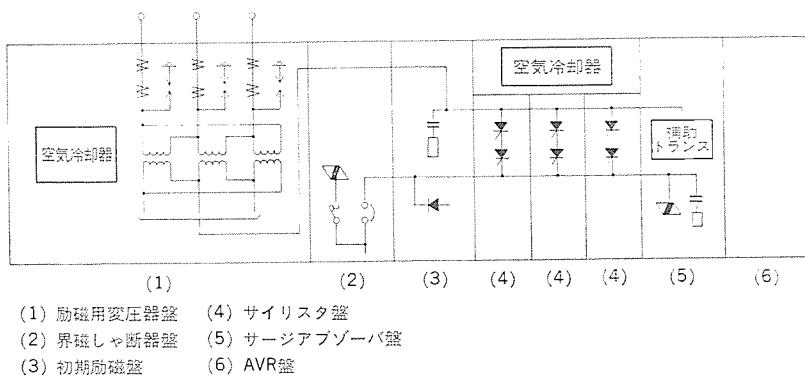


図 3. 励磁 キューピクル 構成

(OEL), 電力系統安定化装置 (PSS) を装備した速応形 AVR を採用している。

特殊な保護装置としては、3相短絡保護装置 (3 LS), DC 短絡保護装置 (DCLS) とがある。

### 3.2 励磁キューピクル

励磁装置は図 2. に示すように励磁用変圧器を含めて、すべて同じ高さと奥行寸法の キューピクル とし、AVR 盤、サイリスタ 盤、サージアブソーバー 盤、初期励磁盤、界磁しゃ断器盤、励磁用変圧器盤で構成しており、その構成図を図 3. に示す。

## 4. 特長

### 4.1 サイリスタ ブリッジ

電力系統の安定化から頂上電圧は 2,000 V と従来にない高い電圧で、連続最大界磁電流は 3,200 A である。

サイリスタ素子は当社 FT 1000 BV-80 大電力サイリスタを使用した。この素子はピーク繰り返し電圧 4,000 V, 平均オフ電流 1,000 A, 臨界オフ電圧上昇率 1,000 V/us, 臨界オフ電流上昇率 200 A/us, サージ

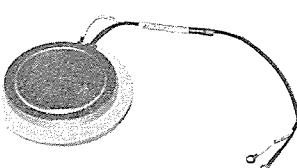


図 4. FT 1000 BV-80 大電力 サイリスタ 素子外観

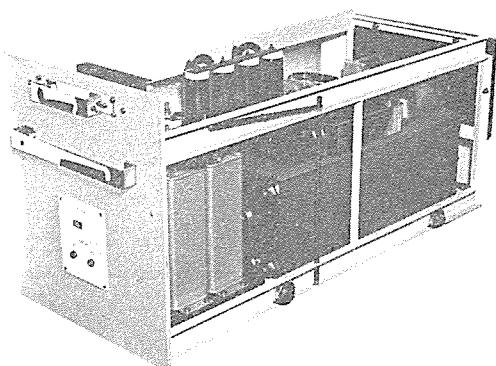


図 5. サイリスタトレイ外観

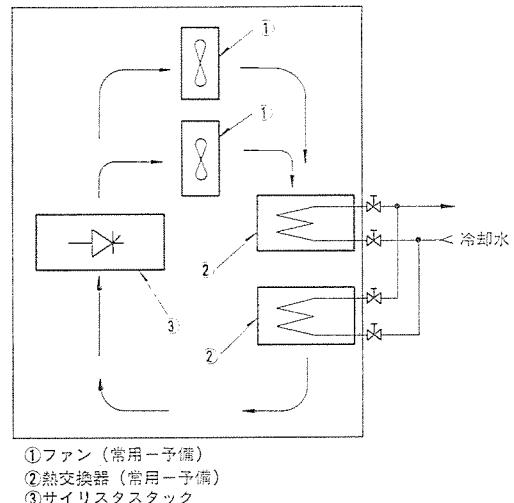


図 6. サイリスタ 盤冷却 システム

オフ電流 20,000 A という大電流素子にもかかわらず ターンオフ時間が 400 us 以下という優れた特性を有する素子である。FT 1000 BV の外観写真を図 4. に示す。

サイリスタブリッジは 5P2S6A (並列数 5, 直列数 2, 6 アーム純ブリッジ) 構成である。

並列素子数については、5 素子のうち 1 素子が不良となつても、また定格負荷以下の運転であれば、2 素子不良となつても運転が継続できるよう冗長設計としている。

直列素子数は 4,000 V 耐圧素子を 2 個直列に使用し、サイリスタブリッジの交流入力ピーク電圧の 3 倍以上の耐圧を持たせてある。この 2S システムの採用にあたっては直列素子間の逆回復電荷特性素子のターンオン特性、並列素子間のターンオン特性、順方向電圧降下特性などに十分な配慮を払っている。サイリスタトレイはサイリスタ素子 2 個を直列にした 1 アームを 1 トレイに収納し、運転中も取替可能な構造とした。図 5. にサイリスタトレイを示す。

### 4.2 冷却方式

サイリスタブリッジの冷却は風冷式（空気冷却器付き）を採用した。図 6. に示すように空気を強制循環ファンを用いて循環させ、サイリスタより発生する熱を空気冷却器に吸収させるシステムである。

空気冷却器は フィン付冷却管に冷却水を通し、空気の熱を冷却水に吸収させる表面冷却形空気 - 水熱交換器である。熱を冷却水に吸収させる目的はサイリスタ励磁装置が設置される室内の温度上昇を防ぐことにある。冷却水の水質がよくないことから、冷却管の材質はチタニウム管にアルミニウムを取付けたものを採用した。

強制循環ファンは空気冷却器の静圧に十分な容量の シロッコファンを採用した。これを常用と予備の 2 台装置して常用機が故障した場合、自動的に予備機が運転に入るようになっている。

### 4.3 界磁回路

頂上電圧 2,000 V, 最大界磁電流 3,200 A であることから表 1. に示す定格の高圧界磁しゃ断器を採用した。この界磁しゃ断器の定格電流は 3,000 A であり、これを 3,200 A として使用するため強制風冷 (235 l/s) を行った。強制風冷は列盤となる励磁用変圧器の冷却空気を界磁しゃ断器にも分流させる方式をとっている。

また、大容量発電機であることを考慮し、発電機端子で短絡事故が発生した時できるだけ速く減磁するよう急速減磁方式を採用して

表 1. 界磁しゃ断器定格

定 格 電 壓	1,500 V
最 大 定 格 電 壓	2,000 V
定 格 電 流	3,000 A
しゃ断電流	96,000 A
しゃ断電圧	4,600 V

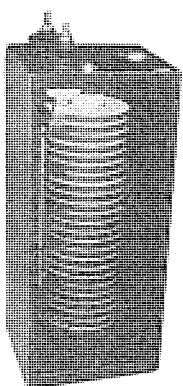


図 7. 界磁放電抵抗外観

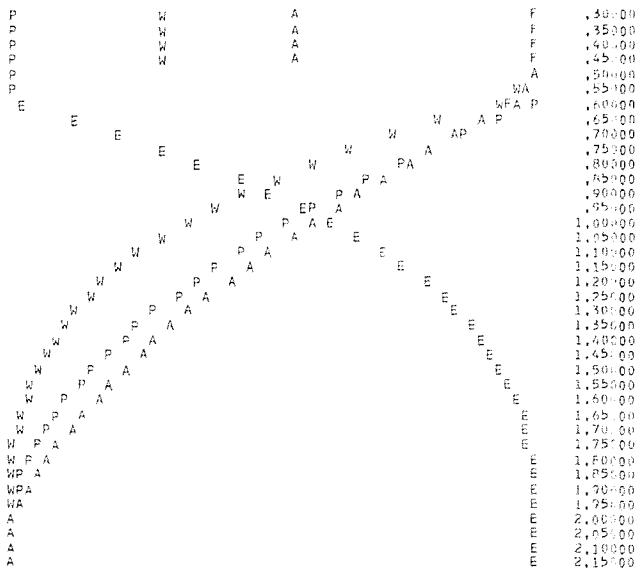


図 8. 減磁特性曲線

いる。これは界磁放電抵抗として非直線抵抗を採用し、界磁しゃ断器を開路すると同時にその放電コンタクトに非直線抵抗を接続して、界磁コイルのエネルギーを急速に減少させる方法である。非直線抵抗を採用した場合の電圧(V)と電流(I)との関係は  $V=KI^\alpha$  (ここで、Kは定数、 $\alpha$ は減磁係数) で表されるが、今回採用した非直線抵抗は減磁係数  $\alpha$  が 0.243 という高性能なものでサイライトと呼ばれるバーリスタである。その外観写真を図 7. に示す。

この非直線抵抗の採用により、発電機端子に3相短絡事故が発生し異常界磁電流が発電機のステータから界磁回路に誘起された場合でも、約1.1秒以内にこの異常界磁電流を10%以下に減少させることができる。図 8. にデジタル計算機による減磁特性曲線を示す。頂上電圧 2,000 V であることから、界磁回路の耐圧試験電圧は 5,000 V、1分間が適用された。このため界磁回路の電圧及び電流計

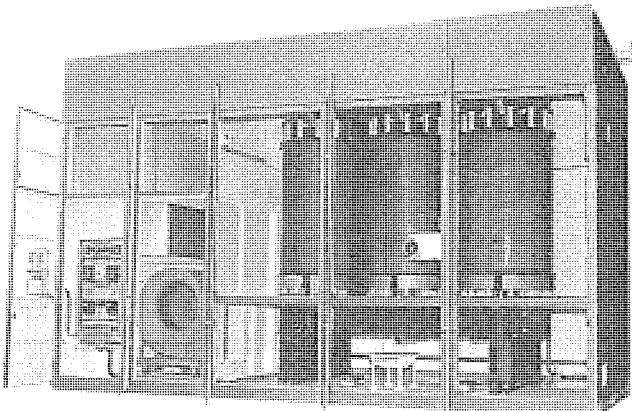


図 9. 励磁変圧器外観

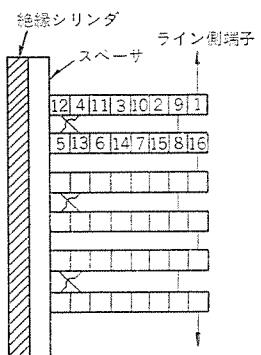


図 10. 励磁変圧器高圧コイル構造

測はこれに耐えるような特殊な変換器を採用している。

#### 4.4 励磁用変圧器

図 9. に励磁用変圧器の外観写真を示す。この変圧器の特長は、励磁電源用変圧器として高い信頼性が要求されることから、次のような冗長設計を行っていることである。

(1) 許容温度上昇 80°C

(2) 耐圧試験電圧 (BIL) 150 kV

形式は閉鎖キューピカル収納形、風冷式(空気冷却器付き)、乾式変圧器である。冷却方式はサイリスタのそれと同様で、2台の空気冷却器と循環ファンを装備し、常時1台運転とし、万一それが故障した場合、予備機が自動的に運転に入るようになっている。

本体の構造は内鉄形で低圧コイルを内側に、高圧コイルを外側に巻いている。高圧コイルの構造は図 10. に示すような円盤形高直列容量巻線を採用し、コイルの直列静電容量を大幅に増加させるとともに、コイルの端に静電板を配置して衝撃電圧侵入時の電位分布を改善し、絶縁耐力の向上を図っている。一方、低圧コイルは円筒巻線を採用している。鉄心とコイルとは短絡時の電磁機械力、輸送中の振動等に対して十分に耐えられるよう強固な構造にしてある。

コイルの巻線絶縁は H 種を採用している。ANSI 規格によれば H 種の温度上昇限度は 150°C であるが、冗長設計を考慮し温度上昇は 80°C 以下(B 種相当)となるよう設計している。

#### 4.5 保護システム

##### 4.5.1 過電圧保護

励磁装置に侵入する異常電圧には励磁用変圧器から移行するサージと発電機固定子から移行してくるサージがある。

励磁用変圧器から移行する サージ 対しては、 励磁用変圧器の高圧側にアレスタを設置、 高低圧巻線間に混触防止板を設け接地し、 かつサイリスタブリッジの交流側に CR サージアブソーバとセレンアレスタを設けることにより十分な保護を行っている。

発電機固定子から移行する サージ 対しては、 図 1. に示すように サイリスタブリッジの直流側に CR サージアブソーバとバリスタを設けている。

#### 4. 5. 2 過電流保護

励磁装置における過電流には、 短絡・過負荷及び発電機電機子側事故によって界磁回路に誘起される異常界磁電流がある。

一般には短絡又は過負荷が発生した場合、 各素子にその過電流特性にあった速断ヒューズをつけることにより サイリスタ素子の保護を行っている。しかし、 今回の励磁装置では図 11. の過電流特性に示すように、 速断ヒューズはサイリスタの過電流特性の上にあり、 短絡又は過負荷では速断ヒューズを溶断しないようになっている。すなわち、

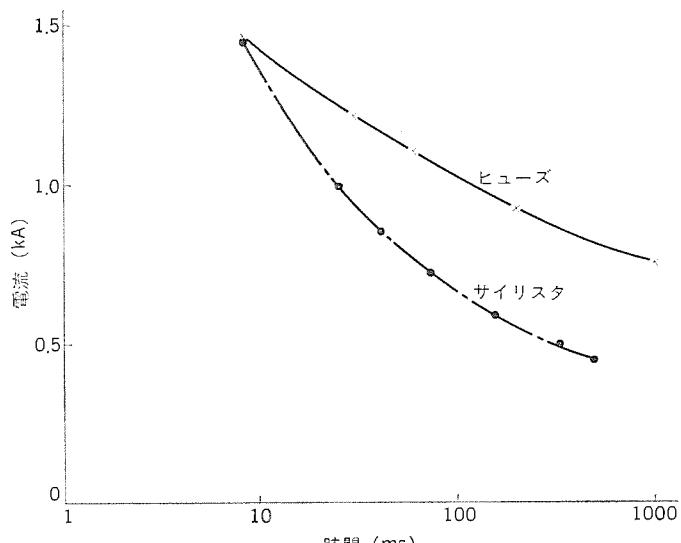


図 11. サイリスタ素子及び速断ヒューズの過電流特性

短絡又は過負荷時には後述する保護装置により サイリスタを保護し、 速断ヒューズは不良サイリスタを回路より取除く目的のためにのみ使用される。

過負荷が発生したときは、 界磁電流制限装置が動作し サイリスタブリッジにパルスバックシグナルが与えられ、 許容最大界磁電流以下になるようにサイリスタの出力を抑制するようになっている。

サイリスタの出力回路で短絡事故が発生した場合には界磁回路短絡保護装置 (DCLS プロテクタ) が働き、 サイリスタブリッジにパルスバックシグナルを与え急速減磁するとともに、 界磁しゃ断器を開路してサイリスタを保護するようになっている。なお、 短絡電流を抑制する目的で励磁用変圧器のインピーダンスはできるだけ大きく (12%) 設計している。

発電機運転中に発電機端子又は至近端で 3 相短絡が生じた場合には、 交流側の短絡電流の反作用により、 界磁回路に短絡発生直前の界磁電流の約 3 倍の異常界磁電流が流れる。この場合には 3 相短絡保護装置 (3 LS プロテクタ) が働き、 サイリスタブリッジの全サイリスタを一斉に点弧させ、 异常電流を全素子にバイパスすることによりサイリスタを保護している。

#### 5. むすび

以上、 805 MVA 水車発電機用サイリスタ励磁装置の概要について紹介した。1 号機及び 2 号機については、 1979 年 1 月好評裏に客先立合試験を完了し出荷された。1982 年 4 月には営業運転に入る予定である。

終わりに、 この装置の完成にご協力いただいた JWG メンバー 東京芝浦電気(株)、 (株) 日立製作所及び西独 シーメンス 社の技術担当各位に厚くお礼を申し上げる。

#### 参考文献

- (1) 今井ほか：三菱電機技報、45, No. 11, p. 1,468 (昭 46)
- (2) 佐藤ほか：三菱電機技報、53, No. 2, p. 143 (昭 54)
- (3) 阿南ほか：東芝レビュー、34, No. 1, p. 5 (昭 54)

# 工業用高速データウェーハシステム

橋本 健治\*・菅野 典夫\*\*・中島 邦彦\*\*・吉良 広文\*\*\*・諸富 寿\*

## 1. まえがき

データウェーが工業用計算機の分野で実用化されてから、10年が経過し、現在その性能面の向上は飛躍的なものが見られる。

例えば、ビット伝送速度は当社10キロビット／秒～100キロビット／秒であったが、現在10メガビット／秒を超えるものが既に発表されている。

またデータの交換機能も1:N形（シングルマスタタイプ）からN:N形（マルチマスタタイプ）へと機能の向上が図られている。

以上はデータウェーのシーズ面であるが、そのニーズ面から考察すると、当初、計算機のリモート入出力装置として、ケーブル費や工事費の削減を図ることを主眼として発達してきたデータウェーが、今や、分散化あるいは階層化されたサブシステム間のコミュニケーションの手段としてなくてはならない存在となっている。

このような状況下において当社では、データウェーを、計算機、あるいは端末が共有するデータバンクの構成手段と考え、プログラムファイルや、CRT画面のような大容量データファイルの共有化に対して十分なスループットを提供するため、ビット伝送速度が32メガビット／秒の光・電気共用形のデータウェー、モデル30S(MDWS-30S)を開発し、更にプロセス入出力に代表されるワード単位の伝送を効率よく行うため、センサベース形のMDWS-5形を三菱データウェーシリーズとして製品化したのでここにその概要を紹介する。

なおMDWS-30S形は光ファイバを使用した場合、その広帯域性を利用してITVなどの画像伝送も可能である。

## 2. データウェーの選択

近年の計算機制御システムの動向は、「制御の分散化」、「データの統合化」を目指している。すなわち管理を一元化しつつ危険分散を図ろうとするものであり、この目的のため計算機制御システムの構成は図1.に示すようにハイアーチ化の傾向にある。このとき必要とされる伝送システムは、

- (1) 上位計算機と管理用計算機とを接続する伝送システム
  - (2) 管理用計算機と制御用計算機群とを接続する複数計算機間伝送システム
  - (3) 制御用計算機と電気室、計器室などに集められているプロセス入出力を接続する伝送システム
- の3種類に分類できる。

これらの伝送システムのうち、(1)については上位計算機と管理用計算機とはメーカーが異なる場合があり、標準的なインターフェースという意味で通信回線が利用されており、IBMのSNAに代表されるコンピュータネットワークがこの階層にあたる。当社ではこの階層はMNAと称し制御機能を各ノードに分散（ノン・セントラライズ方式）し、異機種・他社端末とも接続可能なオープンネットワークとして標準化している<sup>(1)</sup>。

(2)、(3)が現在、データウェーと称して主として工業用計算機メーカーが開発を進めている部分であり、この論文で紹介するMDWS-5

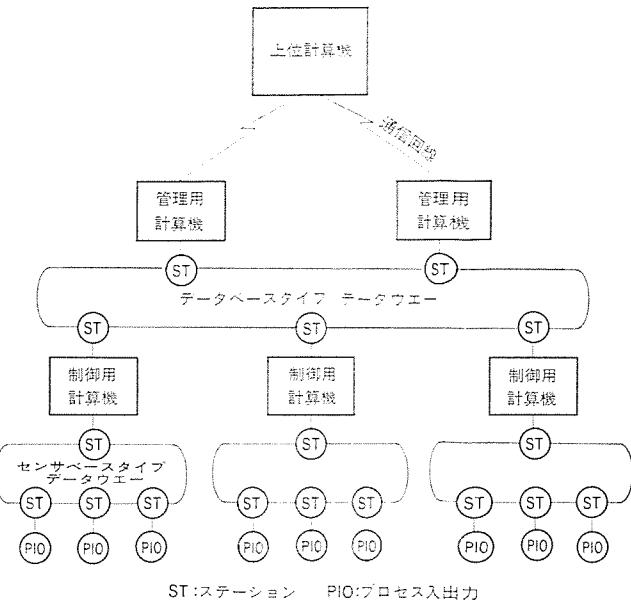


図1. 計算機システムの階層構造

表1. データウェーに要求される仕様

項目	データベースタイプ	センサベースタイプ
スループット	大	小
レスポンス	中	大
データ交換方式	N:N	1:N
信頼性	中	大
データ伝送単位	メッセージ単位	ワード単位
下位側プロトコル	複雑でもよい	簡単である必要がある

形、MDWS-30S形もこの分野をカバーするデータウェーである。

(2)のデータウェーは、その用途からしてデータベースタイプであり、(3)のデータウェーは、センサベースタイプであるということができ、おのれのデータウェーに要求される仕様は表1のごとくである。

このような要求を1種類のシステムで適応することは現在のところ得策ではなく、当社ではおのれの要求に最適なデータウェーとして、データベースタイプのMDWS-30S形、センサベースタイプのMDWS-5形をシリーズ化して開発し、製品化した。

## 3. 三菱データウェーシリーズ

当社では、昭和47年にはじめて、鉄鋼プラントに100キロビット／秒のデータウェーを納入して以来、急激に増加するデータ量に対応すべく、データベースタイプは、1.5メガビット／秒、2メガビット／秒、6メガビット／秒と伝送速度を上げてきた<sup>(2)</sup>。

表 2. 三菱データウェーの仕様

項目		MDWS-5 形	MDWS-30 S 形
システム仕様	用途	センサベース	データベース
	ステーション数(最大)	マスタステーション 2 台 リモートステーション 16 台	マスタステーション 4 台 アクティブステーション 16 台 パッシブステーション 240 台
	伝送路形態	ループ状	ループ状
	データ交換方式	2:N	N:N
	実効伝送速度	10 キロワード/秒	40 キロワード/秒/チャンネル(最大)
	データ長	1ワード(16 ビット)	可変長
	誤りチェック方式	CRC	CRC
	プロセス割込	可	可
	ケーブル 2 重化	可	可
伝送仕様	異常処理	ステーションバイパス	ステーションバイパス/ループバック
	基本伝送速度	300 キロビット/秒, 1 メガビット/秒	6/16/32 メガビット/秒
	ステーション間距離	1 km	1 km(5C4E), 3 km(光ファイバ)
	使用ケーブル	5C2V	5C4E/光ファイバ
伝送方法	伝送方式	ベースバンド	ベースバンド

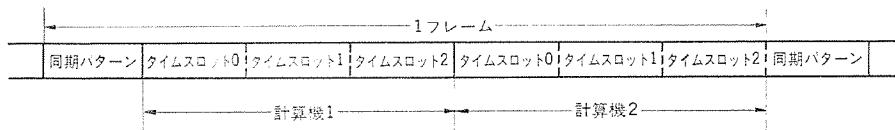


図 2. MDWS-5 のフレームフォーマット

今回それらの経験を生かし、基本ビット伝送速度が 32 メガビット/秒の光・電気共用形の MDWS-30 S 形を開発した。また同時に、制御変数の増加、割込処理の高速化に対応すべく、センサベースタイプも 25 キロビット/秒、500 キロビット/秒、1 メガビット/秒と伝送速度の向上を図った。

これらの MDWS-30 S 形、MDWS-5 形、の主要仕様を表 2. に示す。

### 3.1 MDWS-5 形データウェー

MDWS-5 は、センサベースタイプのデータウェーで、主としてプロセス入出力のリモート化に用いられ、その特長は下記のとおりである。

#### 3.1.1 特長

- (1) 最大 2 台の計算機が接続でき、共通入出力システムを構成し、ロードシェアシステムや、デュアルシステム、デュプレックスシステムなどのバックアップシステムが容易に構成できる。
- (2) プロセス入出力を対象とし、ワード単位のデータの入出力に最適な設計がなされている。
- (3) 伝送プロトコルはすべてハードウェアで吸収し、計算機のソフトウェアから見て、データウェーを意識することなく、直結の場合と同様な入出力命令でデータの入出力が実行できる。
- (4) デジタル入出力、アナログ入出力、パルス入出力が同一シャーシ内に混在でき、かつ同一入出力命令でデータの入出力が実行できる。
- (5) 割込入力のレスポンスが、割込発生点の識別まで含めて 1 ms

以下と高速である。

#### 3.1.2 伝送制御方式

伝送の多重化は、タイムスロット多重化方式を採用している。すなわち図 2. に示すように、同期スロットを先頭に、計算機 1 用タイムスロット、計算機 2 用タイムスロットがループ上を周回しており、おのおの計算機は、各自に割当てられたタイムスロットを使用して、互いに独立に、しかも並行してプロセスデータの入出力が実行できる。

割込みのセンスは、8 フレームごとに計算機ステーションのハードウェアがを行い、リモートステーションからの割込要求があると、割込発生点をセンスし、計算機に割込みを入れる。

#### 3.1.3 回線制御方式

##### (1) 符号化方式

符号化方式はビット同期が確実に行える 2 位相変調符号を採用し、リタイミングはアナログ PLL (Phase Locked Loop) によって位相ジッタに強い受信を行っている。

#### 3.1.4 中継方式

ステーション間の伝送は、ループ長によらず安定した伝送が行えるよう再生中継方式を採用し、トランク結合による絶縁を行うことによってコモンモードノイズを除去している。また、ステーションダウンが全システムダウンにならないよう、故障ステーションの自動切離しが可能である。

### 3.2 MDWS-30 S 形データウェー

MDWS-30 S 形は、光・電気共用形の超高速データウェーであり、光ファイバを使用することにより電磁誘導ノイズから解放された伝送が可能である。ステーションの概観を図 3. に示す。

#### 3.2.1 光・電気の共用構成

光ファイバを使用したデータ伝送には、一般に低損失、広帯域、耐電磁誘導ノイズ性等の利点があるが、その反面光ファイバケーブルのコスト及びその取扱いなどに関しては、現在のところ同軸ケーブルのほうが勝っている。したがって MDWS-30 S 形では次に示すような要求に対応するため、図 4. に示すように部分的に光ファイバを使用することが可能である。

- (1) ステーション間距離が 1 km を越え、しかも途中に中継器を設置



図 3. MDWS-30 S のステーション

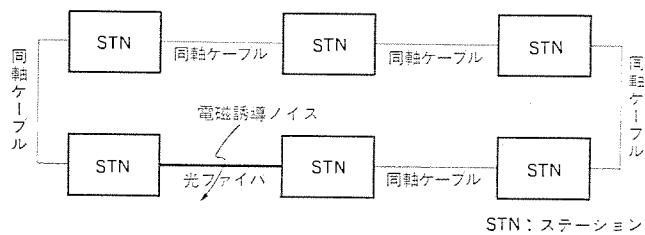


図 4. 光・電気共用構成

することが困難な場合。

(2) 高圧送伝線など電磁誘導ノイズによる通信ケーブルへの影響が問題になるような場合。

以上のような条件が部分的に発生した場合、光・電気の混在形構成が有効になる。

### 3.2.2 ステーションの構成

ステーションの構成は図 5. に示すように、ケーブル及びステーション部の2重化が可能であり、ケーブル断線及びステーションの異常に対しては自動的にループバックを行い、障害を局所化する機能を持っている(図 6. 参照)。

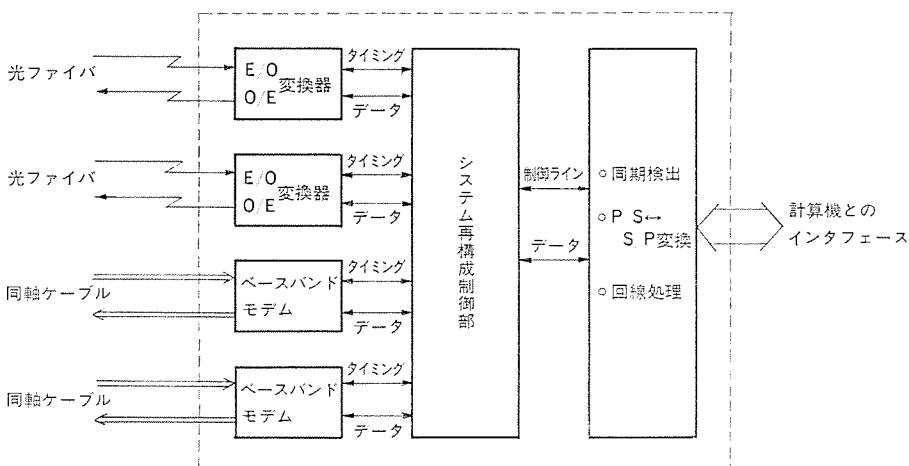


図 5. ステーションの構成

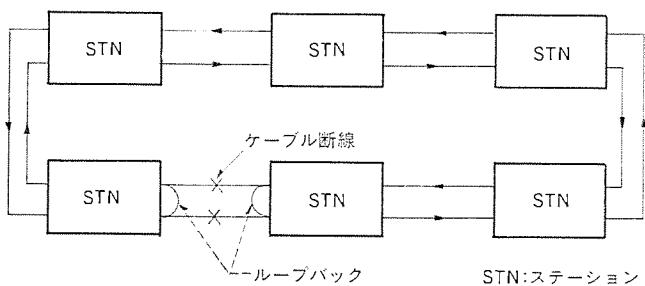


図 6. システム再構成

### 3.2.3 伝送の多重化

伝送の多重化方式は、一般にチャンネル多重方式、ブロック多重方式、メッセージ多重方式等が実現されているが、MDWS-30S形ではタイムスロット分割によるチャンネル多重方式を採用した。

#### (1) 固定スロットアクセス方式

この方式は、図 7. に示すように1フレームをN個のタイムスロットに分割し、各ステーションにフレーム内の特定の位置にあるスロットを割当てる。この方式の特徴は

- (a) ハードウェア量が少なく経済的である。
- (b) 一定時間ごとに必ず空スロットが確保できる。
- (c) ステーション数の増加にしたがってスロット到着時間が長くなる。

であり、(a), (b), はこの方式の利点であるが(c)は欠点となる。したがってMDWS-30S形ではこれらの利点を生かし欠点を改善すべく次のような改良を行った。

#### (2) アクセス方式の改善

データウェー上のステーションは、システム的な面から次のように分類できる。

- (a) 自ら主導権を持ってデータの入出力を行う必要のある能動形のステーション。

- (b) 能動形のステーションの管理のもとにデータの入出力を受動形のステーション。

このとき一般にデータウェー上のステーションの中では、能動形のステーションよりも受動形のステーションのほうがその数が多い。したがってこの点に着目し、能動形ステーションにのみタイムスロットを与える、受動形ステーションは能動形ステーションの管理のもとに能動形ステーションに与えられたタイムスロットを使用することによってデータの交換を行う。このような方式を採用することによって以下のような改善が可能となる。

- (a) 伝送効率を下げずに受動形のステーションを増加することができる。

(b) 能動形のステーションに用途別に複数個のタイムスロットを与えることにより、上位側のデータパスを拡大することができる。

(a)は受動形のステーションにタイムスロットを与えないことによって実現可能となった点であり、(b)については、伝送システムの中で、データの集中する能動形ステーションにのみタイムスロットを与えることにより、伝送系のデータの流れをスムーズに行えるようにし、かつ、用途別に複数個のデータチャンネルを与えることによって、伝送路の有効利用が可能となった。

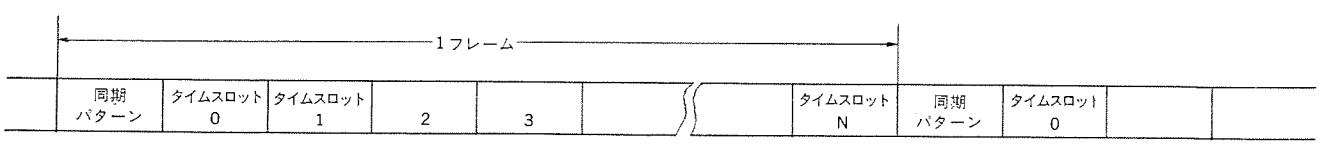


図 7. タイムスロット形フレーム構成

### 3.2.4 同軸ケーブルによる伝送方式

#### (1) 伝送路符号

伝送路に送出する符号は、平衡性がよく、かつ等価帯域幅も狭くとれる符号ということで50% AMI (Alternate Mark Inversion) 符号を採用した(図8.参照)。

#### (2) S/N比

同軸ケーブルの中で最も一般的な5C2Vケーブルと価格的に同等でかつ電気的に5C2Vより損失の少ない5C4Eケーブルを用い、2km伝送時の符号誤り率を $10^{-12}$ 以下に設定して、32メガビット/秒の送受信器の設計を行った。その結果図9.に示すように32dBの十分なS/N余裕が得られた。

この送受信器によって得られたアイパターンを図10.に示す。

#### (3) リタイミング

伝送波形からデータとクロックとを再生するリタイミングは、ほとんどデジタルICのみからなり、しかもスレシホールド交差点の中間にサンプリング時点がくるよう自動制御されるPLL方式を採用した(図11.参照)。

このPLL回路の性能はマーク率1/20~1のパターンに対して、

$$\text{フルインレンジ } f_p = 3.8 \text{ kHz} > 24f$$

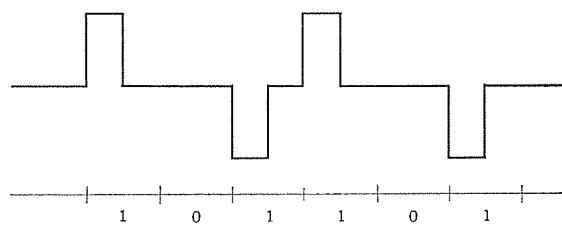


図8. AMI符号

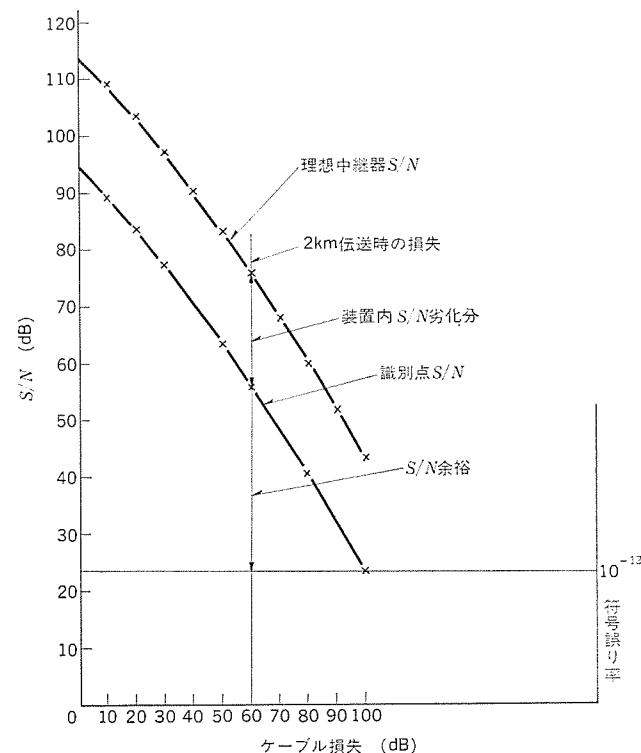


図9. ケーブルの損失と符号誤り率の関係

$$(\Delta f = 5 \times 10^{-5} \times f_0 = 1.6 \text{ kHz} \quad f_0 = 32 \text{ MHz})$$

$$\text{ロックインレンジ } f_L = 13.3 \text{ kHz} > 8\Delta f$$

という良好な結果を得ることができた。また電源電圧変動±10%に対しても十分な安定度が得られた。

### 3.2.5 光ファイバによる伝送方式<sup>(3)</sup>

#### (1) 特徴

光ファイバを使用したデータ伝送には、3.2.1節に述べたような特徴があるが、特に当社のデータウェーでは光ファイバの広帯域性を利用し、デジタル信号と、ITVなどの画像信号(アナログ信号)を1本の光ファイバに多重化して伝送している。

#### (2) 多重化方式

アナログ信号と、デジタル信号とを1本の光ファイバで多重化して伝送

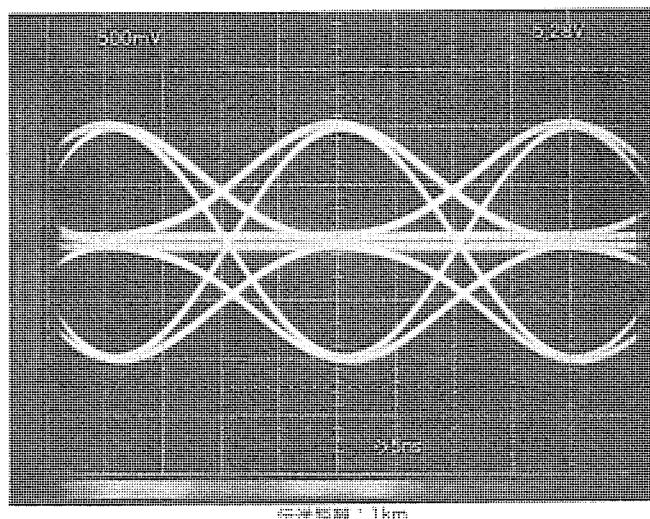


図10. アイパターン

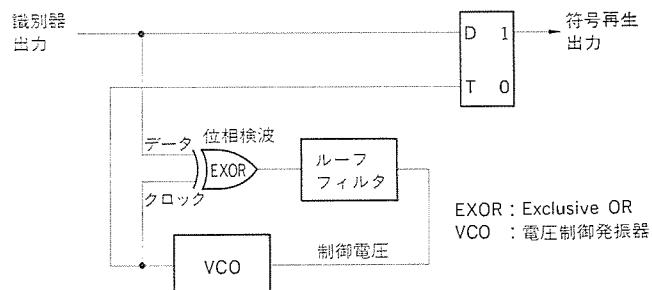


図11. PLL回路

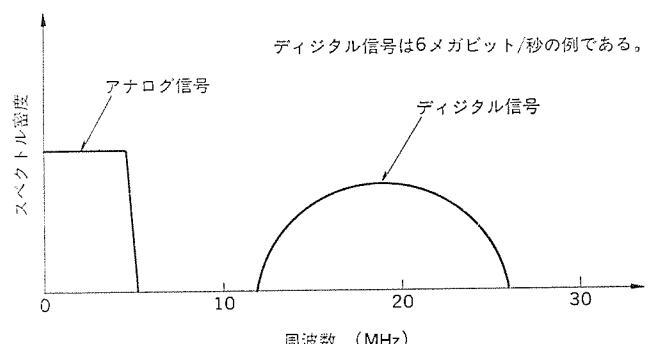
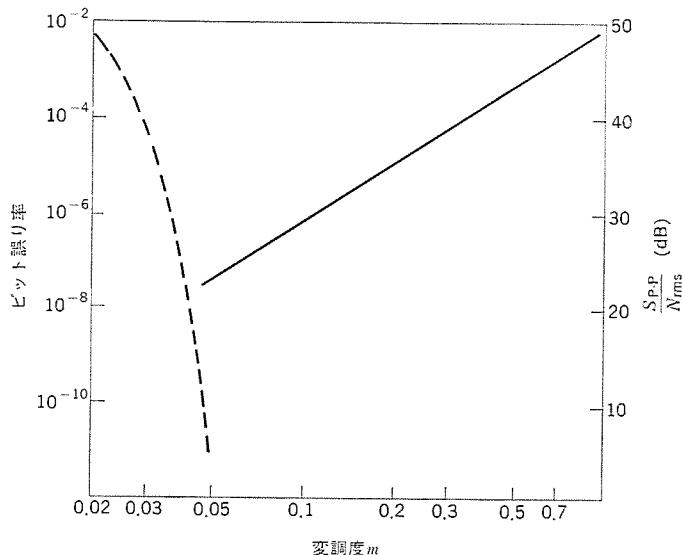


図12. スペクトラム配列

表 3. 光伝送系の損失

ファイバ損失	4 dB/km × 2 km = 8 dB
コネクタ／スプライス損失	4 dB
光スイッチ挿入損失	2 dB × 4
合計	20 dB

図 13. 変調度対  $S/N$  及びビット誤り率

する方式としては、周波数分割多重と波長多重の 2 方式が考えられる。

波長多重方式は、光ファイバ通信の特色を最も生かした方式といえるが、光送受信機を 2 組と分波器を必要とする点で、1 組の光送受信器とろ(汎)波器だけで構成できる周波数分割多重方式に比べ、現段階では経済性の点で不利である。そこで多重化方式としては周波数分割多重化方式を採用し、アナログ信号とデジタル信号のスペクトラム配列は図 12 のように選定した。すなわち、アナログ信号のほうが高い  $S/N$  を必要とするので、損失の少ないベースバンドに置き、デジ

タルデータは DPSK 変調を行って高周波領域に配置した。

デジタルデータ用のサブキャリアは、アナログ信号とのアイソレーションが容易なよう、約 18 MHz (デジタルデータ = 6 メガビット／秒の例) に選び、復調にはハードウェアの簡単な遅延検波方式を採用した。

### (3) $S/N$ 比

中間のステーションがバイパス状態になった場合を考えると、送受信間の総伝送損失は表 3 に示すように最大 20 dB となる。送受信機のファイバ内平均発光出力を  $-15 \text{ dBm}$  とすると、平均受光電力は最小  $-35 \text{ dB}$  となる。またビデオ信号のバンド幅、及びデジタル信号のビットレートをいずれも 6 MHz とすると、変調度  $m$  と  $S/N$  の間の関係は図 13 の実線のようになる。

また、デジタル信号の変復調方式を DPSK／遅延検波方式とすると、 $m$  とビット誤り率の間の関係は図 13 の破線のようになる。図より、アナログ変調度  $m_A = 0.35$ 、デジタル変調度  $m_D > 0.05$  すなわち  $m = m_A + m_D > 0.4$  程度の最大変調度において、 $S/N > 40 \text{ dB}$  の ITV 信号と、ビット誤り率  $< 10^{-10}$  のデジタル伝送が同時に実現可能である。

## 4. むすび

コンピュータネットワーク技術の発達と、分散形制御システムの普及によって、今やデータウェーは工業用計算機システムに不可欠の要素となっている。

今回光伝送技術のシーズをベースに光・電気共用形のデータウェーを製品化したが、今後成熟期を迎える光伝送技術をもとにして、更に高性能、多目的なデータウェーの製品化に努力する所存である。

## 参考文献

- (1) 水野ほか：MNA の基本概念、昭和 53 年度情報処理学会第 19 回全国大会
- (2) 今道ほか：制御用コンピュータシステムにおけるデータウェー、三菱電機技報、51, No. 6, (昭 52)
- (3) 菅野ほか：光ファイバによるデータウェイ用画像、データ複合伝送装置、昭和 54 年度電子通信学会総合全国大会

# 低温用冷凍圧縮機の信頼性の評価法の開発

二川 眩美\*・苗村 康次\*\*・吉川 博一\*\*\*・大井手正彦\*\*\*

## 1. まえがき

従来、冷凍圧縮機の開発では、試行錯誤法に依存する部分が大きな比重を占め、多大の時間と費用を費やしていた。しかし、最近の10年間に、電子計算機による冷凍圧縮機のシミュレーション技法<sup>(1)</sup>、運動、圧力及び応力の測定法<sup>(2)</sup>、弁材料の曲げ及び衝撃疲労試験法<sup>(3)(4)</sup>などの進歩は目ざましく、冷凍圧縮機の動作特性、効率及び信頼性がかなりの精度で推定できるようになっている。

これらの研究は各分野で個々になされているので、冷凍圧縮機のメーカーとしては、これらの手法を体系化し、冷凍圧縮機を設計・評価するための固有技術にまで高めることが急務になっている。そして、設計段階で冷凍圧縮機の性能、効率及び信頼性を評価し、使用条件の拡大とそれに伴う耐久性の維持向上を図る必要がある。更に、安全性、騒音の低減及び効率向上による省エネルギー化を図り、広く顧客の要請に答えられるようにしておく必要がある。

冷凍圧縮機を取り巻くこれらのすう勢に対処するため、筆者らは一連の研究を行い、冷凍圧縮機の信頼性、効率及び性能を評価する技術を確立した。この報告は、低温用冷凍圧縮機を1例として、開発した信頼性の評価技術を紹介したものである。この報告では、特に冷凍圧縮機の信頼性を大きく支配する因子の1つである弁及び弁まわり構造の問題を取り上げ、まず、低温用冷凍圧縮機の弁及び弁まわり構造の設計上の問題点を抽出する。次に、それらの問題を解決するために必要な技術課題ごとに、当社で開発した信頼性の評価法を紹介する。

## 2. 弁及び弁まわり構造と設計上の問題点

### 2.1 弁及び弁まわり構造

図1は吸入弁と吐出弁の構造を示す概略図である。図にみられるように、供試した低温用冷凍圧縮機の吸入弁は、片持はり形式のリード弁である。その一端は適当な支持方法で固定されている。他の自由端は、シリンドラボアに設けたストップ空げき(隙)にそう(挿)入されており、吸入弁の変位を所定の値に抑制するようになっている。

吐出弁は、図1に示すように、小判形のリード弁である。吐出弁の上には、弁押さえが組込まれ、吐出弁の変位を所定の値に抑制するようになっている。その両端には弁押さえねが組込まれ、所定のばね力で吐出弁と弁押さえを弁板に押し付けている。

### 2.2 吸入弁の設計上の問題点

吸入弁の設計では、吸入弁の形状や寸法に加えて、吸入口の位置、大きさ及び形状、ストップ深さ、弁の固定方法などが問題となる。吸入口の位置、大きさ及び形状は、弁運動や弁強度に大きな影響を及ぼすだけでなく、冷凍圧縮機の効率を左右する重要な因子である。このため、設計段階で所定のシリンドラ径やストロークと関連づけて、吸入口の位置、大きさ及び形状の最適値を見い出す必要がある。ストップ深さは、吸入弁の曲げ疲労強度や衝撃疲労強度を左右するだけでなく、冷凍圧縮機の効率にも影響を及ぼす因子である。このため、

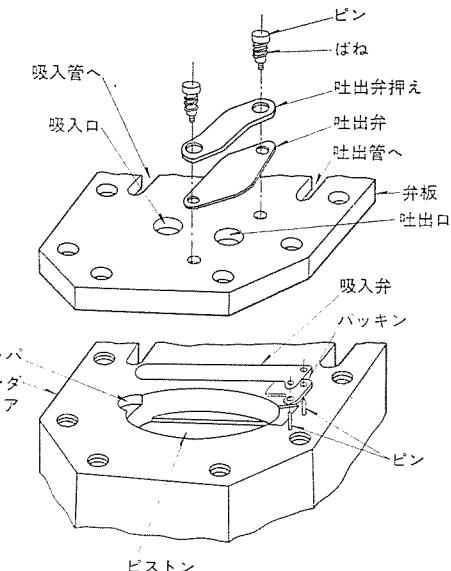


図 1. 弁及び弁まわり構造の概略

応力や速度の許容範囲内で、吸入弁の運動や変形が最適になるようにストップ深さを定めなければならない。吸入弁の固定方法は、弁運動を支配する重要な因子である。固定方法が不適切であると、弁の開閉の尚早や遅延を招き、冷凍圧縮機の効率が著しく低下する。また、弁運動に伴って吸入弁の幅方向に複雑な運動が生じ、吸入弁に摩耗が発生し、疲労強度の低下を招く。

### 2.3 吐出弁の設計上の問題点

吐出弁の設計では、吐出弁の形状や寸法に加えて、吐出口の位置、大きさ及び形状、弁押さえの形状や寸法、弁押さえねのばね定数や初期ばね力、などが問題となる。吐出口の位置、大きさ及び形状は、吐出弁の強度や冷凍圧縮機の効率を左右する重要な因子である。このため、冷媒ガスの流れを円滑にして、かつ大きな有効流路面積が得られるように吐出口の形状や寸法を決定する必要がある。吐出弁には、吐出行程時の曲げ変形による応力だけでなく、吸入行程時にも吐出圧力とシリンドラ圧力の圧力差によって曲げ応力が生ずる。したがって、吐出口の大きさは、有効流路面積の観点だけでなく、着座時の圧力差による強度の観点からも最適値を選ぶ必要がある。

弁押さえの形状は、吐出行程時の曲げ応力を左右する重要な因子である。吐出弁の応力は、弁押さえの中央部の高さ、曲率半径及び弦の長さを適切に選んで規制する。弁押さえの剛性は、液圧縮時に過剰な力が作用した場合に、吐出弁に損傷が生じないようにする観点で重要である。弁押さえねのばね定数や初期ばね力は、弁運動や騒音に非常に大きな影響を及ぼす要因である。これらの値が不適切な場合には、有効流路面積の低下、吐出弁の閉じ遅れ現象、チャタリングなどが発生しやすくなり、この結果、冷凍圧縮機の効率の低下や騒音の増大を招く。

### 3. 信頼性の評価法の開発

上述のように、弁の信頼性は種々の要因に影響される。このため、信頼性の評価では、弁に作用する外力、弁に生じる応力、及び弁材料の強度、の3つの観点から総合的に検討する必要がある。そこで、筆者らはこの3つの基本的な技術課題を総合的に検討したので、以下にその概要を述べる。

#### 3. 1 物理定数の推定法の開発

##### 3. 1. 1 物理定数の推定法に対する考え方

弁運動の計算では、冷媒ガスの流れと弁運動の式を連立して解く必要がある。これらの式は、流量係数、抗力係数、反発係数、減衰係数などの実験で求めるべき物理定数を含むので、弁運動を純理論的に求めることはできない。このため、弁運動シミュレーション技法を冷凍圧縮機の設計へ導入するには、種々の形式の弁と弁まわり構造の物理定数に関するデータを集積しておく必要がある。

しかし、これらのデータの集積には、多大の費用と時間を要するので、できるだけ計算で推定しうる近似法を開発し、実験に依存する要素を減らさなければならない。これに対し、最近では、冷媒ガスの流路を数個に区分し、オリフィスの組合せに置換して流路をモデル化し、既知のオリフィスの流量係数を用いて、近似的に有効流路面積や有効抗力を求める試みがなされている。筆者らも、この考え方を導入して、冷媒ガスの流路の有効流路面積と有効抗力の測定装置、及びそれらの計算プログラムを開発した。

反発係数と減衰係数は、現段階では実験的に定める以外の方法がない。これは、これらの物理定数が弁や弁まわりの構造、弁運動などによって微妙に変化するので、静的実験でそれらの値を求めることが困難であるためである。そこで、種々の運動条件で冷凍圧縮機を運転して、弁運動や弁応力を測定し、計算値と実験値とを比較して、両者がよく一致する反発係数と減衰係数を集積した。

##### 3. 1. 2 有効流路面積と有効抗力の測定法

図2. は吸入弁と吐出弁の有効流路面積と有効抗力の測定装置の概略である。この装置では、所定の空気が流せるようにした助走管の一端に、種々の形状や寸法の吸入口や吐出口を持つ弁板が取付けられるようになっている。この吸入口や吐出口に対向して、吸入弁又は吐出弁を取り付け、両者の間隙は直進形マイクロメータヘッドで、弁に作用する力はロードセルで測定できるようになっている。

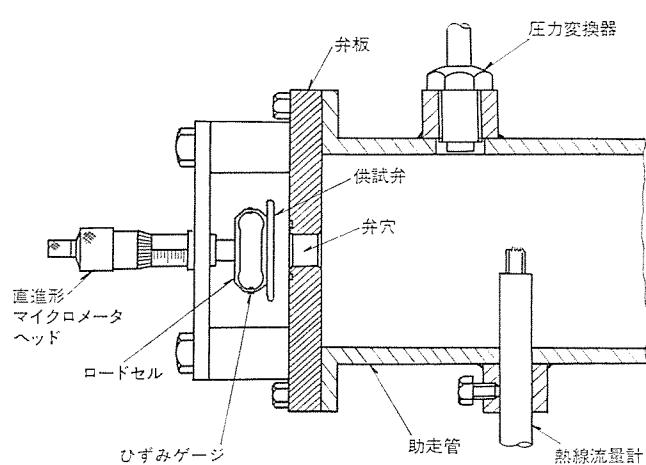


図2. 有効流路面積と有効抗力の測定装置

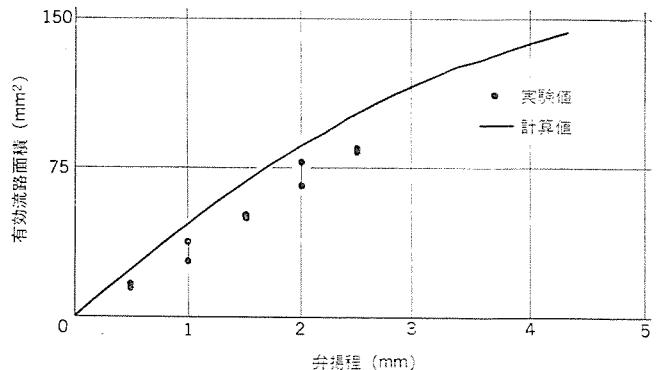


図3. 吸入弁の有効流路面積と弁揚程の関係

実験では、弁板と吸入弁又は吐出弁の間隙を変えながら、助走管の内部の圧力を圧力変換器で、空気の流量を熱線流量計で、また、吸入弁又は吐出弁に作用する力をロードセルで、それぞれ測定する。そして、弁揚程と空気の流量の関係、及び弁揚程と弁に作用する力の関係を求めるとき、これより任意の形状の弁の有効流路面積と有効抗力が算出できる。

##### 3. 1. 3 有効流路面積と有効抗力の計算法

吸入弁や吐出弁の有効流路面積と有効抗力の計算は、Schwerzler<sup>(5)</sup>の提案した手法に順拠している。この計算法の開発では、冷媒ガスの流路の切断法、各区間をオリフィスで構成し、直列と並列のオリフィスを組合せて流路のモデルを構成する方法、各オリフィスの流量係数の決定法、並びに任意の形状の弁に対してこれらの操作を自動的に行い、かつ弁の作動時の弁座に対する傾斜角の補正も考慮した計算プログラムの開発、など種々の解決すべき問題があった。

図3. は吸入弁の弁揚程と有効流路面積の関係の計算値と実験値との比較である。計算値は実験値よりやや大きくなる傾向がみられるが、計算値はかなりよく実験値に一致することがわかる。この計算プログラムの開発により、設計段階で任意の形状の吸入弁及び吐出弁の有効流路面積や有効抗力が推定できるようになった。この結果、有効流路面積をできるだけ大きくする冷媒ガスの流路設計がかなりの精度で行えるようになっている。

#### 3. 2 弁運動と弁応力の測定法と解析法の開発<sup>(6)</sup>

##### 3. 2. 1 弁運動と弁応力の測定法

測定法の開発は、冷凍圧縮機のか(稼)動時の弁運動や弁応力の発生状態を明らかにし、また、計算値の妥当性を確認する目的で行った。このため、弁運動や弁応力の測定法の開発では、吸入圧力、吐出圧力、吸入ガス温度、吐出ガス温度、シリンドラ圧力、ピストン位置、などの測定法も併せて検討した。

弁運動の測定では、弁板や弁押さえを利用して非常に狭い空間に変位計を組込まなければならない。そして、変位計の取付けによって冷媒ガスの流れが変化したり、弁運動の境界条件が変化したりしないようにする必要がある。変位計は、高温の冷媒ガス中で用いられるので、冷媒ガス中で安定した性質を持ち、しかも、優れた温度特性を保有するものを選定する必要がある。このため、上記の特性を満足し、しかも、良好な変位分解能を持ち、線形特性にも優れた手法を開発した。

弁応力の測定では、非常に激しく運動する弁にひずみゲージを張り付け、高温で、かつ高流速の冷媒ふんい気中を通してリード線を引き出す必要がある。応力測定は、冷媒ガスを封入した系の中で行

うため、ひずみゲージやリード線に不良が生ずると、修理が非常に面倒である。このため、ひずみゲージの接着、ひずみゲージの保護、リード線の引き出しに関しては、寿命が長く、かつ非常に信頼性の高い技術を開発した。ひずみゲージの接着法では、最大の接着力が得られる弁表面の仕上げ方法や $150^{\circ}\text{C}$ の高温で十分な接着力が保持できる接着法を検討した。ひずみゲージの保護は、ひずみゲージの上にコーティングを施す方法を開発した。この場合、弁の板厚が薄いために、コーティングによって弁の曲げ剛性が変化するので、この剛性の変化が $2\sim3\%$ 程度に納まるような方法を開発した。リード線の引き出し法の開発では、特殊なリード線と形状を検討し、高速で噴出する冷媒ガス中で激しい振動を伴っても、疲労などによる破損が生じないようにした。

この実験装置では、上述のような種々の配慮をしたので、供試冷凍圧縮機を長時間、しかも種々の運転条件で稼働して、弁の振動モードや応力の変化を測定することができる。更に、ストップ深さ、吸入口や吐出口の位置、大きさ及び形状、弁押さえの形状や寸法、弁ばねのばね定数や初期ばね力、などを変化させて、それらが弁運動や弁応力に及ぼす影響がはつきりするようになっている。これらの実験データは非常に膨大であるので、FFTでデータを処理し、迅速にそれらを解析することができるようになっている。

### 3.2.2 弁運動と弁応力の計算法

開発した弁運動と弁応力の計算プログラムのフローチャートを図4に示す。この計算プログラムは、吸入弁を対象にした部分と吐出弁を対象にした部分の2つに分けられる。

吸入弁の運動と応力の計算は、Soedel<sup>(7)</sup>、Hamilton<sup>(8)</sup>らが示している手法に順拠している。計算は、弁の弾性振動方程式、冷媒ガスの流れの式及び有効流路面積と有効抗力の式の3つで構成さ

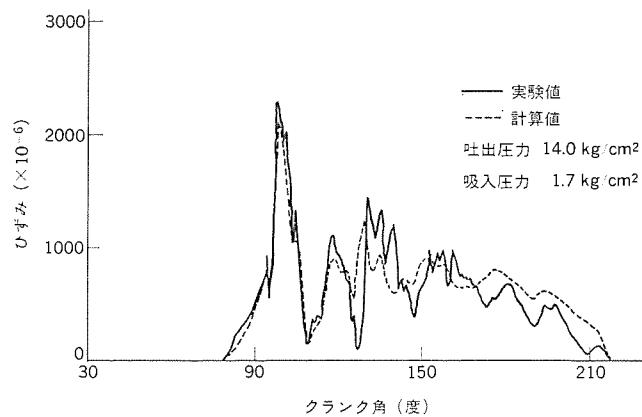
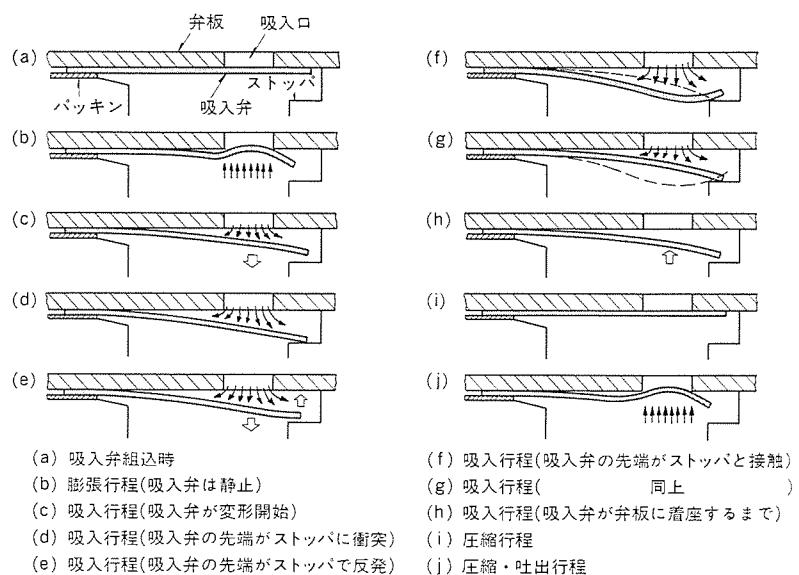


図5. 吸入弁のひずみの計算値と実験値との比較



+印は抗力を、-印は吸い弁の変形方向を示す。

図6. 吸入弁の振動変形モード

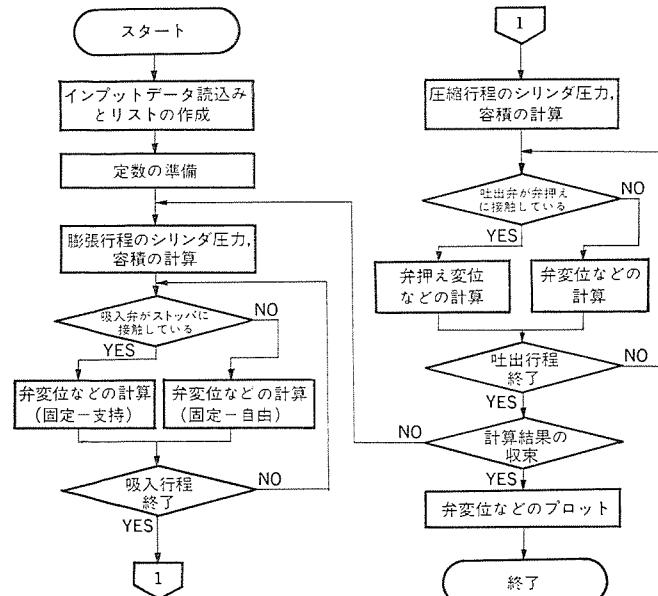


図4. 弁運動と弁応力の計算プログラムのフローチャート

れる連立方程式を4次のRunge-Kutta法で数値計算している。この数値計算では、計算開始時の初期値の設定法、弁の開閉状態の判定法、正常流と逆流の判定法、ストップとの接触状態の判定、モード関数の切換えなどの弁のロジックに関する課題の処理に工夫を凝らした。

図5. は吸入弁に生ずるひずみの計算値と実験値との比較である。図5. の結果は、吸入圧力が $14.0 \text{ kg/cm}^2$ 、吐出圧力が $1.7 \text{ kg/cm}^2$ の場合である。図より、計算値は実験値と比較的よく一致することがわかる。図5. は1つの運転条件に対する例であるが、計算値と実験値は、種々の運転条件で、ほぼ同様の精度で求まることが確認され、設計段階で弁運動や弁応力が推定できるようになった。

図6. は吸入弁の振動変形モードの計算結果の1例である。膨張行程では、(b)に示すように、吸入弁はシリンダ圧力と吸入圧力との圧力差によって吸入口の周辺で支持されて変形する。吸入行程では、(c)と(d)に示すように、吸入弁に抗力が作用して変形し、自由端がストップへ衝突する。そして、自由端は、(e)に示すように、ストップで反発され、変形モードを変えながら再びストップへ衝突する。その後、(f)と(g)に示すように、吸入弁は自由端で支持されて彈

性振動を繰り返し、吸入弁に作用する抗力が減少すると、(h)と(i)にみられるように、閉鎖状態へもどる。

吐出弁の運動と応力の計算は、筆者らが独自に開発した手法で行っている。図7.は計算のための吐出弁の力学的モデルである。吐出弁の設計では、後述のように、衝撃応力ができるだけ生じないようにしておき、実験でもこれを確認した。そこで、吐出弁の応力や変形は静的計算で求めるにし、吸入行程では吐出圧力とシリンダ圧力との圧力差が外力として作用した場合について、また、吐出行程では弁押さえの形状や寸法で定まる変形が生じた場合について、それぞれ有限要素法を用いて計算するようにした。

図8.と図9.は吐出圧力とシリンダ圧力との圧力差によって吐出弁に生じた変形と応力の計算値をプロットで描かせた1例である。図

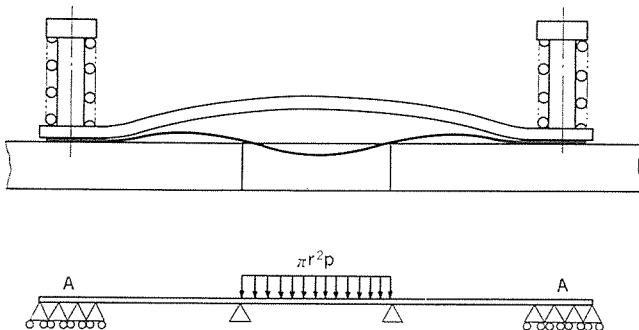


図7. 吐出弁の変形と応力の計算のための力学モデル

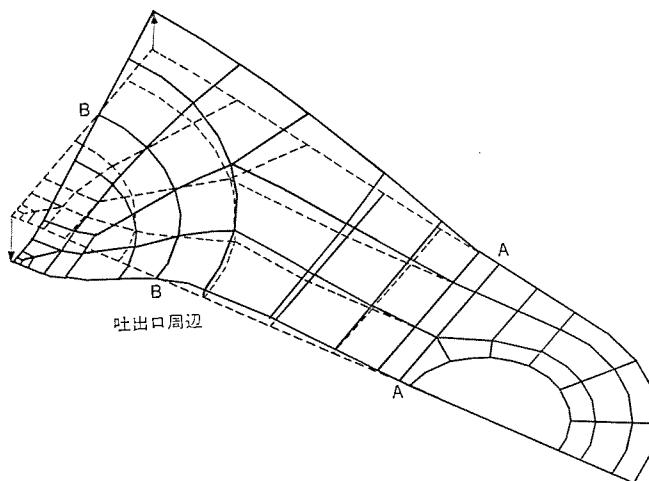


図8. 吐出圧力とシリンダ圧力の圧力差による  
吐出弁の変形状態

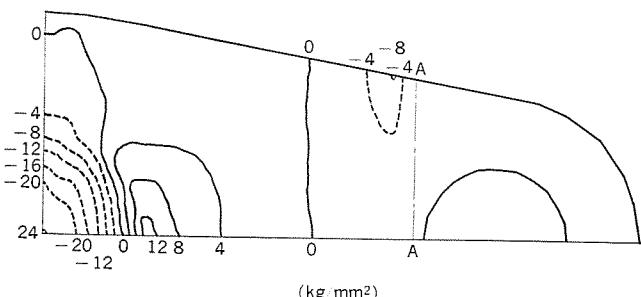


図9. 吐出圧力とシリンダ圧力の圧力差による  
吐出弁の軸方向の応力分布

8.より、吐出弁は、吐出口の周辺BBで支持されて曲げ変形すると同時に、弁押さえにAAで押さえ込まれて3次元的な変形をしていることがわかる。このため、図9.にみられるように、吐出弁の中央部と吐出口付近に大きな曲げ応力が生じ、これらの応力の計算値は、実験値とよく一致することが確認されている。

この弁運動と応力の計算プログラムでは、各クランク角に対して、シリンダ容積、シリンダ内の冷媒ガスの重量、圧力及び温度、弁変位、弁応力、などがプロットで図示できるようになっている。このため、吸入口や吐出口の位置、寸法及び形状、ストップ深さ、弁押さえの形状や寸法、弁押さえばねのばね定数や初期ばね力、などを変えながら、吸入弁と吐出弁の信頼性や冷凍圧縮機の効率を評価することができる。

### 3.3 弁材料の疲労強度の評価法の開発

吸入弁や吐出弁の信頼性を評価する場合、上述の弁運動や弁応力の計算結果と弁材料の疲労強度とを対比させる必要がある。弁材料の疲労強度については、弁がストップや弁押さえに衝突を繰り返すために生ずる衝撃疲労強度と、弁の弾性振動や曲げ変形の繰り返しによって生ずる曲げ疲労強度、の2つの問題を検討することが重要である。

衝撃疲労強度の問題は、古くから経験されているが、それを試験装置で再現するのが困難であった。しかし、最近、Svenzon<sup>(3)</sup>やDusil<sup>(4)</sup>らは、実験室的に弁材料に衝撃疲労破壊を再現することに成功し、衝撃疲労破壊が生ずる限界の衝突速度を示している。弁の衝撃疲労強度は、衝突速度と弁まわりの形状に大きく左右される。このため、筆者らは、弁運動の計算プログラムで、吸入弁がストップや弁板へ衝突する速度や、吐出弁が弁押さえや弁板へ衝突する速度を計算し、許容衝突速度の範囲になるようにストップ深さや弁押さえの形状や寸法を決定する手法を開発した。また、吐出弁の振動や変形モードを算出し、吐出弁に生ずる衝撃応力をできるだけ緩和するような弁押さえの形状や寸法を定める手法を開発した。

曲げ疲労強度は、弁の加工方法や加工時間に大きく左右されるので、これらの因子の影響を考慮して検討することが重要である。このため、筆者らは、1回の試験で12個の供試試料の曲げ疲労強度が検討できる曲げ疲労試験機を開発した。図10.は開発した曲げ疲労試験機の主要部である。供試試料は実際の冷凍圧縮機に用いられている弁と同じものである。各供試試料は、電気的にすべて絶縁さ

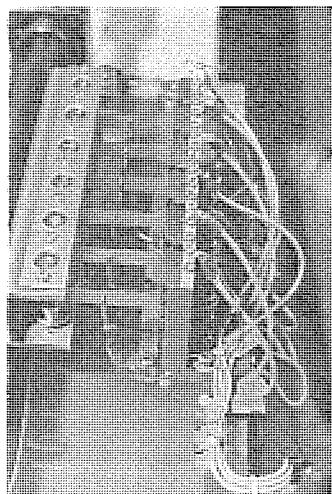


図10. 曲げ疲労試験装置の主要部の外観

れており、曲げ疲労破壊が生ずると、個々の試料について繰り返し数の計測が独立して停止するようになっている。このため、種々の材質、加工方法、加工時間、などを変えた試料の曲げ疲労強度を検討することができるので、これより弁の最適な加工時間や加工方法を求めることができる。

図 11. は適切な加工を施した高炭素鋼の応力振幅と破壊までの繰り返し数の関係である。同じ応力振幅で多くの試料について同時に曲げ疲労試験ができるので、時間強度についてもデータのばらつきを求めることができる。また、曲げ疲労強度から弁材料の許容応力を定めるために、別途階段上下法を適用して疲れ限度を求めている。疲れ限度を求める統計的手法として Probit 法と階段上下法があるが、一定精度に対して、後者は前者に比べて 30~40% 程度試験片の数が少なくてすむので、後者の方法を採用している。

筆者らは、この曲げ疲労試験法の開発と併行して、弁材料の破面解析法を検討した。図 12. は走査形電子顕微鏡で観察した破面の状況である。同図の破面は、供試試料の表面の仕上げ状態が不良の場合の例である。図に見られるように、破壊はロール傷のひどい箇所が起点となって生じていることがわかる。図 13. は表面に摩耗を生じた試料に曲げ疲労破壊を生ぜしめた破面の状況である。同図から曲げ疲労破壊は摩耗傷が起点となって生じていることがわかる。

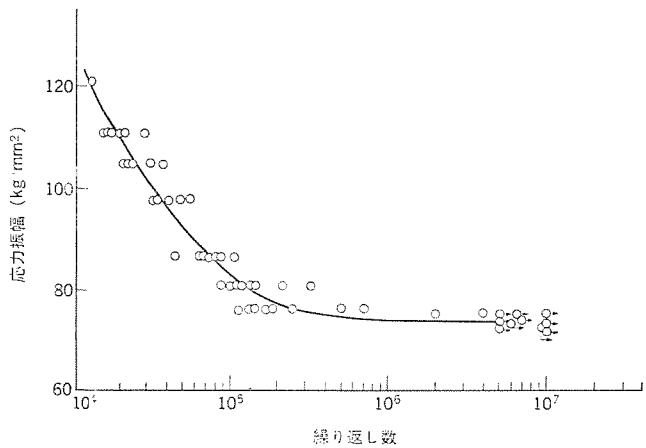


図 11. 高炭素鋼の応力振幅と繰り返し数の関係

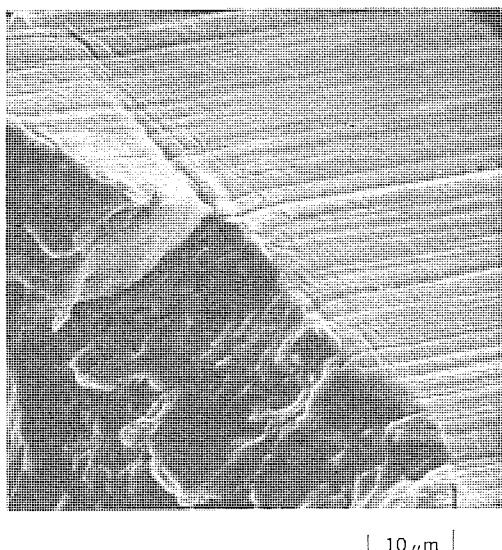


図 12. ロール傷より破壊した疲労破面

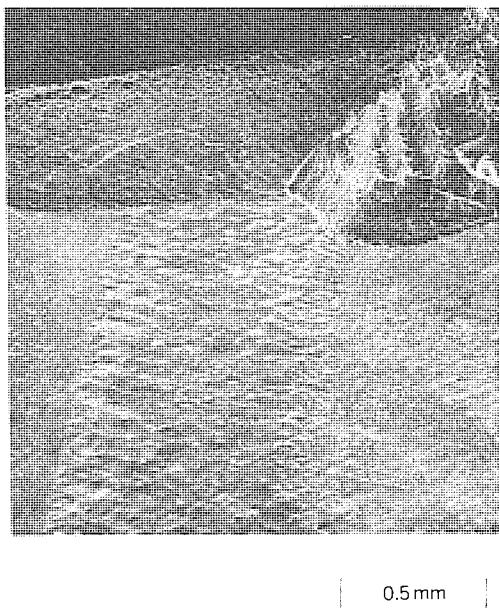


図 13. 摩耗傷より破壊した疲労破面

このように、種々の供試試料について曲げ疲労試験を行って、破面の状況を観察し、種々の形態の破面の状況に関するデータを蓄積している。これらの破面のデータは、もし市場で冷凍圧縮機の弁に破損が生じた場合にも、その破損原因の究明と改善に有効に用いることができる。

#### 4. む す び

この報告では、当社における冷凍圧縮機の設計及び評価技術を紹介した。特に低温用冷凍圧縮機を例として、その弁及び弁まわり構造の設計法と評価法について述べた。この報告にみられるように、当社では、冷凍圧縮機の設計段階で、種々の設計上のパラメータを変化させて、弁及び弁まわり構造の信頼性を評価し、その最適設計を行う技術を蓄積している。したがって、この手法と従来の開発段階での寿命試験法を並行して用いることにより、高信頼性かつ高効率の冷凍圧縮機を短期間で市場に送り出すことができる。しかし、冷凍圧縮機の使用条件は非常に複雑であるので、今後、市場での種々の使用条件を蓄積しながら、設計法と評価法の改良を重ね、更に高い信頼性と効率を追求していく所存である。

#### 参 考 文 献

- (1) M. W. Wambganss : ph. D. Thesis, Purdne University, (1966)
- (2) P. R. Ukrainetz : ph. D. Thesis, Purdne University (1963)
- (3) M. Svenzon : Proceedings of the 1976 Purdne Compressor Technology Conference, pp. 65-73 (1976)
- (4) R. Dusil et al. : Proceedings of the 1978 Purdne Comprssor Technology Conference, pp. 116-123 (1978)
- (5) D. D. Schwerzler, ph. D. Thesis, Purdne University (1971)
- (6) A. Futakawa et al. : Proceedings of the 1978 Prudne Compressor Technology Conference, pp. 187-194 (1978)
- (7) W. Soedel : Short Course Notes, Purdne University (1972)
- (8) J. F. Hamilton : Short Course Notes, Purdne University (1974)

# ホットガステプロストシステム

古川博一\*・岩瀬進\*・川井治\*

## 1. まえがき

近年、食品低温流通システム（コールドチェーン）の発展とともに、国内におけるスーパーマーケットの食品小売り、更にコンビニエンスストアやボランタリーチェーンなどのチェーン店機構を持った小規模食品小売店舗の急激な増加が見られ、これら食品店舗で使用される冷凍冷蔵用コンデンシングユニットの需要も増大している。

これら食品小売店舗では、その販売効果を上げるために使用する冷凍冷蔵設備による食品の貯蔵管理技術の確立が急がれている。特にショーケースは、販売効果をねらってふた付きのクローズドタイプのものからオープンタイプのものへ、更に平形から多段形のものへと主流が移行している。したがって、多段オープン形のショーケースは従来の平形クローズ形に比し周囲空気をショーケース内に巻込み冷却負荷を増大させるとともに、その空気内に含有される水分がショーケースの冷却器に霜として付着し冷却性能の低下を早めている。したがって、ショーケースでは1日に少なくとも4～6回の除霜（デフロスト）を行わねばならない。しかしながらデフロストを行うと、ショーケース庫内温度上昇を生じ、庫内に収容される生鮮食料品の品温が上昇し、食品の鮮度を損なうことになる。

一方ショーケースが使用される食品小売店舗では、運転経費の節減も同時に要求される。

ここでは現在実用化されている各種デフロスト方式の動向とその特徴を考察するとともに、既に約2年の運転実績を有する三菱 ホットガステプロストシステムについて紹介する。

## 2. 食品店舗における冷凍冷蔵設備の特徴

### （1）冷凍機1台に複数台ショーケースが組合わされる

同一店舗にあるショーケースは庫内収容物に応じて高温用、中温用、低温用の3温度帯に分類され、同一蒸発温度のショーケース数台が冷凍機1台に接続されることになる。その冷凍機に組合わされているすべてのショーケースが同時にデフロストを行うとデフロスト用加熱源として非常に大きな熱源が必要となり不利である。例えば庫内温度-5°C、蒸発温度-20°Cで、所要冷凍能力3,000 kcal/hのショーケースに着霜量4,000 cc（水換算）があった場合、これを所要時間15分でデフロストを行うとすると、ショーケース1台当たりのデフロスト所要熱量は概略次のようになる。

霜を融解するのに必要な熱量	約1,800 kcal/h
冷却器を加熱するのに必要な熱量	約360 kcal/h
ダクトその他を加熱するのに必要な熱量	約800 kcal/h
計	3,000 kcal/h

となり、これが仮に7台接続されていたとすると、

$$3,000 \text{ kcal/h} \times 7 \text{ 台} = 21,000 \text{ kcal/h} \approx 25 \text{ kW}$$

のデフロストに要する熱源が必要となる。

### （2）冷媒配管長さが長くなる

冷凍機は通常機械室に設置されるため、ショーケースと冷凍機との冷媒

配管長さが長くなりいわゆる長尺配管であるが、デフロスト方法としては配管本数が増えないものがよい。

### （3）運転維持費の安い設備が要求される

食品小売店舗での経費節減は重要な問題であり、（1）項で述べたようにデフロストを行うためには大きな熱源が必要で、この熱源をいかに安価で効率よく作り出すか、またむだなエネルギーを消費しないようとするかが問題となる。

### （4）信頼性の高い設備が必要となる

冷凍装置の故障による商品陳列の中止や、デフロスト不良による生鮮食品の鮮度劣化は、重大な問題である。したがって、従来は圧縮機1台使用の冷凍機が使用されていたが、最近では並列補完性（互いに助け合う）の考えを取り入れた圧縮機2台以上とう（搭）載のマルチタイプ冷凍機が採用されるようになってきた。

## 3. 各種デフロスト方式の比較

### 3.1 オフサイクルデフロスト方式

オフサイクルデフロスト方式では、庫内温度(+3°C)が比較的高い野菜用ショーケースなどで行われているデフロスト方式で、タイムスイッチなどにより庫内サーモ（温度調節器）に関係なく冷凍機の運転を所定時間停止させ、この間に冷却器を通過する+3°C以上の空気により冷却器表面の霜を溶解しデフロストを行う。したがって制御回路も簡単で経済的であり、デフロスト用熱源はオープンショーケースのエアカーテンを介して庫内に侵入してくる周囲空気だけであり、デフロスト用熱源としては小さい。しかし、中低温用ショーケースや、リーチインタイプのショーケースでは、デフロスト時間が長くなり、庫内収容物の品温上昇が大きくなる欠点があり、実用的ではない。

### 3.2 電気ヒータデフロスト方式

従来、中低温用ショーケースのデフロスト方式としては、この電気ヒータ

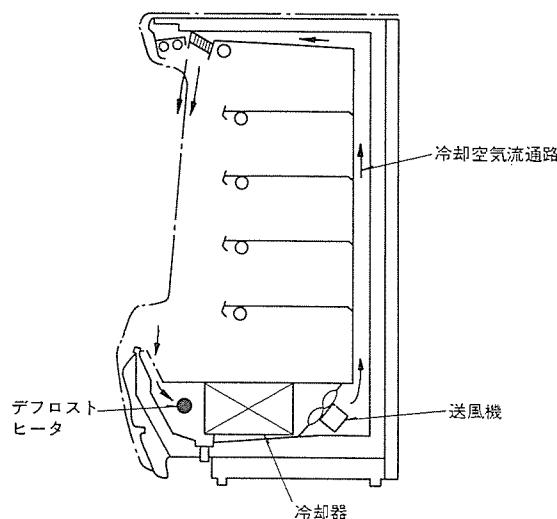


図1. 電気ヒータデフロスト

デフロスト方式が一般に使用されていた。電気ヒータデフロスト方式では、図1.に示すように、オープンショーケースのエアカーテン空気流路中に、空気加熱用電気ヒーターを設け、オフサイクルデフロスト方式と同様にタイムスイッチ又はディアイサ等により冷凍機を停止し、この間に電気ヒーターに通電することにより、エアカーテンを循環する空気を加熱して冷却器に付着した霜を外側から溶解する。したがって電気ヒータデフロスト方式では除霜の効率が悪く、使用電力量が多く、庫内収容物の品温上昇も大きくなる。また電気ヒーターは高湿度空气中で使用するため絶縁材

料の劣化が通常の使用状態に比較して早くなることなど、信頼性の低下の懼れもある。

### 3.3 エアデフロスト方式

エアデフロスト方式とは、オフサイクルデフロスト方式の考え方を発展させたもので、図2.にその構造の1例を示す。この方法は冷凍機の運転を停止し、ショーケース上部に設けられた送風機を逆転させショーケース周囲空気を強制的にエアカーテン内に吸い込み、エアカーテン空気温度を上昇させてデフロストを行う。したがって電気ヒータデフロスト方式などと比較すると、電力使用量は大幅に節減され、経済的には優れた方式といえる。しかしながら、デフロスト用加熱源がショーケース周囲空気(店内空気)となるため、デフロスト時間が周囲温度に影響される。すなわち、周囲温度が下がった場合には、デフロスト用加熱源が少くなり、デフロスト時間が長くなるばかりでなく、デフロストが全く行えない場合も生ずる。また加熱源がショーケース周囲空気ということは、デフロスト中にショーケース周囲空気温度低下を生じコールドエア(冷たい通路)の発生を助長するなどという問題がある。

### 3.4 ホットガスデフロスト方式

ホットガスデフロスト方式は、冷却器コイル内部に圧縮機から吐き出された高温高圧の冷媒ガスを流入させ、この冷媒ガスの凝縮熱を利用して冷却器コイル内部から冷却器表面に付着した霜を融解する。このために、除霜効率もよく短時間に霜を融解することができる。しかしながら、従来はホットガスデフロストを行うための配管系統の複雑さや、冷却器内で凝縮した冷媒液の再蒸発の問題などにより、一部の製品を除いてあまり使用されなかった。しかし、その除霜効率がよく、デフロスト時間の短縮による庫内収容物の品温上昇を最小限に抑える

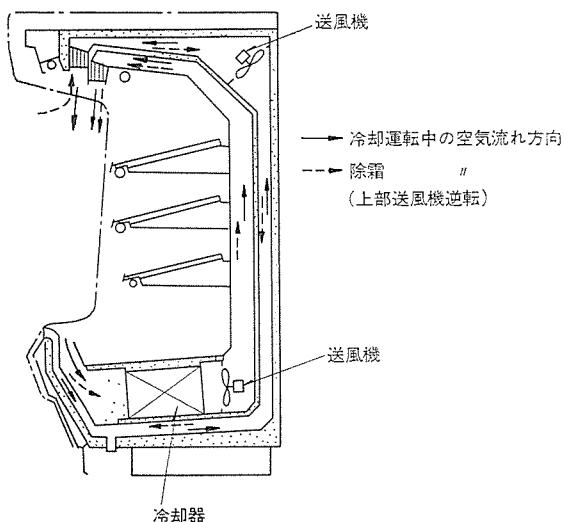


図2. エアデフロスト

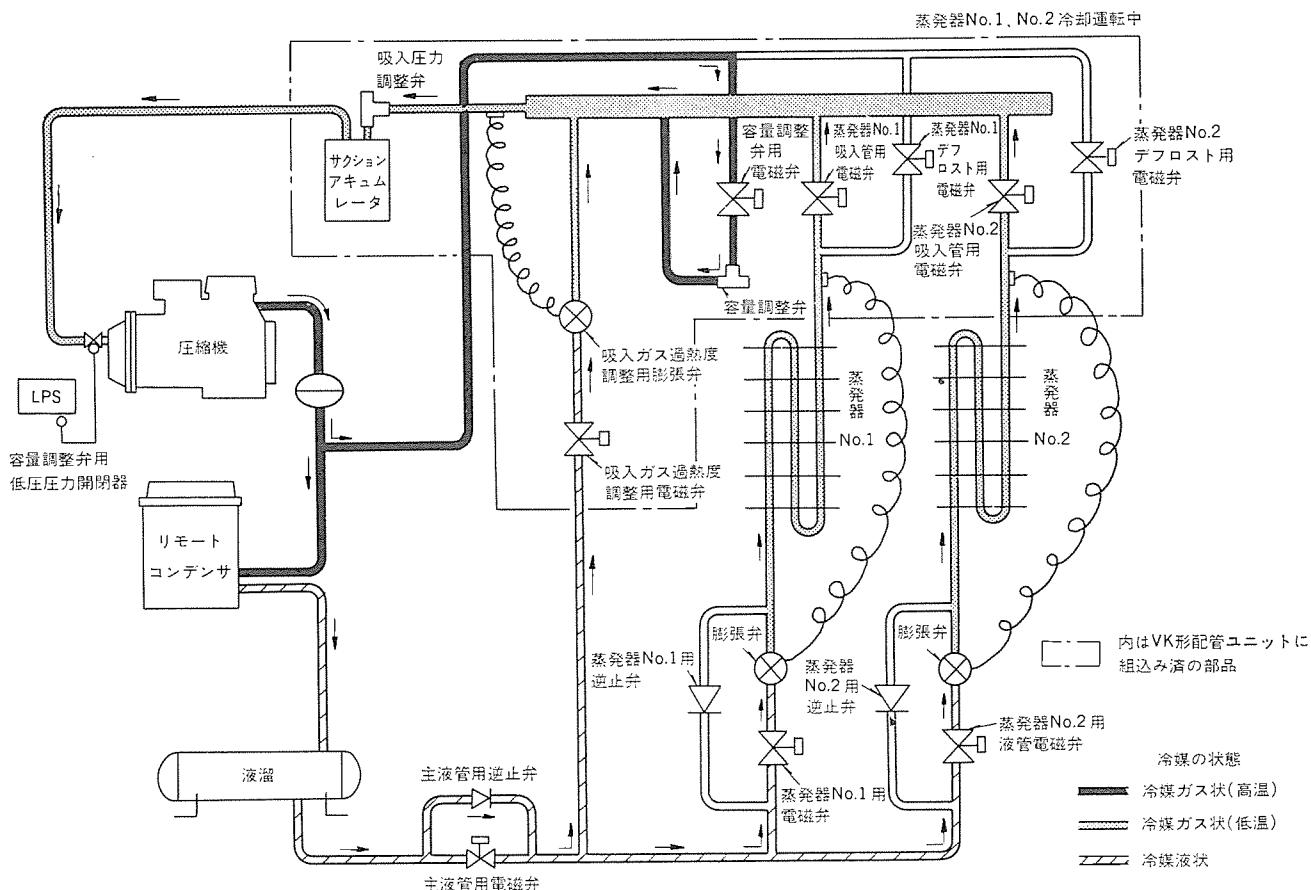


図3. 冷媒系統図 (冷却運転中)

(鮮度保持), などの点で他方式に比較して優位性があり、今後デフロスト方式の主流になるものと考えられる。

#### 4. 三菱ホットガスデフロストシステム

既に記したように、現在スーパー・マーケットなどの食品小売店舗で使用される冷凍設備のデフロスト方式として開発した三菱ホットガスデフロストシステムについて以下説明する。

##### 4.1 仕様・構造

前述したように一般にスーパー・マーケットなどの食品小売店舗に使用される冷凍設備では、1台の冷凍機に複数台のショーケース(冷却器)が組合わされて使用される。三菱ホットガスデフロストシステムでは複数台のショーケースを2~3群に分割し、圧縮機から吐き出される高温高圧の冷媒ガスを着霜したショーケース群(1群)に供給してデフロストを行い、冷媒ガスは凝縮して液となり残りの冷却運転中のショーケース

群へ送り再蒸発させる冷媒回路を形成している。図3.に冷却運転中の冷媒流れ、図4.に冷却器No.1デフロスト運転中の冷媒流れ方向を示す。図5.にVK-222形配管ユニット、図6.にPUH-2形制御盤の外観を示す。VK形配管ユニットにはこのシステムの主要冷媒制御機器のデフロスト用電磁弁、容量調整弁、吸入圧力調整弁等が組込まれている。

##### 4.2 デフロスト時間

デフロスト時は冷却作用を停止しているため庫内温度、ひいてはショーケース内収容物の温度上昇があるため、デフロスト時間は短いほうがよく、またデフロスト後の冷却速度も早ければ早い程よい。図7.に3.7kW冷凍機に冷蔵用多段形オープンショーケース(精肉、鮮魚用)2台を組合せて、電気ヒータデフロストを行った場合と、ホットガスデフロストを行った場合のデフロスト量とデフロスト時間の関係を示す。

図より明らかのようにホットガスデフロスト方式は、電気ヒータデフロスト

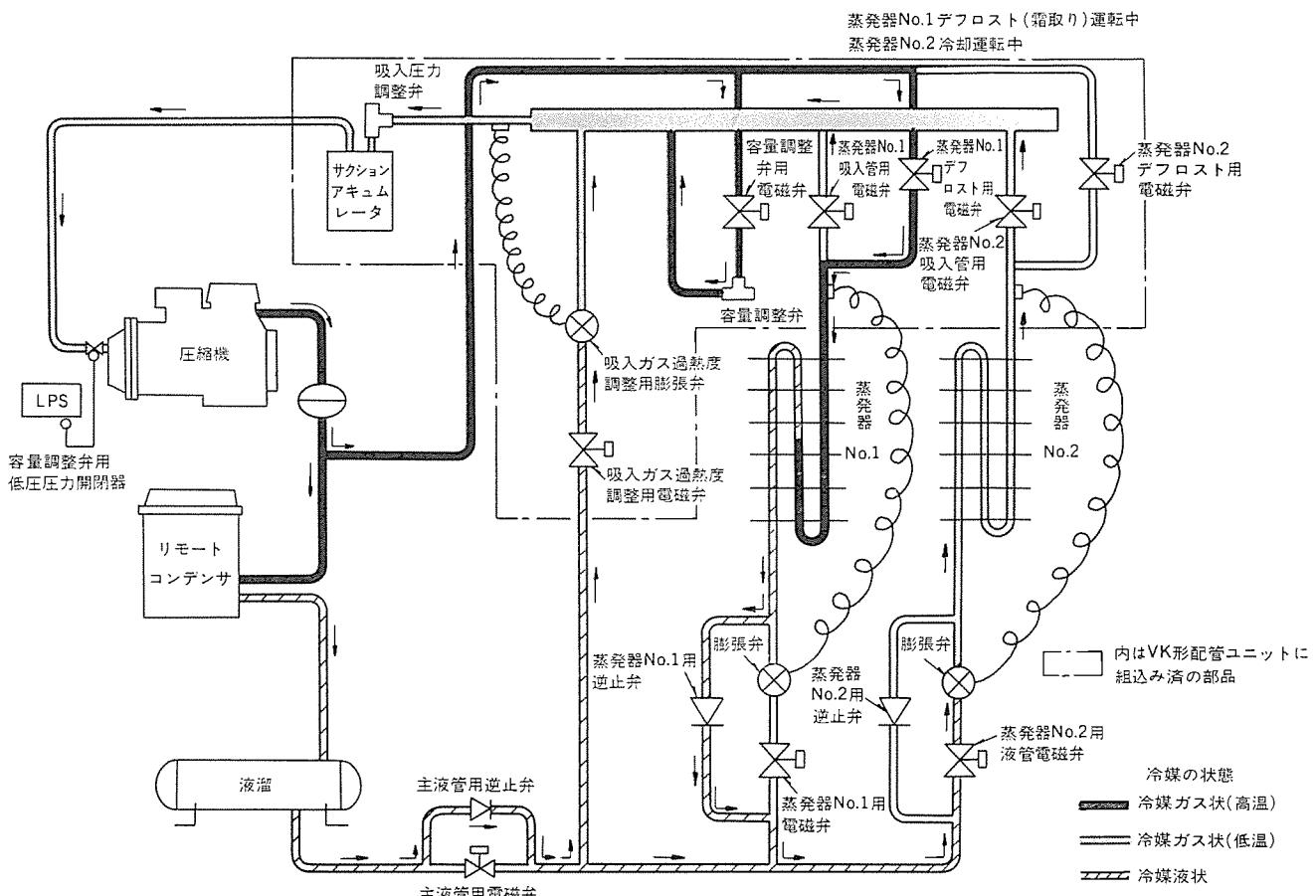


図4. 冷媒系統図(デフロスト運転中)

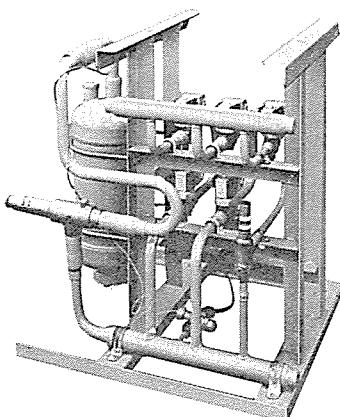


図5. VK-222形配管ユニット



図6. PUH-2形制御盤

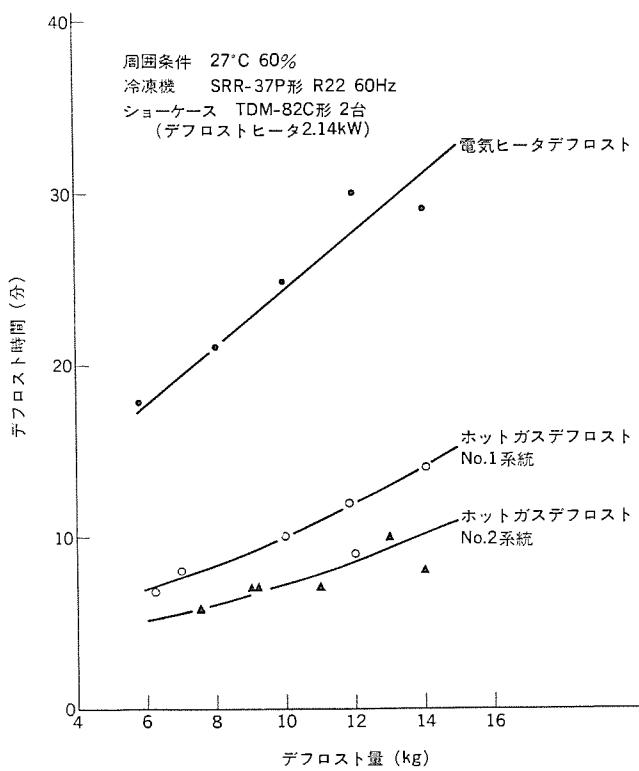


図 7. デフロスト時間とデフロスト量の関係

に比較して、No. 1 系統で約 1/2, No. 2 系統で約 1/3 の デフロスト時間となる。

ここで同じ ホットガスデフロストでも No. 1 系統と No. 2 系統で デフロスト時間の差が生じているが、これについて考察する。

ホットガスデフロスト中の熱の収支を考えると、デフロストするための加熱源としては、デフロスト中のショーケース内で冷媒ガスが凝縮する時に発生する熱と、オーブンショーケースがデフロスト中は冷却運転を停止することにより、エアカーテン、断熱壁からの侵入熱、及び照明、庫内送風機の発熱等がある。またデフロストに必要な熱量としては、霜を融解するために必要な熱量、冷却器本体を霜が融解できる程度まで暖めるのに必要な熱量、ショーケースのエアカーテンのダクト、ドレンパン等を暖めるのに必要な熱量がある。これを式に表すと次式のようになる。

$$Q_h + Q_t = Q_f + Q_c + Q_d \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中  $Q_h$  : ホットガスから発生する熱量 kcal/h

$Q_f$  : ショーケース外部からの侵入熱量及び内部発生熱量 kcal/h

$Q_c$  : 冷却器を暖めるのに必要な熱量 kcal/h

$Q_d$  : エアカーテンのダクトなどを暖めるのに必要な熱量 kcal/h

式(1)からホットガス流量とデフロスト時間の関係は次式のようになる。

$$T = \frac{Q_f + Q_c + Q_d - Q_i}{\Delta i \cdot G} \quad \dots \dots \dots (2)$$

式中  $T$  : デフロスト時間 h

$\Delta i$  : 冷却器入口、出口の冷媒エンタルピ差 kcal/kg

$G$  : ホットガスデフロスト中の冷媒循環量 kg/h

(以下 ホットガス流量といふ)

式(2)中、 $Q_f$ 、 $Q_c$ 、 $Q_d$ 、 $Q_i$  はショーケースの仕様、すえ(据)付条件などが決まれば定数となり、 $\Delta i$  も冷媒配管、冷凍装置の高圧圧力等が決まれば定数となり得る。したがって デフロスト時間の長短は、

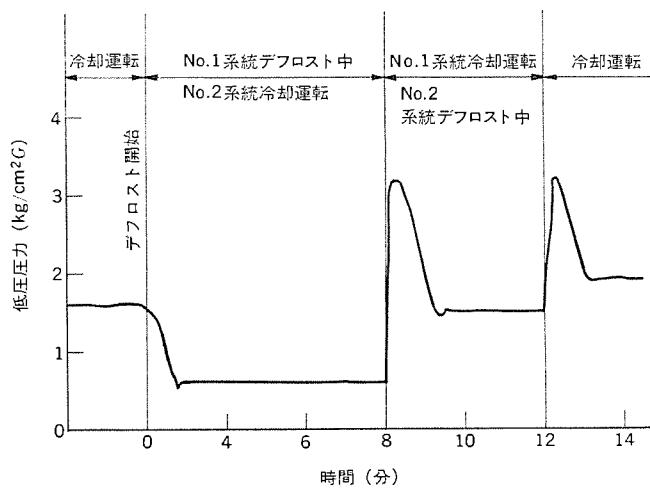


図 8. デフロスト運転中の低圧圧力

ホットガス流量  $G$  に左右されることになる。ホットガス流量  $G$  は圧縮機に吸入される冷媒量すなわち、他の冷却運転中のショーケースへ供給される冷媒量によって決まる。図 8. に デフロスト運転中の低圧圧力変化の1例を示すが、No. 1 系統 デフロスト 中と、No. 2 系統 デフロスト 中では低圧圧力が異なり、No. 2 系統を デフロスト 中のほうが低圧圧力が高くなっている。これは、No. 1 系統を デフロスト 中に、冷媒の再蒸発が行われる No. 2 系統の冷却器は、デフロスト直前のために着霜状態となっており、冷却器の熱交換能力が低下している。したがって再蒸発できる冷媒量が少なく低圧圧力も低下する。これに対し、No. 2 系統 デフロスト 中に冷媒の再蒸発を行う No. 1 系統の冷却器は、デフロスト終了直後のため無着霜状態でかつ庫内温度が上昇しているために、冷却器の熱交換能力を最大限に発揮でき、再蒸発できる冷媒量が多く低圧圧力も No. 1 系統 デフロスト 中に比べて高くなり、ホットガス流量が多くなる。したがって No. 2 系統のほうが デフロスト時間が短くなる。しかしこの差はヒータデフロストに比較して、No. 1, No. 2 とも短時間のため、実用的に問題にされることはない。

#### 4.3 低負荷補償装置

冷却運転中に冷凍機に加わる負荷を 100 % とすると、デフロスト運転中には デフロストを行っている系統の負荷が 0 となるため、冷凍機に加わる負荷は 2 系統か 3 系統方式かによって 50 % 又は 66 % に減少する。この結果、冷凍機低圧圧力は低下し、低圧圧力開閉器の設定値を越え冷凍機を停止させ、ホットガスデフロストが行えなくなる。また停止しても残りの冷却運転中のショーケースに設けてある冷媒液用電磁弁が開いているため、低圧の復帰が早く冷凍機はひん繁な ON-OFF 運転を繰り返し故障の原因となる。そこで、三菱 ホットガスデフロストシステムには容量調整弁、吸入ガス過熱度調整用膨張弁から構成された低負荷補償装置を組込み低負荷補償装置は低圧圧力が設定圧力以下になると高圧側冷媒ガス及び過熱度調整用膨張弁を通して高圧側冷媒液を低圧側にバイパスし低圧圧力の低下を防止している。このように低負荷補償装置を組むことにより以上のような不具合は解決され安定した デフロスト運転が継続できる。

#### 4.4 運転経済性

電気ヒータデフロスト方式の場合、デフロスト中の加熱源はヒータが消費する電力が主となるため、成績係数は最高でも 1 にすぎない。これに対して ホットガスデフロスト方式では、デフロスト中の加熱源として、冷凍

表 1. ホットガスデフロストと電気ヒータデフロストの使用電力量実測結果

店名		A店(神奈川県下A市)	B店(神奈川県下A市)
デフロスト方式		ホットガスデフロスト	電気ヒータデフロスト
ショーケース	使用台数(台)	26	17
	所要冷凍能力(計)(kcal/h)	73,510	47,570
使用電力量	測定期間	1977年12月～1978年12月 12か月	1977年10月～1978年10月 12か月
	使用電力量(kWh)	276,419 kWh/年	289,458 kWh/年
26台基準での使用電力量	使用ショーケース	276,419 kWh/年	447,300 kWh/年
	使用電力量比率	61.8%	100%

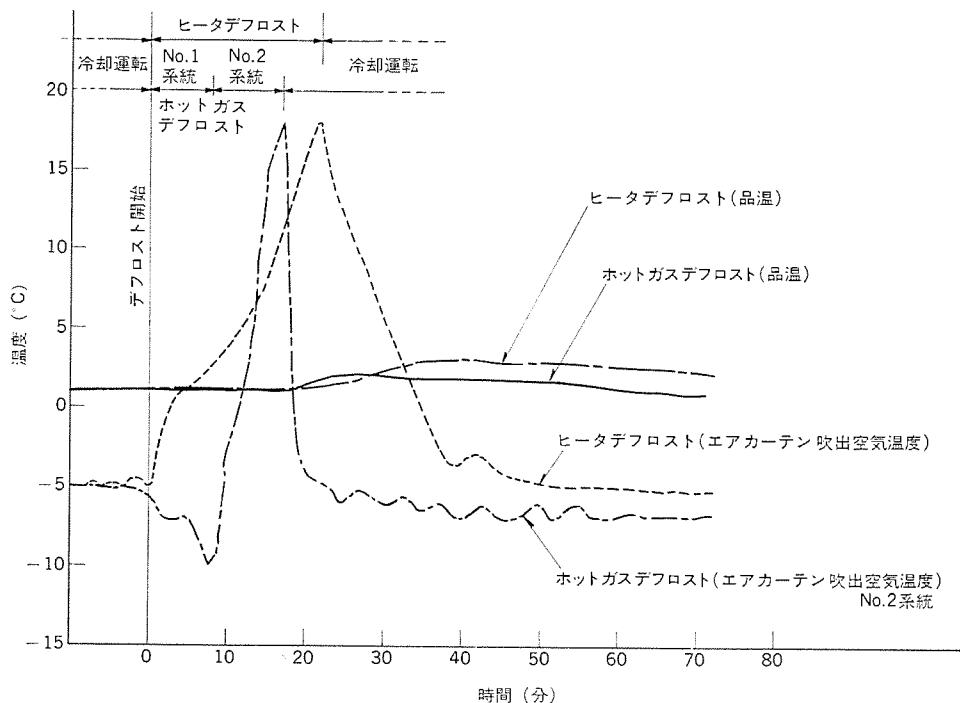


図 9. ホットガスデフロスト方式と電気ヒータ式デフロストの比較

機消費電力と冷却運転中のショーケースで集熱した熱量が利用できる1種のヒートポンプ運転を行うことになり、成績係数は冷凍機とショーケースの組合せにもよるが平均1.6程度と良くなっている。またデフロストヒータを使用しないため、契約電力もそれだけ小さくなり基本料金が安くなる。

表1にこの方式のホットガスデフロストを使用した所と電気ヒータデフロストを使用した所の消費電力量の実測結果を比較する。どちらも当社製冷凍機とショーケースを使用し、同一都市内にほぼ同時に開店した店舗である。この結果から見れば、ホットガスデフロスト方式を使用した店舗では、年間消費電力が約38%節減されたと言える。

#### 4.5 冷却降下(プルダウン特性)

図9. 電気ヒータデフロスト方式とホットガスデフロスト方式のエアカーテン吹

出空気温度とショーケース内収容物の品温の変化の一例を示す。デフロスト終了からエアカーテン吹出空気温度が0°Cに到達する時間は、ヒータ式で約13分、ホットガス式で約2分とホットガス方式のほうが短くなっている。この理由としてはホットガスデフロスト方式では霜を内部から加熱融解するため効率よくデフロストを行うのに対し、電気ヒータデフロスト方式では外部から加熱するため不必要に加熱された部分を再び冷却しなければならないことが考えられる。更に、ホットガスデフロスト方式ではデフロストを系統に分けて行うため、デフロスト後の冷却負荷がデフロストした系統分だけで小さいのに対し、電気ヒータデフロスト方式では通常全ショーケース同時にデフロストを行い、デフロスト後の全冷却負荷が冷凍機にかかることになり、冷却速度も遅くなる。

この点からみても、ホットガスデフロスト方式のほうが庫内収容物の鮮度に与える影響が小さいと言えよう。

## 5. むすび

ホットガスデフロスト方式は、スーパーマーケットなどの食品小売店舗における食品貯蔵管理技術の確立、運転経済性の要求などの点より、従来のデフロスト方式に見られない優れた特長を生かして、今後デフロスト方式の主流になると確信している。

る。

なおこの方式は当然のことであるが、冷凍・冷蔵庫用の蒸発器を2台以上使用すれば適用可能で、この方式での実績も増加しつつある。この報告が、需要家各位の参考になれば幸甚である。

最後に使用電力量の実測など種々の貴重なご援助をいただいた小田急商事(株)、東海設備(株)の関係者のかたがたに厚く感謝します。

## 参考文献

- (1) 古川ほか：冷凍空調技術，26，No. 307 (昭50)
- (2) Art Perez : ASHRAE J. 19, No. 6, p. 38-41 (1977)

# 新データ網接続端末のインターフェース及び試験装置

松永 宏\*・松田主税\*・鹿間敏弘\*・谷口 順\*・斎藤幸夫\*\*

## 1. まえがき

日本電信電話公社の新データ網 (Denden-Kosha Data Exchange, 以下 DDX と略す) は、データ通信用に作られた交換網であり、回線交換サービスとパケット交換サービスとがある。

この DDX と端末装置を接続する技術的条件は、DTE-DCE インタフェースと呼ばれ、接続コネクタ、ピン配列及び電気回路を規定する物理的条件と、接続動作の手順を規定する論理的条件とから成る。これらのインターフェース条件は、CCITT (国際電信電話諮詢委員会) の勧告に基づいて定められており、従来の V シリーズインターフェース (以下 V インタフェースと略す) に加えて、デジタル通信に適した X シリーズインターフェース (以下 X インタフェースと略す) が提供されている。

DDX を利用する端末、計算機の開発の一環として、DDX 回線交換サービスの X インタフェースの技術検討を行ってきた。回線交換の X インタフェースには調歩式端末用の X. 20、同期式端末用の X. 21 (いずれも CCITT 勧告番号で呼ばれる) があり、従来の V インタフェースに比較すると信号線数が少なく、接続時間が短く、かつ、接続過程において端末側が必要とする「相手端末ビジー」などの情報をコード化した信号で網側から得られる。DDX 回線交換サービスを効率的に利用するため、これから作られる新規端末は X インタフェースを備えることも必要である。

本文では、この DDX 回線交換サービスの X. 20、X. 21 インタフェースを端末装置の上で実現する際の技術的課題、及びそれらを検討し実現した通信制御装置 C 7704 について述べる。更に、X. 21 インタフェースを有する端末装置の接続手順の試験を行うため、DDX 回線交換網 X インタフェースシミュレータを開発したので合わせて報告する。

## 2. 新データ網の概要

DDX は、データ通信用に作られた交換網で、現在の公衆網に比べて回線の誤りが少なく接続時間が短く、低速 (200 bit/s) から高速 (48 K bit/s) までの多種類の通信速度をサービスする特長があり、これからのデータ通信システムにおいて活用が期待されるものである。

回線交換では、物理的に回線が接続された後は、任意の伝送制御手順を用いて遅延時間の無い通信ができる。パケット交換では、電文が一定長のパケットという単位に区切られて蓄積して交換されるので、インターフェースが伝送制御手順あるいはパケットレベルまで規定されるが、異速度端末間の通信ができ、かつ、1 本の回線で同時に多数の端末と多重通信ができる。

## 3. 端末装置のインターフェースに必要な新技術

端末装置と DDX とのインターフェースは、表 1. に示すように物理的条件と論理的条件とから成る。回線交換では論理的条件のうち呼制御手順のみが想定される。

これら DDX とのインターフェースの中で、X. 20、X. 20 bis、X. 21、X. 21 bis 及び X. 25 が新しい X インタフェースである。このうち X. 20

表 1. 端末装置と DDX とのインターフェース

端末種別	同期方式	物理的条件	論理的条件	
			呼制御手順	伝送制御手順
回線交換	調歩式	V	X. 20 bis	規定なし
		X	X. 20	
	同期式	V	X. 21 bis	
		X	X. 21	
パケット交換	同期式	V	UI コマンド/レス	ハイレベル手順 (HDLC)
		X	ボンス	
一般端末	調歩式	V	X. 20 bis	ペーシック手順 デリミタ
		X	X. 20	ペーシック手順 デリミタ
	同期式	V		X. 25
		X		

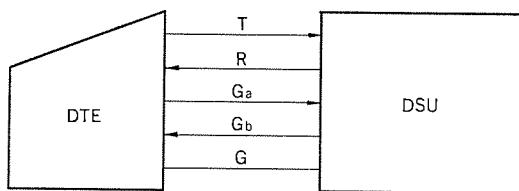
bis、X. 21 bis は、従来の V インタフェースの端末を接続するための規定で特に技術的問題はない。ここでは、主に回線交換サービスにおける X. 20、X. 21 インタフェースについてその説明と実現する上での課題を述べる。

### 3.1 X. 20 及び X. 21 インタフェース

X. 20 は調歩式、X. 21 は同期式のインターフェースで、物理的条件において 15 ピンコネクタ (DIS 4903) の使用と、電気的規格として不平衡複流回路の X. 26 (V. 10) 又は平衡複流回路の X. 27 (V. 11) の使用が規定されている。図 1. にそれぞれのインターフェースでの信号線の種類を示す。

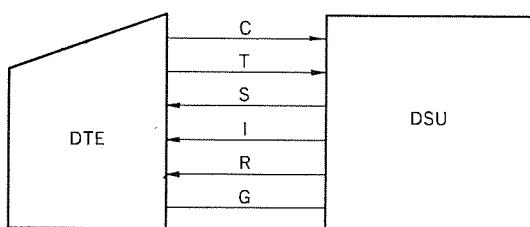
X. 20、X. 21 インタフェースの論理的条件は、接続動作を規定したもので、いわば電話のダイヤル操作に相当するものである。X. 21 の正常な発呼・着呼・及び復旧・切断のシーケンスを図 2. に示す。X. 21 のシーケンスでは、図 2. のように「発呼」、「着呼」、「復旧要求」、「切断」等の信号は T 線と C 線又は R 線と I 線のレベルの組合せで行われ、「選択信号送出可」、「選択信号」、「着呼」等の信号は、T 線と R 線での符号 (JIS 7 単位 + 奇数パリティ) により行われる。同様に X. 20 インタフェースのシーケンスも T 線と R 線のレベルと送受される符号 (JIS 7 単位 + 偶数パリティ) により行われる。このように、呼制御手順は R 線上に符号で送られてくる信号を解析しながら、T 線上に「選択信号」を符号で高速に送出する必要があり、端末に全 2 重の高速処理が要求される。

図 2. は、正常に回線が接続される場合のシーケンスであるが、接続できない場合、完了呼となる。X インタフェースでは、発呼して完了となった場合、その理由を示すサービス信号を送ってくる。表 2. にサービス信号の種類を示すが、端末はこの信号により網又は相



T : 送信  
R : 受信  
Ga : DTE共通帰線  
Gb : DCE共通帰線  
G : 信号用接地又は共通帰線

(a) 調歩式端末 インタフェース (X. 20)



C : コントロール  
T : 送信  
S : 信号エレメントタイミング  
I : インディケーション  
R : 受信  
G : 信号用接地又は共通帰線

(b) 同期式端末 インタフェース (X. 21)

図 1. X. 20, X. 21 インタフェースの信号線の種類

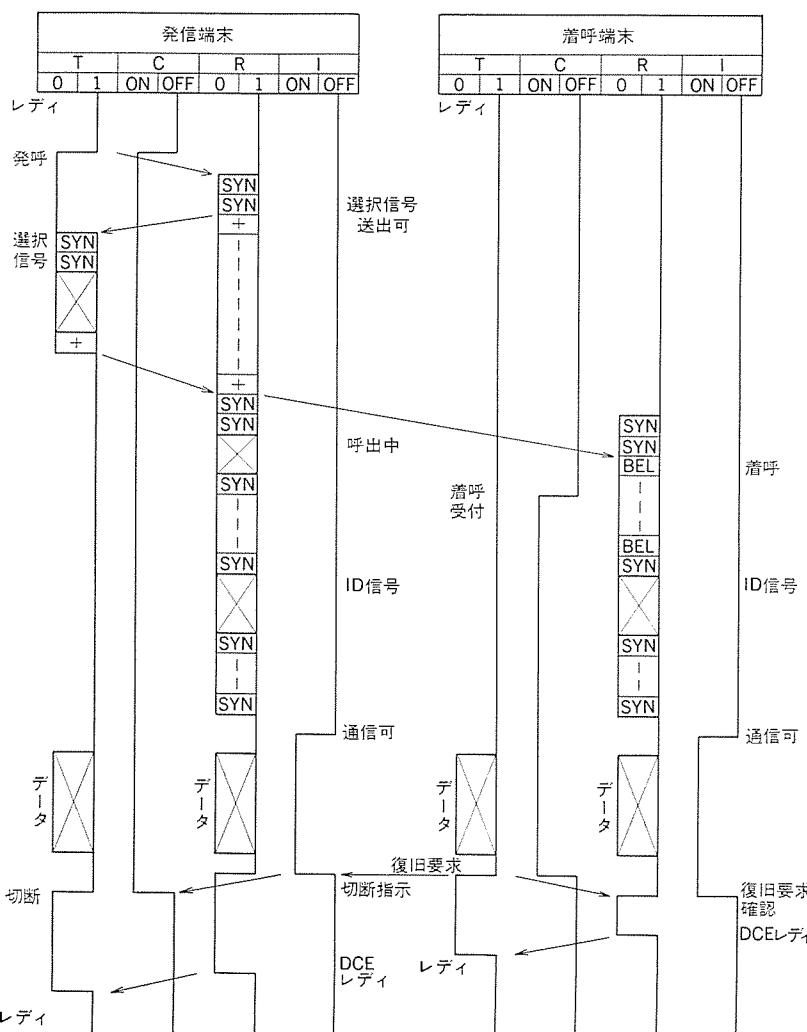


図 2. X. 21 インタフェースのタイムチャート

表 2. サービス信号の種類

分類	コード	ID信号の有無	サービス信号名
再呼可	21	○	加入者話中
	22	×	選択信号手順誤り
	23	×	選択信号伝送誤り
再呼不可	61	○	中継線ビジー
	41	○	接続規制
	42	○	番号変更
不可	43	○	欠番
	46	×	無効呼
	45	○	着信拒否
	46	○	接続不可
	71	○	対地規制

手端末の状態を知り、また再呼ができるか否かを判定する必要がある。

### 3. 2 X. 20 及び X. 21 インタフェース実現上の課題

Xインターフェースを実現するには、物理的条件を満足するとともに、論理的条件を実現するために以下に述べる機能が必要である。

まず、X. 20 インタフェースを実現するには、

(1) JIS 7 単位+偶数 パリティ 符号の調歩式送受信

(2) R 線の レベル変化の検出

(3) T 線を 0 及び 1 状態に保持できること

が必要で、次に X. 21 インタフェースを実現するには、

(4) SYN 符号により同期をとり、JIS 7 単位+奇数 パリティ 符号の送受信ができるこ (BASIC 手順)

(5) R 線と I 線の レベル変化の検出

(6) T 線を 0 と 1, C 線を ON と OFF に保持できること

が必要である。

Xインターフェースの論理的条件は、正常な発呼及び着呼のシーケンスのほかに不完了時のシーケンスや登録・解除のシーケンス及び各種タイマの規定などがある。

Xインターフェースを実際の端末に適用していくためには、このような論理的条件の試験方法を確立しておくことが必要であり、次のような項目があげられる。

(1) 正常な発着信及び復旧・切断のシーケンス

(2) 各種タイマの値とタイムアウト処理

(3) 不完了呼の場合のシーケンスとサービス信号の処理

(4) 閉域接続などの登録・解除シーケンス

(5) 網から異常な信号がきた場合の処理

### 4. X インタフェース通信制御装置

(C 7704)

3 章で、X. 20, X. 21 インタフェースの説明とその実現上の課題を述べたが、この章では、実際に Xインターフェースを有する通信制御装置を開発したので紹介する。この通信制御装置は、《MELCOM》 70 に接続して使用する。

#### 4.1 C7704 通信制御装置のハードウェア

C7704 通信制御装置の仕様を表 3. に、外観を図 3. に示す。計算機とのインターフェースがキャラクタ又はバイト単位に割込みを発生させてプログラムの処理を要求するタイプの通信制御装置である。1枚のカードに2回線分を収容し、調歩式と同期式で別のカードとしないために各回線ごとに調歩式と同期式の両方が可能である。また、同期式ではデータの転送において今後広く用いられるHDLC手順と、X.21インターフェースによる接続動作に必要なBASIC手順の両ができる機能を有し、プログラムにより切換えて使用できる。

C7704 通信制御装置の機能を表 4. に示す。これらの機能を図 4. のブロック図で実現している。調歩式信号の送受信と BASIC 及び HDLC 手順による送受信を行うために、それぞれ調歩式と同期式のトランシーバ LSI を使用している。X.20, X.21 インタフェースを実現するには、符号の送受信のほかにデータ線のレベルを検出する必要がある。この通信制御装置では、図 4. の R 線監視部及び R 線 I 線監視部によりデータ線の有意なレベル変化を検出し、割込みを発生するようになっている。1例として、X.20 インタフェースの R 線監視部の状態遷移図を図 5. に示す。この R 線監視部には、0 状態と 1 状態の2つの状態があり、R 線を周期的にサンプリングした値により状態が遷移する。0 状態では、R 線が 1 になると直ちに 1 状態に遷移するが、1 状態では、R 線が 0 となても 210 ms 以上連続しなければ 0 状態に遷移しない。遷移が生じた場合は、R 線に有意なレベル変化を検出したことを意味し、割込みを発生させてプログラムに通知する。また、X.21 の R 線 I 線監視部も R 線又は I 線が変化

し、15 ビット時間持続することを確認してレベル変化の割込みを発生するようになっている。このように、データ線のレベルの変化を検出するハードウェアが付加されている点が従来の V インタフェースの通信制御装置と異なっている。図 4. で T 線出力部と T 線 C 線出力部は、それぞれ X.20, X.21 インタフェースにおいて T 線を 0 又は 1, C 線を ON 又は OFF に制御する回路である。従来の V インタフェースでは、データ線をマークホールドにすればよかったのに対し、X インタフェースでは、0 と 1 のどちらにも保持できなければならない。図 4. の T 線 C 線出力部は、更に T 線に 1 と 0 の繰り返しを自動的に送出し、X.21 インタフェースにおける CNR 信号 (Controlled Not Ready) を送信する機能を有している。この CNR 信号は、端末が一時的に着呼を受けられないことを網に対して示す信号である。X.21 インタフェースでは、送受信クロックが網側から供給されるので内部クロックは不要であるが、C7704 通信制御装置では、折り返しによる自己試験を行うために内部クロックを有している。この通信制御装置において使用した IC 数は、カード全体で約 130 石で、1 回線について X.20 関係に約 5 石、X.21 関係に約 12 石の IC を使用している。

#### 4.2 C7704 通信制御装置のソフトウェア

C7704 通信制御装置のソフトウェアの構成図を図 6. に示す。通信制御装置からの割込処理を主とするドライバプログラム、X インタフェースによる発呼や着呼の受付を制御する X インタフェースハンドラプログラム、HDLC 手順を行う HDLC ハンドラプログラム、及び アプリケーションプログラムから構成される。

表 4. C7704 通信制御装置の機能

1. 直並列交換
2. オーバラン、アンダラン (同期モードのみ) 検出
3. HDLC 手順の機能
  - (ア) フラグ検出
  - (イ) O そう (挿) 入、削除
  - (ウ) アポート、アイドル検出
  - (エ) CRC 生成、検査
4. BASIC 手順の機能、同期符号の検出
5. X.20 インタフェース
  - (ア) R 線のレベル変化による割込み
  - (イ) T 線の制御
6. X.21 インタフェース
  - (ア) R 線 I 線のレベル変化による割込み
  - (イ) T 線、C 線の制御

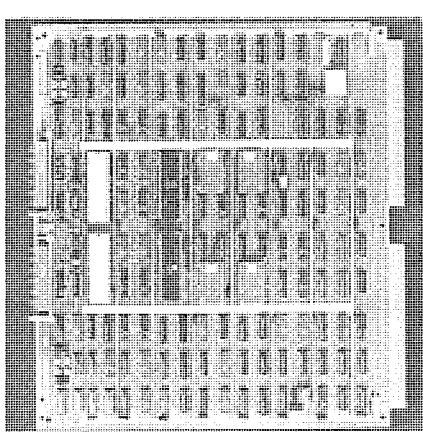


図 3. C7704 通信制御装置

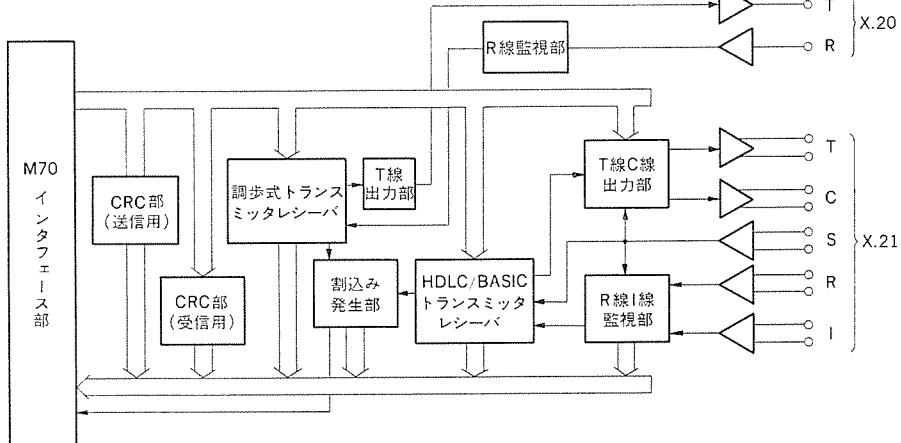


図 4. C7704 通信制御装置のブロック図

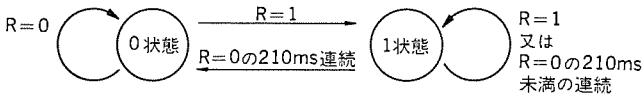


図 5. R 線監視部の状態遷移図

成され、これらは、リアルタイムモニタの下で動作する。Xインターフェースのシーケンスの大部分は、ドライバプログラムで行われている。ドライバプログラムの構成を図 7. に示す。ドライバプログラムは、送受信割込処理のほか、Xインターフェースハンドラプログラムからの内部割込処理、Xインターフェースの各種タイマのタイムアウト処理から成っている。各回線ごとのインターフェースの状態は、状態番号により表され、送受信割込処理は、回線の状態番号により分岐して処理が行われる。ドライバプログラムは、Xインターフェースハンドラプログラムより内部割込により動作を指令され、送受信割込やタイムアウトにより状態間を遷移してシーケンスを行い、動作が終了するとXインターフェースハンドラプログラムに結果を通知する。Xインターフェースハンドラプログラムは、ドライバの終了結果を分析処理するが、X.20、X.21インターフェースで重要なのは、発呼した後サービス信号を受信して完了となった場合のサービス信号の処理である。Xインターフェースハンドラプログラムは、サービス信号のコードにより、再呼できるかどうかを判断する。再呼できる場合は、サービス信号の内容に応じて再呼間隔を決定し、その時間を経過した後にドライバプログラムに発呼を指令する。このように、完了呼の場合にサービス信号により再呼の処理を行う必要のあるところが、Xインターフェースを実現する上での新しい点である。

これらXインターフェースハンドラプログラムとドライバプログラムを合わせて、X.21を実現するために約1.5kWを要している。Xインターフェースハンドラプログラムとドライバプログラム間の機能分担を最適化することにより、プログラム全体としてのステップ数を減少できる可能性がある。

#### 4.3 動作試験

以上述べたC7704通信制御装置を2,400bit/sの速度クラスで、後述のシミュレータ及び実回線に2回線接続し、Xインターフェースによる発呼や切断の試験を行った。発呼方法には、7けたの一般ダイヤルによる発呼、2けたの短縮ダイヤルによる発呼、選択信号のないダイレクトコールによる発呼があり、そのいずれの方法でも正しく発呼シーケンスが行われることを確認した。また、短縮ダイヤルの登録、閉域接続の登録・解除、着信拒否、完了呼時のシーケンス及びサービス信号の処理についても正しく行われることを確認した。

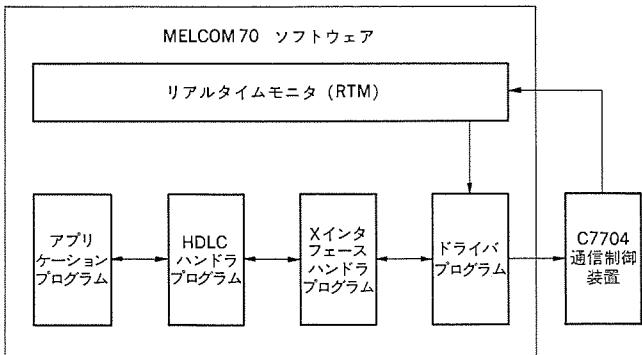


図 6. ソフトウェアの構成図

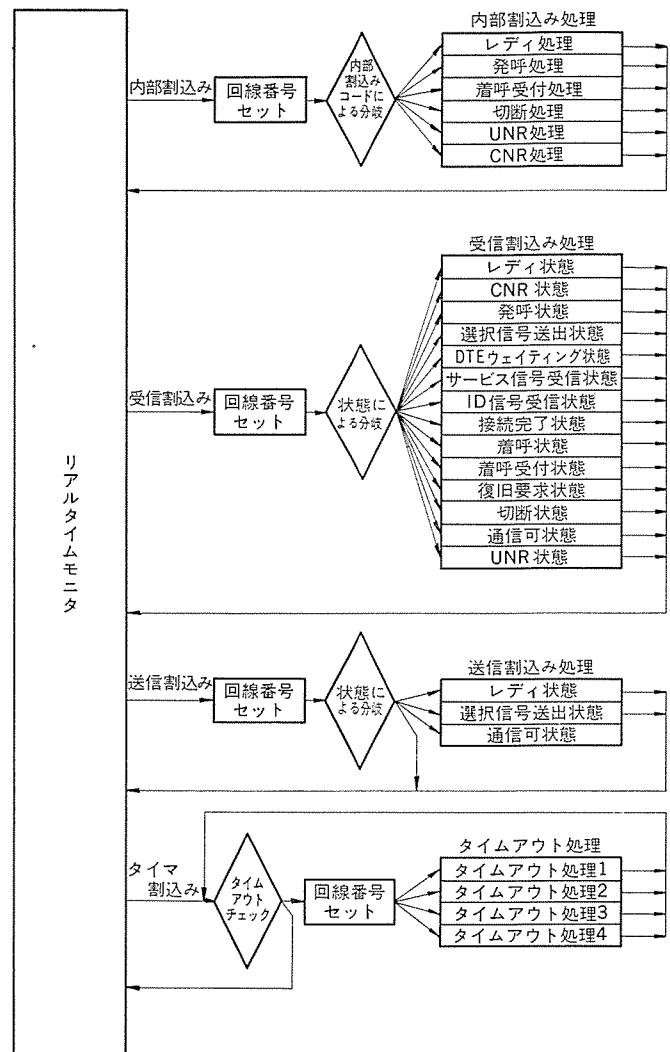


図 7. ドライバプログラムの構成図

## 5. DDX回線交換網Xインターフェースシミュレータ

### 5.1 基本概念

前章までで、DDXにおけるXインターフェースに関する実現上の課題、及びこのたび開発したC7704通信制御装置について述べた。これらの通信制御装置、端末の開発及び製品化において、Xインターフェースの試験用シミュレータが必要である。

本章で述べるDDX回線交換網Xインターフェースシミュレータ(以下DDXシミュレータと略す)は、DDXにおけるXインターフェース機能のシミュレーションを行い、端末を試験する目的で開発したものである。以下の内容を述べる。

### 5.2 シミュレータの構成

#### (1) ハードウェア

DDXシミュレータのハードウェア構成を図8.に示す。ハードウェアは、基本的に通信制御装置(C7704)、及び試作宅内回線終端装置(DSU)により構成する。

今回製作したDDXシミュレータが対象としている被試験端末は、以下の仕様を持つものである。

- ・インターフェース： X.21(同期式)
- ・伝送速度： 2,400bit/s

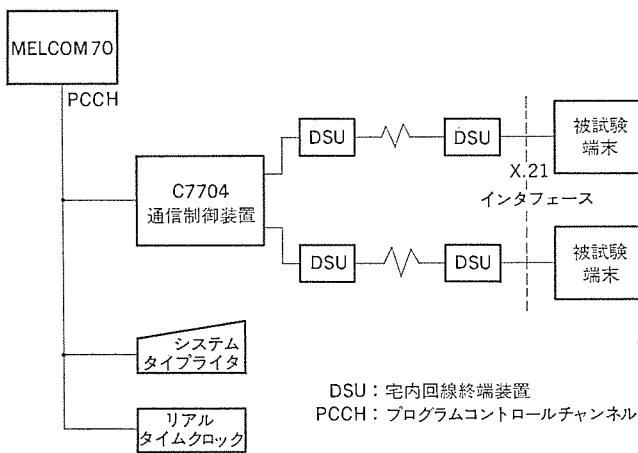


図 8. DDX シミュレータのシステム構成

・通信方式：全2重

#### (2) ソフトウェア

DDX シミュレータプログラムは、ハンドラ、ドライバの各部分より構成しており、『MELCOM』70・リアルタイムモニタの下で制御する。ハンドラは、リアルタイムモニタの下でタスクとして構成し、接続、復旧手順での各シーケンスの制御、端末の異常に対する異常終了処理を行う。ドライバは、ハンドラの制御に従い、X.21 インタフェースでの各信号の送受信を行う。

#### 5.3 シミュレータの特長

DDX シミュレータは、X.21 インタフェースにおける網側の信号シーケンスの処理を行うことを基本的機能としているが、更に次のような特長を持っている。

##### (1) 接続品質設定機能

交換網には、接続、復旧手順において、ダイヤル可遅延、自動接続遅延、呼復旧時間などの網内処理による遅延が存在し、接続品質が変わる。したがって DDX シミュレータでは、X.21 インタフェースの信号シーケンス中、網内処理の遅延が生じ得る箇所にパラメタを設定し、この値を任意に設定することにより、種々の接続品質をシミュレートしている。この設定箇所を表 5. に示す。

##### (2) 付加機能

DDX には表 1. に示す付加機能が備えられ、加入者の希望によりその機能を持たせることができる。そこで、DDX シミュレータにおいても同様の付加機能を備え、シミュレートできる。

##### (3) テスター機能

DDX シミュレータは、X.21 インタフェースに関するテストが行える機能を

表 5. パラメタ 設定箇所

接続品質項目	網の遅延設定箇所	備考
ダイヤル可遅延	「発呼」～「選択信号送出可」	
自動接続遅延	「+」～「着呼受付」 (選択信号終了) 「着呼受付」～「接続完了」 又は「ID」 「ID」～「接続完了」 「接続完了」～「通信可」	発呼側に対する遅延 「ID」(相手通知信号) は付加機能として設定 した場合
呼復旧時間	「復旧要求」～「復旧要求確認」 「復旧要求確認」～「DCE レディ」 「切断」～「DCE レディ」	「DCE レディ」=網側 レディ

持っている。X.21 インタフェースでの接続、復旧手順の信号シーケンスについて、正常、異常(手順誤り、制限時間オーバなど)、不完了呼などの各シーケンスを生成し、端末のこれに対する応答をテストできる。

#### 5.4 今後の課題

今回製作した DDX シミュレータは、DDX における X インタフェース機能のシミュレーションを行い、端末を試験することができる。今後は、ドライバ及び速度クラスの拡充、ソフトウェアのファームウェア化などを行い、DDX 回線交換網 X インタフェース テスターとして完成させる予定である。

#### 6. むすび

電電公社の新データ網(DDX)回線交換サービス開始に先立ち、新しい X インタフェースを有する各種新規端末及び通信制御装置を開発し、シミュレータ及び実回線での試験を行った。それらを通じて、X インタフェースを端末や計算機へ適用する際のハードウェア、ソフトウェアの技術を確立し、製品化が進展した。また、DDX 回線交換網の X インタフェースシミュレータが端末のインターフェース試験機として有効な道具であることがわかった。

今後は更にユーザーの多様な要求に対応する DDX のより有効な利用技術を検討し、システムとしての総合評価を行う。

#### 参考文献

- (1) 調査用資料：新データ網サービスのあらまし、日本電信電話公社(昭 53)
- (2) 調査用資料：回線交換サービスのインターフェース条件、日本電信電話公社(昭 52)
- (3) 電気通信協会編：データ交換の基礎知識(昭 53)

# 高速感熱ファクシミリ《MELFAS》510

満田 浩\*・畠部悦生\*・富田 悟\*・阿部正昭\*\*

## 1. まえがき

ファクシミリは、画像情報の優れた通信手段として注目され、ここ数年来急速に普及してきている。当社においては、昭和51年に高性能の超高速デジタルファクシミリ《MELFAS》300シリーズを、昭和52年に経済的な中速アナログファクシミリ《MELFAS》80シリーズを発売し、好評を博している。

ファクシミリに対する市場の要求としては、装置価格及び保守運用費の低減、伝送速度の高速化、鮮明な画質、操作の簡略化などがあげられるが、一方ファクシミリの利用技術の多様化、高度化とともに、他機種との交信性、多機能化、コンピュータとの接続の容易さなどのシステム適応性も重要視されてきている。

ここに紹介する新製品《MELFAS》510は、このような市場の要に基づいて開発したファクシミリで、感熱記録方式の経済性とデジタル伝送方式の高速性を合わせもつとともに、システム適応性にも優れた設計となっている。

## 2. 特長及び仕様

《MELFAS》510は、8本/mmという高解像度の感熱ヘッドを採用したデジタルファクシミリで、高速伝送、鮮明な画質、経済性を大きな特長とし、操作性、信頼性、多機能化などの面においても優れている。

以下に、このファクシミリの主な特長をまとめ、図1.に外観を、表1.に主な仕様を示す。

### (1) 高速性

- 感熱記録走査に適した画信号符号化方式の開発により、高速伝送が可能で、A4判の標準原稿を8ドット/mm×3.85ライン/mmの解像度において、約40秒で伝送できる。

### (2) 鮮明な画質

- 8ドット/mmという高解像度感熱ヘッドの採用とその温度制御方

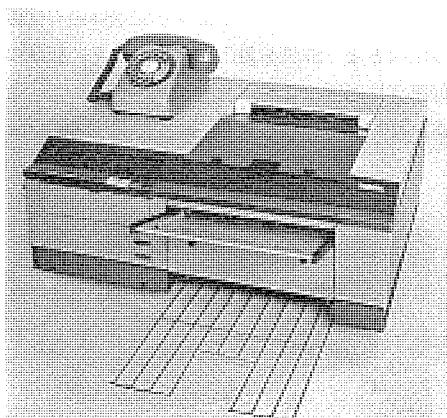


図1.《MELFAS》510の外観

表1.《MELFAS》510の主な仕様

項目	規格
機器構成	卓上送受兼用機
使用回線	加入電話回線及び2線式専用回線
送信原稿寸法	最大 222 mm
有効読取寸法	216 mm
読取方式	CCDによる固体平面走査方式
記録紙寸法	216 mm×100 m(ロール紙)
有効記録寸法	206 mm
記録方式	感熱ヘッドによる感熱記録方式
主走査線密度	8ドット/mm, 4ドット/mm 切替え
副走査線密度	7.7本/mm, 3.85本/mm 切替え
送信時間	約40秒, A4標準原稿 (4,800 bps, 8×3.85のとき)
帯域圧縮方式	予測分割符号化方式, MH符号化方式
符号伝送速度	4,800 bps, 2,400 bps
変調方式	8相位相変調, 4相位相変調 (CCITT V27/V26B)
外形寸法	250(H)×640(W)×500(D)mm
重量	約50 kg
消費電力	待機時 約50 VA 動作時 約300 VA
使用環境条件	温度 5~35°C 湿度 35~80% RH

式の開発により、鮮明で高品位の記録画が得られる。

- デジタル伝送方式であるため、アナログ伝送方式にみられるような伝送に原因する画質の劣化は生じない。

### (3) 経済性

- 感熱記録方式の採用により、装置価格が安く、保守運用費も少ないので。
- 伝送時間が短く、通信費が安い。
- 待機時には主電源をしゃ断し、電力低減を図っている。

### (4) 信頼性

- 原稿取りには、CCDイメージセンサが、記録には感熱ヘッドを使用した電子走査方式を採用しており、可動部分が少ない。
- 画信号処理や伝送制御に、ROMシーケンサ及びマイクロプロセッサを採用しており、部品数も少ない。

### (5) 操作性

- コンパクトな卓上形の送受兼用機である。
- 自動給紙機構により30枚までの原稿を自動的に送れる。
- オートカット機構により、記録紙は送信原稿長に合わせて自動的に切断される。

### (6) 多機能化

- ポーリング機能により、送信側の給紙台にあらかじめ設置しておいた原稿を、受信側からの制御信号によって、自動送信することができる。
- 電話予約機能により、送信中又は受信中に呼出しスイッチを押しておくと、送信終了後、通話打合せができる。

- ・呼出し機能により、送信側から自動受信状態になっている受信側の呼出しブザーを鳴らさせ、相手を呼び出すことができる。
- ・コピー機能により、原稿のコピーをとることができます。
- ・コンピュータとの接続に必要な、各種インターフェース端子を設けており、画像処理システムにおける入出力端末としての使用に、容易に適応できる。

#### (7) 相互通信

- ・当社の超高速機《MELFAS》330などと交信できるほか、国際通信モード（オプション）により将来の国際的ファクシミリ通信も可能である。

### 3. 装置の概要

《MELFAS》510 の装置構成を図 2. に示す。送信部を本体下部に、受信部を本体上部にまとめ、操作スイッチ類はすべて左上部の操作パネルにまとめている。原稿給紙台は前面上部に、原稿トレイは前面下部に配置し、受信記録紙排出部を本体上部に設けている。

次に、伝送動作の概要を説明する。まず、原稿を給紙台にそう（挿）入すると、原稿は自動的に読み取り位置まで搬送され、停止する。次に、解像度、送信モードなどを選択し、受信側をダイヤルして呼び出すと、最初に伝送制御手順に基づく制御信号のやりとりを行い、その後原稿の読み取りを開始する。

原稿面の情報は、CCDイメージセンサによって光電変換され、增幅、補正などの処理を行った後2値信号に変換される。この2値信号は符号化部へ転送されて符号化され、変調器、NCU を経て電話回線へ送り出される。

受信側では、伝送されてきた符号化信号を復号化した後、記録を行う。このとき、1ラインごとに原稿の白地部分がスキップして、記録時間が短縮される。

伝送が終了すると、受信記録紙は、オートカッタにより送信原稿と同じ長さに切断され、記録面が上向きの状態で本体右上部に排出される。

### 4. 各部の構成と動作

#### 4.1 原稿読取部

原稿読取部は、ステッピングモータによる間欠原稿搬送系、2本の屈光色けい光灯を用いた原稿照明系、小型レンズとCCDイメージセンサによる光学系、及び読み取り信号処理回路より構成する。

CCDイメージセンサの画素数は1,728ビットであり、A4判の原稿の短辺を8ドット/mmの解像度で読み取ることができる。読み取られた光電変換信号は、まず、ヘッドアンプで増幅されたあと、レンズとけい光灯に起因するシェーディングひずみが補正される。次に、けい光灯の明るさの変動に起因する信号レベルの変動が、AGC回路により補正され、CCDイメージセンサのアーチャ効果やレンズのために生ずる解像度の劣化が、アーチャ補正回路により改善される。光電変換信号は、このような補正をしてから2値信号に変換されるが、この時、ATL C (Automatic Threshold Level Control)回路により最適のしきい値が設定され、青焼き原稿やコントラストの低い原稿に対しても良好な読み取りが行われる。

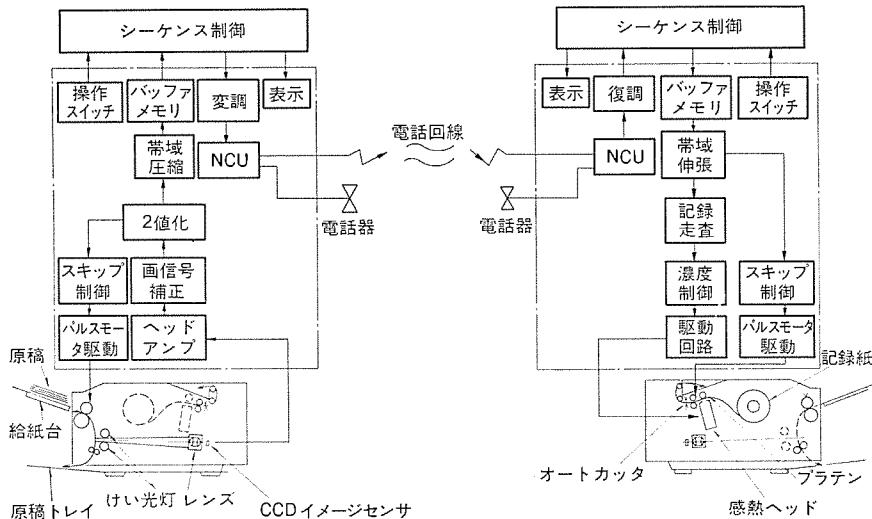


図 2. 《MELFAS》510 の装置構成図

2値化された読み取り信号は、ラインメモリに一時記憶され、符号化部の要求に従ってその内容を読み出す。また、この読み出しと同期して、原稿の搬送がステッピングモータにより行われる。このとき、原稿の行間など全白のラインに対しては原稿を早送りするスキップ走査が行われ、伝送時間が短縮される。

#### 4.2 記録部

記録部は、感熱ヘッドとその駆動回路、記録制御回路、及び感熱紙搬送系から構成している。

##### (1) 感熱ヘッド

感熱ヘッドは、図3.に示す形状のもので、ドット密度は8ドット/mm、総ドット数は1,648である。この感熱ヘッドには、ダイオード・マトリクス回路、128ドット分のシリアルパラレル変換回路及び同数個のスイッチ回路を内蔵し、また、ブロック選択回路をユニット化してヘッドケースに着脱できるように構成している。したがって、この感熱ヘッドは、同時に通電できるドット数が非常に多いにもかかわらず、数本の信号線と電源を接続するだけで駆動できる。更に、この感熱ヘッドは熱効率が非常に良好であり、128ドットを同時に通電するときでも消費電力は少なく、電源の負担を軽減している。

##### (2) 記録制御回路

《MELFAS》510では、白地スキップと画信号の帯域圧縮処理により高速伝送を実現しているが、このため原稿の内容によりラインごとの記録周期が変動する。一方、感熱記録における記録濃度は感熱ヘッドの発熱温度によりきまり、このような記録周期の変動は濃度むらやにじみの原因となり画質を劣化させる。また、装置の周囲温度の変動も記録濃度に影響する。

《MELFAS》510では、新しく開発したPQC (Picture Quality Control) ユニット

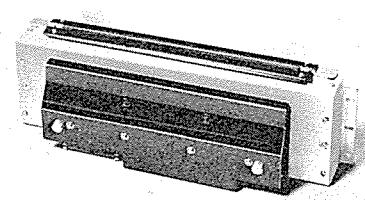


図 3. 感熱ヘッドとその駆動ユニット

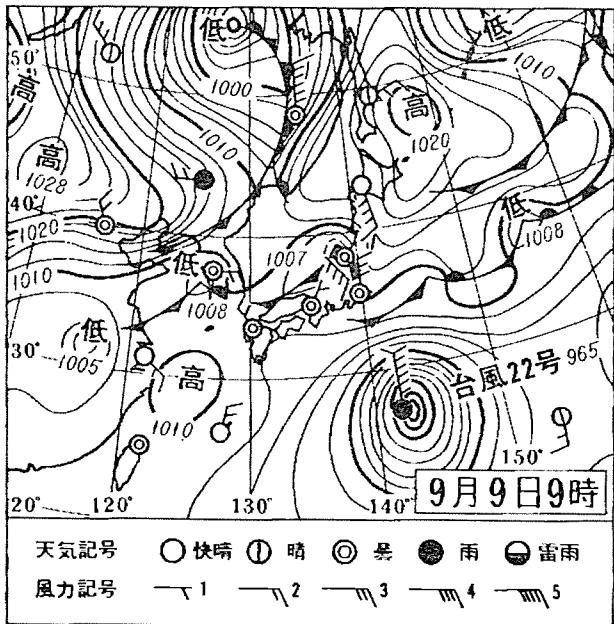


図 4. 受信画例

Control) 回路により、記録周期や周囲温度が変動しても記録濃度が一定になるように、感熱ヘッドの発熱温度を制御している。そのため、周囲温度の変動や原稿の内容にかかわらず、常に鮮明な記録画が得られる。図 4. に、《MELFAS》510 の受信画の 1 例を示す。

また、感熱ヘッドに供給する電力量は、保護回路により常時監視されており、万一異常が、電源回路、感熱ヘッド駆動回路、画信号処理回路などに生じた場合には、通電が自動的に停止し、感熱ヘッドの焼損を未然に防止する。

### (3) 感熱紙搬送系

感熱紙の搬送にはステッピングモータを採用し、精度の高い間欠搬送を行うが、全白ラインに対しても早送りを行い、記録時間を短縮する。受信紙を自動的に切断するオートカット機構には、ロータリカッタを採用しているため、切断時に感熱紙を停止させる必要がなく、切断時の動作音も非常に小さい。また、コンパクトな薄形感熱ヘッドの採用により、カッタを感熱ヘッドに近接して配置することができ、自動切断のときに生ずるむだ紙は、従来の感熱記録装置に比べて非常に少なくなっている。本体上部には、記録紙の残量を示すインジケータを設けている。

### 4.3 画信号処理部

#### (1) 感熱記録に適した画信号処理

画信号処理部では、伝送時間を短縮するために次の 2 つの処理を行う。1 つは、原稿の白地部分のスキップ処理であり、他の 1 つは、送信側と受信側の処理時間の調整である。

スキップ処理では、1 ラインの画信号から原稿の白地部分に相当する信号が除去され、記録部へ転送される。この処理により、すべての画素を記録する場合に比べ

て、記録回数は CCITT 標準原稿 8 枚の平均で約 1/3 に減少し、記録時間を大幅に短縮する。

送信側と受信側の処理時間の調整は、図 5. に示す方法で行う。送信側で原稿読み取り部から転送される 1 ライン分の画信号の符号化時間は、受信側での復号化及び記録時間に比べて短いことが多い。したがって、送信側で次々と画信号の符号化を行い、符号が送出された場合には、受信側にどんどん符号がたまってバッファメモリがオーバーフローし、情報が失われてしまう。そこで、あらかじめ各ラインの画信号の内容を調べ、受信側の記録処理に必要な時間を測定して、符号化時間が記録時間に一致するように待機する。この待機により、送信側と受信側の処理時間を調整し、記憶容量の小さいバッファメモリを使った場合でも、高い効率で符号伝送が行える。

なお、これら 2 つの信号処理はマイクロプロセッサによって行い、回路部品数の削減と信頼性の向上を図っている。

#### (2) 帯域圧縮

《MELFAS》510 では、高速伝送を実現するための帯域圧縮方式として、予測分割符号化方式と MH 符号化方式とを採用している。予測分割符号化方式は、2 次元逐次符号化方式の 1 種で、非常に効率の良い方式として知られている。また、この方式は、《MELFAS》330 など当社の超高速ファクシミリにも採用しているので、《MELFAS》S 510 は、これらの機種との交信も可能である。一方 MH 符号化方式は、国際標準化が予定されている方式であり、《MELFAS》510 は、将来の国際的なファクシミリ通信にも適応できる。

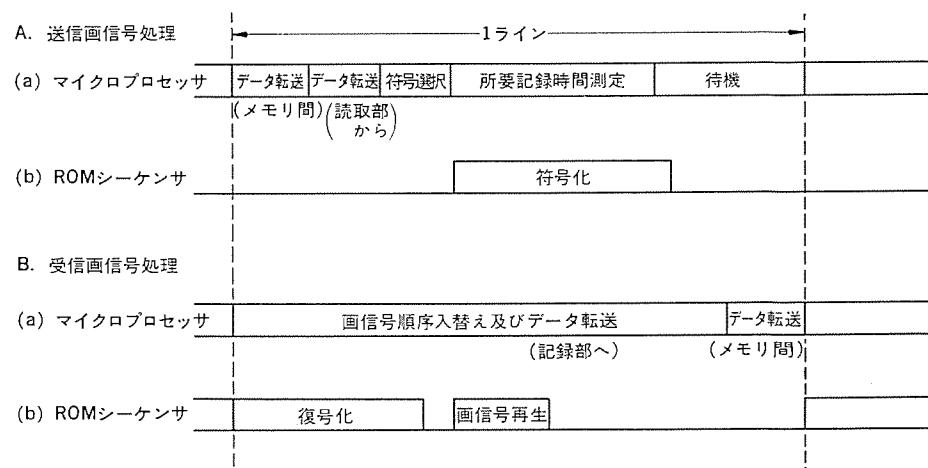


図 5. 送信側と受信側の処理時間調整

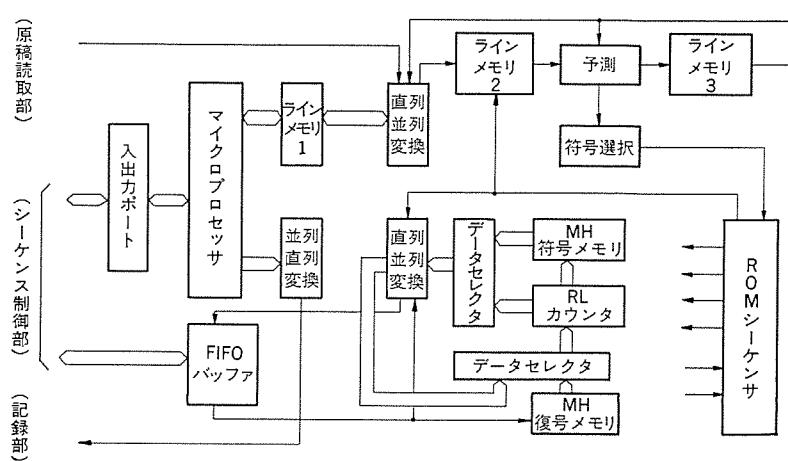


図 6. 帯域圧縮回路のブロック構成図

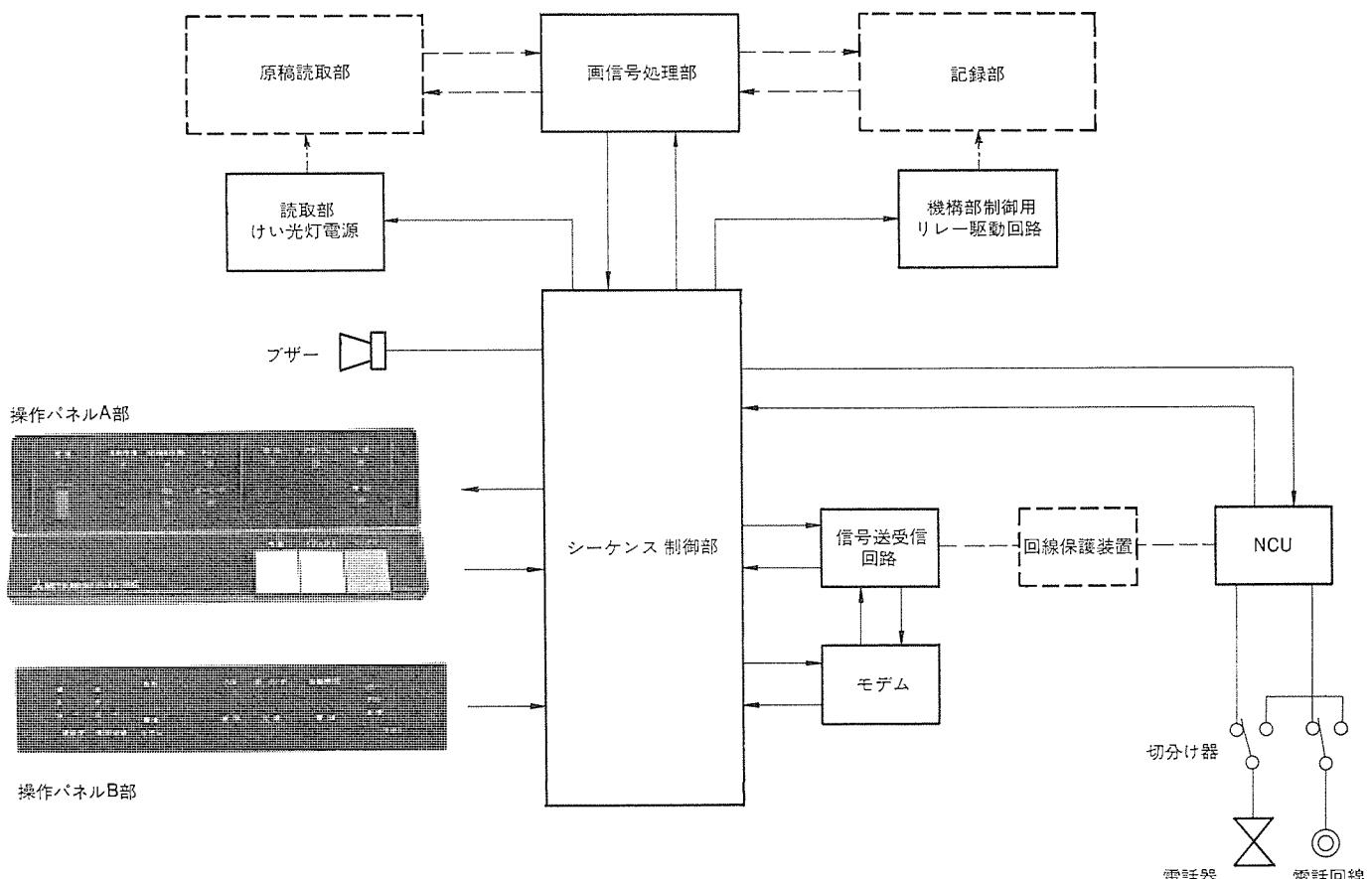


図 7. シーケンス 制御部と装置各部との接続図

帯域圧縮回路のブロック構成を、図 6. に示すが、上記 2 つの方式における符号化と復号化の両機能が、同一の回路を共用することにより実現している。また、マイクロプロセッサと ROM シーケンサを採用し、極力プログラムを論理化しているため、ハードウェアの量が非常に少なく、装置の信頼性が一段と向上している。

マイクロプロセッサでは、符号化と復号化の大まかな制御を行う。例えば、送信動作と受信動作の切換え、交信相手機種や解像度に対する符号化方式の適応、ROM シーケンサへの動作指令などである。一方 ROM シーケンサでは、カウンタやメモリなどの回路構成要素のきめ細かな制御によって符号生成と画信号再生を行う。

### (3) シーケンス 制御部

シーケンス 制御部は、装置全体の動作を制御する部分で、マイクロプロセッサを中心構成している。また、この部分も、送信時及び受信時に必要な制御が同一の回路を共用して行うので、回路構成が簡単になっている。

図 7. にシーケンス 制御部と装置各部との接続を示す。また、シーケンス 制御部の主な機能を次にあげる。

伝送開始時の機能は、原稿挿入の検知、操作パネルにおけるスイッチの状態確認、符号化方式、モード速度、解像度などの伝送モードの決定、回線の接続、送信側及び受信側の指定伝送モードへの設定とそのランプ表示である。

伝送中の機能は、紙搬送やオートカットなどの機構部の制御、所定の伝送制御手順による符号伝送、バッファメモリ、記録紙の有無、回線の状態の監視である。

伝送終了時の機能は、伝送終了の確認、主電源のしゃ断、待機状態への移行である。

この外、自動受信機能、ポーリング機能、電話予約機能、呼出し機能、コピー機能、テスト機能における動作制御もシーケンス 制御部で行っており、《MELFAS》510 を便利で融通性のある装置とするのに、大いに役立っている。

## 5. む す び

感熱記録方式を採用した高速高解像度のデジタルファクシミリ、《MELFAS》510 について、その特長と概要を説明した。

ファクシミリは、今や電話やテレックスと同様に企業活動にとって不可欠なものとなりつつある。また、その利用形態も、従来の送り手と受け手による 1 対 1 の文書の伝送から、ネットワークシステム化へと進み、更にはコンピュータの入出力機器としての応用も考えられており、これからオフィスオートメーションにおいて重要な役割を果たすものと期待される。

高性能、多機能でしかも経済的な《MELFAS》510 は、このような時代の要請にこたえるものである。

今後 ファクシミリは、画像通信分野、画像処理分野を中心にますます発展していくものと考えられるが、更に充実した性能、機能をもつファクシミリの開発を進めていく所存である。

最後に、このファクシミリの開発にあたり、多くのご支援、ご協力をいただいた社内外の関係各位に、深く感謝の意を表する。

# 縫製工程におけるマテハン自動化システム

小川 成夫\*・尾崎 博規\*\*・森田 稔\*\*\*・米沢 康夫<sup>+</sup>

## 1. まえがき

衣料産業の製造工程である縫製工程は、労働集約形作業で構成されているため合理化・省力化が長年の課題とされてきた。この縫製工程は、例えば機械工業における組立作業に相当する工程であるが、製品のファッション化・多様化に対応して多品種少量生産が要求されること、ハンドリング対象が布という柔軟な素材であることなどの理由で自動化が遅れ、生産設備に対する投資は他産業に比較して少ない。しかし、最近の人工費増加によるコストパッケージ、円高による輸出の減少、我が国の市場における海外製品の増加などのため縫製工程の生産性向上が急務となってきた。

このような状況下で、中小企業振興事業団によって「パート縫製マテハンシステム化技術開発」をテーマとする研究開発が行われた。これは昭和50年度から4か年計画で進められ、国・公立試験研究機関、民間企業・団体が参加して縫製工程に効率的なマテハンシステム化技術

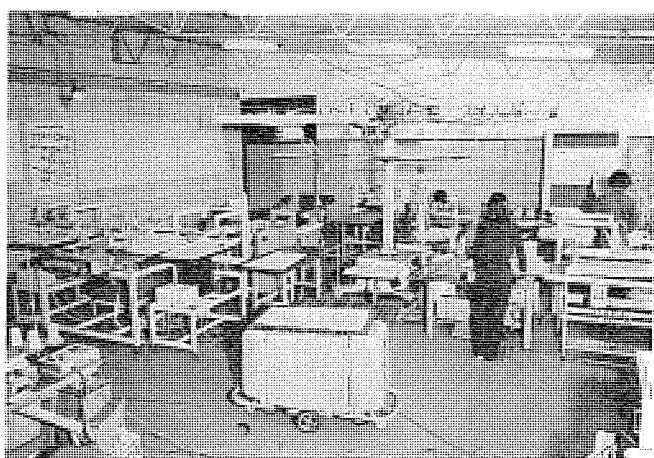


図 1. 大物 モジュールライン



図 2. 小物 モジュールライン

の開発を行い、ミシンか(稼)働率を従来の3倍にすることを目指したものである。

縫製工程における作業者はミシン、プレス、アイロン台等で作業を行っているが、これらの作業におけるマテハン動作を分析すると、布地を1枚ずつ分離し、移動し、放す「前動作」、ミシン、プレスなどで行う「主動動作」、取り出し、積上げる「後動作」、次工程に搬送する「移送動作」に区分される。この研究では、それぞれの動作区分で必要なモジュールを参加企業が分担して開発した。開発された各モジュールを使用して編成された実規模モジュールライン(図1., 図2.)による運転研究の結果、所期の成果を得ることができた。三菱電機(株)は後動作モジュール、移送モジュールの開発を担当したが、本稿では移送用モジュールを中心に紹介する。

## 2. 縫製業界の現況

### 2.1 縫製工程

我が国の衣料産業において縫製加工を行う事業所数は51,000社とも言われており、業種の範囲も紳士服、婦人服、子供服、ニットウェアなど極めて広い。それぞれの業種間で差異はあるが、平面的な布地類をデザイン、体型、サイズに応じて裁断し、裁断された布地でえり、カフスなどのパートを製作し、これらのパートを更に組合せて加工途中で「いせ込み」、「ダーツ縫い」などの技術によって立体的な製品に仕上げることが共通点である。

一般的な縫製工場を図3.に示すが、従来は、この写真のように工程に応じて縫製機器を直線状に配置し、投入される加工素材を順次流していくことを基本としたレイアウトが多い。しかし、衣料産業はファッション化傾向が強く、特に婦人服、ヤング物などに顕著な個性化、多様化の要求に答えるためには、ロットごとの製作数が少なくなり、加工内容や工程がその都度異なる多品種少量生産となる。このような場合、作業者ごとの作業量を均一化するため、縫製工程、タクツタイムの異なる数品種を混合して流すことが多く、従来のよう



図 3. 縫製工場における作業状況

\* 工業技術院 \*\* 三菱電機(株)生産技術研究所  
\*\*\* 同名古屋製作所 + 同本社

にレイアウトに従って加工対象物を順次流すことは難しくなってきた。

最近は自動化された縫製機器も次第に使用されつつあるが、高額の自動機の稼働率を高めるため重複して使用する工程とすることも多く、縫製工程におけるレイアウト、パートの流れは複雑化しつつある。

## 2.2 縫製機器及び周辺機器

縫製工場では主動作用として各種の機器類が使用され、工業用ミシンに限定しても、一般に多用されている平ベッド形直線縫いミシン以外に非常に多くの機種がある。これらのミシンも省力化、脱技能化を目的に自動化が進められ、三菱電機においても自動糸切りミシン、多工程針数プログラム縫いミシン、カフスシーマなどを開発し好評を得ている。しかし、複雑な加工は依然として人手に依存する面が多く、従来より加工の難しいデザインあるいは素材も出現しつつある。このため、研究対象は主動作用技術あるいは機器に集中し、前動作、後動作、移送動作を行う周辺機器の開発は遅れている。

ミシンの稼働率は対象品種、工程によって異なるが、現実には20%程度にしか過ぎないとと言われ、残りの80%は前動作、後動作、移送動作などの付随作業が占める。この付随作業であるマテハン動作を合理化すればミシン稼働率の大幅な向上が期待できる。

## 3. 開発された新縫製ライン

### 3.1 基本的な考え方

縫製業界では業種の範囲が広く、開発されるマテハンシステム化技術は多様な生地、パターン、作業工程などに適用できることが不可欠となる。着手に際しては、マテハン動作を調査分析し、基本となる動作機能に分類し、これを機器の単位とするモジュール群を開発した。これらのモジュール群から対象製品に応じた縫製工程に必要なモジュールを選択して使用し、縫製ラインを形成するようにシステム設計されている。基本的には、機能を単位とするモジュールの選択で各種マテハン動

作に対応できるが、そのサイズに大物・中物・小物用の3種を設けて組合せの容易化を考慮している。

### 3.2 実規模モジュールライン

研究開発の最終年度には、これまで開発されたモジュールを配置して実規模モジュールラインを編成し、特に多品種少量生産である婦人服ワンピースのパート縫製を行う運転実験を行った。図4、図5はそれ

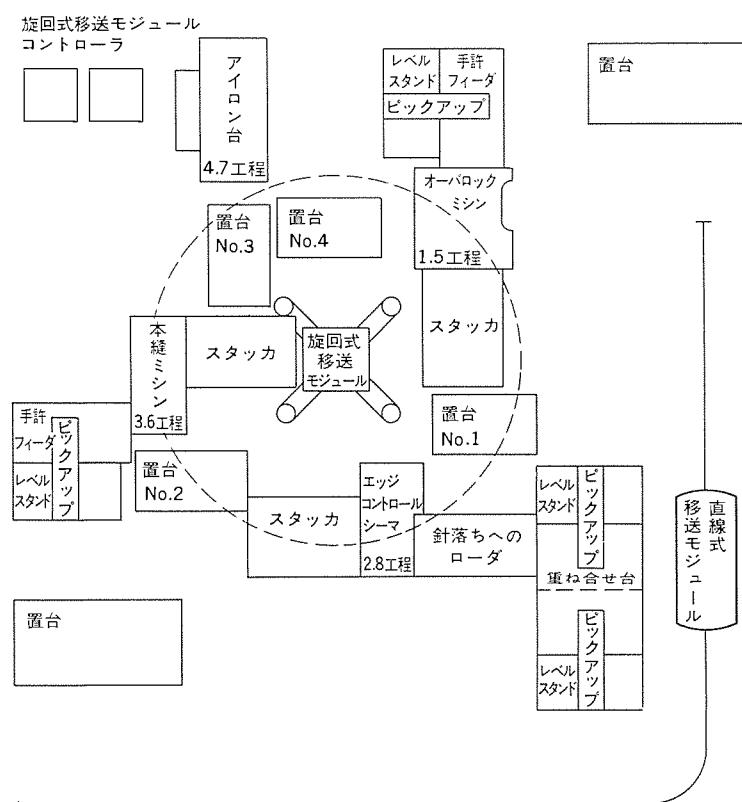


図4. 大物 モジュールライン レイアウト

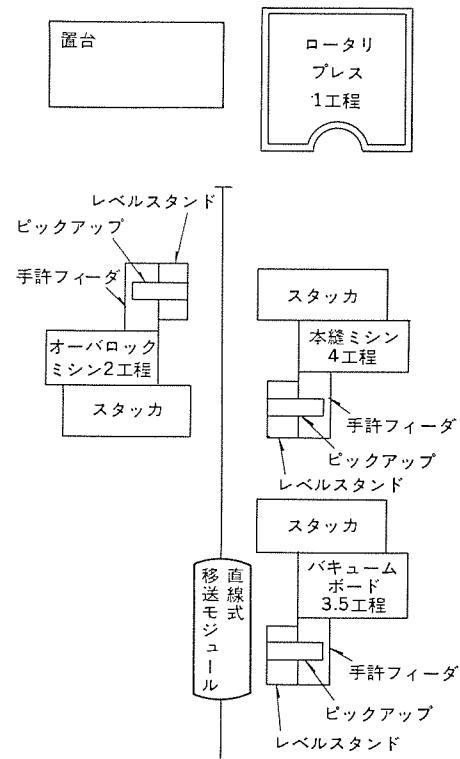


図5. 小物 モジュールライン レイアウト

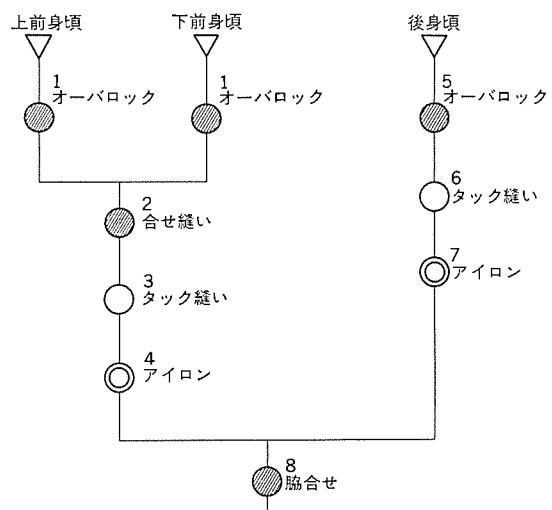


図6. 身頃の縫製工程

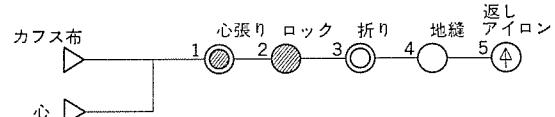


図7. カフス の縫製工程

それ、身頃の縫製を行う大物用実規模 モジュールラインのレイアウト、カフスの縫製を行う小物用実規模 モジュールラインのレイアウトである。身頃及びカフスの縫製工程をそれぞれ図 6.、図 7. に示す。

#### 4. 移送用モジュール

前述のように複雑化するパーツの流れ、レイアウトに対処し得る新方式の移送システム実現のため、それぞれ異なる機能を備えた次の 2 つの移送モジュールを考えた。

##### (1) 近距離複雑移送用モジュール

大きさなどの異なる各種縫製機器（工程ステーション）が複雑に配置されても、比較的近い距離であれば自由な順序でパーツの移送を行えるモジュール。

##### (2) 直線移送用モジュール

上記モジュールの動作範囲を 1 つのブロックと考えれば、ブロックが複数となるとき各ブロック間、あるいは他の作業場との間でパーツ、材料の移送を行うモジュール。

縫製工場の規模が大きくなても、これら 2 種類のモジュールを併用すれば対応できる。

#### 4.1 旋回式移送モジュール

前記(1)のモジュールであり、図 4. のレイアウト、工程では、各工程ステーションに対応した置台 1 ~ 4 の間にパーツ移送を行う。置台の上に下降し停止したフックに作業者がパーツを載せたパレットを積込むと、自動的に吊り上げて作業場の上部空間を搬送し、次の置台に送るものである。装置の構成を図 8. に、主なる仕様を表 1. に示し、概要を説明する。なお、図 8. では、簡略化のためミシンや置台は 1 台だけ描いてある。

##### (1) 主柱及び主柱回転機構

上部で支腕を支える主柱は、下部の主柱回転機構によって回転する。主柱は中空で、上部にある各種機器の駆動・制御用ケーブル、検出器からの信号用ケーブルを収容している。

##### (2) 支腕

主柱上部から半径方向に張り出し、台車の走行機構をとう（搭）載している。今回は 4 本の支腕を設けたが、最大 8 本まで増設可能である。

##### (3) 台車

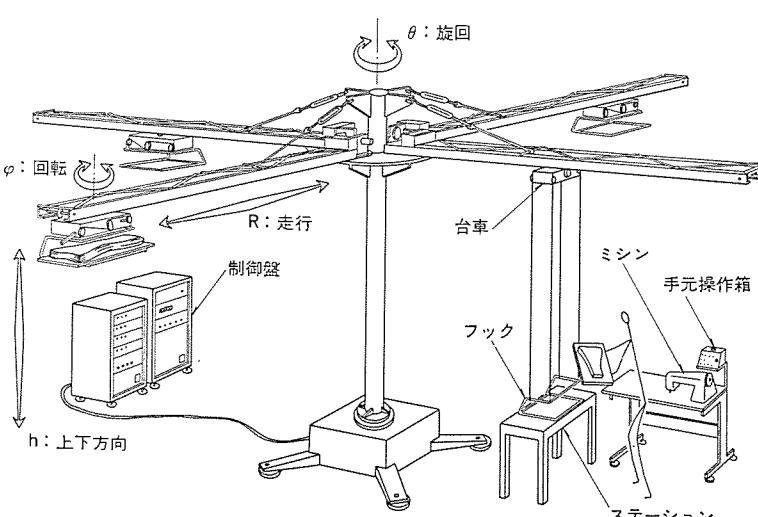


図 8. 旋回式移送モジュール

表 1. 旋回式移送モジュール仕様

設置寸法	直径 4,500 × 高さ 2,700 mm 脚部 1,200mm□、頭部 650 mm□
モジュール本体 占有床面積	幅 545 × 奥行 620 × 高さ 1,395 mm 〃 545 × 〃 620 × 〃 1,195 mm
主制御盤 ドライブユニット	
動作範囲	360 deg 旋回: $\theta$ 走行: R 回転: $\phi$ 昇降: h
動作速度	360 deg 最小 600 mm～最大 1,800 mm 360 deg 昇降: h
旋回: $\theta$	15 deg/s
走行: R	300 mm/s
回転: $\phi$	60 deg/s
昇降: h	350 mm/s
積載重量	10 kg/支腕
支腕数	4 (最大 8)
ステーション数	8
使用電源	AC 100 V, AC 200 V 3φ
装置重量	約 800 kg
使用マikon	M-58710 S
メモリ容量	ROM 5 K バイト, RAM 256 バイト, B-RAM 256 バイト

支腕に設けた走行機構によって支腕上を水平方向に走行し、内蔵する台車回転機構によって回転できる。また、フック上下のための巻取機構を内蔵する。

##### (4) フック

台車より 4 本のワイヤロープで吊下げられ、パーツを載せたパレットを積み上下動作を行う。このフックは置台の上に下降して停止するが、到着時にワイヤロープの張力減少を検知してモータ回転を停止するため、各置台の高さが異なっても正確に停止させることができる。

##### (5) 手元操作箱

各作業者あるいは各工程ステーションごとに配置され、各作業者は、これを操作して発送のための呼出しを行い、前面パネルのランプ、ブザーによって前工程からのパーツ到着を知ることができる。各手元操作箱では、デジタルスイッチによって 4 種類まで加工品種に応じた行先をあらかじめ記憶させられるため、多品種が混合して流れるときにも作業者は品種ボタンを押すだけで、自動的に所要の行先へ移送できる。作業者が席を離れる場合、あるいは、到着パーツの受け入れが困難な状態にあるときにパーツの受け入れを拒否するスイッチがあり、この状態は前工程にランプ表示で知らされるため、前工程の作業者はどの品種から加工すべきか判断することができる。

##### (6) 制御盤

三菱電機の M-58710 S (インテル 8080 A 相当) 使用のマイクロコンピュータを内蔵し、最大 8 か所までの工程ステーションに配置される手元操作箱を介しての各作業者の要求、装置各部の状態などを記憶し、最短距離にある支腕の選択、回転方向、角度等の演算を行い各部の動作を制御する。モジュールは制御盤前面の手動操作スイッチによって自由に動作させることも可能であり、1 つのフックがある置台の上に停止させて、内蔵しているエンコーダで検出されている現在位置及び置台番号を記憶させるティーチングも容易である。マイクロコンピュータで制御される動作のフローを図 9. に示す。

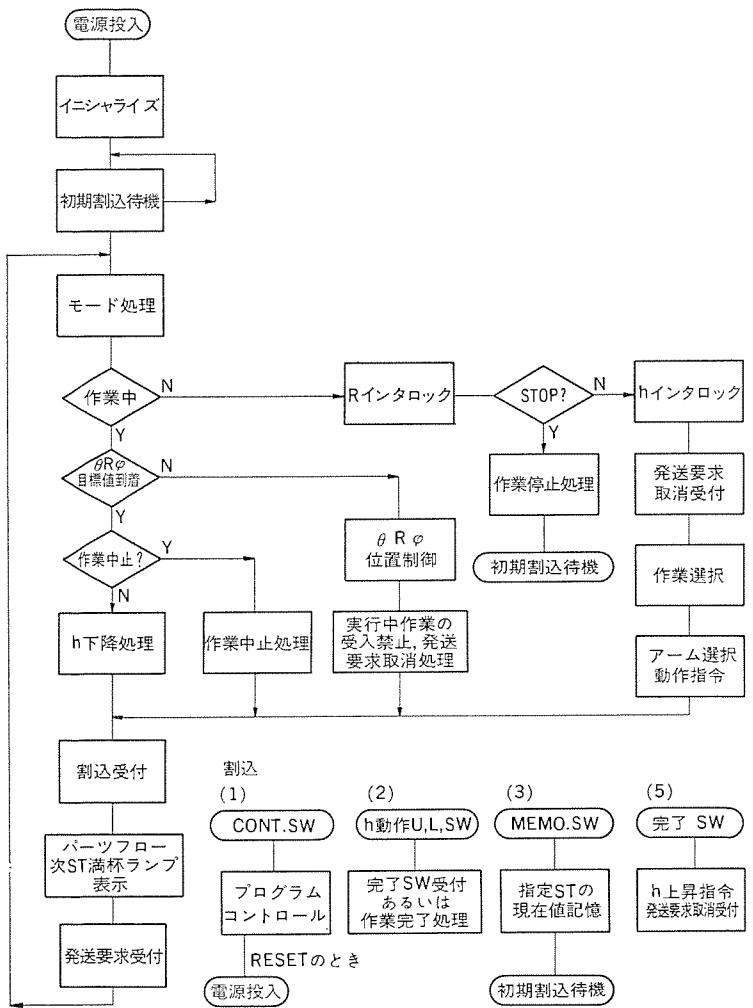


図 9. 旋回式移送モジュールのプログラム構成

表 2. 直線式移送モジュール仕様

台車寸法	長さ 1,200×幅 600×高さ 740 mm
走行速度	平均 4 km/h
最小回転半径	約 1 m
走行範囲	20 m 以下
ステーション数	最大 6
連続走行可能時間	5 h
障害感知方式	超音波式、接触式、並用
電源	地上制御側 AC 100 V 台車 DC 12 V
台車重量	約 80 kg

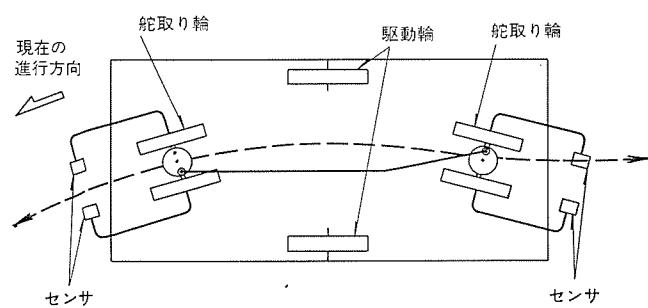


図 10. 直線式移送モジュールの車輪配置

### (7) ドライブユニット

《ダイヤロール》《ファインストップ》(商品名)などのモータ変速回路、各種動作の駆動用電源などをまとめて収容している。このような方式を採用するに至ったのは、図 4. のようなレイアウトで、しかもファッショナ化に対応した多品種少量生産で数品種混合してパーツが流され、標準化、固定化の難しい工程に対処するためには、バッファ機能、バイパス機能が必要となったためである。

従来多用されているコンベヤシステムにバッファ、バイパス機能を組む場合には、立体交差、バッファ路線、分岐等が必要となるため占有床面積が大きく構造も複雑となり、しかも、工程、レイアウト変更への対処も容易ではない。

この方式は、従来未利用の空間を利用することに着目し、中間に介在する工程を越えてパーツを移送することによってバイパス機能を、また同一機能を有する4本の支腕を設けて選択使用し、3本の支腕にまでパーツを積んだままで他の支腕が移送動作を続けて工程間タクタイムの一時的アンバランスを吸収するバッファ機能を付与するものである。更に、空間利用によって占有床面積が少ないとこと、装置の有する各種動作機能によって床面に高密度で複雑に各種機器が配置されたレイアウトでも支障はなく、既設縫製工場への導入に際しての制約が少ないこと、マイクロコンピュータの利用によりレイアウト、工程変更時の動作変更にもティーチングの容易さのため短時間で対処できることを特長とする。

### 4.2 直線式移送モジュール

前記(2)の直線移送用モジュールで、図 4. 中央手前に外観を示す。床面に敷設された誘導電線からの誘導電波を受けてかじ(舵)取りを行なながら定められた軌跡を前後進しパーツを移送する台車であり、主な仕様を、表 2. に示し、概要を説明する。

#### (1) 台車

軽量形鋼で形成し各機構を取付けているものであるが、中央部はパーツを載せ上下するレベル台を収めるためおう(凹)形になっている。前後部カバーは半径で回動するとき周辺にある機器、あるいは作業者に接触しないように曲線状となっている。

#### (2) 車輪配置

台車が前進、後進するときに同一の軌跡を描くように前後に舵取り輪を、中央に駆動輪を配置し図 10. に車輪配置を示すような変則四輪車とした。前後の舵取り輪は運動し左右に動く。

#### (3) 駆動輪

1 対のゴム車輪の車軸はパンタグラフ形緩衝装置を介して支持され、床面に凹と凸(凸)があっても安定した走行が可能である。差動歯車付直流モータによって駆動され、電源としてバッテリを搭載している。

#### (4) 舵取り

図 10. のように取付けられたセンサは誘導電線からの信号の左右強度差を検知して舵取り用サーボモータを動作させ誘導電線に沿った軌跡を台車が走行するようになっている。前後のセンサは、前後進時に切換えて使用する。

#### (5) レベル台

パーツを載せるレベル台はモータによって昇降することができ、スッカなど相手機器へ到達したとき、相手機器から発信される信号を受け

て搭載面と相手機器との高さを自動調整し、パートの自動積込みが容易に行える。

#### (6) 停止位置の検知

台車は停止すべき工程ステーションに設けられた位置決め用アンテナと、台車に取付けられたセンサが合致した位置で停止する。停止ステーションが複数のときは、各アンテナの高さを変えて取付ければよく、今回開発された台車では6ステーションまで可能である。なお、アンテナは床面に埋込まずに各機器類に取付ける方式としたためステーションの変更は容易である。

#### (7) 手元操作箱

各ステーションには手元操作箱が配置され、台車を呼び出すときには自ステーション番号のスイッチを、発送するときには次工程番号のスイッチを押すと台車は自動的に所定位置まで走行する。パートの積込動作中などのときは呼出し禁止のスイッチを入れておけば台車を停止させておくことができる。

この方式は前述のブロック間移送を目的としているが、図7のレイアウトのようにブロック内の工程間でパート移送も行える。各作業者が要求する任意のステーションに直接パートを発送するバイパス機能を有するため、数品種の混合ラインでの移送に有効である。

誘導電線は通常のビニール電線を床面にテープで張り付ける程度で使用することができ、レイアウト変更のときの台車軌跡の変更は容易であり、誘導電線とアンテナを適切に配置すれば多方向移送も可能となる。

#### 4.3 運転結果

実規模モジュールラインで、前述の工程、レイアウトで実際に運転実験の結果、各種モジュールはそれぞれ効果を發揮し、今回開発された縫製工程でのマテハン合理化システムによる生産性向上が確認された。

旋回式移送モジュールでは、ランプ表示、支腕上のストック状態などにより、ある工程の遅れやトラブルを知ることができ、パート流れの平滑化も期待できる。直線式移送用モジュールでは、小物ライン用スタッカ（図11.三菱電機で開発を担当。本稿では説明省略）からパートの自動積込みも実施し、大きな効果を得ることができた。

今回開発した移送モジュールは、縫製産業においては余り類を見ない発想であり、パートを積んだパレットが作業者の頭上を通過すること、作業者間で台車が走行することを考慮して安全性に注意した。旋回式はパレットが上昇完了するまで旋回を不可能とする安全回路、各部動作を滑らかにするため可変速モータを採用しての加減速発進・停止、直線式では台車前後の超音波検出器、バンパースイッチで障害物検知、誘導電線からの脱輪検知での非常停止などの機能を備えており、運転実験の結果も問題点はなかった。

作業者に与える威圧感、違和感も短時間で除去されたようである。しかし、女子作業者が多く従事していることを考慮すると、装置の軽量化、デザインの見直し、動作速度の選択などによって作業者の心

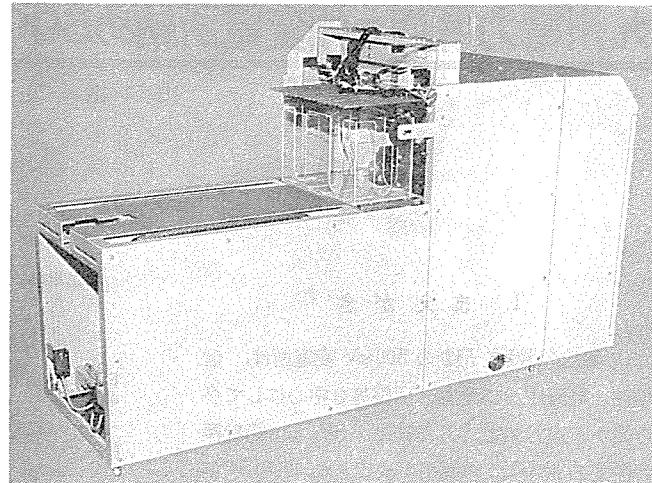


図11. 小物用スタッカ

理的負担を更に減らす努力が必要であろう。

#### 5. むすび

これまでにマテハン合理化モジュールの研究開発のうち、移送モジュールを中心に紹介した。一方、マテハン機器の開発だけでは合理化が難しい部分を補完する目的で、ミシンによる縫製を接着に換えるノーソーリング技術、極度に薄く柔軟な布地を縫製作業中のみ硬化させる一時硬化技術の研究開発が同時に実施された。これらの研究の成果が衣料産業に採用され、生産性向上に寄与することを期待すると同時に、今後も要求される機器、技術の開発を進めていく所存である。

また、移送モジュールは衣料産業を対象として開発されたものではあるが、共通の問題点を有する他産業にも有効と考えられ、多くの分野で活用されることを望むものである。

最後に、研究の機会を与えられ、貴重なご意見、ご指導をたまわった中小企業庁、中小企業振興事業団など関係各位に深く感謝する次第である。

#### 参考文献

- (1) 中小企業振興事業団：開発調査研究報告書（パート縫製のマテハンシステム化）総合編、資料編（昭51）
- (2) 小川：パート縫製マテハンシステム化技術の開発進行状況、織維機械学会誌、30, No. 10 (昭52)
- (3) 中小企業振興事業団：パート縫製マテハンシステム化技術開発公開普及説明会資料（昭53）
- (4) 日本織維新聞社：明日のアパレル産業、p. 30, (昭52)

# 九州電力(株)西九州変電所納め500kVガス絶縁複合開閉装置(GIS)

山口 浩一\*・木佐貫 滋\*・桑原 宏\*\*\*・松田 節之\*\*\*・合志 宏道\*\*\*

## 1. まえがき

九州地区における最初の500kV変電所は、信頼性、経済性及び耐塩・耐震等を中心にして多方面から検討がなされた結果、SF<sub>6</sub>ガス絶縁複合開閉装置(GIS)の採用が決定され、昭和54年6月に九州電力(株)西九州変電所にその第1号機のすえ(据)付けを完了した(図1. 参照)。

この装置は、既に500kV GISとして多くの運転実績を有する主構成機器を適用して組合せを行<sup>(1)(2)</sup>、 $1\frac{1}{2}$ Ls方式GISとした、本邦では最初のものである。

母線は架空線式であるが、立体配置することでGISを小形化すると同時に、変電所用地の縮小と経済性の向上とが図られている。また小形化と信頼性向上とを目的にした酸化亜鉛式避雷器を採用するとともに、電子技術の電力系統への導入となる増幅形計器用変圧器及び異常時の対策法などの多くの新しい技術が開発されて適用された画期的な新しい形のGISの完成といえよう。

主要構成機器は、しゃ断器5台、断路器12台、避雷器2台であり、500kV 2回線と変圧器2パンクの引出し及び母線連結用ユニットとを含む規模で構成され、将来の増設が考慮されている。

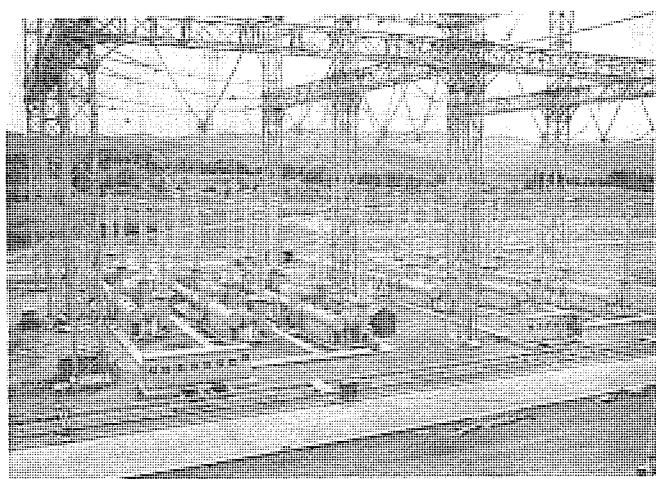


図1. 西九州変電所 500kV ガス絶縁複合開閉装置(GIS)

## 2. $1\frac{1}{2}$ Ls方式ガス絶縁複合開閉装置の構成

### 2.1 装置の配置構成

西九州変電所は、2回線、2パンク2重母線 $1\frac{1}{2}$ Ls方式が採用され、

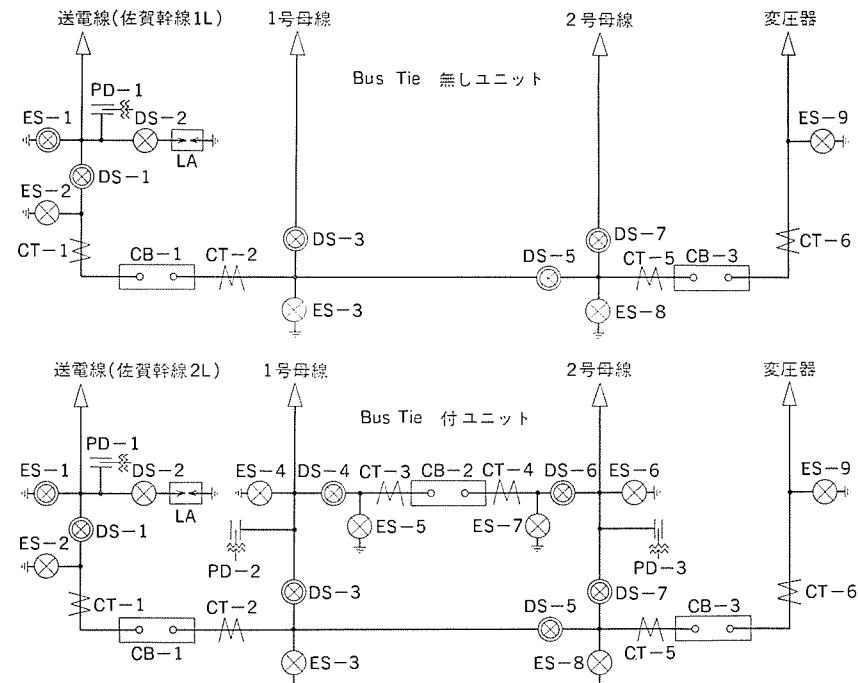


図2. 西九州変電所 500kV ガス絶縁複合開閉装置(GIS) 単線結線図

将来の増設も考慮されている。その単線結線図と平面配置図とを図2., 図3.に示す。

所要面積を縮小するため、架空線式母線を図4.のように立体的に配置するようにしたので、GISの母線間長さも縮小できた。あわせて、GISの各相を母線に併せて長手方向に順次ずらす配置にしている。また、母線連絡ユニットを送電線ユニットと組合せて構成したのでより効率的にスペースが縮小された。GIS全般の仕様と定格事項とを表1.に示す。

構造的には、図5.に示すように、既に500kV GIS用として多くの運転実績を有する单一圧力式のガスしゃ断器及び断路器、接地装置等が主要機器として適用され、組合わされているので全体としての信頼性を高く評価できる構成である。

掘付けや事故時の取外し、あるいは地盤沈下・温度変化に伴う熱伸縮には、ペローズで対処している。また、構成機器は単体で容易に取外し可能であり、特にブッシングを移動しないでしゃ断器や断路器を取り外すことができる構成に考えられている。

ガス区分に関しては、相分離形とし、保守する場合に停止範囲を最小にするように区分されている。このガス区分ごとに温度補償圧力スイッチと地絡事故検出装置、ガス圧力計及びガス補給孔が設けられている。ガス圧力が低下すると、しゃ断器は、ガス補給指令・定期しゃ断保証圧力・負荷電流しゃ断可能圧力の3段階にわけて警報を発信する。そのほかはガス補給指令と、絶縁上の限度になる圧力で警報を出す2段に管理されている。なお、これらの圧力管理を行

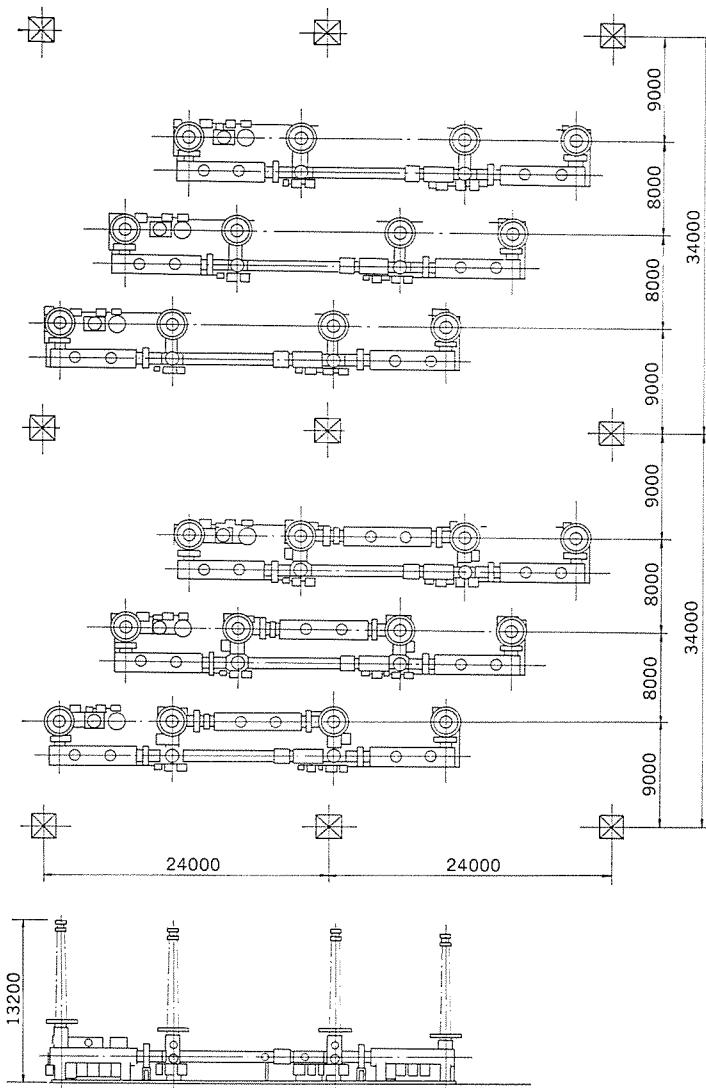


図 3. 西九州変電所 500 kV GIS 配置図

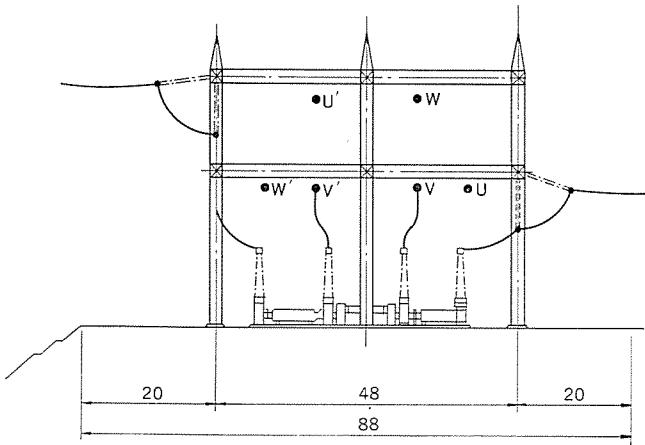


図 4. 母線の立体配置図

う温度補償圧力スイッチ自体が機能を失った場合に警報を発信できる、特殊構造の圧力スイッチを今回新たに開発して適用した。

## 2. 2 1 $\frac{1}{2}$ L<sub>s</sub> 方式の採用

変電所の母線方式としての 1 $\frac{1}{2}$ L<sub>s</sub> 方式は、九州電力の超高压系統変電所で既に運用実績があり、他の方式と比較した場合に運用上の

表 1. 西九州変電所納め 500 kV GIS 定格

形 式	SF <sub>6</sub> ガス絶縁相分離形	
公 称 電 壓	500 kV	定 相 周 波 数 60 Hz
定 格 電 流	4,000 A (30 分間短時間電流 6,000 A) 一部 2,000 A, 8,000 A	
定 格 短 時 間 電 流	50 kA, 2 秒	耐 震 強 度 0.3 G 正弦 3 波振共振において安全率 1.0 以上
絶 縁 階 級	500 号 H	
し 形 名 ゃ 断 器	500-SFMT-50 5 台 (抵抗投入付) 550 kV	定 格 し ゃ 電 流 50 kA 定 格 し ゃ 断 時 間 2 サイクル 定 格 電 壓 5 kg cm <sup>2</sup> · g (20°C)
操 作 方 式	油圧操作 (油圧 320 kg cm <sup>2</sup> ) A 号 R 号	
形 名 路	500-GR-40, 500-GR-20, 500-GL-40	
定 格 電 壓	550 kV	定 格 電 流 4,000, 2,000 A
操 作 方 式	単極単投遠方操作	
ループ電力開閉能力	4,000 A-600 V 2,000 A-300 V	充 電 電 流 0.5 A 開 閉 能 力
接 地 開 關 器	500-GRE (SF <sub>6</sub> ガス絶縁形)	
定 格 電 壓	550 kV	操 作 方 式 単極単投遠方 3 相一括操作
投 入 容 量	50 kA	誘導電流 25 kV, 90° 遅れ電流 400 A (送電線用)
変 流 器	貫通形, 変流比 4,000/5A-100, 60VA 2,000/5A-60VA	
避 雷 器	MAL-T 形 (酸化亜鉛式) 参照	
計 器 用 变 压 器	A Y-50 形, 1 次電圧 550 $\sqrt{3}$ kV, 2 次電圧 110 $\sqrt{3}$ V 定格周波数 60 Hz, 2 次負担 100/200 VA 誤差階級 1.0 T 級	
ブ フ シ ン グ	定格電圧 550 kV, 定格電流 8,000 A, 4,000 A SF <sub>6</sub> ガス絶縁方式, 耐塩仕様 0.06 mg/cm <sup>2</sup>	

支障はない。

今回、西九州変電所に適用した主な理由は、①建設用地が少なくてすむこと、②経済的であること、③運転操作上の利点が大きいことなどがあげられる。また、拡張性として 1 $\frac{1}{2}$ L<sub>s</sub> 4 ブースト方式へ移行することも可能になっている。

## 3. 構成機器の開発

### 3. 1 酸化亜鉛式避雷器<sup>(3)(4)(5)</sup>

送電線引込口にある GIS は、距離的に変圧器保護用避雷器による保護協調が困難なため、送電線路引込口用避雷器として、三菱酸化亜鉛式避雷器《MOA》を新たに開発して採用した。したがって、GIS 全体の絶縁保護上の信頼性は大幅に向上了といえる。主要定格事項を表 2. に示す (構造は図 5. 参照)。

この避雷器は、酸化亜鉛素子そのもの有する避雷器として理想的な  $V-i$  特性を利用し、従来形の避雷器にあった直列ギャップがない極めて簡単な構造である。特性要素は直径約 60 mm で、180 枚を直列に接続し、3 柱配置にして寸法を縮小するように図られている。接地タンクとの絶縁は、SF<sub>6</sub> ガスで行い、対タンク間の浮遊容量による分圧のくずれを分圧シールドで補償する工夫がされている。

試験は、JEC に規定されている普通動作責務試験・特別動作責務試験などを 14 kV ユニットで実施し、500 kV 系統用であるので、再

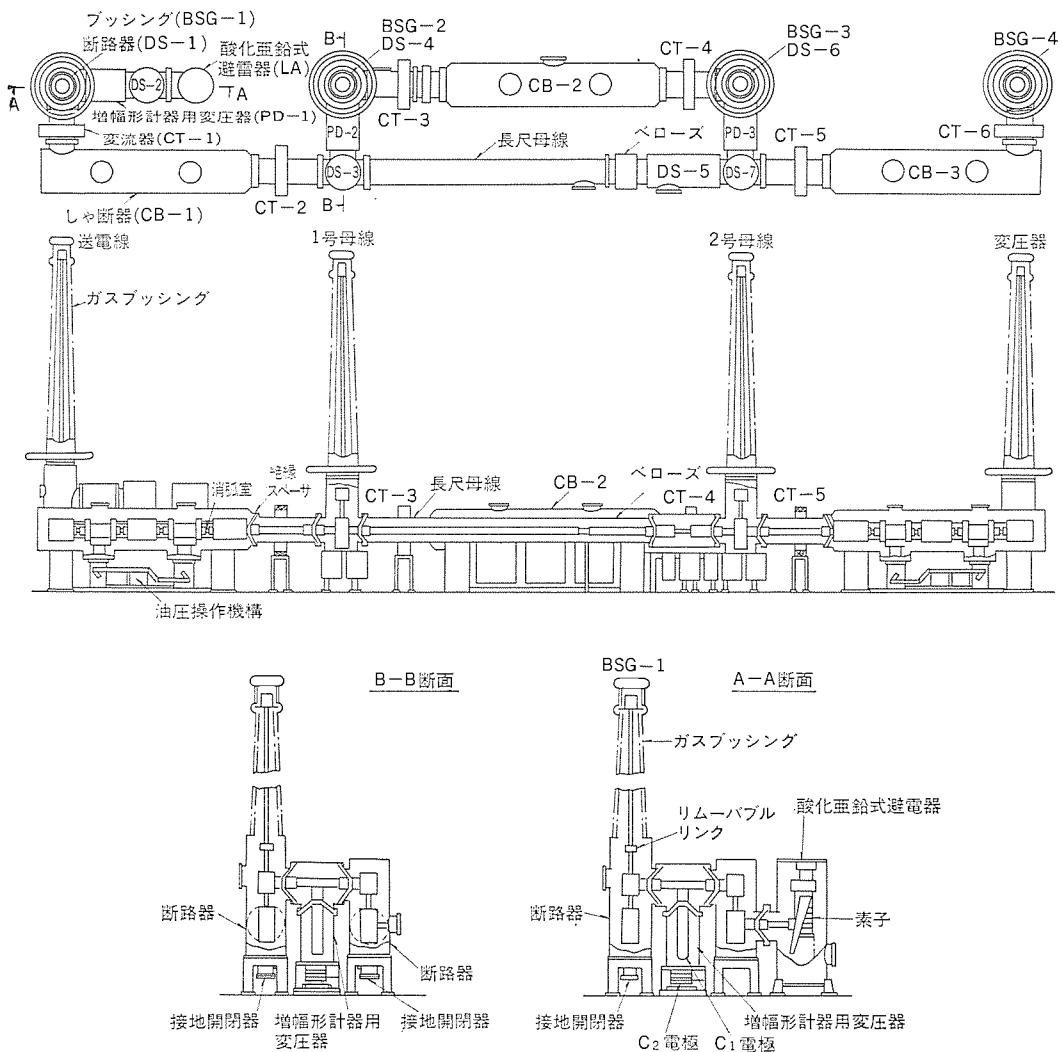


図 5. 西九州変電所 500 kV GIS 構造図

閉路 サージ 試験を実施し、十分な性能を有していることを確認している。図 6. にそのオシログラムを示す。そのほか、電位分布の測定、部分放電試験、商用周波耐電圧試験等も実施し、急しゅん(峻)波電流に対する応答特性を調べる試験では、電圧を 2,300 kV まで印加したが、波頭長 0.45  $\mu$ s、波高値 3.1 kA の放電電流が得られ、標準

放電電流 ( $8 \times 20 \mu$ s) と比べて制限電圧は 5~10 % 程度上昇したにすぎない。

### 3.2 増幅形計器用変圧器 (アンプ PD)<sup>(6)</sup>

従来、超高压系統にはコンデンサ形計器用変圧器が使用される例が多かったが、500 kV 系統では、変電所の用地縮小化、耐塩、耐震等が併せて検討され、負担容量の増大や計器用変圧器事故による主回路への影響度も併せて考慮すると、増幅形計器用変圧器を適用することが最も適切であるとの結論を得て製品化した。この増幅形計器用変圧器の回路構成を図 7. に、主要定格事項を表 1. に示す。

構造的には、主回路から  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  で分割した電圧を変成部に導き、絶縁変圧器を設けて測定回路を主回路系統から絶縁する方式である。増幅器は、各回線ごとに予備器 1 相分を備え、電源部は切換盤を有する、CVCF

と予備電源との連系システムで構成され、信頼性の向上が図られている。その外観を図 8. に示す。

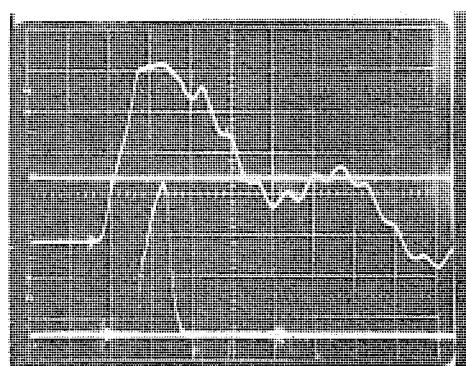


図 6. 再閉路 サージオシログラム  
(14 kV ユニットで試験,  $Z=12 \Omega$  受電端設置)

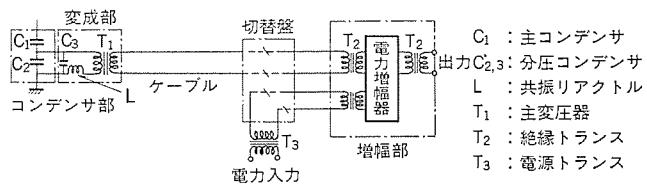


図 7. 増幅形計器用変圧器回路図

表 2. 500 kV 送電線引込用  
三菱酸化亜鉛式避雷器《MOA》主要定格

形 式	MAL-T
定 格 電 圧	420 kV
公 称 放 電 電 流	10 kA
特別動作責務静電容量	25 F
商 用 周 波 耐 電 圧	450 kV, 10 分間
制 限 電 圧	10 kA において 1,450 kV 以下
	20 kA において 1,570 kV 以下
	開閉インパルス 400 A において 1,160 kV 以下
商 用 周 波 始 動 電 圧	780 kV (DC 1 mA において) 以上
耐 電 圧 性 能	雷インパルス 1,800 kV
	開閉インパルス 1,175 kV
	商 用 周 波 750 kV, 1 分間
定 格 ガ ス 圧 (SF <sub>6</sub> ガス)	4 kg/cm <sup>2</sup> · g (20°C)

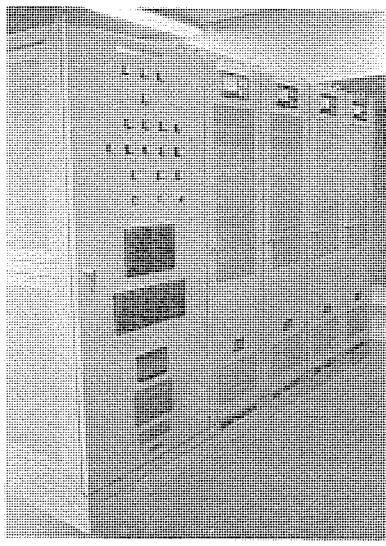


図 8. 増幅形計器用変圧器

この装置の特長をまとめて示すと、次のような。

- (1) 2次側の負担容量を大きくとることができる。
- (2) コンデンサ部は SF<sub>6</sub> ガス内にあり、汚損などによる外部影響がなくて信頼性が高い。
- (3) 計器用変圧器の故障が主回路側に直接影響を与えない。
- (4) 従来形と比較して経済的である。
- (5) 増幅部は電子機器で構成され、信頼性が高い。
- (6) 低回路インピーダンストランジistor が採用されているので、耐サージ特性が優れている。
- (7) ケーブルの浮遊容量の影響を受けにくい。

### 3.3 投入容量付接地開閉器

インターロックシステムや機器に備えられている鎖錠装置で接地開閉器の誤操作は十分に予防されているが、何らかの理由で誤って充電中に接地開閉器が投入されて直ちに破壊に至った場合には、GIS や系統の停止が長期間にわたるので、好ましくない。したがって、たとえ誤操作による投入があっても、再び開放して GIS を運転できるような所定の絶縁耐力と機構的強度を有する接地開閉器を開発した。

この投入容量付接地開閉器は、送電線引込口及び母線用の接地開閉器として採用されている。この開閉器の性能検証として、操作圧力を定格の 75 % にし、ガス圧低下 1 段警報圧力 3 kg/cm<sup>2</sup>・g (20°C) で 50 kA を 2 回投入した後、開閉試験・商用周波耐電圧試験・雷インパルス試験・開閉インパルス試験を実施した。また、試験後にコンタクト部の損傷程度を点検すると同時に、点検作業時間の測定などを併せて実施・検証している(図 9. 参照)。

### 3.4 ガスブッシング

GIS で唯一の気中絶縁部分を含む架線連結用ブッシングには、特別な絶縁強化を図ったガスブッシングを開発して採用した。

このガスブッシングは、西九州変電所における最大塩分付着量を 0.06 mg/cm<sup>2</sup> と想定して深ひだ付きの 8 m がい管を使用する特殊仕様のものである。変電所の将来の増設を考慮して定格電流 8,000 A のガスブッシングも一部に採用されている。

GIS と特殊ガスブッシングとを採用したので活線洗浄装置を省略することができ、経済性が大いに発揮されている。

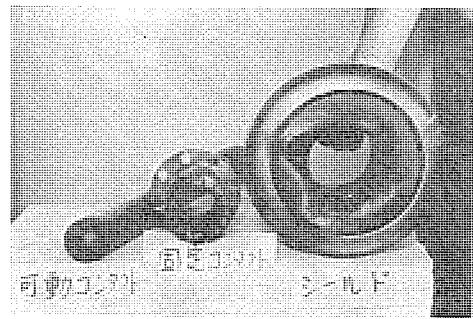


図 9. 投入試験後のコンタクト状況  
(50 kA 2 回投入)

## 4. GIS の保護装置と異常時の対策

### 4.1 地絡事故検出装置

GIS の対地間絶縁は、極めて安定した絶縁耐力を維持できるように設計されている。ただし、何らかの理由で地絡事故が発生した場合、密封構造であるので、事故点を速やかに発見することはかなり困難である。電気的保護回路に頼って切り離す区分を長時間にわたって停止し続けると電力供給支障範囲が広くなり好ましくない。したがって、このような場合に速やかに事故点を検出して必要最小部分を切り離し、健全部をできる限り速やかに運転状態にもどし得ることが必要である。このような目的で地絡事故を検出する装置が開発され、GIS のガス区分ごとに取付けられた。図 10. は、その地絡事故検出装置の動作原理図である。

GIS の内部で地絡が発生すると、SF<sub>6</sub> ガスにアーケネルギーが注入されて内圧上昇を伴う。地絡検出の条件をアーケ電流 5 kA、アーケ時間 50 ms (3 サイクル) とした。

この装置は、地絡時の上昇圧力を金属ペローズの内部で直接受けるが、ペローズの外側はイコライザーを介して静ガスに接しているので、ペローズが膨張して電気的接点を動作させる。この装置の動作特性が図 11. に示されているが、良好な感度を有していることが確認された。

### 4.2 CT 2 次開路保護装置<sup>(7)</sup>

計器用変流器 (CT) の 2 次回路を誤って開路することがあると、異

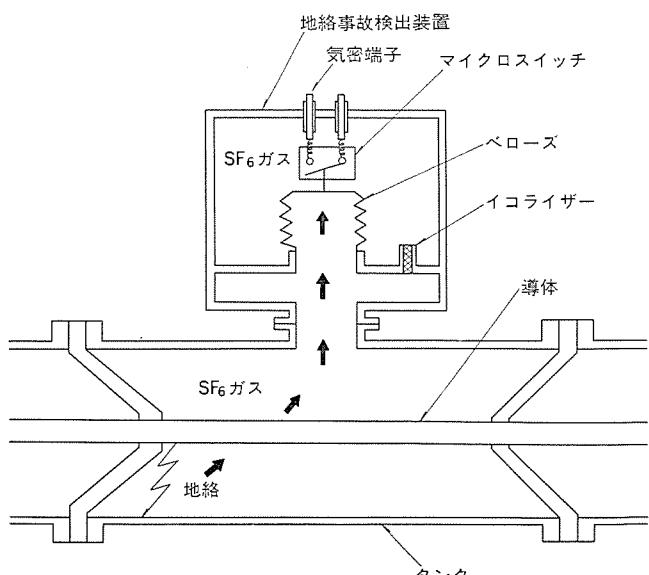


図 10. 地絡事故検出装置構造図

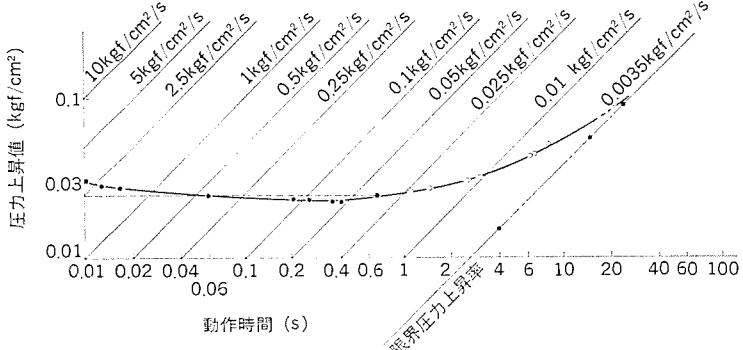


図 11. 地絡事故検出装置動作特性

表 3. CT 2 次開路保護装置性能

形式	CT-5-Z-3000
回路方式	
適用CT定格	2次電流5A用
動作電圧	$V_{1mA} \geq 2,350V$
制限電圧	4,000V以下
通電容量	125A2秒, 通電後5A連続
漏れ電流	2,000Vピーク課電時0.4mA以下
動作警報接点	有 (ZnO熱破壊に連動)

常電圧が発生し、CTとその2次回路上で絶縁破壊が発生して大きく損傷されることがある。このような事態を保護するため、酸化亜鉛素子の  $V-i$  特性を生かした、サージを抑制する保護装置を開発して採用した。

この装置は、表3に示す特性を有し、2次回路の制限電圧を4,000V以下に抑制する。

保護装置の動作表示には、一定の検出温度を設定した温度スイッチを使い、酸化亜鉛素子に流れる電流で熱破壊すれば必ず警報表示をする。ただし、電流が小さく熱破壊しない領域では、装置を繰り返して使用できるので警報表示をしないように調整している。

#### 4.3 外被サージ対策<sup>(8)</sup>

GISでは、断路器やしゃ断器を開閉したり、接地開閉器を投入した場合に接地メッシュとタンク外被間に2~20MHz程度の周波数を有するサージ電圧が発生する。この電圧の減衰時定数は3~5μsである。

この種のサージ電圧が発生すると、たまたまタンクに接触している人へのショックや、制御回路への誤送信あるいは変流器回路の地絡発生などを生ずる恐れがある。したがって、その対策として西九州変電所のGISでは、絶縁スペーサを介したタンクの接続部の外被間にサージ抑制装置を取り付けた(図12参照)。

この対策によってタンク外被と接地メッシュ間のサージ電圧を10kV程度以下に抑制することが期待できる。なお、タンクが大きい場合には、円周方向のインダクタンスの影響を受けるので、抑制装置を1箇所に2個以上取付けている。

#### 4.4 リムーバブルリンク

送電線引込口のしゃ断器部分が故障した場合、引込口のブッシングを支柱として予備架空線を母線接続用ブッシング間につなぎ込むことに

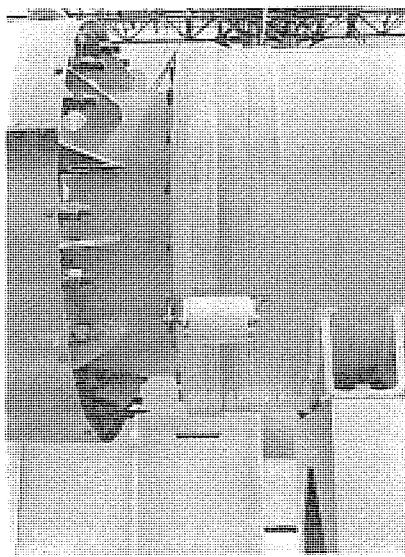


図 12. 外被サージ抑制装置

より、母線連絡用しゃ断器を使用して送電を行うことが可能である。そのため線路引込口のブッシング下部導体には着脱可能な構造にするリムーバブルリンク方式が採用されている。

## 5. むすび

以上に述べたように、500kV系統では本邦で最初の $1\frac{1}{2}$ Ls方式GISが新しく完成した。これは、経済性ばかりでなく、運用上や信頼性の面から多くの配慮がなされた新しいタイプのGISの誕生である点でも注目に値しよう。

半導体の1種である酸化亜鉛素子が、避雷器、その他に利用され、増幅形計器用変圧器が適用されたことについては、従来の電力用機器技術に電子技術が導入されて生かされる1ステップが築かれた点で重要な意義がある。今後の変電所建設の1つの方向を示唆するものといえよう。

終わりに、西九州変電所建設に尽力された、社内外の関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

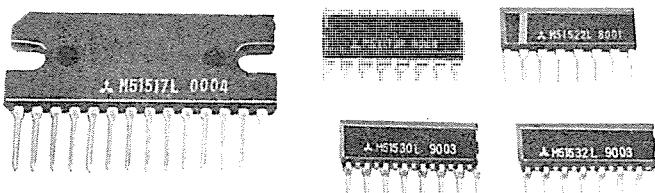
## 参考文献

- 松田, 宮本, 伊吹, 坂本, 佐藤:三菱電機技報, 51, No. 9, p. 616 (昭52)
- 阿澄, 松田, 合志:三菱電機技報, 51, No. 6, p. 377 (昭52)
- 富永, 今瀧, 渋谷, 宇治田, 桑原:三菱電機技報, 53, No. 2, p. 172 (昭54)
- 富永, 阿澄, 永井, 今瀧, 中井:昭和53年電気学会全国大会, 資料956
- 富永, 永井, 新田, 今瀧, 板倉:三菱電機技報, 52, No. 5, p. 369 (昭53)
- 山本, 仲津, 斎藤, 若林, 酒井:昭和54年電気学会全国大会, 資料623
- 春本, 楠田, 宮井, 長野, 塩見, 重信, 山内, 藤崎:昭和54年電気学会全国大会, 資料609
- 阿澄, 瀬渡, 八代, 笹本, 小川:三菱電機技報, 52, No. 5, p. 360 (昭53)

# スポット

## カーステレオコンポーネント用 三菱リニアIC

三菱電機ではこのたび、カーオーディオ用のリニアIC 5 機種を開発しました。最近のカーステレオ、カーラジオはコンポーネントシステム化の傾向があり、ICも低雑音、低歪率、高出力などの高性能とともに、ローコスト化、小形化のため、より実装密度の高いものが要望されています。このカーステレオコンポーネント用リニアICは、M51173P(FM-IF)、M51530L/M51517L(デュアルパワーアンプ)の5機種で、それぞれ次のような特長を備えています。



電気的特性(指定のない場合は、Ta=25°C、Vcc=13.2V、f=1kHz)

記号	項目	測定条件	規格値			単位
			最小	標準	最大	
M51173P	Icco	無信号時回路電流	無信号時	32	39	mA
	Vil(lim)	入力リミティング電圧		38	44	dB <sub>u</sub>
	Vo(af)	検波出力	Vi=100dB <sub>u</sub>	110	150	mVrms
	THD	全高調波歪率	30%mod	0.05	0.2	%
	S/N	信号対雑音比		62	68	dB
M51530L (16pin) M51532L (16pin)	Icco	無信号時回路電流	無信号時	17.5		mA
	Sep	左右チャネル分離度	1KHz	40	48	dB
	Vo(af)	復調出力電圧	モノラルモード	300		mVrms
	THD	全高調波歪率	Vi=300mVrms	0.1		%
	L(ON)	ランプ点灯レベル		10		mVrms
M51532L (16pin)	Vi(max)	最大許容入力レベル	モノラルモード	750		mVrms
			THD=1.5%	450		
	Vcc	動作電源電圧		6.5	16	V
				3.7	16	
	Icco	無信号時回路電流	無信号時	90	200	mA
M51517L (16pin)	Gv	電圧利得	Po=1W	50	53.5	55
			Vo=0.77Vrms	43	45	47
	THD	全高調波歪率	Po=1W	0.4	1.5	%
M51522L (16pin)	Pomax	最大出力又は最大出力電圧	Vo=0.77Vrms	0.04	0.2	
	Vo		THD=1%	4.8	5.5	W
	No	出力雑音電圧	THD=1%	1.0	1.6	V
Pin		Rg=10kΩ, BW=20~20kHz		1	2.5	mVrms
		Rg=2.7kΩ, BW=20~20kHz		0.18	0.36	
	Pin	入力抵抗	Po=1W	20	45	kΩ
△Gv		Vo=0.77Vrms	Vo=0.77Vrms	50	150	
	△Gv	チャネル間利得偏差	Po=1W		± 3	dB
C,S	チャネルセパレーション	Po=1W, Rg=2.7kΩ	-40	-50		dB

### M51173P

FM-IFシステム用に開発したICで、16ピンデュアルインラインパッケージにIF増幅回路、クオードラチャ検波、低周波増幅回路、AFC回路、ミューティング回路、シグナルメータ回路、アナログ制御信号発生回路を内蔵しています。低雑音設計により無信号時の雑音が少なく、高い信号対雑音比が得られます。また同調調整が容易で、直線性のよいクオードラチャ検波の採用により、高出力、低歪率となっています。特にミューティング回路ではソフト・ハードの2種類の特性により、信号電界強度の変化に対する雑音特性をレシオ検波のようになめらかにし、また離調時の側帯波応答出力を抑圧することができます。

### M51530/M51532L

PPL方式のFMステレオ復調器で、復調回路、ステレオ・モノラル自動切換回路、ステレオランプドライバ回路、強制モノラル回路、分離度制御回路の機能を実装密度の高い16ピンジグザグインラインパッケージに内蔵しています。特に分離度制御回路を内蔵しているため、信号電界強度に応じた直流制御信号により(例えばM51173Pのアナログ制御信号) 分離度が制御可能です。そのため弱電界時の信号対雑音比を改善することができ、自動車での走行受信時に自然な聴感が得られます。M51530LとM51532Lは基本性能はほぼ同等で、大入力特性においては前者が、減電圧特性では後者がすぐれています。M51532Lは、特に減電圧特性がよいため、ラジオ付カセットへの応用にも適しています。

### M51522L

8ピンシングルインラインパッケージに封止したデュアルロウノイズブリアンプICで、高利得、低歪率に加え、低雑音、特に1/f雑音が低い特長を持ち、さらにカーコンポーネント用としてBASS、TREBLE調整回路が負荷になども低歪率で駆動できるよう、終段回路をカー用ではじめてのA級SEPP回路にした画期的な高性能ICです。

### M51517L

銅ベース付14ピンシングルインラインパッケージに封止したデュアル5.5WパワーアンプICで、完全独立の2個のパワーアンプ回路を内蔵しています。M51517L 1個で5.5W×2のステレオアンプができる他、OCL-BTL接続を行うと16Wの大出力が得られます。車載用としての過酷な使用条件に耐えるよう、電源サージ、出力DC接地、短絡、動作領域制限、熱しゃ断などの各種保護回路を内蔵し、信頼性の高い設計となっています。また外付け部品点数も4点/1chときわめて少なく、セットのローコスト化、高信頼化、小形化を実現しています。

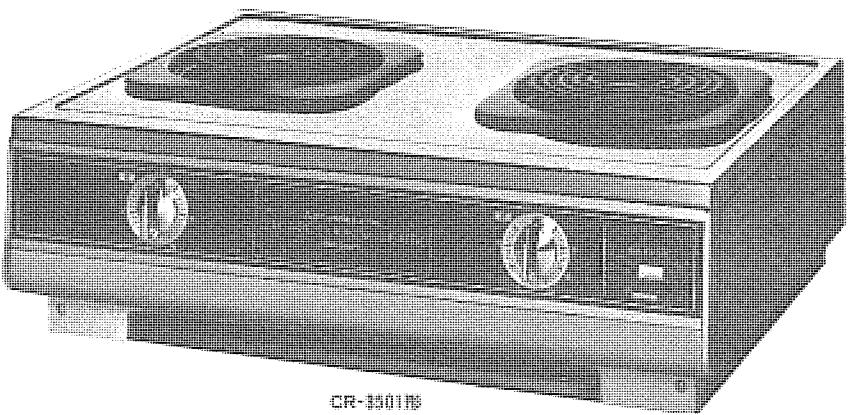
# スポットライト

## キッチン全電化の主役 三菱電気クッキングヒーター

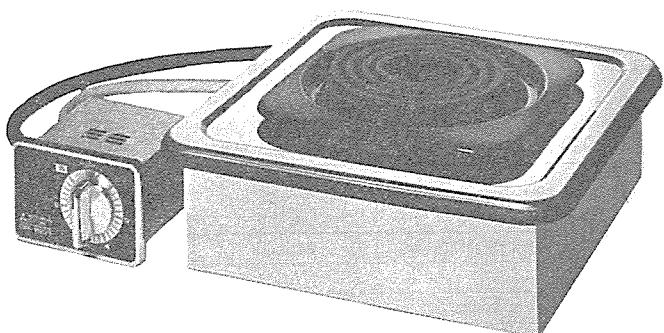
キッチンの熱源で起きる事故は、火災だけでなく、爆発、中毒、酸欠など多岐にわたっています。特に、気密性の高くなった最近の集合住宅では、事故が近隣にまで波及することが多く、キッチンの安全性が住居選びの条件として、大きくクローズアップされています。三菱電機では、ますます集合化、高層化する住宅事情を考慮しながら、安全性の高いキッチンをつくるため、電気を熱源とした新しいタイプの加熱調理器具、「電気クッキングヒーター」を発売しました。機種はコンロ台に置く2口キャビネットタイプと、流し台などに組込む1口ビルトインタイプがあります。最大火力はガスコンロなみで、火力調節が広範囲にできる点など、ガスコンロよりすぐれたメリットを備えています。

### 仕様

項目	形名	CR3501	CR1501
タ イ プ	2 口キャビネットタイプ	1 口ビルトインタイプ	
	単相200V 3.5kW	単相200V 1.5kW	
定 格	右側ヒーター 2kW 左側ヒーター 1.5kW		
発 热 体	シーズヒーター 巻き外径 168mm	シーズヒーター 巻き外径 168mm	
出力調節の方式	通電率制御	通電率制御	
出力調節の範囲	右側ヒーター 約110~1100W連続 及び 2kW 左側ヒーター 約80~800W連続 及び 1.5kW	約80~800W連続 及び 1.5kW	
電 源 スイッチ	あり	なし	
付 属 品	五徳	なし	
大 き さ	高さ183×幅595×奥行 460mm	本体 高さ120×幅320 ×奥行320mm コントローラ 高さ85 ×幅125×奥行120mm	
重 量	10kg	3kg	
差し込みプラグ	3極20A 250V(1極接地用)	2極15A 250V 接地形	(○)



CR-3501型



CR-1501型

### 特長

- クリーンで安全  
炎がないので室内の空気を汚しません。爆発、中毒、酸欠事故などの心配もありません。
- 高効率で維持費もプロパンなみ  
ヒーターの上に直接鍋を置いて加熱します。底が平らなアルミ製鍋では、約70%以上の熱効率です。(ガスコンロでは約40~45%)
- きめの細い熱量調節  
約5~55%の間は無段階に調節できます。とろ火調理から強火調理まで、幅の広い調理が可能です。
- 押し回して確実な操作  
ダイヤルは押して回す操作なので確実。CR3501はさらに電源スイッチも装備しています。
- 清掃が容易  
汁受けや汁受皿はホール加工が施しており、丸ごと洗うことができます。
- 高信頼性の当社製シーズヒーター  
表面温度が最高800°Cになります。各部の材質と製造技術の管理は特に厳重に行っており、高い信頼性を誇ります。

**スポット  
ライト**

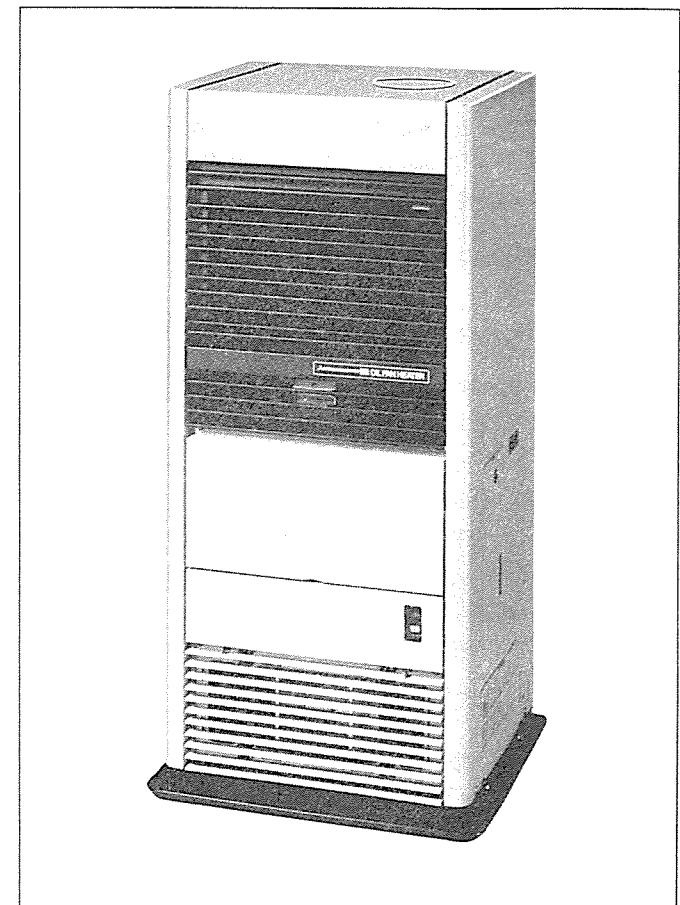
細身のボディで約50畳の暖房能力

三菱 石油  
ガス化 業務用ファンヒーター

業務用暖房機は、エネルギー源や規模の大小、地域特性により多くの機種がありますが、理想的な機器の選択に苦慮しているのが実態です。特に、イニシアルコスト・ランニングコスト面から見て、石油ストーブが暖房の主流を占めているのが現状です。しかし、大容量を必要とする業務用では適当な機種が少なく、従来タイプの寒冷地向家庭用ポット式大形ストーブや、一般家庭用を数台そのまま使用しているケースが多く見られ、快適性(ニオイ・スス・局所暖房)、安全性(火災・火傷)、使用勝手(点火・消火・温度コントロール)、経済性(燃焼効率)など、実用上の面で多くの不満な点があります。そこで三菱電機では、石油テーブルやファンヒーターで定評のある、独自の「石油ガス化燃焼方式」による大容量バーナを開発し、これを業務用暖房機器分野に応用して従来タイプの問題を解消して、場所をとらないスリムタイプの業務用ファンヒーターを開発しました。

#### 仕様

形名	KD-1500			
形式	強制通気式・強制対流形			
電源	単相100V 50/60Hz			
定格消費電力	点火時 550W 燃焼時 最大 702/713W 最小 152/163W			
平均消費電力	262/273W			
発熱量(kcal/時)	14,800	12,000	9,000	
暖房能力(kcal/時)	12,140	9,840	7,380	
燃料消費量(l/時)	1.82	1.46	1.09	
温風量(m³/分)	10	8	8	
外形寸法(mm)	高さ1,252×幅530×奥行450 設置 幅596×奥行515			
本体重量	約71kg			
接続排気筒	105mm(3寸5分)			
安全装置	対震自動消火装置・温度過昇防止装置 停電時障害装置・炎検知装置・過電流保護装置			
タイマー	12時間タイマー付			
室温調節	ルームサーモ付			
運転音	強55ホン・弱53ホン			
油タンク	別置式			



#### 特長

- 細身のたて形、スマートなデザイン  
壁ぎわやコーナ部にもぴったり据付けられ、空間を有効に利用できます。
- 温風式で急速暖房も可能  
放熱量、風量を自由にコントロールでき、温風方向は上下・左右に調節可能で、ムラの少ない暖房ができます。
- 独自の石油ガス化燃焼方式  
ファンヒータなどで実証済みのバーナを、さらにパワーアップしています。
- 操作の簡単な自動着火システム  
ツマミひとつで、予熱→点火→温風吹出しまで、電子回路の働きで自動的に行います。
- ルームサーモで室温をコントロール  
お好みの室温にコントロールし、無駄な燃焼を防ぎます。
- タイマーのセットで暖房開始時刻を指示  
便利な12時間タイマーを内蔵しております。
- 万一に備えた各種の安全対策  
対震自動消火装置、温度過昇防止装置、炎検知装置、停電時障害装置、過電流保護装置など信頼ある5つの安全装置を備えています。

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1179602	ヘアードライヤー	{川合輝一・小池利男 島 弘三	1179621	ズボンプレス器	大竹 操
1179603	カラー受像管	竹延真哉	1179622	衣服プレス器	{長嶺元・大竹操 鳥山建夫
1179604	締付具	米崎増雄	1179623	引き違い戸の施錠装置	今井純英
1179605	電池容器	熊田泰治	1179624	引き違い戸の施錠装置	今井純英
1179606	円板形電磁ブレーキの自動間隙調整装置	{杉田安三郎・中野大典 国友善雄	1179625	引き違い戸の施錠装置	今井純英
1179607	電気掃除機用アタッチメントブラシ	南日国伸・菊池俊男	1179626	引き違い戸の施錠装置	今井純英
1179608	電気掃除機のホース収納装置	{加藤悟・南日国伸 菊池俊男	1179627	引き違い戸の施錠装置	今井純英
1179609	直流電動機の速度制御装置	{梶野幸男・寺田節夫 田原武	1179628	回転電機の消音装置	{田仲勝・本田坦 田中英晴
1179610	電気車輌の制御装置	綿谷晴司	1179629	回転電機の消音装置	{田仲勝・本田坦 田中英晴
1179611	電熱器具用の温度調節器	大竹操・鳥山建夫	1179630	引き違い戸の施錠装置	今井純英
1179612	サイリスタ式リングカウンタ回路	石井真・山本悟	1179980	差込プラグ	川合輝一
1179613	発電機の電圧調整装置	松原宏一	1180241	テレビタイマー装置	横田正二郎
1179614	磁気ヘッド支持機構	菊地清秋・佐々木勝	1180242	布製の吊り手	稻葉稔
1179615	コードヒータ	永野幸信	1180243	内燃機関用回転数制御装置	{辰巳巧・都留之舒 宮崎正明
1179616	電子レンジのドアヒンジ部	望月雅之	1180244	電気掃除機	加藤悟・榊道治
1179617	溶解炉の炉蓋開閉装置	田中伸雄	1180245	蓄熱暖房器の加湿装置	{町原義太郎・馬淵公作 須田洋
1179618	フランジ付回転電機	鵜飼誠・林徳雄	1180208	圧縮機	戸崎保弘
1179619	オーブン	山尾恭右	1180246	電気加湿装置	近藤正司・上原幹夫
1179620	ワイヤロープの乱巻防止装置	中野大典・武重勝三			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 53 No. 11 研究特集

特集論文

- 分光測定によるしゃ断現象解析技術
- 錫ウイスカの発生と防止対策
- イオン注入による高速バイポーラプロセス
- 有機汚泥の凍結・脱水一コンポスト化システムの総合評価
- 赤外線撮像装置
- カラーITV 静止画伝送装置
- 群集流・避難誘導シミュレータ
- 空調機におけるマトリクス電子制御方式

普通論文

- ディジタル式制御棒位置指示装置
- コンパクト《ガスクリーンヒーター》の開発
- ガス絶縁母線のシリーズ化とその適用
- 全日本空輸(株)総合ネットワークシステムの開発
- 石油ガス化ファンヒータ
- 軌道交通システムシミュレータ ACTS

三菱電機技報編集委員会

委員長	喜連川 隆	常任委員	久保田伸夫
副委員長	浦徳太郎	"	斎藤春雄
"	後藤正之	委 員	徳山 長
常任委員	佐々木二郎	"	樋口 昭
"	増淵悦男	"	神谷友清
"	葛野信一	"	橋爪 基
"	三輪 進	"	秋吉俊男
"	高月 一	"	土井貞春
"	瀬原田三郎	"	川井 尚
"	高橋 広光	"	小野勝啓
"	忍足 博	幹 事	本間吉夫
"	武田克巳	"	足立健郎
"	清田 浩	10号特集担当	森 健
"	福家 章		

三菱電機技報 53巻 10号

(無断転載を禁ず)	昭和54年10月22日 印刷
	昭和54年10月25日 発行
編集兼発行人	本間吉夫
印 刷 所	東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社
発 行 所	東京都千代田区大手町2丁目6番2号(〒100) 三菱エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel.(03) 243局1785
発 売 元	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒101) 株式会社オーム社書店 Tel.(03) 233局0641, 振替口座 東京 20018
定 價	1部 400円 送料別 (年間予約は送料共5,200円)

# スポットライ

1モータで15通りの下調理が可能  
三菱クッキングワゴン

三菱電機では、キッチンのさまざまな回転調理器具の全機能を発揮させながら、それらをひとまとめにした、まったく新しい発想から誕生した『三菱クッキングワゴン』を発売しました。キッチンの下調理がワゴンの1つのモータで、4つのボトルと6つの刃または羽根を取り換えるだけで15通りも可能で、しかもすべてのアタッチメント類がワゴン内部に収納できます。調理作業時間の約70%は下調理で費やすといわれていますが、クッキングワゴンの登場で、作業時間を大幅に短縮すると同時にメニューが広がり、食生活も大きく変化します。原理は1つのモータを変速ベルトによって3つの軸につなぎ、ブレンドボトル・ベビーボトルは高速軸に、プロセスボウルは中速軸に、またミキシングボウルは低速軸にセットして使用します。(同時使用はできません)それぞれのボトルは、下調理に合せた刃または羽根をセットし、調理内容に合わせてスピードを4段階に切換えることができます。スイッチはタッチ式電子スイッチを採用、パルス(押している間だけ回転)やサイクリックパルス(一時休止、回転をくりかえす)機能もあります。

## 仕様

電 源	単相100V 50→60Hz切換スイッチ付
消費 電 力(W)	250 ミキシングボウル使用時 240 ブレンドボトル使用時 230 プロセスボウル使用時
定 格 時 間(分)	60
容器と刃または羽根との組合せ	ブレンドボトル：カッター ベビーボトル：カッター プロセスボウル：肉ひき刃、おろし刃 薄切り、つまきり、千切り兼用刃 ミキシングボウル：こね羽根、混ぜ羽根、泡立て羽根
付 属 部 品	ゴムベラ、掃除用ヘラ付ブラシ、もちとり器
コ ー ド(m)	3.5
コンセント	最大1500W 本体使用時1200Wまで可能
外 形 尺 度(mm)	幅540×奥行350×高さ800
重 量(kg)	20
タ イ マ ー	30分、連続付、バイロットランプ付
速 度 切 換	4段切換(超低速、低速、中速、高速)
運 転 切 換	4段切換(連続、サイクリックパルス、パルス、切)
そ の 他	トップテーブル(スライド及び上下開閉) 案内板取りはずし時安全スイッチ付 トップテーブル運動スイッチ付 モータ過負荷保護装置付



## 特長

- 4つのボトルと6つの刃・羽根をかえるだけで15通りもの下調理が可能です。
- タッチ式電子スイッチで操作が簡単。12のスピード切換えができます。
- ワゴン式ですから使いたい時、使いたい場所で使用できます。
- アタッチメントはすべてワゴン内部に収納、使いたい時、すぐに取出せます。
- 30分タイマーつきなので、幅の広いメニューが可能です。

