

# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報



Vol.52 No.9

工業用計算機応用特集



# 三菱電機技報

Vol. 52 No. 9 SEPTEMBER 1978

## 工業用計算機応用特集

### 目次

#### 特集論文

|                          |                            |     |
|--------------------------|----------------------------|-----|
| 最近の工業用計算機システム            | 室賀 淳                       | 633 |
| 発電分野における計算機システムの現状と今後の動向 | 松本直己・松宮正幸・花村泰助・小田橋正寿・小野勝弘  | 634 |
| 鉄鋼業分野における工業用計算機システム      | 渡辺 聡・今道周雄・川崎宗男・稲本 惇・芥川哲雄   | 639 |
| 産業分野における工業用計算機システム       | 龍田直紀・伊藤卓治・能登四郎・岡 治樹        | 644 |
| 公共事業分野における工業用計算機システム     | 嶋田政代士・中堀 一郎・吉原秀樹・伊藤卓治・中谷貴壽 | 649 |
| 交通事業分野における工業用計算機システム     | 佐藤 真・高根宏士・多田 淳・鈴木敏明・村川亮三   | 654 |
| 工業用計算機における品質管理と保守        | 藤井貞雄・新宅三喜男・松本孝郎            | 659 |

#### 普通論文

|  |                            |         |
|--|----------------------------|---------|
| ワイヤカット放電加工機における計算機制御技術   | 小林和彦・高鷲民生・大島道隆・田中 豊・弥富 剛   | 665     |
| 矩形波電圧方式フラッシュ溶接機  | 奥田滝夫・稲田幹夫・馬場利彦・原 且則        | 670     |
| ガス温風暖房機《クリーンヒーター》  | 野間口有・斎藤辰夫・下島明彦・中村 進        | 674     |
| 電子式温風循環やぐらこたつ  | 服部信道・岩田尚之・竹谷康生・吉田義雄        | 678     |
| 《ロスナイ》全熱交換器の新しい展開  | 吉野昌孝・橋本芳樹                  | 683     |
| 三軸制御衛星シミュレーションプログラム  | 鈴木崇弘・安斉孝男・奥田一実・松浦卓丈・今度史昭   | 688     |
| 大阪府水道部村野浄水場納め送水系統運用システム  | 坂口 功・宮武 努・中堀 一郎・高橋正夫・小沢純一郎 | 693     |
| 特許と新案  |                            | 663     |
| アンテナ装置・半導体装置・カードエッジ形コネクタ用プラグ・レコードのプログラム再生装置                      |                            |         |
| 当社の登録実用新案一覧  |                            | 699・700 |
| スポットライト  |                            | 697     |
| 低圧回路における力率自動調整装置・BO-700 形炊飯トースター・小形高密度オーディオコンポーネント M シリーズ (表紙-3) |                            |         |

## FEATURING INDUSTRIAL COMPUTER APPLICATIONS

### CONTENTS

#### FEATURED PAPERS

|  |                          |     |
|--|--------------------------|-----|
| The Present Situation and Future Trends in Computer Application to Electric Power Generation | Naomi Matsumoto et al.   | 634 |
| Industrial Computer Application to the Iron-and-Steel Industry                               | Satoshi Watanabe et al.  | 639 |
| The Application of Industrial Computers to Manufacturing                                     | Naonori Tatsuta et al.   | 644 |
| Industrial Computer Systems in Public Enterprises  | Masayoshi Shimada et al. | 649 |
| Industrial Computer Systems in the Transportation Industry                                   | Makoto Sato et al.       | 654 |
| Quality Control and Maintenance Involving Industrial Computers                               | Sadao Fujii et al.       | 659 |

#### GENERAL PAPERS

|  |                                      |     |
|--|--------------------------------------|-----|
| Computerized Control Technology for Wire-Cut EDMs                | Kazuhiko Kobayashi et al.            | 665 |
| A Flash Welder Using Rectangular-Wave Voltage                    | Takio Okuda et al.                   | 670 |
| The Gas-Fired Hot-Air Clean Heater                               | Tamotsu Nomaguchi et al.             | 674 |
| A Kotatsu Leg Warmer with Electronic Hot-Air Circulation         | Nobumichi Hattori et al.             | 678 |
| New Developments in Lossnay Total-Heat-Exchange Ventilators      | Masataka Yoshino & Yoshiki Hashimoto | 683 |
| A Simulation Program for Three-Axis Control of Satellites (SIPT) | Takahiro Suzuki et al.               | 688 |
| A System for the Optimum Operation of a Water-Supply Network     | Isao Sakaguchi et al.                | 693 |

### 表紙

#### 三保ダムの水管理

急増する水需要に対処するため神奈川県企業庁が酒匂川上流に建設を進めていた三保ダムが7月1日から運用を開始した。平常時、酒匂川下流飯飯取水地点で180万m<sup>3</sup>/日の水道用水を取水し、横浜・川崎・横須賀・小田原等の神奈川県下11市10町に供給するほか、洪水時にはダム地点でのピーク流量を低減し、下流域の安全性を高めるものである。

そのためダムサイトの管理事務所には当社の工業用電子計算機《MELCOM》350-7Fの2重系及びテレメータが設置され、流域雨量をテレメータで監視・計測し水位の予測を行いダムゲートを制御している。またCRT表示装置を活用し操作員の監視制御に便ならしめている。

### COVER

#### An Aerial View of the Miho Dam

On July 1, 1978, the Miho Dam of the Sakawagawa River in Kanagawa Pref. became fully operational, supplying 1,800,000m<sup>3</sup>/day of water to 10 towns and 11 cities. Control of the peak flows will protect large areas from flooding.

The control room of the dam uses a Mitsubishi MELCOM 350-7F industrial control computer (duplex) system for telemetering rainfall in the catchment area, supervision, measurement and forecasting of water levels, and for control of the dam gate. CRT displays facilitate supervision and control by the operators.

# アブストラクト

## 発電分野における計算機システムの現状と今後の動向

松本直己・松宮正幸・花村泰助・小田橋正寿・小野勝弘  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P634～638

発電プラントは省資源、省エネルギー更に公害防止等の社会的要請により、プラント諸設備構成が複雑化、高度化してきている。一方、プラント運転面では高効率、高信頼化が一層要求されてきた。これら諸要求に工業用計算機の果たす役割は今後ますます大きくなって行くものと思われる。本稿では、火力・原子力プラントに対する工業用計算機適用の最近の状況と今後の動向を述べ、また運転員訓練用シミュレータについての現状と今後の改善方向を述べている。

## 工業用計算機における品質管理と保守

藤井貞雄・新宅三喜男・松本孝郎  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P659～662

工業用計算機システムの品質保証の基本は、プラントニーズに合致し、かつ高信頼化を目指すシステム設計と、信頼性の高い部品の採用である。特にIC、カードの徹底したスクリーニング、設置環境条件に対する保証試験、計画的な予防保全が大切であり、部品、ユニット、システムの3レベルに分けて、各レベルの最適な試験項目とエージングパターンを設定し、効果的な試験フローを確立して信頼性の保証を行っているのを紹介する。

## 鉄鋼業分野における工業用計算機システム

渡邊 聰・今道周雄・川崎宗男・稲本 惇・芥川哲雄  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P639～643

鉄鋼分野における計算機導入は歴史も深く、また常に革新的とも言うべき勢いで推進されてきた。特に最近の傾向としては、従来の計算機ハイアラキの見直しに始まり、システムの最適な分散化及び集中化を目指し、地に着いたシステム化がすすんでいると言えよう。《MELCOM》350—50シリーズはまさにこの流れに適應したシリーズと言えるが、本稿では鉄鋼業分野においてこれらの新しいシステム構造の思想がいかに消化され実現されているかについて述べる。

## ワイヤカット放電加工機における計算機制御技術

小林和彦・高鷲民生・太島道隆・田中 豊・弥富 剛  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P665～669

ワイヤカット放電加工の発展には、最近目覚ましいものがあるが、これには制御技術、とりわけ計算機制御技術の進歩が大きく寄与している。その中でも、テーパカット装置及び加工条件の最適化制御は、極めて高度な制御技術を駆使しており、ワイヤカット放電加工法の特性を大幅に向上させるとともに、応用範囲を拡大させた。本文ではまず、計算機制御技術の概要を述べ、つぎに上記2種の制御技術について、方法、仕様等を詳細に述べる。

## 産業分野における工業用計算機システム

龍田直紀・伊藤卓治・能登二郎・岡 治樹  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P644～648

一般産業分野における工業用計算機システムの利用は、各企業での情報システム化指向、過去の適用システムの成果、更には近年の経済状況の変化を反映して、生産工程管理及び制御、原料管理、ユーティリティ管理、設備安全管理、環境管理、自動分析試験、各種自動制御（DDCなど）設備などの合理化へと広がりつつある。ここでは、とくに生産管理システムと自動分析試験システムについて、その技術的展望と当社の新技術を実例にてらして紹介する。

## 矩形波電圧方式フラッシュ溶接機

奥田滝夫・稲田幹夫・馬場利彦・原 且則  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P670～673

このたび新しく開発した矩形波電圧を用いたフラッシュ溶接機について紹介する。この溶接機は、従来の正弦波電圧の代わりに、3相交流電源からインバータによって矩形波電圧を発生し、これをフラッシュ電圧として用いている。この方式は、溶接現象的に信頼性の向上、溶接時間の短縮が図れるなどの長所があるとともに、電気的にも3相平衡負荷、高力率であり、最大容量を低減できるなどの長所がある。

## 公共事業分野における工業用計算機システム

嶋田政代士・中堀一郎・吉原秀樹・伊藤卓治・中谷貴壽  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P649～653

河川・上下水道など水処理、ビル管理、公共事業分野における工業用計算機システムの応用技術に関し、現在の技術動向と今後の技術的方向の展望を行った。また信頼性を向上させ、拡張性に富んだシステム構成、CRTを用いた高度なマンマシン装置、データウエーを用いた機能分散形システム構成について、最近の納入例について紹介を行っている。

## ガス温風暖房機《クリーンヒーター》

野間口有・齊藤辰夫・下島明彦・中村 進  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P674～677

53年度のガス《クリーンヒーター》は市場8年間の実績からくる市場要望、すなわち、小形軽量化、快適性向上、運転操作性向上等に対処し、(1)バーナ入力3段制御方式、(2)温風下吹き機種、(3)運転操作の自動制御回路等の開発と、(4)バーナの改良を行い大幅な改良を実施するとともに、機種系列の充実をはかった。それらの内容につき記述する。

## 交通事業分野における工業用計算機システム

佐藤 眞・高根宏士・多田 淳・鈴木敏明・村川亮三  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P654～658

交通事業分野における工業用計算機システムの適用は、航空、鉄道、道路、船舶など広範な分野で実施されている。今回は、特に鉄道分野における工業用計算機システムの適用において、最近顕著な実績を上げているシステム、及び近い将来にその発展が期待されているシステムに焦点を合わせて紹介する。

## 電子式温風循環やぐらこたつ

服部信道・岩田尚之・竹谷康生・吉田義雄  
三菱電機技報 Vol.52・No.9・P678～682

《電子コタツ》の名称で市場に出した新しい温風循環式のこたつは、赤外線こたつに比べ、より安全で、快適性に富み、経済的なものである。このこたつでは熱源として正特性サーミスタからなる電子ヒータを採用し、ファンによって電子ヒータに空気を強制循環させ、こたつ内を温風で暖めており、温度調節にはサーモダンパによる無接点連続制御方式を用いている。本文ではこの商品の構成・動作原理・仕様と特長などを報告する。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 659~62 (1978)

## Quality Control and Maintenance Involving Industrial Computers

by Sadao Fujii, Mikio Shintaku & Takao Matsumoto

The bottom line of quality assurance regarding industrial computer systems is designs conforming to plant needs and aiming at higher reliability, and the use of highly reliable components. Of particular importance are the thorough screening of ICs and logic cards, assurance testing in regard to conditions in the installation environment, and systematic preventive maintenance. The article describes how reliability assurance was carried out by establishing suitable test objectives and aging patterns at three levels—parts, units and systems—and by developing an effective test flow.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 634~38 (1978)

## The Present Situation and Future Trends in Computer Application to Electric Power Generation

by Naomi Matsumoto, Masayuki Matsumiya, Taisuke Hanamura, Shoju Odahashi & Katsuhiko Ono

Requirements for the efficient use of energy and resources and for pollution control have brought increasing complexity and sophistication to power-generating facilities, and their operation too must be both efficient and reliable. The role of industrial computers in satisfying these varied requirements is expected to show accelerating growth. The article discusses the present situation and future trends in the application of industrial computers to fossil-fuel and nuclear power plants, describes a simulator system for operator training, and notes possible future improvements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 665~69 (1978)

## Computerized Control Technology for Wire-Cut EDMs

by Kazuhiko Kobayashi, Tamio Takawashi, Michitaka Oshima, Yutaka Tanaka & Takeshi Yatomi

Progress in electrical discharge machining by the wire-cut method has been notable of late, and the contribution of improved control technology, specifically computer-control technology, has been immense. Taper cutting and the adaptive control of machining conditions have employed particularly sophisticated control techniques, and have significantly improved wire-cut EDM performance while greatly broadening the areas of its application. The article first presents an outline of computer-control technology, followed by details of the methodology and specifications of the control techniques referred to above.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 639~43 (1978)

## Industrial Computer Application to the Iron-and-Steel Industry

By Satoshi Watanabe, Chikao Imamichi, Munee Kawasaki, Atsushi Inamoto & Tetsuo Akutagawa

The iron-and-steel industry is seeing a remarkable expansion in its long standing usage of computers. Recently, the tendency has been to re-examine conventional hierarchical systems in favor of the degree of the distribution or centralization appropriate for the process, so that computer systems are becoming much better matched to the practical realities.

The MELCOM 350-50 system series ideally exemplifies this trend. The article discusses how the philosophy of these new system structures has been refined and put into practice in the iron-and-steel industry.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 670~73 (1978)

## A Flash Welder Using Rectangular-Wave Voltage

by Takio Okuda, Mikio Inada, Toshihiko Baba & Katsunori Hara

The article describes a recently developed flash welder that uses, instead of conventional sine-wave voltage, rectangular-wave voltage that is generated from a 3-phase AC supply by an inverter. Performance is superior in both reliability and speed, and the system also has advantages electrically, with a 3-phase balanced load and a higher power factor, so that equipment of smaller rated capacity can be used.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 644~48 (1978)

## The Application of Industrial Computers to Manufacturing

by Naonori Tatsuta, Takuji Ito, Shiro Noto & Haruki Oka

The use of industrial computer systems in manufacturing—reflecting not only the trend in every enterprise toward the development of information systems but also the results obtained from computer systems adopted in the past, and including recent changes in economic conditions—has now broadened to cover the rationalization of manufacturing-line management and control, feedstock management, utility management, equipment security management, automatic analytical testing, and equipment for various types of automatic control (including direct digital control). The article specifically introduces automatic analytical testing systems, provides a technological overview and describes some examples of new Mitsubishi Electric technology.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 674~77 (1978)

## The Gas-Fired Hot-Air Clean Heater

by Tamotsu Nomaguchi, Tatsuo Saito, Haruhiko Shimijima & Susumu Nakamura

The gas-fired Clean Heater has been improved for the 1978 model year in response to consumers' requests over an eight-year period for a lighter, more compact structure, greater comfort, improved operability, etc.

The article describes the major improvements effected—including 1) 3-step control of burner intake, 2) development of models with hot-air discharge from below, 3) development of automatic control circuitry for operation, and 4) improvement of the burner—and introduces the expanded product line.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 649~53 (1978)

## Industrial Computer Systems in Public Enterprises

by Masayoshi Shimada, Ichiro Nakabori, Hideki Yoshihara, Takuji Ito & Takatoshi Nakatani

The article presents current and future trends in the technology of applying industrial computer systems to such public enterprises as water purification in rivers, water supplies and sewage systems, and building supervision. In addition, there is a discussion of system configurations that offer improved reliability and expandability, of sophisticated man-machine interface devices using CRTs, and of system configurations featuring functional distribution through the use of dataways, by means of examples actually in use.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 678~82 (1978)

## A Kotatsu Leg Warmer with Electronic Hot-Air Circulation

by Nobumichi Hattori, Naoyuki Iwata, Yasuo Takeya & Yoshio Yoshida

The so-called electronic *kotatsu*, with hot-air circulation, is an improvement over the infrared type in safety, comfort and economy. The new unit uses an electronic heater consisting of a thermistor with a positive temperature coefficient, across which air is circulated by means of a fan. Temperature is controlled by a contactless continuous controller using a thermal damper. The article reports on the structure, operating principle, specifications and features of the new electronic *kotatsu*.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 654~58 (1978)

## Industrial Computer Systems in the Transportation Industry

by Makoto Sato, Hiroshi Takane, Atsushi Tada, Toshiaki Suzuki & Ryojo Murakawa

Industrial computer systems are applied in many areas of the transportation industry, including airlines, railways, trucking and shipping. This article concentrates specifically on railways, with emphasis on systems that have recently achieved striking results as well as systems expected to grow in the near future.

アブストラクト

|  |   |
|--|---|
| <p>《ロスナイ》全熱交換器の新しい展開</p> <p>吉野昌孝・橋本芳樹</p> <p>三菱電機技報 Vol.52・No.9・P683～687</p> <p>昭和45年に空気対空気の静止形全熱交換器として《ロスナイ》を開発して以来、9年目を迎え冷暖房機器の普及、建物の密閉化による酸欠問題など省エネルギー気運の高まり等を背景に、その必要性和価値が認識され、現在では住宅用からビル空調用、列車用そして農事用まで幅広い用途に《ロスナイ》が採用されている。今回ここに多様化する全熱交換器ニーズに対応させるために機種体系の充実をはかり、新分野への応用を目指して開発した製品を紹介し今後の方向について考察する。</p>          | <p>大阪府水道部村野浄水場納め送水系統運用システム</p> <p>坂口 功・宮武 努・中堀一郎・高橋正夫・小沢純一郎</p> <p>三菱電機技報 Vol.52・No.9・P693～696</p> <p>広域に広がる貯水池、ポンプ場を持つ大規模送水系統においては、安全性、信頼性及び経済性を考慮した効率的な送水施設の運用が必要とされている。ここでは、この運用を行うために大阪府水道部に納入した送水系統最適運用システムについて、その機能、機器構成並びに運用法の概要を紹介している。</p> |
| <p>三軸制御衛星シミュレーションプログラムSIPT</p> <p>鈴木崇弘・安斉孝男・奥田一実・松浦卓丈・今度史昭</p> <p>三菱電機技報 Vol.52・No.9・P688～692</p> <p>人工衛星の汎用的な姿勢シミュレーションプログラムは在来から要望されていたが、人工衛星の機能とミッションが非常に多様なため、これらすべてに適用できるプログラムの開発は困難であった。我々はプログラムの機能を衛星の搭載機器に対応してブロック化し、それらを階層的に再構成して、非常に汎用的な三軸制御衛星の姿勢シミュレーションが行えるプログラムSIPTを完成した。この論文はこのSIPTの構成と機能につき概要を述べたものである。</p> |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 693~96 (1978)

## A System for the Optimum Operation of a Water-Supply Network

by Isao Sakaguchi, Tsutomu Miyatake, Ichiro Nakahori, Masao Takahashi & Jun'ichiro Ozawa

In water-supply networks in which reservoirs and pumping stations are spread over a wide area, efficient operation of water-supply facilities, taking account of safety, reliability and economy, is essential. The article outlines the functions, mechanical structure and operating method of one such system delivered to the Murano Purification Plant of the Osaka Prefectural Water Dept.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 683~87 (1978)

## New Developments in Lossnay Total-Heat-Exchange Ventilators

by Masataka Yoshino & Yoshiki Hashimoto

Since the Lossnay air-to-air, static, total-heat-exchange element was developed in 1970, central heating and air-conditioning have become more popular, and the problems of oxygen deficiency due to sealed buildings and the trend toward energy efficiency have increased. In these days, when such factors are recognized as vitally important, Lossnay ventilators are being applied ever more widely for control of the environment in homes and buildings, in railway coaches, and even in agriculture. To meet these needs for increasingly diverse total-heat exchangers, the Lossnay product line has been expanded, and the article introduces the models developed for use in these new fields.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 9, pp. 688~92 (1978)

## A Simulation Program for Three-Axis Control of Satellites (SIPT)

by Takahiro Suzuki, Takao Anzai, Kazumi Okuda, Tsunetomo Matsuura & Fumiaki Imado

A need has long been felt for a general-use program for the simulation of satellite attitudes, but because of the wide diversity in satellite functions and missions, it has been difficult to develop a program capable of simulating all of them. The authors have divided the program functions into blocks corresponding to the onboard equipment of the satellite and reconstituted them hierarchically, developing a program for extremely general-use attitude simulation of three-axis satellites. The article outlines the structure and functions of the SIPT program.



## 最近の工業用計算機システム

室 賀 淳\*

工業用計算機システムを当社が最初に納入したのは、昭和37年で、その用途はセメントプロセス制御用、エチレンプロセス制御用、発電電所用データロガー、などであった。当時は、プロセス制御用計算機システムと呼ばれ、次第に化学、鉄鋼、電力、交通などの分野に広く導入されるに至った。この15年間に於けるいわゆるオートメーション化の発展は著しく、単なるプラントの制御だけでなく、監視、モデル計算、更にプロセス情報処理とその適用範囲が拡大し、今日では工業用計算機システムと呼ばれるに至っている。

システムの内容も、日本国有鉄道と共同開発を行った、操車場総合自動化システム(YACS)のように、10年の歳月と膨大なソフトウェア人工を投入して完成する大形システムから、小形のビル管理システムなどのごとく、標準化とパッケージ化により数か月で完成するコンパクトシステムまで、その応用範囲はまさに千差万別である。

経営管理的なシステムを扱うはん(汎)用計算機システムとは異なった一分野として、工業用計算機システムが成長と繁栄を続けているのは、(1) 工業用計算機システムの適用されている産業分野では、ユーザシステムの中に、電動機・発電機など原動機の運転制御、受変電機器の運転、超音波探傷・レーダスピードメータ・レーザ温度計などの各種の計測技術、モデル化、シミュレーションの技術などが大きな比重を占めており、これらの中には、総合電機メカとして提供可能な技術が多い。このため、メカ側システムエンジニアは、計算機のハードウェア、ソフトウェア技術だけでなく、上記の各種技術についても豊富な知識・経験を持って、ユーザシステムの開発に協力することが多いし、システムの評価もこれらを含めて総合的に行われるのが普通である。

この点、計算機のハードウェアとソフトウェアがメカ側にある以外は、ノウハウのほとんどがユーザ側にある、事務処理中心の汎用計算機システムと著しく様相を異にしている。

(2) 工業用計算機システムは、一般にその適用されるプラントと同様に高度の信頼性と耐久性が要求される。このため進歩の著しいハードウェアについては、独自の選定基準、品質管理体制、サービス体制が必要である。

また、ソフトウェアについては、システムの拡張に対する連続性と保守性が極めて重視されている。

(3) 工業用計算機システムは、発足当時よりオンラインリアルタイム処理であり、年1~2回の定期点検時を除けば、過酷な環境の下で24時間連続運転を行うのが原則であり、信頼性、保守性については、

ハードウェア、ソフトウェアいずれに対しても設計及び品質管理面で特別な配慮が必要である。などの理由によるものであろう。

この特集号では、広範囲な応用分野を電力、鉄鋼、一般産業、公共、交通の5分野に分け、最近開発されたシステム例を報告したが、これらに共通した最近の工業用計算機システムの動向として、

(1) システム開発の効率化、ソフトウェアの生産性、保守性が第一に取り上げられる傾向が顕著で、構造化などが考慮された工業用高位言語や、問題向き言語、使いやすいユーティリティなどを豊富にとりそろえたオペレーティングシステムが要求されている。これらのソフトウェアと、集積回路技術の発達によって、経済的に使用できるようになった、大容量の主メモリ、補助メモリを組合せることにより、ユーザ側システムエンジニアが、プログラマとしての仕事から開放され、本来のシステム開発に全力投球できるようになりつつある。

(2) 制御の分散、情報の集中処理の傾向が顕著で、プロセスデータベースの構築が盛んに行われつつある。データベースの確立については、顧客のシステムを理解できる、計算機システム技術者が必要であり、分野別に優れたデータベースシステムの開発が盛んに行われている。

(3) システム運営の効率化、ソフトウェアの生産性、保守性向上の見地から、システムの階層構造の検討が重要視されている。特に、データウェアの発達、及び集積回路技術とファームウェア技術の進歩に基づく、目的指向プロセッサの出現によって、工業用計算機システムの階層を、統一されたソフトウェアとハードウェアの下で、統一された設計思想により構築することが可能となり、システムの開発及び運営がより効率的になりつつある。

(4) システムの信頼性に対する要求を満たすため、RAS機能の充実が図られているが、システム構成上も2重系の採用が多くなり、コモンメモリなどの普及に伴いいわゆるNON-STOPシステムが経済的に実現しつつある。

システム建設のあい続いた高度成長時代に導入が始まり、共に成長して来た工業用計算機システムも、省エネルギー、省力化を第一義とする低成長時代に入り、システム開発組織の見直し、システムの拡張性、ソフトウェアの生産性、保守性を含めた投資効率の再検討を必要とする時代に入りつつある。

本号が、新システムの開発、あるいは、既設システムの拡張、再建をされる顧客の方々のご参考に供せられれば幸いである。

# 発電分野における計算機システムの現状と今後の動向

松本直己\*・松宮正幸\*・花村泰助\*\*・小田橋正寿\*\*・小野勝弘\*\*

## 1. ま え が き

発電プラントは公共性の高い電力の供給ということの外に、現在では省資源、省エネルギーについての社会的要請により、プラント運転の高効率化、高信頼度運転が要求されている。原子力プラントのベースロードとしての選定、昼夜間の電力需要差の拡大により従来ベースロードとして考えられていた大容量火力プラントと言えども大幅な負荷変化及びひん繁な起・動停止の要求されるモッドル負荷用としての運用が必要となってきた。このために、プラントとしての諸設備、それをか(稼)働させる機器構成が高度化、複雑化してきたためプラントの操作の種類や内容が膨大なものとなり自動化の必要性はますます高まってきた。

また運転員に対してはより高度な判断力が要請されることとなり、シミュレータを用いた効果的な訓練を必要とするようになってきている。

一方、最近の工業用計算機の処理能力、信頼性、使いやすさなど

の飛躍的な向上に伴い計算機を用いた広範囲な自動化システム、運転監視システム、運転員訓練シミュレータが着実に発展してきた。

以下に、火力・原子力プラントに対する計算機適用の最近の状況と今後の動向を述べ、また運転員訓練用シミュレータについても現状と今後の展開方向について述べる。

## 2. 火力・原子力プラントの計算機システム

### 2.1 最近の火力プラントの計算機システム

我が国における火力発電所への本格的な工業用計算機の適用は、当社が昭和39年関西電力(株)へ納入した《MELCOM》330システムによるデータローガーに始まる。その後工業用計算機の応用は急速な進歩を示し、最近では広範な自動化システムの中核の役割を果たすようになっている。以下に最近の自動化プラントの計算機システムを紹介する。

#### 2.1.1 自動化プラントの要件

プラント運用上の要件として次の項目が挙げられる。

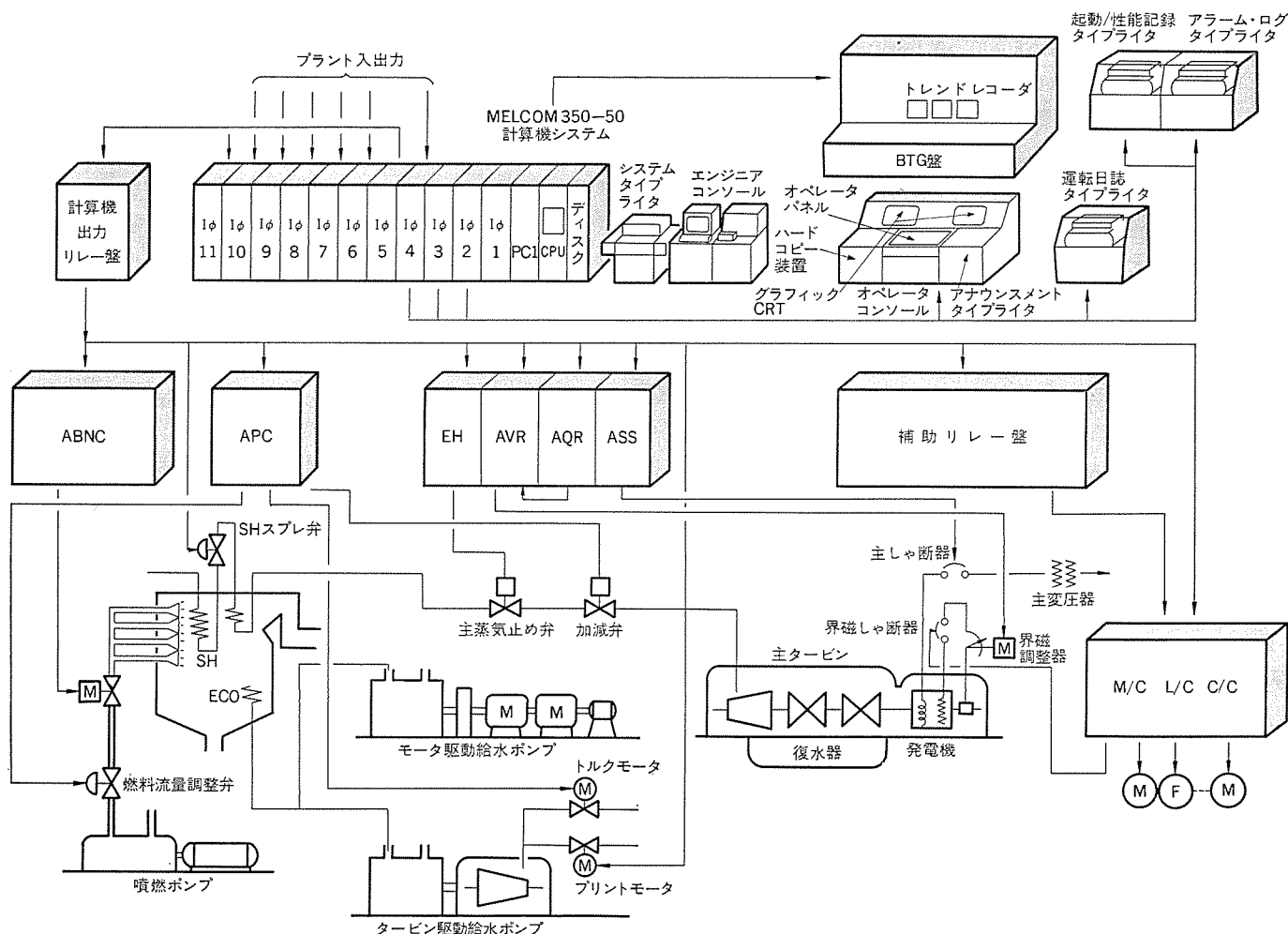


図 1. PSC システム 構成図



- (1) 深夜、週末の起動・停止がひんぱんに行えること、及び負荷応答性が良いこと。
- (2) 高効率でしかも機器寿命の長い運転ができること。
- (3) 多様化した燃料事情に臨機応変に対応できること。
- (4) 通常運転中はもちろん、起動・停止時及びプラント事故に対しても環境汚染防止の運転ができること。
- (5) 外部の送電事故に対して影響を最小限にするため系統単独、所内単独運転が可能であること。
- (6) 最少限の運転員でプラント運転ができること。

以上の要件を満足するには工業用計算機を中心とし、サブールプ制御装置はそれぞれの特長を生かした形で計算機と直結させることによりきめ細かい、能率的なプラントの全自動化が実現できる。この自動化システムをPSC (Plant Start/stop Control system) と称している。(図 1. 参照)

## 2. 1. 2 計算機制御機能

PSC は制御・監視機能及び予定時刻計算機能を持っており、これらの機能によりプラントの起動・停止を自動で行い、また通常運転時の負荷変動に必要な操作を行う。すなわち、並列あるいは解列時刻を守るようにスケジュールを立てて(予定時刻計算)、このスケジュールに従ってプラントの状態を監視しながら起動・停止の操作を行う。

計算機制御は次の4方式を各方式の特長を生かして適用されている。

- (1) 計算機直接制御 (DDC)
- (2) アナログサブールプ装置 セットポイント 制御 (SPC)
- (3) ロジックシーケンスの起動制御
- (4) 補機キック制御

プラント自動化の範囲としては、起動時は海水系統の確立より定格負荷到達までのFCB後の再起動を含めた起動操作を、停止時は現在負荷よりボイラバンキングあるいは冷却停止に至る最終補機停止までの停止操作を、通常運転時はBFPTの起動・停止、燃料油ポンプの追加発停、プラントの最適運用を行う主蒸気温度制御及びタービン熱応力制御を対象としている。監視・制御の機能項目を表 1. に示す。

## 2. 2 最近の原子力プラントの計算機システム

我が国のPWR形原子力発電所には、最初に建設された関西電力(株)美浜発電所1号ユニットよりすべて計算機システムが導入されている。美浜発電所の1号ユニット及び2号ユニットの計算機システムについて、当社はその据付け・調整及び試運転に参画しており、それ以降建設されているPWR形原子力発電所にはすべて当社の工業用計算機システム《MELCOM》350-30 F並びに《MELCOM》350-50が採用されている。

原子力発電所の計算機システムはプラントの制御に直接は使われていないが、プラントの運転監視、運転管理データの収集、炉心管理・燃料管理のためのデータ収集、事故時のデータ収集、オペレーションガイドなどプラントにとって必ず(須)の機器として重要な役割を果たしている。表 2. にPWRプラントの最近の計算機システムの機能を示す。

## 2. 3 今後の火力・原子力分野における計算機システム

今後の発電分野における計算機システムは、従来のプラントの監視/制御範囲の量的拡大とともに質的な深さが要求されてきている。

最近の工業用計算機適用分野として着々と実施されつつある項目として次のものが挙げられる。

- (1) プラント及び制御装置の異常診断とセキュリティコントロール
- (2) 中央制御盤のCRT化

表 1. PSC 監視・制御機能一覧

| 項 目                    | 概 要   | 備 考  |
|------------------------|---|--|
| 制 限 値 変 更              | 警報の上下限設定値を変更する。必要な場合、デッドバンドを持たせる。   |  |
| 機 器 性 能 監 視            | AH, 復水器など主要補機の効率計算を行う。<br>(主として伝熱面のよれ具合などを監視する)   |  |
| 主 要 機 器 異 常 監 視        | 主要機器について作動不良、装置故障などの異常監視を行う。<br>装置の入出力の関連により監視する。   |  |
| プラント運転状態<br>偏 差 監 視    | 安定負荷運転時にプラント各部の状態量について正常値との偏差を監視する。   |  |
| 制御出力メッセージ              | 計算機からの制御出力についてメッセージを出力する。   |  |
| 操作指示メッセージ              | 計算機制御の中で手動になっている機器、外部制御装置に対して計算機制御を進行するための操作指示を出力する。  | 一部の制御装置は手動でも計算機制御は可能とする。                             |
| 未完条件メッセージ              | ブレイクポイントの開始、終了条件について未完項目を出力する。  |  |
| 条 件 無 視                | 計算機制御進行の条件を必要に応じて無視する。  |  |
| 予 定 時 刻 計 算            | ユニット起動・停止の要求時及び主要ブレイクポイントにおいて点火、通気、並列、主要補機起動など主要な項目について予定時刻を出力する。   |  |
| ブ ラ ン ト の<br>起 動 ・ 停 止 | プラント起動・停止時計算によるパターンに応じて制御を行う。<br>a. 計算機直接制御<br>主な機能<br>・BFPTの昇速並びに給水制御<br>・タービン熱応力制御<br>・ボイラ昇温・昇圧及び減圧制御<br>・主蒸気温度制御<br>・シリカ・ブロー弁制御<br>・ボイラ・クローリング<br>・ボイラ・ドレン弁開度制御<br>・バーナ本数制御<br>・燃料油5分制御<br>・最速復水器真空度制御<br>b. セットポイント制御<br>c. キック制御 | 計算機制御は機器及び外部制御装置が異常時においても制御の進行が可能のように例外時の処理にも留意している。 |

表 2. PWR プラント 計算機 システム の 機能

| No. | 応 用 機 能 項 目           |
|-----|-----------------------|
| 1   | トリップシーケンス印字           |
| 2   | 経過値印字                 |
| 3   | 多重測定系の偏差監視            |
| 4   | 原子炉保護系・安全防護系の監視       |
| 5   | 制御棒位置偏差・駆動装置の監視       |
| 6   | 制御設定値の監視              |
| 7   | 炉外核計装出力領域チャンネルの校正     |
| 8   | 蒸気発生設備熱出力計算           |
| 9   | 炉内熱電対データ解析            |
| 10  | ディルトファクタの監視           |
| 11  | 炉内核計装データ収集及び解析        |
| 12  | アキシシャルオフセット一定値制御運転の監視 |
| 13  | ほう酸濃度計算               |
| 14  | キセノン濃度追従及び予測          |
| 15  | 反応度解析                 |
| 16  | 原子炉停止余裕・全出力復帰余裕の監視    |
| 17  | タービン発電機振動監視           |
| 18  | 〃 振動データ収集             |
| 19  | 〃 機器経年変化の監視           |
| 20  | 〃 性能計算                |
| 21  | 放射線管理データ収集            |
| 22  | 日誌・日報の作表              |
| 23  | オペレータ リクエスト           |

### (3) 発電所管理業務の機械化

発電所管理業務の機械化は部分的に実施されているが、今後急速に発展しなければならない重要な分野であり次のような業務がある。

- 環境管理
- 貯油量管理
- 機器保安管理
- 放射線被ばく管理
- 防犯業務
- 統計業務

### 2.3.1 プラント及び制御装置の異常診断とセキュリティコントロール

今後発電プラントへの工業用計算機適用の重要な分野であり、その1つとしてAPC異常診断システムがある。

火力発電プラントにおいてボイラ・タービン発電機の協調制御を行うプラント自動制御装置(APC)の異常はそのバックアップ操作が遅れると大幅な負荷制限、あるいはユニットトリップなどプラントの運用に重大な影響を及ぼす可能性がある。このため主要な自動制御装置に対しては検出器系、デマンド系などは異常検出をして必要なインタロックを備えて信頼性を高める設計がなされている。

これらの異常検知機能を更に拡大し体系化して1つのシステムとしてまとめた装置がAPC異常診断システムである。このシステムにより次のような利点が生ずる。

- (1) APCシステム全体をシステムティックに監視できる。
- (2) APCシステム、診断システム共に構成がシンプルとなり信頼度が高まる。
- (3) APCシステムの異常、故障箇所の同定が可能となり、運転員に対して同定結果を示すとともに適切な操作指示を示すことができ、原因追求及び復旧操作の迅速化がはかれる。

このAPC異常診断システムは、関西電力(株)及び三菱重工(株)と共同で開発を行ったものであり、現在関西電力姫路第2発電所5号ユニットに設置し試用中である。図2.にAPC異常診断システムの構成を示す。今後この種の異常診断システムは異常箇所のバックアップ制御あるいは縮退運転制御など技術的展開が予想され、プラント運用の高信頼性に大きく寄与して行くものと思われる。

### 2.3.2 中央制御盤のCRT化

プラントの大容量と安全性の追求は全自動化への要求と運転員の監視業務の増大をもたらした。これに応えるべく提案されたのが中央制御盤にCRTを導入し、工業用計算機によって処理された情報を運転員に必要なときに見やすい形に示すことにより監視範囲を縮小し、判断を容易にしようとするシステムである。

CRTを中心とした中央制御盤では、プラントの状態変化が起ってからCRTに出力されるまでの時間(スループット)が人間工学的見地より0.8~数秒以内と非常に高い処理性を要求される。またシステムダウンがプラント運転に及ぼす影響が大きいため高い信頼性・稼働性を要する。更に時代や環境の変化に伴いプラントの改良、運転方案の変更に伴いシステムの保守・拡張の実施しやすいことが要求される。

以上のことから今後の発電プラントの計算機システムは、ハードウェア構成面ではシステム全体からみて処理性・信頼性を飛躍的に向上させるマルチコンピュータ構成が採用され、ソフトウェア面ではオペレーティングシステムの充実、ソフトウェアの生産性・保守性・拡張性に優れたモジュール構成とデータベース化の推進、システム稼働率向上のためのフェールソフト機能の充実が図られていくと思われる。当社ではこれらの要求と将来動向に適合する計算機システムとして《MELCOM》350-50シリーズと電力プラント用データベースソフトウェア体系PRODAS(PROcess DATA base Software system)を開発した。《MELCOM》350-50とPRODASの特長を表3.に、PRODASの構成を図3.に示す。PRODASは電力プラント総合監視制御システムのデータ仕様及び機能

| APC<br>異常診断対象        | 監視要領                              | NOT DEB<br>発電機出力<br>≥180MW | DEBモード |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------|
| 検出器<br>(センサ)         | ・シングルリズナブル チェック<br>・マルチリズナブル チェック | ○                          | ○      |
| 操作端駆動部<br>(ドライブユニット) | ・操作端の増/減指令と変<br>位の妥当性チェック         | ○                          | ○      |
| 調節計<br>(コントローラ)      | ・制御偏差信号と操作端の<br>増/減指令の妥当性チェック     | ×                          | ○      |
| 指令部<br>(デマンド)        | ・数式モデル指令値と実測<br>指令値との照合チェック       | ×                          | ○      |
| 偏差限界制御部<br>(デビュション)  | ・数式モデル偏差限界動作<br>点と実測接点の照合         | ○                          | ○      |

表 3. 電力プラント総合監視制御からみた《MELCOM》350-50とPRODASの特長

| 《MELCOM》350-50の特長   |             |
|---|-------------|
| マルチコンピュータ<br>ECC機構付LSI素子主メモリ<br>マイクロ診断<br>命令再試行機能<br>機構の改善<br>ALUの2重化       | → 高信頼性、高稼働性 |
| マルチコンピュータ<br>大容量主メモリ (最大256KW)<br>大容量コモンメモリ (最大512KW)<br>デバイス速度に応じた豊富なチャンネル | → スループットの向上 |
| PRODAS(OSを含む)の特長  |             |
| モジュール構造/データベース<br>メモリ縮退運転<br>フェールソフト<br>オンラインテストメンテナンス                      | → 高稼働性、高保守性 |
| モジュール構造/データベース<br>論理アドレス、シンボルファイル<br>フリーメモリ方式<br>CRT穴うめ式データベース モディファイア      | → 拡張性       |

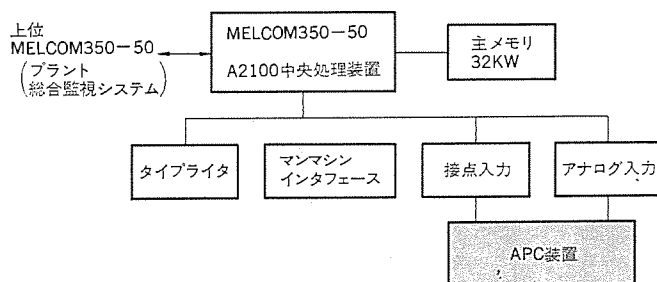


図 2. APC 異常診断システムの構成

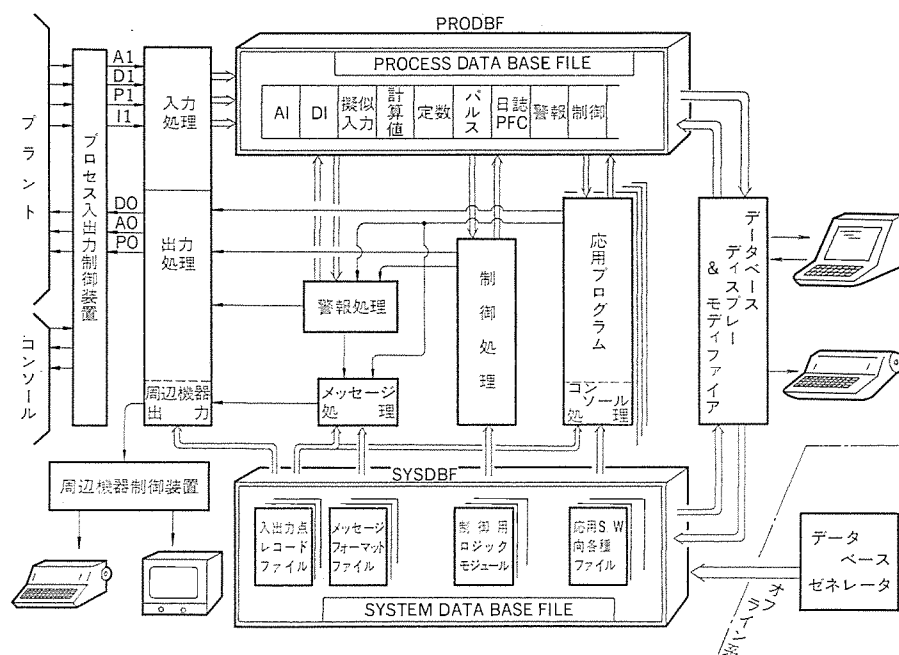


図 3. PRODOS システム構成図

表 4. PRODOS のソフトウェア メンテナンス の考え方

| 分 類 \ 項 目      | メンテナンス範囲  | メンテナンス項目例  | マン マ シ ン 装 置   | サポート ソフトウェア  |
|----------------|---|--|--|--|
| 1. 運 転 員 レ ベ ル | 電力プラントの日常運用に伴う諸定数の設定変更であり計算機の知識がほとんど無くても容易に実施できるレベル | (1) 暦の修正<br>(2) データ設定・修正<br>(3) リミット値変更<br>(4) ランプテスト<br>(5) デバイス動作テスト | (1) CRT<br>(2) 操作卓<br>(3) タイプライタ<br>(4) ハードコピー             | 〈PRODAS〉<br>・コンソール ファンクション<br>DBM (データベースモディファイア)<br>・CRT 穴うめ式設定<br>変更ユーティリティ  |
| 2. 保 守 員 レ ベ ル | 設備の増設・変更に伴うデータベースの追加変更でありデータベースをある程度認識しながら実施するレベル   | (1) 入出力点の増設・変更<br>(2) プラント監視・制御ロジックの増設・変更<br>(3) CRT 画面の追加変更           | (1) CRT<br>(2) ハードコピー<br>(3) 操作卓                           | 〈PRODAS〉<br>DBGEN (データベースゼネレータ)<br>DBM (データベースモディファイア)<br>・CRT 穴うめ式設定<br>変更ユーティリティ<br>PICGEN (ピクチャゼネレータ)<br>PICM (ピクチャモディファイア) |
| 3. 技 術 員 レ ベ ル | 新しい機能の追加でありデータベースの知識に基づき高位言語を用いてプログラムを作成するレベル       | プログラムの作成・試験<br>総合試験・登録・保守記録  | (1) CRT<br>(2) 操作卓<br>(3) システムタイプライタ<br>(4) カードリーダー/ライプリンタ | DBGEN<br>PICGEN<br>ジョブコントロール<br>高位言語コンパイラ<br>各種デバッグ機構  |

表 5. 火力発電所運転員訓練シミュレータの納入実績

| 番号 | 種 類 | 納 入 先   | 対象プラント               | 方 式  | 納入年月    | 製作者 | 備 考                             |
|----|-----|---------|----------------------|------|---------|-----|---------------------------------|
| 1  | 火 力 | 東京電力(株) | 横須賀 No. 8            | アナログ | 1967    | 三菱  | 350 MW ドラムユニット                  |
| 2  |     | 東北電力(株) | 新仙台 No. 1            | アナログ | 1971    | 三菱  | 350 MW ドラムユニット                  |
| 3  |     | 関西電力(株) | 堺港 No. 7<br>高砂 No. 1 | デジタル | 1976    | 三菱  | 250 MW ドラムユニット<br>450 MW 貫流ユニット |
| 4  |     | 中部電力(株) | 武豊 No. 2<br>渥美 No. 1 | デジタル | 1977    | 三菱  | 375 MW ドラムユニット<br>500 MW 貫流ユニット |
| 5  |     | 中国電力(株) | 下関 No. 2<br>玉島 No. 3 | デジタル | 1978    | 三菱  | 400 MW ドラムユニット<br>500 MW 貫流ユニット |
| 6  |     | 某電力会社   |                      | デジタル | 1979(予) | 三菱  | 製作中                             |

を満足すべきデータベースとはどのようなものであるかを徹底的に追求しており、このシステムの採用により計算機システムの拡張性、稼働性及びソフトウェアの生産性、保守性をより一層向上させることが可能である。PRODASの拡張性、保守性の具体例としては、プロセス入出力仕様、ロギング仕様、グラフィック CRT 画面仕様、監視制御仕様などの変更あるいは追加が CRT との対話穴め形式で発電所の保守要員が容易に実施できる。PRODASのソフトウェア保守に対する考え方を表 4. に示す。

### 3. 火力発電所運転員訓練シミュレータ

発電プラントの運転員の訓練は、従来机上訓練と実機訓練とに頼って行われてきた。しかしながら実機による訓練は適当な機会が少なくかつ危険を伴うプラントの起動・停止や異常時に対処するための訓練を十分実施することは困難であった。これら訓練をいつでも容易に行えるシステムがシミュレータを使った運転員訓練システムである。

#### 3.1 火力発電所運転員訓練シミュレータの現状

当社では昭和 42 年東京電力(株)にアナログ方式による火力発電所運転員訓練シミュレータを納入している。その後デジタル計算機の長足の進歩を背景とし、フライトシミュレータ、原子力発電所運転員訓練シミュレータ、火力プラント技術を核としてデジタル方式の火力発電所運転員訓練シミュレータを開発し、昭和 51 年に関西電力(株)に納入した。火力発電所運転員訓練シミュレータの当社の納入実績を表 5. に、最近のデジタル式訓練シミュレータの全景を図 4. に示す。

デジタル方式による火力発電所運転員訓練シミュレータはアナログ方式のものに比較し以下の特長をもっている。

(1) ドラムボイラ、貫流ボイラそれぞれの訓練が可能であり、その切換えがワンタッチで短時間に実施できる。

(2) ユニット当たり百数十種類のプラント異常時模擬を含め、プラント起動時から定格負荷までの広範囲を高精度・実時間で模擬しており訓練に多様性を持たせられる(表 6. 参照)。

(3) 18 種類にのぼるユニット初期状態が設定でき訓練時間の大幅な短縮が可能である。

(4) 5 分前、10 分前の状態をさかのぼって再現することができ反復訓練ができる。



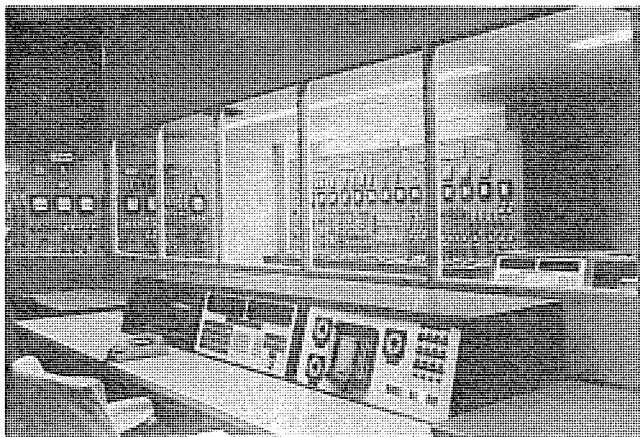


図 4. 火力発電所運転員訓練 シミュレータ  
(教官室より中央制御室を望む)

表 6. 訓練項目

| 項 目        | 内 容   |
|------------|---|
| ユニット起動停止操作 | 1. コールドスタート<br>2. ウォームスタート<br>3. ホットスタート<br>4. ベリーホットスタート<br>5. 通常停止<br>6. 真空保持停止<br>7. ボイラ強制冷却停止                           |
| 通常及び特殊操作   | 1. 変圧運転 (ドラム形ユニットのみ)<br>2. 出力変化<br>3. 復水器逆洗<br>4. タービン主弁類テスト<br>5. 復水器片系列操作<br>6. 高圧ヒータ片系列操作<br>7. 通風系統片系列操作<br>8. 高圧ブレンド操作 |
| 事故対応操作     | ドラム形ユニット 80 項目<br>貫流形ユニット 78 項目   |

- (5) 任意の運転過程で状態凍結が可能であり教育に便利である。  
 (6) 運転員の訓練結果を記録できるので訓練評価に便利である。  
 (7) プラントコンピュータの主要機能が含まれておりその運転操作訓練も可能である。

### 3. 2 今後の火力発電所運転員訓練シミュレータ

火力発電所運転員訓練シミュレータの基本的な技術は確立されたが、今後のプラント技術動向への対応、より一層の臨場感を増す模擬技法の開発、教育システムとしての訓練内容の高度化、教官の省力化を含む訓練自動化機能の導入などより良いシミュレータシステムへの改良が

必要である。

#### (1) 今後のプラント技術動向への対応

火力プラントでは環境に対する要求が一段ときびしくなっており、それに対応する運転操作訓練を盛り込む必要がある。また起動時の運転特性・経済性確保のため変圧運転貫流ユニットの建設が検討されており、変圧ボイラモデルの開発が必要である。

#### (2) 臨場感を増すための模擬手法の開発

プラント暗騒音の音響模擬、重負荷起動時の照明模擬などの方式が実用化されているが、更に炉内監視テレビ、排煙監視テレビなどITVの模擬手法の開発が必要である。

#### (3) 訓練自動化システム

運転員の教育という立場より見た場合これまでの火力発電所訓練シミュレータはその教材を提供したにとどまっており、使い方は教官に任されている。教育効果の向上を望むためにはインストラクタ機能の自動化を考慮する必要がある。訓練生は運転経験によって個人差があり、必要とする情報も変わってくる。このため訓練生の技能に応じてタオペレーションガイドモニタ機能、プラント情報のグラフィックCRTへの表示、また教官の定形的作業の機械化のため音声告知装置、資料表示装置の導入などが必要である。また訓練評価についても模範運転との差異を定量的に解析することも必要になってくるものと思われる。

## 4. む す び

発電分野における計算機システムとして、火力・原子力プラントにおける現状と今後の動向を述べ、併せ火力発電所運転員訓練シミュレータの現状と今後の改良方向について述べてきた。長期にわたる電力供給の安定確保の要求と、電源の多様化の方向は発電プラントの着実な伸びを予想させる。これを運用管理するための工業用計算機の役割はますます増大されよう。そのニーズに対処できるユーザ指向のシステム設計、これを可能にするデータベース思想及びインテリジェントなマンマシンインタフェースを供給できる計算機システム、また効果的な運転員訓練シミュレータを当社は確立しており、更にその改良・開発に努力を続けている。

終わりに、発電プラント計算機システム及び運転員訓練シミュレータの開発、実用化に当たりいろいろご指導いただいている電力会社の関係各位に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 末定, 柏岡, 手島: 火力発電所貫流ユニットABC故障検出システムについて, 火力原子力発電, 29, No. 2 (昭53)
- (2) 小川, 亀井, 松尾, 花村: 発電プラント用電子式制御装置の異常診断, 三菱重工技報, 15, No. 1 (昭53)
- (3) 佐藤, 梅村, 馬場, 横川, 山上: 火力発電所運転員訓練用デジタルシミュレータ, 三菱電機技報, 50, No. 9 (昭51)

# 鉄鋼業分野における工業用計算機システム

渡 邊 聡\*・今 道 周 雄\*・川 崎 宗 男\*\*・稲 本 惇\*・芥 川 哲 雄\*

## 1. ま え が き

近年、鉄鋼プラントは、従来の高速・大規模等の大農法的生産形態から集約的構造への変革が進み、高精度、複雑高級、多品種、低原単位生産を要求されるようになった。一方、それに呼応して制御システムの分野においては、機能階層レベル及び情報伝達方式が明確に整理されることによって、“情報の流れ”と制御システムとをより有機的に結合させることが要求されている。

当社は、鉄鋼プラント制御システムの中核とも言われる工業用計算機及びその制御システムの製作には永年の経験と実績とを有し、これらに基づいた技術力によって先進的な制御システムを納入してきた。ここでは、特に鉄鋼分野における計算機システムが、情報の発生源及び自動制御装置としていかに寄与しているか、またいかに有機的な結合が要求されるかを、適用例を挙げて述べる。

## 2. トータル システム 構 想

多数のデジタル計算機を組合せてひとつのシステムを形成するとき、おのこの計算機に機能を分担させる方式は、1962年に Richard Thomas and Baldwins が英国 Spencer 工場における階層構成を発表して以来、いわゆるハイアラキ（階層構成）がひとつの典型となった。ここでは階層はレベル0からレベル3まで次の4階層にわかれていた。

(1) レベル0 Unit Process Control (DDCを含む)

(2) レベル1 Production Control

(3) レベル2 Scheduling Control

(4) レベル3 Advance Planning and Interworks Scheduling

この構成を決めた要因としては、(1) デジタル計算機的能力、(2) 工場運営のための組織形態、(3) 製鉄技術レベル、(4) 品質に対する要求、(5) 製造及び制御設備技術、などがある。このような思想に基づいて推進されてきた鉄鋼プラントの計算機導入であったが、実際にはトップダウンの方向とボトムアップの方向の両方があったと言える。すなわちトップダウンの方向としてはビジネスシステム（オフラインシステム）から始まりそれを頂点として次第に下位レベルに近づいていくものであり、ボトムアップの方向としては各ライン・各工場でのDDCなりデータローガーあるいはそれ以上の制御用計算機から発展していったものである。これら2つの方向に従って育ってきたシステム化構想の境界線上すなわちプロコンとビジコンの境界線上においては、両方の方向のシステム化構想の違い、あるいはシステム化の度合いの違いが表面化し、トータルシステムとしてみた場合必ずしも最適な構成ではないという反省が生まれてきている。一方では1960年代後半から設置されてきたプロコンについてもリプレースの時期と相まって、今や新しい構想のもとにトータルシステムが構成されつつある。この結果としてあらわれたことは、(1) オンライン化が進み機能統合がなされて、階層構造が単純化されつつある、(2) いわゆる制御用計算機の規模が拡大し、一層高度の制御機能とマンマシンのコミュニケーション機能が付加されつつある、(3) 電気制御システムをも含めた階層構造を要

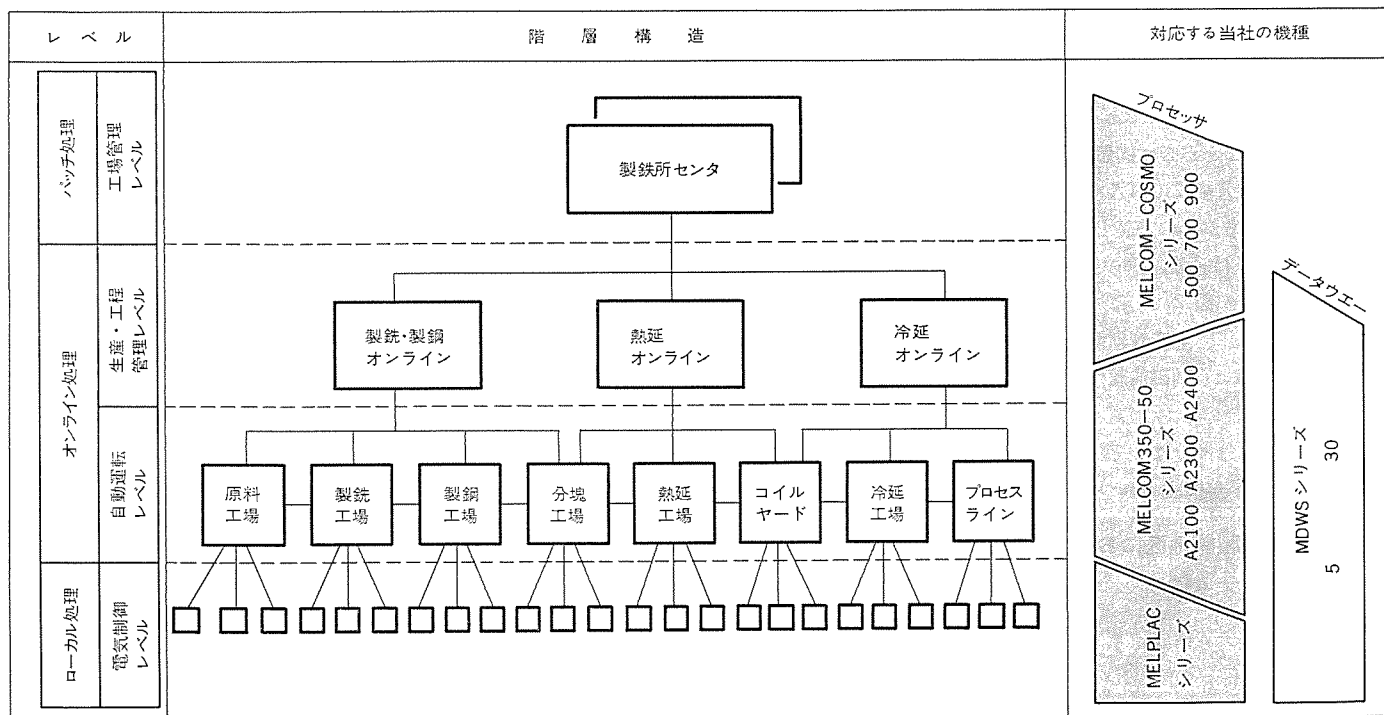


図 1. 階層構造と機能分割

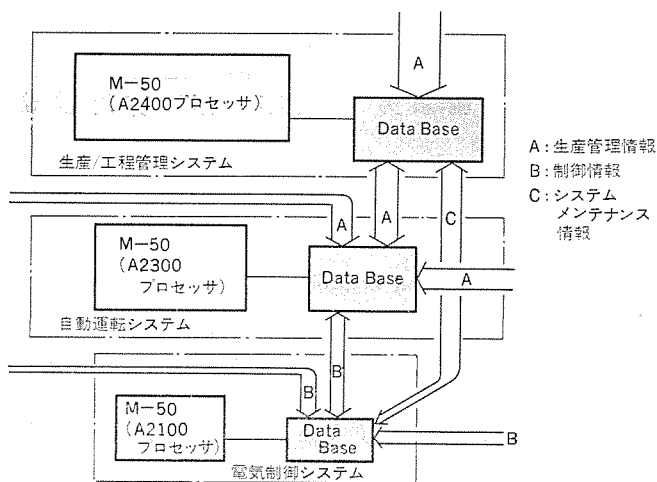


図 2. 情報の流れ

求されている、などの事柄があろう。

これらをモデル化したものの例として図 1. の階層構造を考えることができる。この図にみるように《MELCOM-COSMO》, 《MELCOM》 350-50, 《MELPLAC》それぞれのシリーズと新しい階層構造に思想を合わせて開発されている。なかで, 《MELCOM》 350-50 については中央処理装置が A 2400/A 2300 とシステムコンポーネントプロセッサ A 2100 でシリーズ化されている。すなわち, 新しい階層構造・システム化構想に合致するためには,

#### (1) ハードウェア面

- ・従来のコンパティビリティという概念よりも更に強力な結合を可能にするようにシリーズ化されたハードウェア

- ・高速かつ信頼性の高いデータ伝送システム

#### (2) ソフトウェア面

- ・複雑なデータベース構造と流れを管理するデータベース管理システム

- ・データベース管理システムをバックアップする OS

- ・シリーズ化に対応したソフトウェアの統一性

が不可欠であるということであった。

トータルシステム構想として物理的な構成なり各プロセッサの機能分担ということは大切なポイントであるが、従来の構想と大きく違う点はデータベースということが必ず構想の中に配慮されていることであり、分散処理形システム構成の導入に伴い分散形データベースの考え方がその基礎となっている。

データベースの体系は通常処理の体系よりも複雑なものであるが図 2. に示すように

データの流れA : 生産管理情報

データの流れB : 制御情報

データの流れC : システムメンテナンス情報

の3つの流れに分けられ、それぞれの要求にあったデータベースが構成されつつある。

### 3. 製鉄・製鋼地区における分散形システム構成

#### 3.1 総合システム構成

情報の集中化、保守の簡易化の要求により製鉄地区、製鋼地区においても工業用計算機システムの集中と分散が進んでいる。製鋼地区に

例をとれば、従来は転炉、連铸等各プロセスに独立の工業用計算機を配し、その制御は独立にそれぞれのプロセスに近い所で行われ、各プロセス間の情報のやり取りは必要に応じて種々の方法により各計算機間を結んでいたか、あるいは1歩前進しデータウエーのようなネットワークを持って各計算機間の情報の連絡を行っていた。

それに比し近來の分散形システムは図 3. に示すように製鋼地区の情報は製鋼計算センタ1箇所に集中させるような考え方も現れてきた。

この図では1製鋼、2製鋼工場をおのおの1台の工業用計算機《MELCOM》 350-50 (A 2300) で制御し、各プロセスには《MELCOM》 350-50 (A 2100) システムコンポーネントプロセッサでI/O処理を行っている。特にシステム規模が大きい場合にはセンタにはA 2400が適用される。この場合のセンタコンピュータと端末プロセッサの機能の分担は表 1. のようになる。すなわちメンテナンスを要求する機能、情報は極力センタに集中させ、メンテナンスの集中の効果を上げ、メンテナンス不要の定形的機能は極力分散させ、センタの負荷の軽減をはかることにより、より多くの制御の集中化をはかろうとするものである。

#### 3.2 ローカルのシステム構成

総合構成で示したように計算機室は製鋼地区で1箇所しか存在しなくなり、各地区に分散されたプロセッサは1面~2面の小規模なものが多くなり、特別な計算機室を設けずに済ますことが要求され、また各現場の機器との信号の伝達のためのケーブルも少なくすることにより、計算機室建設、ケーブル布設等のコストの低減が期待できる。図 4. は設定盤、表示盤の信号系統の例を示したものであるが、従来設定盤等の信号は全点並列に計算機に接続するか、またはリレー

表 1. システムの分散と機能の分担

|            | ローカルの機能   | センタの機能                                 |
|------------|---|--|
| レスポンスによる分担 | 数 ms~数 10 ms のレスポンスを要求する機能                              | 数 10 ms~数 s のレスポンスの機能                  |
| 機能による分担    | I/O に対するハンドリング<br>データ変換等 H/W, ペーシック S/W により近い機能 (定形的機能) | 制御モデルの計算, データベースの構造等純粋にアプリケーションとなるべき機能 |
| 制御レベルによる分担 | DDC のようなローカル制御  | 数式モデルによる計算制御 (SCC)                     |

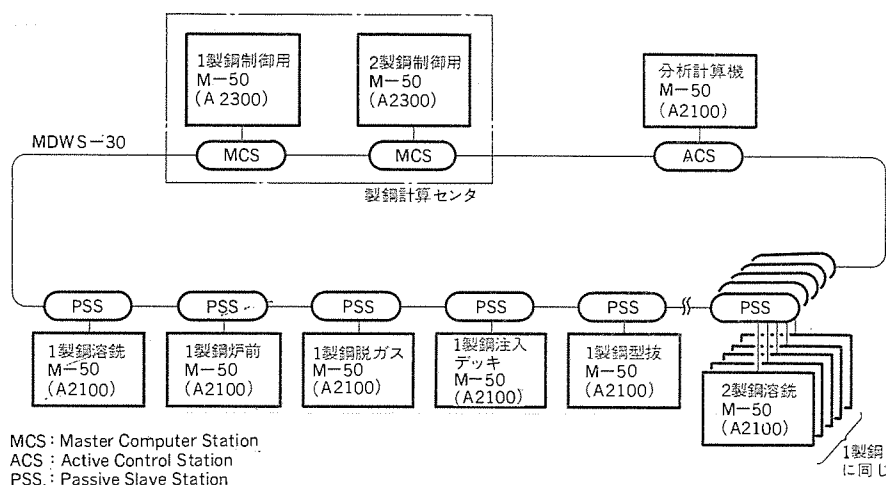
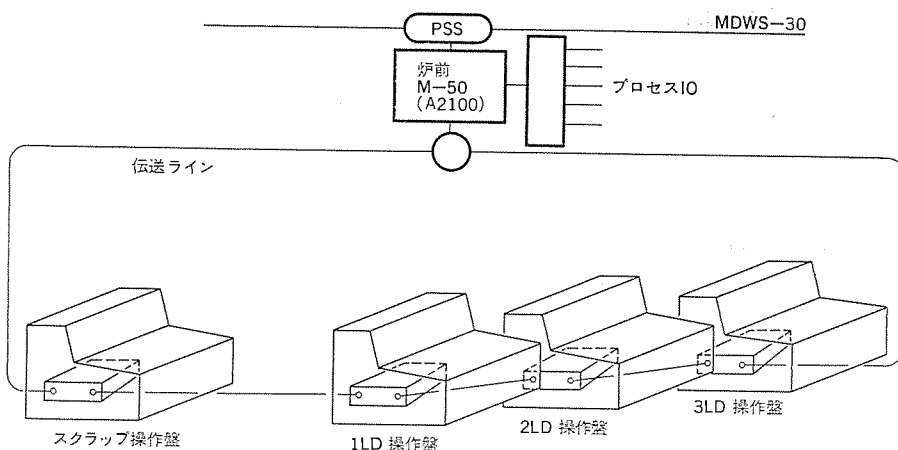


図 3. 製鋼地区総合システム構成





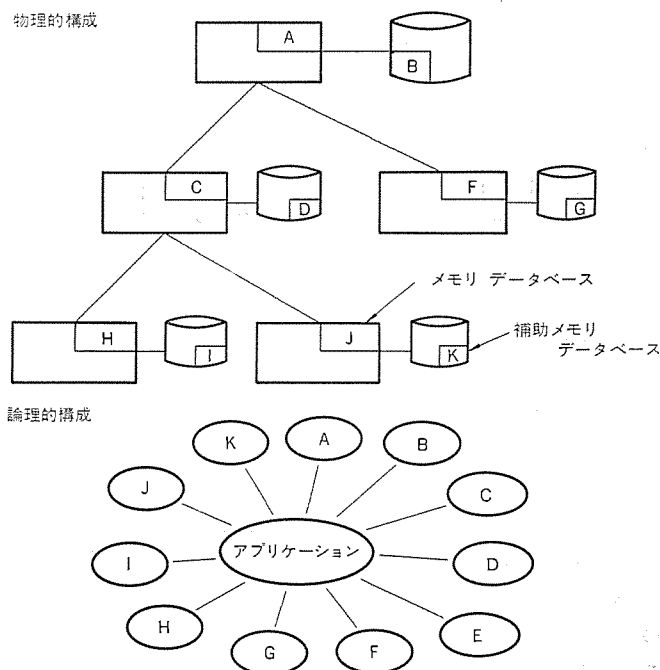
盤あるいはサブステーション 盤等の架を設け、それと計算機との接続は少ないケーブルで済まし、それと設定盤等を並列に接続するような方法が取られていた。図 4. はこれに対し、プロセッサと設定盤間は 1 本のケーブルで接続し、従来一般に言われていたプロセス入出力装置は各設定盤の中に収めてしまう方法を実現している。

### 3.3 ソフトウェアから見た I/O の構成

図 5. に周辺機器の論理化の構成を示す。これは製鋼地区に限られたことではないが、システム の分散化が進めば進むほど、I/O の接続は種々の形態がとられるが、一方それらへのアクセスを行うソフトウェアはより簡単なアクセスメソッドを要求している。

#### 4. 圧延ラインにおける制御とデータベース

庄延 ラインにおける制御システムは図 8. のような考えのもとに階層構造の変革が現在すすんでいる。すなわち、従来の SCC レベルは自動運転レベルとしては 1 つのプロセッサに集中することとなり、一方、電気制御のレベルは従来の DCC と更に SCC レベルの機能の一部及び



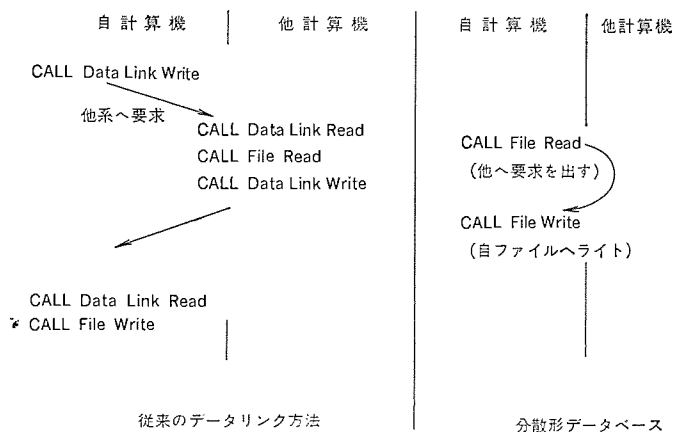


図 7. データリンクと分散形データベースのアクセス例  
(他計算機のデータを読んで自分のファイルへ記憶する)

ハードウェアロジックの機能が再編成されて物理的に分散した多くのプロセッサに分散することとなる。《MELCOM》350-50シリーズと《MEL-PLAC》シリーズで考えれば、上位レベルはA 2400又はA 2300が受け持ち、下位レベルではシステムコンポーネントプロセッサA 2100と《MEL-PLAC》シリーズで構成されることになろう。

このときのおおののレベルの機能分担は例えば表2.のようになる。自動運転レベルでは集中化されたデータベースのもとに集中化した処理を実行することとなりローカルな処理からは解放される。一方、下位レベルではそれぞれのローカルなデータベースのもとにローカルな処理を分散して実行されることになる。更に具体的に例えば図9.のような仕上圧延機の制御を例にとって機能分担及びデータベースを考えれば次のようになる。上位レベルは圧延命令に従い制御モデルによるセットアップ計算を実施しその出力はデータファイルとしてグローバルなデータベースを通し各ローカルなプロセッサに渡される。また、トラッキングについても図10.に示すように上位レベルではゾーントラッキングの考え方であり、一方下位レベルではローカルトラッキングの考え方である。したがって上位から下位へのセットアップのタイミングもゾーン対応となる。下位レベルではローカルトラッキングによりきめ細か

表 2. 自動運転レベルと電気制御レベルの機能分担

| 項 目                      | 自 動 運 転 レ ベ ル                          | 電 気 制 御 レ ベ ル                                     |
|--------------------------|--|---|
| トラッキングの分解能<br>(図 10. 参照) | ゾーントラッキング<br>(ブロック トラッキング)             | ローカル トラッキング                                       |
| トラッキング情報                 | トラッキング ファイルシステム                        | 各センサに対応する<br>トラッキング センサ<br>ロードセル<br>HMD<br>CMD など |
| 制 御                      | 数式モデルによる計算<br>制御<br>学習制御               | シーケンス制御<br>PID 制御<br>位置決め制御<br>計測器のセットアップ         |
| 応 答                      | レスポンス時間=<br>1 s 以上                     | レスポンス時間=<br>1 ms~100 ms                           |
| 制 御 用 入 出 力              | グローバル データベース<br>ローカル コントローラ<br>センサ ベース | ローカル データベース<br>プロセス入出力                            |
| 処 理 デ ー タ                | 500~1,000 Words/Loop                   | 10~50 Words/Loop                                  |

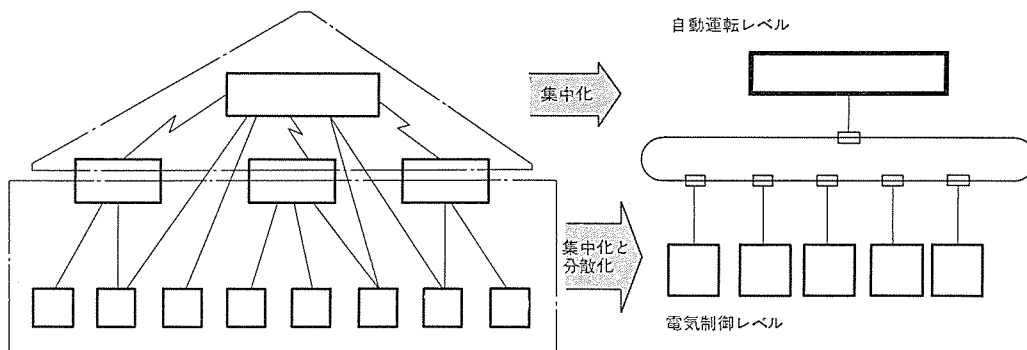


図 8. 階層形構造から分散形構造へ

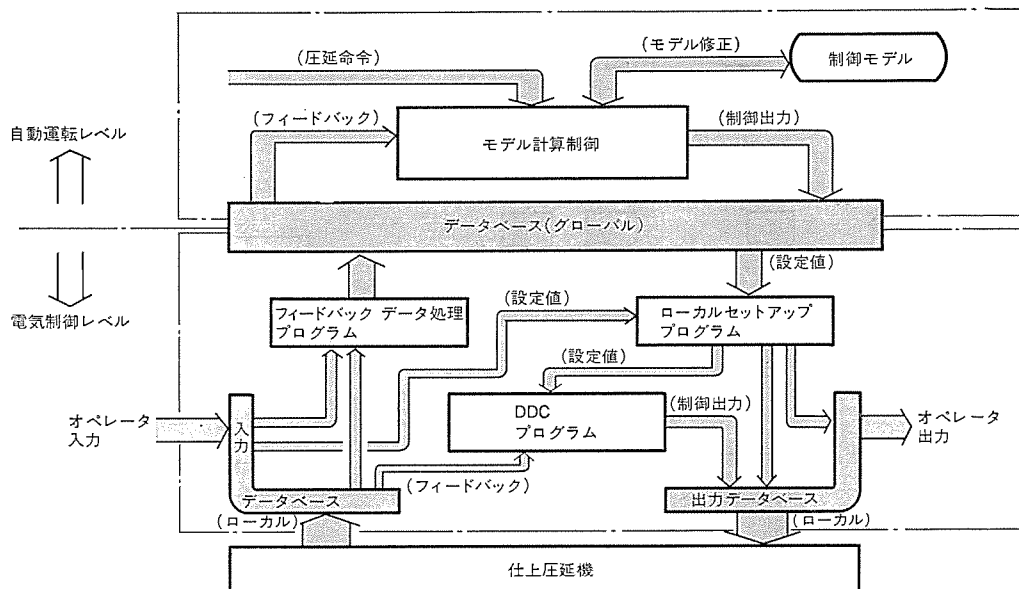


図 9. ホットストリップミル 仕上圧延機の制御とデータの流れ

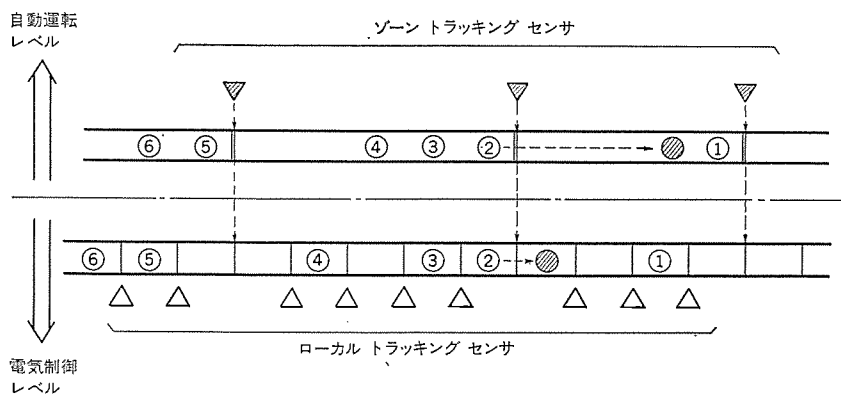


図 10. ゾーントラッキングとローカルトラッキング

いタイミングで各機器のセッティングを実施し、自動位置制御・自動板厚制御などの閉ループ制御についてはローカルなデータベースによりその制御が実現される。セッティングの結果を含めプラントからのフィードバックは下位レベルで必要な処理をされた後に上位レベルに送られる。このときのフィードバックデータもゾーン対応である。

以上のように分散化システムにおいてはローカルなデータはローカルなプロセッサにより管理され物理的には分散しているため、上位レベルを切り離しても下位レベルのみでいわゆるプリセットモードあるいはマニュアルモードでの運転が可能になっている。しかしながら上位レベルからみれば3章で述べたように、各ローカルデータベースのうち上位からアクセス可能なものについて同じ思想のもとに形成されていることが必要である。これにより上位レベルでは下位レベルでの処理あるいは物理的な構成を意識せずにシステムが構成でき、システムの最適化に有効である。

## 5. 制御技術の開発

鉄鋼プラントの集約化に伴い、各種制御方式がそれに沿った方向で修正されると同時に、階層レベルの機能分割を再検討し、下位レベルでのDDC機能の高度化をはかった。まずSCC(Supervisory Computer Control)においては、各種圧延設備用の数式モデルすなわちスケジ

ュール計算方式・学習計算方式・ミル適用制御方式・ミルペーシング方式・各種温度制御方式等について、多品種・多ロットに対応可能な方式に再検討された。

また、分散化システムによるDDCの適用は、全制御にわたり従来のリレー、ICロジック、アンプ方式に代わって、All Programmable Controllerとなった。それに伴い制御技術も飛躍的な発展をとげ多くの成果が生まれているが、それらは次の3つの方向に分けられる。

(1) 従来DDC化されていた分野におけるAdvancedな制御

ホットストリップミル自動板厚制御等

(2) 従来のアナログ制御のDDC化

ホット・コールドストリップミルの主幹制御・ループ制御

等

(3) 新規な分野におけるDDCの開発

ホットストリップミルにおけるループレス制御等

## 6. むすび

低成長期にあって、我々を取り巻く社会環境は厳しいものがあるが、経済状況に合った集約的鉄鋼プラント制御システムとして、より有機的な活用が可能なシステムを製作することが我々の使命であると考えられる。今後、世の動向に注目しつつ、製鉄会社各位の要請にこたえるべく新技術の開発と実現に努力したい。

## 参考文献

- (1) 米沢ほか：《MELCOM》350-50 工業用計算機システム、三菱電機技報、52, No. 3 (昭53)
- (2) 春原ほか：《MELCOM》350-50 工業用計算機高位言語システム、三菱電機技報、52, No. 3 (昭53)
- (3) 紺田ほか：ソフトウェア生産性と《MELCOM》350-50 ソフトウェアシステム、三菱電機技報、52, No. 3 (昭53)
- (4) 千葉ほか：プラントコントローラ《MELPLAC》50 ハードウェアシステム、三菱電機技報、51, No. 3 (昭52)



# 産業分野における工業用計算機システム

龍田直紀\*・伊藤卓治\*・能登四郎\*・岡 治樹\*

## 1. ま え が き

最近の一般産業界においては、省資源、省エネルギー、品質の向上、安全性の確保などが重視されており、電子計算機を利用した自動化システムの導入もその面からの投資効果がさらに要求されるようになった。その機能もかつての生産増大を目指したプロセス制御から、生産管理、操業管理、試験及び検査など多岐にわたり、更に工場全体のトータルシステム化へと広がりがつつある。ここでは、この分野における技術動向をふまえて管理システムを設計、製作する上での技術的重点課題と当社システムでの実現方法について、その具体例を挙げながら述べるものとする。

## 2. 生産管理システム

工場での生産管理システムは、一般に各種各様の製品をその生産計画にもとづいて生産し生産高のは(把)握をするとともに、その生産調整を行いながら高品質の製品をより効率的に、より低原価で生産できるように管理することが目的である。したがって管理システムの対象は原料、副原料、材料などの入庫及び在庫から、製品出荷又は製品倉庫への入庫までの生産工程全体にわたる極めて広範囲なものとなる。そのため管理システムの実現にあたっては、管理体制、生産体制など業務及び生産設備運用上の条件をふまえて全体システムとしての機能分割とそれに適合したハードウェアシステム構成(分散化、階層化など)を図ることが必要になる。ここではその典型的なものとして自動車組立ラインにおける生産管理システムについて、三菱自動車工業(株)岡崎工場(昭和52年1月納入)及び同社水島自動車製作所(同年7月納入)に納入し、現在稼動中の実システムの例にてらして述べることにする。

### 2.1 技術的展望

自動車組立工程における生産管理システムの主要な機能は次のようなものからなる。

- (1) 経営管理用計算機システムからの生産計画受取り
- (2) 生産計画にもとづき工程条件(ラインバランス)を考慮した各工程への作業指示: 塗装工程への塗装指示, ぎ(機)装工程への組立指示, 発送工程への出荷指示
- (3) 生産工程の自動制御: コンベアラインの切換え, 速度制御, 監視, 自動塗装機の制御
- (4) 生産工程の運転及び作業進捗(捗)状況の監視と生産条件の変更
- (5) 工程管理者に対する運転及び作業進捗状況の表示サービス
- (6) 生産実績情報(生産高, 仕掛り, 品質データなど)

の経営管理用計算機システムへの送付

(7) 主要部品, 材料の在庫管理と部品メーカーに対する搬入指示  
これらシステム機能を効果的に実現する上では, 管理システムの設計, 制作にあたり, 広範囲にわたる各工程での作業者と管理システムとの効果的なかわり合い(情報授受), 多種多量な情報の高速処理, 上位経営管理用計算機システムとの情報交換, 高信頼性の維持などが特に重要である。この課題に対する技術的な実現方法として次のようなものを挙げることができる。

- (1) 複合機能を有するマシンの端末装置の分散配置
- (2) 端末装置を分散構成するための伝送装置, 機能分割構成
- (3) 作業指示のための特殊印字装置
- (4) 大容量情報ファイル処理用ソフトウェア
- (5) 上位経営管理用計算機との高速情報交換用伝送装置
- (6) 計算機システムの2重系構成

### 2.2 最新技術の紹介

自動車組立ラインでの生産管理システムにおけるこれら技術的な重点

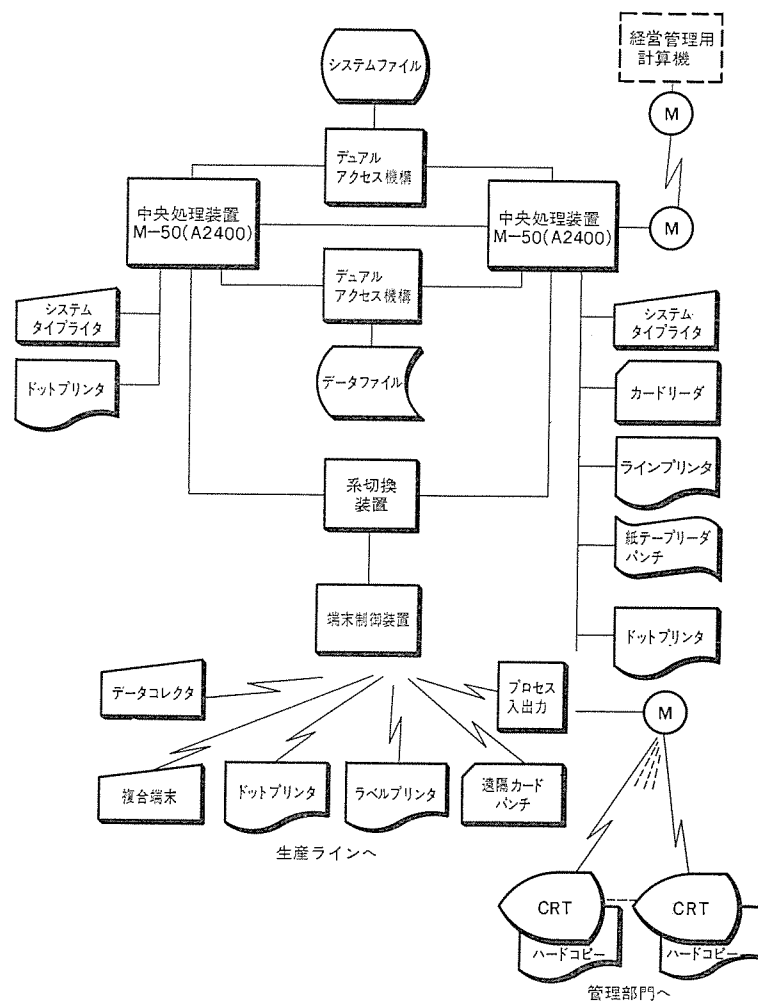


図 1. 生産管理システムの構成

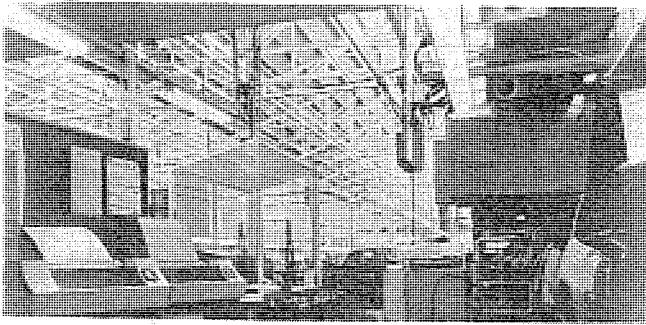


図 2. 鑛装 ライン 設置の ラベルプリンタ

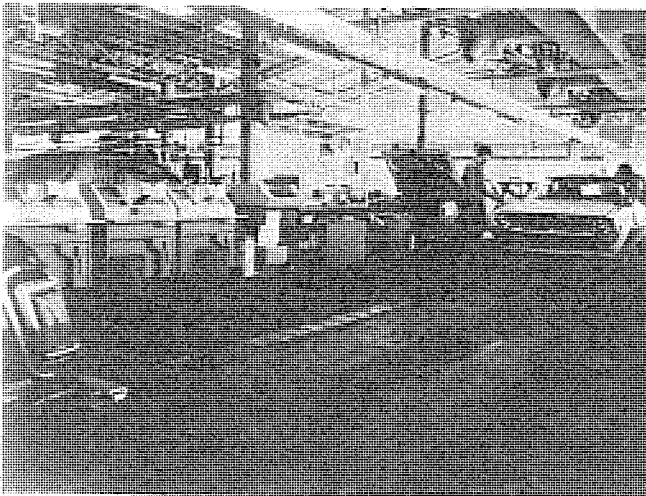


図 3. 発送 ライン 設置の ラベルプリンタ と遠隔 カードパンチ

課題に対して、当社では次のように実施している。(図 1. 参照)

#### (1) 複合端末装置と特殊印字装置の分散配置

マイクロコンピュータを内蔵した端末制御装置を組立工場内の各工程に配置し、複合端末装置（パネル表示装置、キーボードスイッチ、バッチカードリーダの組合せ）、ラベルプリンタ装置、ドットプリンタ装置、データコレクタ装置、各工程でのプロセス入出力装置（計算機より遠隔プロセス入出力となる）などを一括制御している。端末制御装置に結合されるこれら各端末装置群は、必要に応じて任意の脱着が可能であるため、生産工程の変更などに即応できる極めて融通性に富んだシステム構成をとることができる。また管理システムとしては計算機を中心に各端末制御装置、各端末群が結合された階層システム構成となる。端末装置の中では、特にラベルプリンタ装置（基本文字に対して1～n倍の拡大文字の印字が可能）の採用により現場作業指示での作業能率改善に大きな効果をあげている。(図 2., 図 3. 参照)

このマルチシステム構成は、いわゆる階層システムと呼ばれるもので、各種情報の集中化による統合管理の面で有利である。しかし対象規模の増大に伴い上位システムの処理量がそのまま増大するため、各端末システムに対する応答性、上位システムの能力及び規模などを条件にシステム設計することが重要となる。

一方分散形システムによるマルチシステム構成も考えられる。この方法ではシステム構成のなめとなる情報の伝送方法と処理の分割方

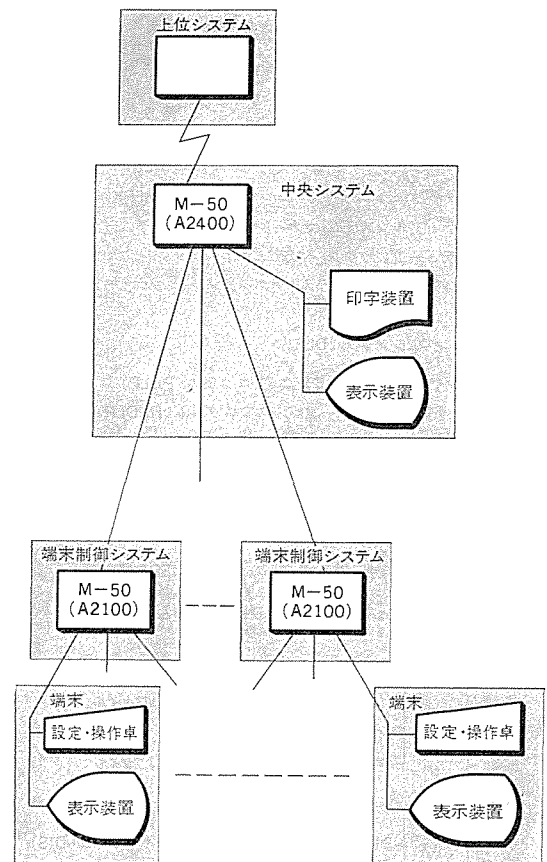


図 4. 階層システム

注) M・S : メインステーション  
S・S : サブステーション

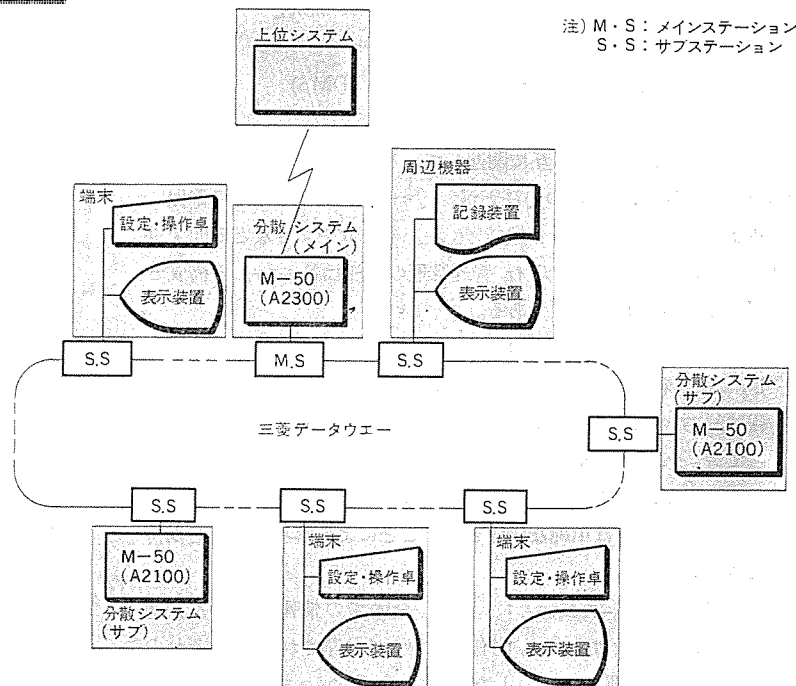


図 5. 分散形システム

法とがシステム設計上の重点となり、当社の三菱データウエーシステムのような共通線方式の伝送方法が各分散サブシステム機能の平等な位置づけを実現する上で有効な方法となる。図 4., 図 5. に両システム構成を示す。

#### (2) 大容量情報のファイル管理と高速情報伝送によるマルチシステム構成

生産管理システムのソフトウェアシステムにおいては、多種多量情報が各

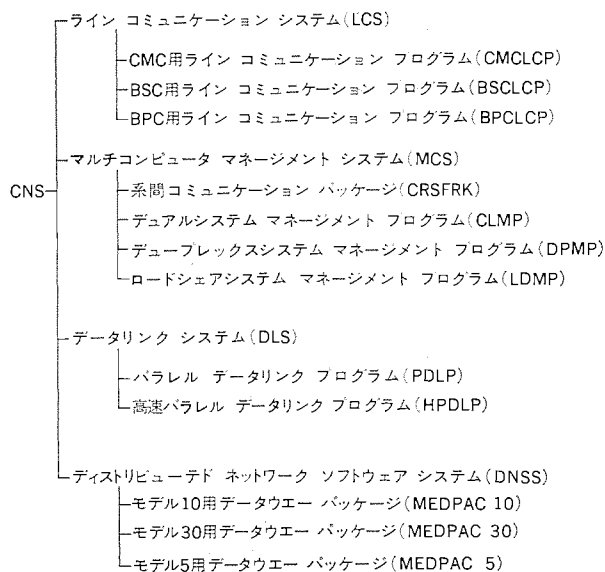


図 6. コンピュータ ネットワーク システム (CNS)

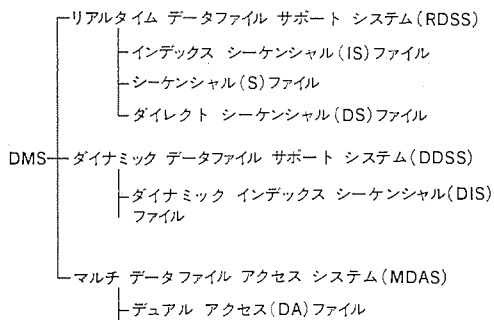


図 7. データ マネージメント システム (DMS)

工程、全工程にわたり相互に関連していることから、データベースと各データファイル管理、処理の方法とが、ソフトウェアシステム性能の確保、容易なファイルメンテナンス、各機能プログラムの作りやすさなどの面で重要である。データベースとファイル管理処理の方法は各システムの構成との関連で決定されるべきである。

- 集中形のデータベースシステム： 各種情報が中央システムに集中統合し、各端末システムの入出力情報及び更に上位システムとの交換情報は、すべて中央の処理システムで管理及び処理を行う。したがってデータベースを構成するファイルは全システムに共通した大規模なものとなり、中央システムの処理上の負荷が大きくなる一方、データ管理の上からは単純な構成となることによる容易さなどを期待できる。
- 分散形のデータベースシステム： システム全体での情報はシステム共通の情報、各分散サブシステム固有の情報とに分割され、それぞれのサブシステムで管理される。したがって、ソフトウェアシステムの設計は各システム機能との関連で効果的なデータベース構成を検討する必要がある。管理の上からは共通データ管理の方法（どの分散システムが中心に行うのかなど）、各分散サブシステム間の情報交換を前提としたデータファイルの編成と管理、処理の方法が特に重要である。

データベースを確立する上で特に技術的重点となるシステム構成ソフトウェア、データファイル管理ソフトウェアシステムとして、当社は工業用計算機システム用に図 6.、図 7. のようなシステムを準備している。三菱自動車工業(株)納入システムにおいては、データマネージメントシステムとしては

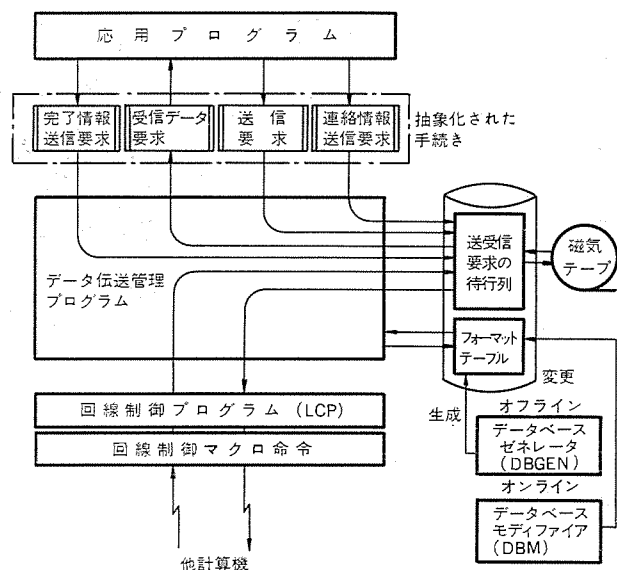


図 8. データ 伝送管理 システム の階層構成

RDSS を、また コンピュータ ネットワーク システム としては BSCLCP を採用している。

#### (a) リアルタイム データファイル サポート システム (RDSS)

この管理、処理システムはインデックスシーケンシャル (IS) ファイル、シーケンシャル (S) ファイル、ダイレクトシーケンシャル (DS) ファイルの3つのファイル編成がサポート可能である。大容量ランダムアクセスファイルを必要とし、かつ応答時間を重視するシステムには最適なシステムであり、その特長は

- IS ファイルを基本とし、データレコードの追加、削除が容易である。
- データレコードの処理時間を短縮するため、ファイルインデックスを主メモリ上に常駐させることができる。
- データのオーバーフローが発生したとき、オーバーフロー領域にデータが作られ処理時間の遅延となるが、これに対して、あらかじめファイル作成時に余分のダミーコード領域を確保しておくことが可能である。

#### (b) BSC ライン コミュニケーション システム (BSCLCP)

経営管理用計算機とは 9,600~48,000 BPS の BSC 方式による高速通信回線を介して情報交換をしており、生産計画、生産実績など多量の情報交換を効果的に処理している。また情報交換のためのデータ伝送管理ソフトウェアシステムは BSC ラインコミュニケーションプログラム (BSCLCP) を基本として構成している。一般的なデータ伝送管理システム構成の例を図 8. に示す。

#### (3) 2重系システム構成

システムの信頼性向上及びシステムの応答性を上げるために、ロードシェア (負荷分割形) の2重系システムをとる方法がある。この方法ではシステムの円滑な運用、各種機能の連続性、各種データの信頼性維持などをはかる上から

- 2重系運転管理システム
- デュアルアクセスファイルシステム
- 系間コミュニケーションシステム

を付加する必要がある。当社はその方法として2重系運転管理のためのシステムコンソール、マルチコンピュータマネージメントシステム (MCS) に属する各種ソフトウェア、デュアルアクセスディスクメモリ装置、コモンメモリ、高速計算機結合装置などを準備している。

### 3. 自動分析試験システム

#### 3.1 技術的展望

生産工場での分析試験、検査システムは運用面で次のように大別することができる。

##### (1) 製造工程に組込まれたオンライン検査

鉄鋼圧延工程における超音波自動探傷、自動車組立工場でのテストラインなど

##### (2) 工場の試験室での分析試験

石油、化学工場でのガスクロマトグラフィ自動分析処理、赤外線分析処理、質量分析処理など

いずれの処理システムにおいても技術的な重点は検出入力部、分析データ処理（収集データの平滑、前処理と評価処理）、自動分析に際し条件を設定する上での作業（試験担当者）と処理システムとのマンマシン装置にある。製造工程に組込まれたオンライン検査の場合には、更に被検査物の自動操作制御（自動試験のための制御）も重要なものとなる。

##### (1) 検出入力部

一般の分析試験では、高速（2,000点/秒×チャンネルなど）の特殊信号（アナログ信号であれば0～10μVなど）を検出し入力走査する必要がある、そのため処理システムの入力装置は各分析試験ごとに特殊な方法（例えばバッファメモリ付きの入力装置など）をとることが多い。

##### (2) 分析データ処理

分析データ処理の方法こそが自動分析試験システムにおける最大の技術的重点であり、処理システムのソフトウェアシステムにおいても中心的なものである。

##### (3) マンマシン装置

自動分析試験システムの運用では、対象の被分析物及び分析方法が多種にわたるため、それぞれの自動分析試験に際しては作業者が分析試験の条件設定をすることが必要である。条件設定では各種データテーブルの変更など複数データの変更を取扱うことがあるため、柔軟性に富むマンマシン装置が要求される。

ここでは自動分析試験システムのうち、特に三菱化成工業(株)水島工場に納入したガスクロマトグラフィ(GC)が自動分析システム(昭和45年GC30台の同時分析として稼動、昭和53年GC50台(100台接続)の同時分析として処理システムをリプレース)の例を中心に技術的な重点課題の実現方法を述べるものとする。同システムの概略構成を表1に示す。

表1. システム構成

| 機 器        | 備 考                                       | 元         |
|------------|---|-----------|
| C P U      | MELCOM 350-50                             | 主メモリ 48kW |
| 固定ヘッドディスク  | 512kW                                     |           |
| システムタイプライタ | 1台  |           |
| 出力タイプライタ   | 6台  |           |
| パネルディスプレイ  | 7台  |           |
| 紙テープリーダー   | 1台  |           |
| 紙テープパンチ    | 1台  |           |
| 高速アナログ入力装置 | 1式  |           |
| プロセス入出力点数  | アナログ入力 100点<br>デジタル入力 100点<br>デジタル出力 200点 |           |
| システムコンソール  | 1台  |           |

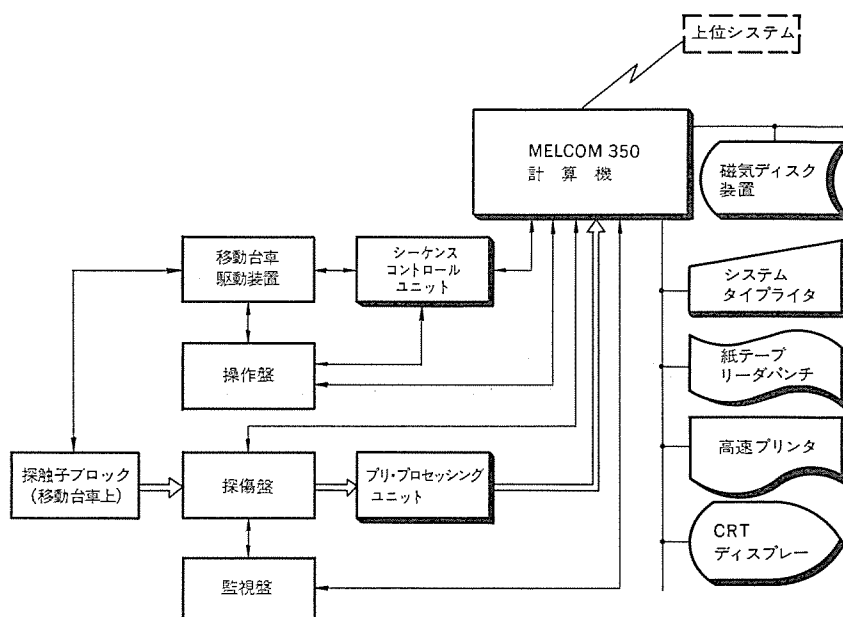


図9. 超音波自動探傷システムの構成

#### 3.2 新技術の紹介

##### (1) 検出入力部

検出入力部の構成はハードウェア機能からなり、その特殊な方式の典型的なものとしては、鉄鋼圧延工程の超音波自動探傷システムでの探傷データ入力部（計算機の入力インタフェース部）を挙げることができる。この方式は、当社が開発したプリプロセッシングユニット（計算機とはDMAチャンネル結合し、検出入力データはそのまま主メモリに読取られる）を介して多量の探傷データを高速処理するもので、そのシステム構成を図9に示す。

プリプロセッシングユニットはマイクロコンピュータを使って、探傷盤での検出探傷生データを無欠陥、軽欠陥、中欠陥、重欠陥の4種に区別したデジタルデータに変換する、計算機の入力データ加工処理装置である。

また、GC自動分析システムにおいては高速のアナログ入力装置（10,000点/秒、0～10mV/0～10V；8レンジのゲイン切換え、11ビット+符号）を使用している。

##### (2) 分析データ処理

分析データ処理は、入力生データの前処理（平滑、フィタリング、データ選別など）、データ解析及び評価処理、分析結果データの作表記録の各ソフトウェア機能から構成されている。

GC自動分析システムでは、波形解析処理に先立ち入力収集した生データのデジタルフィルタリング処理を行っている。当社では従来2次のデジタルフィルタにより成果を得ていたが、三菱化成工業(株)納入システムでは更にそれを充実したものとするために、次式で示するような4次のカスケードAR形フィルタを採用し改善を図っている。

$$y_k = x_k + \sum_{j=1}^4 a_j (x_k - y_{k-j}) \dots\dots\dots (1)$$

1つの生データ（図10.）に対する新旧（従来方式と新規方式）フィルタの出力例を図11.、図12.に示す。

また分析データ処理の中心的機能である波形解析処理についても、従来の解析機能に加え次のような改善を施し分析精度の向上を図っている。

##### (1) ダブルスキミング処理：従来の解析では図13.のメインピークAに

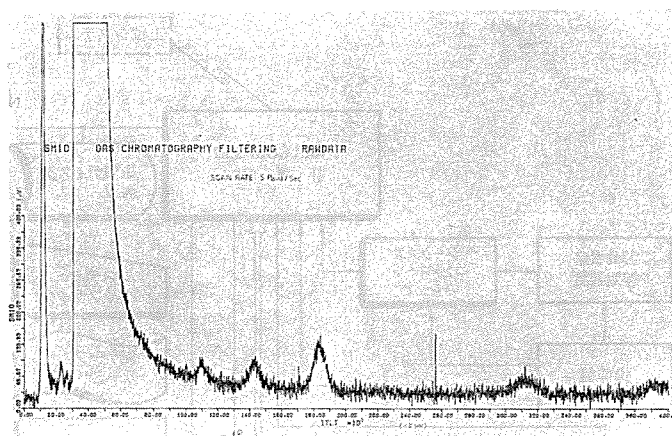


図 10. 生データ

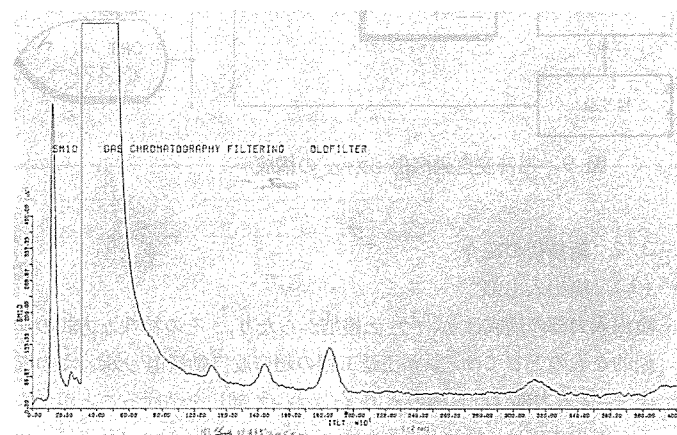


図 11. 従来方式フィルタ出力

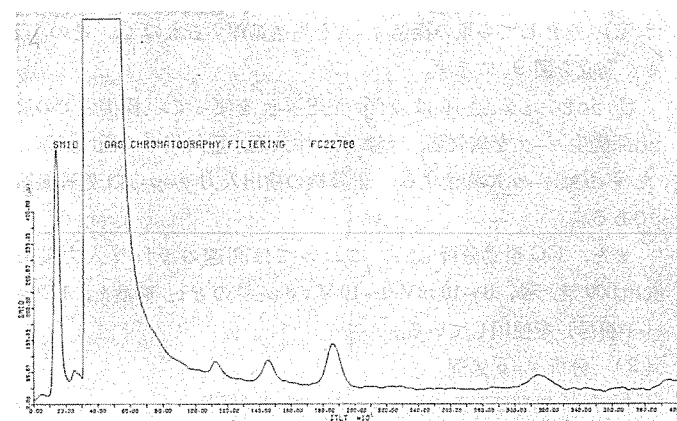


図 12. カスケードAR形フィルタ出力

対する接続 a-d より上にピーク B、C のバリー点 b がある場合、ピーク B とピーク C の面積を垂線 (b-e) を分割していたが、新しくピーク B に対してピーク C もスキミング処理を行い

ピーク C の面積=ピーク B からスキミングした面積

ピーク B の面積=ピーク A からスキミングした面積-ピーク C の面積とした。

(2) スキミング自動判別処理：メインピークとショルダーピークの相関（2つのピークの高さの比、ピークの高さとバリー点の高さの比及び2つ

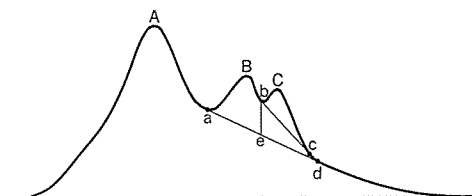


図 13. ダブルスキミング

のピークの頂点の間隔) から、ショルダーピークを垂線分割するかスキミング処理とするか自動判別できるようにした。

(3) プレショルダーピークの検出、処理：従来の解析ではプレショルダーピークは検出不能であったが、プレショルダーピークのバリー点検出ロジックを追加し検出可能とした。

(4) 微小ピーク・ブロードピークの検出、処理：10  $\mu$ V~20  $\mu$ V の微小ピーク及び 20  $\mu$ V/分 のブロードピークは、従来の方式ではピーク割れを生じたり再現性の面で安定しないなど不具合な点があったが、このディジタルフィルタの改善及び時間帯を指定してピークの検出感度を上げるロジックを採用して安定したピーク検出を可能とした。

#### 4. む す び

以上、産業分野での工業用計算機システムの代表的例として、生産管理システムと自動分析試験システムとを挙げたが、それらシステムを完成する上での技術的な重点項目として、次のことがらにまとめられる。

##### (1) 生産管理システム

(a) 複合機能をもつマシン装置の分散配置及び上位計算機システムとの情報交換に伴うマルチシステム構成。

(b) マルチシステム構成における2重系計算機システムの機能的な位置付け。

(c) マルチシステム構成での多量情報処理を可能とするデータベース。

(d) データベースでの2重系計算機システムのデータファイル管理方法。

##### (2) 自動分析試験システム

(a) 高速な特殊信号を検出入力するための入力装置の開発。

(b) 検出入力部での処理と分析データ処理との機能分担と機能結合。

(c) 基礎的な研究に裏付けられた分析データ処理方法の開発。

ここで述べた各項目は、他システム完成にても重要視されるべき事項で、当社はとくに工業用計算機システムでのマルチシステム構成技術の体形的開発を積極的に進めつつある。

#### 参 考 文 献

- (1) 米沢、武藤ほか：《MELCOM》350/50 工業用計算機システム、三菱電機技報、52、No. 3 (昭53)
- (2) 紺田、波多野ほか：ソフトウェア生産性と《MELCOM》350/50 ソフトウェアシステム、三菱電機技報、52、No. 3 (昭53)
- (3) 池田、石坂ほか：制御用コンピュータシステムにおけるデータウエー、三菱電機技報、51、No. 6 (昭52)



# 公共事業分野における工業用計算機システム

嶋田政代士\*・中堀一郎\*\*・吉原秀樹\*\*\*・伊藤卓治+・中谷貴壽+

## 1. ま え が き

重化学工業を基調とした高度な産業分野の発展をとげた我が国は、次のステップとして人間の快適な生活環境を確保するため、公共事業分野の整備・拡充に大きな努力を払っている。水資源の確保、上下水道設備・廃棄物処理設備の拡充、居住空間の環境・安全性の向上等がそれであり、技術的に高度な欲求を効果的に達成するため、多くの計算機応用技術の開発・実用化が並行して進められている。

これら公共事業分野における計算機応用技術の特徴は、一般工業分野におけると同様、省エネルギー、優れた経済性はもちろんであるが、何よりも信頼性の追求であり、将来の発展に備えたフレックスな拡張性である。

## 2. 河川及び上下水道システム

### 2.1 河川利水系の制御

河川における水の貯留・取水、導水施設は近年水需要の高まりとともにますます大形複雑化し、更に広域化しており、効果的な施設運用のためには広く関連設備から情報を集中し、長期あるいは短期需給予測に基づく制御システムが望まれる。

貯留・取水施設であるダムは、水を可能なかぎり多く貯留し必要な水量を得ること、及び流量を平滑化して下流域のこう水を防止することである。最近では同一水系や同一地域に複数のダムが建設され、これら相互干渉のあるダム群の統合管理運用システムとしても計算機の導入が行われている。

ダムの水位、流入量に変化する要因は複雑であり、降雨量、降雨地域の時間的変化に加え、地質・地形・集水面積・河川の形状・河床の変化など突発的な自然現象の影響を大きく受けるため理論的な数式モデル化が難しい。またダム水位にしても波浪や動水こう配があるため正確な把握が難しいなど、制御系としてみた場合ストカスティックな要素が強く、経験と実験を積み重ねながらシステムを完成させる必要がある。

下流域における取水せき(堰)での流量を、計画取水量限度いっぱいに抑えダム貯水量を確保しておくことは貴重な水資源の有効活用から強く望まれる運用法である。このようなシステムを構成するには過去及び現在の降雨量に基づきダムへの流出水量を予測する流出モデル、ダムからの放流が取水堰に至る時間的過程を記述する河道モデルの開発が必要である。流出予測モデルとしてはタンクモデル、貯留関数モデルなどが知られているが流出メカニズムを直感的によく記述する修正タンクモデルを、また河道モデルとしては河川を単位長ごとに集中定数化してとらえた離散形モデルをそれぞれ開発し<sup>(1)</sup>、実地検証を行っている。河川の制御にあたっては既に触れたようにシステムに必然的に含まれてくる「あいまいさ」を前

提とした時間平均的な評価がポイントであろう。

### 2.2 上下水道システムの制御

水需要の量的な拡充に加え、特に最近の傾向として水質基準に合格した水を遅滞なく正常かつ効率的に処理するため、設備の大容量化、複雑高度化が図られている。現在上下水道に適用されている計算機システムの機能の内容と実用化のレベルの概要は表1に示すとおりであろう。表に示すように池の水位・流量・水圧などの量的な制御、順序あるいは条件制御は設定値制御などによってかなり広く実用化されているが、制御の結果を水質によって評価する水質制御は特に下水については試使用ないし研究の段階にある。

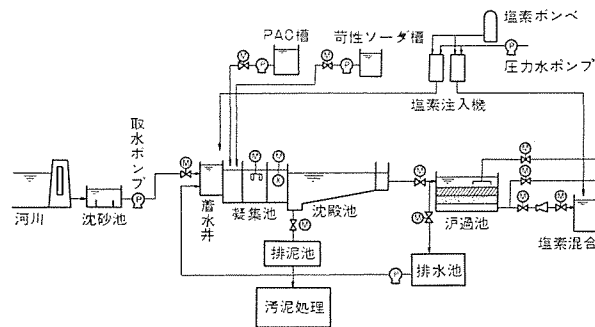
浄水場では図1に示すように原水をPACにより凝集し、これを沈殿、ろ(汙)過し、塩素で滅菌して浄水を得ている。この処理過程で計算機によるプロセス制御の対象となる項目を図中に示した。これらの内特に重要な凝集剤、アルカリ剤及び滅菌剤等の薬品注入過程では過去の経験あるいはジャーテストなどから得られる注入率を用いて設定値制御が主に行われてきた。しかし最近、薬品注入過程のモデルを作成し、原水の水質と水量に応じて注入率を変化させる適応制御や、注入後の水質を一定に保持するための予測フィードバック制御などが試みられ始めている。これらの技術の進展に伴い、今後更に必要とする薬品の総量及び在庫量などの通減を可能にする浄水場運用管理手法の開発が目指されている。

下水処理場においては図2に示すように下水中に含まれる有機物を活性汚泥により処理し、処理水を塩素で滅菌した後河川などへ放流する。この過程で発生する汚泥はさらに濃縮、凝集され脱水の後焼却又は棄却される。この処理過程で、計算機によるプロセス制御の対象となる項目を図中に示した。これらの内特に重要な活性汚泥処理過程では従来、ばく(曝)気風量、返送汚泥流量などの設定値制御が主になされてきた。最近曝気槽内の溶存酸素(DO)を一定にする曝気風量制御の技術がDO計の進歩とともに確立された。更に曝気槽内の活性汚泥濃度(MLSS)の計測が可能になるに従い、最近

表1. 上下水道における工業用計算機システムの機能一現状と将来

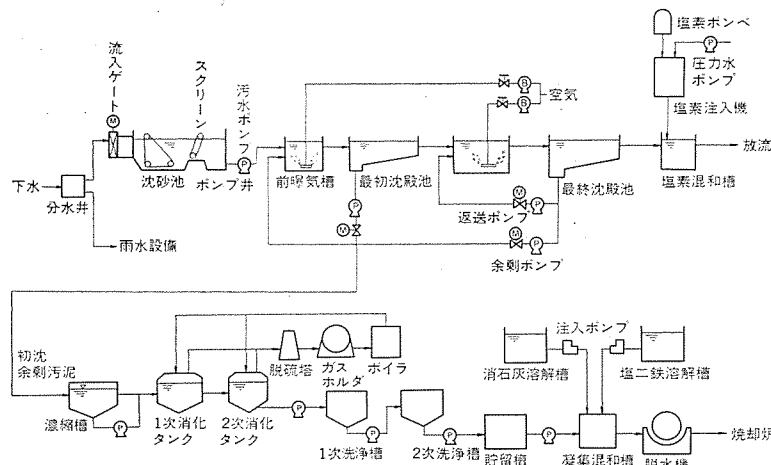
| 1. データ処理機能       | 4. 制御機能 (SPC, DDC) |                | 5. 運用管理制御機能   |
|------------------|--------------------|----------------|---------------|
| ●(1)日・月・年報作成     | 上水                 | 下水             | 上水            |
| 2. 遠隔監視機能        | (1)取水流量制御          | ●(1)沈砂池流速制御    | ●(1)運用計算      |
| ●(1)上下限チェック      | ●(1)ポンプ台数、弁開度      | ●(2)除じん機運転制御   | ○(1)需要予測      |
| ●(2)機器操作記録       | ●(2)ゲート開度(開渠)      | ●(3)汚水・雨水ポンプ制御 | ●(2)施設全体の制御計算 |
| ●(3)警報印字         | ●(2)凝集剤等薬品注入制御     | ●(4)最初沈殿池      | ○(1)配水管網解析    |
| ●(4)トレンドロギング     | ○(3)汚過流量制御         | ●(4)最終沈殿池      | ○(2)末端圧一定制御   |
| 3. オペレーティングガイド機能 | 選乾台数、汚過速度          | ●(5)エアレーションタンク | ●(3)広域送水制御    |
| CRTによる           | ●(4)汚過池洗浄制御        | ●(1)曝気風量制御     | ○(4)漏水検知      |
| ●(1)機器状態表示       | (5)配水池制御           | ●(2)DO一定制御     | ○(5)薬品注入モデル   |
| ●(2)故障表示         | ●(1)水位、吐出圧         | ●(3)返送汚泥濃度制御   | 下水            |
| ●(3)プロセス計測値表示    | ○(2)末端圧            | ○(4)活性汚泥濃度制御   | ○(1)流入汚水量予測   |
| ●(4)操作ガイド        | ●(1)力率制御           | ○(5)流入負荷(FM)制御 | ○(2)水質分析      |
| ●(5)操作入力         | ○(1)受配電・非常用電源      | ○(6)最終沈殿池      | ○(3)処理工程特性解析  |
|                  | ii)デマンド制御          | ●(7)曝気風量制御     | 全般            |
|                  | iii)負荷選択シャ断        | ●(8)曝気風量制御     | ○(1)機器保全      |
|                  | iv)停電・復電制御         | ●(9)曝気風量制御     | ○(2)在庫管理      |
|                  |                    | ●(10)曝気風量制御    | ●(3)統計管理データ作成 |
|                  |                    | ●(11)曝気風量制御    |               |
|                  |                    | ●(12)曝気風量制御    |               |
|                  |                    | ●(13)曝気風量制御    |               |
|                  |                    | ●(14)曝気風量制御    |               |
|                  |                    | ●(15)曝気風量制御    |               |
|                  |                    | ●(16)曝気風量制御    |               |

MLSS一定制御を返送汚泥流量の操作により達成しようとする試みが盛んになってきている<sup>(2)</sup>。しかし活性汚泥処理過程に含まれる総汚泥量の把握が難しく、MLSS一定制御の実用化にはまだ問題が残されている。今後活性汚泥処理過程の実験的解明により解析、数式



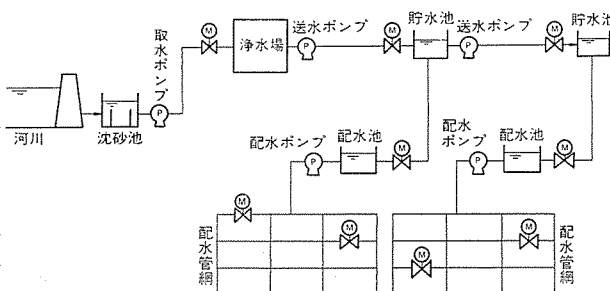
| 計装制御項目                                      | シーケンス制御項目   | 監視項目  |
|---|---|---|
| 沈砂池水位制御<br>取水流量制御<br>PAC注入量制御<br>苛性ソーダ注入量制御 | 塩素注入量制御<br>汚泥池流量制御<br>配水ポンプ吐出圧制御<br>配水末端圧力制御<br>配水池水位制御 | 受配電系統監視<br>ポンプ運転状態監視<br>ポンプ故障監視<br>アラームプリント |

図 1. 浄水場 処理設備と制御項目



| 計装制御項目  | シーケンス制御項目  | 監視項目  |
|---|--|---|
| 汚水ポンプ井水位制御<br>雨水ポンプ井水位制御<br>フロウ量制御<br>曝気槽DO制御<br>濃縮槽濃度制御<br>消化槽温度制御<br>消化槽流出流量制御<br>洗浄槽送泥量制御<br>薬品注入量制御 | 返送汚泥量制御<br>余剰汚泥量制御<br>塩素注入量制御<br>濃縮汚泥引抜制御<br>消化槽汚泥引抜制御<br>薬品注入制御<br>脱水機制御<br>コンベア制御<br>焼却炉制御 | 受配電系統監視<br>ポンプ運転状態監視<br>ポンプ故障監視<br>アラームプリント<br>受配電系統監視<br>ポンプ運転状態監視<br>ポンプ故障監視<br>データロギング |

図 2. 下水処理場 設備と制御項目



| 計装制御                                  | シーケンス制御                        | 監視項目  |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|
| 取水流量制御<br>浄水流量制御<br>送水流量制御<br>貯水池水位制御 | 配水池水位制御<br>配水ポンプ圧制御<br>配水末端圧制御 | ポンプ起動<br>バルブ開閉<br>貯水池、配水池水位<br>ポンプ流量<br>漏水<br>受配電系統<br>ポンプモータ状態 |

図 3. 送配水系統 設備と制御項目

モデルなどが開発されていけばこの制御も可能になる。更に今後放流水質の総量規制、曝気風量の通減などを目標として、汚泥日令、F/M比などを適切に保持する下水処理場管理手法の研究開発が望まれている。

上下水の輸送システムは、上下水施設の大規模化とともに広域大規模化してきた。特に上水道では送配水系統の大規模化に伴い水の輸送に必要なポンプの運用コストの増大が著しい。この分野では送配水系統運用を決定するため計算機の利用が必要不可欠となりつつある。上水道の送配水系統の構成例と計算機による制御監視項目を図3に示す。大規模な送水系統については貯水池の機能を十分活用し、需要水量の変動を吸収しポンプ流量の一定化を目指す試みが線形計画法、整数計画法<sup>(3)</sup>などを用いて行われており実用化されつつある。一方、配水系統では構成が複雑なネットワークとなるため末端水圧を需要水量にかかわらず一定に保持するポンプ運転法が大規模非線形計画法で表される<sup>(4)</sup>。この問題を正確にしかも早く解くアルゴリズムの開発が進めば配水系統の運用に計算機の使用が可能となる。

### 3. 水処理用計算機システム

当社では水処理プラントの公共性にかんがみ、信頼性・拡張性に特に留意した監視制御システム《MELWAC》(MELCO Water Control system)を既に発表したが、ここでは工業用計算機《MELCOM》350シリーズを中心としたシステムを紹介する。

中央処理装置として、ユニットプロセス制御専用又は小規模プロセス用としてはA2100、中規模ないし大規模プロセス用としてはA2300、情報管理あるいは複数処理場にまたがるシステム用としてはA2400を採用している。また構内に分散する各機器はデータウェーにより接続されて

おり、次のような特長を有している。

#### (1) 空間的な拡張性

広域に分散する関連設備の制御機能はモジュール化して分散設置し、これらの相互間を同軸ケーブルで接続するデータウェーによって関連情報の交換ができる。データウェーMDWS-30を用いた場合にはセンタを介することなく子局同志の情報交換ができる(M:N伝送)。

#### (2) 高い信頼性

機能を分散することにより、機器の故障による影響を一部の機能ダウンにとどめることができるほか、設備の拡張・変更を行う際、他の設備の機能を損なうことなく新たなモジュールを導入し機能変更ができる。このようなフレックスなシステムは設備拡張・変更の多い上下水道プロセスでは大きな威力を発揮する。

#### (3) トータライズドレギュレーション

設備や機器の動きにリアルタイムに追従する制御は各端末のインテリジェントコントローラに行わせ、中央の計算機はトータルシステムとしての最適化、安定化の指令を端末に送るという階層構成となっている。このように機能分割することにより、ユニット制御レベル、総括制御レベルそれぞれの情報処理量を有機的に配分できるためシステム全体の処理効率も改善される。

#### (4) ソフトウェアの互換性

A2100、A2300、A2400はソフトウェア互換性を有するため、制御ア

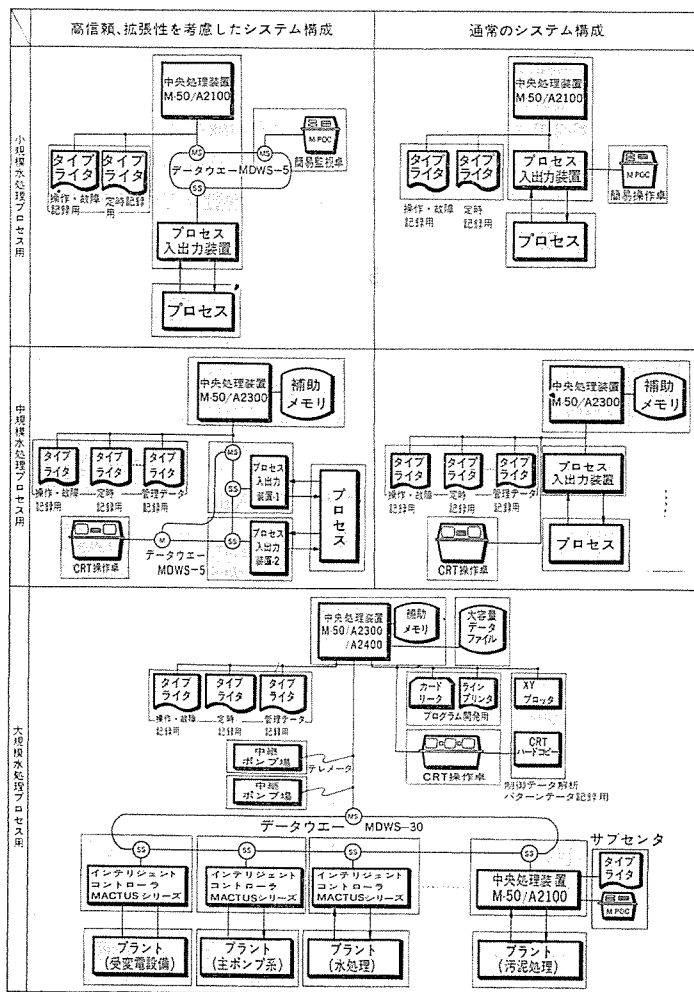


図 4. 処理場規模別システム構成例

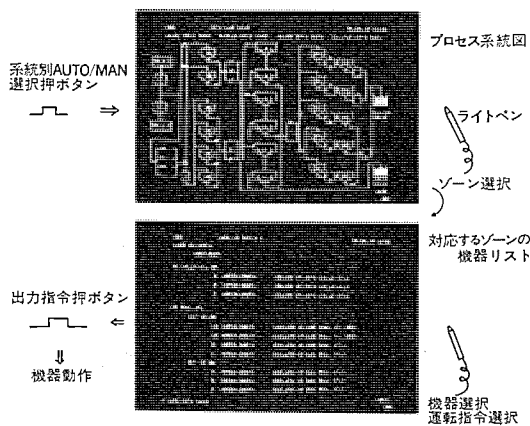


図 5. CRT 付操作卓 操作手順の 1 例



キャラクタCRT 4 台、グラフィック CRT 4 台で構成されている。

図 6. 神戸市水道集中管理システム管理室

ルゴリズムのレベルアップ、機能評価のシミュレーション、ダイレクト IPL、端末機能のバックアップなどを効率よく中央計算機で分担できる。

#### 4. ビル管理システム

##### 4.1 技術的展望

工業用計算機を使ったビル管理システムの主な導入効果と管理システム機能との関連は表 2. に示すようなものである。ビル管理システムの設計、製作にあたっては、それら多様な諸機能を効果的に実現するためのハードウェア、ソフトウェア技術のうち、特にビルの大形化に対する集中、分散管理及び管理内容の充実を達成する上での次のような技術が重視されつつある。

##### (1) 管理情報の収集、分散のための伝送技術

最近のビル大形化、複合化、複雑化などに伴い、ビル管理に必要な情報(信号)源、制御点は数千点以上になるものが増えつつある。従来は個々に信号を配線し管理システムと端末とを直接結合していたが、最近では各対象設備ごとに共通したより経済的でシステム設計、製作上効果的な情報伝送技術の採用が考えられるようになった。伝送によるマルチシステム化は、入出力処理とデータ処理の機能分割(分散、階層構成)などシステムの信頼性向上、円滑な処理の実現を図るためのシステム構成へと発展することにもなる。

##### (2) 新しいマンマシン装置

従来のビル管理では、各対象設備ごとに運転状態をグラフィックパネル上にランプ表示する方法がとられていた。しかし、ビルの大形化、対象設備の複雑化、管理内容の充実に対する要求などから、集中管理を行う上で従来の方法では物理的かつ質的に実現不可能な面が生じつつある。その解決方法として、最近のビル管理システムではカラー CRT の採用により、従来よりも高度で効果的な運転員(マン)と管理システム(マシン)との対話が考えられるようになった。これにより運転員に対する情報サービスの充実、対象設備状態の統合的把握、管理スペースの縮小などが可能になった。

##### (3) 高度な解析技術に裏付けられた新しい制御方法の開発

特に空調設備での省エネルギー運転や防災監視及び制御の高度化に伴って、空調負荷予測、熱源機器の台数制御と運転時間の最適化、災害時の避難誘導、火災覚知など新しい問題が検討されつつある。これらの問題を解決し実現するためには、一般工業プロセス制御の開発におけると同様、対象プロセスの解析、シミュレーションなどによる理論モデルの確立、実測データによる理論モデルの評価と実用モデルへの展開、実用モデルに基づく制御システムの試行へと段階をふんでの長期(ビル空調の場合は最低 2 シーズン以上)開発が必要である。

##### (4) ソフトウェアシステムの標準化

ビル管理システムの機能内容の充実を達成し得るか否かはソフトウェア技術のいかんにより決定されるため、ビル管理システムとしてのソフトウェアシステムの体系化(各ビルで共通な機能、各対象設備などでその都度異なる機能、入出力の方式、情報ファイルの構成など)と標準化をシステムの基本設計、システム設計、ソフトウェア設計及び作成の各段階を通じて確立しておくことが重要である。

##### 4.2 最新技術の紹介

以上のようなビル管理システムにおける技術的傾向については、当社の実際の納入システム又は現在計画、設計中のシステムにおいてそれぞれの特長条件(対象設備の種類、規模、運用のやり方など)に応じた考慮がなされている。以下それらについて紹介する。

##### (1) 管理情報の収集、分散のための伝送技術

当社システムで伝送装置を考える場合、次の2つに大別することができる。

(a) 管理システムの遠隔入出力システムとしての伝送装置

この代表的なものとしては三菱データウエー(MDWS)を挙げることができる。MDWSにはモデル5, 10, 20, 30がありビル管理システムでは管理システムの運用面より次のように使い分けている。

○管理室が集中、近接している場合：マンマシン装置も集中、近接

しているため伝送装置の端末はプロセス入出力信号だけである。

○管理室が分散している場合：マンマシン装置もプロセス入出力信号とともに伝送装置の端末とする。

いずれの場合も計算機の2重化、端末の増減などシステム構成が容易なため、システム処理での円滑化、システム信頼性の向上が図りやすくなり、設計・製作、更にはその後の増設などで極めて有利である。図7.にその1例を示す。

(b) 管理システムの分割機能としての伝送装置

これは前述の装置が主に遠隔入出力処理を目的としているのに対し、更に管理システム処理の一部である入出力データ処理機能までも持たせ、管理システムとしてデータ処理部及び入出力処理部の階層構成をとるものである。これによりデータ処理部は更に管理内容の充実を追求することができる。その1例を図7.(c)に示す。

(2) 新しいマンマシン装置

マンマシン装置としてのCRTの使い方には次のようなものがある。

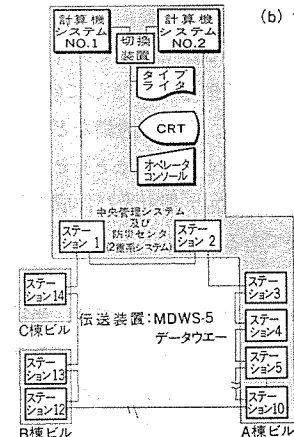
(a) CRT 1台の方法：すべての対象設備画面を1つのCRTで表示するため、系統図、文字(解説、オペレーションガイド)などの組合せ表示、表示と設定との併用は不可能である。したがって表示内容の充実が要求される上から表示画面数の大きなCRTが望まれる。また、ややもすれば表示内容の充実を図るあまり、見やすきの面が損なわれる傾向があり、当社ではこの解決に対して4,000画素以上のCRTを開発しつつあり、今後の利用が増えると考えられる。

(b) CRT 2台の方法：この場合は系統図と文字との組合せ、全体系統図と詳細系統図との組合せ、表示と設定との組合せなど運用面での融通性に富んだものになる。最近当社が納入、計画している

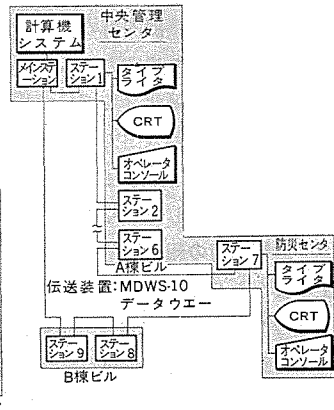
表 2. 効果と機能との関連

| 機 能                | 効 果 | エネルギーコスト削減 | 人件費削減 | 信頼性向上 | 居住性向上 | 安全性向上 | 所要スペース削減 |
|--------------------|-----|------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 計測監視               |     |            |       |       |       |       |          |
| 計測値上下限監視           |     |            |       |       |       |       |          |
| 異常・故障監視            |     |            |       |       |       |       |          |
| 機器動作監視             |     |            |       |       |       |       |          |
| デマンド監視制御           |     |            |       |       |       |       |          |
| 無効電力制御             |     |            |       |       |       |       |          |
| 異常時負荷選択しや断         |     |            |       |       |       |       |          |
| 事故復旧処理             |     |            |       |       |       |       |          |
| トランス台数制御           |     |            |       |       |       |       |          |
| 買電停電時処理            |     |            |       |       |       |       |          |
| 買電停電復旧処理           |     |            |       |       |       |       |          |
| 遠方発停操作             |     |            |       |       |       |       |          |
| オペレーションガイド         |     |            |       |       |       |       |          |
| 日報・月報自動作成          |     |            |       |       |       |       |          |
| 故障記録               |     |            |       |       |       |       |          |
| 機器動作記録             |     |            |       |       |       |       |          |
| 保守データ収集            |     |            |       |       |       |       |          |
| 保守ガイド              |     |            |       |       |       |       |          |
| 照 点灯、消灯、監視         |     |            |       |       |       |       |          |
| 照明制御               |     |            |       |       |       |       |          |
| 照明機器スケジュール発停       |     |            |       |       |       |       |          |
| 保守データ収集            |     |            |       |       |       |       |          |
| 計測監視               |     |            |       |       |       |       |          |
| 計測値上下限監視           |     |            |       |       |       |       |          |
| 異常故障監視             |     |            |       |       |       |       |          |
| 機器動作監視             |     |            |       |       |       |       |          |
| 室内温湿度設定値制御         |     |            |       |       |       |       |          |
| 空調機器発停時刻最適化        |     |            |       |       |       |       |          |
| 空調機器スケジュール発停       |     |            |       |       |       |       |          |
| 送水ポンプ台数制御          |     |            |       |       |       |       |          |
| 送水温度設定制御           |     |            |       |       |       |       |          |
| 冷却塔ファン台数制御         |     |            |       |       |       |       |          |
| 外気取入量制御            |     |            |       |       |       |       |          |
| 冷凍機台数制御            |     |            |       |       |       |       |          |
| ボイラ台数制御            |     |            |       |       |       |       |          |
| 蓄熱運転制御             |     |            |       |       |       |       |          |
| 遠方発停操作             |     |            |       |       |       |       |          |
| オペレーションガイド         |     |            |       |       |       |       |          |
| 日報・月報自動作成          |     |            |       |       |       |       |          |
| 故障記録               |     |            |       |       |       |       |          |
| 機器動作記録             |     |            |       |       |       |       |          |
| 保守データ収集            |     |            |       |       |       |       |          |
| 保守ガイド              |     |            |       |       |       |       |          |
| 侵入発生場所監視           |     |            |       |       |       |       |          |
| 時間外出入口監視           |     |            |       |       |       |       |          |
| 錠錠監視               |     |            |       |       |       |       |          |
| 重要箇所出入監視           |     |            |       |       |       |       |          |
| ITVカメラ自動選択         |     |            |       |       |       |       |          |
| 遠隔地解錠操作            |     |            |       |       |       |       |          |
| 異常発生記録             |     |            |       |       |       |       |          |
| 運転停止状態監視           |     |            |       |       |       |       |          |
| 電源異常、復旧時の台数制御      |     |            |       |       |       |       |          |
| 夜間運転台数制御           |     |            |       |       |       |       |          |
| 保守データ収集            |     |            |       |       |       |       |          |
| 各種メータの自動計測         |     |            |       |       |       |       |          |
| 請求書、検針書の発行         |     |            |       |       |       |       |          |
| 各種業務管理資料作成         |     |            |       |       |       |       |          |
| 入出車両の監視            |     |            |       |       |       |       |          |
| 駐車場空気汚染監視          |     |            |       |       |       |       |          |
| 駐車ストールへの誘導指示自動倍率制御 |     |            |       |       |       |       |          |
| 駐車場換気制御            |     |            |       |       |       |       |          |
| 請求書、領収書発行          |     |            |       |       |       |       |          |
| 管理統計資料作成           |     |            |       |       |       |       |          |

(a) データウエーによるシステム(大)



(b) データウエーによるシステム(中)



(c) 伝送装置による階層システム

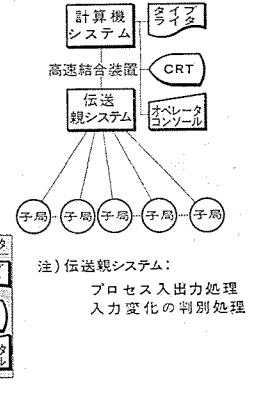


図 7. システム構成例



図 8. 防災監視操作卓

システムの中形以上のほとんどではこの方法が採用されている。

(c) CRT 1 台, 他表示装置 1 台の方法: (a), (b) のいずれの方法でも CRT の積極的な利用は, そのまま記憶容量の拡大へとつながり管理システム(計算機システム)の規模増大となる。その結果ハードウェア価格が上がるばかりでなく, 表示画面作成のソフトウェア費用面でも大きな影響となり, 近年の人件費増大傾向からますます価格面での圧迫要

因となりつつある。この解決方法としては, 表示画面作成での自動化(ソフトウェア技術)などを挙げることができるが, CRT に代わる他表示装置の利用も 1 つの方法である。当社では防災システムにおいて, 既にその採用をしており系統図(平面図)表示をこの表示装置で行い, 更にその補足的サービス(ガイド表示, 解説表示)を CRT によって行う方法をとっている<sup>(6)</sup>。防災監視操作卓と機能を図 8., 図 9. に示す。

### (3) 高度な解析技術に裏付けられた新しい制御方法の開発<sup>(7)</sup>

特に空調制御においては近年の省エネルギー要求に対して, 負荷予測に基づく熱源台数の最適制御が注目されている。当社は社内各研究所の協力と特定ユーザのご好意により, ピーク負荷の予測による蓄熱運転の最適制御を実現しつつある。(図 10. 参照)

### (4) ソフトウェアシステムの標準化

ビル管理システムのソフトウェアシステムを確立する上で, 当社は IPA (情報処理振興事業協会) より助成金を得“ビルディング総合管理システム”の開発を進めつつある。この開発ではビル管理システムの原点に立ち, 過去当社の納入したシステムの再検討, 他システムの調査から基本設計, システム設計, プログラム作成の段階をへて進めている。この開発にあたって, 当社は次のような項目を重点としソフトウェアシステムの標準化, はん(汎)用化を図っている。

(a) 多様な機能の組合せが可能のようにソフトウェア機能の分割を行う。

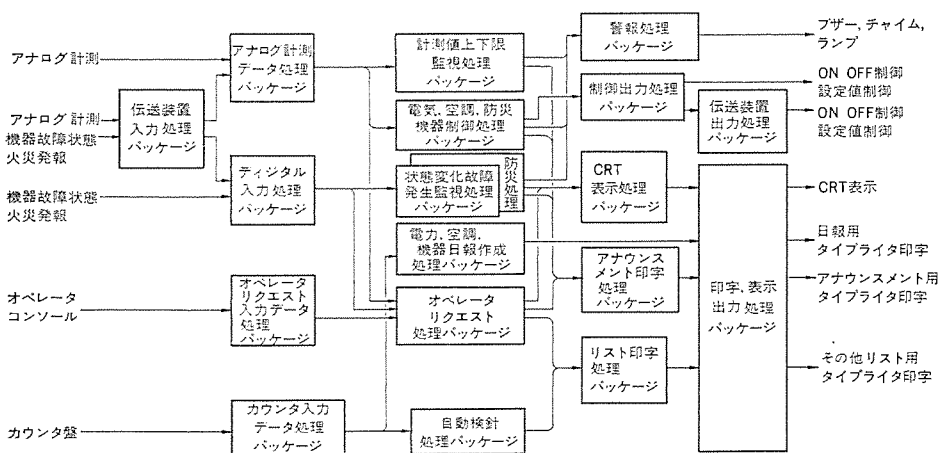


図 11. ビル管理用ソフトウェアシステムの構成

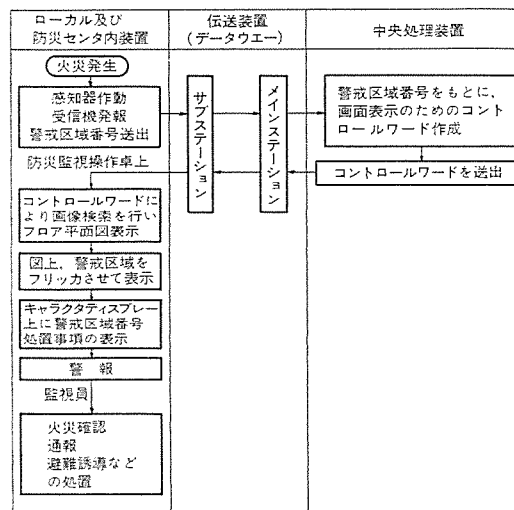
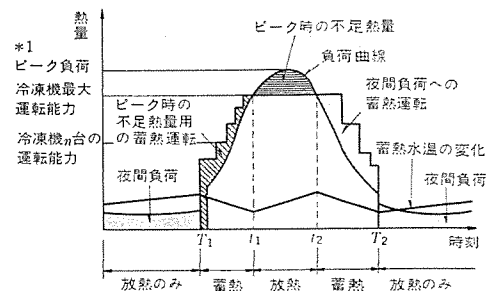


図 9. 火災発生時機能フロー



\* 1 予測ピーク負荷 (Qp)  $Qp = A \cdot X$   
ここで (A) 回帰係数, (X) 説明変数: 室外湿度, 室内温度などで構成

図 10. 熱源運転と空調負荷との関係

(b) ハードウェアシステムの構成にとらわれぬようにハードウェアインタフェースのソフトウェア機能を分離する。  
(c) マンマシン装置は CRT を基本とする。

(d) 対象設備の規模(入出力情報の種類と数, CRT 画面の数など)に左右されぬような情報ファイルの構成。

(e) 各機能で重複せず各機能からのアクセスが効率よく行われるようなデータベースの構成。

(f) 機能及びプロセス入出力信号の増加, 削除が容易なソフトウェア構成と情報ファイルの構成。

図 11. にソフトウェアシステムの概略構成を示す。

## 5. む す び

公共事業分野における計算機応用技術について各種の新技術を紹介した。この分野におけるシステムの特徴は何といっても信頼性, 拡張性が重要であり, 更に対象プロセスの運用管理に精通したシステム設計が必要である。今後もこのような理念のもとに新技術開発と実用化を推進してゆく所存である。

終わりにこれら分野における計算機応用技術の開発推進について日ごろご指導いただいている関係各位に対し深謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 福田: 河川と開水路におけるシステム工学の応用, システムと制御, 22, No. 3 (昭 53)
- (2) 前田, 岡本: 活性汚泥処理プロセスにおける曝気槽のシミュレーション, 三菱電機技報, 51, No. 11 (昭 52)
- (3) 福田, 中堀: 送水系統の解析と最適運用法, 三菱電機技報, 51, No. 11 (昭 52)
- (4) 小沢: 電子通信学会回路とシステム理論研究会資料, CST 76-60
- (5) 吉田ほか: ビルディング総合管理システム, 三菱電機技報, 51, No. 7 (昭 52)
- (6) 和泉ほか: 画像情報装置と防犯・防災システム, 三菱電機技報, 51, No. 7 (昭 52)
- (7) 山下ほか: 小田急町田駅ビルの空調制御システム, 三菱電機技報, 51, No. 12 (昭 52)



# 交通事業分野における工業用計算機システム

佐藤 眞\*・高根宏士\*・多田 淳\*\*・鈴木敏明\*\*\*・村川亮三†

## 1. ま え が き

交通事業分野における工業用計算機システムの適用は、航空、鉄道、道路、船舶など広範な分野で実施されている。今回は、特に鉄道分野における工業用計算機システムの適用において、最近顕著な実績を上げているシステム、及び近い将来にその発展が期待されているシステムに焦点を合わせて紹介する。

## 2. 日本国有鉄道向け北上操車場総合自動化システム

郡山ヤードに端を発した自動化（以下 YACS という）には、2つの流れがある。1つは高崎に始まり、塩浜、周防富田と続く貨車制御の自動化であり、1つは武蔵野ヤードに代表される総合自動化を目指すものである。北上 YACS は、武蔵野 YACS と同じく貨車制御、進路制御及び情報処理を含んだ総合自動化を目指した大規模なシステムである。

北上 YACS における自動化のレベルは、武蔵野 YACS の場合とほぼ同じであるが、ヤードに関する外部条件などには、種々の北上ヤード固有の特殊条件が存在している。以下に、システムの概要と北上 YACS として特に留意した点について述べ、最後にこのシステムで使用されている当社製音声応答装置について触れる。

### 2.1 システム概要

北上 YACS は、情報処理システム（以下 DPC という）制御システム（以下 PCC という）に分けられる。この関係を図 1. に示す。

DPC は、ヤード構内の作業を円滑に進めるための作業計画とそれに必要な情報の管理を行う。DPC の機能としては、図 1. に示すように 6 サブシステムとして考えられる。基本計画は、ヤード作業の基本となる作業ダイヤファイルを作成する。配車計画は、到着列車の分解計画、出発列車の組成計画を立てる。実施計画は、基本計画及び配車計画からの計画データを使用し、PCC への作業計画データ及び作業員に対する作業指示表を出す役割を持つ。情報管理は、計画データと PCC からの貨車移動実績により、ヤード内情報のメンテナンスを行う。貨報は、ヤードでは（把）握できる貨車移動状況の管理局への報告書作成である。

PCC は、2つのサブシステムに分けられる。貨車制御は、分解作業においてハンプから仕訳線への転送貨車の速度制御と、その間のポ

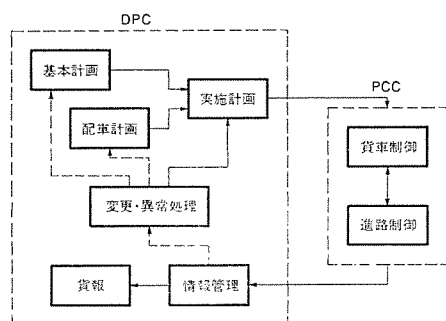


図 1. 北上 YACS 機能構成

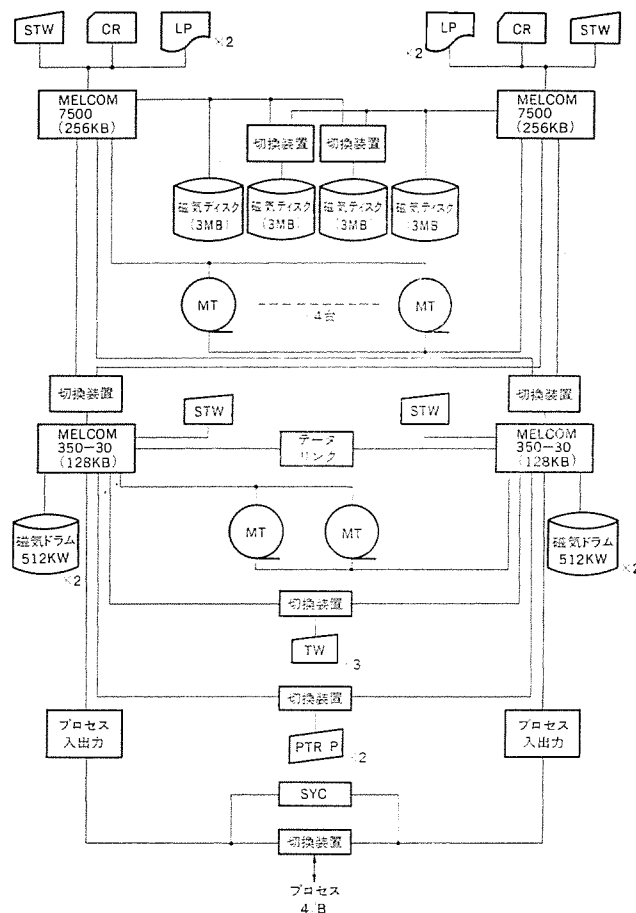


図 2. 北上 YACS 計算機システム構成

イント制御を行う。進路制御は、DPCによって作られる構内作業計画に基づいて、入替え機関車の進路設定を行う。

以上の機能を実行するための計算機構成を図 2. に示す。DPCとしては、《MELCOM》7500のデュプレックス、PCCとしては、《MELCOM》350-30のデュアルシステムが使用されている。

### 2.2 システム建設上の留意点

武蔵野 YACS と比較して北上 YACS で特に留意した点は、次の4点である。

- (1) ローカルヤードであること。
- (2) 寒冷・降雪地帯のヤードであること。
- (3) 主要本線上のヤードである。
- (4) 実車試験期間の短縮。

#### 2.2.1 ローカルヤード

北上ヤードでは、着発する列車の約半分が支線へ行くローカル列車である。このために、まずS形矢羽根線での分解において機関車の代わりにスクレープスタ及びカーラッシャを採用したこと。次にD形矢羽根線をローカル組成に使用するために、ローカル再散転の機能を設けた。

### 2.2.2 寒冷・降雪地帯ヤード

各ポイント付近の融雪装置として、温水管及び熱風式オイルヒータを採用している。また仕訳線内は、除雪効果も考慮してリニアモータを採用している。

### 2.2.3 主要本線上のヤード

カード構内で障害が発生した場合、その影響によって本線上に支障を与えないように主本線継電運動装置を計算機システムから分離させること、及び変更処理は即応性を持たせると同時に単純な仕様として、できるだけ誤操作による障害を発生させないよう考慮した。

#### 2.2.4 実車試験期間が短いこと

従来のシステムでは、現地総合試験段階におけるソフトウェアバグによる障害の比重が高い。今回は、実車試験前にソフトウェアバグをできるだけ小さくすることを意図して、当初からプロジェクト体制及びプログラム設計・製作管理を明確にし、シミュレータなどのテストツールの充実を図った。その結果、実車試験前のPCC-DPCを結合した最終総合テストでは、2.5月のテストランで発生したバグは、0.1件/クロスアップ以下という好成績を得ることができた。

### 2.3 音声応答装置

この装置は、進路制御システムの中において計算機、構内無線基地局装置及び有線端末器と接続し、操車掛りからの作業要求に対する音声による回答をするものである。

操車掛りからの制御 タイミング 信号を受信すると、この信号を計算機に出力し、同時に操車掛りに アクトー ンの送出を行う。この時点で計算機から返答指令が返送されると、アクトー ンの送出を中止し、返答指令に対応した音声 プレーヤー から送出する。

3. 日本国有鉄道向け標準化 YACS  
(周防富田ヤードへの適用)

貨車停車場（以下ヤードという）の自動化は、その対象となるヤードが全国に分散しており、また、各ヤードに要求される機能がそれぞれに異なるなどの理由で、従来各ヤードごとにそれぞれに自動化（YACS）のシステム設計がなされていた。

システム建設を、早期かつ効率的に行うことを目的として、JNR  
と当社で、昭和48年秋以来“YACS 標準化プロジェクト”が結成され、  
YACS 標準化の作業が進められてきた。

第一段階として、構内作業員の安全確保を急務として“貨車制御

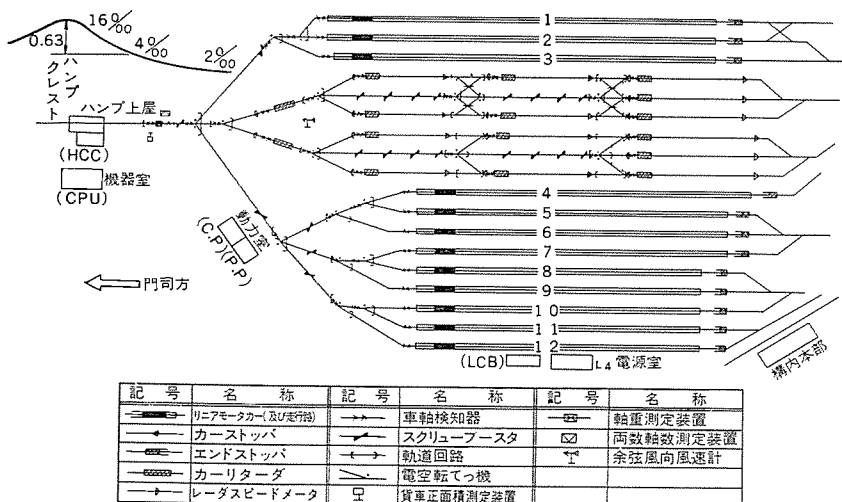


図 3. 周防富田ヤード自動化機器配置

システム”の標準化に着手した。

郡山 YACS 以来の経験を基に、計算機にシステムにおける最新の技術を導入した YACS 標準化が進められ、その成果として次のようなものが標準化された。

(1) ハードウェア

2重系 システム, ハンプ 制御卓 (HCC), 分解表操作卓 (LOC), システム  
コンソール (SYC), 自動化機器

(2) ソフトウェア

貨車制御 プログラム, シミュレーション プログラム, テストサービス プログラム

### (3) 文書

端末機器設計基準，計算機 システム ハードウェア 設計基準，システム ゼレ  
ーション マニュアル，運用方式説明書，プログラム 解説書，テスト マニュアル  
以上の成果を踏まえて，YACS 標準化 システム 適用第 1 号として周  
防富田 ヤード の自動化が着手された。図 3. に周防富田 ヤードにおけ  
る自動化機器配置図を示す。

計算機システムのハードウェア構成は図4.に示すとおりであり、《MELCOM》350-7システムの2重系で構成されており、その運転方式は並列方式(デュアル)で、入力信号は常時両系に入力され、また出力信号は主系だけが現場機器及び制御卓などと接続されている。

常時主系及び従系の並列で運転されており、万一主系に故障が生じた場合には、自動的に従系が主系になるよう切換ってハブ分解作業が続行される。両系相互間の情報のやりとりのためディスククロス機構が備えられている。

分解表テープの読み込みには遠隔紙テープリーダー、また分解表読み操作には分解表操作卓(LOC)、及び作業員用分解表印字にはDT端末が使用されている。

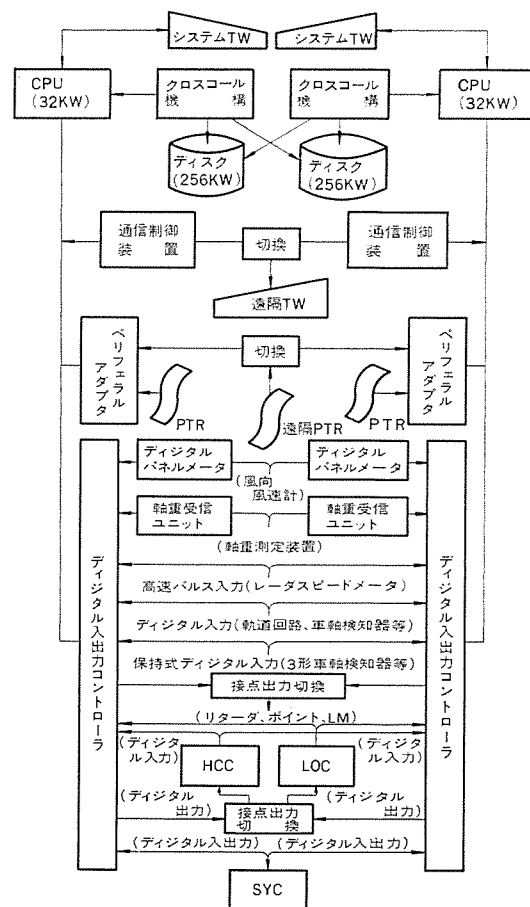


図 4. 周防富田 YACS 計算機 システム 構成

分解の訂正、取消し、追加、行先変更などのための マンマシン システムとして ハブ 制御卓 (HCC)、 また計算機 システム の運転管理には、システム コンソール (SYC) が使用されている。

標準化 YACS 貨車制御 システム における ソフトウェア 構成は、図 5. に示すとおりであり、これは、各適用 ヤード のそれぞれの機能に応じて各 プログラム 単位で自由に選択可能であり、プログラム 間の情報伝達は、リンクデータ として ヤード 機器番号及び卓番号などが渡されることにより行う。

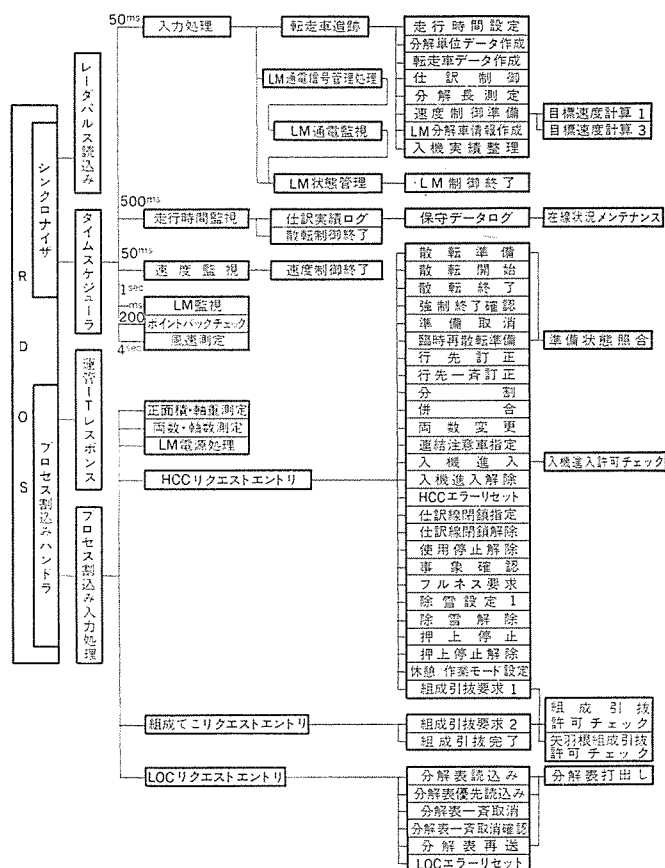


図 5. 貨車制御 システム ソフトウェア 構成

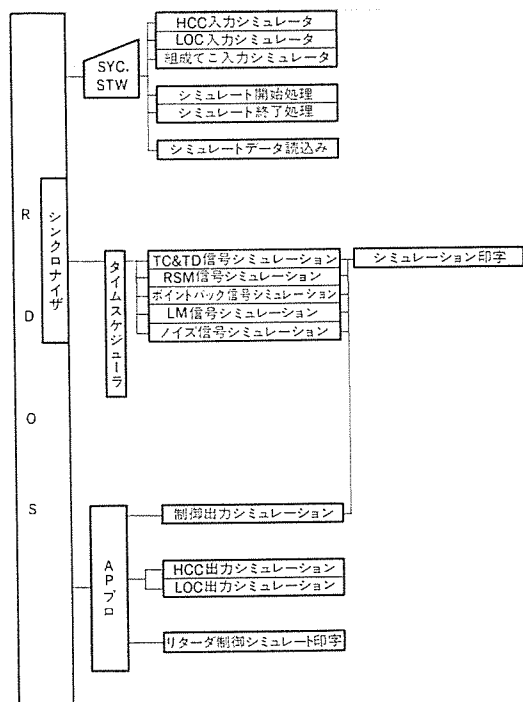


図 6. 貨車制御 シミュレーション システム ソフトウェア 構成

とにより行う。

この標準化ソフトウェアシステムの特長は、プログラム起動管理の一元化 (アプリケーション 管理 プログラム)、プログラム 構造の階層化とそれに対応したファイルの階層付けにあり、これらのことによりプログラム 単位での自由な システム アセンブリング を確保したことにある。

また、工場出荷時に高品質のソフトウェアを確保し、現地では現場機器との間の調整だけを行えばよいよう図 6. に示すシミュレーション システムを完備している。

このシミュレーションシステムを十分に活用し、周防富田 YACS 向けにアセンブルしたシステムの総合試験を工場で2か月間行い障害発生率 0.28 件/クロスステップ の成績で出荷された。

従来のヤード建設に比し、標準化の成果を最大限に生かし、所期の短工期で効率のよいプロジェクトを達成することができた。

#### 4. 近畿日本鉄道(株)向け変電所集中制御システム

このシステムは、近畿日本鉄道(株)の大阪地区 40 変電所と電力指令所 (奈良市西大寺) を伝送系で結び、電力指令所に計算機を導入した大規模かつ高度に自動化された変電所集中制御システムである。主要な特長は、次のとおりである。

- (1) 少人数で広域の電力システムの監視制御を可能にした業務の大幅な自動化。
- (2) 対話形式の扱いやすい マンマシン インタフェース。
- (3) 計算機及び指令操作盤とも 2 重系構成による高い信頼性の確保。
- (4) 計算機化を前提とした設計による指令所設備のコンパクト化。

機器構成を図 8. に示す。

計算機システムは、《MELCOM》350-7 の 2 重系 (デュアル 方式) システムであり、その運転方式は、前述の標準化 YACS の場合と同様である。

計算機処理上の特長としては、広域に散在する多数の機器を短時間に制御するため、同一制御プログラムでも電力系統上で相互に影響のない機器に対しては、並列に実行できるようにしてあることである。

伝送系は、制御 1: 4、表示 1: 1 のサイクリック デジタル 伝送方式によっており、電圧及び電流の計測は、アナログレメータ方式としている。また、伝送回線は、常用と迂回の 2 ルートを設け、片回線の障害では、支障を起こさないようにしている。

このシステムの主要な機能は、以下のとおりである。

##### (1) 単独制御

個々の変電所機器の入切制御を行う。指令操作盤からの入力データに対して、特高送電系統における異電源突き合わせ有無など、広域

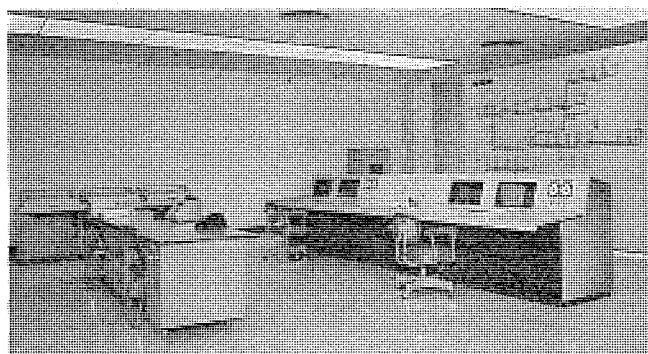


図 7. 近畿日本鉄道変電所集中制御 システム 指令室

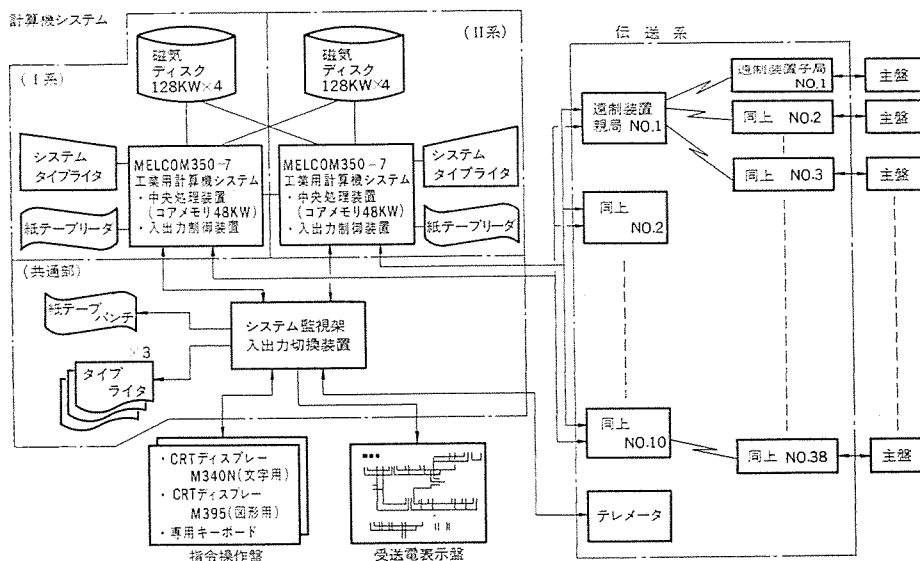


図 8. 近畿日本鉄道変電所集中制御システムの構成

の変電所機器状態に関するチェックを計算機で行い、指令員の負担軽減を図っている。

#### (2) 指定制御

目的とする電力系統の状態を指令操作盤から指定することにより、制御シーケンスの決定、制御可否のチェックから制御出力までを自動的に行う。

#### (3) 故障処理

変電所機器の状態変化から故障名を判別して CRT に表示し、また再閉路、機器代替運転などの制御を行う。

#### (4) 計画休送電制御

夜間の保全作業のために、休電申込みの受け付けから休電・送電制御の実施まで種々の業務を処理している。

以上の外に、整流器、コンデンサのスケジュール運転、各種日報及び月報の作表などの機能を備えている。

### 5. 分散形列車運行管理システム

従来より実施されている列車運行管理システムは、中央指令所に計算機システムを設置し、CTC (列車集中制御装置) を介して、各駅を制御する中央集中形システムである。

中央集中形システムは、適用線区が大きくなるに従って中央の設備が大形化、複雑化してシステムの信頼性を低下させるとともに、中央設備の故障による影響が広範囲に及び、混乱を招く可能性に対処す

る必要がある。

中央集中形システムの持つこのような問題に関連し、最近急速に進歩してきたマイクロコンピュータを各駅に分散配置する図 9. に示すような分散形システムがある。

分散形システムにおいては、中央監視装置から各駅の駅制御装置に対して当該駅のダイヤ情報をあらかじめ伝送しておき、この情報に従って駅制御装置は、当該駅の進路制御及び案内制御などを行う。列車の追跡情報は、駅制御装置から中央監視装置に伝送され、運行表示及び監視が行われる。

また、区間処理装置は、区間ごとにブロック分けされた駅制御装置と接続され中央監視装置をバックアップする。

このように、各駅の装置を単能化し、

中央装置との機能分担を適切に行うことによって各装置間のインタフェースが単純化され、同時に各装置自体の複雑化を避けることができる。また、駅制御装置が当該駅の制御を直接行うので、伝送遅れによる制御タイミングの遅れなどの問題も解消することができる。

駅制御装置は、数時間から1日分のダイヤ情報を記憶しており、中央監視装置が故障などによって運転を停止しても、駅制御装置により制御続行が可能である。また、区間処理装置は中央監視装置をバックアップするよう構成されており、1装置の故障が広範囲に影響することはない。

以上のように幾つかの長所を持つ分散形列車運行管理システムは、《MELCOM》350-50 シリーズと相まって近い将来の発展が期待されるシステムである。

### 6. 計算機を用いた電車試験システムのための標準操作卓システム

近年の鉄道輸送において、列車の効率的運用を確保するための保守点検体制確立の一環として電車試験のコンピュータによる自動化が進められ、既に当社が納入した計算機化されたシステムも 10 システムに近い。

この間、ソフトウェアについては処理方式の確立、ファンクションサブルーチンの整備が進められてきた。一方、電車試験に計算機を使用する場合の1つの大きな要素であるマンマシンインタフェース(操作卓)について、日本船舶振興協会の補助金事業の一環として以下に述べるような標準操作卓システムを開発した。

一般に、マンマシンインタフェースに対する要求は、その対象とする車両工場や検車区の試験体制・環境などにより大きな差がある。この標準システムでは、設置形操作卓と可搬形操作卓とを準備し、その組合せにより多様な要求に対処できるようになっている。

この2種類の操作卓は、共にプラズマディスプレイを基本とし、文字表示機能、データ入力機能及び音声出力機能とを有する総合的な操作卓で、いずれも現場の環境に十分耐えられるよう考慮されている。特に設置形については、画像表示機能を追加することも可能である。

これらの操作卓を利用したシステムの構成例を図 10. 及び 図 11. に示す。図 10. は、中央集中形のシステム構成例で、車両を編成し

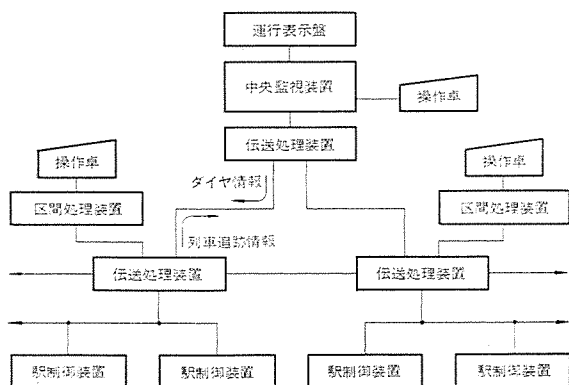


図 9. 分散形列車運行管理システム

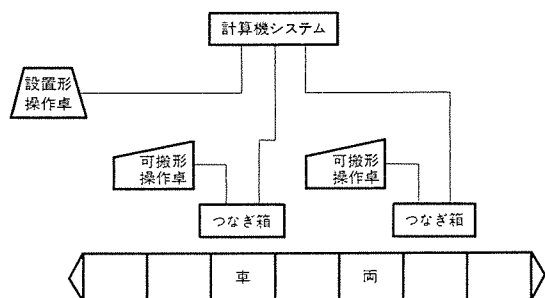


図 10. 中央集中形 システム の構成例

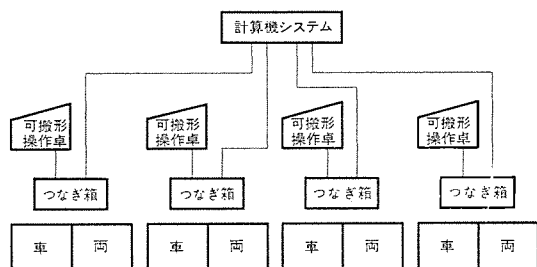


図 11. 分散形 システム の構成例

た状態で行われる編成試験などに適用することができる。中央集中形システムでは、設置形操作卓は検査ピットの近くに半固定的に設置され、システムの主操作卓として試験作業の全般的な管理を行う。また、可搬形操作卓は検査ピットわきにつなぎ箱を設けて接続し、つなぎ箱を基点として持ち歩きが可能である。可搬形操作卓は現場試験員と計算機システムとの対話に使用され、その個数は、試験体制に応じて自由に設定することができる。

図 11. は、分散形のシステム構成例で、車両をユニットに分けて独立して行われるユニット試験などに適用できる。分散形システムでは、独立して試験が行われるユニット（又は車両群）に対応して1個の可搬形操作卓が設けられ、それぞれ主操作卓として並列に操作することができる。

これら2種類の操作卓は、画像表示機能を除いては同等の機能を有し、相互にバックアップ、又は交換することができるようソフトウェア上の配慮がなされている。

## 7. 新交通システムにおける工業用計算機システムの適用

近年、大都市、地方中核都市では、交通需要の増大に加えて自動車交通量の激増が道路渋滞を引き起こし、路面交通の輸送効率と信頼性の低下を来している。

この打開策として、既存の交通機関を補完し、一部代替するものとして、鉄道とバスの中間の輸送量がある交通需要に対しては、いわゆる新交通システムによる中量軌道輸送システムの導入計画が各地にみられるようになってきた。中量軌道輸送システムは、一般鉄道と同様に、軌道、車両、駅、電力、信号、通信、車庫などの各設備で構成されるが、建設、運営にあたっては安全性、便利性の確保はもちろん、要員事情、資金事情など、今後予想される社会情勢を踏まえて、徹底した省力化、合理化を追求したシステムを指向しなければ

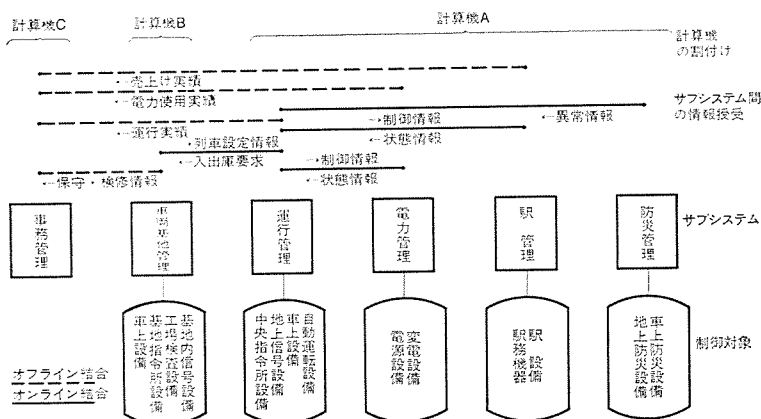


図 12. 新交通システムにおける総合管理システム

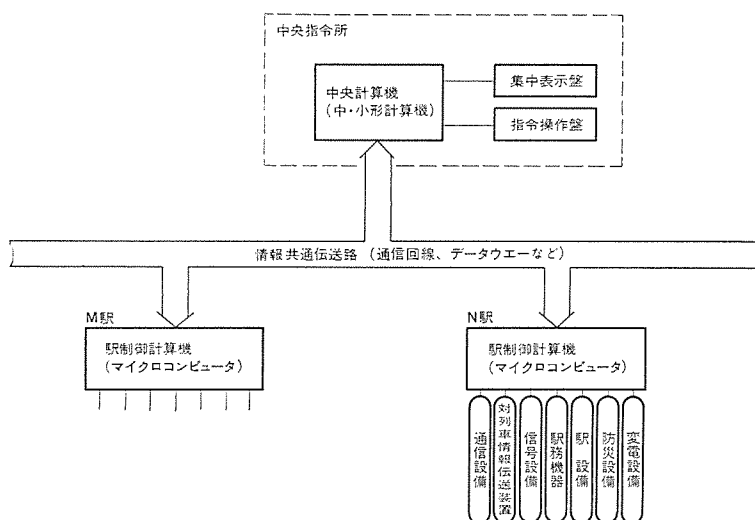


図 13. 新交通システムにおける分散形総合管理システム (本線関係のみ表示)

ならない。

そこで新交通システムでは、自動運転設備の導入により一人乗務、更には無人運転を目指し、遠方監視制御設備を設置して電力設備などの無人運転化、自動出改札、自動発券機など駅務の無人化、車両自動検査装置による車両検修作業の効率化など、高度の省力化を達成する一方、列車群管理手法による列車の高密度運転、定時運行確保など、乗客へのサービス向上を図るといった近代的システムを指向するのが通例であり、工業用計算機が随所に活用される。

図 12. は、新交通システムの構成要素、制御対象と管理用計算機システムとの関係を1つの例で示したものである。

図 13. は、分散形システムの1例であり、工業用計算機システムを階層状に組合せて、高信頼度でコストパフォーマンスの高いシステムが実現できるので、今後の活用が期待されるシステムである。

## 8. む す び

《MELCOM》350-50 シリーズの有する複合計算機システムに対する高度の能力を活用したアプローチを今後の1つの課題として、更に発展を期していく。



# 工業用計算機における品質管理と保守

藤井 貞雄\*・新宅三喜男\*・松本 孝郎\*

## 1. ま え が き

工業用計算機は1950年代の終わりに実用化されて以来、プロセス制御システムの主役として今や欠くことのできないものとなっており、プラントの生産効率の向上に大きく貢献している。反面、プラントに直結し、その運転制御に直接関与しているため非常に高い信頼性が要求されている。このため工業用計算機の品質管理は、ICを主体とした電子計算機としての品質管理はもとより、プラントニーズ及びプラント構成機器の品質水準と協調のとれたオーバオールな管理のもとに、長期にわたりシステムか(稼)動率を保証できるものでなければならない。工業用計算機の品質要件として、

- (1) 少なくともプラントの定期点検間隔内は連続稼働できる高いシステム稼働率を保証できること。
- (2) 機器の故障に対して、常にプラントを安全側に維持できるフェイルセーフなシステム設計でなければならないこと。
- (3) プラント信号を正しく入出力し、プラントの動きにダイナミックに追従でき、かつ高い信号精度であること。
- (4) ユーザの保守員が臨機に処置できる、保守しやすいシステム構成であること。特に定期交換を要する部品、ユニットは、交換しやすい機構設計であること。
- (5) 工業用計算機のマシンは、特に異常発生時に運転員が迅速に対処でき、かつフルフルでなければならない。
- (6) 設置環境に対する耐力、すなわち周囲の温度、湿度条件はもとより電気ノイズやじんあい、腐食性ガス、振動などに対し十分耐えられるだけのバイタリティが要求される。

こうしたニーズにこたえるため、工業用計算機は、トータルシステムとしてバランスのとれた、効果的な品質保証体制のもとに製作されるべきであり、この認識のもとに我々は《MELCOM》350工業用計算機について品質管理項目を明確にし、出荷品質を保証するための試験フローを確立した。

## 2. 品質管理のポイント

工業用計算機の品質保証は「システムとしての信頼性を追究し、それを保証する」ことであり、製造工程の各段階でその方針を具体化し、管理することである。図1.に工業用計算機の製造フローと品質保証の重点活動項目を示す。すなわち、システムエンジニアリングを駆使したプラントオリエンテッドなシステム設計、評価試験による信頼性の定量化、信頼度の高い部品の選択、更に製造品質を保証するワークマンシップ、

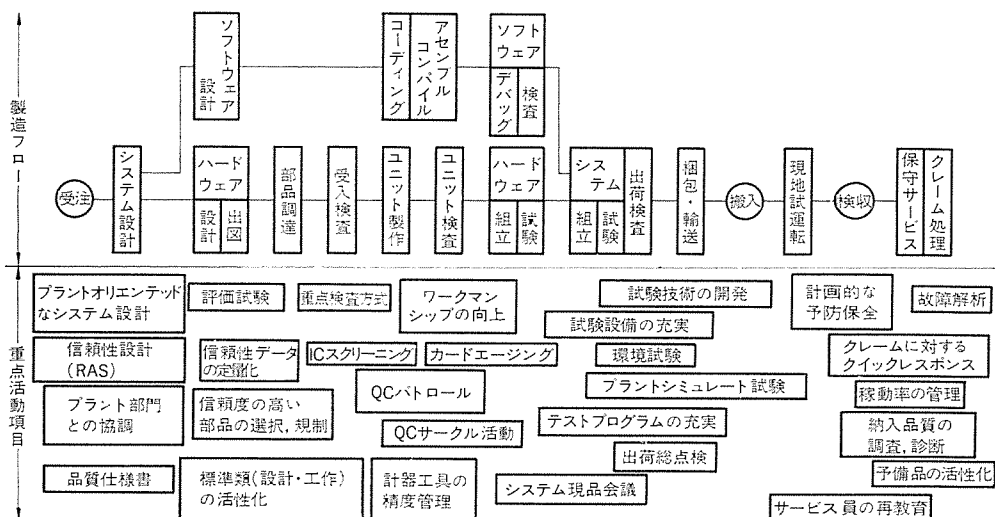


図1. システム製造フローと品質保証活動

高度な試験技術による品質評価、長期安定稼働を保証する計画的な予防保全が主要なポイントである。《MELCOM》350工業用計算機は、この観点から品質第一主義をモットーに品質プログラムを制定し、総合的に品質管理を実施している。

(1) システム設計の時点で、設置環境の実地調査、プラント稼働条件など品質に関する事項を徹底的に調査、検討し、品質仕様書にまとめる。これは設計・製造・試験・保守の各部門で更に具体化され、所定の品質目標が達成できるようになっている。また、必要に応じシステム組立てを終わった時点でシステム現品会議を開催し、関係各部門の参加の下に製品についていろいろな角度から品質チェックを行っている。

(2) 部品の選定、新製品の開発に際して、単に機能面だけでなく、耐環境性を重視した評価試験を実施している。更に後工程での不良、ユーザからのクレームに対しても積極的に再評価、故障解析を実施することにより、出荷製品の品質を上げるだけでなく、信頼性の定量的な把握、データの蓄積、また試験技法にフィードバックすることにより大きな効果をあげている。

(3) フィールドにおける年間総不良件数(機械部品を除く)を統計すると、カードに起因する割合が非常に高く、そのうちIC不良が大部分を占めている。この比率は計算機システムの部品構成からみて妥当な数値であり、この点からICの初期不良を摘出、除去する効果的なスクリーニング、カードの潜在欠陥を徹底的にデバッグする試験システムを確立し、システムの品質と信頼性を保証している。

## 3. 試験フローの考え方

製品がプラントニーズを満足しているか、設計仕様に合致しているか、信頼性が十分盛り込まれているか、これらを実証するのが検査と試験である。試験の基本は、製品の品質を阻害する要因を分析し、顕在化させ、是正するための手法と手順を考えることである。表1.

\* コンピュータシステム工場

に示すように、工業用計算機の品質を阻害する要因は大きく次の3つに分類することができる。

(1) 部品が潜在的にもつ初期不良で、部品の状態で顕在化できるもの。

(2) ワークマンシップに起因する工作上の不具合で、主にユニットの状態で顕在化できるもの。

(3) システム製品として要求される諸条件に対するミスマッチで、システムの状態で判定できるもの。これらの阻害要因を工場出荷までに完全に顕在化させ、正しい

是正処置をとることによりシステムの出荷品質を保証できるものでなければならない。このため試験を部品レベル、ユニット（カード）レベル、システムレベルの3段階に分け、各段階でとり得る最適な試験項目とエージングパターンを設定することを基本に図2.に示すような試験フローを確立した。

### 3.1 部品レベル

部品の受入検査及びICのスクリーニングが主体で、部品の初期不良を加速的に摘出、除去することを目的としている。

#### (1) 受入検査

部品の受入検査は、過去の受入時の検査不良率、後工程での不良発生率を統計的に把握し、かつ後工程の試験水準とのバランスのもとに重点的に検査している。なかでも、IC、プリント基板、カード接せん（栓）、水銀リレーなどは重故障につながるので全数検査を実施する。按取り検査は品目別に水準を設定し、ロット不良の混入を厳しく監視する。部品の検査は単に外観・形状だけでなく、電気的・機械的特性を測定し、ICなどはこのレベルで徹底的にスクリーニングしている。

#### (2) ICのスクリーニング

ICは、一般に時間の経過とともに故障率が減少する典型的な初期不良タイプの部品で、この初期不良を除去すれば、その後は部品として高い信頼性を保証できる。初期不良の摘出を加速する方法を考え、スクリーニングパターンを確立することは非常に大切なことである。

図3.にICのスクリーニングの手順例を示す。ICの初期不良を加速する手法として、経験的に熱ストレスが効果的なので、熱衝撃（ヒートショック）、高温放置、動作状態でのダイナミックバーンインを採用している。図4.に示すように、同じ熱衝撃でも品種によりその効果が異

表 1. 品質阻害要因と試験レベルとの関係

| 要 因                   | 部 品 | ユ ニ ャ ッ ト | シ ス テ ム | 試 験 の ボ イ ン ト                                     |
|-----------------------|-----|-----------|---------|---|
| 部品の初期不良               | ◎   | ○         | ○       | 部品レベルで思い切ったストレスの印加。ユニット システムレベルでも十分なエージング時間を設定する  |
| 工作不良<br>(はんだ付、配線ミスなど) | —   | ◎         | ○       | 工作に起因する不具合はユニットレベルで徹底的に除く。特にはんだブリッジは重点検査する        |
| 機能仕様を満足しない            | —   | ○         | ◎       | 単体だけでなく、システムとして並列、競合切換え、異常パターンをテストする。             |
| 設置環境に対する動作マージンの不足     | —   | ○         | ◎       | システムランの状態、環境パラメータを変化させ動作マージンを確認する。                |
| プラント インタフェースとのミスマッチ   | —   | —         | ◎       | シミュレータと接続し、外部入出力信号に対しアプリケーション ソフトウェアの応答性、制御性を評価する |

◎ もっとも顕在化できる ○ 顕在化するものもある

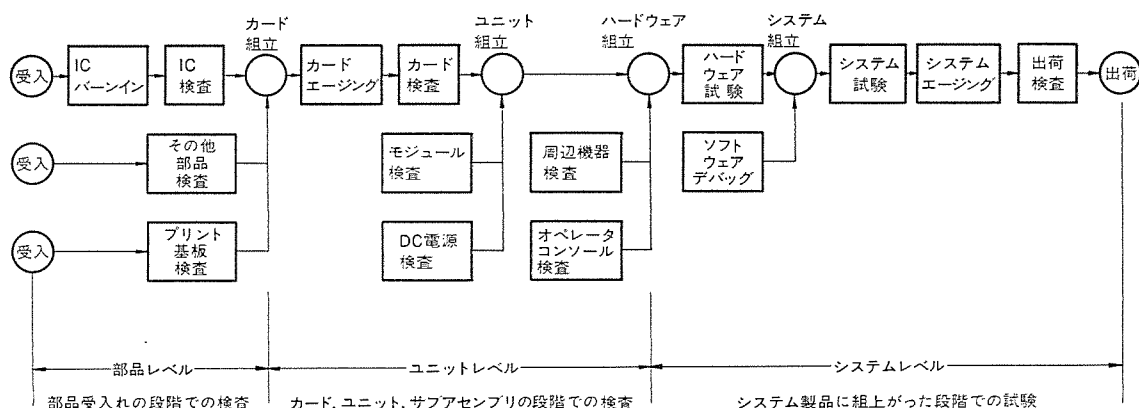


図 2. 工業用計算機の試験フロー

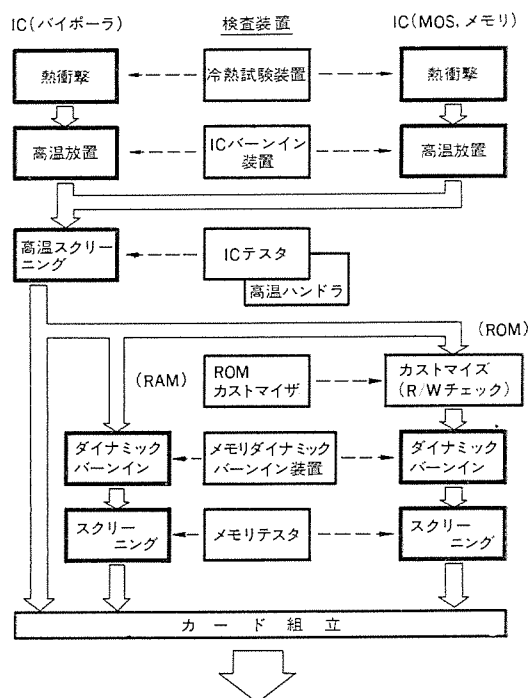


図 3. ICスクリーニングの手順例

なるので、社内の実験データをもとにストレス温度、サイクル数、時間を調整し、効果をあげている。またDCパラメータ及びファンクションテストは、常温テストに加えて高温テストも実施し、初期不良摘出に努めている。

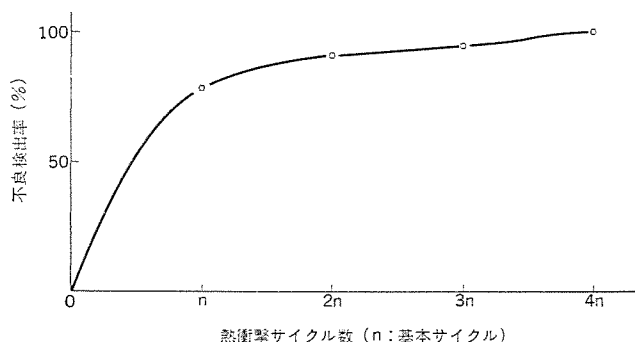


図 4. 熱衝撃試験の効果例

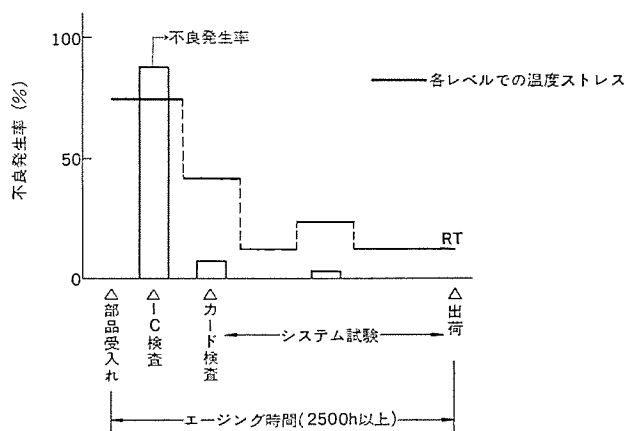


図 5. 試験工程と初期不良発生の傾向例

このように、ICは部品レベルで大きな熱ストレスを受け、これにより特性不良の大半が顕在化するので、高能力のICテストを導入してその除去に全力をあげている。また、図5.に示すように、ユニット、システムレベルでも段階的に温度ストレスを与え、残存不良を完全に摘出するために工場出荷までに十分なエージング時間（常温換算で2,500時間以上）を確保するように計画している。

### 3.2 ユニットレベル

カード、モジュールを主体に、部品に潜在する初期不良を更に加速するとともに、ユニット化の過程での工作上の不具合を徹底的に除去することを目的としている。

#### (1) カードエージング

カードエージング装置により高温・低温の温度サイクルをかけている。これはICの初期不良の加速、はんだブリッジなど微妙な工作上的欠陥を顕在化するのに効果がある。同時に各カード単位にICの電源を周期的にオン・オフし、内部ストレスを増大し、スクリーニング効果を高めている。

#### (2) カード検査

エージングを終わったカードはミニコンを使ったはん（汎）用カードテスト（図6.に示す）により全数検査される。このテストは、回路情報を入力することにより内部ロジックをシミュレートし、正しい出力パターンを自動生成することができる。通常は、このパターンと被検査カードの出力パターンが比較され、良否判定される。不良検出能力はIC不良、パターンの短絡、断線、接地故障モードについて全想定故障の90%以上である。更にICのピン対応で不良箇所がCRTに表示されるので、カードの故障解析、修理にも効果的で、カードの信頼性の向上に役立っている。

その他カードの品質向上対策として、樹脂コーティングにより表面を

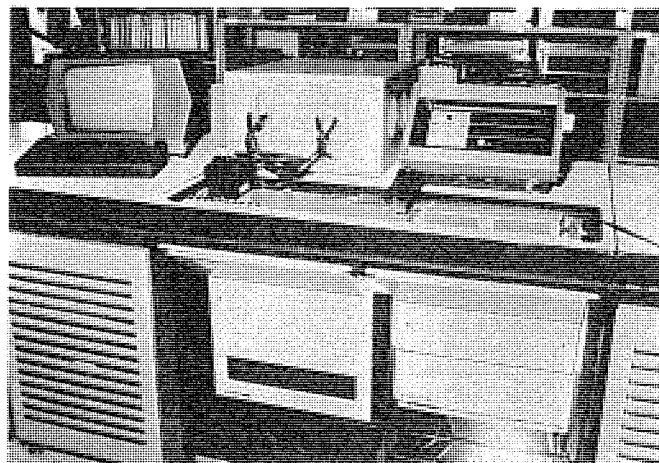


図 6. カードテストの外観

保護し、耐環境性の向上をはかっている。

### (3) モジュール検査

カードをそう（挿）入するモジュールは、パターンと配線が品質上のポイントである。特に配線は人為的なミスに伴いやすいので、自動配線機、配線検査機を導入し、作業を機械化している。

その他、DC電源や周辺機器についてもシステムに組込む前に機能、特性試験を実施し、電源は通電エージング、タイプライタやCRTは長時間連続動作テストを行い、電氣的・機械的性能をこのレベルで保証している。

### 3.3 システムレベル

システム仕様とのミスマッチを是正し、かつ設置環境やプラント稼動条件に対し十分な動作マージンを保証することを目的としている。これは、個々のハードウェアを組合せた段階でのハードウェア試験とシステムソフトウェアをゼネレーションした後のトータルシステム試験とに分けて試験項目を設定している。

#### 3.3.1 ハードウェア試験

(1) 外観、構造の検査、特にケーブル処理など安全性、保守性を重点的に検査している。

(2) 絶縁抵抗の測定、耐圧試験。

(3) テストプログラムによる機能試験。これは複数機器の並列動作、チャンネル間のタイミングの競合動作、入出力のループテスト、フェイルセーフ機能のテストなどを含む。テストプログラムは、図7.に示すように独立したソフトウェア体系の下に構成され、試験条件に対応したテストパッケージを開発している。

#### (4) 動作マージンの試験

システムの最大許容条件、設置条件の上下限域において安定に正常動作し得るかどうかをこの段階で重点的に試験する。

- (a) 外部電源の電圧変動に耐えられるかどうか。
- (b) 外部電源の周波数変動に耐えられるかどうか。
- (c) 外部電源の瞬停に対し、自動回復し、機能を続行できるか。
- (d) 外来の電源、アースラインのインパルスノイズに耐えられるかどうか。
- (e) 内部DC電源の電圧変動に対し回路マージンが確保されているかどうか。

(f) 設置場所の温度、湿度条件で安定に動作できるかどうか。

これらの試験条件についてシステムごとに評価パラメータを設定し、実質的な環境試験（図8.に示す）を取り入れている。

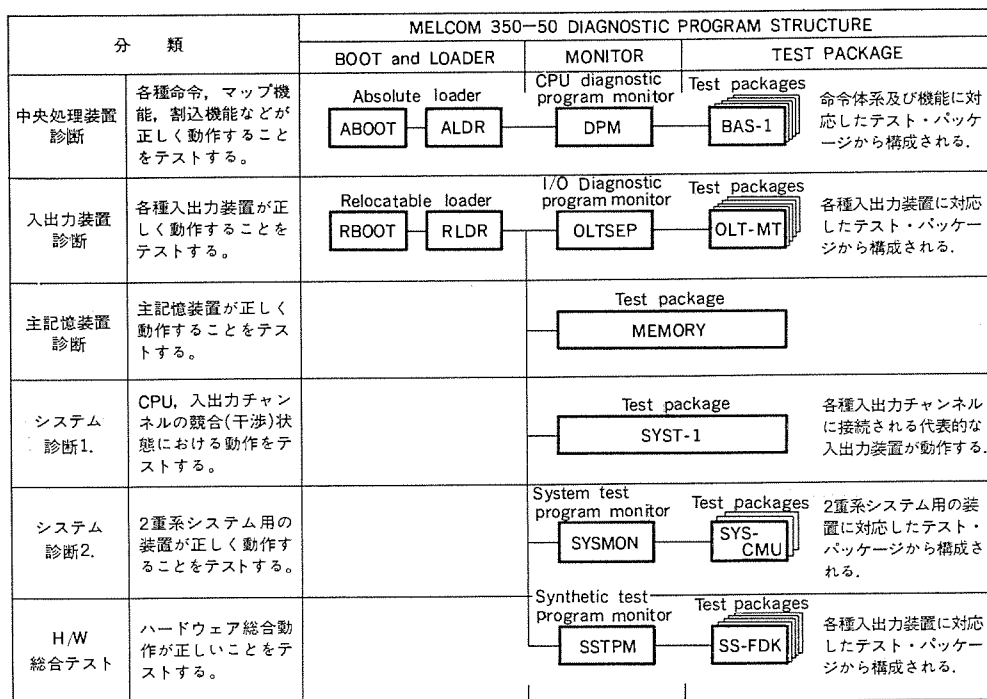


図 7. テストプログラムの構成



図 8. 大形恒温そう(槽)によるシステム試験

### 3.3.2 トータルシステム試験

- (1) システムプログラムを並行ランニングさせ、相互にエラーのないこと、処理データの妥当性、精度などをチェックする。
- (2) 入出力シミュレータやアナログコンピュータに接続し、プラント状態を模擬し、プラント運転との同位性とコントロール系の制御特性を測定している。
- (3) パネル操作の応答性、また必要に応じ計算機負荷シミュレーションを行い、プログラムの実行負荷を測定する。
- (4) 故意にハードウェアエラーを発生し、正しくエラー処理されるか、フェイルセーフに動作するかなど現実的な異常パターンを想定し、試験し、システムの安全性を確認している。
- (5) システムエージング及び出荷検査を行う。

## 4. 保守の品質管理

工業用計算機は非常に長期にわたって連続稼動に耐えなければならない。出荷品質をいかに安定に維持し、ユーザに対し稼動率を保証するかが最大の課題と考え、ユーザとの協調のもとに効率的な保守管理システムを確立している。

### 4.1 稼動率管理とクレーム処理

ユーザのシステム単位で稼動実績を記録している。これは各保守センタから報告されるフィールドデータを社内の計算機で処理し目標管理される。目標値を切ったシステムは、システム設計、品質管理部門、更にソフトウェア部門も参加してデータを詳細分析し、

稼動率向上のための具体的対策を立案し、フィールドに反映している。

また、ユーザのフレームは「品質改善の大きなチェックポイントである」との認識のもとに前向きに受け入れ、その分析、対策を推進し、場合によっては設計の根本から見直し、改善を実施している。これらの情報はすべて品質情報にまとめられ、関係部門にフィードバックされ、品質改善の重要な指針として活用される。

### 4.2 予防保全と修理

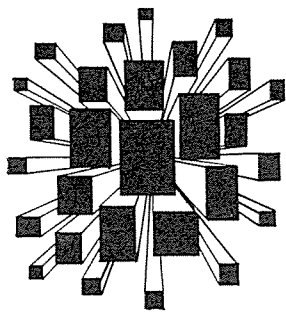
長期安定稼動のためには計画的な予防保全がもっとも有効な手段であり、システム構成、設置環境、プラント稼動条件などを考慮した綿密な保全計画のもとに実施している。単に定期点検だけでなく、定期交換部品の交換、ユーザを交えたシステム稼動状況の診断を行い、事前に欠陥を取り除くことに努めている。更に予備カードを実機でテストし、常に使用できる状態に活性化している。また機機部品については、定期的に特性データを測定し、経済的なオーバホールを推進している。

### 4.3 保守センタと保守員の教育

全国、主要都市に保守センタを設置し、ユーザのコールに迅速に対処できる体制をとっている。特に保守員に対しては、工場で定期的に再教育を実施し、最新の技術を修得させるとともにプラントに関する知識を教え、ユーザ及びプラントと一体になった効率的な保守ができるよう保守体制の強化をはかっている。

## 5. む す び

以上のとおり、《MELCOM》350 システムは、プラント製造部門との協調のもとに工業用計算機としての必要な品質管理事項を分析し、重点指向することにより大きな成果を得ている。更にフィールドでの間欠故障やハードウェアとソフトウェアの接点に存在する微妙な故障を迅速に解明する試験技術の開発を進めており、これらを計算機の基本設計にフィードバックすれば飛躍的に効果的なRAS (Reliability, Availability, Serviceability) 機能を確立することができるものと思う。



# 特許と新案

アンテナ装置 (実用新案 第1080471号)

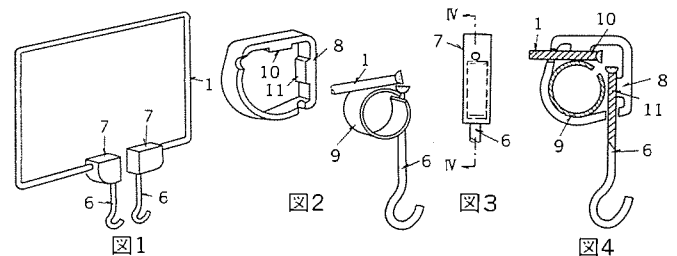
考案者 遠藤正和

この考案は、テレビジョン受像機等に用いられる UHF アンテナ装置の改良に関するものである。

図1はこの考案からなるアンテナ装置の外観を示すもので、(1)はアンテナ本体、(7)は保持具、(6)はテレビへの接続脚で、上記保持具(7)は図2～図4に示すように構成されている。

すなわち、この考案は、上記アンテナ本体(1)の末端部と、上記接続脚(6)の末端部とを収納する保持わく(枠)(8)と、この保持枠内に装着される円形状スプリング(9)とからなり、上記アンテナ本体(1)と接続脚(6)を、上記保持枠(8)、あるいはこの保持枠(8)に設けられた突起部(10)(11)と、上記円形状スプリング(9)間で挾持するようにしたことを特徴とするもので、この考案は、スプリングの弾性を

利用して、アンテナと接続脚をそれぞれ独立して回転できるようにしたもので、生産性がよく、しかも安価なアンテナ装置が得られる優れた実用的効果を有するものである。



半 導 体 装 置 (実用新案 第1105390号)

考案者 杉本和彦・上田 守

この考案は、封止される容器内に半導体板を設置した半導体装置の改良に関するものである。

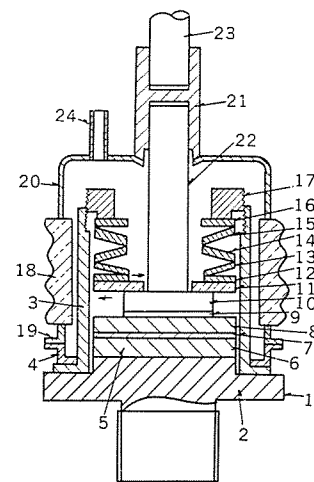
この種の装置として、図に示すようなスタッド形がよく知られており、耐圧を向上するために、容器内にパイプ(24)から窒素ガスを封入するのが普通であるが十分ではなかった。

そこでこの考案では、窒素ガスに代えて、窒素ガスより絶縁耐力が高くしかも半導体板(8)の表面に悪影響を及ぼさないようなガス、例えば  $\text{SF}_6$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$  などのフッ化炭素系のガスと少量のヘリウムガスとの混合ガスを封入するようにした。同一構成の装置を用いて実験した結果によれば、 $\text{N}_2$ を封入した場合は約3,000Vで環状絶縁板(11)の沿面で放電を起こしたのに対し、 $\text{SF}_6$ を封入した場合は約7,500V、 $\text{C}_2\text{F}_6$ を封入した場合は約6,500Vであった。これは単にガスの絶縁耐力が高いだけでなく、フッ化炭素系のガスが電気的に負性のガスであるため、半導体表面での空間電荷の分布が耐圧を大きくするように影響を受けるためと思われる。

なお、周知の如く半導体板(8)は表面が非常に敏感であるため気密封止する必要があり、封入ガスのリーク量は  $10^{-8}$  cc/s 以下におさえるのが普通であるが、リークを検出するためにヘリウムガスを少量封入しておけばリーク検出感度のよいヘリウムリークディテクタで製品を検査でき好都合である。フッ化炭素系のガスに15%程度のヘリウムガスを混合しても絶縁耐力はほとんど低下しない。

この考案によれば、電気的に負性のフッ化炭素系ガスを半導体装

置の内部に封入するようにしたので、装置内部での放電を防止するとともに装置の特性を向上することができ、高耐圧半導体装置において大きな効果がある。またこの考案装置はヘリウムガスをも併せて封入するものであり、このヘリウムガスはフッ化炭素系ガスと同様に半導体板の特性を劣化させない性質を持っているので、半導体板の特性を劣化させずに、しかもヘリウムリークテストを実施して、簡単に精度よく容器のリークを検知することが可能である。





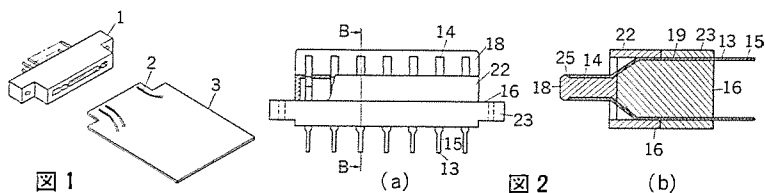
この考案は印刷配線板の保守点検に便利なコネクタ用プラグに関するものである。

図1に示す印刷配線板(3)が複数個並べて取付けられる場合、それらの保守点検に際し、コネクタ(1)に結合して接続ケーブルを外部に導出するプラグが設けられる。図2はこの考案のプラグで、(13)はコネクタ(1)の接触片に接触する接触部(14)と端子部(15)とからなり金属材で一体に形成されたコンタクト片で、複数個並置される。(16)は絶縁材で形成されたコンタクト保持体で、コネクタ(1)にそう(挿)入される突部(18)を一体に有する前部保持体(22)と、これに組合わされる後部保持体(23)とにより構成される。(25)は上記突部(18)の上下両面に設けられた台形状のみぞ(溝)で、上記コンタクト片(13)の接触部(14)もこの溝(25)に対応して台形状に構成され、溝(25)に挿入保持される。(19)はコンタクト片(13)を挿入保持する複数の透孔であって、前部保持体(22)と後部保持体(23)の両方に設けられている。特に後部保持体(23)の上下両透孔(19)は、上記突部(18)の上下両面の間隔よりも大きな間隔をもって互いに隔たっており、これらの透孔(19)から突出する上下両コンタクト片(13)の端子部(15)を接触部

(14)よりも大きな間隔を介して互に対向させる。

この図2に示すプラグと図1に示すコネクタ(1)との結合はプラグの突部(18)をコネクタ(1)に挿入することによりプラグのコンタクト片(13)の接触部(14)とコネクタ(1)の接触片とが接触することにより行われる。またプラグとケーブルとの接続はコンタクト片(13)の端子部(15)にはんだ付け又はラッピング工具を用いてラッピング接続することにより行われる。

以上のようにこの考案はコンタクト片の端子部を保持体から突出させてあるためラッピング工具を用いて上記端子部にケーブルを容易に接続することができ、またコンタクト片の肉厚を適当に選ぶことができるため摩耗、電気容量等の障害が回避されて、作業性、信頼性とも向上する。



## レコードのプログラム再生装置 (特許 第759602号)

この発明は、レコード盤の任意の部分を選択して再生を行うレコードのプログラム再生装置に関するものである。

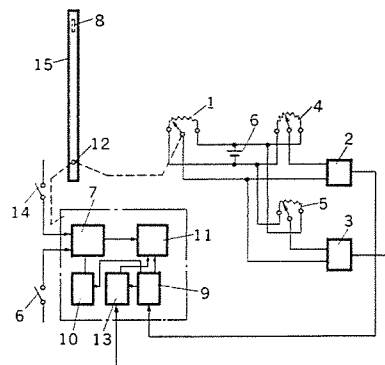
従来、再生したい録音部分に手動によりピックアップヘッドをあてねばならず、必要な小部分を繰り返し再生を行いたい時取扱いが非常に面倒である。

この発明は図に示すように選択再生を行いたい録音部分の開始点は接針点で、終了点は離針点であり、これらはポテンシオメータ(1)と離針点検出用の比較回路(2)、接針点検出用の比較回路(3)により、離針点検出設定用ポテンシオメータ(4)及び接針点検出設定用ポテンシオメータ(5)の設定を行う。

自動再生モードが必要な場合、手動スイッチ(6)を押すと保持回路(7)が保持され自動再生状態に入る。ピックアップヘッド(8)が離針点に来ると離針制御回路(9)により離針制御がかかり、ピックアップヘッド(8)はレコードから離れる。カウンタ(10)の読みが所定再生回数以下の場合、回転制御回路(11)によりピックアップ支点軸(12)を元の方にもどし、接針点に来ると接針制御回路(13)によりピックアップヘッド(8)は接針する。以上により繰り返し再生が継続される。また、自動再生モードから普通再生モードへの変更はピックアップヘッド(8)を持ち上げるとスイッチ(14)が閉じ、これにより保持回路(7)はリセットされ自

動再生動作は停止し、普通の再生動作のモードにもどる。この外にカウンタ(10)の読みが所定値に達したら保持回路(7)を自動リセットすることにより、回転制御がかかったまま接針点検出信号が出ないので、ピックアップヘッド(8)は置台の所まで来て、回転制御は停止しピックアップアーム(15)は置台に自動的にのる。

以上のようにこの発明によれば、任意の大きさのレコード盤の任意の部分非常に簡単な操作と短いアクセスタイムのもとに選択再生、特に繰り返し選択再生することができる。



# ワイヤカット放電加工機における計算機制御技術

小林和彦\*・高鷺民生\*\*・大島道隆\*\*\*・田中 豊\*\*・弥富 剛\*\*

## 1. ま え が き

ワイヤカット放電加工は、今や開発段階を脱し、完全に実用段階に入ったと言える。2次元形状の金型加工分野を筆頭に、種々な金属加工分野に進出し、大きな発展を遂げつつあり、それとともに技術進歩も著しく、とりわけ制御技術は、計算機制御を基にして機能の大幅な拡張が図られている。当社ワイヤカット放電加工機の製品系列及び特長については、前報<sup>(1)</sup>ですでに紹介したが、今回はそれ以後に開発した新技術として、テーパカット制御と加工条件自動切換えのための最適化制御技術を中心に、その制御方法、仕様等について解説する。前者は、従来のワイヤカット機が持つX-Y 2軸制御機能に、上部ガイドのU-V 2軸制御機能を付加し、加工進行方向に対して常に法線方向にテーパを形成するように、両者の相対位置関係を制御する極めて高度な制御方法である。一方後者は、アルミサッシ押し出し金型のように被加工物の板厚が変化するような加工において、放電パルスの電気条件を板厚に応じて最適に制御する方法で、加工精度の向上を図るとともに、加工時間の大幅な短縮が実現できた。以上述べた新技術の開発により、この加工法の応用分野が今後一層拡大していくものと思われる。

## 2. 制御システムの構成

### 2.1 現在のシステムの概要

三菱ワイヤカット放電加工機は、ミニコン(《MELCOM》70)を用いた数値制御(NC)方式を採用しており、図1.に示すようなシステム構成になっている。テーパ作成装置(MEDI APT 70)により作られた指

令テープはテープリダーから読み込まれて、計算機(CPU)により演算される。そして演算の結果得られるX軸及びY軸移動指令値により、テーブルは駆動されて所要の形状の加工を行うが、一方極間の加工電圧はA/D変換器を介して計算機内部に読み込まれており、これを基にして算出した最適の加工送り速度が指令される。またワイヤカット放電加工では、加工の進行に伴い、ワークとワイヤ間で短絡が発生し、加工が中断することがあるが、このような場合は計算機の内部メモリに記憶されている加工経路に沿ってワイヤを逆行させ、瞬時に短絡を解消させる機能も持っている。また大部分の機能が計算機により制御されているため、機能の高度化に対しても計算機内のメモリ追加と、制御プログラムの交換で対応でき、ハードウェアの改造は最小で済む利点がある。後述するテーパカット加工の同時4軸制御、及び電源の加工条件を自動設定する最適制御なども、計算機の高速演算性により実現されている。更に種々の制御プログラムはモニターの下で動作し、フェイルセーフとなるように構成されており、信頼性の高い加工ができることも特長の1つである。

また、計算機はオンラインでテーパ作成装置(MEDI APT 70)と接続しており、加工中でも、テーブルの制御と同時に自動プログラムによる指令テーパ作成ができるようになっており、パートプログラムに基づいた情報を入力すれば、容易に指令テーパを作成することができる。なおテーパ作成装置(MEDI APT 70)の印字部はボールペンで構成されており、プロッタとしての機能を持つため、作成されたNCテーパをその場で図形チェックすることができ、ミスのない完全な指令テーパを短時間のうちに作成することができる。自動プログラミングMEDI APTは、1台の計算機で機械の制御と同時に、テーパ作成が実行さ

れる外に、オフラインで自動プログラミングに専用に1台の計算機を使用するシステムも用意されている。このような構成では計算機の機能はすべてテーパ作成機能に使用できるため、自動プログラミングの機能が飛躍的に高まり、オンラインではできなかった高度のテーパ作成機能が得られる。また、FORTRAN、アセンブラ等の言語も使用可能となる外、フロッピーディスクを付加することにより、指令テーパの編集、面積・重心計算、他社APTの使用なども容易に行える。特に制御装置内のテープリダーの代わりにフロッピーディスクを使用したシステムもあり、この場合紙テーパによる指令テーパの作成は不要となり、フロッピーディスク内の情報によるテーブル加工が可能になる。CNCシステムの外観の1例を図2.に示す。

上記のCNCシステムの外に、多数台

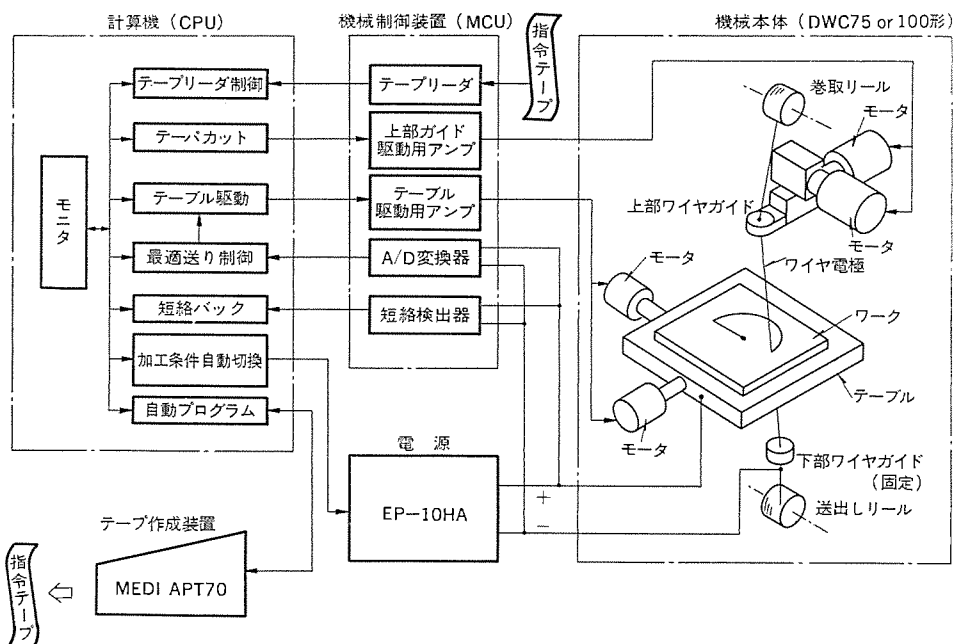


図1. 計算機制御によるワイヤカット放電加工機システム構成

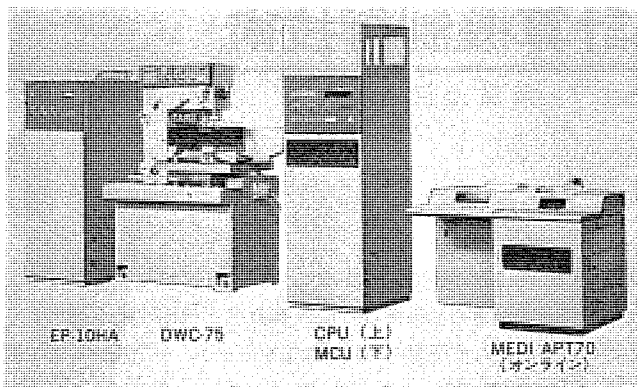


図 2. DWC 75-CNC 2 形の構成

の機械の群制御機能を持つ DNC システムがあるが、これは、CNC システムで 2 台までの群制御が可能であるのに対して、1 台の計算機で 10 台までの機械の制御が可能になっている。

### 3. テーパカット制御装置による加工

ワイヤカット放電加工機の応用分野拡大を目的として開発されたテーパカット制御装置は、従来のワイヤカットが持つ、X-Y 2 軸制御機能に、上部ガイドに独立の U-V 2 軸を加え、同時 4 軸制御機能により、3 次元加工が可能な極めて高度な制御装置になっている。この装置によるテーパ加工は、単純な入力諸元で加工が可能のように、その制御、演算のほとんどを計算機に実行させている。したがって、操作者は従来のワイヤカットと同様に手軽に 3 次元加工を行うことができる。本文では、テーパカット制御装置の仕様、基本構成、制御方法などについて解説する。

#### 3.1 基本構成及び仕様

装置の基本構成は図 3. に示すように、従来の 2 次元加工用ワイヤカット装置に、上部ガイド移動制御用の U-V 2 軸駆動系、及びその制御系を付加したものであり、これら 4 軸により加工進行方向に対して常に法線方向にテーパを形成するようにガイドの位置を制御する。この装置の構成には含まれていないが、機構部分に対するテーパカット制御ソフトウェアの比重は極めて大きなものになっている。次にこの装置の仕様を表 1. に、外観写真を図 4. に示す。

#### 3.2 テーパ加工に必要な入力諸元

テーパ加工に必要な入力諸元は、手動(又は NC テープ) 入力が可能であるため、特別な NC テープを必要とせず従来の 2 次元加工用の NC テープを使用することができる。入力する諸元は、図 5. に示す次の 5 諸元である。

$\theta$ : 指定テーパ角度(度, 分, 秒)

X: テーパ回転中心位置 (mm)

Y: 加工速度指定位置, 図形チェック時の等高線位置 (mm)

I: 上部ガイドスパン (mm)

J: 下部ガイドスパン (mm)

これらの諸元により、上部ガイドと被加工物テーブルの相対的位置関係が計算され、位置制御が入力指令に対して行われる。

#### 3.3 テーパ制御方法

この装置の同時 4 軸制御機能を有するテーパカット制御ソフトウェアは、次に示す特長がある。

(1) シャープエッジ及びコーナ R 制御が同一プログラム中で任意に指定できる。

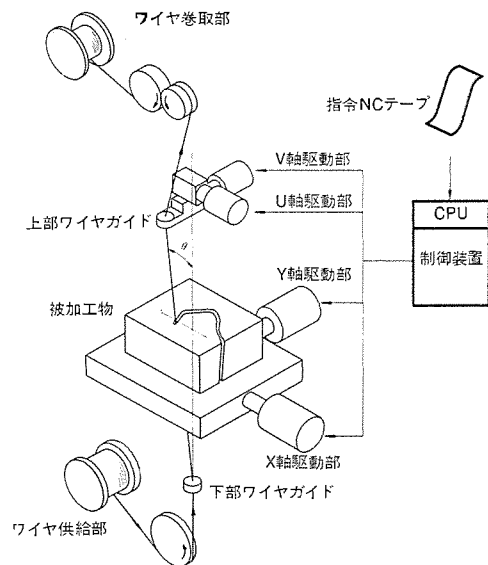


図 3. テーパカット制御装置の構成

表 1. テーパカット制御装置の仕様

| 項 目                   | 仕 様   |
|-----------------------|---|
| 最大傾斜角度                | ±5°   |
| 最小角度単位                | 1 秒   |
| ワイヤガイド方式              | ダイヤモンドダイス方式                                   |
| 制 御 方 法               | 同時 4 軸 (X, Y, U, V 軸) 制御                      |
| テーパ駆動方式               | DC モータ (セミクロードループ) 方式<br>(下部ガイド固定, 上部ガイド駆動方式) |
| テーパ用クロステーブル<br>移動最小単位 | 1 μ   |
| 設定入力単位                | 1 μ   |
| 角度設定方法                | 手動入力又はテープ入力                                   |
| 角度入力コード               | A 0 0 0 0 (5 けた)<br>度 分 秒                     |

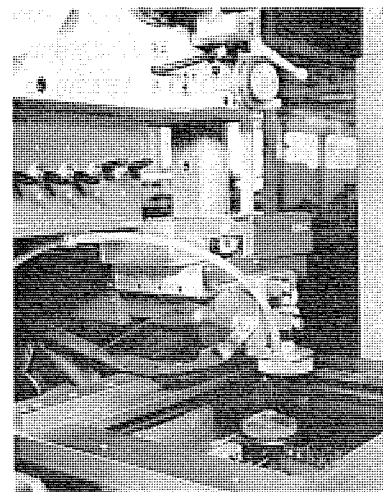


図 4. テーパカット装置の外観

(2) テーパ角度が同一プログラム中で、任意に変更できる。

(3) ワイヤの初期セッティングは、垂直度を出すだけで、施工時に自動的に所定角度に制御する。

これらの特長を使用することにより、図 6. (a) に示すテーパ形状の加工が可能になる。このなかで、コーナ R 制御方法は、コーナ部の 2 平面を円錐形状で、コーナエッジ制御方法は、2 平面の交線で接続する(図 6. (b) 参照: コーナ R 制御 右側, コーナエッジ制御 左側)。

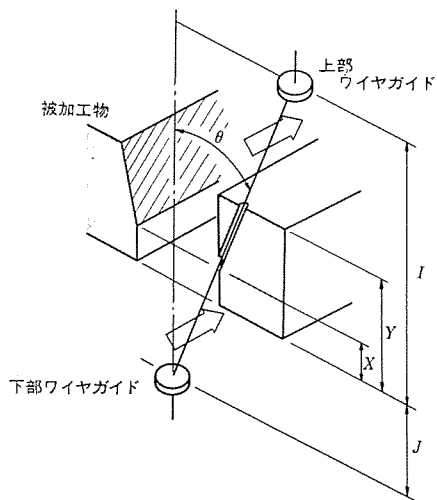
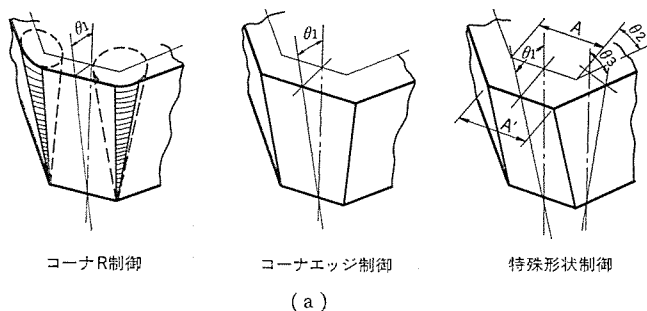
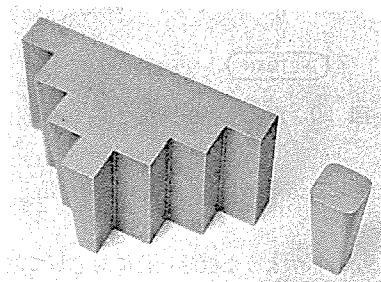


図 5. テーパ加工に必要な入力諸元



(a)



(b) 左コーナエッジ制御, 右コーナR制御

図 6. テーパ制御方法

更に通常のテーパ加工では形状が相似になるのに対し、特殊形状制御方法では所定の方角に対して、常に同一角度になるようにテーパ角度を変更制御することにより、図のような形状 ( $A=A'$ ) を作ることが可能である。この時のテーパ角度の関係は、次のようになる。

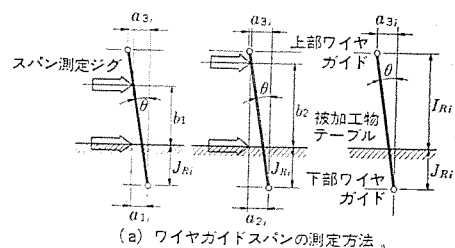
$$\theta_3 = \tan^{-1}(\tan \theta_1 \times \sin \theta_2)$$

### 3.4 テーパ加工における図形チェック機構

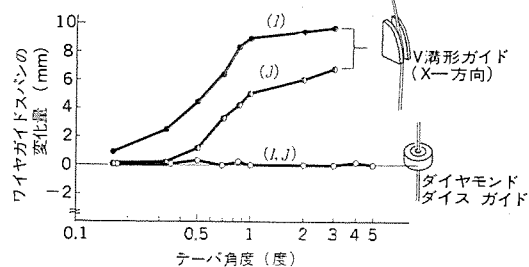
テーパ加工では、加工形状が3次元形状になるため、詳細に形状の干渉チェック、ワイヤの切返しチェックなどを行う必要がある。この装置では、この3次元形状の図形チェックをソフトウェア処理により行っている。すなわち、入力諸元の  $Y$  の値を任意に変更することで指定の平面高さの形状を図形チェックモードで描くことが可能で、プログラムのミスの発見が極めて容易になっている。

### 3.5 テーパ加工精度に影響を与える要因

ワイヤカットによるテーパ加工は、非剛性体であるワイヤ電極を使用するため、従来のワイヤカット以上に加工精度に影響を与える要因が多



(a) ワイヤガイドスパンの測定方法



(b) ワイヤガイド方式によるガイドスパンの変化量

図 7. テーパ加工精度に影響を与える要因の解析

い。これらをまとめると次のようになる。

- (1) 上下ワイヤガイドスパン精度
- (2) ワイヤガイド方式
- (3) ワイヤ垂直度精度
- (4) 上部ガイド位置 (ストレート加工で垂直度が出る位置)
- (5) ワイヤテンション変動

これらの諸要因のなかで、(1)、(2)項が最も影響度が大きいので、ここではこの2要因について述べる。

#### 3.5.1 ワイヤガイドスパンの測定

テーパ加工では 3.2 節で述べたように、ガイドスパン  $I, J$  によりテーパ角度制御を行うため、ワイヤガイドスパンの精度が加工精度に直接影響を与える (例えば、テーパ角度  $5^\circ$  の時、 $50 \mu$  のスパン変化が  $5 \mu$  程度の切刃位置変化になる)。したがって、ワイヤガイドスパンの測定は極めて重要になる。図 7. (a) はその測定方法を示したもので、上下ガイドスパンはそれぞれ次式によって求まる。

$$J_{R(i+1)} = \frac{a_{2i}b_1 - a_{1i}b_2}{a_{1i} - a_{2i}} \quad (\text{下部ガイドスパン})$$

$$I_{R(i+1)} = \frac{J_{R(i+1)}(a_{3i} - a_{2i}) + \frac{a_{3i}b_2}{a_{2i}}}{a_{2i}} \quad (\text{上部ガイドスパン})$$

ここで、 $b_1, b_2$  はスパン測定ジグ高さ、 $a_{3i}$  は見かけの上下ガイドスパンを用いて、所定の角度ワイヤを傾斜させるために必要な上部ガイドの移動量:  $a_{3i} = (I_{Ri} + J_{Ri}) \times \tan \theta$ 、 $a_{1i}, a_{2i}$  は  $b_1, b_2$  のスパン測定ジグにより測定した、ワイヤ垂直位置からのずれ量を示す (式中、添字  $i$  は、この測定を 1~2 回繰り返す、正確なガイドスパンを求めることを意味する)。

#### 3.5.2 ワイヤガイド方式

前述のように、テーパ加工ではガイドスパン精度が重要であるため、ワイヤを傾斜させた場合にもガイドスパンが変化しないようなガイド方式を用いる必要がある。図 7. (b) は、曲率 70 mm の V みぞ (溝) 形ガイドと、ダイヤモンドガイドを用いた場合の傾斜角度に対するガイドスパンの変化を示しているが、ダイヤモンドガイドでは、全領域にわたって無方向性でしかもスパンの変化がほとんどないのに対し、V溝形ガイドでは、傾斜角が  $1^\circ$  以下でもスパン変化量が大きく、しかも方向によってこの傾向が変化するため、テーパ加工用ガイドには使用できないことが分かる。

### 3.6 テーパ加工の応用分野

ワイヤカットによるテーパ加工は、従来精度が出ないとされていたが、同時4軸制御ソフトウェアの開発、ガイドスパン測定方法の確立、ワイヤガイド方式の研究により、2次元加工用ワイヤカットに匹敵する精度が得られるようになり、今後は、従来のプレス金型からプラスチック金型、ダイキャスト金型などの分野へ幅広く応用されていくものと考えられる。

### 4. 最適化制御による加工

従来よりワイヤカット放電加工においては、加工中の被加工物の板厚は一定であり、使用される加工条件は変化しないのが一般的であった。しかし例えば、アルミサッシ押し出しダイスのように加工中に被加工物の板厚が徐々に、あるいは急激に変化するような加工の場合には従来の加工法では、加工速度が板厚変化により低下するばかりでなく、加工精度も加工溝幅が変化するために悪くなる傾向にあった。そこで加工中に被加工物の板厚が変化の場合は、加工特性上（特に加工速度、加工精度）からも、それぞれの板厚に最も適した加工条件も選定する必要がでてきた。ここで言う最適化制御とは、上記のことに着目して各板厚の変化を自動的に検出して、最適加工条件を選定することにより加工特性の向上を図ったものであり、以下にその制御方法、加工特性及び応用例について述べる。

#### 4.1 制御方法

図8.で示すように、ワイヤ電極と被加工物との微小間げき(隙)において加工液（一般的には、ある比抵抗をもつ水）を媒体として、加工電源からのパルス電流によって放電が繰り返行われている。そこで極間電圧  $E_0$  (V) と基準電圧  $E_c$  (V) との差に比例した電圧を検出する。これはA/D変換器で情報化されて計算機に対する送り速度指令となり、計算機はNCテープからの移動指令とA/D変換器からの入力により  $F = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$  なる  $V_x$  と  $V_y$  を計算してそれぞれX軸、Y軸のモータ  $M_x$ ,  $M_y$  を駆動する。また、送り速度指令  $F$  の変化に伴い、計算機内部メモリに記憶されているデータテーブル(DTBL)により電気条件  $E_c$  指令が出力されて加工電源の電気条件  $E_c$  が変化する。つまり板厚変化は放電面積の変化としてとらえることができるので、電圧一定のサーボ送り方式の場合、送り速度指令  $F$  の変化（放電面積の増減による）から逆に板厚変化を知ることができる。

上記の計算機内部メモリに記憶されているデータテーブル(DTBL)としては、各板厚  $t$  に対応する番号  $i$  と加工速度を表す  $F_i$ 、また  $F$  に対する変動幅を表す  $\eta$ 、更に加工電源の電気条件を表す  $E_c$  より構成されている。そして板厚  $t$  に対して  $i$ ,  $F_i$ ,  $\eta$ ,  $E_c$  はそれぞれ1対1の対応を持っている。またここでいう電気条件  $E_c$  とは、加

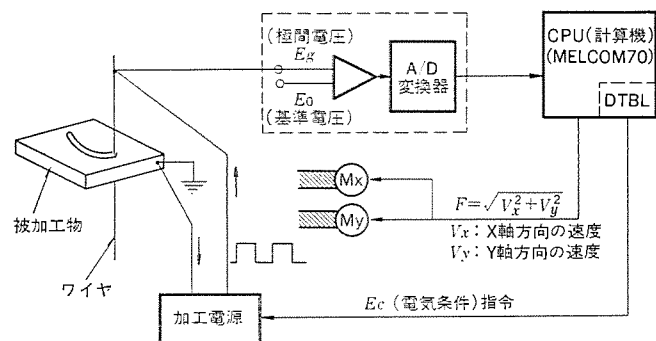


図8. 最適化制御の概略構成図

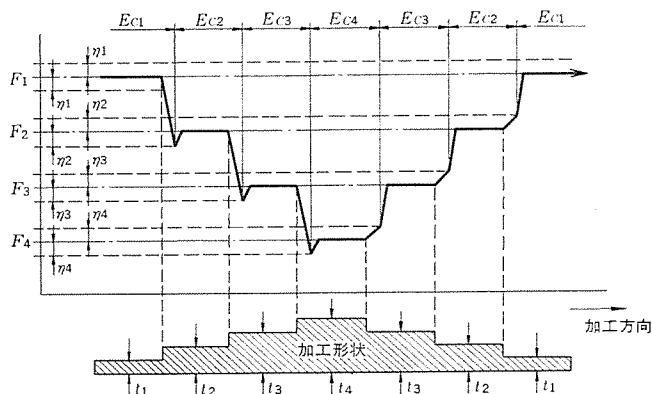


図9. 板厚変化における加工速度、電気条件の変化

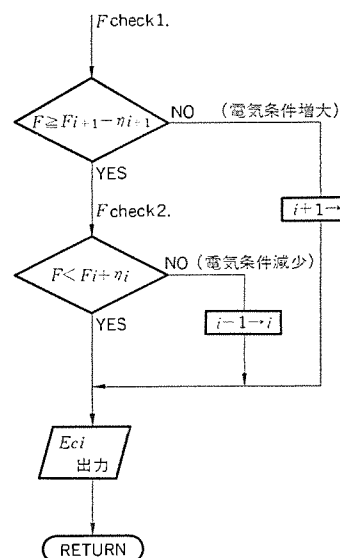


図10. 電気条件切換えフローチャート

工電源から供給される方形波パルスの電流ピーク値、パルス幅、休止時間を意味している。

そこで、図9.に示すような板厚変化に対応して電気条件を切換え制御する方法は、図10.のフローチャートを用いて説明する。まず板厚増加に関しては、加工中の送り速度  $F$  が  $F_{i+1} - \eta_{i+1}$  より小になった時点で  $E_{ci}$  を  $E_{ci+1}$  にする。例えば板厚  $t_3$  を電気条件  $E_{c3}$  により送り速度  $F_3$  で加工している時に板厚が  $t_4$  に増加すると、放電面積の増加に伴い送り速度  $F_3$  は減少していく。そして減少していく送り速度が  $F_4 - \eta_4$  より小になった時点で板厚増加と判断して計算機は  $E_{c4}$  を出力する。その結果、減少中にあった送り速度は電気条件の増大によって増加し、板厚は  $t_4$  での送り速度  $F_4$  に達する。一方、逆に板厚が減少する場合には、 $F$  が  $F_i + \eta_i$  より大となった時点で  $E_{ci-1}$  に変化する。このように板厚が減少する場合には、放電面積の減少に伴う放電集中によって、ワイヤ切れを防止する意味において、より速く板厚が減少したことを検出する必要がある。

#### 4.2 加工特性

図11.に示すような板厚の変化する被加工物（周長94mm）において、テーブル送り方式として定速送り方式と平均極間電圧一定サーボ送り方式（両者とも加工電源の電気条件一定）、及び最適化制御方式（サーボ送り方式+加工電源の電気条件切換え）を用いて加工した結果について以下に説明する。定速送り方式を用いて加工した場合は、図11.の4~10mmの板厚に合わせた電気条件では、2mm

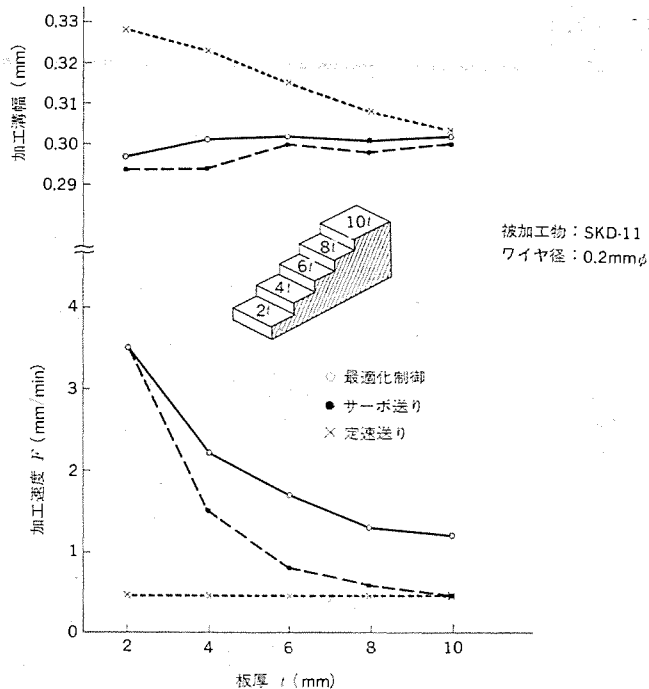


図 11. 最適化制御, サーボ送り, 定速送り方式における加工溝幅, 加工速度の変化

表 2. 加工結果

| 制御方式    | 加工時間    | 平均加工速度      | 寸法精度(ばらつき幅) |
|---------|---------|-------------|-------------|
| 定速送り方式  | 209 min | 0.45 mm/min | 26 μm       |
| サーボ送り方式 | 93      | 1.01        | 9           |
| 最適化制御方式 | 49      | 1.92        | 5           |

表 3. 制御方式の違いによる加工速度比較

| 速度比<br>$F/F_1$ | 制御方式    | 板 厚 比 ( $t/t_1$ ) |      |      |      |      |
|----------------|---------|-------------------|------|------|------|------|
|                |         | 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    |
|                | サーボ送り方式 | 1                 | 0.43 | 0.23 | 0.17 | 0.13 |
|                | 最適化制御方式 | 1                 | 0.63 | 0.49 | 0.37 | 0.34 |

( $t_1=2$  mm  $t$  の場合の加工速度を 1 とする)

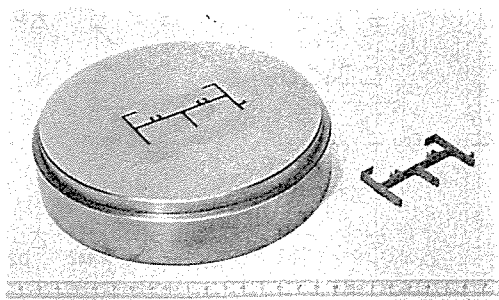


図 12. アルミサッシ押し出しダイスの加工例

の板厚を加工する際に放電面積の減少による放電集中によって、ワイヤ切れを起こしてしまうので、電気条件は最も弱い最小の板厚(2 mm)に合わせねばならない。また送り速度は、板厚が厚くなる

に従って遅くなる傾向があるので、最大の板厚(10 mm)以外に合わせるとその板厚より厚い板厚部において短絡が発生する。したがって定速送り方式の場合は、加工速度に大幅な損失を生じるとともに、加工溝幅も板厚の増加に伴い減少してしまう。

次にサーボ送り方式を用いた場合は、電気条件については定速送り方式と同様な理由で最小の板厚に合わせなければならない。しかしこの場合は、放電面積の変化を送り速度を変えることによって極間平均電圧を一定にするため、加工速度は図 11. のように向上し、また加工溝幅の変化も非常に小さくなる。しかし、上記サーボ送り方式でもまだ電気条件を最小の板厚に合わせているため、放電面積の増大に伴い加工速度に損失を生じている。そこで更に、板厚変化により電気条件を変える最適化制御方式を用いると図 11. のように、4~10 mm の板厚における加工速度が更に向上することが分かる。以上の加工結果をまとめると表 2. 及び表 3. になる。すなわち、加工速度は表 2. から従来の加工法に対して 2~4 倍程度増加し、寸法精度に関しても大幅な向上が見られた。また表 3. に示す板厚比と速度比との関係から、板厚変化範囲が大であればあるほど、最適化制御が有効であることが分かる。

#### 4. 3 応用例

図 12. は、アルミサッシ押し出しダイスの 1 例で、最適化制御方式を用いることにより、従来の 1.5~2 倍程度まで加工速度が上昇していることが分かる。ここで材質は、SKD-61、板厚変化は 2~10 mm、周長は 315 mm で、加工時間は 1 時間 52 分であった。なおサーボ送りによる従来方法では、3 時間 30 分である。更にこのような加工では、板厚変化を自動的に検出しているため、板厚に対応する電気条件の設定というような面倒な操作は一切必要としないということで、大幅な省力化が実現できたということは特筆に値する。

#### 5. む す び

以上、ワイヤカット放電加工の計算機制御技術として、テーパカット装置と加工条件の最適化制御について述べた。この加工法は、今や金型加工を中心とした金型加工分野で、技術革新的な気運があり、今後飛躍的な発展が期待できそうである。これには、計算機制御技術の進歩があずかって大きな力になっているものと思われ、特にテーパカット装置は、従来の 2 次元加工から 3 次元加工への拡張を可能にした点で大きな意味があろう。

なお、今回の制御技術の開発にあたり、ご協力いただいた関係各位に深謝する。  
(昭和 53-5-29 受付)

#### 参 考 文 献

- (1) 小林ほか：対話形自動プログラム付ワイヤカット放電加工機，三菱電機技報，51，No. 7，469 (昭 52)
- (2) 田中：ワイヤカット放電加工機用 4 軸制御テーパカット装置，機電工業，p. 18 (昭 53-3)
- (3) 小林，弥富：ワイヤカット放電加工の最適制御について，電気加工学会前刷，p. 57 (昭 53-2)
- (4) 小林，弥富：ワイヤカット放電加工の最適制御について，精機学会春季大会前刷，p. 409 (昭 53-3)
- (5) 斉藤：最近の電気加工技術(1)，機械の研究，29，No. 6，p. 689 (昭 52)



# 矩形波電圧方式フラッシュ溶接機

奥田 滝夫\*・稲田 幹夫\*・馬場 利彦\*\*・原 且則\*\*

## 1. ま え が き

フラッシュ溶接法は、高能率で高品質の接合部が得られる溶接法として知られているが、その応用範囲の拡大とともに、従来にも増してより一層高品質、高信頼性に対する要求が増加してきた。鉄鋼材料のフラッシュ溶接において、十分に大きいアーク電流を与えることが困難な大断面の接合部品質は、フラッシュ工程でほぼ決定され、小粒の溶融金属が連続的に飛散するきめの細かいフラッシュが安定して発生するときに得られる。しかし、フラッシュ電圧に従来の正弦波交流を用いたフラッシュ溶接では、フラッシュ電圧の瞬時値が時々刻々変化しているため、安定したフラッシュを発生させることが困難である。この点に着目し、今回電圧安定形インバータ装置を電源に用い、フラッシュ電圧として(矩)形波交流を印加できるフラッシュ溶接機を開発した。そして、この矩形波電圧方式フラッシュ溶接法が従来の正弦波電圧方式による溶接方法に比べて、溶接品質の向上と溶接時間の短縮が計れることを溶接実験により確認した。以下に開発した溶接機の概要と特長及び溶接実験の内容について述べる。

## 2. 溶接機の概要

図1. は今回開発したフラッシュ溶接機の外観を示す。

### 2.1 システムの概要

図2. はフラッシュ溶接機のシステムダイアグラムである。この溶接機は3相の電源入力をサイリスタ整流器を用いて3相全波整流し、LCフィルタで平滑化した後、サイリスタインバータにより単相の矩形波交流に変換し、これをフラッシュ電圧として用いる。フラッシュ期間中のフラッシュ電圧値は、プログラムピンボードにより種々のパターンに設定でき、これを帰還制御によって設定した値に保持する。また、移動台の送り量についても同様に、プログラムピンボードで種々のパターンに設定でき、これを電気-油圧サーボ機構と組合せて精密な位置制御を行っている。

### 2.2 インバータ基本動作

図3. にインバータ基本回路を示す。図においてM1~M4は主サイリスタ、D1~D4は帰還用ダイオード、A1~A4はM1~M4を消弧するための転流用補助サイリスタ、Cc1~Cc4はその転流用エネルギーを蓄える転流コンデンサである。更にEcu, Ecvは転流補助電源、Edは可変直流電源を示す。インバータは2相とも同一構成となっているために、1相分だけの転流動作を説明する。まずM1が導通してU端子より負荷電流を供給しているとき、Cc1, Cc4はそれぞれ図示の極性に充電されている。M1を消弧させるため、A1を点弧し $I_L$ を打ち消した後、Cc1の電荷はA1→Lu→D1→Cc1を通過して放電し、Cc1とLuとの共振によってついに逆極性に充電される。同様に、Cc4の電荷はEcu→A1→Lu→D1→Ed→Cc4を通過して放電し、Cc4とLuとの共振によって逆極性に充電され、次のM4の消弧に備える。逆充電が完了した時点でA1は自然消弧する。M1が消弧した時点でM4が点弧し、転流が完了する。以上

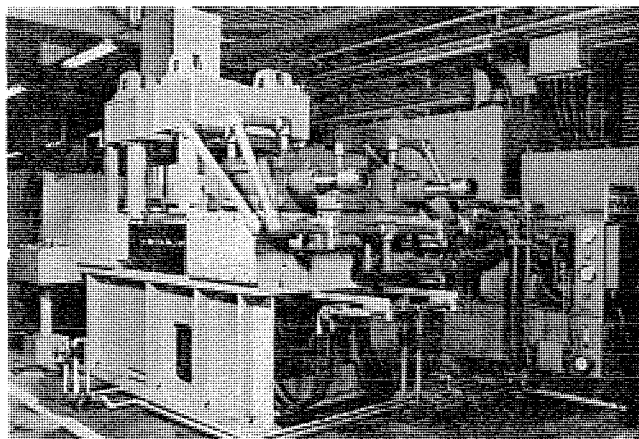


図1. フラッシュ溶接機の外観

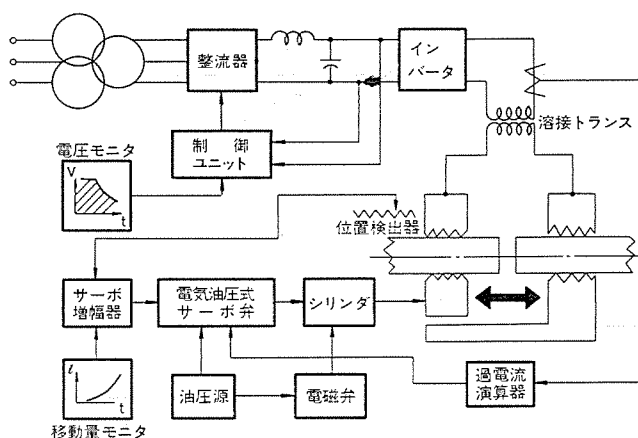


図2. フラッシュ溶接機のシステムダイアグラム

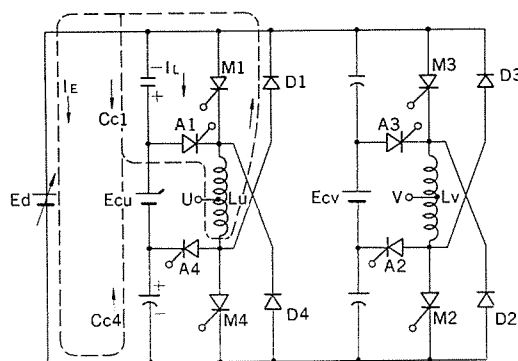


図3. インバータ基本回路図

のことはM4を消弧してM1を点弧させる場合も同様である。このように各相のサイリスタの点弧、消弧を繰り返すことにより、矩形波交流を得ることができる。

### 2.3 溶接機仕様

#### (1) 溶接電源装置

|                  |               |
|------------------|---------------|
| 方 式              | 矩形波交流電源方式     |
| 定格容量 (50 % duty) | 200 kVA       |
| 出力電圧可変範囲         | 200~500 V     |
| 最大出力電流           | 1,200 A (rms) |
| 周波数可変範囲          | 30~180 Hz     |

## (2) 本 体

|             |          |
|-------------|----------|
| 電極加圧力       | 80 t     |
| アプセット力      | 80 t     |
| 最大移動台 ストローク | 200 mm   |
| 電極幅         | 400 mm   |
| 上下電極間隔可変範囲  | 0~350 mm |

## (3) 制御装置

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 移動台送り方式          | 電気-油圧 サーボ方式     |
| 送り曲線設定方式         | ピンボード プログラミング方式 |
| 送り速度範囲 (フラッシュ 時) | 0.1~7 mm/s      |
| (アプセット 時)        | 50~100 mm/s     |
| フラッシュ 電圧設定方式     | ピンボード プログラミング方式 |
| フラッシュ 時間可変範囲     | 3~180 s         |

## 3. 溶接機の特長

### 3.1 矩形波交流電源による特長

(1) 絶えず一定のフラッシュ電圧がかかっているため、その値を下げることができ、きめの細かいフラッシュを発生できる。

フラッシュ溶接機には従来正弦波交流電源が用いられているが、この電源では被溶接材間の電圧が周期的に変化しているため、たまたま電圧の瞬時値が零付近で被溶接材間に局部短絡が生じると、その短絡電流は制限されるため、すぐにはフラッシュに移行せず、電圧値が短絡を破るに十分な値になるまで短絡状態は持続する。この間にも移動台は連続的に送られているため短絡面積が増え、これを破るにはより大きい電流が必要となる。その結果、高いフラッシュ電圧が必要になるとともに発生するフラッシュ自体も荒いものとなる。このことから電源として電圧の変わらない直流を用いると、上記のような不都合な現象は発生せず、局部短絡は成長する前にフラッシュへと移行することが期待できる。事実ソ連において溶接断面の小さいものに直流フラッシュ溶接が試みられ、小入力で高品質の接合部が得られるという報告がされている。ところが断面の大きいものに直流フラッシュ溶接を適用すると、必然的に溶接電流が大きくなるので、溶接トランスの2次側にそう(挿)入される整流器も大きくなり、2次回路のインピーダンスが増大する。フラッシュ溶接は短絡とアークとを繰り返す過渡現象の連続であるので、直流といえども過渡現象に対しては、2次回路インピーダンスの影響を受ける。すなわち、短絡した場合の電流の立上がりは抑えられてしまい、短い短絡期間でアークに移行することができなくなるので、直流による利点が相殺される。このような点を考慮して、直流の利点を生かし、かつ2次回路のインピーダンスを抑える方法として、図2に示す矩形波電源方式を開発した。この方式では矩形波となった交流電圧を溶接トランスを通して直接電極間に印加するので、2次回路のインピーダンスは正弦波交流電源の場合と等しくなり、しかも直流と同じく電極間には絶対値の一定な電圧が印加されていることになる。このため、局部短絡は成長する前にフラッシュとして飛散され、きめの細かいフラッシュが発生することになる。

(2) フラッシュ電圧をピンボードで任意のパターンに設定できる。

フラッシュ電圧の制御は、従来溶接トランスの1次側開閉器によるON/OFF制御により行われていたため、フラッシュ期間中一定電圧方式であるか、多くても前期と後期との2段切換方式であり、溶接条件に対するきめ細かい対応は不向きであった。この溶接機では3相電源入力をサイリスタ整流器によりいったん直流としており、この直流電圧がフラッシュ電圧と比例関係にあることから、サイリスタ整流器への信号を制御することにより、フラッシュ電圧を任意に変化させることができる。フラッシュ電圧設定用プログラムピンボードは、横軸にフラッシュ時間30点、縦軸にフラッシュ電圧20点のマトリクス構成であるので、フラッシュ時間の経過とともにフラッシュ電圧を30段に切換えることができる。

(3) 電源電圧が変動してもフラッシュ電圧を一定に保つことができる。

溶接トランスの1次側をサイリスタなどで単相ライン制御する場合、溶接トランスの2次側にはサイリスタなどによる制御波形がそのまま現れる。しかも、位相制御された波形がフラッシュ電圧波形として好ましくないことは周知の事実であるので、電源電圧の変動、負荷の変動に対してフラッシュ電圧を安定化するためには、IVRのように波形を変えずに電圧制御ができる機器を用いる必要がある。しかし、IVRを単相で大電力を必要とするフラッシュ溶接に用いることは、応答速度、価格の面で難点があり、実用的でない。一方矩形波電源方式では、前述のように位相制御された整流波形をLCフィルタにより平滑な直流とする機能を持っているので、波形を変えることなく電圧を変えることができる。このため、直流電圧をフィードバックすることにより、電圧制御が可能となる。

(4) 3相平衡負荷となり、力率も改善される。

一般にフラッシュ溶接には単相の大電力が必要であり、しかもその力率は回路の短絡インピーダンスでさえも0.4~0.6と低く、フラッシュ期間中には電流が途切れているので、0.2~0.5程度に低下する。ところが矩形波電圧方式では、3相電源入力をいったん直流に変換した後矩形波交流としているため、電源側からみた特性は3相平衡負荷となり、線間入力で見ると $1/\sqrt{3}$ 近くに低減される。また負荷力率についてみれば、前記フラッシュ期間中の電源の途切れは直流電圧平滑用コンデンサに吸収されてしまい、入力電流は平均化された値となる。このため電源側からみた力率は、3相整流器の力率でほぼ決定され、その値は0.7前後となる。

(5) フラッシュ電圧の周波数を容易に変化できる。

矩形波交流発生用インバータの転流用サイリスタへの点弧パルスの間隔を変えることにより、出力の周波数を容易に変えることができ、被溶接材について適正な周波数を選定することができる。また、フラッシュ期間中に起こり得る局部短絡をフラッシュ化するのに十分な電流値を有する範囲においては、フラッシュ現象は周波数には無関係となるので、電圧周波数を上げることにより、溶接トランスを小形化して、2次回路のインピーダンスを下げるができる。

### 3.2 電気-油圧サーボ機構の使用による特長

(1) 移動台の送りパターンをピンボードで任意に設定することができる。

移動台の送り制御は、従来メカニカルサーボ機構と倣いカムとにより行われていたが、送りパターンを変えるためにはカムを取替えるなど大変で、溶接条件出しに対しまめ細かい対応が困難であった。この溶接機では、電気-油圧サーボ機構とプログラムピンボードとの組合せであるので、油圧サーボ機構への電氣的信号をプログラムピンボードで切換え

ることにより、送りパターンを任意に設定することができる。送りパターン設定用プログラムピンボードは、横軸にフラッシュ時間30点、縦軸に移動台送り量40点のマトリクス構造で、フラッシュ時間の経過とともに移動台送り量を切換え、電気-油圧サーボの基準信号としている。なおこの信号は、移動台の送りを滑らかにするため、ステップ状信号を積分器により直線補間している。

(2) 過大なフラッシュ電流に対する制限回路を設けている。

フラッシュ時間中に3~5 A/mm<sup>2</sup>の範囲の設定値を超えるような過大なフラッシュ電流が流れた場合、サーボ弁への信号及びピンボードの時間軸を即時停止して移動台の送りを中断し、フラッシュ電流が上記設定値以下に復帰すると、中断前の送りを継続する回路を設けているので、過大な入力投入を制限することができ、最大入力の低減と溶接品質の向上を図ることができる。

### 3.3 低インピーダンス2次回路による特長

接合部の品質を高めるには、できるだけ低い2次電圧でフラッシュ溶接することが必要とされている。その理由は、一般にフラッシュ発生期間中のアーク電圧は、2次無負荷電圧より高くなるが、この電圧は電流が減少することにより発生する起電力によって賄われる。したがって、局部短絡からアークに移行した場合、フラッシュ電圧が低いほど、アークを維持するのに余分の起電力を必要とするので、電流は急激に減少する。この結果、1回のフラッシュが短くなり、きめの細かいフラッシュが発生する。一方、1回の短絡期間を短くするためには、短い時間に大電流を流し得る電気特性が必要である。これは、電流の増加速度が遅いと、この間にも移動台は前進しているため短絡面積が大きくなり、短絡を破るにはより大きい電流が必要となる。以上のことからきめの細かいフラッシュを発生させるためには、2次回路のインピーダンス、特にリアクタンスを低く抑える必要がある。2次回路のインピーダンスを抑える方法として、この溶接機は次の3点に留意して設計した。

(1) 溶接トランスを低インピーダンスに設計している。

溶接トランスは低電圧で大電流を流す必要から、低圧コイルは銅バスバーでできているが、このコイルを高圧コイルで包むように密着して配置することにより、インピーダンスは60 Hzで30~50  $\mu\Omega$ に低減した。

(2) 溶接トランスを電極に近接して配置している。

2次回路のインピーダンスはその構成導体の幾何学的配置、すなわち、2次回路が作る平面の面積で決まるので、その値ができるだけ小さな値になる構造とした。その結果、溶接トランス込みのインピーダンスは、60 Hzで140~160  $\mu\Omega$ に抑えることができた。

(3) 溶接トランスを2個上下に配置している。

(1)、(2)の方法によるインピーダンスの低減には限度があり、1回路で100  $\mu\Omega$ を切るのは困難である。今回溶接トランスを上下に配置し、2次回路を2回路とすることにより、全体のインピーダンスを60 Hzで80~90  $\mu\Omega$ に低減できた。

## 4. 溶 接 実 験

### 4.1 被溶接材及び溶接部の試験方法

この実験に用いた被溶接材の材質は一般構造用圧延鋼材SS41で、その形状は44 mm角の棒鋼である。

フラッシュ溶接部の品質を評価する試験方法として、溶接部の鋳ばりをグラインダで除去した後、曲げ試験を行った。

図4.は曲げ試験に用いた曲げジグの寸法を示す。押し型の先端

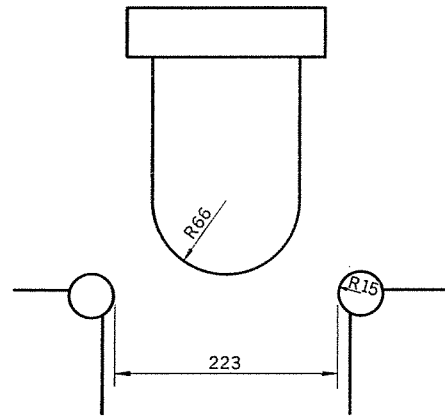


図 4. ーラ 曲げ ジグ

表 1. 溶 接 条 件

| 溶 接 条 件     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電 源         | 矩 形 波 | 正 弦 波 | 矩 形 波 | 正 弦 波 | 矩 形 波 |
| プラテン移動パターン  | 1     | 1     | 2     | 2     | 2     |
| フラッシュ時間 (秒) | 54    | 54    | 34    | 34    | 34    |
| フラッシュ電圧 (V) | 8.2   | 8.2   | 8.2   | 10    | 10    |

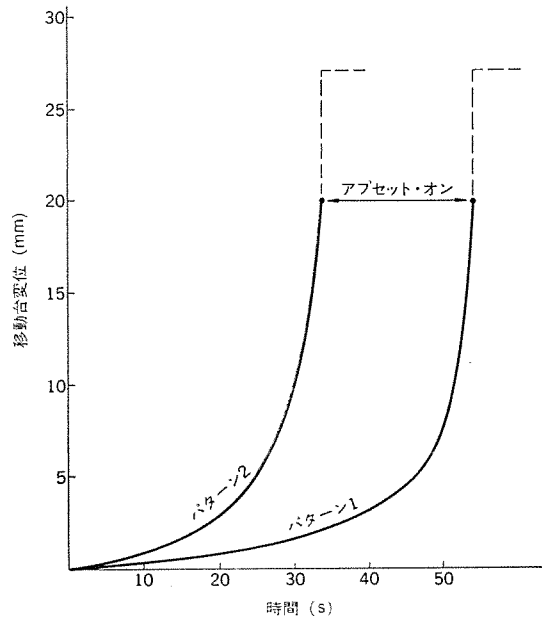


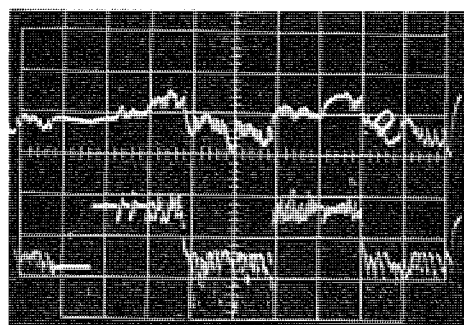
図 5. 移動台の変位パターン

半径は角鋼の1辺の長さの1.5倍である。JIS Z 3143 フラッシュ溶接部の検査方法(鋼)の規定によると、押し型の先端半径は角鋼の1辺の長さの2倍であるので、今回の実験で行った曲げ試験は、JISで規定された方法より厳しいことになる。これは、電源方式による溶接品質の差をより明確にするためである。

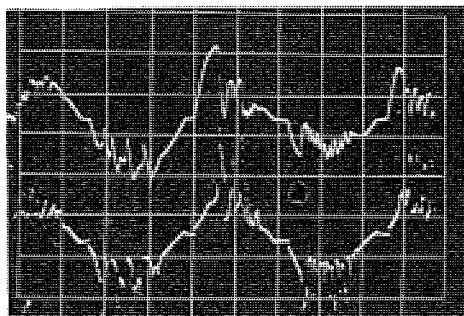
### 4.2 溶接結果

同じ溶接機本体を使用し、溶接電源のみ矩形波電圧と正弦波電圧に切換えて電圧方式の比較実験を行った。

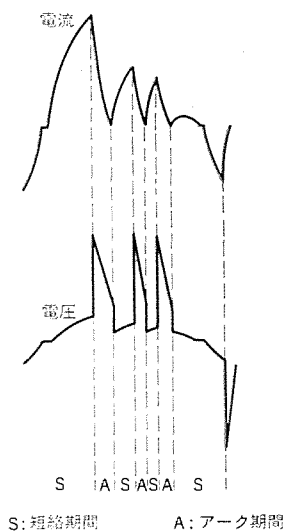
溶接条件のうちフラッシュ代を20 mm、アブセット代を7 mm、最終ダイ間隔を43 mm、突出代を70 mmにそれぞれ固定し、電圧方式、移動台の変位パターンとフラッシュ時間、フラッシュ電圧を表1.に示すように2水準にした。図5.に移動台の変位パターンを示す。フラッシュ時間初期の移動台の速度が非常に遅くなっているが、これはフラ



(a) 矩形波 上：フラッシュ電流  
下：フラッシュ電圧



(b) 正弦波 上：フラッシュ電流  
下：フラッシュ電圧



(c) 波形の説明図

図 6. フラッシュ電流及び電圧波形

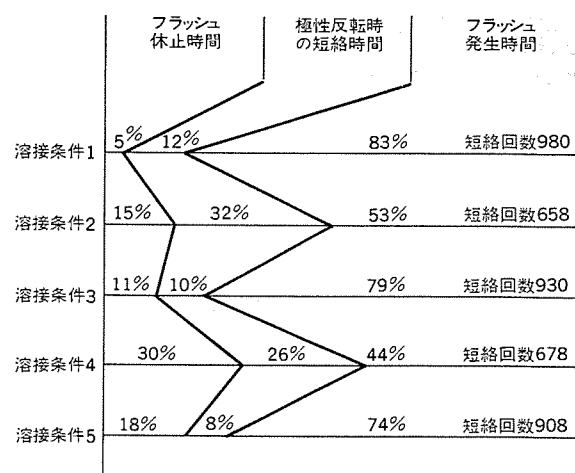


図 7. アップセット前1秒間のフラッシュ発生率と短絡回数

表 2. 溶接結果

| 溶 接 条 件                                   |                  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        |
|---|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ア<br>ブ<br>セ<br>ッ<br>ト<br>前<br>1<br>秒<br>間 | フラッシュ電流の最大値 (kV) | 28.2     | 40.5     | 32.0     | 51.0     | 35.0     |
|   | フラッシュの休止時間 (秒)   | 0.05     | 0.15     | 0.11     | 0.30     | 0.18     |
|   | 極性反転時の短絡時間 (秒)   | 0.12     | 0.32     | 0.10     | 0.26     | 0.08     |
|   | フラッシュの発生時間 (秒)   | 0.83     | 0.53     | 0.79     | 0.44     | 0.74     |
|   | 短絡回数 (回)         | 980      | 658      | 930      | 678      | 908      |
| 曲 げ 合 格 率                                 |                  | 20<br>20 | 20<br>20 | 20<br>20 | 14<br>20 | 19<br>20 |

フラッシュ時間の初期は被溶接材の突き合わせ端面の温度が低いことに加えて、今回実験に用いた被溶接材の端面が滑らかに切断されているため、端面で広い面積の短絡が生じて、アークに移行しないフリージングと呼ばれている状態になりやすいためである。

表 1. において溶接条件 1 と 2、溶接条件 4 と 5 は、それぞれ電圧方式以外は同一条件であるので、電圧方式による溶接結果の相違が見られるようになっている。しかし、溶接条件 3 の矩形波に対応する溶接条件が記載されていない。これは、8.2 V という低いほうの電圧で移動台の速度が大きいパターン 2 にするとフリージングが生じるためである。

図 6. は表 1. に示す溶接条件 1 と溶接条件 2、すなわち電圧 8.2 V のときの矩形波電圧方式と正弦波電圧方式のフラッシュ時間中の電流と電圧の代表的な 1 例を示す。電流が増加し、電圧が小さくなっている期間が短絡、電流が減少し、電圧が跳ね上がっている期間がアークである。矩形波の場合は位相に関係なくフラッシュが発生している。それに対し、正弦波電圧の場合は極性が反転する前後で長い期間短絡が生じ、大きな短絡電流が流れている。更に短絡期間が長くなるとフリージングになる。このように、矩形波は正弦波に比べてフラッシュが発生しやすいため、フラッシュ電圧を正弦波より小さくしてもフリージングが発生しにくい。

表 2. と図 7. は表 1. に示す溶接条件 1 ～ 5 で溶接した場合の溶接結果を示す。移動台の速度が遅く、フラッシュ電圧が低い場合、矩形波（溶接条件 1）と正弦波（溶接条件 2）の曲げ試験の結果に差は見られない。しかし、移動台の速度が速く、フラッシュ電圧が高い場合、矩形波（溶接条件 5）と正弦波（溶接条件 4）では、曲げ試験に差が見られ、正弦波より矩形波のほうがよい結果が得られている。更に、アップセット前 1 秒間の短絡回数や、フラッシュ電流の最大値には明らかな差が見られ、矩形波電圧方式は従来の正弦波電圧方式

より短絡回数が多く、フラッシュのきめが細かく安定して発生している。

以上のように同一の溶接機本体を使い、電圧方式だけを変えた比較実験で、矩形波電圧方式が正弦波電圧方式より優れていることが明らかになった。紙面の都合上詳細は省くが、広幅鋼板の接合に対して大幅にフラッシュ時間が短縮できること、また、過酷な後加工を受けるアルミ製品に対し、信頼性のある溶接ができることを確認し、実用化を検討している。

更に、この矩形波電圧方式は周波数を容易に高くすることができ、溶接トランスの小形化→インダクタンスの低減→溶接品質向上へとつながる可能性を持っている。

## 5. む す び

今回開発した矩形波電圧方式フラッシュ溶接機の概要について述べた。この電圧方式は従来の正弦波電圧方式に比べて、溶接品質と能率が向上できるので、今後、種々の工業分野でこの方式の溶接機が利用され、その威力が発揮されることを望む次第である。

(昭和 53-5-29 受付)

## 参 考 文 献

- (1) V. A. Sidiyakin : FLASH BUTT WELDING THINWALLED COMPONENTS ON D. C, Svar. Proiz, 1969, No. 9, pp. 22～24

# ガス温風暖房機《クリーンヒーター》

野間口 有\*・斉藤辰夫\*\*・下島明彦\*\*・中村 進\*\*

## 1. ま え が き

強制 FF 燃焼式温風暖房機（以下《クリーンヒーター》と称する）を昭和45年に当社が発売して以来本年で9年目を迎えようとしている。《クリーンヒーター》の発売は暖房市場に大きな影響を及ぼし開放形ストーブから温風暖房機への移行に大きな役割を果たし、その普及率は現在約8%に達し、それは今後ますます加速されるものと思われる。53年度ガス《クリーンヒーター》はその製作の8年間の経験と市場からの要望を反映させ、

- (1) 機種系列の充実と小形・軽量化……下吹き機種種の追加
  - (2) 居住空間内の快適性向上……室温制御方式の3段階制御の開発
  - (3) 燃焼特性の改善……3段階制御のための広範囲燃焼バーナと低NOxバーナの開発
  - (4) 操作性の向上……ワンタッチ操作方法の開発
- の4項目を重点に開発を行った。以下それらにつき詳細に説明する。

## 2. 53年度《クリーンヒーター》の改良ポイント

### 2.1 機種系列の充実と小形・軽量化

53年度ガス《クリーンヒーター》の機種系列と主な特長を表1.に示す。今年度は新機種として図1.(a) VGS-30 Aを加えている。この特長は温風下吹きタイプであり、下吹きタイプにすることにより小形・軽量化を図り、従来機種 VGB-30 Kタイプと比較すると体積比で47%減、設置面積比で43%減、重量比で35%減を図った。

また VGBタイプ自体についても図1.(b)に示す熱交換器部分の形状を変更し、従来機種と比較すると体積比で7~26%減、設置面積比で5~15%減、重量比で3~19%低減し、小形・軽量化を図

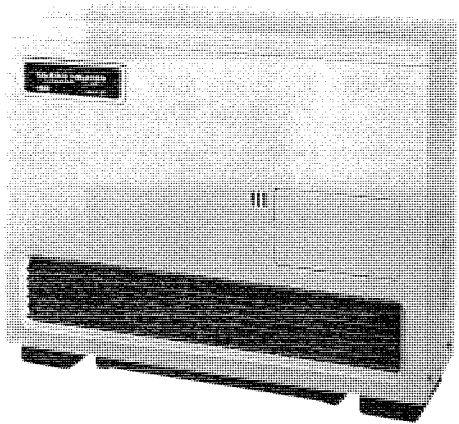


図 1. (a) VGS-30 A 形《クリーンヒーター》

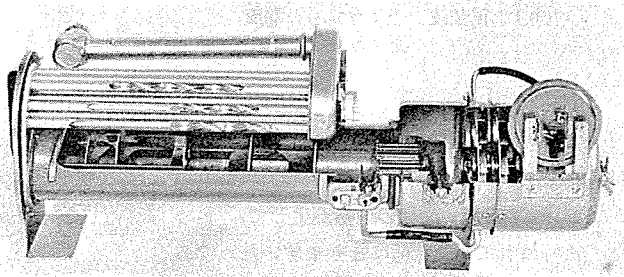


図 1. (b) VGB-40 L 形の燃焼器部分

表 1. 53年度ガス《クリーンヒーター》の機種系列と主な特長

|                 | 形 名               | 特 長                                   |
|-----------------|-------------------|---------------------------------------|
| 3,000 キロカロリータイプ | VGS-30 A          | ○温風下吹きタイプ ○NOx 低減<br>○大幅な小形・軽量化       |
|                 | VGB-30 L          | ○3段階制御による快適性の向上<br>○小形・軽量化 ○ワンタッチ点火   |
|                 | VGN-30 E<br>(継続品) | ○普及タイプ<br>○小形・軽量 ○壁取付可能               |
| 4,000 キロカロリータイプ | VGB-40 L          | ○3段階制御による快適性の向上<br>○小形・軽量化 ○ワンタッチ点火   |
|                 | VGN-40 E<br>(継続品) | ○普及タイプ<br>○小形・軽量 ○壁取付可能               |
| 8,000 キロカロリータイプ | VGB-80 L          | ○学校暖房・業務用 ○小形・軽量化<br>○ワンタッチ点火 ○NOx 低減 |

った。

### 2.2 居住空間内の快適性向上

家庭の居住空間を快適にするためには、次の条件を満足させなければならない。すなわち

- (1) 室温変化が少なく、室温調節による温度変化を感じさせないこと。
- (2) すばやく暖まること（立上がり早いこと）。
- (3) 静かであること。

である。図2.に20℃に室温設定した木造洋室10畳で使用した4,000 kcal/hタイプの従来機種の代表的な室温動特性を示す。図のような条件において

室温調節器 ON（主燃焼）時の入力 3,900 kcal/h  
室温調節器 OFF（パイロット燃焼）時の入力 230 kcal/h  
室温安定後の主燃焼か（稼）動率λは図より  
 $\lambda = 9(\text{分}) / 15(\text{分}) = 0.6$ （9分主燃焼、6分パイロット燃焼）……60%  
になっている。したがってこの場合の暖房負荷Qは  
 $Q = 3,900 \times 0.6 + 230(1 - 0.6) = 2,432 \text{ kcal/h}$   
となる。

この場合、設定温度到達後の温度調節にも主燃焼をON・OFFして用いる（OFFの場合はパイロット燃焼）ため、ある程度の温度調節幅があり、そのための温度差は免れ得ない。また主燃焼に付随する

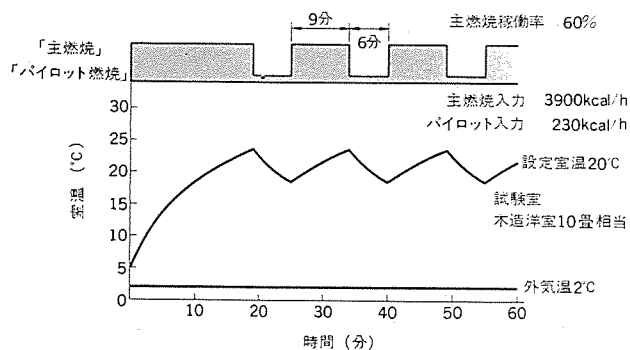


図 2. ON・OFF 制御の室温動特性

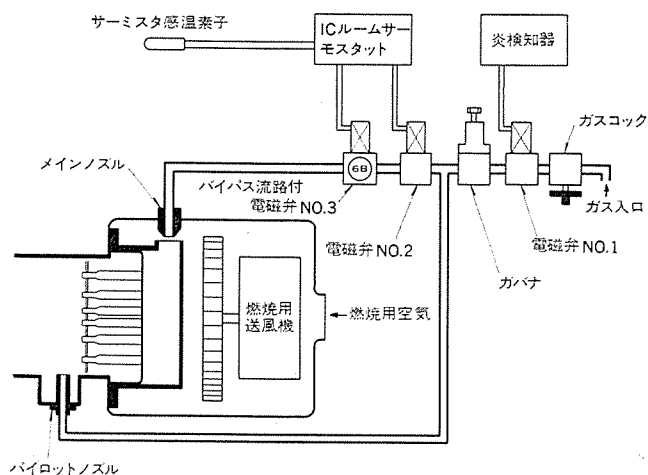


図 3. 3 段階制御のガス回路構成

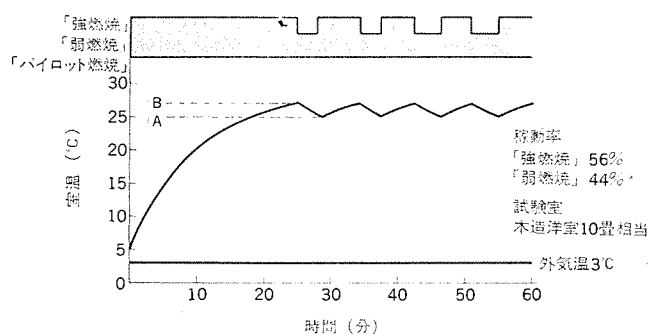


図 4. 暖房負荷が「弱燃焼」の暖房能力を上回る場合

運転音もある。よりきめ細かな温度差の少ない温度調節として“3段階制御方式”を、また静かな暖房のための送風機の“自動切換制御”を開発し、これを本年度品の VGB-30 L 及び 40 L の 2 機種に適用した。

#### 2.2.1 燃焼の 3 段階制御方式

室温調節器に連動させた「強燃焼」・「弱燃焼」・「パイロット燃焼」の 3 ノッチを設け、それぞれ主燃焼・主燃焼の 60%・パイロット燃焼の 3 段階制御を行わせた。図 3. はこのためのガス回路構成を示す。3 段階制御は No. 2 と No. 3 の 2 電磁弁で構成し、両者が ON の時は「強燃焼」で、両者が OFF のときは「パイロット燃焼」となる。また、No. 3 電磁弁にはバイパス回路があり、No. 2 ON で No. 3 OFF のときはこれが「弱燃焼」の流路となる。

図 4.～図 6. はそれぞれ暖房負荷が、(1)弱燃焼の暖房能力より大きい場合、(2)弱燃焼の能力と等しい場合、(3)弱燃焼の能力よ

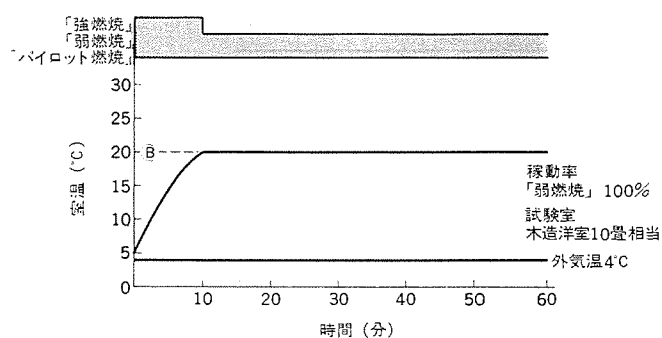


図 5. 暖房負荷が「弱燃焼」の暖房能力と等しい場合

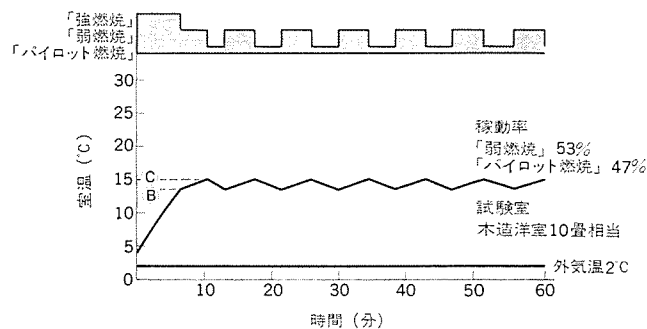


図 6. 暖房負荷が「弱燃焼」の暖房能力を下回る場合

り小さい場合の IC 室温調節器による室温動特性を示す。いずれの場合もメインバーナ着火後の立上がりは「強」ノッチで燃焼し、設定温度①点に達すると、(1)の場合は以後「弱」ノッチと「強」ノッチの切替えて、(2)の場合は「弱」ノッチだけで、また(3)の場合は「弱」ノッチと「パイロット」ノッチの切替えて、自動的に設定室温が従来の制御方式(温度差 5 deg)に比べて少ない温度差(2 deg)でスムーズに保持される。

なお、温度調節器も温度検出のレスポンスをよりよくするため、気体膨張式のものからサーミスタを感温素子として使用した IC 方式のものに変更した。

#### 2.2.2 温風用送風機の自動切換制御

より静かな暖房運転を実現するため、前述のきめ細かな燃焼制御に温風送風機の風量を同期制御させた。表 2. は燃焼制御に対応する温風送風機の制御方式(強・弱・微)とその場合の騒音値を示す。弱燃焼を主体とする設定室温到達後の送風は 31 ホンの静かな「微風」が主体であり、ON・OFF 制御の「強」又は「弱」よりはかなり静かであり、また「強燃焼」時の「強」又は「弱」(手動選択)自

表 2. 暖房能力と温風用送風機との組合せ及び騒音値 (dB)

|           | 温風用送風機及び騒音値<br>ホン A レンジ (50/60 Hz) |                    |
|-----------|------------------------------------|--------------------|
|           | 風量調節スイッチを「強風」にした場合                 | 風量調節スイッチを「弱風」にした場合 |
| 「強燃焼」     | 〔強風〕 37/38                         | 〔弱風〕 34/35         |
| 「弱燃焼」     | 〔微風〕 31/31                         |                    |
| 「パイロット燃焼」 | 〔微風〕又は〔停止〕を遅延サーモにて制御<br>〔微風〕 31/31 |                    |



表 3. 大阪地区でのモニタ使用結果

| 部 屋     | リビングキッチン 10~11畳     |                              |
|---------|---------------------|------------------------------|
| 室 温     | 床上 50 cm にて 16~17℃  | モニタ期間 52年12月下旬<br>~53年 2 月下旬 |
| 強 燃 焼   | 4 % (3,820 kcal/h)  | 総運転時間 990 時間                 |
| 弱 燃 焼   | 47 % (1,820 kcal/h) | 地 区 大阪地区                     |
| パイロット燃焼 | 49 % (240 kcal/h)   |                              |

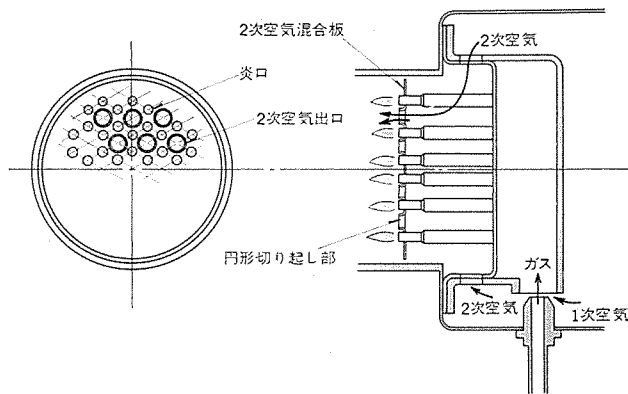


図 7. VGB-30 L 及び 40 L 形のバーナ構造図

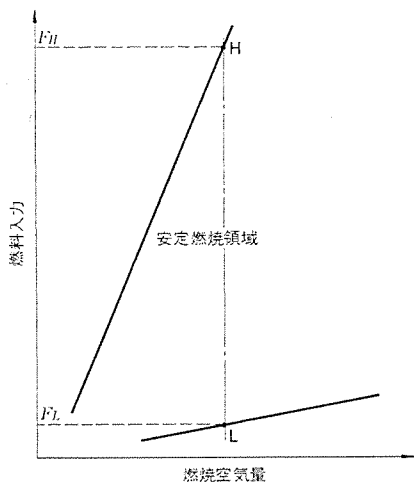


図 8. VGB-30 L 及び 40 L 形のバーナの燃焼範囲と動特性

体も従来のものより 1~3 ホン 改善した。

表 3. は大阪地区での モニタ 使用結果の 1 例を示すが、「弱燃焼」と「パイロット 燃焼」の比率合計が 96 % であり、実使用状態において極めて静かな暖房が行われているものと考えられる。

### 2.3 燃焼特性の改善

図 7. に VGB-30 L, 40 L タイプバーナの構造図を示す。このタイプは《クリーンヒーター》の開発当初より一貫して用いている極めて安定したバーナである。今回更に 2 次空気混合板、1 次空気投入法に改良を加え図 8. に示すような広い燃焼範囲を可能にし、燃焼空気を制御することなく ガス 入力を変化させる制御が可能になった。

一般にバーナのもつ燃焼範囲（ガス の場合、排 ガス 中の CO 濃度で評価できる）を空気と燃料とを独立に変化させて求めると図 8. の 2 本の実線の間になる（安定燃焼領域）。《クリーンヒーター》の実機に装着した時の ガス 入力の動特性は図中の 1 点鎖線で示され、この 1 点鎖線と実線との 2 つの交点 H, L が実機における入力可変範囲の

上限と下限を示すことになる。いま燃焼空気量一定の動特性を持つ場合の点 H, L に対応した燃料入力を  $F_H, F_L$  とする時、入力制御率の大きさを示すものとして

$$FR = \bar{F}_L / F_H$$

を定義すると、新しいバーナでは FR はおよそ 0.15 となり、従来のものの値 0.28 を大幅に改善した。実際の機器においては、ガス 供給圧力、機器内圧力の変動等ばらつきに起因する燃料入力の変動範囲を考慮して ガス 入力を設定する必要がある。

設計範囲を  $F_H' \sim F_L'$  とし、変動幅をそれぞれ  $\pm \Delta F_H', \pm \Delta F_L'$  とすると、 $F_L' + \Delta F_H' \sim F_L' - \Delta F_L'$  が  $F_H \sim F_L$  の範囲に含まれる必要がある。このとき

$$FR(\text{実機}) = \frac{F_L'}{F_H'} \geq (1 + \alpha)(1 - \beta) FR \quad \begin{aligned} \alpha &= \Delta F_L' / F_L' \\ \beta &= \Delta F_H' / F_H' \end{aligned}$$

である。《クリーンヒーター》では  $\alpha = 0.2, \beta = 0.1$  程度であるから先に示した  $FR = 0.15$  に対して  $FR(\text{実機}) = 0.2$  となり、最大定格からそのおよそ 1/5 まで燃焼特性上は種々の変動要因を含んでも入力制御が可能であることが分かる。

図 7. において 2 次空気混合板は、2 次空気投入側の穴に高さ 2 mm 程度の円形切起し部をもち、温度レベルの低減、耐熱応力性の強化を図っている。また火炎の基部に形成される 2 次空気のうず流が火炎の安定性に及ぼす効果は従来と同様である。各炎口パイプは境界速度こう配理論によって設計し、リフト、逆火に対し十分な余裕をもって安定性を確保できるようになっている。これが広い燃焼範囲が得られる原因である。このバーナは、現在我が国で使われているほぼすべての ガス 燃料が使用できるユニバーサルバーナであることは言うまでもない。

NOx の低減と構造の簡単化をはかったのが VGS-30 A, VGB-80 L 形バーナである。

図 9. は VGS-30 A 形バーナの構造を示す。このバーナの特長として 2 次空気を炎口の前方位置の円周より接線方向に噴出させ、一部は予混合炎の根元部へ緩やかに供給され、大部は旋回流となって外

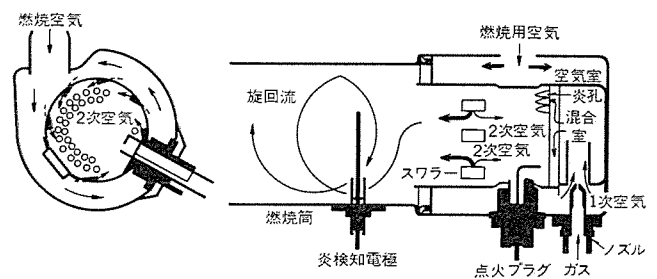


図 9. VGS-30 A バーナ構造図

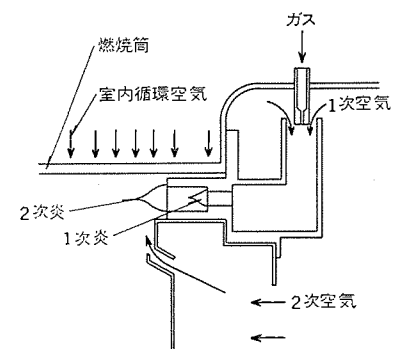


図 10. VGB-80 L バーナ構造図

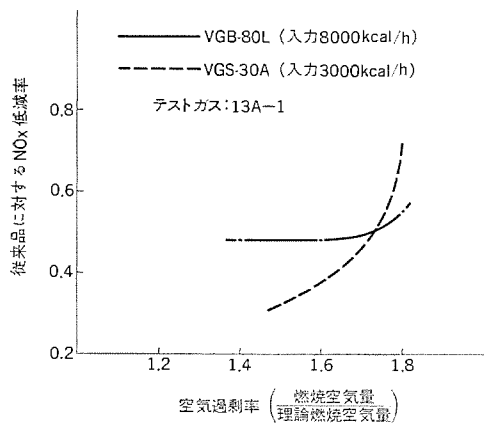


図 11. VGS-30 A 及び VGB-80 L の NO<sub>x</sub> 低減率

炎部に積極的に供給混合される。これは長炎燃焼するため、NO<sub>x</sub> の低減に効果があると同時に点火性能がすぐれ、パイロットバーナなしで火花放電による直接点火も可能である。

図 10. は VGB-80 L 形 バーナの構造を示す。このバーナの炎口は燃焼筒の内周に近接して円周上に配列しており、その更に内側より噴出する 2 次空気によって 2 段燃焼する。2 段燃焼にありがちな炎口部の温度上昇は室内循環用送風機で効率よく冷やされ、長炎化とともにこれがまた低 NO<sub>x</sub> 化に寄与している。2 次空気流も炎口部の温度上昇を間接に防止する構造となっている。

これらバーナの他機種 (VGB-30 L・40 L) と比較した NO<sub>x</sub> 低減率を図 11. に示す。低 NO<sub>x</sub> 化には燃焼空間内の最高炎温度を抑えることが最も効果的であるが、これらバーナでは長炎化燃焼と周壁への熱放散をよくすることでこれを実現している。

図 11. の使用ガスは 13 A-1 (天然ガス) であるが、排出の NO<sub>x</sub> 濃度は使用ガスによって異なる。筆者らの検討範囲では、東京・大阪地区で供給されている 6 B 及び 6 C ガスでは 13 A-1 ガスに対してそれぞれ 0.7 倍及び 0.55 倍という値が予混合率のかなり広い範囲で得られた。使用ガス種による NO<sub>x</sub> 濃度の違いは燃焼速度・炎室内温度分布・熱放散のメカニズム等の諸性質の相違のためである。《クリーンヒーター》のような小規模の燃焼装置においての NO<sub>x</sub> はそれほど緊急を要する問題ではないかも知れないが、低公害化実現のためには看過できない問題である。

## 2. 4 操作性の改善

《クリーンヒーター》の操作性を改善するためには安全確保を最重点に考えなければならない。すなわち《クリーンヒーター》は機能上、点火系・燃焼系・熱交換系・及び安全装置に大別され、安全確保はそれぞれについての安全配慮とともに、それらの有機的結び付けによって行っている。機能別に見るなら操作性向上の重点は点火系の火炎確認方式にある。以下これにつき述べる。

従来の火炎確認方式は熱電対と電磁弁の組合せによるもので、ガスコックを操作して点火したパイロット炎の熱による起電力でガスバルブ (電磁弁) の開口を保持する方法であり、運転中停電その他何らかの事情で火が消えた場合、ガスバルブ (メイン) をしゃ断して安全確保するが、点火時ガスバルブ開口保持の起電力に達するまで 5~10 秒間点火つまみを押しておく煩わしさがあった。これを改善し操作性を向上させるため、53 年度製品のうち、VGB-30 L, 40 L, 80 L の 3 タイプでは、火炎の整流作用を利用してそれを検出して電磁弁を操作させ

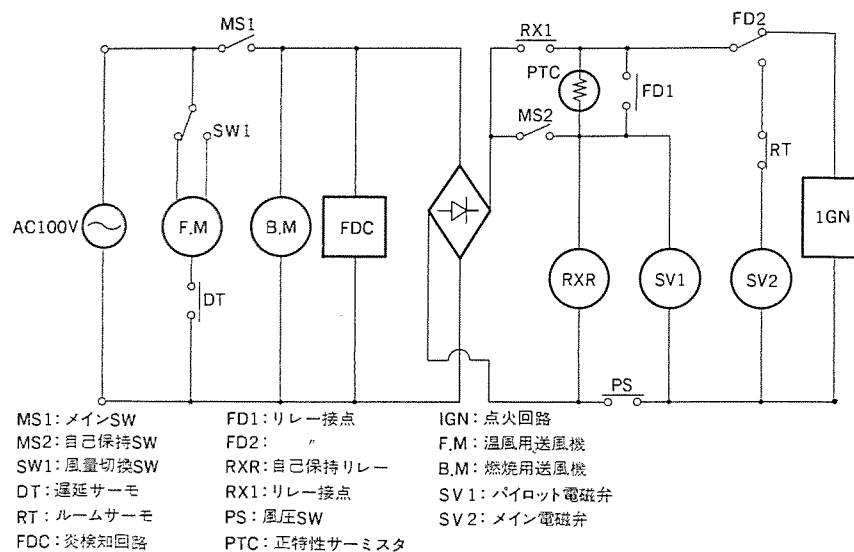


図 12. ワンタッチ 操作回路図

るようにしたため、操作はガスコックを 90° 回して点火するだけ (ワンタッチ操作) でよく、操作性が向上した。火炎検出回路はフェイルセーフになるよう冗長度を上げた回路設計であり、これを IC 化して信頼性の確保をはかっている。

この火炎検出方式は火炎のアウトコーンに位置する部分に設けた電極 (フレイムロッド) とバーナとを対向電極として、両電極間に交流電圧を印加するとき、その電圧の極性によって導電度に変化する、すなわち整流作用がある。これを炎検出に利用したものである。これにより火炎の有無が瞬時的に検出されるようになった。

図 12. はワンタッチ操作方式の《クリーンヒーター》の操作回路図である。ガスコックを 90° 回すだけで、それに連動したメインスイッチ MS1 が入ると同時に、自己保持スイッチ MS2 が一瞬間だけ入り、自己保持リレー RXR が自己保持接点 RX1 と正特性サーミスタ PTC を介して保持する。この作動と並行して燃焼用送風機 BM が始動して燃焼室内のプリバージを行い、それが完了した時点で風圧スイッチ PS が動作し、燃焼検出リレーの FD2 接点を介して点火用イグニッション動作が開始し、またパイロット電磁弁 SV1 も開きパイロットバーナに着火し、火炎検出回路 FDC の検出信号によってリレー接点 FD2 が切り替わり、電磁弁 SV2 が開いてメインバーナが着火する。パイロットバーナが着火しない場合、又は燃焼中バーナが消えた場合は炎検出回路の接点 FD1 が ON せず (消火の場合は OFF して)、自己保持リレー回路の電流は正特性サーミスタ PTC に集中し、自己加熱により次第に抵抗が増大し、ついに自己保持リレー接点 RX1 が開いて、ガス回路を閉そくして安全を確保する。

## 3. む す び

53 年度ガス《クリーンヒーター》の開発ポイントについて詳述したが、今後この考え方を基にして、更によりよいガス《クリーンヒーター》への努力を続けたい。

FF 式温風暖房機の歴史はまだ浅く、今後更に改良を加え、日本の暖房市場の要望にマッチさせる必要がある。

## 参 考 文 献

伊藤ほか：クリーンヒーターの開発、三菱電機技報、48, No. 9

# 電子式温風循環やぐらこたつ

服部信道\*・岩田尚之\*・竹谷康生\*\*・吉田義雄\*\*

## 1. ま え が き

我が国では、現在セントラルヒーティングによる全室暖房や、強制給排気式暖房機などによる部屋単位の暖房方式が、徐々に普及してはいるものの、古来炭火に始まり、電熱ヒータを経て現在赤外線ランプを熱源とする局部暖房としてのやぐらこたつは、一家団らんの場合・くつろぎの場を提供する日本的風情を持ったもので、数多い暖房器の中で、今もなお最も身近に愛用されている商品の1つである。赤外線こたつは昭和38年前後に登場し、現在の普及率はすでに90%を超えてはいるが、買替え需要を中心に、年間の全国出荷台数は300万台近くを保っている商品である。このように長く親しまれた商品であるが、「こたつを安全に衣類の乾燥や保温に使いたい」という要望や、「サーモスタットを用いたランプの断続制御に伴う不快感や電波障害などの問題を基本的的に解決したい」といった課題が残されていた。これらの問題を解決し、より安全・快適で、かつ経済的なこたつとして開発したのが、図1.に示す新しい温風循環方式の《電子コタツ》である。このこたつでは、熱源として正特性サーミスタ(Positive Temperature Coefficient Thermistor 以下 PTC サーミスタと呼ぶ)からなる電子ヒータを採用し、ファンによって電子ヒータに空気を強制循環させ、こたつ内を温風で暖めており、温度調節には、サーモダンプによる無接点連続制御方式を用いている。

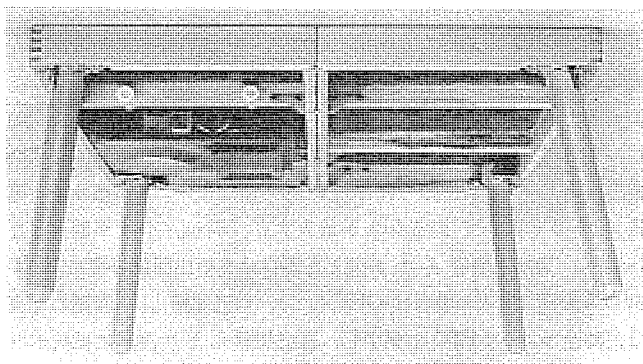


図1.《電子コタツ》の外観

## 2. やぐらこたつの変遷

こたつの起源は、古くは室町時代にさかのぼるとみられているが、日本人の生活必需品として普及したのは、昭和になってからである<sup>(1)</sup>。やぐらこたつの熱源には、旧来もっぱら炭火・練炭が用いられていたが、図2.に示すように、昭和30年代の初めごろから、やぐらの天板の部分にニクロム線ヒータを用いた熱源と熱を反射させるための反射板を備え、好きな所へ簡単に持ち運びできるタイプの電気式こたつが、「電気こたつ」と呼ばれて愛用され始めた。以来熱源の改良が行われ、37年～38年に赤外線ランプが使用されるようになり、現在では、電気こたつといえば赤外線こたつを意味するよう

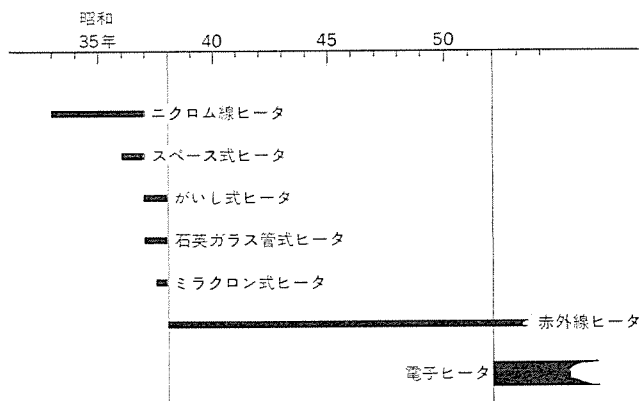


図2. 当社における電気こたつの変遷

になっていたが、当社は52年度に、熱源に電子ヒータを採用し、温風で暖める新しい方式の《三菱電子コタツ》EK-8000形を開発・商品化したので、その概要と53年度の製品について報告する。

## 3. 《電子コタツ》商品化の背景

### 3.1 電気こたつの市場推移

部内の主婦を対象とした当社調査によると、一般家庭における暖房には、図3.に示すように電気こたつが96%の人に使用されており、石油ストーブ・ガスストーブが次に続いている。使用法は、電気こたつとストーブを中心とする他の暖房器との併用が多く、今後ストーブは徐々にエアコン・強制給排気式暖房器などに変わることがあっても、我が国の暖房形態としては、電気こたつ中心の傾向が今後も続くことが予想される。

また電気こたつの市場推移は、昭和48年度に368万台と出荷のピークを記録し、その後景気の後退とともに49年・50年と下降傾向にあったが、51年度には285万台と盛り返した。既に普及率は90%を超えており、表1.にあるように、市場は買替え・買増しが主体となっているが、暖冬でない限り、安定した需要が期待できる商

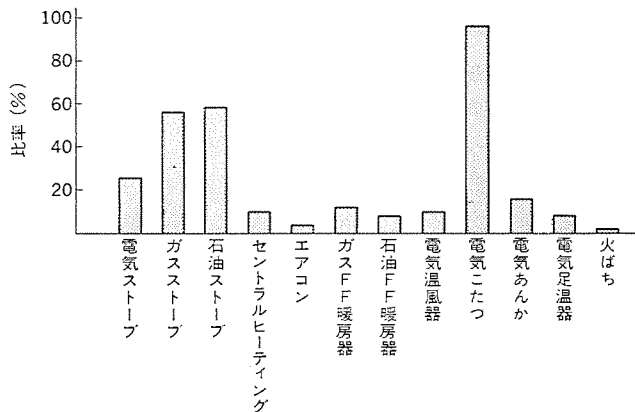


図3. 一般家庭における使用暖房器

表 1. 電気こたつの市場推移 (電機工業会調べ)

| 年 度               | 50 年 度 | 51 年 度 | 52 年 度 (推定) |
|-------------------|--------|--------|-------------|
| 全国出荷台数 (万台)       | 265    | 285    | 285         |
| 需 要<br>構 造<br>(%) | 新 規    | 21.0   | 16.3        |
|                   | 買 替 え  | 29.8   | 32.6        |
|                   | 買 増 し  | 49.2   | 51.1        |
| 普 及 率 (%)         | 90.3   | 91.5   | 92          |

表 2. 異常使用の実態とその意識

●洗たく物を乾かすのに電気こたつを利用するか？

|               |     |
|---------------|-----|
| こたつを利用することがある | 46% |
| こたつを利用することがない | 54% |

●危険だと思うか？

|          |     |
|----------|-----|
| 危険だと思う   | 88% |
| 危険だと思わない | 12% |

品といえる。

### 3.2 潜在ニーズ

同じ調査で、電気こたつの機能に対する消費者のいっている不満点の主なものは次のとおりである。

- (1) ヒータユニットが大きく、邪魔になる
- (2) スイッチを入れてもすぐ暖まらない
- (3) すきま風が入る。
- (4) 刺すような刺激的な熱さがいやである
- (5) 熱くなったり、寒くなったりする
- (6) こたつの中の温度が場所によって違う

また電気こたつの異常使用に対する意識調査によると、異常使用の1つとして「乾燥や保温のため、洗たく物や衣類・おむつなどをこたつの中に入れること」を、本体及び取扱説明書において禁止しているものの、表 2. に示すように、半数近い人が、しかも危険だと分かっているながら、これを乾燥・保温の目的に利用しているか、そのような使い方をした経験があるという事実が明らかになった。

これらの点を考えると、機能面からみた理想的なこたつは

- (1) 採暖空間が大きい
- (2) 温度の立上がり早い
- (3) すきま風を感じない
- (4) やわらかい暖かさで暖める
- (5) 温度調節がスムーズである
- (6) 温度分布が均一である
- (7) 安全性が高く、はん(汎)用性がある

ことと

- (8) 維持費が安い

ことを満足するものといえよう。

上述のように、現在主流をなしている赤外線こたつに対し、消費者は必ずしも快適な暖を与える暖房器とは思っておらず、快適性の

向上を望み、また安心して乾燥・保温の目的に使え、より汎用性があり、より理想的なこたつを望んでいることが分かった。

消費者のこれらのニーズの本質をは(把)握・評価し、《電子コタツ》の商品化を行った。

### 4. 《電子コタツ》の主な構成要素

《電子コタツ》は図 1. に示すように、採暖空間を構成するための折りたたみ式のやぐらと、採暖空間の空気を暖める図 4. に示す温風発生装置 (以下ヒータユニットと呼ぶ) よりなっている。

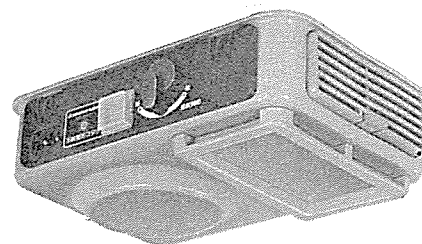


図 4. ヒータユニットの外観

#### 4.1 ヒータユニット

ヒータユニットの構造は、2 個の電子ヒータとファン、及び両者の空気流通路の中間に、開口部とこの開口部の風量を調節するためのうずまき形バイメタルを有するダンパ (以下サーモダンパと呼ぶ) を設けたことを特長としている。

ファンによって強制循環されるこたつ内部の空気は、ヒータユニットの3つの側面に設けられた吸込み口からフィルタを介して吸い込まれ、電子ヒータを通過して温風となり、吐出しグリルから末広がり吐き出され、採暖空間をすみずみまで暖める。

ヒータユニットの表面には繊維状ナイロンを植毛し、採暖者の熱に対する感触をやわらげ、かつ肌ざわりをよくしている。なお、容積は従来の赤外線ランプからなるヒータユニットの約 1/3 (当社比) であり、厚みが約 5 cm 薄くなっている。

ヒータユニットはやぐらと着脱自在であり、衣類乾燥ケース (オプション) と組合せて衣類乾燥機として利用できる。

こたつ内部の温度制御は、後に述べるサーモダンパによって行う。

#### 4.2 電子ヒータ<sup>(2)</sup>

家庭用電気製品に利用されている発熱体には、使用形態によって数多くの種類のものがあるが、《電子コタツ》に採用した電子ヒータは、PTC サーミスタの素子に多数のはちの巣状貫通孔を有するものである。これによって単位体積当たりの表面積を非常に大きくすることができ、コンパクトな寸法で数百ワットの発熱を可能にしたものである。

PTC サーミスタの特長は、素子自体の温度が特定の値 (キュリー点  $T_C$ ) 以上になると、その電気抵抗が急激に増大することにより、素子自体が温度を自己制御する特性を持っており、常に一定な温度で発熱するという安定作用があるため、従来のニクロム線発熱体のような過熱の恐れがないことである。電子ヒータはすでに、電子ファン (FH-6500 形)、ヘッドレッサー (HD-300 形)、衣類乾燥機 (DR-500 形) などに使用されている。

今回採用の電子ヒータは、キュリー点  $T_C$  が  $175^{\circ}\text{C}$  のもので、その抵抗-温度特性 ( $R$ - $T$  特性) を図 5. に示す。また、電子ヒータの

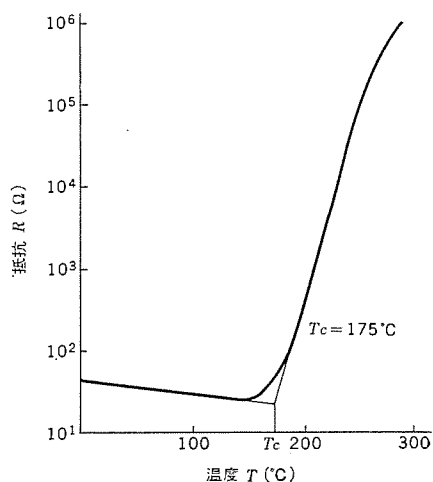


図 5. 抵抗 - 温度特性 ( $R/T$  特性)

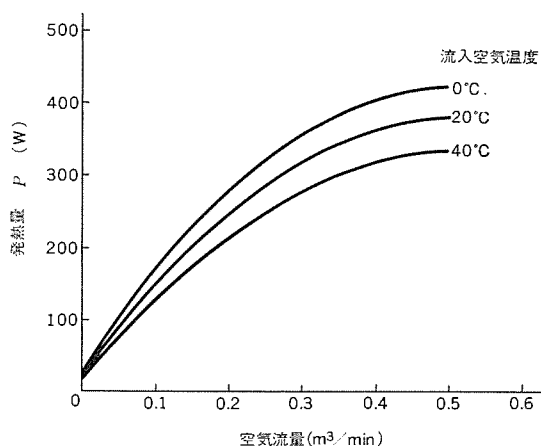


図 6. 空気流量と発熱量の関係

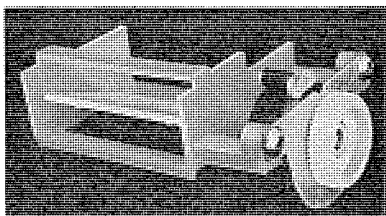


図 7. サーマダンパの外観

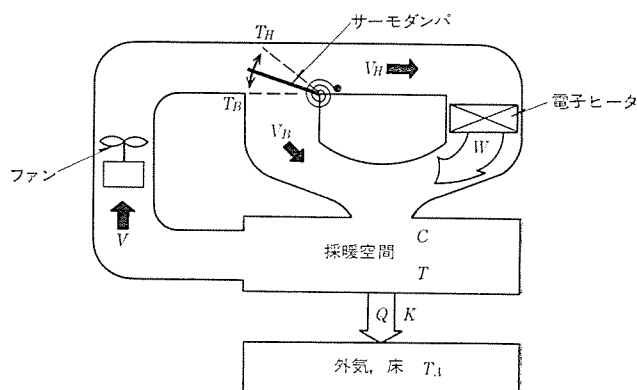


図 8. 《電子コタツ》の等価モデル

発熱量と電子ヒータの貫通孔を貫通する空気量及び流入空気温度の関係を図 6. に示す。図で明らかなように、電子ヒータは流体との組合せによって PTC サーマスタの特性を最大限に発揮するものであり、「流体の量が多ければ多いほど、流入の流体温度が低ければ低いほど発熱量が増える」という特長をもっている。

#### 4.3 サーマダンパ

サーモダンパは電子ヒータのもつ上記特性を適切に利用したものであり、採暖空間の空気温度と設定温度の差に応じて電子ヒータに流れる風量を連続的に自動調節し、電子ヒータの発熱量を無接点で連続制御する温度調節機構である。

これは図 7. に示すように、外端が所定位置で固定されたうずまき形パイメタルと、その内端に結合された回転軸を中心に所定角度だけ回転変位するダンパとで構成される。

以下サーモダンパの動作と、その効果について説明する。

##### (1) こたつ内の温度が低いとき

通電始めや、人の出入りがひん繁でこたつの温度が所定値より低いときは、パイメタルの内端に回転変位が生じないので、ダンパが開口部を閉じた状態にある。したがって、風のすべてが電子ヒータを通過して加熱されるので、電子ヒータの発熱量は最大である。

##### (2) こたつ内の温度が高くなったとき

パイメタルが熱変形するので、内端に回転変位が生じ、ダンパは開口部を開き始めるため、一部の風はこの開口部よりバイパスし、残りの風が電子ヒータを通過して加熱される。したがって、電子ヒータの発熱量は減少する。所定温度以上になれば、ダンパが電子ヒータ側通路を完全に閉じるため、すべての風は開口部よりバイパスする。このときは、風は加熱されることなく循環するだけで、電子ヒータの発熱量は最小となる。

一般には、サーモダンパはこたつのふとんや床面からの放熱量と電子ヒータの発熱量が平衡する位置一定常状態では半開きの位置となり、こたつ内の温度を一定に保つ。

以上のように、サーモダンパによって常にこたつ内の温度を検出し、設定温度に応じて電子ヒータに流れる風量を連続的に自動調節することにより、電子ヒータの発熱量を無接点で連続制御できる。

なお、パイメタルの外端固定位置を温度調節つまみによって移動させることにより、所定範囲で連続的に設定温度を選定できる。

#### 4.4 安全装置

前述したように電子ヒータは、その特性上温度が 200°C 程度（赤外線こたつにおいては、赤外線ランプのガラス表面温度は通常で 300°C 前後、異常時では 400°C～500°C に達する）で安定するために赤熱することがなく、しかも発熱部を十分に閉鎖しているので、《電子コタツ》では、危険な過熱の恐れがほとんどないといえる。上記電子ヒータの自己温度制御作用に加え、万全のため、このこたつには自動復帰式温度過昇防止用サーモスタットと温度ヒューズを取りつけ、2重安全構造としている。

#### 4.5 等価モデル

《電子コタツ》の熱の等価モデルを図 8. として表すことができる。サーモダンパによって制御されるヒータ部の通過風量  $V_H$ 、ヒータの発熱量  $W$ 、及び外気や床への放熱量  $Q$  は、それぞれ式 (1)、式 (2)、式 (3) の関数で与えられる。

$$V_H = M(T_B, T_B, T) \dots \dots \dots (1)$$

$$W = N(V_H, T) \dots \dots \dots (2)$$

$$Q = K \cdot A(T - T_A) \dots \dots \dots (3)$$

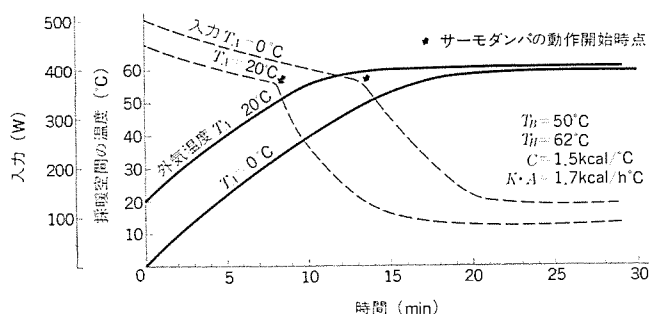


図 9. 採暖空間の温度、電子ヒータ入力特性

そして熱方程式は、式(4)となる。

$$C \frac{dT}{dt} = N(V_H, T) - K \cdot A(T - T_A) \dots \dots \dots (4)$$

ここで

$W$ : 電子ヒータの発熱量 (kcal/h)

$Q$ : 外気や床への放熱量 (kcal/h)

$T$ : 採暖空間の平均温度 (°C)

$T_A$ : 外気の温度 (°C)

$T_B, T_H$ : サーモダンパの回動開始温度、回動終了温度 (°C)

$K$ : ふとんや床の平均熱通過率 (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

$A$ : ふとんや床の総放熱面積 (m<sup>2</sup>)

$C$ : 暖採空間 (やぐら・ふとんなどを含む) の等価熱容量 (kcal/°C)

$V_H$ : 電子ヒータ通過空気量 (m<sup>3</sup>/min)

なお、図 8. において

$V, V_B$ : 循環空気量、バイパス 空気量 (m<sup>3</sup>/min)

1 例として、サーモダンパの設定温度(回動終了温度  $T_H$ )を 62°C としたとき、採暖空間の平均温度  $T$ °C と、ヒータ入力(ワット)の時間的変化を式(1)～式(4)によって求めた結果を図 9. に示す。サーモダンパの効果と外気温度による応答の差が図によって分かる。なお実際には、バimetallの熱慣性によるサーモダンパの追従性や、風による揚力の影響などを考慮してサーモダンパを設計している。

以上のほかに、主な構成要素としてファンモータがある。これらについては次の点に留意し設計を行っている。

- (1) 高温ふんい気下におけるモータの信頼性
- (2) 温風の温度・速度と快適性の関係
- (3) 深夜でも気にならない騒音であること

## 5. 《電子コタツ》の仕様と特性

《電子コタツ》の主な仕様及び温度特性について述べる。なお特性試験は、「JIS C 9209 (1975) 電気こたつ類」に準じて行ったものである。

### 5.1 仕様

《電子コタツ》では EK-8500 のほかに、今年度やぐらの高級なタイプ EK-9000、及びヒータユニット単体を EK-500 U として商品系列化している。表 3. に EK-8500 の主な仕様を示す。

### 5.2 温度特性

《電子コタツ》EK-8500 と当社赤外線こたつ NH-447 に対し、JIS で定める保証点ほか 2 点の空気温度の時間的変化を図 10. 示す。

表 3. 《電子コタツ》EK-8500 の仕様

|         |   |
|---------|---|
| 電 源     | 100 V 50/60 Hz  |
| 入 力     | 100 W (初期 500 W)<br>JIS C 9209 に準じる (外気温度 20°C)<br>保証点温度 70°C               |
| ヒータ     | ハニカム形 PTC サーミスタ ( $T_C=175^\circ\text{C}$ ), 2 個                            |
| モータ     | くまとり形誘導電動機 (15 W 2,100 rpm)   |
| フ ァ ン   | シロッコファン $\overset{\text{MAX}}{(0.5\text{ m}^3/\text{min}, 10\text{ mmAq})}$ |
| 温 度 制 御 | サーモダンパ式 (30~70°C)   |
| 安 全 装 置 | 自動復帰式サーモスタット (100°C)<br>温度ヒューズ (126°C)                                      |
| 寸 法     | たて 70 cm・よこ 70 cm・高さ 34 cm<br>(折りたたみ時 70 cm・35 cm・11 cm)                    |
| 重 量     | 6.8 kg  |

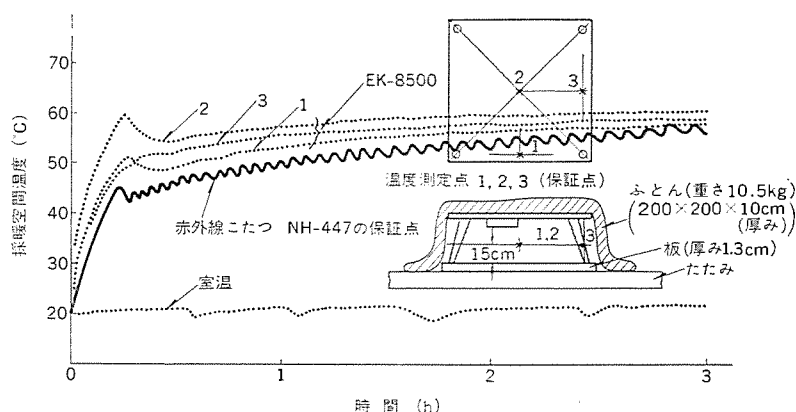


図 10. 温度特性

サーモスタットの ON・OFF による強弱 (400 W, 80 W) の断続制御方式の赤外線こたつに比べ、サーモダンパによる連続制御方式の《電子コタツ》は立上りが早く、変化がスムーズな温度特性を示す。

## 6. 《電子コタツ》の特長

《電子コタツ》の特長についてまとめる。図 4. は主な項目について、赤外線こたつ NH-447 との性能を比較したものである。

### (1) より快適である

(a) 温度分布が均一に近く、暖かさがやわらかい

温風循環式であるので、温風が採暖空間のすみずみまでゆきわたり、やさしく暖め、赤外線こたつのような肌を刺す刺激的な感じ、光の陰になるところが寒いこと、更にすきま風が入っても冷たさを感じさせることなどが無い。

(b) 温度変化がスムーズである

サーモダンパによる連続制御であるので、赤外線こたつのように急激に熱くなったり、寒くなったりすることがない。

(c) 立上りが早い

電子ヒータにより直接空気を暖めてその温風を循環するので、立上りが早くて、人の出入りなどによる温度変化に対する応答も



早い。  
(d) 採暖空間が広い

表 4. 《電子コタツ》と赤外線こたつの性能比較  
JIS C 9209 に準ずる (保証点温度 60℃)

| 項 目                  | 電子コタツ EK-8500                  | 赤外線こたつ NH-447                    |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 温 度 変 化<br>(安 定 時)   | スムーズ                           | 最大 10℃                           |
| 温 度 分 布<br>(採 暖 空 間) | 最大 4℃                          | 最大 20℃<br>(ヒータカセット近<br>傍の温度 80℃) |
| 立 上 が り<br>(時 定 数)   | 8 分 (40 % 短縮)                  | 13 分 (保証点)                       |
| 採 暖 空 間<br>(有 効 高 さ) | 25 cm (30 % 増)                 | 19.5 cm                          |
| 入 力                  | 初期 500 W (20℃)<br>550 W (0℃)   | 400 W                            |
| 消 費 電 力              | 81 wh (40 % 減)                 | 140 wh                           |
| 電 波 障 害              | な し                            | あり 20 回/h                        |
| 汎 用 性                | ヒータカセット単体使用可能<br>使用上の禁止条項 6 項目 | ヒータカセット単体使用不可<br>使用上の禁止条項 10 項目  |
| 騒 音                  | 32 dBA                         | —                                |
| こ ん 包 容 積            | 0.35 m <sup>3</sup> (60 % 減)   | 0.91 m <sup>3</sup>              |

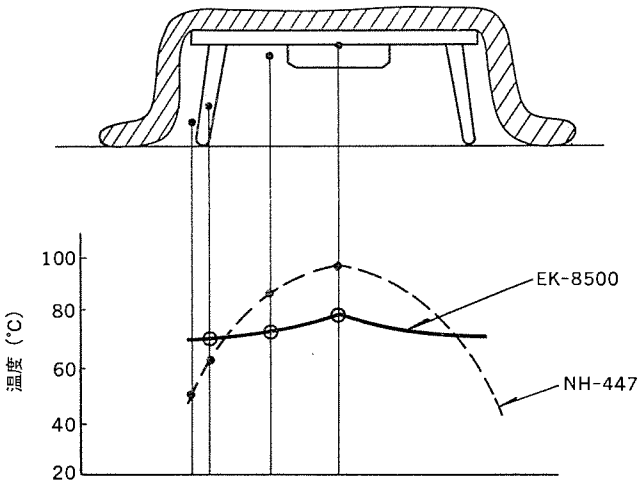


図 11. 温度分布

ヒータユニットの厚さ方向の薄肉化によってこたつ内の高さが約5 cm 大きくなったので、ゆったりした採暖ができる。

(2) 維持費が経済的である

《電子コタツ》及び赤外線こたつのこたつ内の温度分布を図 11. に示す。図で明らかなように、このこたつでは温風で採暖空間を均一に暖めるので、赤外線こたつのようにヒータユニット近傍及び天板が高温になるなど、余分な所を暖めることがなく、したがって天板・床などからの熱放散が赤外線こたつに比べて少ないので、消費電力が少なく、また受電容量が少なくてすむ。

(3) 安全性が高い

(a) 赤熱する部分がない

熱源が電子ヒータであるので、温度の自己制御作用があり、最高温度部分でも 200℃ 前後に制御されるとともに、発熱部が閉鎖されており、直接触れる危険がない。

(b) 2 重安全構造である

上記の電子ヒータの自己温度制御作用に加えて、更に自己復帰式サーモスタットと温度ヒューズによる 2 重安全回路をとっている。

(4) 汎用性がある

安全性が高いので、ヒータユニットを取外し、衣類乾燥ケースと組合せて衣類乾燥機として利用できる。

(5) 収納が容易であり、こん包容積が小さい

ヒータユニットが小さく、やぐらが 2 つ折りにできてコンパクトになるので、こん包の大きさが赤外線こたつの約 1/3 (当社比) であり部屋の持ち運び、収納が簡単にできる。

(6) 電波障害がない

サーモスタットによる無接点制御であり、赤外線こたつにあるサーモスタット動作時の電波ノイズがないので、ラジオ・テレビなどに電波障害が生じない。

7. む す び

多様化した消費者のニーズの本質を把握・評価し、こたつ本来の機能だけでなく、デザイン・サービスなどの副次的機能にも十分な配慮をして、新規性に富んだ《電子コタツ》の開発・商品化を行ってきた。今後も更に研究・改善を重ね、より安全・静粛で、快適な採暖ができる経済的で、かつより魅力ある商品として《電子コタツ》を発展させる所存である。

参 考 文 献

- (1) 世界大百科事典, 平凡社
- (2) 後藤: 半導体発熱体の応用, 三菱電機技報, 50, No. 6 (昭 51)

# 《ロスナイ》全熱交換器の新しい展開

吉野昌孝\*・橋本芳樹\*

## 1. ま え が き

空気対空気の静止形全熱交換器を《ロスナイ》という商品名で発売して以来9年目を迎えた。当時の我が国は列島改造論の真最中であり、省エネルギー製品である《ロスナイ》の出番としてはいささか早すぎた感じがあったが、世界初の和紙でできた熱交換器として各新聞に紹介され、NHKのTVニュースにものった。

以来昭和48年の石油ショックを境に、エネルギー問題がクローズアップされ《ロスナイ》はその名のとおり、ロスが少ない省エネルギー製品として各方面に広く関心呼び、それに伴って新しいニーズに合わせた種々な《ロスナイ》を開発してきた。

《ロスナイ》は新鮮空気を導入する場合に空調された室内空気のもつ熱エネルギーを逃がさずに、いわゆる冷暖房効果を損なわずに換気できる省エネルギーの機能を有したものであり、従来人間の居住空間を主体としたものであったが、今春新しい分野として農事用《ロスナイ》を開発し、より広範囲の利用に対応できるよう開発の幅を広げてきた。本文ではこれらの新分野も含めた最近の《ロスナイ》の進展を報告し、併せて今後の展開についても考察する。

## 2. 新しい換気考え方

一般の換気基準としての法的規制は建築基準法施行令、建築物における衛生的環境の確保、通称“ビル管理法”などに定められており、建築基準法施行令の機械換気設備によると有効換気量は次の式によって計算した数値以上としなければならない。

$$V = \frac{20Af}{N} \quad \begin{array}{l} V: \text{有効換気量 (m}^3/\text{h)} \\ Af: \text{居室の面積 (m}^2\text{)} \\ N: \text{1人当たりの占有面積 (m}^2\text{)} \end{array}$$

$$= 20 \times (\text{人数})$$

この基準が本当に守られているだろうか。現状では一般的にビル、公共的建物等においてこの20m<sup>3</sup>/h・人の換気量を満足するもののどの程度あるだろうか。換気すなわち新鮮空気の導入には必ず冷暖房効果の低下がありそれを解決するには冷暖房の設備を大きくし、運転維持費も増加させなければならない。換気によるエネルギー損失を回収する《ロスナイ》を導入することにより、“新しい省エネルギー換気”が実現した。

一方、一般の住宅換気はどうだろうか、少し以前までの換気と言えば台所用のものであり、秋刀魚の煙や天ぷらの油気を排気するのが目的であった。最近になって居室換気を始めトイレ、浴室等のいわゆる用途別のものが普及してきた。最近建築技術の進歩と相まって、冷暖房効果を上げるため室内はますます密閉化し、普通の換気扇では十分な換気が難しい（単なる排気では新鮮空気の入ってくる場所がない）場合や、冬は寒くて換気扇を運転したくない場合、あるいは折角冷暖房した室内の空気をそのまま捨てるのはもったいないと言う場合も出てくる。密閉度の高い部屋でも必要な換気量が確保でき、しかも冬でも寒くなく省エネルギー換気のできることが望ましい。《ロスナイ》方式による新しい換気は換気によるエネルギーロス

なくした“省エネ換気”と強制同時給排による“完全換気”適切な換気量による“常時換気”の3つが今後の居室における新しい換気の方策であると思われる。

また、換気することは室内外を空気が通過することであり、その通路を通して外部の騒音が入ってくる。《ロスナイ》は前述の省エネルギーの機能と、もう1つの副次的機能としてこの騒音をシャ断する働きがある。外部の騒音は《ロスナイ》エレメントを通過する時減衰される。空港基地周辺、新幹線沿線、高速道路沿い等に使われても換気口から入ってくる外部騒音から民家を守っている。また、外部騒音を防ぐばかりでなく内部騒音等を外部へ出さないためにも効果があり、ピアノのある部屋、オーディオルームの換気用としても幅広く使われている。

## 3. 理論的考察

《ロスナイ》は直交流形プレートフィン式熱交換器であり、図1.の解析モデルを使い温度・湿度交換効率の解析過程の概要を述べる。

今、 $x_0$ 及び $y_0$ の辺長をもつ（矩）形板の表面を $x$ 方向に高温（湿）側 $T_1, x_1, V_1$ 、裏面 $y$ 方向に低温（湿）側 $T_2, x_2, V_2$ の流れがあるとする。この時の境界条件は入口温度であり式（1）で表される。

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \quad T_1=T_{1\text{ IN}} \quad x_1=x_{1\text{ IN}} \\ y=0 \quad T_2=T_{2\text{ IN}} \quad x_2=x_{2\text{ IN}} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ただし  $T_1$ : 1次流体の温度 °C  
 $T_2$ : 2次流体の温度 °C  
 $x_1$ : 1次流体の絶対湿度 kg/kg'  
 $x_2$ : 2次流体の絶対湿度 kg/kg'

微小面積 $d_x, d_y$ (m<sup>2</sup>)で交換される熱量は、 $K_T$ を熱通過率(kcal/m<sup>2</sup>・h・°C)、 $K_x$ を湿度通過率(kg/m<sup>2</sup>・h・cmHg)とすると式（2）で表され

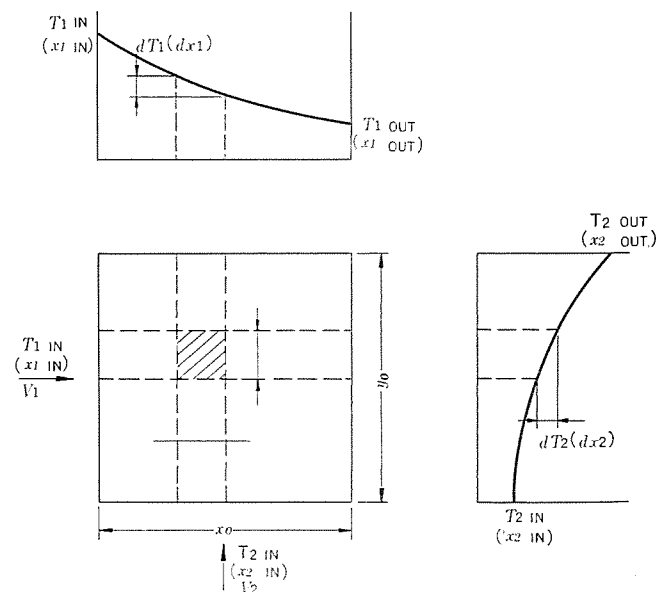


図1. 解析モデル

$$\left. \begin{aligned} d_g &= K_T \cdot d_x \cdot d_y (T_1 - T_2) \\ d_g &= K_x \cdot d_x \cdot d_y (x_1 - x_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ただし  $\theta$ : 交換される熱量 kcal/h  
 $G$ : 交換される湿量 kg/h

この式(2)を順に展開してゆくことによって温度(湿度)分布が求まる。この温度分布並びに湿度分布の解を求めることによって温度・湿度交換効率が求まる。

#### 4. 最近開発した《ロスナイ》の製品紹介

昭和52年秋から53年春にかけて《ロスナイ》の機種体系の充実をはかることを目的として住宅用《ロスナイ》、業務用《ロスナイ》、ビル用《ロスナイ》、農事用《ロスナイ》、列車用《ロスナイ》の5系列にわたり10機種の製品を開発したのでその概要を紹介する。

##### 4.1 住宅用《ロスナイ》

多様化する《ロスナイ》ニーズに対応するために居間用、ダクト用、浴室用の3機種を開発した。

###### (1) 居間用 VL-1400 形

特長としては従来の壁埋込形のからを破り90mmの穴を2個あけるだけで取付けができる取付工事簡易形、低騒音形で製品全体のメンテナンスが容易であることをあげることができる。外観を図2、特性を表1に示す。

###### (2) ダクト用 VL-1500 Z 形

ダクト用換気扇の《ロスナイ》版で天井面取付けタイプである。直接外壁へ給排気できない居室又は事務所に適し、建物の外観美観を損なうことがない。《ロスナイ》エレメントとプレフィルタを一体化したカセット方式にしてメンテナンスを容易にしている。外観を図3、特性を表1に

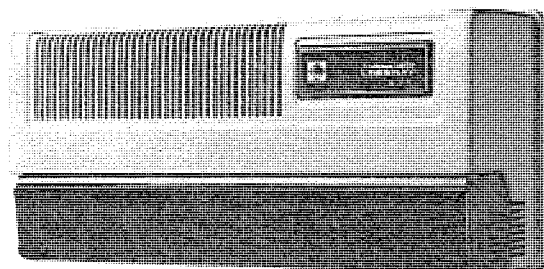


図 2. VL-1400 形

表 1. 居間用《ロスナイ》特性

| 形 名             |     | VL-1400 | VL-1500 Z | VL-500 B |       |                        |
|-----------------|-----|---------|-----------|----------|-------|------------------------|
| 運 転             |     | 直 続     |           |          |       |                        |
| 周 波 数 (Hz)      |     | 50/60   |           |          |       |                        |
| ノ ッ チ           |     | 強       | 弱         | 強        | 弱     |                        |
| 入 力 (W)         |     | 33/35   | 23/25     | 45/51    | 28/29 | 32/31                  |
| 処 理 風 量 (m³/h)  |     | 80/92   | 45/52     | 105/106  | 71/68 | 40/40<br>(バイパス時 50/50) |
| 温 度 交 換 効 率 (%) |     | 63/61   | 66/65     | 70/70    | 74/75 | 65/65                  |
| 全熱交換効率<br>(%)   | 暖房時 | 49/48   | 58/55     | 60/60    | 63/64 | —                      |
|                 | 冷房時 | 44/43   | 53/50     | 50/50    | 60/60 | —                      |
| 騒 音 (ホン)        |     | 39/41   | 30/32     | 40/40    | 33/32 | 45/45                  |
| 重 量 (kg)        |     | 8.5     |           | 13.0     |       | 2.8                    |

示す。

##### (3) 浴室用 VL-500 B 形

《ロスナイ》としては初めてプラスチックエレメントを採用した浴室専用タイプであり、プラスチックエレメント(顕熱交換器)により顕熱だけの熱を回収し冬場の寒さをやわらげ、湿気だけを追い出し壁、天井面等に結露するのを極力少なくし、浴室の寿命をのばすのに役立っている。特に密閉度の高い浴室では排気だけの換気扇の場合、排水孔やすき間から風が侵入し下水のいやな臭いを引張り込むケースがあるが、この《ロスナイ》の場合は強制同時給排式のため浴室内がマイナス圧となることはなく理想的な換気ができる。またバイパス回路を開くことによって外気を直接(熱交換しないで)取り入れ、下に吹き出す構造となっており夏期に窓、とびらを閉め切った状態での冷却換気が可能である。取付けの木わく寸法は一般浴室換気扇と同寸法(縦155mm×横200mm)となっており既設の浴室への取付けも容易である。外観は図4、特性は表1に示す。

##### 4.2 業務用《ロスナイ》

###### (1) 床置形 LGF-40 形

店舗、事務所、会議室等の業務用を主体とした床置タイプとして開発したものである。特長は床置形のファンコイルユニットのイメージにマッチングさせたこと、据付工事はすべて室内側からでき、壁面に密着させ極力床面積をとらないようにした事である。外観を図5に示す。

###### (2) 天井埋込タイプ LGH-10 R 形

店舗、事務室、会議室等の天井面に埋め込むことを目的に開発したもので給排気ダクト、内径125φ×4本で設置ができる。特長は室内設置スペースをとらないこと、建物の外観美観を損なわないことである。外観を図6に示す。

##### 4.3 ビル用 LP-200 形, LP-800 形, LP-1200 形

《ロスナイ》バック「LPシリーズ」の機種充実の一環として開発したもので、これにより先に開発したLP-400形と合わせ処理能力2,000m³/hから12,000m³/hのビル空調に対応できるものである。特長はビル空

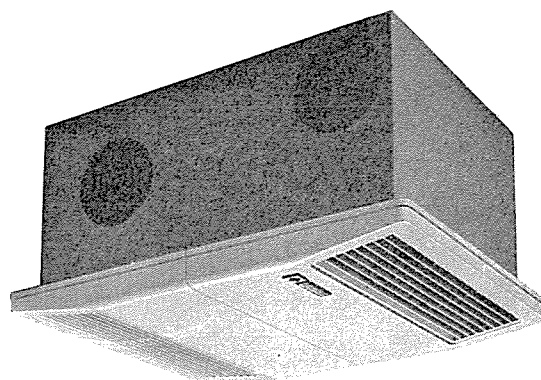


図 3. VL-1500 Z 形

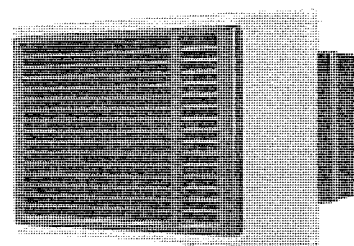


図 4. VL-500 B 形

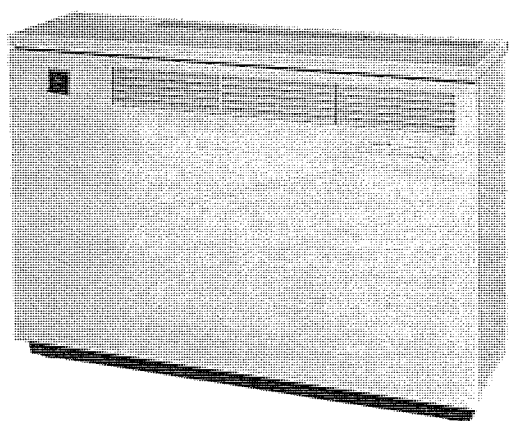


図 5. LGF-40 形

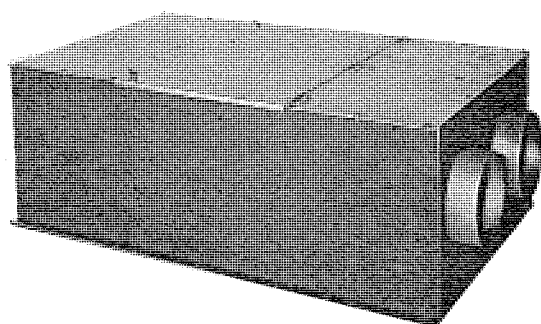


図 6. LGH-10 R 形

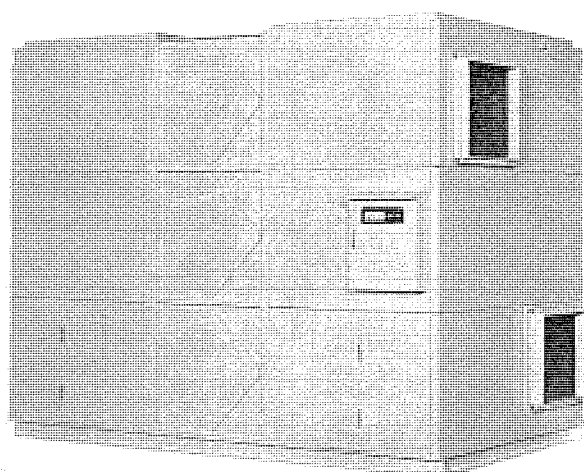


図 7. LP-1200 形

調用として送風機，フィルタを内蔵したパッケージタイプであり設置スペースが大幅に縮小でき，設計・工事の手間も極力はぶける構造である。

LP-200 形 小規模ビル空調システム用 風量 2,000 m<sup>3</sup>/h

LP-800 形 小・中規模ビル空調システム用 風量 8,000 m<sup>3</sup>/h

LP-1200 形 中規模ビル空調システム用 風量 12,000 m<sup>3</sup>/h

以上 3 機種の中で最も大きい LP-1200 形の外観を図 7. に示す。各機種の特性は表 2. に示す。

#### 4.4 農事用 VL-1500 K 形

産業用として新開発したものである。空調栽培の典型であるきのこ栽培においては栽培室内の環境変化により，品質，収穫量が大きく影響され，従来の一般換気扇の運転やとびらの開閉による換気では

表 2. ビル用《ロスナイ》特性

| 形 名                         | LP-200     | LP-800     | LP-1200    |
|-----------------------------|------------|------------|------------|
| 運 転                         | 連 続        |            |            |
| 周 波 数 (Hz)                  | 50/60      |            |            |
| 定 格 電 流 (A)                 | 11         | 30/28      | 46/44      |
| 電動機定格出力 (kW)                | 1.5 kW×2 台 | 3.7 kW×2 台 | 5.5 kW×2 台 |
| 処 理 風 量 (m <sup>3</sup> /h) | 2,000      | 8,000      | 12,000     |
| 標 準 機 外 静 圧 (mmAq)          | 16         | 20         | 10         |
| 温 度 交 換 効 率 (%)             | 75         | 75         | 75         |
| 全熱交換効率 (%)                  | 暖房時        | 71         | 71         |
|                             | 冷房時        | 67         | 67         |
| 重 量 (kg)                    | 500        | 1,800      | 2,700      |

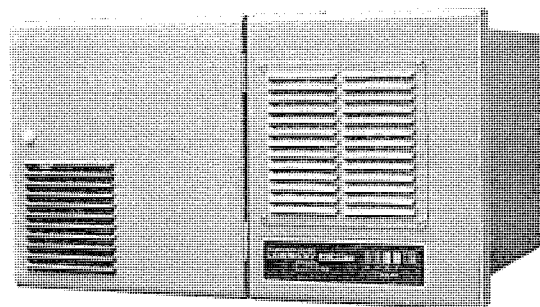


図 8. VL-1500 K 形

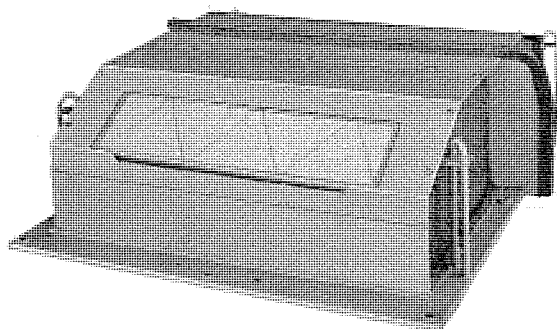


図 9. LT-70 形

室内に温度，風速及び炭酸ガスそれぞれのむらができ品質，収穫量が安定しないという問題があるが，この 3 つのむらを解消したのが VL-1500 K である。効果としては連続換気ができるため換気の手間がなくなり，外気が栽培室内の空気条件に近い状態で供給できるため品質，収穫量が安定し排気の熱エネルギーを全熱回収することにより冷凍機の運転時間を短縮し経費の節減をはかることができる。外観を図 8. に示す。

#### 4.5 車両用 LT-70 形

列車用 LT シリーズの機種充実をはかるために開発したものであり，冷房車の屋根にとう（搭）載するコンパクトタイプの《ロスナイ》である。外観を図 9. に示す。

### 5. 経 済 効 果

《ロスナイ》の本質である省エネルギー効果，経済効果を 2 つのパターンで

紹介する。第1パターンは各種換気装置の外気負荷比較で、一般の換気扇で外気処理した場合と全熱交換できる《ロスナイ》で外気処理した場合のおののについて一般住宅の居室を仮定し省エネルギー比較をしたものである。第2のパターンは各種用途別建物について、各自の回収熱量(省エネルギー量)をコンピュータでシミュレーションし、節約電力量、節約燃料費を試算し経済効果を求めたものである。従来のピーク負荷での試算と異なり時々刻々と変化する気象条件に対応した形での省エネルギー量を積算したものであり、極めて信頼性の高いデータが得られ実際の使用条件に即している点で有用性が高い。

### 5.1 各種換気装置の外気負荷比較

全熱交換器《ロスナイ》と顕熱だけの熱交換器及び一般換気扇を使用して換気した場合の回収熱量及び外

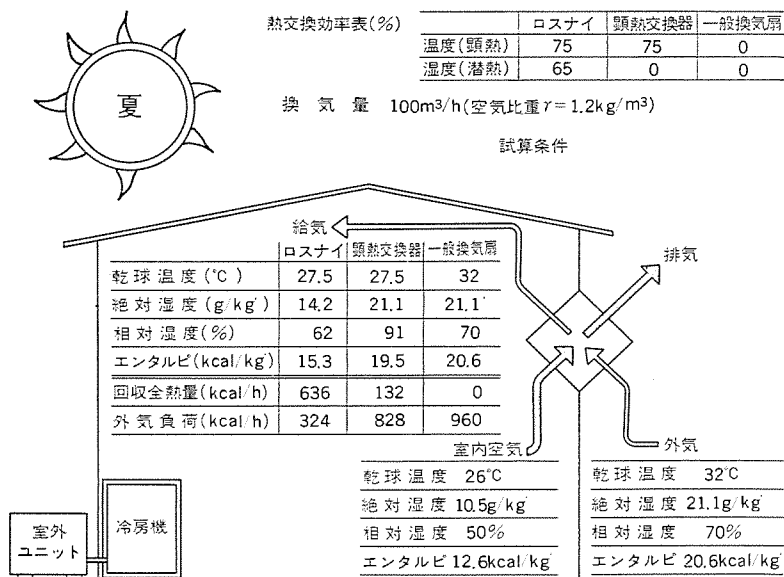


図 10. 冷房時の外気負荷比較

表 3. 建物別の省エネルギー量一覧

| 項目            | 用途<br>場所       | スーパーマーケット   |             | デパート             |             | 劇場                           |            | 病院(外来病室)            |            | 病院手術室      |           | 学校         |            | 事務所                      |            |            |      |      |
|---------------|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------|------------------------------|------------|---------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|------|------|
|               |                | 東           | 京           | 東                | 京           | 東                            | 京          | 大                   | 阪          | 大          | 阪         | 広          | 島          | 大                        | 阪          |            |      |      |
| 空調方式          |                | 各階パッケージ方式   |             | ターボ冷凍機+各階エアハンド方式 |             | 空冷ヒートポンプ+ララ+エアハンド方式          |            | 空冷ヒートポンプ+ララ+エアハンド方式 |            | パッケージ方式    |           | パッケージ方式    |            | 空冷ヒートポンプ+ララ+エアハンド+ドリング方式 |            |            |      |      |
| 熱源容量          | 最大負荷           | ロスナイなし      |             | 169ust           |             | 1887ust                      |            | 119ust              |            | 107ust     |           | 30ust      |            | 102ust                   |            | 145ust     |      |      |
|               |                | ロスナイあり      |             | 130ust           |             | 1462ust                      |            | 80ust               |            | 83.6ust    |           | 13ust      |            | 81ust                    |            | 128ust     |      |      |
| ロスナイ          | 形式             | 名           |             | LUC-210D         |             | LUH-206×18台<br>LUC-210BP×25台 |            | LUC-210D            |            | LUH-205    |           | LUC-204    |            | LGH-50E                  |            | LUC-208D   |      |      |
|               | エレメント×数        | LS-200×10   |             | LS-200×124       |             | LS-200×10                    |            | LS-200×5            |            | LS-200×4   |           | LGH-50E×42 |            | LS-200×8                 |            |            |      |      |
|               | 処理風量(〇A) m³/h  | 22,725      |             | 259,025          |             | 21,700                       |            | 10,980              |            | 7,478      |           | 18,960     |            | 15,975                   |            |            |      |      |
|               | ” (RA) m³/h    | 18,180      |             | 195,579          |             | 19,530                       |            | 7,686               |            | 7,478      |           | 18,960     |            | 11,182                   |            |            |      |      |
| 省エネルギー        | エンタルピー交換効率(冷)% | 63          |             | 52~66(別紙)        |             | 68                           |            | 57                  |            | 75         |           | 58         |            | 59.5                     |            |            |      |      |
|               | エンタルピー交換効率(暖)% | 66          |             | 56~69(別紙)        |             | 73                           |            | 62                  |            | 79         |           | 61         |            | 62.8                     |            |            |      |      |
|               | 暖房期間           | 11月 kcal/月  | 7,749,742   |                  | 114,418,313 |                              | 9,591,453  |                     | 5,382,001  |            | 4,413,855 |            | 1,777,890  |                          | 3,711,736  |            |      |      |
|               |                | 12月 kcal/月  | 21,243,691  |                  | 312,220,438 |                              | 26,931,426 |                     | 15,991,660 |            | 6,779,203 |            | 6,897,172  |                          | 13,540,203 |            |      |      |
| 1月 kcal/月     |                | 28,682,320  |             | 419,171,063      |             | 36,682,160                   |            | 19,286,588          |            | 7,914,457  |           | 8,477,664  |            | 17,419,070               |            |            |      |      |
| 2月 kcal/月     |                | 24,322,449  |             | 354,527,938      |             | 30,770,539                   |            | 17,468,161          |            | 7,139,242  |           | 9,635,316  |            | 15,609,105               |            |            |      |      |
| 3月 kcal/月     |                | 19,669,785  |             | 290,014,500      |             | 24,848,582                   |            | 14,724,873          |            | 6,424,047  |           | 6,324,223  |            | 11,863,449               |            |            |      |      |
| 省エネルギー        | 4月 kcal/月      | —           |             | —                |             | —                            |            | —                   |            | 3,374,120  |           | —          |            | —                        |            |            |      |      |
|               | 計 kcal         | 101,667,987 |             | 1,490,353,252    |             | 128,824,160                  |            | 72,853,283          |            | 39,206,942 |           | 33,112,265 |            | 62,143,563               |            |            |      |      |
|               | 冷房期間           | 5月 kcal/月   | —           |                  | —           |                              | —          |                     | —          |            | —         |            | —          |                          | —          |            |      |      |
|               |                | 6月 kcal/月   | 2,854,005   |                  | 36,543,754  |                              | 3,679,076  |                     | 2,175,724  |            | 1,127,625 |            | —          |                          | 3,100,669  |            |      |      |
|               |                | 7月 kcal/月   | 18,784,086  |                  | 260,601,000 |                              | 23,031,379 |                     | 11,413,034 |            | 3,785,363 |            | 2,763,082  |                          | 13,177,574 |            |      |      |
|               |                | 8月 kcal/月   | 21,493,934  |                  | 300,188,500 |                              | 26,601,684 |                     | 13,614,534 |            | 4,471,660 |            | —          |                          | 15,685,742 |            |      |      |
|               |                | 9月 kcal/月   | 6,213,676   |                  | 84,345,000  |                              | 7,777,082  |                     | 4,391,056  |            | 1,834,864 |            | 2,183,507  |                          | 5,715,992  |            |      |      |
| 10月 kcal/月    |                | —           |             | —                |             | —                            |            | —                   |            | —          |           | —          |            | —                        |            |            |      |      |
| 計 kcal        | 49,345,701     |             | 681,678,254 |                  | 61,089,221  |                              | 31,594,348 |                     | 11,219,512 |            | 4,946,589 |            | 37,679,977 |                          |            |            |      |      |
| 年間省エネルギー量kcal |                | 151,013,688 |             | 2,172,030,506    |             | 189,913,381                  |            | 104,447,631         |            | 50,426,454 |           | 38,058,854 |            | 99,823,540               |            |            |      |      |
| 空調面積 m²       |                | 2,368       |             | 32,481           |             | 812                          |            | 2,351               |            | 110        |           | 1,538      |            | 3,185                    |            |            |      |      |
| 室内取入量 m³/h    |                | 909         |             | 10,361           |             | 868                          |            | 366                 |            | 16         |           | 948        |            | 639                      |            |            |      |      |
| 外気取入量 m³/h    |                | 22,725      |             | 259,025          |             | 21,700                       |            | 10,980              |            | 7,478      |           | 18,960     |            | 15,975                   |            |            |      |      |
| 室気条件          | 夏              | 外気          | DB °C       | 31.7             | 31.7        | 31.7                         | 33         | 33.6                | 32         | 33         | 32        | 33         | 33         | 33                       | 33         | 33         | 33   |      |
|               |                |             | RH %        | 66               | 66          | 66                           | 59.5       | 62                  | 60         | 59.5       | 60        | 60         | 59.5       | 60                       | 59.5       | 60         | 59.5 |      |
|               |                |             | i kcal/kg   | 19.6             | 19.5        | 19.5                         | 19.6       | 20.5                | 18.7       | 19.5       | 18.7      | 18.7       | 19.5       | 18.7                     | 19.5       | 18.7       | 19.5 |      |
|               |                | 室内          | DB °C       | 26               | 26          | 26                           | 26         | 25                  | 27         | 26         | 25        | 27         | 26         | 25                       | 27         | 26         | 26   |      |
|               |                |             | RH %        | 50               | 50          | 50                           | 50         | 55                  | 55         | 50         | 55        | 55         | 50         | 55                       | 55         | 50         | 50   |      |
|               |                |             | i kcal/kg   | 12.8             | 12.7        | 12.8                         | 12.8       | 12.7                | 14         | 12.8       | 12.7      | 14         | 12.8       | 12.7                     | 14         | 12.8       | 12.8 | 12.8 |
|               | 冬              | Δi kcal/kg  |             | 6.8              | 6.8         | 6.7                          | 6.8        | 7.8                 | 4.7        | 6.7        | 7.8       | 4.7        | 6.7        | 7.8                      | 4.7        | 6.7        | 6.7  |      |
|               |                | 外気          | DB °C       | 1.5              | 1.5         | 1.5                          | 2.3        | 0.5                 | 2.3        | 1.5        | 0.5       | 2.3        | 1.5        | 0.5                      | 2.3        | 1.5        | 1.5  |      |
|               |                |             | RH %        | 35               | 35          | 32                           | 46         | 35                  | 42         | 35         | 35        | 42         | 35         | 35                       | 42         | 35         | 35   |      |
|               |                |             | i kcal/kg   | 1.3              | 1.3         | 1.2                          | 1.8        | 0.9                 | 1.7        | 1.3        | 0.9       | 1.7        | 1.3        | 0.9                      | 1.7        | 1.3        | 1.3  |      |
|               |                | 室内          | DB °C       | 20               | 20          | 20                           | 22         | 25                  | 20         | 20         | 25        | 20         | 20         | 25                       | 20         | 20         | 20   |      |
|               |                |             | RH %        | 50               | 50          | 50                           | 53         | 55                  | 40         | 50         | 55        | 40         | 50         | 55                       | 40         | 50         | 50   |      |
|               |                |             | i kcal/kg   | 9.3              | 9.2         | 9.3                          | 10.5       | 12.7                | 8.3        | 9.2        | 12.7      | 8.3        | 9.2        | 12.7                     | 8.3        | 9.2        | 9.2  | 9.2  |
|               |                | Δi kcal/kg  |             | 8.0              | 7.9         | 8.1                          | 8.7        | 11.8                | 6.6        | 7.3        | 11.8      | 6.6        | 7.3        | 11.8                     | 6.6        | 7.3        | 7.3  | 7.3  |
| 運転期間          | 季節             | 冷房期間        |             | 1/6~3/31         |             | 1/6~3/31                     |            | 1/6~3/31            |            | 1/6~3/31   |           | 1/6~3/31   |            | 1/6~3/31                 |            | 1/6~3/31   |      |      |
|               |                | 暖房期間        |             | 9/18~11/18       |             | 9/18~11/18                   |            | 9/18~11/18          |            | 9/18~11/18 |           | 9/18~11/18 |            | 9/18~11/18               |            | 9/18~11/18 |      |      |
|               |                | 月曜日~金曜日     |             | 9/18~11/18       |             | 9/18~11/18                   |            | 9/18~11/18          |            | 9/18~11/18 |           | 9/18~11/18 |            | 9/18~11/18               |            | 9/18~11/18 |      |      |
|               |                | 土曜日         |             | 9/18~11/18       |             | 9/18~11/18                   |            | 9/18~11/18          |            | 9/18~11/18 |           | 9/18~11/18 |            | 9/18~11/18               |            | 9/18~11/18 |      |      |
| 運転期間          | 時間             | 休日          |             | 週1日              |             | 週1日                          |            | 週1日                 |            | 週1日        |           | 週1日        |            | 週1日                      |            | 週1日        |      |      |
|               |                | 土曜日         |             | 週1日              |             | 週1日                          |            | 週1日                 |            | 週1日        |           | 週1日        |            | 週1日                      |            | 週1日        |      |      |
|               |                | 日曜日         |             | 週1日              |             | 週1日                          |            | 週1日                 |            | 週1日        |           | 週1日        |            | 週1日                      |            | 週1日        |      |      |
|               |                | 日曜日         |             | 週1日              |             | 週1日                          |            | 週1日                 |            | 週1日        |           | 週1日        |            | 週1日                      |            | 週1日        |      |      |
| ロスナイ中間期       |                | バイパス        |             | バイパス             |             | バイパス                         |            | バイパス                |            | バイパス       |           | バイパス       |            | バイパス                     |            | バイパス       |      |      |

表 4. 建物別の設備費と維持費の節約料金

| 建物用途      | 設 備 費   |         |         | 維 持 費  |
|-----------|---------|---------|---------|--------|
|           | ロスナイなし  | ロスナイあり  | 節 約 料 金 | 年間節約料金 |
|           | 千円      | 千円      | 千円      | 千円     |
| スーパーマーケット | 47,511  | 41,114  | 6,396   | 1,633  |
| デパート      | 472,713 | 446,251 | 26,462  | 7,753  |
| 劇場        | 48,850  | 42,740  | 6,110   | 1,679  |
| 病院（外来病室）  | 59,784  | 56,072  | 3,712   | 814    |
| 病院（手術室）   | 12,407  | 10,461  | 1,946   | 1,872  |
| 学 校       | 48,298  | 48,299  | —1      | 523    |
| 事 務 所     | 64,590  | 63,280  | 1,310   | 872    |

注）機器価格，工事費はS 52年12月時点での見積りである。

気負荷の比較計算を行ってみた。図 10. は夏期の冷房時の外気負荷比較図である。おのおの試算条件も図中に記している。夏期《ロスナイ》と顕熱交換器の回収全熱量を比較すると《ロスナイ》のほうが約5倍近くも大きな数値を示している。これは潜熱回収量が大きいことを意味しており，温度だけでなく湿度交換もする全熱交換器でないと外気負荷軽減の意義が小さいことを示している。

## 5.2 シミュレーションによる各種建物の省エネルギー量とその経済効果

建物の用途別に7つのパターン（スーパーマーケット，デパート，劇場，病院外来室，手術室，学校，一般事務所ビル）を選択し，毎日の運転時間ごとと外気エンタルピーに応じて《ロスナイ》の回収熱量をコンピュータで計算し，各月ごとに回収熱量を集計したのが表 3. である。表 3. には熱源機器の容量を決定するための空気条件（ピーク負荷の算出）と運転時間を併記している。《ロスナイ》あり，なしの設備機器価格（工事費も含む）と《ロスナイ》を運転することによる維持費の年間節約費を表したのが表 4. である。この表から7つの建物のうち6つまでが設備費の節約につながっており，中でもスーパーマーケットや病院の手術室の場合には14～16%ものコストダウンにつながっていることが分かる。このように外気処理用として《ロスナイ》を採用することにより，ほとんどの建物で設備費の節約に結びつけることができ当然大幅な維持費の節約につながる訳である。詳細な試算過程については“三菱ロスナイ技術マニュアル”に記している。

## 6. 今後の《ロスナイ》の新しい展開

《ロスナイ》の機種系列の充実をはかり，新しい用途への適用を考えながら今までのからを破ったプラスチックエレメントを内蔵した浴室用《ロスナイ》を開発してきた。これまでは居住環境を対象とした省エネルギーのための製品を主に開発してきたが，今後は更に居住環境以外の分野，例えば工場内の電気設備や電子機器を汚染空気から保護するた

め密閉室内の空気を熱交換器を通して循環し，外気により冷却するための耐水形熱交換器や，工場設備から排出される高温ガスから排熱を回収し給気ガスの予熱や暖房に利用する産業用の耐熱形排熱回収用熱交換器，あるいは農事用等1次産業用へ発展させるための《ロスナイ》の開発の必要性を痛感しており，技術面，製造面において鋭意検討を進めてゆきたい。

## 7. む す び

ロスが少ないことから名付けられた《ロスナイ》は，空気対空気的全熱交換形換気機器として各方面に広く利用され，来年（昭和54年）は発売以来10年目を迎える。十年一昔というがその間には換気の考え方にも幾多の新しい進展があったが，何といってもオイルショックによる省エネルギー時代への大きな転換を見逃すことはできない。最近太陽熱利用が盛んであり，ソーラハウス等の実用化が着々と進んでいるが，いかに断熱性能を高め室内から冷暖房されたエネルギーが逃げないように密閉化したとしても，中には人間がいるのである。したがって新しい空気すなわち酸素は必要である。そのためには換気は不可欠となる。ソーラハウスのような空調のエネルギーを極限までロスのないように有効に使うためにも《ロスナイ》は必要十分の両条件を備えたものと思われる。

《ロスナイ》は従来，静止形全熱交換器として紙系を素材としたものであるが，今後は空気対空気のエネルギー交換として前述のようにプラスチックや金属を素材とした耐水・耐熱性を有するものへの発展をはかり，その範囲を拡大してゆくべきと考える。現在，急激に普及されつつある全熱交換器《ロスナイ》を人間の居住空間にすべて採用したとすれば，空調における省エネルギーとしては冷房では四国地方の年間の電力需要相当量，暖房では20万トンタンカーで80隻分の両方を越えた省エネルギー効果が現時点で可能と算定される。更に各種産業への採用，前述の耐水・耐熱形《ロスナイ》等の進展を考えれば，省エネルギーに貢献する《ロスナイ》の応用は更に倍増するものと思われる。

省エネルギーを実現させながら，より快適な人間生活を送るその一助としての《ロスナイ》の付加価値を追求すべく，今後各方面に，より貢献する《ロスナイ》を開発するとともに，日本ばかりでなく世界中で有用視される《ロスナイ》へと発展させてゆきたい。

## 参 考 文 献

- (1) 吉野：透過式全熱交換器（ロスナイ）の新開発，三菱電機技報，44，No. 10（昭45）
- (2) 吉野，橋本：ロスナイ（透過式全熱交換器）の現状と将来の展望，47，No. 4（昭48）
- (3) 三菱《ロスナイ》技術マニュアル（昭53-4）
- (4) 吉野，橋本：省エネルギー対策技術資料要覧，KKフシテクノシステム（昭50）



# 三軸制御衛星シミュレーションプログラムSIPT

鈴木崇弘\*・安斉孝男\*・奥田一実\*・松浦卓丈\*\*・今度史昭\*\*\*

## 1. ま え が き

最近の宇宙科学技術の進歩にともない、人工衛星のミッションにはますます高度の要求が課されるようになった。これに伴い在来のスピンの衛星やデュアルスピン衛星に代わって、より高精度で大電力を得るのに適した三軸制御衛星が要求され、日本でも宇宙開発事業団を中心にこの種の計画がいくつか進められている。

人工衛星の経験する無重力状態等の宇宙環境を地上で実現することは難しいので、従来から人工衛星の機能を数学的にモデル化し、電子計算機によりシミュレーションを行う技術が重視されてきた。しかしミッションの異なる人工衛星の数学モデルを個別に構成していくのは大変な仕事である。我々は、人工衛星がその本体にセンサ、制御系、アクチュエータ等、種々の機器を結合していくことにより構成されるという観点から、シミュレーションプログラムにおいてもこれら個々の機器の有する機能をサブプログラムとしてブロック化し階層的に再構成することにより、はん(汎)用化への道が開けると考えて研究を続け、その成果をとりいれて三軸制御衛星シミュレーションプログラム SIPT (Simulation Program of Three Axis Satellite) を完成した<sup>(1)(2)</sup>。

SIPT の設計にあたっては、次の点に考慮をはらった。すなわち、(1) 汎用性：シミュレーションの機能を豊富に用意する、(2) 柔軟性：それらを機能単位にモジュール化した上で階層的に構成し、柔軟性を持ったシステムにする、(3) 操作性：各機能の選択と結合は、シミュレーション実行時に入力データによって制御する方式にして操作性を高める、(4) 拡張性：ユーザ用インタフェースを用いてプログラムを拡張できる、(5) 対話形式：グラフィックディスプレイを活用し対話形式の出力操作を可能にする、等である。

## 2. プログラムの概要

SIPT は、一般的な三軸制御衛星を対象として、種々の制御モードにおける姿勢運動のシミュレーションを行うプログラムである。この目的のために SIPT には複数の衛星ダイナミクスモデルの外、センサ、駆動系等豊富な衛星とう(搭)載機器の数学モデルを備えており、これらを適宜選択して組合せればユーザの目的に沿った人工衛星制御系の数学モデルを構成できる。なお、この際に通常使用される制御素子や演算素子はファンクションの形で豊富に用意してあるので、複雑な制御系でもこれらを用いれば構成が非常に容易になる。こうしたユーザが姿勢制御系を構成する方法の外に、SIPT にはゼロモーメント方式及びバイアスモーメント方式三軸制御衛星の、スピンモードから定常モードに至るまでのシーケンスが組込まれており、これらの各モードをユーザの選択により単独で、又は連続的にシミュレーションを行うことができる。

## 3. プログラムシステムの構成

### 3.1 プログラム構成

SIPT はプログラムの改良、拡張、保守が容易に行えるように、次の

ような特長を持ったプログラム構成となっている。

(1) 衛星搭載機器の機能単位に対応して、プログラムがモジュール分割されている。

(2) プログラムは図 1. に示すように各モジュールを 4 つの階層に分割して構成されている。

(a) フェーズレベル……メイン、シミュレーション制御及び入出力処理のモジュール群。

(b) ブロックレベル……軌道要素・天体エフェメリスの計算、オイラー角の計算、姿勢センサ部、制御論理部、制御駆動部、衛星ダイナミクス部、数値積分部など機能的にブロック化されたモジュール群。

(c) ユニットレベル……姿勢センサ、制御論理、制御駆動系の構成機器に対応したモジュール群。入力データの指示により、ブロックレベルのモジュールが選択して使用する。

(d) ファンクションレベル……積分器、関数発生器、ヒステリシス関数など、ブロックレベルやユニットレベルで共通して使われるファンクション群。

(3) ユーザによる変更又は拡張に備えて、ユーザ用インタフェースを用意しており、ユーザがみずから作成したサブプログラムを SIPT に組込むことができる。

SIPT の各モジュール間の相互関係は図 2. に示すように、モジュール間の結合をできるだけ簡単化しており、モジュールの独立性を高いものにしている。

### 3.2 下位モジュールの機能

この節においてはブロックレベル以下の各モジュールの機能につき説明する。

(1) 軌道要素・天体エフェメリス部

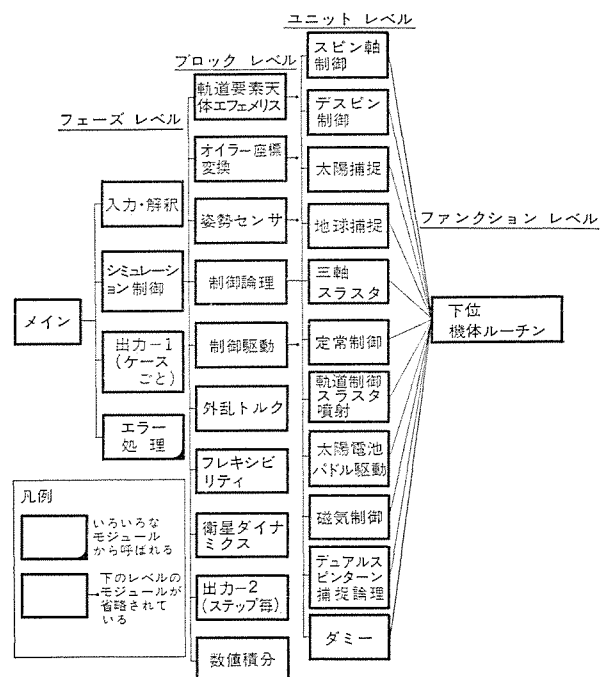


図 1. SIPT のモジュール構成

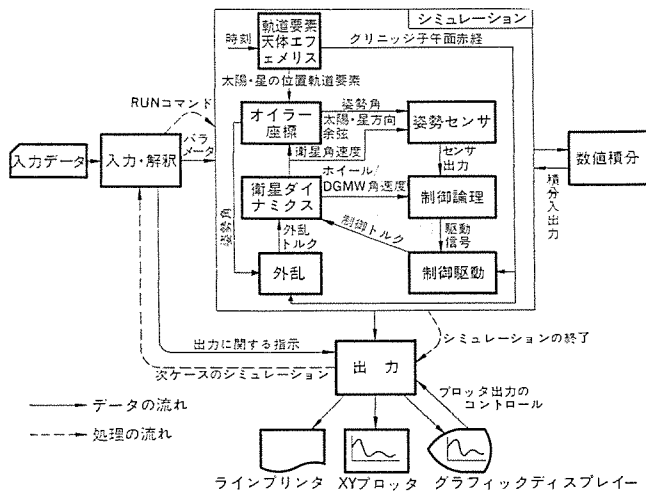


図 2. SIPT 各モジュール間の関係

衛星と地球及び太陽との幾何学的な相対関係を定めるために必要な衛星軌道要素、太陽位置、スターセンサのガイド星として使用する主要な星の位置並びにグリニッジ子午面の赤経を計算する。地球のへん(扁)平による軌道への影響は $J_2$ 項まで考慮している。初期軌道データの inputs は軌道 6 要素で行う外、直交座標形式、極座標形式で行うことが可能で、ユーザが自由に選択できる。

#### (2) 衛星ダイナミクス部<sup>(2)</sup>

衛星のダイナミクスモデルとして固定ホイール系、ダブルジンバルホイール系、及び 1 軸のダイナミクスが SIPT に組込まれている。またユーザ用インタフェースを用いて、ユーザが他の種類の衛星ダイナミクスを組込むこともできる。固定ホイール系ダイナミクスモデルは複数個の固定ホイール、回転ダンパ、並進ダンパ、パドル及び付加角運動量素子が組込まれ、固定ホイールを有する(又は有さない)ゼロモーメント方式又はバイアスモーメント方式の衛星ダイナミクスモデルとして汎用的に使用できる。ダブルジンバルホイール系ダイナミクスモデルはパドル、付加角運動量素子の外に、1 つのダブルジンバルホイール、又はシングルジンバルホイールを有するダイナミクスモデルとして使用できる。パドル軸、ジンバル軸の取付け方向は任意に与えることができる。1 軸ダイナミクスモデルは、衛星の回転自由度を 1 軸のみとした簡易モデルである。

#### (3) オイラー座標部<sup>(3)</sup>

軌道要素・天体エフェメリス部で得られる軌道情報、及び衛星ダイナミクス部で計算される衛星の角速度信号を、衛星の姿勢情報であるオイラー角の微分方程式に変換し、これを積分することによりオイラー角を求める。通常使用される方位角・上下角・ピッチ角系、ヨー角・ロール角・ピッチ角系、赤経・北極距離・ピッチ角系、赤経・赤緯・ピッチ角系の 4 種類のオイラー角系で入出力が可能である。オイラー角の計算にしばしば障害となる特異点の問題は、プログラム内部で積分に用いているオイラー角系を切替えることにより自動的に処理されるので、ユーザはこの問題を考慮しないでもよい。オイラー角の計算の外に SIPT で用いられる種々の座標系相互の変換行列、太陽ベクトルや地心ベクトル、こう(恒)星ベクトルの衛星座標系における成分もここで計算が行われ、太陽センサやスターセンサの信号を計算するのに用いられる。

#### (4) 姿勢センサ部

人工衛星のセンサ系機器の数学モデルとして次のものが SIPT に組込まれている。それらを表 1. に示す。これらのセンサはユーザがシミュレーションを行いたい衛星の搭載する機器に対応させて、任意の組合

表 1. SIPT で使用できるセンサの種類と個数

| センサの種類              | 個数 |
|---------------------|----|
| スピントラセンサ            | 1  |
| 姿勢太陽センサ             | 4  |
| 地球センサ               | 1  |
| R F センサ             | 1  |
| スターセンサ (ガイド星は 4 種類) | 1  |
| ジャイロコンパス            | 1  |
| レートジャイロ             | 3  |

せで使用することができる。

#### (5) 制御理論部

制御理論は個々の衛星によって多様であり一般的なものは少ない。したがってこの部分は本来は SIPT に備えられているセンサ、駆動系の機器モデル及びファンクションを用いてユーザが自由に組立てるべきものである。しかし、ユーザの便宜をはかるために一連の基本的な制御理論モデルが SIPT に組込まれており、ユーザはこれらの制御理論のパラメータを変化させてシミュレーションを行うことにより、種々の制御系の検討が行える。以下にそれらの制御理論を示す。

##### (a) スピン軸姿勢変更理論

スピントラセンサ信号を用い、ラムライン法によってスラスタをパルス的に噴射して、スピン状態にある衛星のスピン軸の姿勢変更を行う。

##### (b) デスピン制御理論

スラスタを一定間隔で断続的に噴射して、衛星のスピンを減速する。

##### (c) 太陽捕捉制御理論

太陽センサ信号とレートジャイロ信号を用い、スラスタを噴射して任意の姿勢から衛星機軸の 1 軸を太陽に指向させる。

##### (d) 地球捕捉制御理論

1 軸が太陽を指向した状態で、適当な時期を選んで衛星のヨー軸を地球中心に指向させ、ロール・ピッチを捕捉する。

##### (e) ヨー捕捉制御理論

ロール・ピッチが捕捉された後、ロール軸を衛星速度方向に一致させてヨー基準を設定し、衛星 3 軸の姿勢捕捉を完了する。

##### (f) ホイールスピンアップ制御理論

スラスタ噴射により衛星の姿勢を保持しつつ、バイアス固定ホイール又はダブルジンバルホイールを加速する。

##### (g) ホイールアンローディング制御理論

スラスタ又は磁気トルカを用いて、バイアス固定ホイール又はダブルジンバルホイールのアンローディングを行う。

##### (h) デュアルスピントーン捕捉制御理論

衛星にスピンを与えておき、そのスピン軸と直交する回転軸を持つホイールを加速し、姿勢角を 90° 変更するデュアルスピントーン方式により地球を捕捉する。

##### (i) 定常モードにおける 3 軸制御理論

衛星のミッション遂行段階である定常モードに関しては、次の制御理論が組込まれている。

##### (i) ゼロモーメントアナログ制御方式

三軸制御衛星の、3 軸に平行に取付けた 3 個のリアクションホイールを用いて姿勢を制御する。制御系にはアナログ制御理論を用いる。

##### (ii) ゼロモーメントデジタル制御方式

ミッションはアナログ制御方式と同様であるが、デジタル制御素子

表 2. SIPT で使用できる アクチュエータの種類と個数

| ア ク チ ュ エ ー タ の 種 類                          | 個 数 |
|--|-----|
| 固定ホイール (AC モータ又は DC モータによる駆動系を含む)            | 3   |
| ジンバル ホイール(ホイール駆動系及びロールジンバル駆動系, ヨージンバル駆動系を含む) | 1   |
| スラスト   |     |
| 軌道制御スラスト                                     | 8   |
| 姿勢制御スラスト                                     | 6   |
| オフセット スラスト                                   | 2   |
| ユーザ用予備スラスト                                   | 4   |
| 太陽バドル (駆動系を含む)                               |     |
| 剛体ダイナミクス用                                    | 1   |
| フレキシブルダイナミクス用                                | 4   |
| 磁気トルカ  | 3   |

を用いて制御論理を構成する。

(iii) 固定バイアスホイル方式

衛星のピッチ軸に平行に取付けた モーメントム ホイール、及び オフセット スラスターを用いて姿勢を制御する。磁気トルカを補助に用いることもできる。

(iv) ダブルジンバル モーメント方式

ダブルジンバル ホイール を用い、ホイール 駆動及び ジンバル 駆動により姿勢を制御する。

(v) バックアップ 3 軸 スラスト 制御論理

ホイール等が故障した場合のバックアップとして、3軸ともスラストを用いた姿勢制御を行う。

### (j) 軌道制御モードにおける3軸スラスト制御論理

軌道制御 スラスタ 噴射中の姿勢制御を、 3 軸 スラスタ を用いて行う。

### (6) 制御駆動部

衛星搭載の駆動系として表 2. に示す機器の数学モデルが SIPT に組込まれている。これら以外にもユーザ用インタフェースを用いてユーザが使用しない機器を組込むことができる。

(7) 外乱トルク部

ユーザが指示を行うことにより、環境の外乱トルクとして太陽圧トルク、空力トルク、残留磁気トルク、重力傾度トルクを導入することができる。その他ユーザ用インタフェースを用いて、衛星の運用により生じる外乱トルクや、ユーザがテスト用に使用する外乱トルクを導入することもできる。

## (8) 太陽パドルのフレキシビリティ

SIPT においては、構造計算プログラムとして一般的に使用されている NASTRAN の出力を用いて、太陽パドルのフレキシビリティの影響をシミュレーションに導入することができる。このため SIPT と NASTRAN の CDC バージョンとのインタフェースをとる補助プログラムが用意されており、これを介して NASTRAN の出力を SIPT に自動的に結合することができる。この際、太陽パドルの数は最大 4 枚（回転軸を共有するものは 1 枚に含める）とし、NASTRAN で構造計算を行う場合の節点数は 1 枚につき最大 60、また SIPT で考慮される固有モードは 1 枚につき最大 6 個までである。

(9) ファンクションレベル

SIPT では、ブロックレベル、ユニットレベルのルーチンが容易に記述できるように豊富な下位機能ルーチンを備えている。これらは図 3. に示すように、一般関数、履歴関数、積分関数、関数発生、及びサビスルーチンの各ファンクション群によって構成されている。

### 3.3 各モジュール間のインタフェース

SIPTでは各モジュール間のインタフェースを単純化するためにコモンを静的に割付けてデータをやりとりする方法はできるだけ避けており、

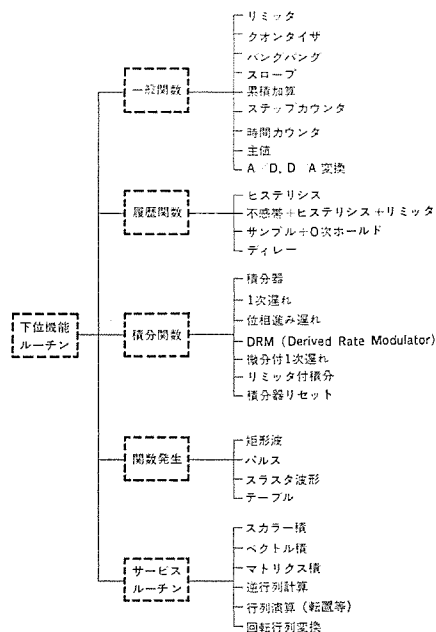


図 3. SIPT 下位機能ルーチンの構成

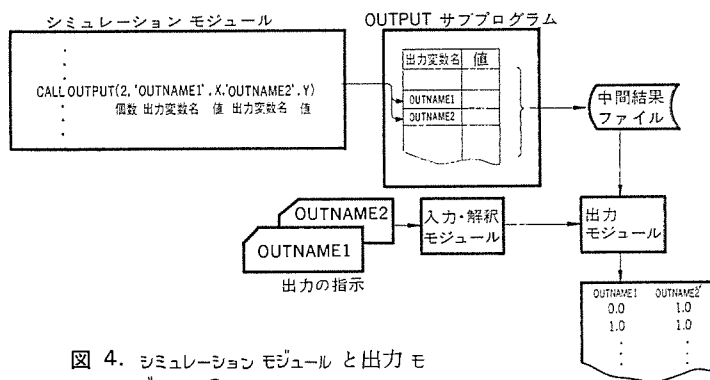


図 4. シミュレーション モジュール と出力モジュールのインタフェース

図 2. における シミュレーション モジュール と他の各 モジュール 間のデータのやりとりを サブプログラム を通じて行う方式にしている。ここで特徴的なことは、これらの各 サブプログラム が各変数の管理を行うために、各入力変数、出力変数、積分変数に名前をつけている点である。このしくみを出力変数を例にとって図 4. に示す。同図では、OUTPUT サブプログラム を通じて、シミュレーション モジュール から出力 モジュール にデータがうけわたされている。

#### 4. 入出力データ

SIPT はその操作性に注意を払っており、データにより種々の制御が可能である。また、入力形式をフリーフォーマット（データの各要素をコマンドで区切れればどの欄から書いてもよい形式）としてユーザの便宜をはかっている。入力データは4種類のセクションとランコマンドによって構成する。

- (1) 衛星セクション……制御論理、姿勢センサなどのユニットに固有なパラメータ、軌道条件及び衛星固有のパラメータ等の値を指示する。
- (2) モードセクション……シミュレーションのモード（連続、単独、1軸、テスト）、制御モード及び使用する制御論理などのユニット名を指示する。
- (3) シミュレーション制御セクション……シミュレーションの開始と終了の時刻、数値積分の刻み幅、出力に関する指示を記述する。
- (4) データセクション……衛星セクションとシミュレーション制御セクション内のパラメータは変数で与えることができ、その場合はこのセクションで

実際の数値を代入する。

(5) ランコマンド……このコマンドを読込むと、上の4つのセクションで与えたデータをもとにシミュレーションが始まる。

SIPTでは、入力したデータはシミュレーション中も常に保持されており、各セクションの変更部分とランコマンドの組を必要な回数繰り返すことによって、1回のジョブで何回ものシミュレーションができる。データの入力例を図5.に示す。

一般にシミュレーション結果の出力は大量にわたるため、出力に何らかの工夫が必要である。通常、数値出力、カーブプロット出力だけではなくXYプロット図がよく利用されているが、これに対しては、図が手に入るまでに時間がかかる、望んだ部分のカーブが細かく描かれていない等の不満があった。SIPTではこれらの不満を解消するためにグラフィックディスプレイを使用して、シミュレーション実行中にグラフを見てそのスケール変更、プロット出力の指示等を行うことを可能にした。

出力に関する細かい制御は、シミュレーション制御セクション内で行う。その操作は、以下に述べるパラメータを指示することによって行う。

- (1) NAME パラメータ……出力変数名の指示。
- (2) STEP パラメータ……出力タイミングの指示。何ステップに1回出力するかを指示する。
- (3) TIME パラメータ……出力タイミングの指示。何秒ごとに1回出力

| BIAS-MOMENTUM CONTROL                                 |  | コメント            |
|---|--|-----------------|
| ISATELLITE  |  |                 |
| ORBIT   | ORBITMO=(7270.142, 0, 45, 0, 0, 0, 1)          |                 |
| EULER   | EULERO=(-0.3, 0, 0, 2)                         |                 |
| EARTH   | SAMPLT=1.0, TAU=TAUE, J                        |                 |
| CHARACT   | CHARACT=(70.0, -2.0, -33.0, -25.0, ...)        | 衛星セクション         |
| BIASC   | TAUC=(11, 1), DEAD=(10.2, 0.5), MISSR          |                 |
| TRSTATYP  | ARM=(0, 1, 0), CHARACTT=1.0, CHARACTF=PY       |                 |
| TRSTATYM  | ARM=(0, -1, 0), CHARACTT=1.0, CHARACTF=PY      |                 |
| TRSTOPFH  | ARM=(CA, 0, 5A), CHARACTT=1.0, CHARACTF=PF     |                 |
| TRSTOPFF  | ARM=(MCA, 0, 5A), CHARACTT=1.0, CHARACTF=PF    |                 |
| WHEELY  | ACTURP=(2, 0, 0, 0.02, 0.1), TORQO=(0, 0), ... |                 |
| MARCI   | IONED, IOPF=100000, WHEEL=-3000                |                 |
| BODY  | MOI=190, 0, 0, 117, 0, 1551, DYNAMO=...        |                 |
| END   |  |                 |
| MODE  | SINGLE   | モードセクション        |
| NOHBA   | BIASC  |                 |
| END   |  |                 |
| ISIMULATION   |  |                 |
| TIME  | 0.0, TEND                                      |                 |
| STEP  | DT   |                 |
| N, BTRST  | NAME=(BTRSTUP, BTRSTAP, BTRSTOF)               | シミュレーション制御セクション |
| G, BODYV  | NAME=(BODYVX, BODYVY, BODYVZ), STEP=5          |                 |
| G, G1   | NAME=(EUL-PHI2, EUL-PSI2), TPLOT=0, 1          |                 |
| LP  | BTRST, BODYV                                   |                 |
| XY, PLOT1   | G1   |                 |
| GO  | PLOT1  |                 |
| END   |  |                 |
| DATA  |  | データセクション        |
| TEND=5000.0, DT=5.0, TAUE=0, T1=0, FY=0.62787, FE=... |  |                 |
| END   |  |                 |
| RUN   | BIAS-MOMENTUM CONTROL (LONG TERM) (CASE 2.2)   | ランコマンド          |
| DATA  |  |                 |
| TEND=1000.0, DT=1.0                                   |  | 2回目のケース         |
| END   |  |                 |
| RUN   | BIAS-MOMENTUM CONTROL (LONG TERM) (CASE 2.3)   |                 |

図5. 入力の例

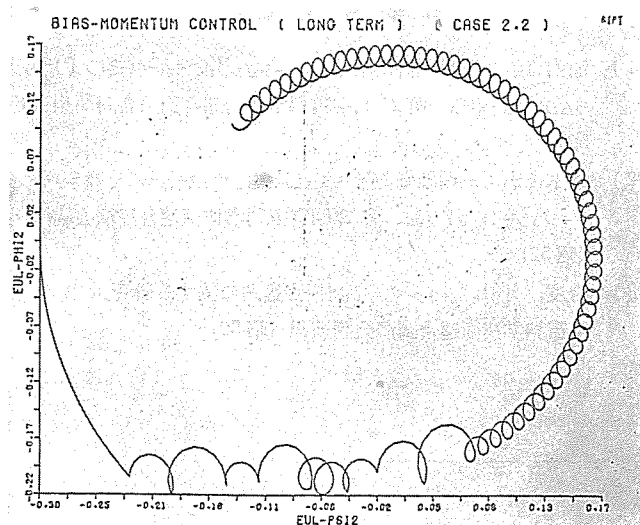


図6. XYプロット出力の例

するかを指示する。

(4) SCALE パラメータ……各出力変数のスケリング(表現する範囲の下限値及び上限値)の指示を行う。

(5) TSCALE パラメータ……時間軸のスケリングの指示。

(6) XSCALE パラメータ……位相面を描く時のX軸の変数名及びスケリングの指示。

(7) YSCALE パラメータ……同上(Y軸)

(8) TPLOT パラメータ……位相面を描く際の時刻表示のタイミングの指示。

(9) FORMAT パラメータ……数値出力におけるフォーマットの指示。(E又はFタイプ)

XYプロットによる出力例(位相面書き)を図6.に示す。この例は図5.の入力データ例に対応している。

## 5. シミュレーション例

SIPTを用いてシミュレーションを行った結果の数例につき、以下に説明する。

図7., 図8. はヨー捕捉モードのシミュレーション結果の例である。図7. は上図から順にそれぞれロール角、ピッチ角、ヨー角を示し、図8. は上図から順にそれぞれロールスラスト、ピッチスラスト、ヨースラストの駆動信号を示す。時間軸の単位は秒である。約50°近いヨー角の初期誤差がスラスト噴射により修正されていく様子がよく示されている。

図9. は3つのリアクションホイールを有するゼロモーメントアナログ方式三軸制御衛星の定常モードにおけるシミュレーションの1例である。ロール角、ピッチ角、ヨー角がおのおの1°の初期誤差を有する状態から姿勢が修正されていく様子を示している。同図において、上図は地球センサロール信号と衛星ロール角(deg)、中図は地球センサピッチ信号と衛星ピッチ角(deg)、下図は衛星ヨー角(deg)である。地球センサ信号が滑らかでないのは地球センサモデルがランダムノイズと1秒間のホールド回路を含むためである。

図10. は高度1,000 km、傾角45°の円軌道上にあるパイアスモーメント型三軸制御衛星に作用する外乱トルクを出力したものである。同図において、上図は太陽圧トルクの衛星3軸まわりの成分(Nm)で、大きさが軌道周期的に変化し、中途から地球の陰に入り出力が0となっているのが分かる。中図は重力傾度トルクの3成分(Nm)で、

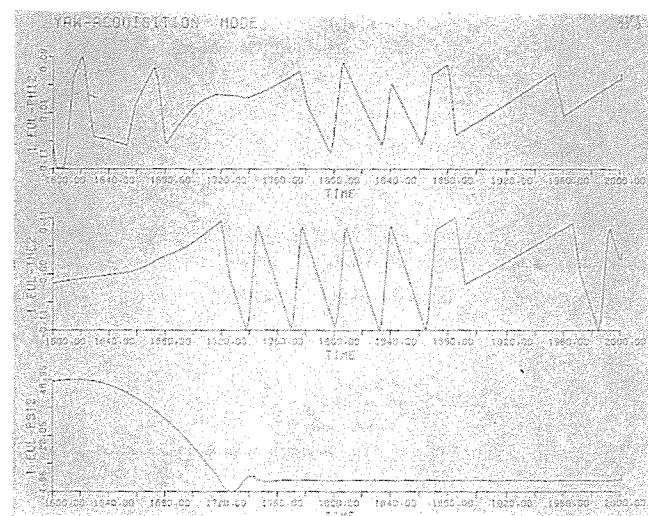


図7. ヨー捕捉モードにおける姿勢変化

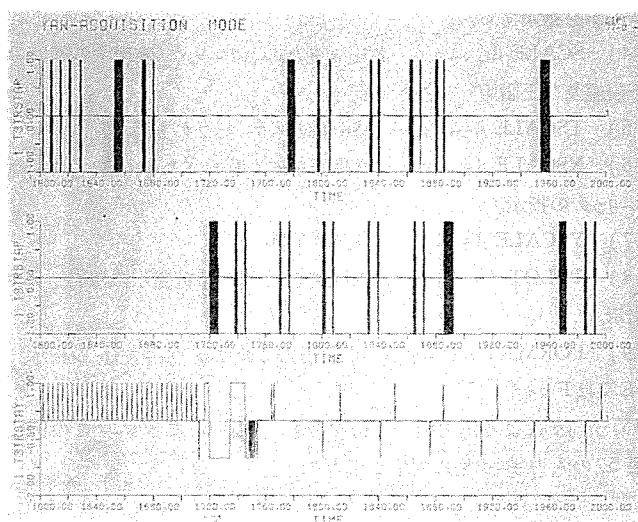


図 8. ヨー 捕捉モードにおける3軸スラスト駆動信号

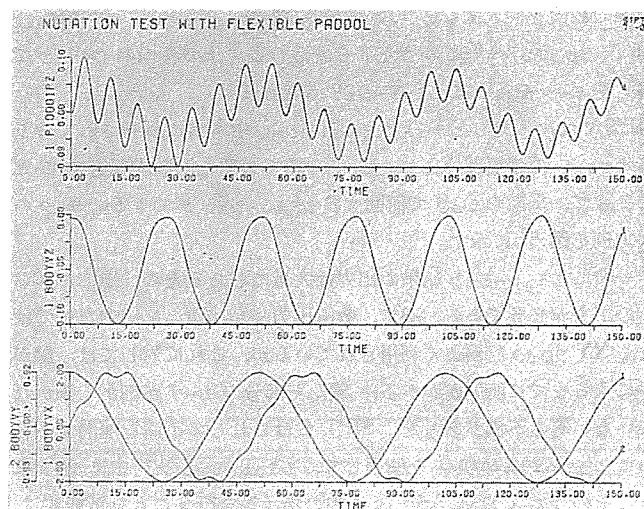


図 11. フレキシブルパドルのニュートーションによる振動

中途から大きく振動しているのは、オフセットスラスト噴射により生じたニュートーションのためである。下図は残留磁気トルクの3成分(Nm)である。

図 11. はフレキシブルパドルを有するバイアスモーメント型三軸制御衛星が、ニュートーションにより振動している様子を示したシミュレーションの例である。同図において、上図はパドル先端の変位(m)、中図は衛星Z軸まわりの角速度(deg/s)、下図は衛星のX軸及びY軸まわりの角速度(deg/s)を示す。ニュートーションによりパドルが加振されている様子が示されている。

## 6. む す び

三軸制御衛星シミュレーションプログラム SIPT につきその概要を述べた。入出力、積分の方法、プログラムの階層化、ダイナミクス・オイラー部の構成法、汎用的な下位機能ルーチン等、このプログラムには著者らが今までに開発してきたシミュレーション技術の粋を集成している。これらの技術は今後の三軸制御衛星はもとより、他の種類の人工衛星や広く一般の制御系のシミュレーションにも大いに貢献できると思う。このプログラムを開発するにあたり、いろいろ貴重な助言をいただいた航空宇宙技術研究所宇宙グループ、宇宙開発事業団の関係者に深謝致します。

## 参 考 文 献

- (1) 池内ほか：三軸制御衛星シミュレーションプログラム—(その1)プログラムシステム構成，第21回宇宙科学技術連合講演会講演集(昭52)
- (2) 鈴木ほか：三軸制御衛星シミュレーションプログラム—(その2)シミュレーションモデル設定法，第21回宇宙科学技術連合講演会講演集(昭52)
- (3) 今度，小山：オイラー角の特異点処理に関する研究，第21回宇宙科学技術連合講演会講演集(昭52)

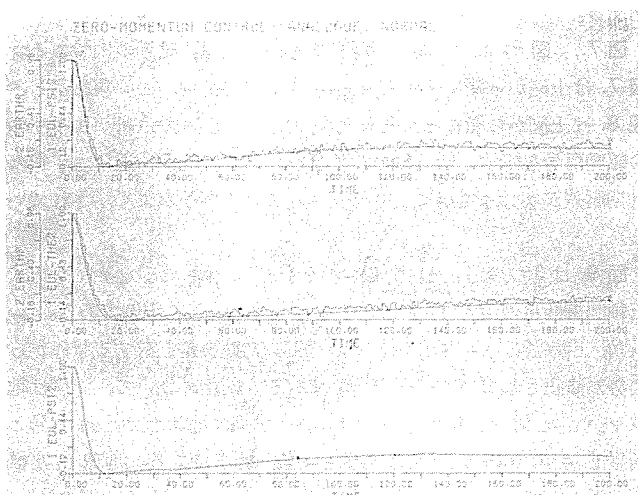


図 9. ゼロモーメントアナログ制御方式における姿勢変化

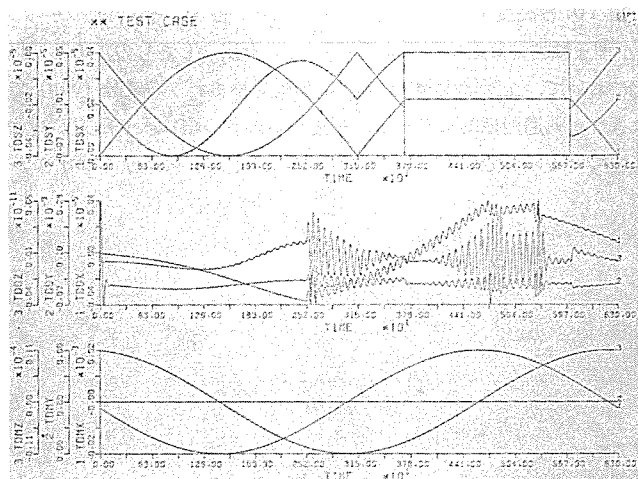


図 10. 外乱トルクの変化

# 大阪府水道部村野浄水場納め送水系統運用システム

坂口 功\*・宮武 努\*・中堀 一郎\*\*・高橋 正夫\*\*\*・小沢純一郎†

## 1. ま え が き

送水系統において、各需要家に良質の水を安定して供給することは重要な業務である。特に、広域に広がる貯水池、ポンプ場を持つ大規模送水系統においては、上記の業務を満たすため、送水施設全体の効率的運用を図ることが必要とされている。ここで述べる送水系統最適運用システムには、各貯水池\*、ポンプ場のデータを収集、整理し、CRTを用いて簡潔に表示するとともに、送水系統全体の安全、高信頼性及び経済性を満足させる運用計画、並びに操作時の水位予測の機能を付加した。

以下に、大阪府水道部村野浄水場送水管理センターに適用したこのシステムを紹介する。

## 2. 大阪府水道部送水系統の概要

大阪府水道部送水系統に含まれる貯水池、ポンプ場の内、系統運用上重要と考えられるものについて、その構成図を図1に示す。図において、貯水池、ポンプ場、及び収約需要点（給水市町村28市7町）は、それぞれ10、8及び8点あり、これが直列的に接続されていることが分かる。なお、ここで、ポンプ場の運用はすべてポンプ台数制御されている。四条畷、藤井寺の貯水池、ポンプ場は夏期のみ運用されている。

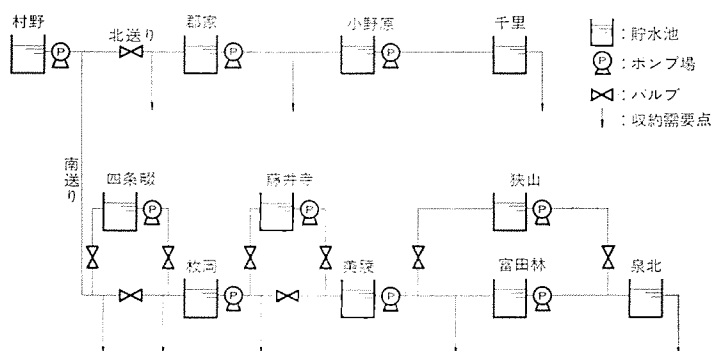


図1. 大阪府水道部村野系送水系統図

## 3. 送水系統最適運用システムの機能

図1に示した大阪府水道部送水系統は、南北延長約80kmに広がっている。このような大規模送水系統においては、各施設の状態を常時監視するため、そのデータを正確に中央の送水管理センターに送らなければならない。更に、このデータは、目的に沿って整理編集され、送水系統全体の効率運用のために活用されることが望ましい。

以上の観点より、このシステムには次に述べる諸機能を持たせた。

### (1) 各種データ収集

送水系統全体の安全かつ円滑な運用を助けるため貯水池水位、ポンプ

流量等の基礎データをテレメータにより収集し、計算機に蓄える。

### (2) 各種データの編集

収集されたデータを、積算電力・貯水池水位・送水圧力・送水量・需要量等の日報作成、貯水池水位・ポンプ流量・需要量等のトレンド表示、及びスケルトン表示のために整理、編集する。

### (3) 各種データの印字・表示

上記(2)の目的に沿って編集されたデータを、ラインプリンタ・タイプライタに印字し、更に、運用計画に特に重要な貯水池水位・ポンプ流量・需要量をCRTディスプレイ装置（以下CRTと呼ぶ）に表示する。

### (4) 計画ポンプ流量の決定と表示

貯水池水位データ、及び総需要量の予測値を基に、翌日の全ポンプ場の計画ポンプ流量を決定し、計画貯水池水位、及び計画需要量とともにその結果をタイプライタ、及びCRTに出力する。

### (5) ポンプ流量変更時の貯水池水位の予測と表示

オペレータがポンプを操作するとき、それに伴う貯水池の水位を計算により予測し、オペレータに提供する。

ここでは、(1)～(3)の内容については省略し、(4)、(5)の内容について概略を説明する。

## 4. 計画ポンプ流量並びに予測水位

### 4.1 計画ポンプ流量の決定

前述したように、送水系統においては、各需要家に良質な水を安定して供給するため、安全性、信頼性及び経済性に十分配慮して、ポンプ場と貯水池を運用することが必要である。従来、これらの目的を実現するため、数値計画法の適用や経験手法のプログラム化が試みられてきたが、実用化にはまだまだ問題が残されていた。筆者らは、この問題を線形整数計画法の形に定式化し、分岐限界法を適用して求解することにより、高速かつ確実に解を得る手法を開発した<sup>(1)</sup>。このシステムでは、翌日の全ポンプ場での計画ポンプ流量を定めるため、この手法を利用した。以下にこの手法の概要を示す。

#### 4.1.1 問題の記述

##### (1) 制約条件

いまポンプの切替時刻があらかじめ定められているとする。切替時刻 $k$ における貯水池 $i$ の水位 $r_i(k)$ とポンプ流量ベクトル $P(k)$ 及び需要量 $d_i(k)$ との間には、次の流量保存則が成立する。

$$z_i\{r_i(k+1) - r_i(k)\} = f_i P(k) - d_i(k) \quad (1)$$

ここに、 $z_i$ は貯水池面積、 $f_i$ は送水系統における貯水池-ポンプ接続ベクトルである。一方、貯水池水位及びポンプ流量には、施設に関する制約として次のように上下限値が決められている。

$$r_i \min \leq r_i(k) \leq r_i \max \quad (2)$$

$$p_i \min \leq p_i(k) \leq p_i \max \quad (3)$$

更に、ポンプが台数制御されているので、ポンプ流量が所与の流量（離散値）をとらねばならない。

すなわち、式(1)～式(3)並びにポンプ流量が離散値しかとりえないということが、制約条件である。

\* 貯水池とは、調整池及び配水池をいう。



$$J = - \sum_i \sum_k w_{1i}(k) p_i(k) + \sum_i \sum_k w_{2i}(k) |p_i(k) - p_i(k-1)| \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(4)において、右辺第1項は、貯水池に水を蓄える目的、第2項は、ポンプ流量段階の変更を少なくする目的をそれぞれ表している。ここで、 $w_{1i}(k)$  及び  $w_{2i}(k)$  は、重み係数である。

### (3) 問題の解法

制約が、式(1)～式(3)及びポンプ流量の離散値条件で、目的が式(4)で表されるので、この問題は線形整数計画問題となり、分岐限界法を適用して解くことができる。分岐限界法では、最初ポンプ流量の離散値条件を除去して問題を解き、その求めた解を基に順次離散値条件を不等式条件(式(3))の形で付加していく。ここで逐次形成される問題は線形計画問題であり、この解は感度解析手法により容易に求められる。

以上の手法により、計画ポンプ流量が求められる。

### 4.2 ポンプ流量変更時の貯水池水位の予測

計画ポンプ流量により、オペレータがポンプ流量を設定しても、需要予測が実際の需要と異なれば、計画ポンプ流量を変更する必要がある。このため、ポンプ流量を変更した場合、送水系統内の貯水池の2～3時間先までの水位を、式(1)により求める。

この結果により、貯水池水位が上下限水位を越えないようなポンプ流量を、オペレータが試行錯誤的に決定することができる。なお、この操作は今後オペレータを介さず、計算機に行わせることも可能である。

以上述べた諸機能とシステム全体構成との関係を図2.に示す。なお、図では既設の設備(斜線入り)と、今回新たに納入した設備とを区別して示した。

## 5. 送水系統最適運用システムのH/W構成機器

前章で述べた機能を満たすための構成機器を以下に示す。

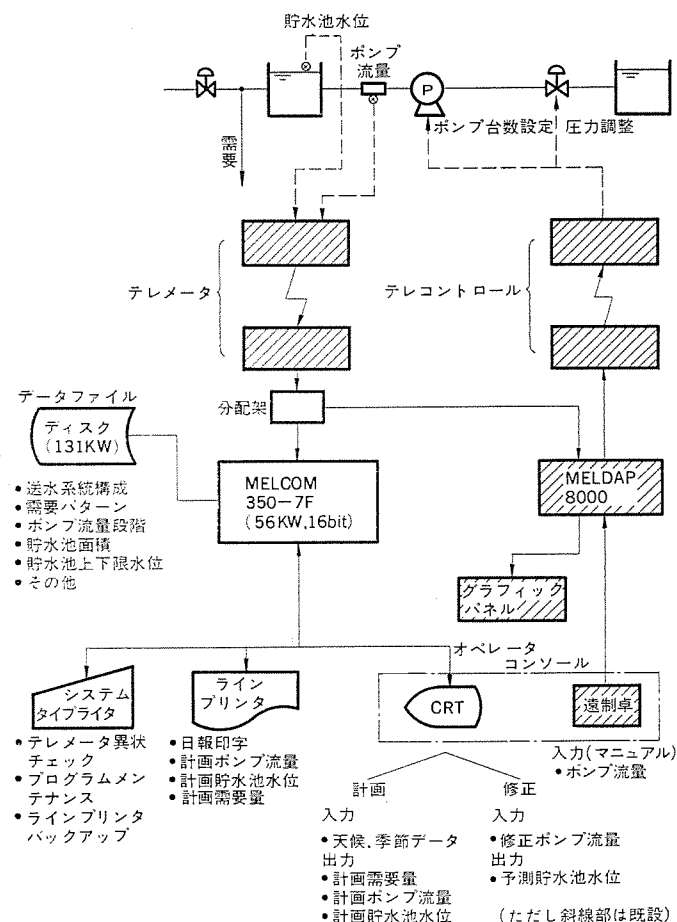
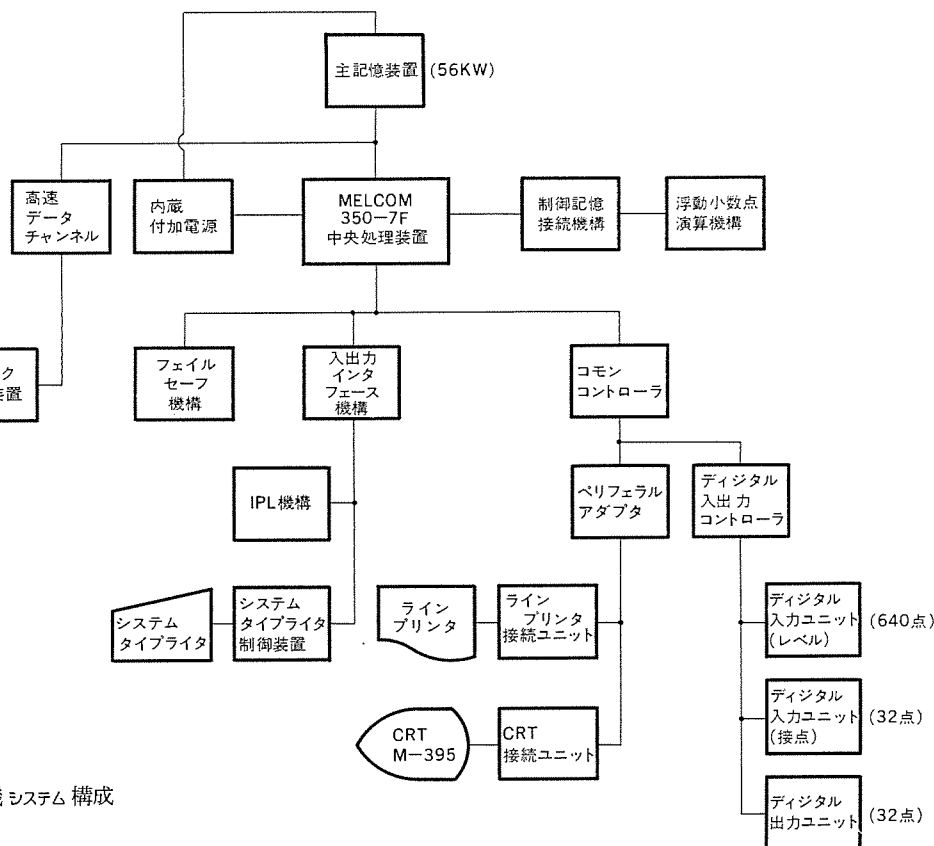


図2. システム全体構成とその機能

### (2) 目的関数

ポンプが台数制御されている場合には、ポンプ流量があらかじめ与えられた離散値をとれば、ポンプ運転コストは最小になっているので、経済性の条件は目的関数に入れる必要がない<sup>(2)</sup>。したがって、ここでは信頼性向上の点よりなるべく貯水池に水を蓄えること、及び維持管理上よりなるべくポンプ流量段階の変更が少ないことを、送水系統運用の目的と考える。これにより、目的関数を式(4)の線形式で表す。

図3. 計算機システム構成



計算機《MELCOM》350-7F (主記憶装置 56kW)  
 補助記憶装置 (DISK) 131kW  
 プロセス入出力装置 (P-I/O)  
     デジタル入力 (レベル) 640点  
     デジタル入力 (接点) 32点  
     デジタル出力 (接点) 32点  
 ラインプリンタ (LP)  
 システムタイプライタ (STW)  
 CRT (M-395)  
 各機器の構成を図3.に示す。

## 6. マンマシンインタフェース機能

オペレータとこの最適運用システムとのインタフェースは、主としてCRTで行っている。CRTの入出力機能は、図4.の機能選択画面に示すように大別して、以下のようなものである。

- (1) 計画値、実績値のトレンドグラフ表示機能
  - (2) 計画値、実績値のスケルトン画面による表示機能
  - (3) ポンプ設定値の変更並びに貯水池の予測水位の表示機能
  - (4) 計画ポンプ流量決定プログラムのインタフェース機能
  - (5) 日報・日誌のデマンド・ロギング機能
- (1), (2)項いずれの機能も、各ポンプ場の需要量 (WATER DEMAND),

ポンプ流量 (PUMP OUT FLOW), 貯水池水位 (WATER LEVEL) に関するもので、上記の(1)項が図4.のNo. 01~03に、(2)項がNo. 04~06に該当する。No. 01~03のいずれかを選択すると、はじめにポンプ場の選択画面が表示され、この画面中より所望のポンプ場を選択することにより、該当のトレンドグラフが表示される。図5.は、小野原一千里間の需要量の計画値を1時間ごとの階段状の離散値で24時間分、また表示リクエストのあった時点までの実績値を同様に、離散値でCRTのトレンドグラフメモリ経由で表示している。縦軸は、需要量をTON/HRで表し、横軸は、時間のスケールを表す。このシステムのCRTは縦軸が200ドット、横軸が256ドットの分解能でプロットされ、実績値は7.5分間隔程度に収集されている。図6.は、郡家ポンプ場の冬期でのポンプ流量のトレンドグラフ表示で、計画値が6時間ごとのステップ値で表示されていることが分かる。オペレータは、基本的にはこの画面に表示される計画値をポンプの設定値として運転することにより、送水システムを有効に運用することになる。画面上には、また上限値を併せて表示させ運転の安全を図っている。図7.は、泉北貯水池の水位のトレンドグラフ表示で、上上、上、下、及び下下限値を色を変えた横線で、また貯水池の容量を数字で併せて表示させている。図8.には、大阪府水道部村野系統の主要ポンプ場のスケルトンが表示されている。同図には、各ポンプ場名が系統電話番号とともに表示され、計画値及び表示リクエスト

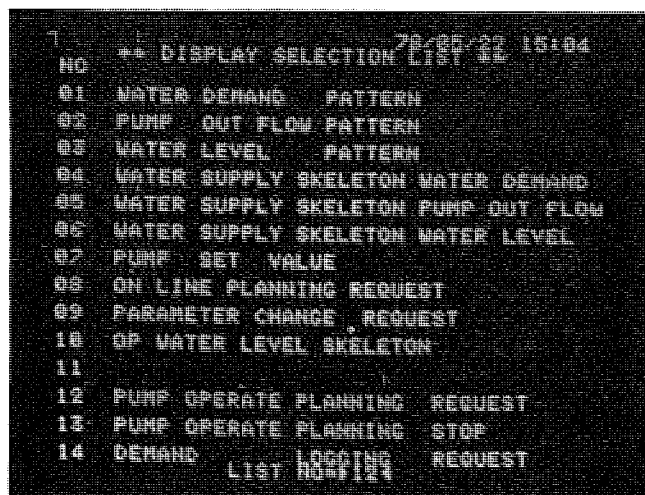


図4. 機能選択画面

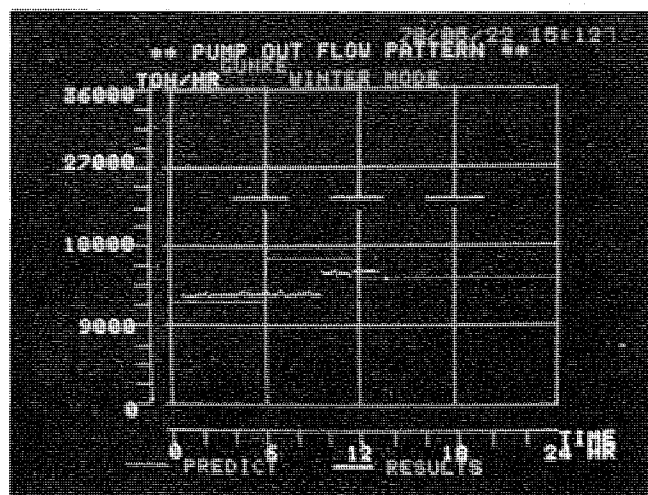


図6. ポンプ流量トレンドグラフ

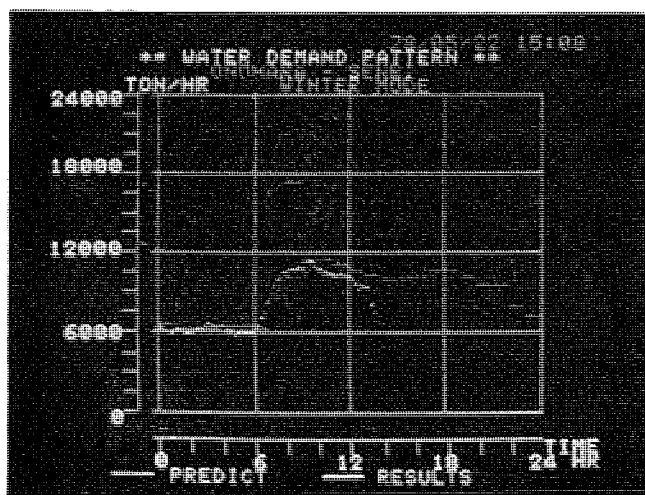


図5. 需要量のトレンドグラフ

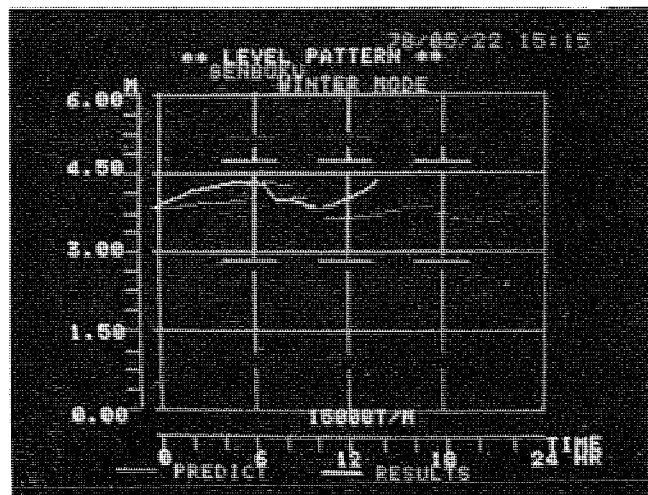


図7. 貯水池水位トレンドグラフ

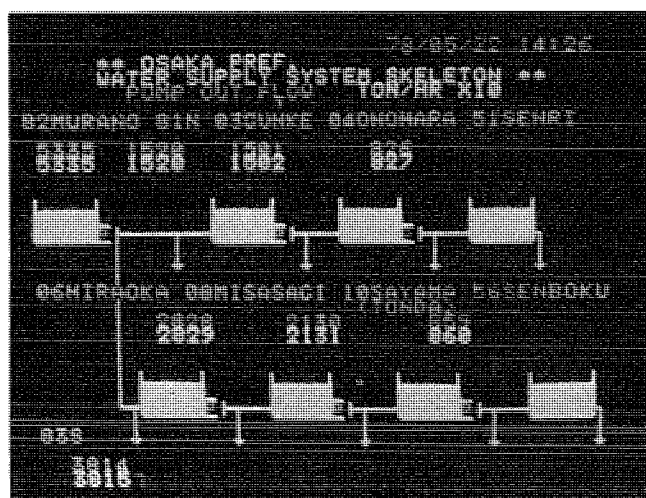


図 8. ポンプ流量のスケルトン

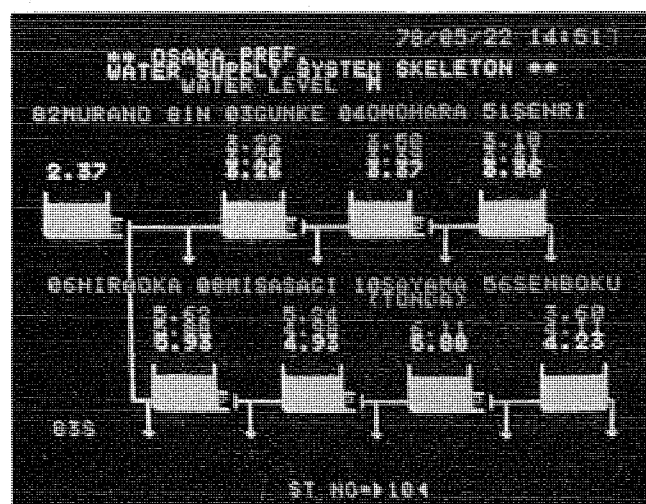


図 9. 貯水池水位 スケルトン

ト時の実績値が上下に重ねて表示されている。図 8. はポンプ流量、図 9. は貯水池の水位表示である。貯水池の水位に関しては、1 時間後と 2 時間後の予測値が数値表示されている。これらの画面で、オペレータは現時点での計画値、及び予測値と実績値との偏差を数値的には(把握し得るとともに、送水系統の該当ポンプ場の前後の貯水池水位を画面上に見ることができる。

次に図 8., 図 9. の画面では各値の上下限値を越えると色が変わって表示される。例えば図 9. の貯水池の水位スケルトンで、狭山ポンプ場(10)の 2 時間後の値 7.69 M が上限値をオーバーして赤色表示されているので、オペレータは、狭山ポンプ場(10)のポンプ設定値を上げることにより、狭山貯水池の水位を上限値以内に収めることができるはずと判断する。ここで、このポンプ設定値を変更したことに伴う貯水池の水位予測を行うことができる。まず図 9. により、該当のポンプステーション No. 10 を選択しておいて、図 4. NO. 07 PUMP SET VALVE の各ポンプ場のポンプ設定離散値テーブルによりポンプ設定値を選択する。ここで、貯水池水位予測プログラムに起動がかかり、狭山ポンプ場をはさんだ狭山と泉北の貯水池水位の予測画面図 10. が表示される。この両面には、ポンプ場をはさんだ 2 つの貯水池の

- (a) 現時点の水位
- (b) 前日に計算した該当時の計画値

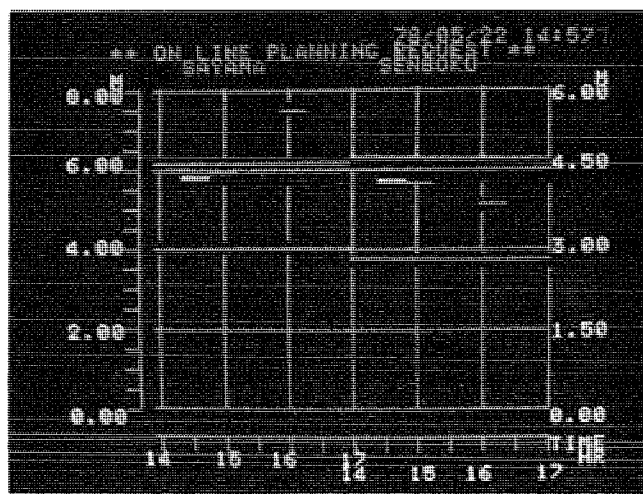


図 10. ポンプ場をはさんだ 2 つの貯水池の短期予測

- (c) ポンプを再設定する以前の 1 時間後、2 時間後の予測値
- (d) ポンプを再設定した時の 2 時間後、3 時間後の予測値
- (e) 上、下限値

が表示される。オペレータは、この操作を繰り返し行うことにより、ポンプの好ましい設定値を求め、併せて(1), (2) 項の機能を生かし、送水系統の有効な運用を行うことができる。

計画ポンプ流量決定プログラムのインタフェース機能としては、前日の実績値より計算した送水系統の予測総需要量の修正機能、天候、休日、季節による係数の入力機能、更に計画プログラムの各種重み係数の変更機能を有する。

CRT 機能としては、更に全ポンプ場の日報・日誌のデマンド機能、大阪湾の海水レベルを基準とした全貯水池の水位スケルトン、計画ポンプ流量決定プログラムの任意時刻でのデマンド、ストップ、キャンセル機能等を有する。

## 7. む す び

以上、大阪府水道部に設置した送水系統最適運用システムを紹介した。このシステムは、大規模送水系統の安全性、信頼性及び経済性を高めることを目指しており、広域化されつつある送水系統に対して有効なものと考えられる。今後更にシステムモデルの精密化と予測手法の高精度化等を行い、システムを充実させていくつもりである。更に現在、マニュアルで行われているポンプ流量の変更は、オンライン制御で行うことも試みたいと考えている。

最後に、このシステムの作成に当たり、種々のご指導とご援助をいただいた関係各位に対し、厚く感謝の意を表するとともに、今後更に一層のご指導をお願いする次第である。

## 参 考 文 献

- (1) I. Sakaguchi, I. Nakahori, J. Ozawa : An Optimum Operation of Pump and Reservoir in Water Supply System, 8th IFIP Conference on Optimization Techniques.
- (2) 坂口, 宮武, 中堀, 小沢 : 大規模送水系統におけるポンプ台数制御法, 第 29 回全国水道研究発表会講演集

### MICAM-VAR形三相力率自動調整装置／VC-A600形低圧真空電磁接触器

三菱電機は、力率改善用コンデンサ設備の最適制御を実現する新製品、MICAM-VAR形三相力率自動調整装置とVC-A600形低圧真空電磁接触器を発売しました。

現在、一般的に使用されている進相コンデンサによる力率改善は

- 電気料金の力率割引が適用される。
  - 線電流を軽減し、電力損失を小さくする。
  - 電流軽減により設備容量に余裕ができる。
  - 安定した電圧・波形が維持でき、機器の寿命が伸ばせる。
- などの利点がありますが、逆に負荷の変動により進み力率となる危険性もありました。

MICAM-VAR形はコンデンサ設備の開閉器を制御し、自動的に最適力率を実現します。また、VC-A600形はコンデンサ負荷の制御に最適な開閉器として、高い信頼性を発揮します。

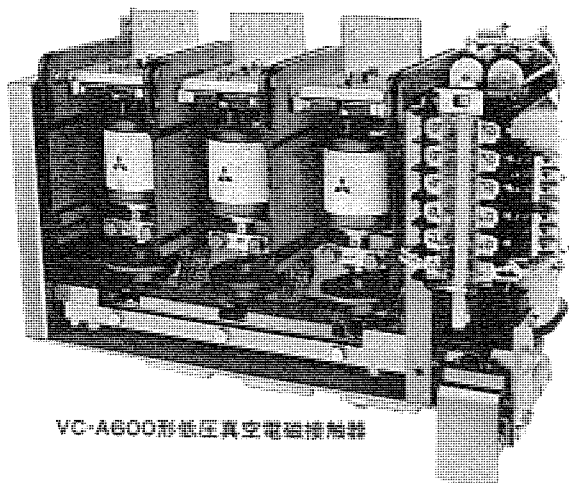
#### ■特長

##### ■MICAM-VAR形三相力率自動調整装置

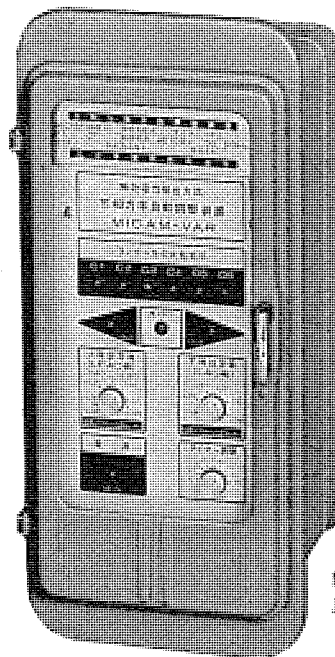
- 無効電力を検出して合理的に力率を制御します。
- コンデンサの投入・しゃ断状態が出力表示灯によりひと目でわかります。
- 6群までのコンデンサを高精度に制御でき、順序動作により動作ひん度の均一化が図れます。
- ICの使用により小形、また半埋込み形で取付け・配線が容易です。
- タイマー付きで、瞬時の負荷変動などによる不要動作を防ぎます。

##### ■VC-A600形低圧真空電磁接触器

- 無再点弧のしゃ断特性であるため、コンデンサの開閉に安心して使用できます。
- 長寿命で、高ひん繁度開閉の使用ができます。
- AC1,500V、750Aまでの適用が可能です。
- 真空スイッチ管・電磁コイルなどの交換、接点の消耗量の点検が前面から容易にできます。
- 電磁コイルは常時励磁式、瞬時励磁式の二方式をそろえ、MICAM-VAR形との動作の協調がとれます。



VC-A600形低圧真空電磁接触器



MICAM-VAR形  
三相力率自動調整装置

#### 仕様

##### ■MICAM-VAR形三相力率自動調整装置

|                             |                           |                         |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 入 力 定 格                     | PT                        | AC110V 3.5VA 50/60Hz    |
|                             | CT                        | AC 5A 1.5VA 50/60Hz     |
| 無効電力制御設定範囲<br>(PT・CT二次側換算値) | 上限値                       | lead125Var～0～log 125Var |
|                             | 下限値                       | 0～log 250Var            |
| 最小制御設定幅                     | 各群の電力用コンデンサのうち最大容量×1.2    |                         |
| タイマー設定範囲                    | 10～90秒または1～9分             |                         |
| 接点出力方式                      | サイクリック瞬時励磁式 接点メイク時間0.5～1秒 |                         |
| 接点容量                        | AC-200V 15A DC110V 10A    |                         |
| 耐電圧                         | AC-1,500V 1分間             |                         |
| 重量 (kg)                     | 7                         |                         |
| 外形寸法 (mm)                   | 170(幅)×380(高さ)×191(奥行)    |                         |

##### ■VC-A600形低圧真空電磁接触器

|              |                               |        |                        |       |
|--------------|-------------------------------|--------|------------------------|-------|
| 定 格 絶 縁 電 圧  |                               |        | 3φ、1,500V、50／60Hz      |       |
| 定 格 使 用 電 圧  |                               |        | 3φ、1,500V、50／60Hz      |       |
| 定 格 使 用 電 流  |                               |        | 600A                   |       |
| 定 格 通 電 電 流  |                               |        | 750A                   |       |
| 最大適用容量       | 三 相<br>電 動 機<br>〔kW〕<br>(A)   | 220V   | 150                    | (600) |
|              |                               | 440V   | 300                    | (600) |
|              |                               | 550V   | 350                    | (600) |
|              | 三 相<br>コンデンサー<br>〔kVA〕<br>(A) | 1,000V | 550                    | (400) |
|              |                               | 220V   | 200                    | (600) |
|              |                               | 440V   | 400                    | (600) |
|              |                               | 550V   | 500                    | (600) |
|              |                               | 1,000V | 860                    | (500) |
| しゃ断・閉路容量     |                               |        | 3φ、600V、6,000A         |       |
| 開 閉 ひ ん 繁 度  |                               |        | 1,200回／時               |       |
| 寿 命          | 機 械 的                         |        | 250万回                  |       |
|              | 電 気 的                         |        | 50万回                   |       |
| 適 合 規 格      |                               |        | JEM-1038               |       |
| 補 助 接 点 数    |                               |        | 3a2b                   |       |
| 操 作 電 磁 石    |                               |        | 直流操作(節約抵抗付)            |       |
| 重 量 (kg)     |                               |        | 28                     |       |
| 外 形 寸 法 (mm) |                               |        | 515(幅)×364(高さ)×235(奥行) |       |
| 応 用 品        |                               |        | ラッチ式、可逆式、整流器付、サージ吸収器付  |       |

## 三菱炊飯トースターBO-700形

三菱電機は、おいしいトーストが焼けて、また、少量のご飯もおいしく炊けるという便利な“炊飯トースター”を開発しました。この製品はオーブン内のヒーターが6段階にスライド調節でき、料理の種類にあわせて最適の加熱条件で調理ができます。

炊飯のときは、カマドと同じ炊飯原理でお米全体を強い熱でつつみ炊飯します。またトーストのときは、パンの厚さにあわせてヒーター高さが選べ、短時間で水分を逃がさずふっくらとしたおいしいトーストが焼けます。さらに、この他にもいろいろな料理がおいしく上手にできます。

### 特長

- 上ヒーターが6段階に上下できます。輻射熱の強弱をつける効果と、庫内の広さを調節して立上り温度を早め、調理のスピードアップをはかる働きがあります。
- 炊飯は上400W・下400Wのヒーターでホーロー製炊飯容器全体を強い熱でつつむ、全面加熱方式です。炊飯後のむらしは、庫内の余熱と炊飯容器・受皿で温度を保ちながらむらします。これを強制むらしといい、おいしいご飯を炊き上げる秘決です。
- 調理切換レバーで炊飯↔オーブントースターに切換ができ、調理タイマーはひとつで炊飯用とオーブントースター用のふたつの使い方ができます。炊飯のときは炊きあがりむらし完了をチャイムがお知らせします。
- ヒーター高さを合わせやすくするため、ヒーター高さ調節ツマミは大きな動きで各目盛ごとに正確に停止します。表示はわかりやすい拡大目盛です。
- ポピュラーな料理がひと目でわかるメニュープレートを前面に表示し使いやすくしました。
- お手入れのしやすい取り外し式焼あみと、コード収納が便利な手巻き式コードリールを採用しました。



### 仕様

| 消費電力     | 100V 800W                                     |
|----------|---|
| ヒーター     | セラミックスヒーター：上400W(200W×2本)スライド式／下400W(200W×2本) |
| 調理タイマー   | 15分調理タイマー+15分むらしタイマー                          |
| コード(m)   | 1.5(コードリールつき)                                 |
| 外形寸法(mm) | 幅：391<br>奥行：252<br>高さ：260                     |
| 重量(kg)   | 5.1(本体のみ)                                     |
| 付属品      | 炊飯容器・フタ・受皿・計量カップ<br>持ち手・しゃもじ                  |
| 本体色      | グリーン・オレンジ・ホワイト                                |

| 登録番号    | 名 称                  | 考 案 者                   | 登録番号    | 名 称              | 考 案 者              |
|---------|----------------------|-------------------------|---------|------------------|--------------------|
| 1146257 | 浮遊防材繰出し兼巻取り装置        | {木名瀬武男・猪熊章<br>矢野勇       | 1148407 | 温度制御回路           | {富山勝己・藤井学<br>曾根原邦明 |
| 1146258 | 非常弁                  | 酒井勝正                    | 1148408 | 樹脂封止半導体装置        | 松村宏・竹内正晴           |
| 1146259 | 歯車 クラッチ 機構           | {三輪一雄・平沢寿栄<br>堀秀基       | 1148409 | 電子線照射装置          | 上田和宏・小笠原信雄         |
| 1146260 | 円周自動溶接装置             | {三輪一雄・平沢寿栄<br>堀秀基       | 1148410 | 半導体装置            | 上田守                |
| 1146261 | 循環ろ過装置               | {板谷芳之・福田博人<br>伊藤義樹・山岸義正 | 1148411 | テレビジョン用カメラケース    | 松島純治               |
| 1146262 | 円周自動溶接装置             | {三輪一雄・堀秀基<br>平沢寿栄       | 1148412 | 冷凍装置のアクムレータ      | 南恒彦                |
| 1146263 | 逆止弁                  | 中島利夫                    | 1148413 | 誘導加熱におけるスラブ支持台   | 藤室雅司               |
| 1146264 | クラッチモータ              | 柴田隆夫                    | 1148414 | 線形粒子加速器用加速管      | {入江浩一・美濃和芳文<br>沢田進 |
| 1146265 | 同調指示回路               | 瀬辺国昭・高砂隼人               | 1148415 | テレビカメラ雲台の回転角表示装置 | 山際豊行・重森留幸          |
| 1146341 | 除霜装置                 | 丸山佳宏                    | 1148416 | 線材の結束機           | 中田省三               |
| 1146342 | 変圧器鉄心の固定装置           | 魚住幸男                    | 1148417 | 高周波加熱器           | 池田宏司               |
| 1146958 | 電気掃除機                | 武井久夫・加藤悟                | 1148418 | 冷却装置             | 田中修・福島満            |
| 1146959 | 導体支持装置               | 大齒又五郎                   | 1148419 | 冷暖房装置            | {田中修・福島満<br>村上政明   |
| 1148382 | 車両用電動発電機の励磁回路        | 猪崎国男                    | 1148420 | 冷却装置             | 明石克寛・田中修           |
| 1148383 | 高圧整流素子保持機構           | 佐藤忠雄                    | 1149261 | カム接触器の支持機構       | 長井成吉               |
| 1148384 | 鎖錠装置                 | 佐々木利彦                   | 1149262 | 電気ヘアーブラシ         | 川合輝一               |
| 1148385 | 押釦開閉器                | 飯田博・小平建夫                | 1149263 | 電気掃除機の塵処理装置      | 武井久夫・南日国伸          |
| 1148386 | 部品取付装置               | 池田紀吉                    | 1149596 | 自動進角装置           | 矢野悦治               |
| 1148387 | 回路しゃ断器の熱動引外し装置       | 原文吾・諏原日出夫               | 1149597 | 故障電流限流しゃ断装置      | 梶田保雄・丸地謙二          |
| 1148388 | 誘導負荷の制御装置            | 森川富夫                    | 1149598 | カム式リミットスイッチ装置    | 久保田寛               |
| 1148389 | 配線検査装置               | 大政久則・水谷安彦               | 1149599 | エレベータの気流整流装置     | 藤松高明               |
| 1148390 | 真空しゃ断器               | 牧田勇                     | 1149600 | マンコンベヤの手すり駆動装置   | 鬼頭勝己・石田松彦          |
| 1148391 | エレベータの吊り車装置          | 福嶋務・伊藤拓三                | 1149601 | 検知体              | 鷺津勝・牧野克己           |
| 1148392 | 配電盤の防塵装置             | 清水文隆                    | 1149602 | 自動車用排気ガス浄化装置     | 三木隆雄・浅山嘉明          |
| 1148393 | 電気車制御装置              | 芦谷正裕                    | 1149580 | 空気調和機            | 木戸斉・石野一夫           |
| 1148394 | 電磁制動装置の制動解除装置        | {田中常男・鎗水律夫<br>前田文生      | 1150366 | 原子炉用制御棒の分割駆動装置   | 入子輝夫               |
| 1148395 | 斜交貼り二重気密布製筒形気のう      | {猪熊章・稲葉稔<br>渡辺太郎        | 1150367 | 閉鎖配電盤            | 田中稔己               |
| 1148396 | 配電線を用いた信号伝送線の構造      | 山下弘・石坂充弘                | 1150368 | 高圧閉鎖配電盤          | 水溜和哉               |
| 1148397 | 制御用受信器               | 佐野重信・小林照明               | 1150369 | 機器ユニット引出装置       | {柳堀純一郎・一木博幸<br>柴信重 |
| 1148398 | 変圧器巻線                | 富樫義弘                    | 1150370 | 過励磁制限装置          | 山田勉                |
| 1148399 | 電子レンジのドアロック装置        | 鈴木正高                    | 1150371 | 表示装置             | 佐伯義行               |
| 1148400 | ふた固定装置               | 吉武邦俊                    | 1150372 | ビームリード半導体素子装着構造  | 八原俊彦               |
| 1148401 | 電子レンジの電波漏洩防止装置       | 鈴木正高・渡辺文久               | 1150373 | 励磁コイル制御装置        | 浅野哲正               |
| 1148402 | 渦電流ブレーキ              | 甘粕忠男・中尾憲                | 1150374 | 励磁コイル制御装置        | 浅野哲正               |
| 1148403 | 電子レンジの箱体             | 柴田実                     | 1150375 | 保温用カーテンの開閉装置     | 早川隆昭・三田村隆輝         |
| 1148404 | 電子線照射装置におけるスキャンナ取出装置 | 横山良夫                    | 1150376 | 高圧ガス液化ガス充填装置     | 安藤和恭               |
| 1148405 | 磁石発電機の電圧制御装置         | 多田靖夫                    | 1150377 | 引抜き形電力用しゃ断器      | 左中英夫               |
| 1148406 | 温度制御装置               | {中村富家・中野嘉博<br>高梨靖士・藤井学  | 1150378 | 天井パネルの吊具         | 閑歳弘通・鈴木実           |
|         |                      |                         | 1150379 | 電気機器の取付装置        | 木下克己・田中正幸          |
|         |                      |                         | 1150380 | 溶接機用変圧器          | 田尻浩己               |
|         |                      |                         | 1150381 | 段ボール梱包装置         | 八木文男・木村善昭          |
|         |                      |                         | 1150382 | 密閉形電動圧縮機         | 星野義明               |
|         |                      |                         | 1150383 | 可動盤の支持装置         | 佐藤一成               |
|         |                      |                         | 1150384 | 電気器具のプラグ         | 田山勇                |



| 登録番号    | 名 称           | 考 案 者                   | 登録番号    | 名 称            | 考 案 者               |
|---------|---------------|-------------------------|---------|----------------|---------------------|
| 1150385 | 電気部品の取付具      | 高橋克己・鈴木太八郎              | 1150405 | 光応動制御装置        | 神本明輝                |
| 1150386 | 物品検出装置        | 浅野哲正                    | 1151294 | 推力軸受           | 石井明                 |
| 1150387 | 回路しゃ断器の引外し装置  | {長谷川清博・飯尾司<br>樋田商事・近藤英雄 | 1151295 | サーキュレータ        | 中原昭次郎・川端俊一郎         |
| 1150388 | 密閉形電動圧縮機      | 大石善堂                    | 1151296 | 熱交換装置          | 野間口有・斉藤辰夫           |
| 1150389 | 往復形電動圧縮機      | 榎戸保                     | 1152804 | 換気扇のグリル着脱装置    | 釣巻英久・田口幹雄           |
| 1150390 | 圧力開閉器         | 川合輝一・小池利男               | 1152805 | 電気マッサージャー      | 川合輝一                |
| 1150391 | 曲管製造装置        | 上田時芳                    | 1152806 | エレベータ位置表示装置    | 大橋庄市                |
| 1150392 | 回転軸の連結装置      | 福吉拓雄                    | 1152807 | 磁気記録再生装置       | {大橋徳美・川辺貞信<br>大垣克一  |
| 1150393 | 密閉形電動圧縮機      | {田中満・大日方興信<br>星野義明      | 1152808 | 端子接続装置         | 川合輝一・小池利男           |
| 1150394 | グローランプソケットケース | 岩沢清                     | 1152809 | 回転速度検出装置       | 才田敏和                |
| 1150395 | トースター内筐       | 岡部勇                     | 1152810 | 内燃機関始動装置       | 平田毅・山根恒夫            |
| 1150396 | 小形圧縮機         | 新井毅博                    | 1152811 | 高周波焼入装置        | 利藤尚武                |
| 1150397 | 圧縮機の弁装置       | 杉本広志                    | 1152812 | たわみ継手          | 重浦淳一・忍正寿            |
| 1150398 | 回路しゃ断器の端子装置   | 中本勝博                    | 1152813 | 密閉燃焼式ガス器具      | 早崎実                 |
| 1150399 | 圧縮機           | 河村求                     | 1152814 | 空気調和機          | {鈴木太八郎・安藤正俊<br>高橋克己 |
| 1150400 | 密閉形圧縮機の給油装置   | 標博雄                     | 1152815 | 警報装置付スパイラルシュータ | {木名瀬武男・猪熊章<br>樋口昭義  |
| 1150401 | 自動溶接機         | 鵜飼順・杉山尚男                | 1152816 | サイリスタ保護回路      | 三浦守生                |
| 1150402 | 救命具投下台の押し出し装置 | 猪熊章・矢野勇                 | 1152817 | パルス波形分析装置      | 宇野沢譲                |
| 1150403 | 密閉形電動圧縮機      | {田中満・大日方興信<br>星野義明      | 1152818 | 音響機器の筐体        | 長友昭宏                |
| 1150404 | 枢用冷蔵庫         | 西沢敏造                    | 1152819 | 発電機の電圧調整装置     | 荒金堅次郎               |

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 52 No. 10 照明特集

特集論文

- 新しい三菱高演色性けい光ランプ
- 省電力けい光ランプ《ネオルミスーパーⅡ》
- 工場環境改善用照明器具《パワールミ》の開発
- 昼光利用照明システム
- HID ランプ用新電子放射物質の開発
- 高圧ナトリウム点灯条件の諸特性への影響

普通論文

- 《MELCOM》医療情報システム

- 電子機器実装のための定常熱解析シミュレータ“STAC”
- サイリスタレオナード方式《サイリスタグライド》ギャレスエレベータ
- プレス監視装置《プレスダイモニタ》
- 気中形沸騰冷却整流器
- 《MELCOM》80/38 シリーズデータベースマネジメントシステム
- 新給排油構造電動機
- 農業用水集中管理システム

| 三菱電機技報編集委員 |       |        |       | 三菱電機技報 52 巻 9 号                            |   |
|------------|-------|--------|-------|--|---|
| 委員長        | 榎本俊弥  | 常任委員   | 久保田伸夫 | (無断転載を禁ず)                                  |   |
| 副委員長       | 浦徳太郎  | “      | 平林庄司  |  |   |
| “          | 後藤正之  | 委 員    | 遠藤裕男  | 昭和 53 年 9 月 22 日 印刷<br>昭和 53 年 9 月 25 日 発行 |   |
| 常任委員       | 佐々木二郎 | “      | 村上卓弥  |  |   |
| “          | 荒川信雄  | “      | 神谷友清  | 編集兼発行人                                     | 本間吉夫  |
| “          | 葛野信一  | “      | 橋爪基   | 印刷所  | 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地<br>大日本印刷株式会社             |
| “          | 武藤正   | “      | 吉田太郎  | 発行所  | 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100)<br>菱電エンジニアリング株式会社内 |
| “          | 奈川敏雄  | “      | 土井貞春  | “三菱電機技報社” Tel. (03) 243 局 1785             |   |
| “          | 瀬原田三郎 | “      | 松村長延  | 発売元  | 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)<br>株式会社 オーム社書店     |
| “          | 高橋広光  | “      | 小野勝啓  | “ Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018      |   |
| “          | 忍足博   | 幹 事    | 本間吉夫  | 定 価  | 1 部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)             |
| “          | 武田克己  | “      | 足立健郎  |  |   |
| “          | 清田浩   | 9号特集担当 | 米沢克昌  |  |   |
| “          | 福家章   |        |       |  |   |



三菱電機は、オーディオ機器のスペースセービング（省占有面積）を目的として、高級機の性能をそのまま維持しながら大きさだけを約 $\frac{1}{3}$ に凝縮した、小形高密度オーディオコンポーネントミュージアムシリーズを発売しました。

オーディオと呼ばれる以上、「その小形化が単に各機器を小さくすることだけであってはならない、音の劣化、品質の低下につながる小形化であってはならない」これが小形オーディオ開発に対する、当社の基本姿勢でした。ミュージアムシリーズは、小形化を図る部分は徹底した密度追求を、しかしながら音質性能上、小形化が悪影響を及ぼす部分は、あえて大形部品を採用。あくまでも、高性能を基本とした高密度設計です。

DIATONE®  
ミュージアムシリーズ



●DCパワーアンプリファイヤー  
＜M-AOI＞ ¥75,000  
小さなボディに大容量電源部を搭載、出力70W+70W、さらに広帯域にわたり低歪率、高S/Nを実現したDCパワーアンプ



●プリアンプリファイヤー  
＜M-POI＞ ¥55,000  
MCヘッドアンプを内蔵、デジタル・トーン・コントロールを搭載した、低歪率、高S/Nプリアンプ



●FM専用チューナー  
＜M-FOI＞ ¥48,000  
放送局からの電波に的確に同調・ロックする、クォーツPLLシンセサイザ方式採用のFM専用チューナー



●カセットテープデッキ  
＜M-TOI＞ ¥88,000  
クローズドループ・デュアルキャブスタン方式を採用、フエザータッチ・オペレーションのカセットテープデッキ  
●外形寸法／重量……幅270×高さ140×奥行246mm／6.3kg