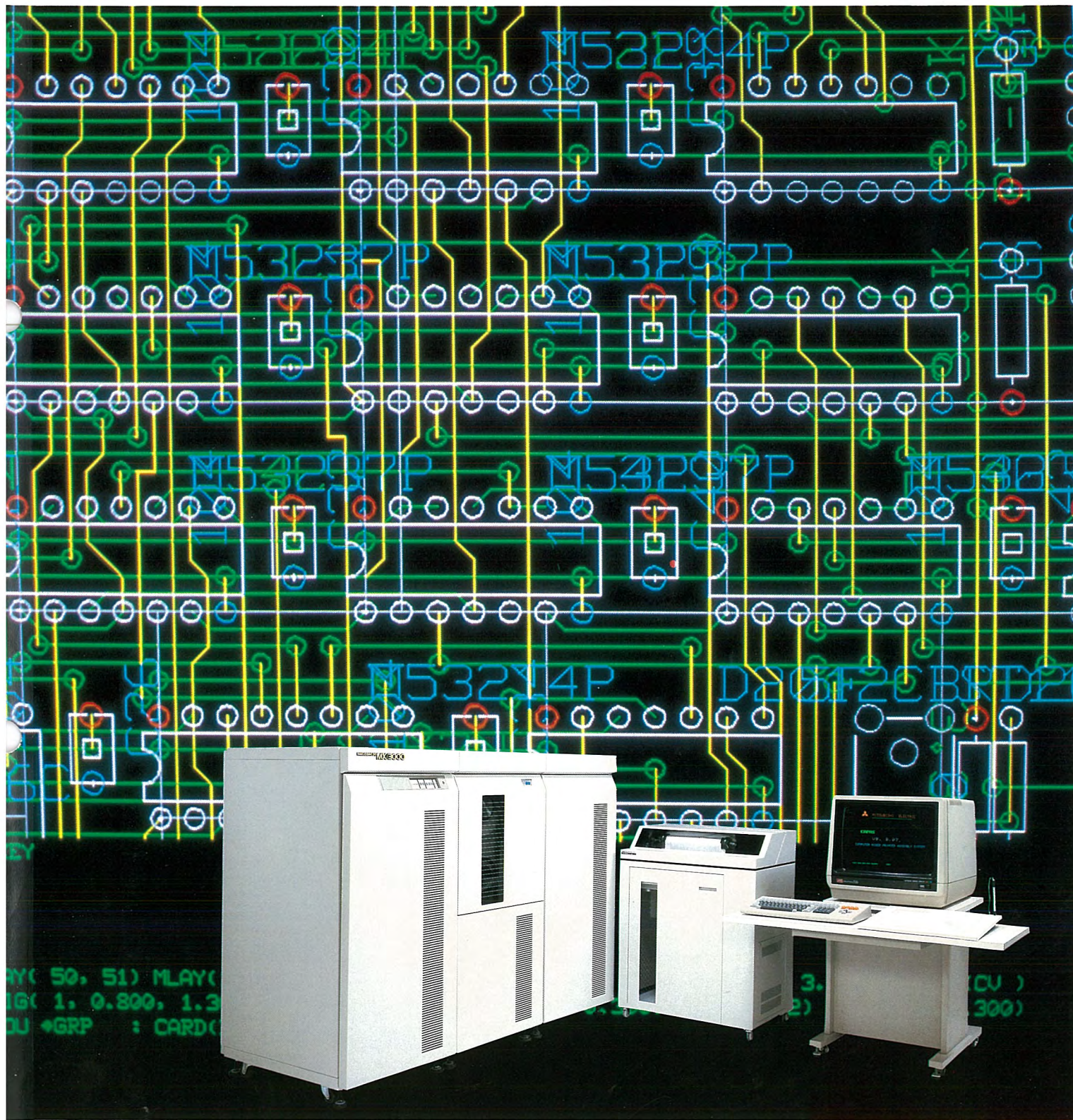


# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報



Vol.59 No.2

CAE特集



未来を開発する  
**三菱電機**

**2**  
1985

## Computer Aided Engineering特集

## 目次

## 特集論文

- LANを介した研究開発部門におけるCAEの構築例…………… 1  
高橋康英・金子弘美・安田 勝・土山紘一・小泉孝之
- 電力設備計画設計支援CAE…………… 6  
辻 俊彦・渡辺 進・池田一成・前田 暲
- 水処理向けプラント設計書作成CAE…………… 10  
盛口全太・岡 哲生・岡本耕一
- 電界・磁界解析のCAEシステム…………… 14  
阪部茂一・大杉重夫・大石英雄・塚本忠則・岡部正志
- CAEワークステーションによる対話形電子回路シミュレーション…………… 19  
新保信太郎・村井正弘・清水俊昭・筒井俊明
- CAE用スーパーミニコンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》のハードウェア…………… 23  
下間芳樹
- スーパーミニコンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》の基本ソフトウェア…………… 27  
小川義高・柳田隆宏
- CAEを実現する応用ソフトウェアとその利用技術…………… 31  
荻野義一・小巻 隆・月館敦子・森田明子

## 普通論文

- 高性能画像処理システム…………… 36  
秋田興一郎・中尾好宏・藤永隆史・片山隆男・前田 暲
- 境界要素法による飛しょう体の計算空力プログラム…………… 42  
秋下貞夫・黒崎隆二郎・片山雅之
- 熱間圧延ラインへのデジタル可変速駆動システムの適用…………… 47  
中西敏彦・藤岡克志・川崎宗男・富永善治・樫原潤一
- 三菱壘口検査装置…………… 53  
永峰啓二・富松則行・半田一郎
- 制御棒過渡位置検出装置…………… 58  
西沢行夫・早川利文・藤原博次
- 《MELCOM 80》エンドユーザー言語デュエット (DUET)…………… 62  
小碓暉雄・富沢研三・峰崎秀生・森田 亮・高谷 至

- 特許と新案…………… 68  
炊飯器

## スポットライト

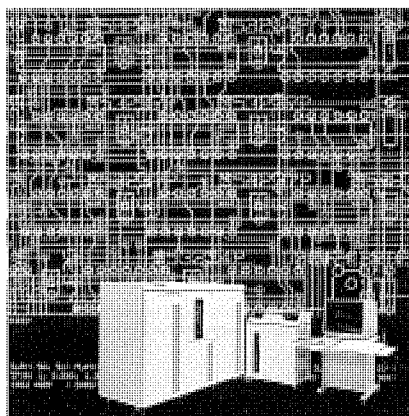
- 三菱温水式床暖房…………… 66
- 暖房機集中管理システム《MELIOS》…………… 67
- 光ファイバ測定器…………… (表3)

## 表紙

## MELCOM70 MX/3000電子計算機

MELCOM70 MX/3000は開発設計作業の効率化を目的とした32ビットスーパーミニコンピュータであり、リアルタイム性能とUNIXの操作性を融合したオペレーティングシステムOS60/UMXを搭載したCAE部門におけるマルチユーザー指向の部門コンピュータである。

表紙はMX/3000電子計算機とCAPASシステムを使用したプリント基板CADのグラフィックディスプレイを示す。



## アブストラクト

### LANを介した研究開発部門におけるCAEの構築例

高橋康英・金子弘美・安田 勝・土山絃一・小泉孝之

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P1～5

CAEを適用して最も有効な働きを期待し得るのは研究開発部門である。開発過程では多数回の試行錯誤を行い、かつ、多分野からの情報収集、検索及び分析と総合評価の繰返しが行われる。それらの作業には広義のCAEが少人数、低コスト、短時間で対応し得るからである。一例として、当社伊丹事業所地区に敷設されたLANを介して、大形・中形計算機からパソコンに至る階層構成で、作図、数値解析、材料分析から試作試験まで可能とするCAE網を紹介する。

### CAEワークステーションによる対話形電子回路シミュレーション

新保信太郎・村井正弘・清水俊昭・筒井俊明

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P19～22

IC、LSIを短期間で開発するために、回路シミュレータは回路設計検証用として有効なツールである。

回路の高速シミュレーション手法の例について述べるとともに、設計者と計算機とのインタフェースにCAEワークステーションを利用し、更に回路設計・シミュレーションを効率良く進めることができるよう改善した対話形電子回路シミュレーションシステムについて記した。

### 電力設備計画設計支援CAE

辻 俊彦・渡辺 進・池田一成・前田 暁

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P6～9

電力設備計画設計支援CAEは、電源から送変電に至る巨大・複雑化した電力設備の計画・設計・解析業務及び設備管理、保守管理を支援する技術部門、設計部門向けの計算機システムである。本稿では近年の革新的なエレクトロニクス技術を駆使し業務の機械化、設備の自動化、更に高度情報通信システムの形成を目指す、電力総合システムの構想、及び電力設備計画設計支援CAEに要求される技術分野とその具体例を紹介する。

### CAE用スーパーミニコンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》のハードウェア

下間芳樹

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P23～26

《MELCOM 70 MX/3000》は、企業のエンジニアリング部門や大学・研究所の各部門での先端的应用に適したマルチユーザー指向の32ビットスーパーミニコンピュータである。VLSI、大容量キャッシュメモリ、科学技術計算プロセッサなど最新の高速化テクノロジーを採用し、更に米国ベル研究所で開発されたUNIXとリアルタイムOSとを融分させたオペレーティングシステム“OS60/UMX”を搭載したスーパーミニコンピュータである。

### 水処理向けプラント設計書作成CAE

盛口全太・岡 哲生・岡本耕一

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P10～13

水処理プラント向けドキュメントの一つである信号項目表CAEシステムを実用化した。プラント構成情報のデータベース化の第一歩として、有効な手法であるとともに他のドキュメントのCAE化の基礎データとしても活用可能である。

本稿ではその概要について紹介する。

### スーパーミニコンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》の基本ソフトウェア

小川義高・柳田隆宏

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P27～30

《MELCOM 70 MX/3000》は、使いやすさと高速処理性の両立をねらった高性能かつコンパクトな32ビットスーパーミニコンであり、実時間処理オペレーティングシステムにUNIXを組み込んだリアルタイムUNIX“OS60/UMX”を搭載している。OS60/UMXはHashingやB-treeなどの高速化アルゴリズムの採用、大容量キャッシュメモリなどの活用等により、従来のUNIXシステムでは実現し得なかった高速処理性を提供している。

### 電界・磁界解析のCAEシステム

阪部茂一・大杉重夫・大石英雄・塚本忠則・岡部正志

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P14～18

汎用機能に加え、機種専用のPre-Post処理プログラムを併設していることを特徴とする電界・磁界解析CAEシステムを開発し、多頻度の電子・電気機器の設計計算業務をより迅速に処理できるようにした。この報告では、開発したCAEシステムの概要とその適用例を紹介する。更に今後残された課題を述べ、CAEシステムの将来像についても言及した。

### CAEを実現する応用ソフトウェアとその利用技術

荻野義一・小巻 隆・月館敦子・森田明子

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P31～35

CAEのための部門コンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》の応用ソフトウェアを紹介する。CAEの考え方を整理し、開発設計作業の効率化がCAEの目的であることを明らかにする。製品開発の作業のモデルケースを想定して、各々の作業段階でどのような応用ソフトウェアが使えるのかを説明する。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 19 ~ 22 (1985)

## Interactive Electronic-Circuit Simulation Using a CAE Workstation

by Shintaro Shimpo, Masahiro Murai, Toshiaki Shimizu & Toshiaki Tsutsui

Circuit-simulation has proven a rapid and effective means of verifying circuit designs developed for new ICs and LSIs. A CAE workstation has been developed to provide a facile interface between the designer and the computer in an interactive electronic-circuit simulation system designed to improve the efficiency of circuit design and simulation. The article describes this system and its workstation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 1 ~ 5 (1985)

## A CAE System with a LAN for R&D

by Yasuhide Takahashi, Hiromi Kaneko, Masaru Yasuda, Koichi Tsuchiyama & Takayuki Koizumi

Computer-aided engineering (CAE) shows its greatest promise as a research and development tool. A broadly based CAE system allows such R&D operations as repeated trial-and-error experiments in which information from a variety of fields is gathered, processed, and analyzed and the results evaluated to be performed by fewer people in less time and at lower cost than previously possible. The article describes a CAE network installed at the Mitsubishi Electric Itami Works. The system employs a local-area network (LAN) to link large-scale, medium-scale, and personal computer systems in a hierarchical configuration. The system permits diagram generation, numerical analysis, material analysis, and experimental testing.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 23 ~ 26 (1985)

## The Hardware of the MELCOM 70 MX/3000 Super Minicomputer

by Yoshiki Shimotsuma

The MELCOM 70 MX/3000 is a 32-bit super minicomputer designed for advanced multi-user applications in industrial engineering, research, and education. The computer features a large-capacity VLSI cache memory, a scientific processor, and other technical advances for faster hardware processing. The system employs the OS60/UMX operating system, which consists of a real-time operating system integrated with the UNIX operating system developed by Bell Labs.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 6 ~ 9 (1985)

## Computer-Aided Engineering for Power-System Planning

by Toshihiko Tsuji, Susumu Watanabe, Kazushige Ikeda & Akira Maeda

A computer-aided engineering (CAE) system has been developed to assist planning, design, and analysis of entire power-plant systems from the generator to the substations, as well as determining operation and maintenance procedures for the completed systems. The article describes how the integrated power-system approach utilizes recent electronic advances to mechanize operations, automate equipment, and establish an advanced communication system. The technological fields required in the CAE system for power-system planning are discussed in detail and examples are given.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 27 ~ 30 (1985)

## The Basic Software of the MELCOM 70 MX/3000 Super Minicomputer

by Yoshitaka Ogawa & Takahiro Yanagida

This 32-bit super minicomputer is designed for high speed and ease of operation. The compact, high-performance MX/3000 employs the OS60/UMX operating system, which consists of a real-time operating system with an embedded UNIX system. OS60/UMX offers hashing, B-tree, and other high-speed algorithms that operate in conjunction with the large-capacity cache memory and other hardware features to achieve high-speed processing unattainable in previous UNIX systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 10 ~ 13 (1985)

## CAE Design Drawings for Sewage-Treatment Plants

by Zenta Moriguchi, Tetsuo Oka & Koichi Okamoto

A signal-item display system for single-documents based on computer-aided engineering (CAE) has been developed for use in sewage-treatment plants. The first step in using the system involves establishing a database carrying all plant-configuration data, which speeds subsequent design of main and peripheral facilities. The article introduces the basic principles of the system's theory and operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 31 ~ 35 (1985)

## CAE Software and Its Applications

by Yoshikazu Ogino, Takashi Komaki, Atsuko Tsukidate & Akiko Morita

The article introduces application software for computer-aided engineering (CAE) using the MELCOM 70 MX/3000 super minicomputer. The systematic approach of the CAE system permits faster development and design. Individual operations involved in developing a new product can be modeled, and a variety of application software provided.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 14 ~ 18 (1985)

## A Computer-Aided Engineering System for Electromagnetic-Field Analysis

by Shigekazu Sakabe, Shigeo Osugi, Hideo Oishi, Tadanori Tsukamoto & Tadashi Okabe

A computer-aided engineering (CAE) system has been developed for analyzing electromagnetic fields. The system features an integrated pre- and post-processing program in addition to conventional functions, allowing it to rapidly calculate design parameters for a wide range of electric and electronic equipment. The report describes the structure of the CAE system and introduces practical examples of its use. Remaining problems and future CAE-system development themes are also examined.

## アブストラクト

### 高性能画像処理システム

秋田興一郎・中尾好宏・藤永隆史・片山隆男・前田 暲

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P 36～41

32ビット スーパーミニコンをホストとして大容量の論理空間を提供し、図面のような2値画像を高速処理する専用プロセッサ、ベクトルや配列の科学技術計算を得意とする専用プロセッサ、高解像度の画像入出力装置などの機能ブロックからなる高性能画像処理システムである。図面読取り・管理、衛星画像解析による気象・海洋・資源の観測、医療における総合画像診断、高度情報通信システムにおける各種画像サービスなど、広い分野に適用することができる。

### 三菱壙口検査装置

永峰啓二・富松則行・半田一郎

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P 53～57

光の反射を応用してガラス壙口部欠陥の検査装置を開発した。検査範囲は壙口部天面及びねじ部である。検査対象壙は、主に最近急増のワンウェイ壙（使い捨て壙）である。壙が自転しながら直線的に連続移動する間に検査が行える直線搬送形の装置を実現したため、本体機構の簡素化、高速化、据付けスペースの縮小化が図れる。また、複数のセンサからの信号を論理処理して欠陥判定を行うため検査性能が向上した。この装置により壙口検査作業の無人化が可能となる。

### 境界要素法による飛しょう体の計算空力プログラム

秋下貞夫・黒崎隆二郎・片山雅之

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P 42～46

飛しょう体の機体設計は、従来そのほとんどを風洞試験によっていた。近年、複雑な流れ現象を、高速・大容量の計算機を用いて数値的に解析する計算流体力学が発達し、機体の設計にも用いられるようになった。当社は、境界要素法に基づく計算空力プログラム（SUSCAP）を開発し、現在設計に用いている。このプログラムにより、飛しょう体の空力特性の設計が、従来に比べ精度良く行えるようになった。

### 制御棒過渡位置検出装置

西沢行夫・早川利文・藤原博次

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P 58～61

原子力発電プラントの稼働率の向上は、安定した電力供給のための重要な課題の一つである。制御棒過渡位置検出装置は、制御棒落下順序の解析により、制御棒落下事象発生時の原因解析を容易に行い、また、制御棒落下時間測定試験の試験効率の向上による定検時間の短縮を図ることを目的として、開発したものである。本稿では、その特長、システムの概要について紹介する。

### 熱間圧延ラインへのデジタル可変速駆動システムの適用

中西敏彦・藤岡克志・川崎宗男・富永善治・櫛原潤一

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P 47～52

近年鉄鋼熱間圧延ライン駆動システムに対して、①制御の高度化に伴い高精度化が、②圧延プラントの合理化の面から、高効率、省メンテナンスが、強く要求されている。これらのニーズにこたえるべく、厚板ミルラインで初めて駆動システムのデジタル化、交流可変速化システムを実現したので、その実績を紹介するとともに、将来への対応をも含め紹介する。

### 《MELCOM 80》エンドユーザー言語デュエット(DUET)

小淀暉雄・富沢研三・峰崎秀生・森田 亮・高谷 至

三菱電機技報 Vol.59・No.2・P 62～65

《MELCOM 80》エンドユーザー言語デュエット (DUET) は、データベースを検索して報告書を作成するといった業務を、コンピュータと会話しながら、簡単なキー操作だけでプログラム作成、実行できる簡易言語である。非定型業務として発生する問合せ、管理資料の作成などを、プログラム経験のないエンドユーザーでも短時間に習得できるように設計・開発された言語である。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 53 ~ 57 (1985)

## A Bottle-Finish Inspection System

by Keiji Nagamine, Noriyuki Tomimatsu & Ichiro Handa

A new unsupervised bottle-finish inspection system has been developed that employs optical reflection to detect defective bottle mouths. The system, which is capable of spotting defects in the finish of the bottle surface as well as in the screw threads at the mouth, is designed primarily for the rapidly growing one-way (nonreturnable) bottle market. The bottles are tested by rotating them under illumination as they move past the detector in a continuous line. The main testing unit is simple and compact, operates at high speed, and requires a minimum of installation space. The system allows multiple sensors to be linked by a logic processor for improved detection performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 36 ~ 41 (1985)

## A High-Performance Image-Processing System

by Koichiro Akita, Yoshihiro Nakao, Takafumi Fujinaga,  
Takao Katayama & Akira Maeda

The new image processor described in the article performs on the basis of discrete functional blocks. The 32-bit super minicomputer serving as the host computer offers a large logical space, a special-purpose processor for high-speed processing of binary images, and another special processor for vector and matrix arithmetic and scientific and technical calculations. High-resolution image I/O devices and other peripherals complete the system, enabling image-storage and management; satellite image analysis for meteorological, marine, and natural-resource data; total-image diagnosis for medical applications; and other image-processing functions required for information networks. The processor's many capabilities make it suitable for applications in a wide range of fields.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 58 ~ 61 (1985)

## A Rod-Drop Detection System

by Yukio Nishizawa, Toshifumi Hayakawa & Hirotsugu Fujiwara

To stabilize electric power supplies, it is imperative to develop methods for raising the operation ratio of nuclear-power plants. The article describes the structure and features of a rod-drop detection system employing control-rod drop-order analysis to assist in locating faults when a rod-drop phenomenon occurs. The system is aimed at improving the efficiency of rod-drop time-measurement testing to reduce the time required for preventive maintenance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 42 ~ 46 (1985)

## The Development of a Computational Aerodynamics Program (SUSCAP) for Missile Design Using the Boundary Element Method

by Sadao Akishita, Ryujiro Kurosaki & Masayuki Katayama

Missiles have previously been designed almost entirely by wind-tunnel testing. Recent advances in computational methods permit complex problems in fluid dynamics to be solved numerically using a high-speed, large-capacity computer. This technique has also been applied to missile design. The article describes a computational aerodynamics program (SUSCAP) developed by Mitsubishi Electric using the boundary element method. The program enables the aerodynamic characteristics of missiles to be designed with higher precision than previously possible.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 62 ~ 65 (1985)

## DUET: A MELCOM 80 End-User Language

by Teruo Koikari, Kenzo Tomizawa, Hideo Minezaki, Ryo Morita  
& Itaru Takatani

DUET is an interactive end-user language developed for use on MELCOM 80 computers to assist businesses in preparing reports and other documents. The language, which is designed to facilitate database access, allows programs to be generated and executed by simple keystrokes in an interactive mode. Using DUET, even inexperienced users can rapidly learn to write programs that can also generate materials for general inquiry, management, and other purposes.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 2, pp. 47 ~ 52 (1985)

## The Application of an AC Digital-Drive System in a Hot Rolling Mill

by Toshihiko Nakanishi, Katsushi Fujioka, Munee Kawasaki,  
Yoshiharu Tominaga & Jun'ichi Ichihara

In recent years, hot rolling mills have experienced a strong trend toward the use of advanced, high-precision drive equipment in a rationalized system oriented toward efficient, low-maintenance operation. The article introduces the first digitally controlled variable-speed drive system designed to meet these needs and discusses the system's operation record and future potential.

# LANを介した研究開発部門におけるCAEの構築例

高橋 康英\*・金子 弘美\*\*・安田 勝\*\*・土山 紘一\*\*\*・小泉 孝之\*

## 1. ま え が き

思いついたアイデアを即時に具象化したい、あるいは、その正しさや効果を速かに確認してみたい。これが、技術者の習性であり長年来的願いである。コンピュータの長足の進歩によって、これらの願いは年を追ってかなえられるようになってきた。

今日、コンピュータの能力(単位費用当りの計算速度)は指数的に向上しつつあり、概略1.5倍/年<sup>(1)</sup>の伸びを示している。また、多種大量のデータを伝送する技術として、光ファイバによるLAN(Local Area Network)が登場してきた。その結果、限定された地域における研究開発部門の効率的運営をねらいとして、LANを介したコンピュータ支援技術システム(Computer Aided Engineering: CAE)が構築されるすう(趨)勢にある。当社も伊丹事業所地区にLANを敷設し、その一部として開発部門の各種の端末、計測器や分析器に付属するスタンダード形ミニコン及び及びパソコンを結合して、階層分散方式と呼ぶべきCAEシステムを構築しつつあるので、その成果の一端を報告する。

## 2. 研究開発部門におけるCAEの構想<sup>(2)</sup>

研究開発部門の計算機は、管理面と技術面及び共通情報ファイルに使用されている。LANは上記三つの領域を含めて情報伝送の役割を担っている。ここでは紙数の都合もあり、技術面に限って記述する。

### 2.1 CAEシステムの具備すべき条件

CAEの定義は一定していない。単に計算機による数値シミュレーションを意味する狭義なものから、技術活動全般に計算機を適用する場合を意味する広義なものまで様々である。ここでは、シミュレーション及びラボラトリオートメーション<sup>(3)</sup>(以下、LAと称す)として位置づけるものとする。

CAEシステムを構築するねらいは、知的生産活動において、①少人数で、②質の高い成果を、③短時間に、④数多く出すことである。しかし、この表現は抽象的に過ぎ、効率化活動の何についても当てはまることである。そこで、もう少し実際の問題に近づけて構築の目的を記述してみると、

シミュレーションについては高度な解析計算を、

- (1) だれでも、何時でも容易に遂行できる対話形システム。
  - (2) インプット及びアウトプット作業が短時間でできる。特に、前者についてはCADと結合可能なこと。
  - (3) 大形の計算も迅速にでき、応答性が早いこと。
  - (4) LAとの連動が可能であること。
  - (5) 汎用及び既存のプログラムが容易に導入し得ること。
  - (6) 拡張性が大きく柔軟性に豊むこと。
- などである。

また、LAについては、

- (1) 大量のデータを処理し得ること。

- (2) 迅速な処理と応答が可能なこと。
- (3) 長時間無人連続運転を可能とする高い信頼性。
- (4) 様々な実験形態に対応し得ること。
- (5) 他の建物、室の設備やソフトウェアを共用し得ること。
- (6) 既存システムと結合し得ること。
- (7) データの時系列変化の照合が可能なこと。

などであり、シミュレーションの箇所述べた(1)、(4)、(6)は同様に当てはまる。

### 2.2 特 長

2.1節に述べた条件を備え、既存業務の特異性も加味したシステムは具体的にどんな形態が良いであろうか。当社伊丹製作所の開発部門は、電気、電子、機械、材料と広い技術分野をカバーしている。強いて言えばこれが特異な性格である。また、既に、ある種の化学分析や振動分析、インパルス波形分析などでは、特化されたソフトを搭載したパソコンあるいはミニコンが稼働している。シミュレーションは大形計算機の端末を配置して、日常的に電磁気系や機械構造系の有限要素解析、制御系の解析、電力系統の現象解析、電子系の回路解析を行っている。一方、CADは独立して運用されており、数値解析用の計算機とは結び付きが十分でなかった。

このように、様々な方向で動いている中小計算機群に多額のハードウェア、ソフトウェア費用を投入して、広域的LAリアルタイム運営を行うメリットは何であろうか。一つは、対話形で極めて早い応答性を要求するときの改善、すなわち、ターンアラウンドタイムの短縮のため、下位の専用機を持つこと(特にイン・アウトのデータ処理を行うフロントエンドプロセッサ)であり、他の一つは、LA用のパソコンクラスの処理能力

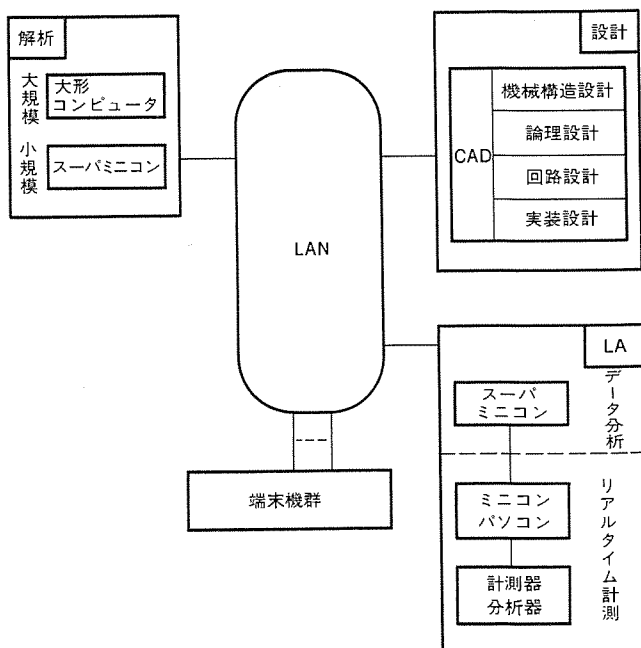


図 1. CAEシステム構成

の不足を補うため上位の専用機を持つことである。そして、残りの一つは実験データと解析データの突合せ、結合、あるいは相互補てんを行う共通マシンを持つことである。

多数の計算機を結んでシステムとして使用する形態には、①階層形、②分散形、③①と②を混えた階層分散形が考えられる。更に、それぞれの形の中にも多くの結合方式がある。筆者らは従来のハードウェア及びソフトウェアの資源を活用しつつ、シミュレーションとデータ収集処理を高速化し得るよう、③の階層分散形を採用した。このネットワークを図1.に示す。

### 3. LAN の 構 築

#### 3.1 CAE システムの構成

CEAシステムは大別して図1.に示すように、設計・解析・LAの三つの機能により構成され、各機能は目的に対応してサブ機能に細分化されている。個々のサブ機能は、その特性、規模に応じて最大効果を発揮しうよう最適なコンピュータ、端末及び計測器を用いて、独立して機能するサブシステムとして構築されている。しかし、CAEシステムを用いて効率的な研究、開発を行うためには、各サブシステムを連続した一連の流れに沿って利用できることが望ましい。

このためには一つの端末から、どのサブシステムも随意に利用できる、あるいは各サブシステムが持っているデータを、他のサブシステムが容易に参照できることが必要であり、各サブシステム間を結びつける通信ネットワークが不可欠である。

#### 3.2 LNAの導入<sup>(4)</sup>

数多くのサブシステム間を縦横に結合する通信ネットワークを考えると、従来の接続方式ではコンピュータと端末が1対1に結合されるので、通信ネットワークは図2.に示すように極めて複雑なものとなり、

(1) 1対向ごとに回線と通信インタフェース機器が必要なため通信設備コストが増大する。

(2) 通信ネットワークが複雑なため維持・運営に多大の労力を要する。

などの問題点が発生する。また、新たな要求として次の事項がある。

(1) 情報機器、ソフトウェアの高度化に伴い、例えば画像データなど

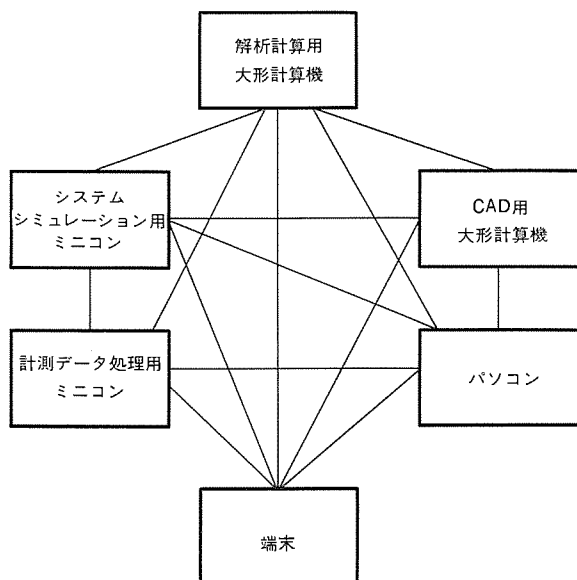


図2. CAEシステムの通信ネットワーク（従来方式）

新しい情報の高速伝送を行う。

(2) 高電圧、大電流試験場などの雑音に影響されない、信頼度の高い通信を行う。

これらの問題点、要求はCAEシステムに限らず、経営管理、生産管理システムを初めとして、事業所内のあらゆる情報システムにおいても同様である。

当社伊丹事業所地区ではLANを導入し、これら問題点、要求の解決を図った。伊丹事業所地区には、同一敷地内に2製作所と4研究所が存在するが、昭和59年度に敷地全域をカバーする光ファイバ高速リングLAN《MELNET R32》を敷設し、各種コンピュータ、端末などを接続して、59年4月から利用を開始している。引き続きデータ伝送量の多いCAEシステムを中心として、光ファイバ中速リング《MELNET R12》を計画しており、高速リングLANと中速リングLANの階層通信ネットワークを構築し、全体の効率化とバランスを図る。

### 4. 本システムにおける実施例

#### 4.1 シミュレーション（数値解析）

##### 4.1.1 構造解析

大形で複雑な構造物の変形や応力解析の手段として有限要素法(FEM)があり、NASTRAN、MARC、ANSYSなど汎用プログラムが進んでいる。これらを用いて複雑な構造物の構造解析について、著しい効果をあげているが、インプットデータの作成作業に時間を要していた。

一方、最近の図面はCADによって描かれる場合も多く、デジタルデータとして蓄えられている。したがって、このデータを用いればFEMのインプットデータを容易に作成できるはずである。そこで、当社のCADシステムである《MELCAD-MD》から必要なデータを抽出し、これを有限要素自動分割して上位のホストコンピュータ、あるいはスーパーミニコンにインプットして計算するための結合プログラム(CAFE)を開発した。計算のフローを図3.に、実施例を図4.に示す。このシステムを使うことによって、構造解析の作業時間は従来の約1/10に短縮された。現在は二次元と軸対称問題に限られているが、目下、三次元への拡張作業を行っている。

##### 4.1.2 電磁界解析

電磁界解析には様々な方法がある。当社の開発部門においては、電界解析に関して有限要素法、及び表面電荷法のプログラムを有し、非線形問題は有限要素法、線形問題は表面電荷法を使い分けている。一方、磁界解析では有限要素法及び等価回路法を用いたプログラムを

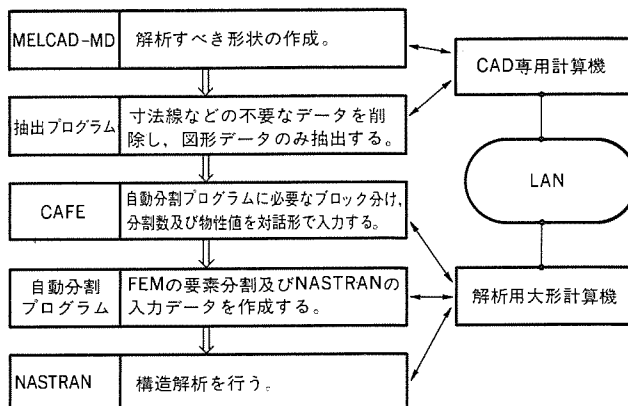


図3. 構造解析計算フロー

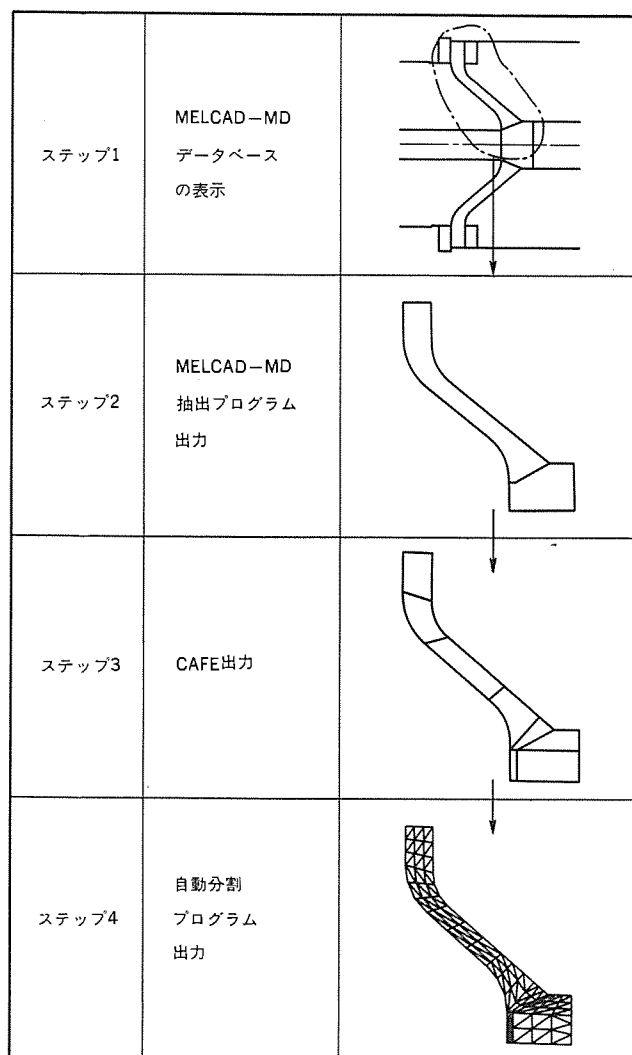


図 4. 構造解析実施例

開発し、これも問題により使い分けている。

電界解析、磁界解析とともに有限要素法については、構造解析と同じ《MELCAD-MD》からデータを入力している。電界解析の表面電荷法は有限要素法と同じく、《MELCAD-MD》から入力するとともに、ディジタイザから図形データを直接入力する方法も用意している。磁界解析の等価回路法ではディジタイザから入力している。これらのシステムにより入力作業時間の短縮を図っている。

#### 4.2 ラボラトリオートメーション (LA)

このシステム構築の最大のねらいは、実験データの自動収集処理である。先記のように対象とする技術分野は多岐にわたり、種類も多く、かつ新增設や短期使用後廃却というものも多い。そこで、主な分野と測定項目などを表 1. に示し、その中から二つの例を選び紹介する。

##### 4.2.1 化学分析

最近の化学分析の大半は機器による分析であり、かつ、スペクトルの読取りによって物質の同定や含有量の把握を行うことが多い。この作業を行うためには豊富な知識と経験を要し、時間もかかる。そこで、専用データプロセッサ付きの機器が増大してきた。これまで当部門は、パソコンによりデータ処理をスタンダードで行ってきた。しかし、以下の理由から、大量のデータを取り込み、過去のデータと対比しつつ高精度の分析を行うため、より上位のミニコンを使用した。すなわ

表 1. LA 分野別測定／試験項目

材料分野	測定／試験項目	計測器、端末機など台数
材料分析	粘弾性測定、粉体粒度分布測定、発光分光分析、赤外分光分析、X線回折、X線マイクロ分析	5
振動及び応力	材料機械特性、構造物ひずみ及び変位測定、長期疲労寿命試験、振動波形分析、振動モード分析、部分構造分析法による解析、加振試験	6
高電圧試験	耐電圧試験、せん断試験、部分放電試験、放電耐量試験、波形モード分析、試験回路定数計算、短絡試験	5
環境試験	高温及び低温、降雪、降雨、温度サイクル下における供試品のひずみ、振動、温度分布などの測定	2
共用機		14

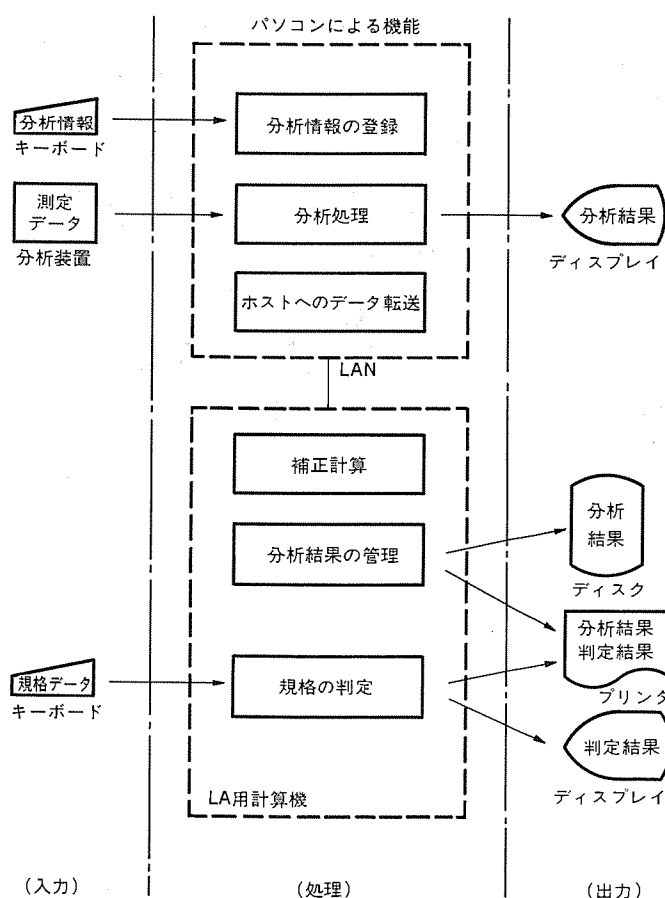


図 5. LA の実施手順とソフトのフロー

ち、

- (1) 機器のドリフト補正、秤量補正、共存元素補正などの各種補正を行い分析精度を高める。
- (2) 多種類の規格値と対比判定を行う。
- (3) 特定試料の時系列変化を求め、見やすい形に作表し打ち出す。これらの要求を満たす LA の実施手順とソフトのフローを図 5. に示す。

##### 4.2.2 振動解析

LA における振動解析の必要性は、機械系、電気系を問わず相対的に高い。コンピュータの発展により、振動解析、特に時系列波形解析



図 6. 試験状況

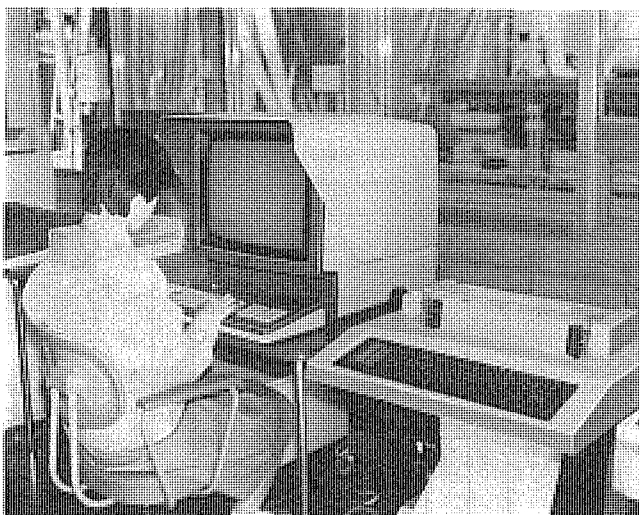


図 7. 試験データの処理及び解析作業状況

は高速フーリエ変換（通称FFT）の手法の開発と相まって、日常的に使われている。当部門はミニコンによる加振機の制御や測定解析を行ってきたが、更に高度な振動解析を目的として、上位のホストコンピュータと結合したシステムを構築した。

これは部分構造合成法（ビルディングブロック法）<sup>(3)(6)</sup>による振動解析法であって、複雑な振動系の部分的特性値を合成して、全体の特性を知る。あるいは、部分を取り外した残りの特性を知る場合に適用される。特に大形構造物の振動特性を構造解析によって算出し、構造の一部を加振試験して得た値とドッキングして、シミュレーションの精度をより実際に近いものとし得るメリットは大きい。

図 6. に電気機関車へ上記手法を適用して試験中の状況を示す。また、図 7. には試験データの処理及び解析作業を行っている状況を示す。

#### 4. 3 制御系を含む装置の CAE 適用事例

この事例は、制御系解析、回路設計、実装設計、計測データ処理と一連の開発過程を含んだ実施例を示す。適用対象は、直流電動機制御装置（チョップ制御装置）及び交流電動機制御装置（VVVF）である。

##### 4. 3. 1 開発手法

図 8. はこの適用事例の概要を表し、図 9. は CAE 適用作業の設計手順と CAE ツールを示す。

##### (1) 制御系の解析

車両推進制御装置の制御方式及び設計諸定数を解析的にもとめるために、技術計算センターホストコンピュータと CAE ターミナルにより、対話形でブロックダイヤグラムを入力する。次に上位ホストコンピュータによりシステム解析を行い、制御方式、制御定数を決定する。

##### (2) 回路モジュールの設計

ハードウェア（論理回路）で実現すべき回路は、論理回路設計 CAD ターミナルにより論理図入力を行い、続いて論理シミュレーション、タイミングチェックを行うことを目的とする機能設計を行うと共に、回路図、部

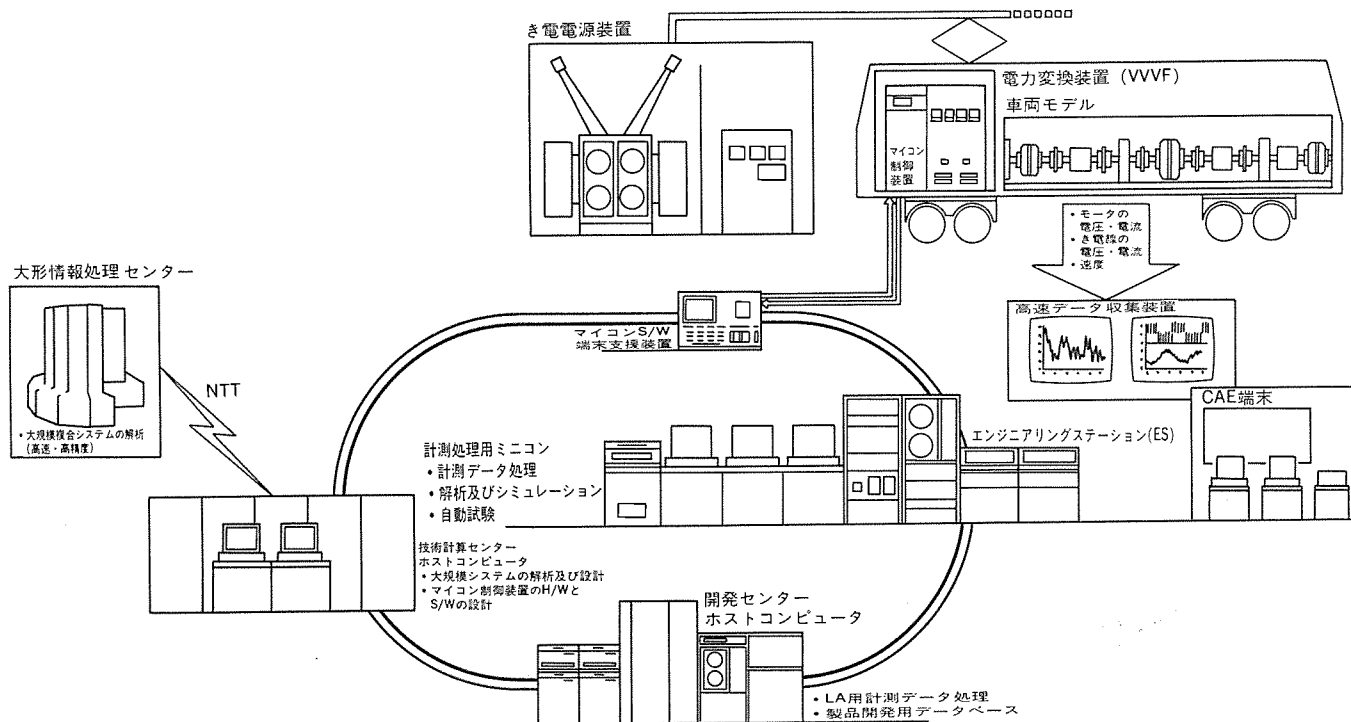


図 8. 車両推進システム開発の CAE 化

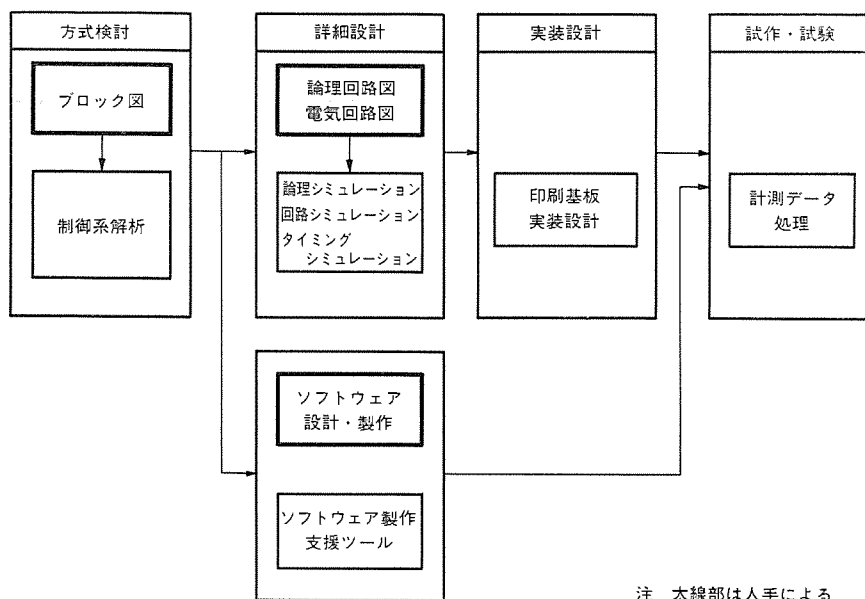


図 9. 設計手順と CAE ツール

品表及び実装設計のための接続リストファイルを作成する。実装設計 CAD では接続 リストファイル から、プリント 基板 モジュールの実装設計を行う。

#### (3) マイコンソフトウェアの開発

(1)項の制御アルゴリズムを実現するためのマイコンソフトウェアは、CAE ターミナルを用い、技術計算 センター・ホストマシン 上のソフトウェア 開発 ツール (Micro Processor Software Production System : MSP) により、設計、製作、テストを実施する。

#### (4) 試作機の計測データ処理

試作された装置は、車両 モデル (駆動用 モータ、負荷装置など) に接続するとともに、計測 データステーションにより、動特性を示す諸測定信号をリアルタイム系として取り込み、試験結果をグラフ、データ表、信号波形として出力することで、詳細な試験データが採取される。

#### (5) 評価

制御系の計画値と試作機による等価試験測定データは、開発 センター 計算機において詳しく分析を行い、必要な差異などを求め開発評価を実施する。この結果から試作機へのフィードバック事項を判定し、再

試験を行う場合がある。この場合は(1)項又は(3)項から繰返し作業を行う。

## 5. む す び

以上、当社伊丹事業所内に敷設された LAN と、これを介して構築された CAE システムを、シミュレーション、ラボラトリオートメーションのそれぞれについて事例を挙げつつ記述した。最近では技術者のイメージを投影してシミュレーションし、繰返しの修正過程を経て最終形態に固定する一連の作業を、対話形で迅速に行う EWS<sup>(7)</sup> (Engineering Work Station) が使用され始めている。LA についても個々の実験により適合する個性化を追求する一方、上位の共通マシンに様々な補完機能を求めようとする傾向が見られる。

CAE システムの構築は、試行錯誤を行いつつ、その能力を高める発展段階にあるといえる。当社開発部門のシステムもその過程にあり、特に LA 用ソフトの開発に努めているのが現状であることを記してむすびとしたい。

## 参 考 文 献

- (1) 「AIAA」Jr. 17, No. 12 (1979)
- (2) 柳下ほか：研究開発効率化のためのコンピュータ活用事例集、企業研究会 (昭 59)
- (3) 「ラボラトリオートメーション」、通商産業省工業技術院総務部、電波新聞刊
- (4) 中塚ほか：ローカルエリアネットワーク《MELNET R 32》、三菱電機技報、58, No. 2 (昭 59)
- (5) Evaluating Structural Vibration and NVH., Automot Eng (London), 7, No. 6, P. 13~15
- (6) 杉山ほか：ビルディングブロック法によるエレベータ・建物系の振動解析、日本機械学会講演論文集 No. 830-15, P. 13~16
- (7) Evolving CAE workstations furnish increasing sophistication, EDN, 28, No. 8, P. 33~44

## 1. ま え が き

電力エネルギーの長期的な安定供給に対する社会的要請の高まりに適合するため、電力会社では近年めざましい発展を続けるエレクトロニクス関連技術を導入した業務の機械化、設備の自動化、更に高度情報通信システムの形成など、計算機を中心とする新システムの導入により一層の業務合理化、設備効率化／近代化を推進している。電力会社は、経営活動に計算機を最も早くから導入した企業の一つであり、電気事業の発展に伴い、その適用範囲は拡大し利用形態も複雑・高度なものとなっている。電力設備計画設計支援CAEは、電源から送変電・配電に至る巨大、複雑化した電力設備の計画・設計・解析業務、及び設備管理・保守管理を支援する技術部門、設計部門向けの計算機システムである。

本稿では、電気事業の高度化、情報化、総合化を目指す、電力総合システムの構想、及び電力設備計画設計支援CAEに要求される技術分野とその具体例を紹介する。

## 2. 電力総合システム

電気事業においては、今後とも予想される産業構造の質的変化、高度情報化社会の到来に対応して長期ビジョンのもとに、電力総合システムの構想を計画立案し、最新エレクトロニクス技術を積極的に導入した設備の効率化・近代化、業務の合理化など諸施策の推進、展開を行っている。電力総合システムの構想は、図1.に示すように「設備総合自動化」、「総合業務機械化」、「総合ネットワーク化」の3区分からなり、電力の生産・流通・運用の自動化と、事務・技術部門の各

種業務の機械化を統合一体化し、更に将来の電気事業で必ず(須)となる、総合経営計画システムの実現を目指す高度総合情報システムである。

電力総合システムの構築は、以下の条件を満足しつつ、順次に具体化して行くと考えられる。

- ・電気事業の今後の展開に適したシステム
- ・最近エレクトロニクス技術の導入と未来技術の先取りを可能とするフレキシブルなシステム
- ・集中化、分散化を追求した最適ネットワークシステム
- ・既存システムと調和、共存できるシステム

## 3. 電力設備計画設計支援CAE

電力会社では、昭和30年代から大型計算機の導入による業務の機械化を開始し、その後の社会、経済情勢を背景に各種の機械化システムを実現し経営合理化を図っている。しかし従来の機械化は、事務部門の文字・数値情報を中心とした定型・大量業務の効率化を目的としたもので、単体OA装置の導入、また大型計算機と文字端末装置の導入で実現している。一方、電力設備計画設計支援CAEは、文字・数値情報と図形・画像情報を扱い非定型・少量多種業務を効率よく即応処理する、技術者の意志決定支援を目的とする高度多機能OA装置である。

## 3.1 電力CAEの目的

電力プラント、設備の新增設に際しての計画・設計・解析、また既存設備の管理・保守を支援する電力CAEの目的と特長を以下に示す。

## (1) 最適化設計

(a) 信頼性、経済性などの各種の評価項目について比較検討できる。

(b) 設計、シミュレーション、技術計算を会話形式で実施し、結果を技術者が直接評価しやすい図面、表の形で迅速に出力する。

## (2) 自主設計

(a) 信頼性の高い設計作業をタイムリーに実施できる。

(b) 企画、計画段階の概略設計から、具体化段階の詳細設計まで、一貫して業務を行うことができる。

## (3) 他システムとの連携

(a) 電力設備データを登録している上位計算機とフレキシブルに結合できる。

(b) 関連する他システムと連

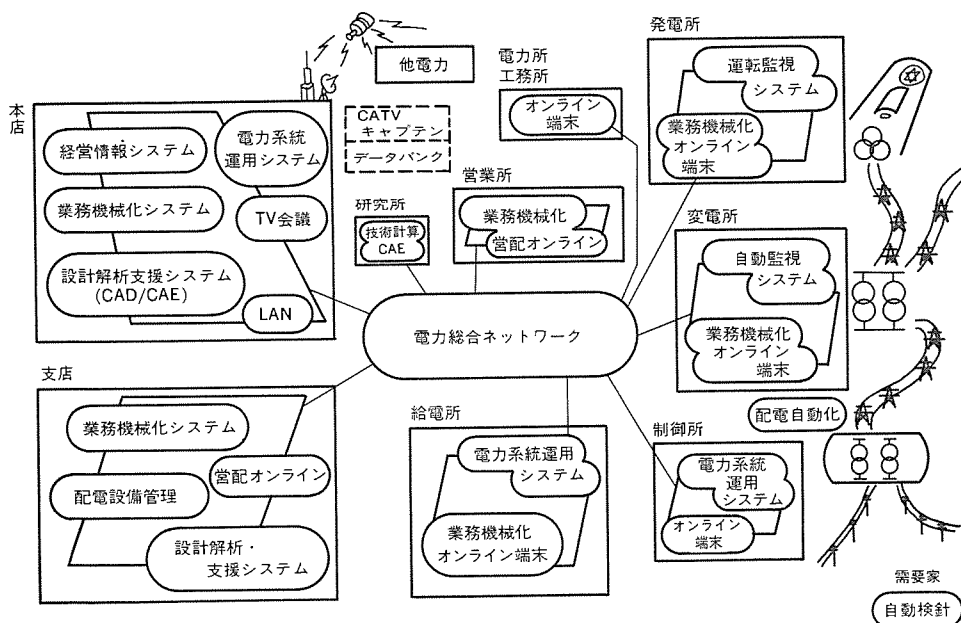


図1. 電力総合システム

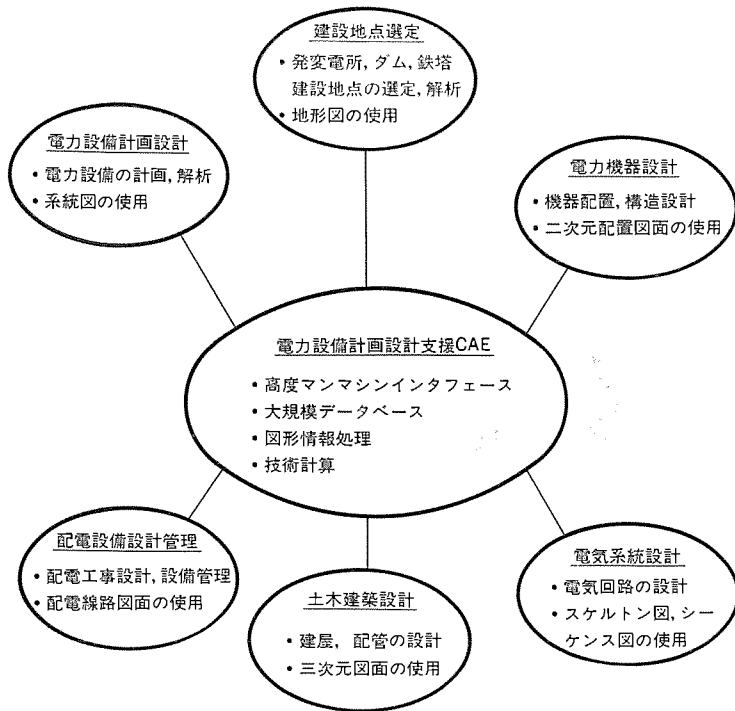


図 2. 電力 CAE の機能

係し、データの共用化、処理の分散化を図り、最適システムを構成する。

### 3. 2 電力 CAE の機能

電力 CAE の機能としては図 2. に示すようなものが考えられ、対象電力設備と設計段階により各種のシステムが形成される。

#### (1) 電力設備計画設計支援

電源設備及び送変電設備の長期・短期計画の立案、策定を行うもので大規模、複雑な電力システムの解析計算を会話形式で実施する。従来、初期データの作成、計算結果の集約、送電系統図などの資料作成はすべて人手を煩わしていたが、このシステムにより、技術計算と高度マンマシン処理を駆使した高信頼度、高効率な電力設備計画設計業務を行うことができる。

#### (2) 建設地点選定支援

発変電所、ダム、水路など電力プラントの建設地点選定、送配電線ルートを選定は、現地の地形・環境条件に大きく左右されるものであり、建設計画段階において重要な業務である。複数の建設候補地域の地形構造、土質状況、資材運搬ルート、周辺環境条件など多くの評価基準に従い、電力プラントの二次元・三次元処理、断面・ちょうかん(鳥瞰)図作成処理を、面積・体積・強度計算などを行いながら会話形式で実施する。

#### (3) 電力機器設計支援

発変電所の変圧器、開閉器、調相設備などの電力機器の配置設計は、限定されたエリアに多種複雑な設備を最適に配置する必要がある。電力機器の関連図面は膨大であるにもかかわらず、現状はそのすべてを手により作図している。これらの多種・複雑・大量の平面図、断面図などを、構造・耐震・サージ・騒音・接地計算を行いながら会話形式で自動作成する。

#### (4) 電気系統設計支援

発変電所内の電力機器配置に従うスケルトン、制御シーケンスなど、複雑・多種の電気系統図面を自動作成する。また図面作成と同時に機

器リスト、所要機材、工事費用など、関連資料の編集処理を行う。

#### (5) 土木建築設計支援

電気所内の建屋、配管、水路、ケーブル坑などの土木建築設計において、敷地・周辺環境条件から、平面図、立体図、透視図の作成と構造強度・耐震・日影計算などを行う。

#### (6) 配電設備設計管理支援

配電系統は面的な広がりを持ち、その設備は複雑で膨大な数である。都市計画、道路建設計画に対応した配電設備の新増設工事、また個別需要家からの依頼による設備の更新工事は膨大な件数となり、工事設計・管理は効率良く実施する必要がある。従来からホスト計算機による工事設計管理の機械化が実施されているが、市街路地図と配電系統図を対応づけて自動作成するこのシステムにより、工事設計業務の簡易化、効率化が実現できる。

### 3. 3 電力 CAE の構成

電力 CAE は、最新鋭 32 ビットスーパーミニコンを中心に、高度マンマシンインタフェース、大規模データベース、図形情報処理、技術計算で構成される。また通常的设计事務室に設置され、技術者のエンジニアリングワークステーションとして活用するものである(図 3.)。

#### (1) 高度マンマシンインタフェース

(a) 入力処理：文字・数値を中心とする設備データの入力、設備配置図、電気系統図のディジタイザ入力、地形図、手書きスケッチ図の自動イメージ入力。

(b) 出力処理：文字・数値の符号化データ、図形ベクトルデータ、イメージデータの合成表示、図面出力。

(c) 会話処理：通常の計算機との会話処理のほか、標準パターン、シンボルを用いた容易な図形編集操作。

#### (2) 大規模データベース

既存の文字・数値による電力設備データベースと、図形データを論理的に結合した、複合大規模データベースを形成する。

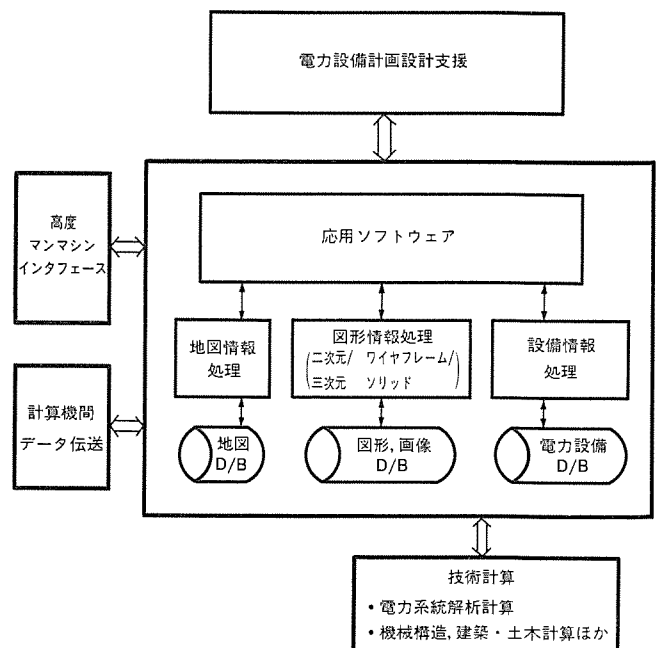


図 3. 電力 CAE の構成

### (3) 図形情報処理

図形ベクトルデータのほか、2直点列の集合であるイメージデータを処理する。イメージデータの細線ベクトル化、ランレングス化など、図形画像処理技術の応用により高度マンマシンを可能とする。また二次元、三次元、鳥瞰図、ワイヤフレーム、ソリッドなど、最近のCAD要素技術を活用する。

### (4) 技術計算

電力系統解析計算、機械構造計算、建築・土木計算など各種技術計算を行う。必要に応じホスト計算機の高速演算機能を活用する。

## 4. 配電工事設計システム

配電設備設計管理支援の具体例として、図面編集処理方式に特長をもつ配電工事設計システムを以下に紹介する。

配電工事設計システム(表1.)は、配電設備の新增設に伴う工事設計を、自動作成する配電線路図、装柱図を使用して計算機との対話方式で実現するCAEシステムである。また、既存の手書き作成した

表 1. 配電工事設計システムの特長

機能区分	システムの特長
対話操作	容易な対話設計処理 ・グラフィックディスプレイへの線路図表示 ・ディスプレイ、タブレットによる対話操作
図面入力	手書き配電線路図の自動入力 ・ファクシミリによる図面自動入力 ・専用イメージ処理装置による高速シンボル認識処理
図面出力	地形図と線路図の高精度な合成編集 ・図面の拡大、縮小、サイズ補正及び広域図面の合成編集 ・ランレングスベクトル化による高精度、大形サイズ図面の自動作成

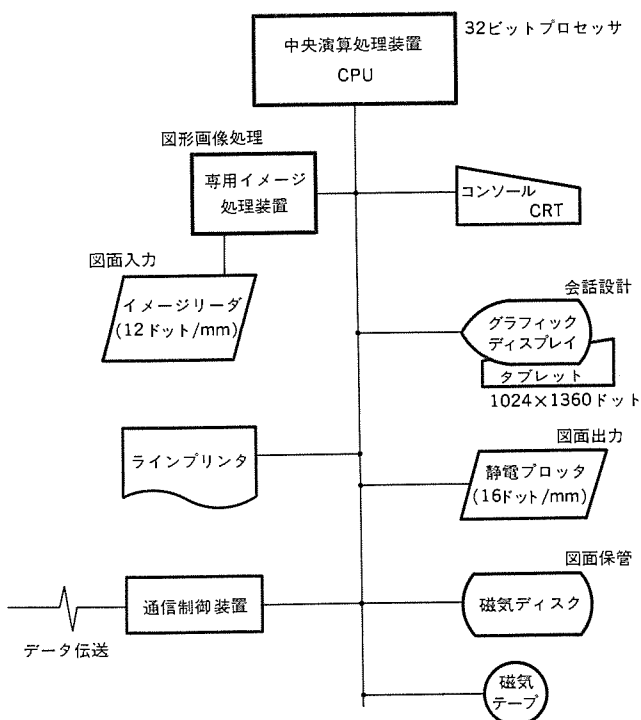


図 4. ハードウェア構成

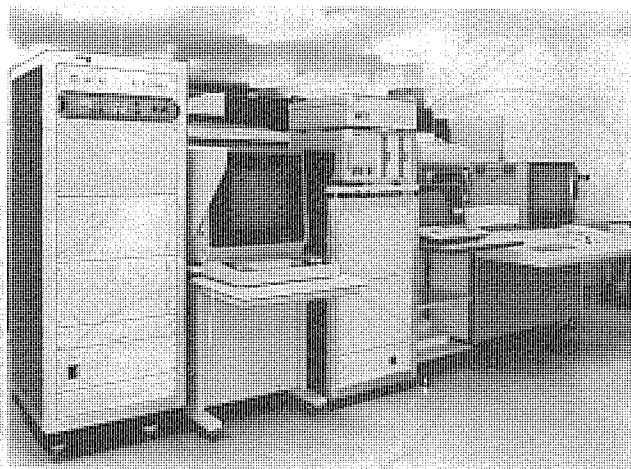


図 5. システムの外観

膨大な配電線路図面を自動イメージ入力し、従来の機械化システムに登録されていない地図データの発生と、シンボル認識処理により設備座標データの自動発生を行う。

### 4.1 システム構成

配電工事設計システムのハードウェア構成(図4.)と特長を下記に示す(図5.)。

- (a) 中央演算処理装置：高性能32ビット計算機により、設計演算処理と、高速マンマシン処理を行う。
- (b) 専用イメージ処理装置：読み込み図面データのノイズ除去、細線化、認識処理を高速に行う。
- (c) イメージリーダ：ファクシミリを利用し、12ドット/mmの精度で地形図、手書き線路図を自動入力する。
- (d) グラフィックディスプレイ：工事設計の対話装置に用い、配電線路図表示、装柱図の作画などを行う。
- (e) 静電プロッタ：大形(B2版以下)の配電線路図を、数分/枚で高速作図出力する。

### 4.2 システム機能(図6.)

#### (1) 対話形工事設計

- (a) 図面表示操作：任意地点の配電線路図を拡大・縮小・移動編集して表示する。配電設備を支持物、線路、機器及び諸元に区分け編集して表示する。
- (b) 工事設計操作：配電線路図上の設備の選択と、工事内容の指示により工事設計を行う。設備の追加・削除・諸元変更操作と装柱図の作画操作により、設備データは自動更新され、対応した配電線路図の作成が可能となる。

#### (2) 配電線路図自動作成

- (a) 設備座標データの発生：配電線路図は電柱をノード、電線をプランチとしたベクトルデータにより作画される。電柱の座標データが設備データに登録されていない場合には、既存の手書き配電線路図を読み取り、電柱シンボルの自動認識と、設備データの対応付け操作により設備座標データを発生させる。
- (b) 配電線路図自動作成：イメージ入力した地形図と、設備データにより自動作画する線路図の合成により配電線路図(図7.)を作成する。地形図はイメージデータをランレングス化し、図面枠の認識と高精度なサイズ補正を行う。また設備諸元文字の自動最適配置により、重複表示のない見やすい図面を作成する。

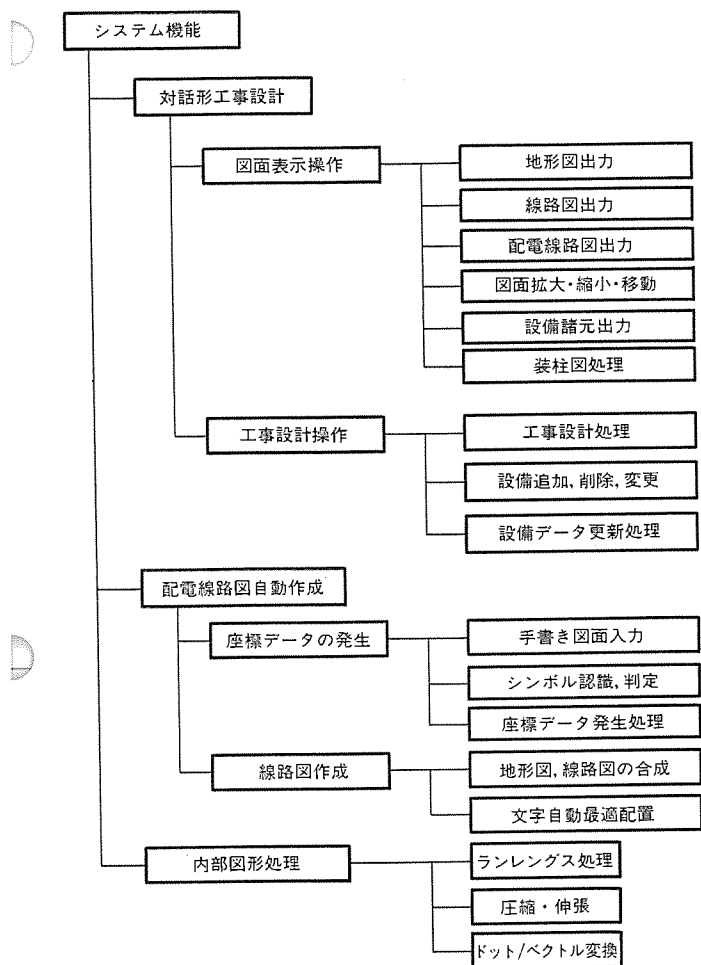


図 6. システム 機能

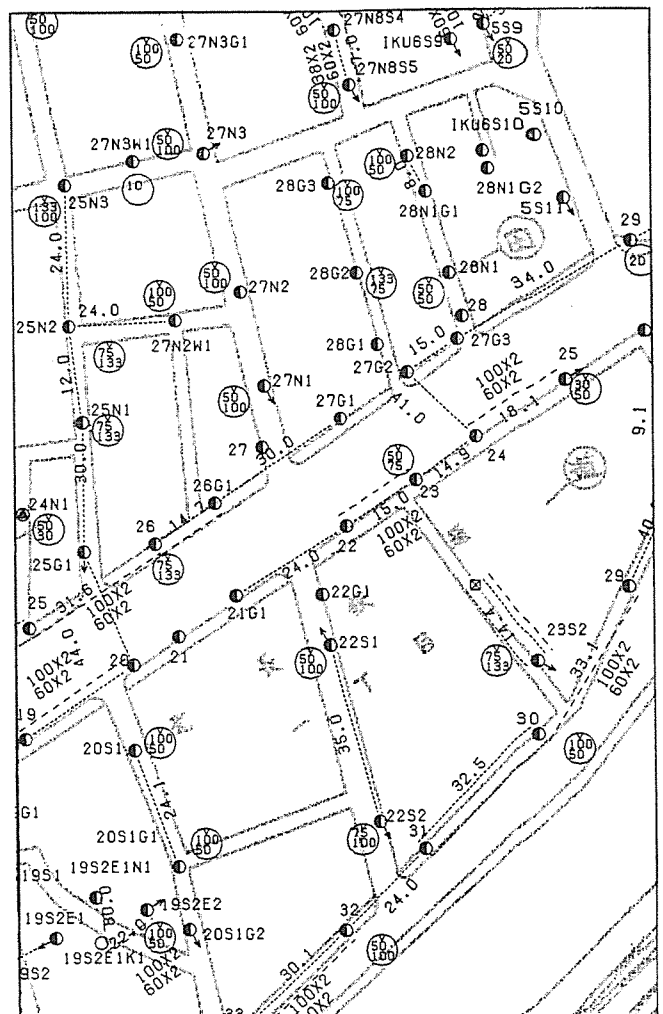


図 7. 配電線路図

#### 4.3 シンボル認識

既存の配電線路図の認識は、手書きであること、設備シンボルと地形が重複している、記載内容が複雑であることから、高度な判別処理が必要となる。このシステムでは、専用イメージ処理装置により高速・高認識率の判別処理を実現する。

- (a) イメージデータ入力：ファクシミリにより原画を自動入力し、白黒2値画像データとする。
- (b) シンボル領域抽出：認識対象シンボルのある小領域を画像データの収縮、膨脹、論理演算により抽出する。
- (c) 境界線点列化：抽出した小領域の認識対象シンボルを、細線化し点列データとする。
- (d) 形状特徴量算出：点列データの大きさ、ループ形状、端点距離、領域範囲、中心点などの特徴量を算出する。

(e) シンボル判定：認識対象シンボルの特徴と算出した形状特徴量を比較演算し、シンボル種別を判定する。

#### 5. む す び

技術部門における電力設備計画設計支援CAEについて、構想と具体システム例を紹介した。電力CAEの実現には、応用分野の特性を十分、分析検討すること、既存の設備情報と整合を取りつつ設計の効率化を図ること、及び技術者に最適なマンマシンインタフェースとすることが肝要である。今後とも、このような観点に立ち新システムの開発に一層の努力をして行く所存である。

最後に、このシステムの検討・具体化にあたって、御指導、御協力いただいた電力会社各位に深く感謝する次第である。

# 水処理向けプラント設計書作成CAE

盛口全太\*・岡 哲生\*\*・岡本耕一\*

## 1. ま え が き

最近の水処理プラントの動向を見ると、ハードウェアの電子化による監視機能の充実、制御の高度化、取り扱う信号量の増大……などが顕在化してきており、計画・設計・製作・検証を効率よく確実に実施するためにプラント構成情報をデータベース化し、一元化管理することが必要となってきた。本稿では、このプラント情報のデータベース化に基づく水処理向けプラント設計書作成CAE (Computer Aided Engineering) の一環として開発した信号項目表CAEシステムの概要を紹介する。

## 2. 水処理プラント向けドキュメントとCAEシステム

プラント機能を表示するドキュメントの分類については各種考えられるが、我々は図1. に示すような14種類のドキュメント（全体をプラント設計書と称す）に分類し、CAE化の方向を検討し、信号項目表CAEシステムを位置づけた。

### (1) 制御情報系統CAE

この領域はプラントの監視制御機能を表示するドキュメント群であり、制御回路のソフトウェア展開（プログラム）及びハードウェア展開（シーケンス）を考える上で、最も重要なCAEシステムとなる。

### (2) 計装情報系統CAE

基本的には制御情報系統CAEと同等であるが、このシステムでは機

器単体の仕様についても重要な要素であるので区分した。

### (3) 動力系統CAE

この領域は主としてプラント構成機器、例えば電動機、変圧器、機械類の仕様を表示するドキュメント群であり、プラント構成機器の仕様管理を行う上で重要なCAEシステムである。

### (4) 盤、ハードウェア (H/W) 系統CAE

プラントを監視操作するためのマンマシンインタフェースとしての各種盤、ハードウェアの仕様を表示するドキュメント群とした。

## 3. 信号項目表CAEシステム紹介

信号項目表とは、プラントを構成する制御信号をすべて表現し、更にその信号経路をも表現した、いわば動力でいう単線接続図にも相当するドキュメントであり、多量の信号を有機的かつ正確に把握するためには必要不可欠である。以下、信号項目表CAEシステムの概要を述べる。

### 3.1 信号項目表CAEシステム構成

ハードウェア構成は、図2. に示すように対話入力用端末として、パソコン《MULTI 16 II》とデータ処理用ホスト計算機とからなっている。ホスト計算機と端末側との通信データ量及び通信回数を少なくし、更に漢字表示を可能とするため、端末側にはインテリジェント機能を持つパソコンを採用した。図3. に示すように、このシステムではマスターデータ及び設定データはすべてホスト計算機に持たせる構造とし、データベ

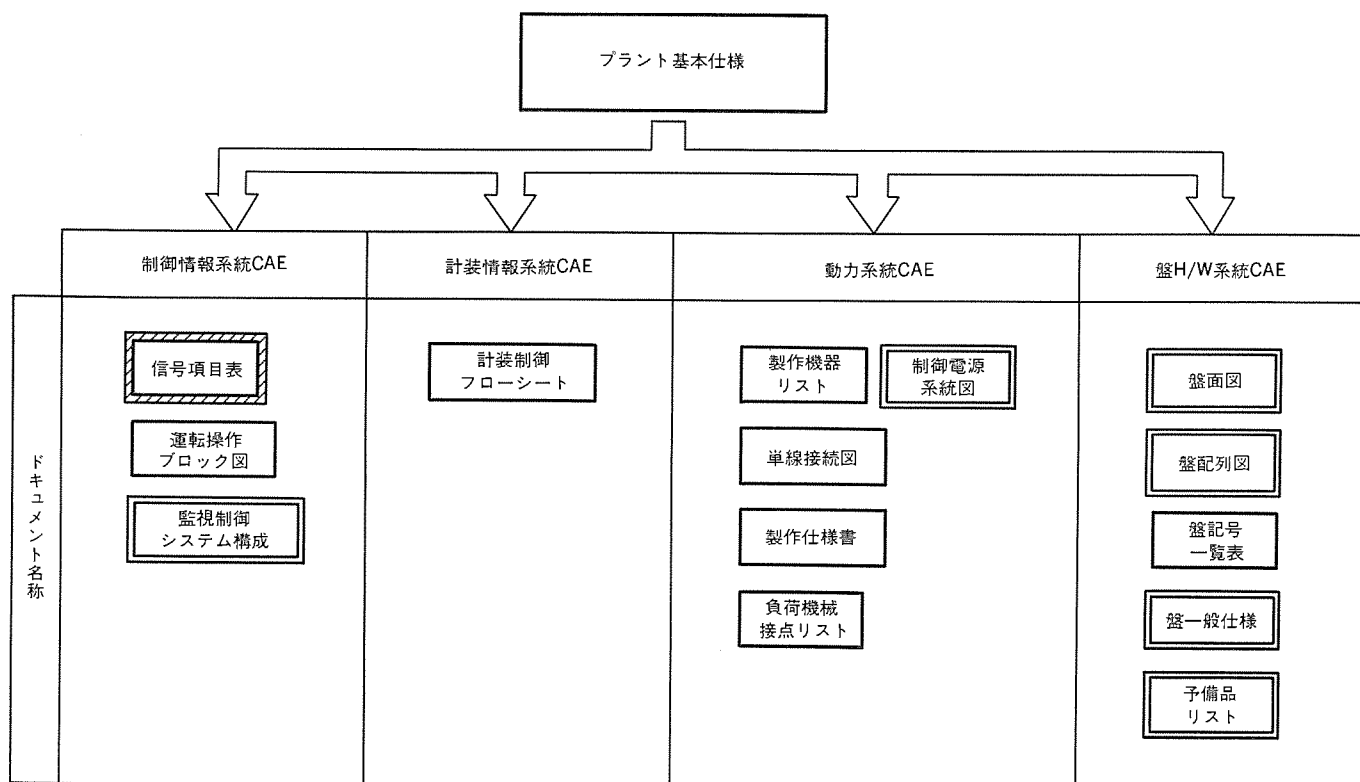
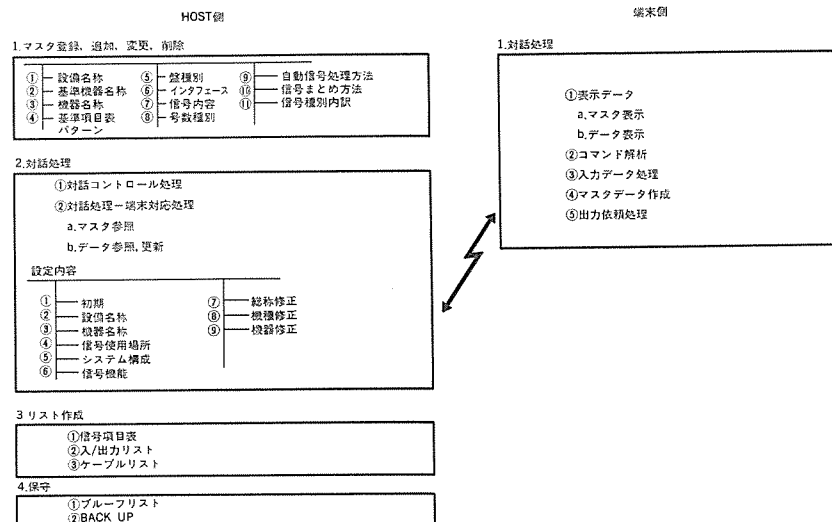
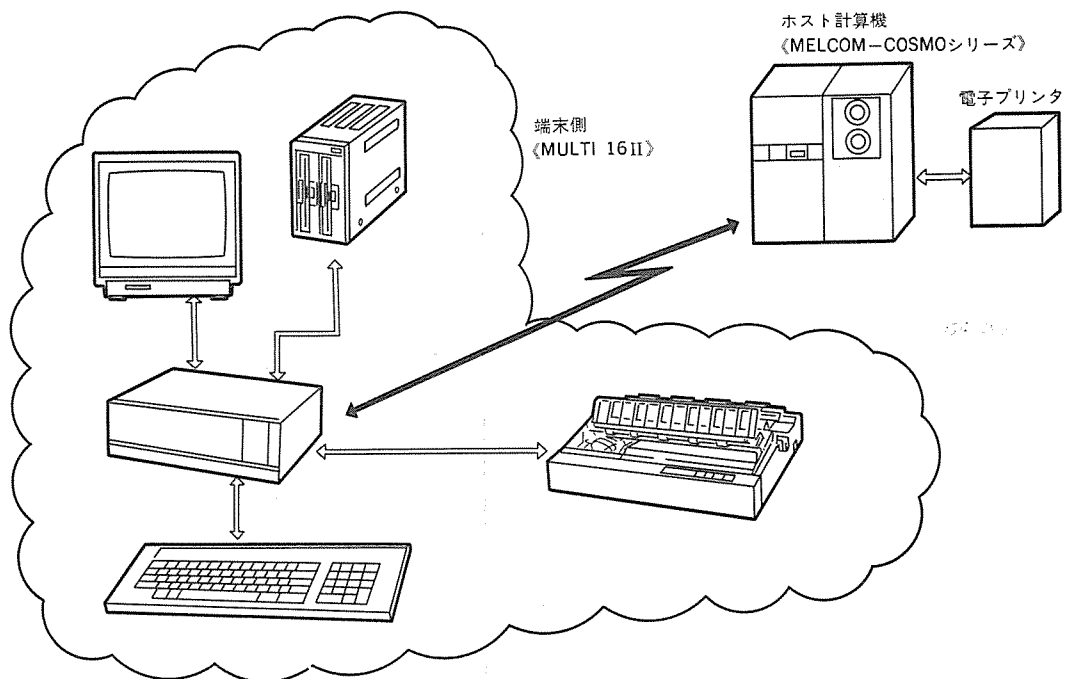


図1. ドキュメント作成CAEシステムフォーメーション



ース化を図り下位展開を可能とした。

## 3. 2 機能説明

### 3. 2. 1 マスタデータ化

アウトプットドキュメントとして漢字出力は不可欠であるが、現在漢字入力が容易に行え、このシステムの要求に適合する端末機がないため、表示データはすべてマスタデータとして登録使用する形式とし、入力作業の簡易化を図った(表 1. 参照)。

### 3. 2. 2 対話入力方式

入力についてはすべて対話形式とし、図 4. に示す二重枠の部分が入力対象画面に対応する。この入力画面ではマスタデータが表示され、順次必要なものを選択することにより、データ設定が可能となるよう工夫し、入力処理の簡素化を図った。

### 3. 2. 3 自動処理

対話入力量を少なくし、作業効率を高める目的で、次に示す自動処理機能を付加した。

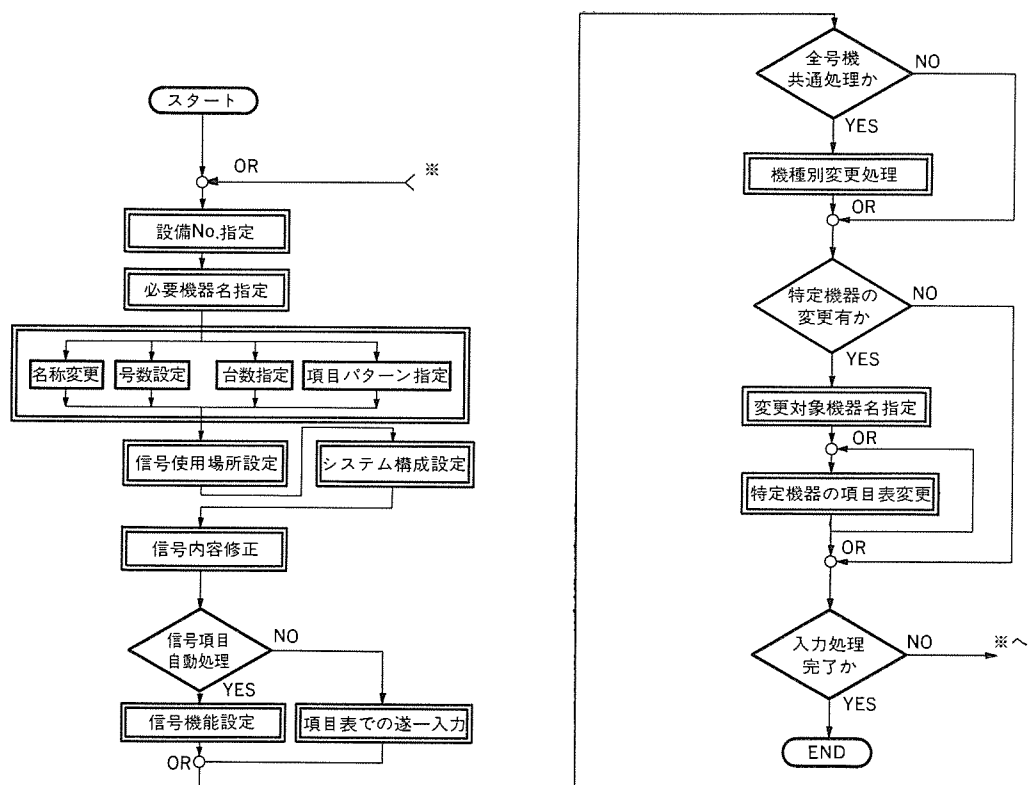


図 4. 信号項目表対話入力フロー

項目名称		操作場所																監視場所																制御場所																備考	
負荷名称	信号内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
0	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F	N.O. 0.1 線路信号機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

図 5. 信号項目表アウトプット例

#### (1) 複数台数コピー機能

信号内容が同一の複数号機については、一度の入力で複数台分作成可能となるよう考慮した。

#### (2) 自動信号配列処理

信号の内容（状態、故障、制御モードなど）により、ハードウェアからみた信号配列を指定通りに自動的に並び替えることを可能とした。

#### (3) 自動入力処理

後に例示するが、信号項目表はハードウェア間の信号経路を表現した

ものであり、ハードウェアごとに必要な信号の仕様を設定することにより、信号経路の整合性チェックも含めて、自動作成可能とした。

#### (4) 自動入出力点数割付け

ハードウェアごとのインタフェース仕様（例えば、何点ごとにグルーピングするかなど）を設定することにより、自動的に端子台あるいはコネクタの配列割付けに相当するリスト出力を可能とした。

以上の機能により作成した信号項目表を図 5. に示す。図において、操作場所、監視場所、制御場所に記載されている略号は盤種別

表 1. 各種 マスタデータ例

設備名称マスタ	
設備名称コード	設備名称
01	受変電設備
02	自家発電設備
03	主ポンプ設備
04	沈砂池設備

機器名称マスタ	
機器名称コード	機器名称
0401	流入ゲート
0402	沈砂掻揚機
0403	沈砂ホッパ
0404	細目除じん機

信号内容マスタ	
信号内容コード	信号内容
01	運転
02	停止
03	準備完了
04	故障

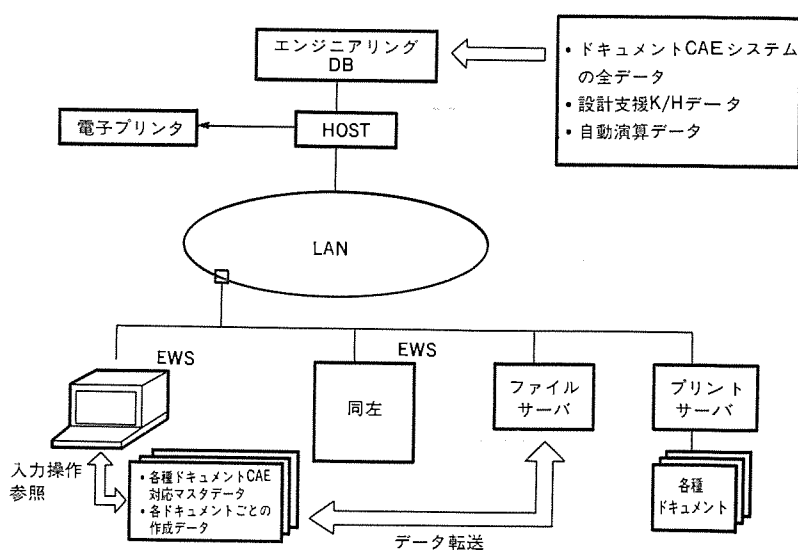


図 6. 今後予想される CAE システム 構成例

表 2. システム 計画, 設計 CAE インフォメーション

文書編集汎用パッケージ		エンジニアリングデータ管理編集汎用パッケージ			システム設計技術支援ツール
機能	文書編集	D/B 編集	参照	データ加工	アプリケーションプログラム
	図面編集		入力・編集		データ加工モジュール
	イメージ編集		作表		
	全データの統合化	D/B 処理	グラフ化	検索	
			構造定義		技術解析シミュレーション
			階層定義		設計支援知識ベース
			レポート作成		H/W設計モジュール
			ファイル処理		S/W設計モジュール
			ユーティリティ		

(例えば、LB=現場盤、MGP=ミニグラフィックパネル……など)を示す。操作場所とは操作可能な盤を意味しており、監視場所、制御場所については信号の入力盤を意味し、図の○印を付した盤にそれぞれの信号が入力されることを示す。本稿では割愛したが、特定の盤について○印を付した信号のみをリスト化した入(出)カリストも出力として準備している。

#### 4. 今後の CAE 化方向

本稿で説明した信号項目表 CAE システムでは、主として表形式の入出力処理であったため、パソコンとホスト 計算機との組合せで実現可能であったが、全ドキュメントの CAE 化を実現するには、文書、図面、

イメージ……などの入出力が容易に行えるハードウェア、ソフトウェア構成が不可欠である。表 2. に CAE 化を実現するために必要と思われる三つの機能について、その概要と関連を示すとともに、今後予想される CAE システム 構成例を図 6. に示し、参考とする。

#### 5. む す び

以上、水処理向けプラント設計書作成 CAE の一環として、信号項目表 CAE システムの概要を述べた。CAE 化の流れは、まだ緒についたばかりであるが、今後とも避けて通ることができない流れでもある。

我々は、CAE システムを充実させるべく、より便利な手法の開発に取り組む所存であり、関係各位の御意見を期待するものである。

## 1. ま え が き

最近の電力機器、電子機器は、高密度化、高機能化及び大容量化の方向に進んでおり、その設計に当っては個々の専門技術を高度化するとともに、複数の専門課題を総合的に検討する必要がある。そのためには、コンピュータを駆使したシミュレーションと設計のパラメータスタディを行うCAE (Computer Aided Engineering) が不可欠である。

一般に、CAEシステムでは製品を試作する前に、目的とする機能や特性を満たすように部品の種類や配置、形状寸法などを総合的に検討し、これらを数値化してコンピュータ上に製品モデルを構築する。次に、この製品モデルの挙動を計算し、その結果をCRT上にディスプレイし、機能評価を実施する。

電力・電子機器の設計では、次の状態をシミュレーションで求める必要がある。

- (1) 物体内部の状態：(a)応力、ひずみ、(b)温度、(c)電界、磁界など。
- (2) 物体外部の状態：(a)流体の流れ、(b)音圧、(c)電界、磁界など。
- (3) 物体の運動状態：(a)変位、(b)速度、(c)加速度など。

これらの状態が単独に現れることはまれで、幾つかの状態が互いにかみあって現れるのが普通である。したがって、CAEシステムを構築するには、階層化されたコンピュータに、個々の専門課題を解く基本ソフトウェア、異なる専門課題を連成して解くコンポーネーション解析用のソフトウェア、共通の入力データ作成・出力データ処理のPre-Post用ソフトウェア及び他の汎用CADシステムとの結合用のソフトウェアが必要となる。

ここでは、電界・磁界解析に関して、入力データ作成 (Pre 処理) と出力データ処理 (Post 処理) の共通化及びPre処理とPost処理の間の複数の電界・磁界解析ソフトウェアの階層化について述べ、構築した電界・磁界解析CAEシステムを用いた解析例を紹介する。

## 2. 電界・磁界解析の内容

## 2.1 対象とする課題

電力・電子機器の開発、改良でよく解析の対象となる課題は、磁束分布、電磁損失、電磁力、電位分布及び電荷分布の五つである。

磁束分布の解析は、①局部磁気飽和、②永久磁石の減磁、などを検討するために行われる。これらは、非線形磁気特性を考慮した解析で検討され、②は永久磁石の保磁力と減磁の大小判定の機能を備えた解析法で検討される。

電磁損失には、①非磁性体内渦電流損失、②磁性体内渦電流損失、③磁性体内ヒステシス損失などがある。これらの問題は、いずれも時間項を考慮した電磁方程式を解くことによって検討することができる。③は磁界と磁束密度が変化するときの履歴形態を詳細に検討し、ヒステシス損失の基本データバンクと照合することによって求められる。

表 1. 解析次元、解析内容別使用頻度

解析次元	解析内容	磁 界				電 磁 波		電 界		
		定常	交流	過渡	永久磁石	波動空間	電界・磁界の混合	定常	交流	過渡
二次元	直交座標	◎	◎	○	◎	△	○	◎	△	◎
	円筒座標					△	△	◎	△	
三 次 元		◎	○	△	◎	○	○	◎	△	△

注 ◎多頻度、○中頻度、△少頻度

電磁力は、①電流、磁束の鎖交による作用力、②磁性体間の磁気吸引力、③渦電流による反発力などがある。①は詳細な磁束分布の計算結果と外部供給電流の外積により求められ、②は磁性体と空気との境界面での磁束密度が特に高精度に求まるよう工夫した高精度解析法により求められ、③は渦電流分布と反作用磁束、外部磁束の外積計算により求められる。

電位分布、電荷分布の計算は、境界条件として電極が与えられる場合と電荷が与えられる場合、更に両者が与えられる場合の三つがある。各々の場合で、異なる電界方程式の数値解析法が必要となる。

## 2.2 解析内容、解析次元別解析頻度

製品の設計や開発で電界・磁界解析が必要となる頻度を解析内容、解析次元別に示すと表 1. のようになる。表 1. の頻度を十分考慮して、ソフトウェアの開発、階層化を行う必要がある。更にこの表から分かるように、二次元解析の頻度が意外に高い。これは、製品設計では、近似モデルで二次元解析を繰返して実施し、製品の概略設計を行った後、三次元解析で細部を検討するためである。

## 2.3 解析方法の高精度、高機能化

製品の高機能化、精密化を進めるには、より複雑な現象をより高精度に解析しなければならない。そのためには、次のような新しい解析を行う必要がある。

- (1) 速度誘起電力により発生する渦電流を考慮した磁界解析
- (2) 磁性体の磁気特性の異方性を考慮した磁界解析
- (3) 回転磁界を考慮した磁界解析
- (4) 電極の電位と帯電荷を同時に考慮した電界解析

このような新しい解析プログラムは、それまでの階層化CAEシステムの基本構造を変えずに、逐次、システムに組み込む。

## 3. 開発した電界・磁界解析CAEシステムの概要

## 3.1 システム構成

このシステムのソフトウェアの構成を図 1. に示す。

## 3.1.1 特 徴

このシステムは、次の点を特に考慮して構成した。

- (1) 計算効率が悪くなりがちな汎用Pre-Postを使用せず、製品別専用Pre-Postを開発して、そのシステム化を行い、Pre-Post処理の効率の向上と適用範囲の拡大を図る。
- (2) 使用ソフトウェアは、設計・研究部門の実情にあわせて自主開

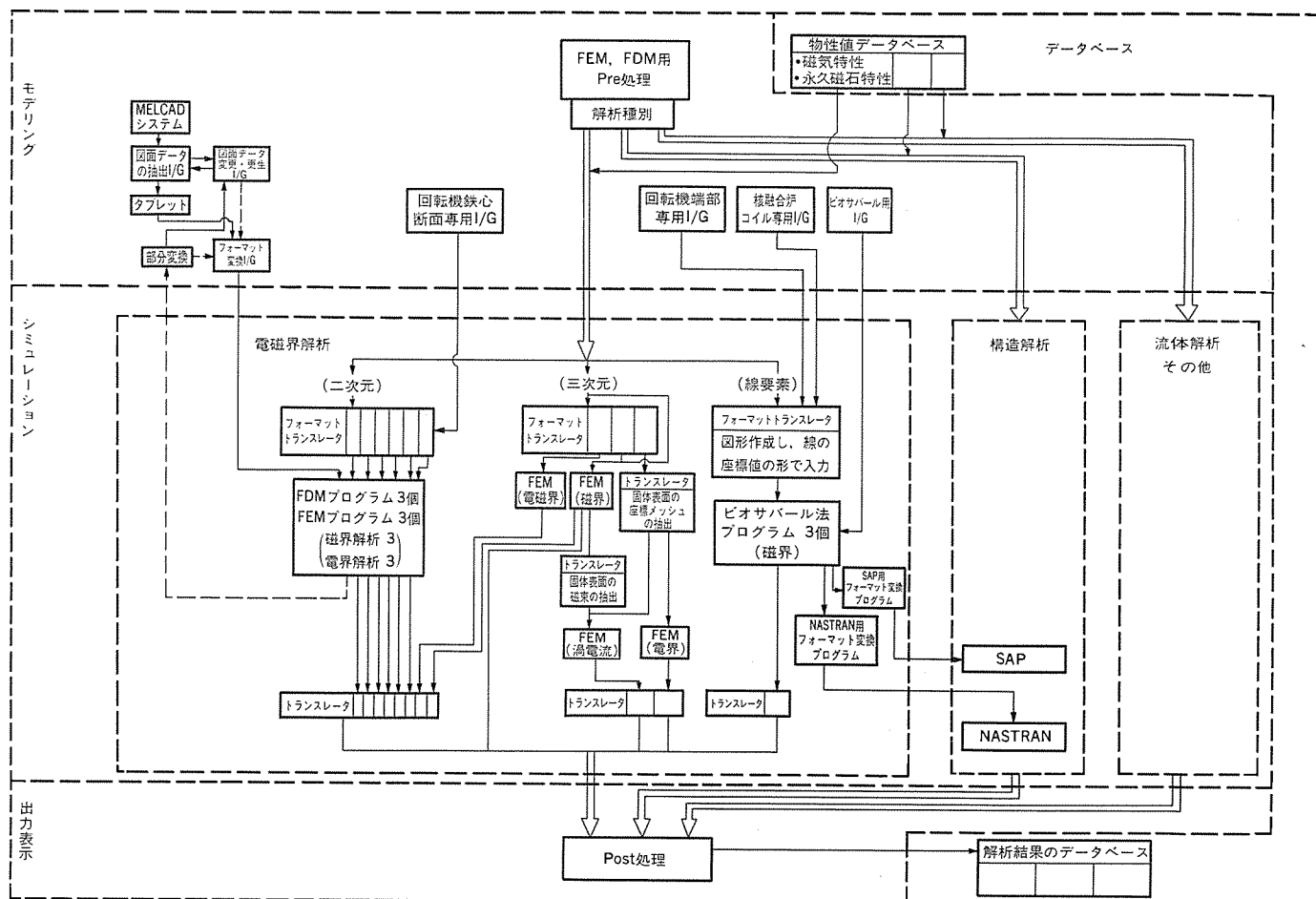


図 1. ソフトウェアの構成

発する。

(3) ソフトウェアの中核をなす基本ソルバーは、2年以上の試用期間を経て、信頼性が十分確認されたものを用いる。

(4) インプットジェネレータ（以下I/Gと言う）には、データを部分変更する再計算の機能を設け、パラメタスタディを迅速に行う。

(5) Pre-Post処理をTSSで、この解析をバッチ処理で実施することにより、計算機を夜間時間帯で有効に利用する。

### 3. 1. 2 ユーザーインタフェース

Pre処理のユーザーインタフェースは、汎用と専用に分け、それぞれを11個の基本ソルバーに連結する。汎用のユーザーインタフェースには、多目的のFEM、FDM用のPre処理プログラムとバイオサバル法用I/Gがある。専用インタフェースは、設計計算の頻度と開発期間を考慮し、重要度の高い次の三つを開発した。

- (1) 回転機鉄心断面専用I/G
- (2) 回転機端部コイル専用I/G
- (3) 核融合炉コイル専用I/G

### 3. 1. 3 《MELCAD》との結合

このシステムは、図面データ抽出I/Gを介して《MELCAD》と結合した。すなわち、図 1. に示すように、《MELCAD》の図形情報ファイルから、A3図面3枚分程度の情報を図面データ抽出I/Gが抽出する。抽出した図面データは、所定のデータフォーマットで、フォーマット変換I/Gを介して、このCAEシステムに送られる。図面データ抽出I/Gは、製品個別に必要となるので、設計頻度の高い製品群にだけ採用する。

表 2. 使用頻度の高い主な使用ソルバーとデータバンク

	機 能
静磁界プログラム (FDM)	電磁石を含む磁気回路の磁界解析 電磁力の計算が可能
静磁界プログラム (FEM)	電磁石、永久磁石を含む磁気回路の磁界解析
渦電流場プログラム (FEM)	渦電流を考慮した磁界解析
静磁界プログラム (バイオサバル・映像法)	単純な鉄心境界を有す空間の磁界解析
静磁界プログラム (バイオサバル法)	無鉄心の三次元空間の磁界解析
静電界プログラム (FDM)	帯電荷と電極を考慮できる電界解析
物性値データバンク	電気鉄板の磁気特性、永久磁石の特性を内蔵

### 3. 2 使用ソルバー

このシステムで用いる基本ソルバーと、専用I/Gに内蔵されている物性値データバンクを表 2. に示す。ソルバーは、矩形に近いものから回転機の断面のように円形のものまで種々の解析対象物に対応できるようにするため、差分法と有限要素法による解析プログラムを備えている。更に、空気中の磁束分布を主に求めるため、バイオサバル法を用いた解析プログラムを備えている。

## 4. 解 析 例

このCAEシステムを用いた解析例を以下に紹介する。

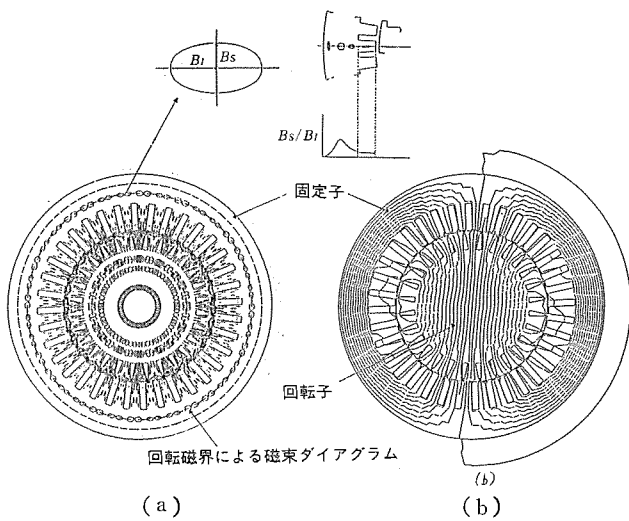


図 2. 誘導機の磁束分布

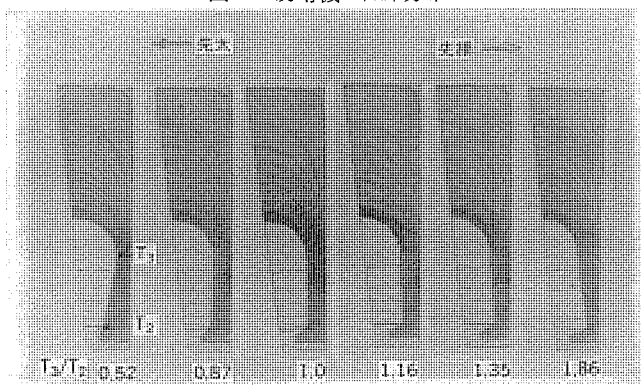


図 3. 誘導機 ティース部の磁束分布

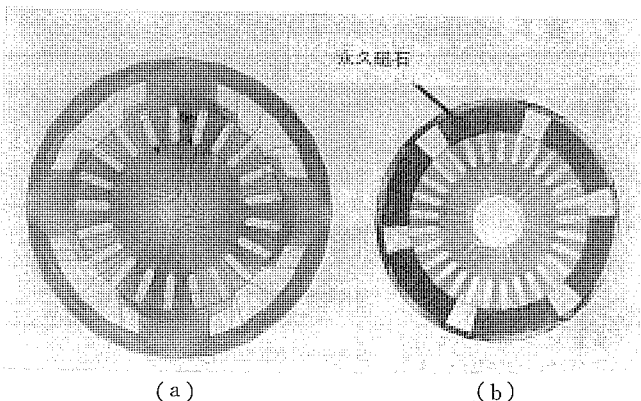


図 4. 直流機の磁束分布

#### 4. 1 最適化, 小形化, 標準化の例

この CAE システムで磁界解析を行うことにより, 種々の電気機器の最適化, 小形化, 標準化を図ることができる。次にその例を示す。

図 2. は, 2 極誘導電動機の磁束分布の解析結果である。図(a) は, 回転磁界による磁束分布の一周期 ダイアグラムであり, 図(b) は瞬時の磁束分布である。これらから, 限られたコスト内で回転磁界による鉄損を最小にするためのコア材, コア形状を選定することができる。

図 3. は, 誘導機のティース形状を変化させた場合の磁束分布の解析結果である。図から, 同一アンペアターン, 同一スロット面積でギャップ部の磁束密度が最大になるようなティース形状を決めることができる。

図 4. と図 5. は, 直流電動機の磁束分布の解析結果である。図

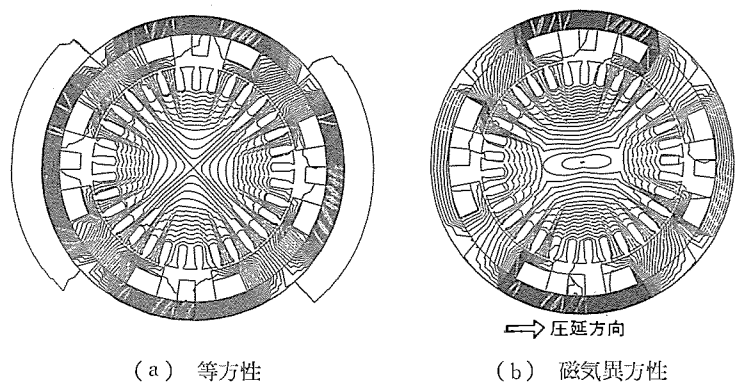


図 5. 磁気異方性の影響の解析例

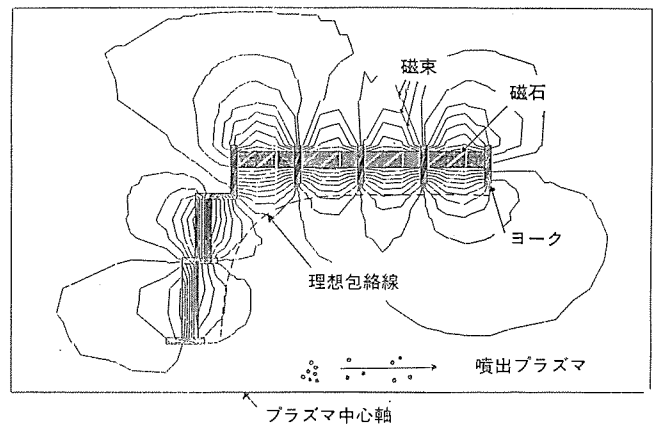


図 6. 人工衛星推進 イオンエンジンのコア内の磁束分布

4. (a) は界磁巻線方式, 図 4. (b) は界磁永久磁石方式の場合の磁束分布であり, 図 4. から与えられた仕様に対して最適な界磁方式が検討できる。また, 各界磁方式において, 励磁アンペアターンが最小で, 電機子反作用が軽減できるコア形状を求めることもできる。図 5. (a) は, 固定子コアに磁気等方性材料を用いた場合の, また, 図 5. (b) は磁気異方性材料を用いた場合の磁束分布である。コアに磁気異方性がある場合には, 左延方向に磁束密度が高くなって, 磁気不平衡が生じる。このため磁気異方性鋼板は, 小形モータへの適用が困難であり, セグメントコアを用いる大形モータにのみ適用できることがわかる。

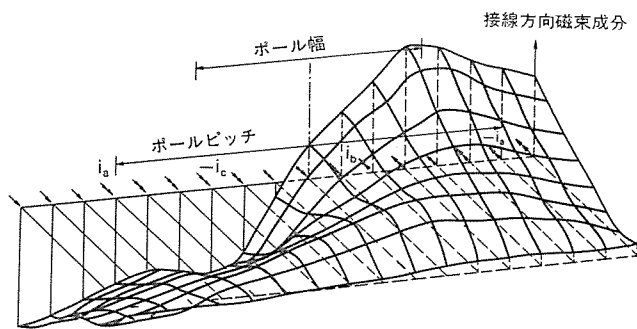
図 6. は, 人工衛星に推進力を与えるイオンエンジンのイオン(噴出プラズマ)の流れを決める磁気コア付近の磁束分布の解析結果である。この結果から, イオンを有効に分布させるため, 等磁束密度線が理想包絡線に近づくように磁石位置, ヨーク形状を求め, イオンエンジンの安定化, 高出力化を図ることができる。

#### 4. 2 コンビネーション解析の例

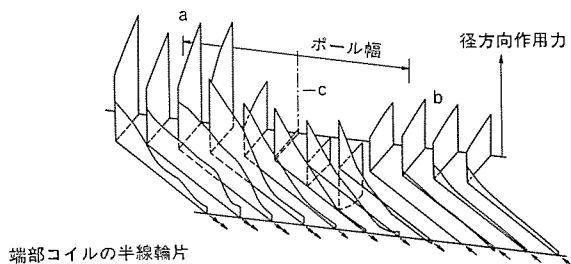
この CAE システムは, 磁界解析と構造解析の両方に適するように対象物を要素分割し, 対象物に作用する電磁力, 変形及び応力を一挙に計算するコンビネーション解析にも展開が可能である。

図 7. は, 6 極同期機のコイル端部の同方向磁束分布と, それによる径方向の作用力と変形を解析した結果を示す。この図には, 端部の 1 ポールピッチ分の磁束分布, 作用力と 6 極分の変形を示している。このように, コイル端部の漏れ磁束を解析し, コイルに作用する電磁力を求め, コイル及びその支持構造物のビーム要素分割情報と共に構造解析プログラム SAP と連成し, コイル支持構造の強度設計ができる。

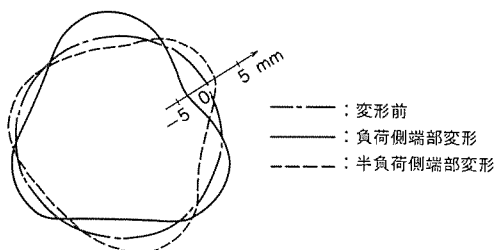
図 8. は, トカマク型核融合炉のプラズマ封じ込めに用いられる D 形



(a) 磁束分布

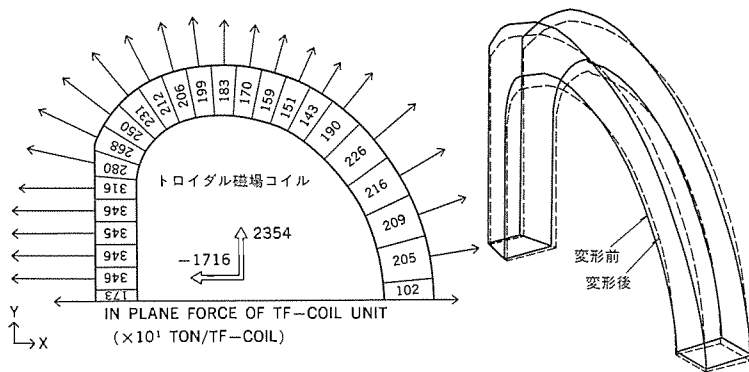


(b) 作用力



(c) 変形 (リード線等により 6 極非対称)

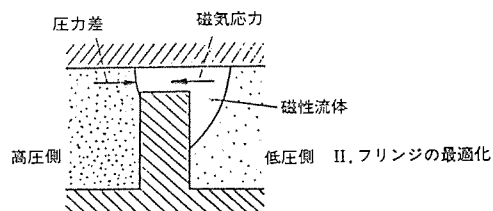
図 7. 6 極同期機の コイル 端部の磁束分布, 作用力と変形 (三相短絡時)



(a) コイル に作用する電磁力 (拡張力成分) (b) コイル の変形

図 8. トカマク 型核融合炉のトロイダルコイルに作用する電磁力とそれによる変形

トロイダルコイルに作用する電磁力と、それによるコイルの変形を解析した結果である。この解析では、プラズマ制御電流によってコイルに発生する電磁力を求め、コイル及びその支持構造物の要素分割情報と共に構造解析汎用プログラム NASTRAN と連成し、コイルの支持構造物に作用する応力分布を詳細に求め、その最適形状を検討するとともに高信頼性化を図ることができる。



I. シールの原理

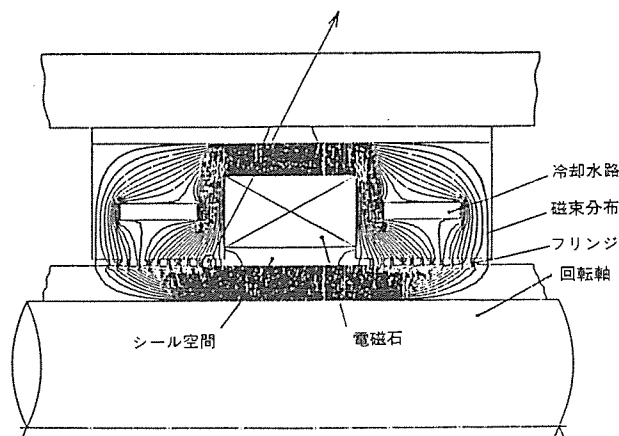
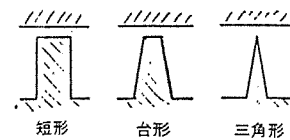


図 9. 磁性流体を用いた回転軸シールの磁束分布

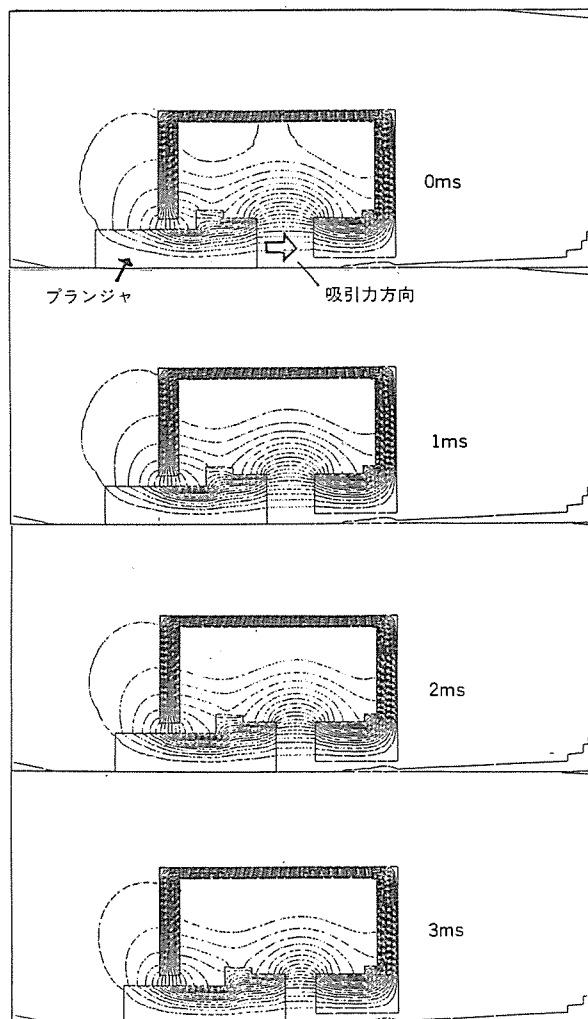
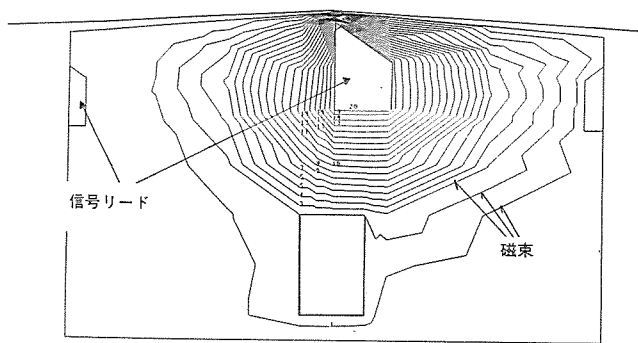
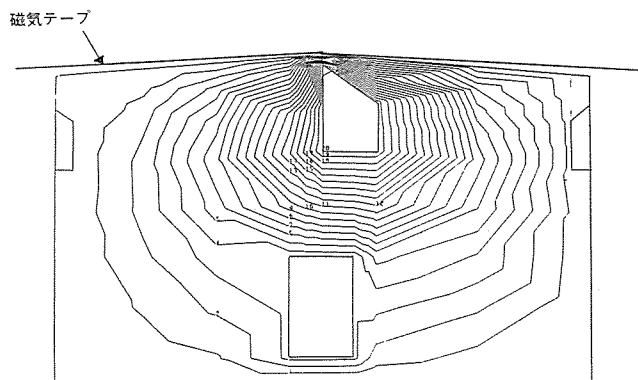


図 10. 遮断器のプランジャ動作時の磁束分布



(a) 7.5 MHz 時特性



(b) 2 MHz 時特性

図 11. 磁気ヘッド特性の周波数依存性

#### 4.3 その他の新しい高機能解析

図 9. は、磁性流体を用いた回転軸シールの磁束分布の解析結果である。これは、磁性流体の保持形状そのものが解析対象となる境界値問題を含む新しい解析の一つである。これから、シール性能を支配する空けき磁束密度が最大となるようなフリンジ形状、磁性流体の選定が可能となり、より耐圧の高いシール構造が開発できる。

図 10. は、遮断器の接点開閉用プランジャの磁束分布の時間的変化を解析した結果である。これは、速度起電力による渦電流を考慮した解析である。これから、プランジャが鉄片に接近する過程での磁気吸引力の変化を求め、プランジャの運動を解析して、小形でしかも応答性の高い機構（例えばコイルの最適配置）を追求することができる。

図 11. は、VTR に用いられる磁気ヘッドと磁気テープ周辺の磁束分布の解析結果を示す。この解析では、ヘッド先端に極小メッシュを設けた数値解析法を採用している。ヘッド内の渦電流を考慮して境界解析を行い、ヘッド先端通過磁束と周波数の関係性を求め、ある周波数帯域における記録能力が最大となるようなヘッド形状を求め、高性能化を図ることができる。

以上のように、この CAE システムは、タービン発電機のような大形電気機器から VTR の磁気ヘッドなど小形の情報記録機器に至るまで、それらの最適化、小形化、標準化のために広範囲に使用され、設計の省力化、高信頼性化に大きく貢献している。

### 5. 今後の課題

#### 5.1 解析の高度化

昨今、電界・磁界問題の数値解析法は、目ざましく進歩してきてい

るが、今後、電気・電子機器の高精度化、高機能化に対処するためには、次に示す強析の高度化が必要である。

- (1) 表面電荷法などの境界分割法（積分方程式法）の開発
- (2) 半無限要素、ギャップ要素、シールド要素などの特殊境界条件が考慮できる解析法の開発
- (3) 磁区を考慮したマイクロフィールドアナリシスの開発

また、解析法の開発に伴い、Pre 処理、Post 処理にも、次項の開発が課題となる。

- (1) 境界分割法用 Pre 処理プログラムの開発
- (2) 特殊境界条件の境界を色別する Post 処理プログラムの開発

#### 5.2 三次元 CAD との結合

三次元 CAD の現在主流の方式は、基本ブロック要素を AND・OR で積み重ねる、いわゆる重ね合せ法である。この三次元 CAD と、この CAE システムを結合した場合、設計計算の入力データ作成の省力化の観点から、大きな効果は期待できない。この三次元 CAD よりも、むしろ二次元 CAD で作成した複数の図形情報を三次元に組み立てる CAD の方が、設計計算の省力化の点で有効である。このような CAD と CAE の結合が今後の課題となる。

#### 5.3 機能評価の自動化

この CAE システムを含め、従来の CAE システムは、最適設計を行うための評価機能を持たず、強析結果の良し悪しは、設計者が評価判断している。今後の CAE システムには、この設計者の評価行為の一部を実施できる次の機能をもつことが望まれる。

- (1) 目標の最適設計からのずれを算出して、ずれ量に応じて寸法や定数を修正し、最適設計を追求する反復計算を自動的に実施する。
- (2) データベースを蓄積し、評価に必要なデータを迅速かつ正確に抽出する。

### 6. む す び

- (1) 企業の実情に合うよう工夫した電界・磁界解析 CAE システムを開発した。このシステムの特長は次のとおりである。

- (a) 汎用 Pre-Post と製品別専用 Pre-Post を備え、用途に応じて両者を使い分けられるようにしてある。
- (b) 図面データ抽出 I/G を介して、《MELCAD》と結合している。
- (c) 構造解析とのコンビネーション解析用ソフトウェアを階層化して内蔵している。

- (2) この CAE システムを用いて、回転機断面の回転磁界下の磁束分布の強析、核融合コイルの電磁力、変形の解析、磁性流体の保持形状、シール耐圧の境界値問題の解析、遮断器の遮断過渡時の吸引力の解析、VTR ヘッドのコア磁束の周波数依存性の解析などが実施できる。

- (3) 今後、CAE システムをより高度化、高機能化するためには、次の課題を解決していく必要がある。

- (a) 表面電荷法などの境界分割法の開発
- (b) 半無限要素、ギャップ要素、シールド要素などの特殊境界条件が考慮できる解析法の開発
- (c) 磁区を考慮できるマイクロフィールドアナリシス
- (d) 境界分割法用の Pre 処理プログラムの開発
- (e) 特殊境界条件の境界を色別する Post 処理プログラムの開発
- (f) 三次元《MELCAD》との結合

# CAEワークステーションによる 対話形電子回路シミュレーション

新保信太郎\*・村井正弘\*・清水俊昭\*・筒井俊明\*\*

## 1. ま え が き

ICの集積度は年々増加し、このようなIC、LSIを短期間に開発することが時代の要請となっている。このため、計算機を利用した設計技術(CAD: Computer Aided Design)が盛んに開発され、実際の設計に適用されてきている。特に、IC、LSIの特性を支配する回路設計においては、IC特性を予測し、早期に回路設計不良の摘出を可能にする回路シミュレータが重要な設計ツールとなっている。

この論文では、回路設計・シミュレーションを対話形式で効率良く進めるために、①回路特性の高速シミュレーション手法の例、②設計者と計算機とのインタフェースにグラフィックデータが利用できるCAEワークステーション(Computer Aided Engineering Workstation)を用いた対話形回路シミュレーションシステムなどにつき述べる。

## 2. 回路シミュレータの役割

回路設計の目的は、所要の回路特性を満たす回路構成とデバイス特性を決定することである。どのような回路構成にするかということは設計者の思考的活動に依存し、ある回路構成とデバイス特性を仮定したとき、どのような回路特性を示すかを確認するために回路シミュレータが使用される。図1は、リニアICの開発設計工程における回路シミュレータの位置づけを示したものである。従来は、ブレッドボードシミュレーションと呼ばれ、ICチップの内部に組み込まれるトランジスタと等価なトランジスタなどを用いて、回路を組み立てるハードウェアシミュレーションが用いられてきたが、特にデバイスの微細加工が進んだ高周波、低消費電流用ICでは全く無意味となり、回路シミュレーションのみが回路設

計の検証に対する有効な手段となっている。

回路シミュレータは、図1に示すように回路接続情報とデバイス特性にもとづきIC特性を解析するシミュレータである。したがって、回路シミュレータは主として、①設計結果の確認、②複数の設計案又は設計パラメータの選択などの目的により利用されている。

回路シミュレータの基本解析機能は、①DC解析、②AC小信号解析、③過渡解析(時間域解析)である。モデル化されているデバイスは、抵抗、キャパシタ、インダクタ、ダイオード、バイポーラトランジスタ、MOSトランジスタ及び接合形電界効果トランジスタである。現実の回路シミュレーションが行われている回路規模は、約300素子以下である。また、特性的に微妙な部分の回路ブロックのみを抽出してシミュレーションを行う場合がある。

## 3. 回路シミュレータに要求される条件

回路シミュレータが回路設計用ツールとして威力を発揮するための必要条件は、次のとおりである。

### (1) 短いターンアラウンドタイム

シミュレーションを開始してから結果を得るまでの時間(ターンアラウンドタイム)が短いことである。必要な技術課題は高速計算手法である。

### (2) 解析機能の充実

基本解析機能のほか、ICの歩留向上設計のために、パラメータのばらつきによる特性分布を解析する統計解析、及び回路中の最大と最小の時定数の比が大となるスティッフな回路の過渡解析が安定に実行できる機能などが必要である。

### (3) 入出力機能の充実

回路の記述及び修正を容易にすること、更に設計者が思考判断を容易に進めることができるように、シミュレーション結果を見やすくすることが実用上重要である。このため、入出力にグラフィック端末を利用した対話機能をもたせる必要がある。

### (4) デバイスモデルの高精度化

シミュレーション結果の精度は、デバイスモデルの精度に依存する。実際のデバイスの特性を、等価回路及びモデル式により精度良く表現することが課題である。

### (5) デバイスライブラリの蓄積

トランジスタのモデルパラメータ値は、トランジスタの実測の特性とモデル式にもとづく特性とがよく一致するように、計算機を用いたパラメータフィッティングにより定められる。対象プロセス構造と平面形状に対応したモデルパラメータを、ライブラリとして蓄積しておくことが実用上重要である。

## 4. 回路の高速シミュレーション手法

回路シミュレーションを実行する場合、次のような問題が生じ、シミュレーションの能率が著しく低下する。①回路規模の大きさ、回路動作の複雑性により解析が困難となる。②時間域解析において、回路動作が定常状態に安定するまでの不要なシミュレーション時間を要する。③

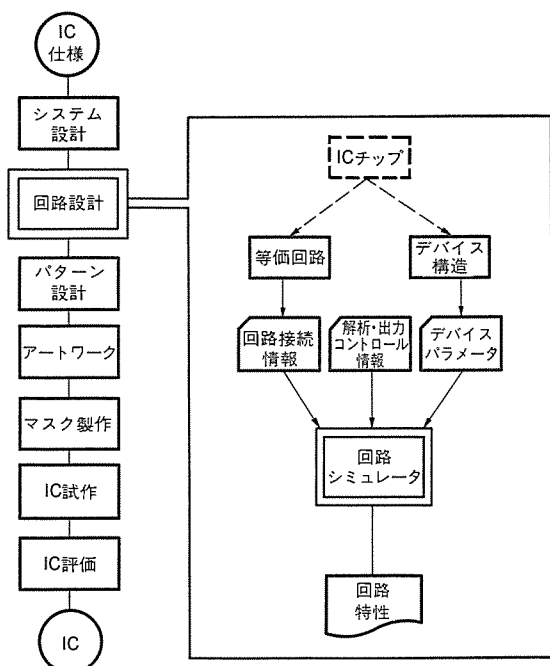


図1. リニアIC開発設計工程と回路シミュレータの役割

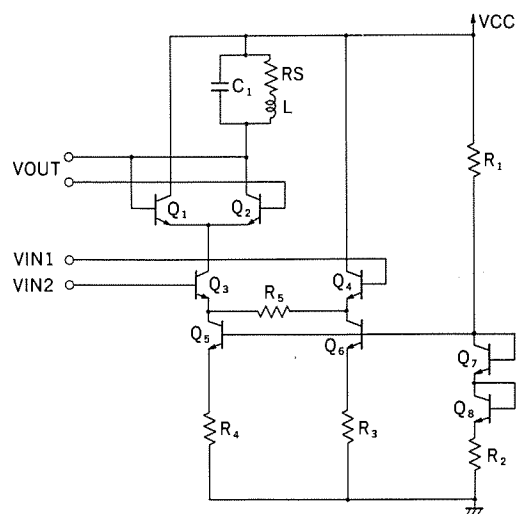


図 2. LC 方式電圧制御発振器

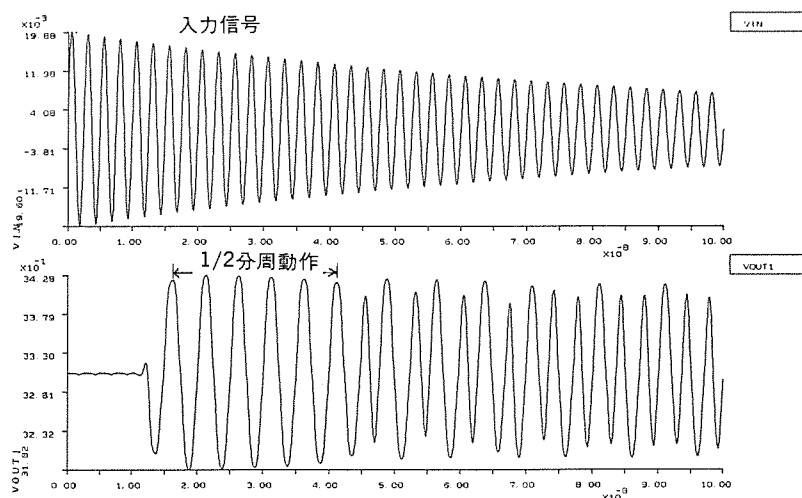


図 4. 1/2 分周電圧の シミュレーション 結果

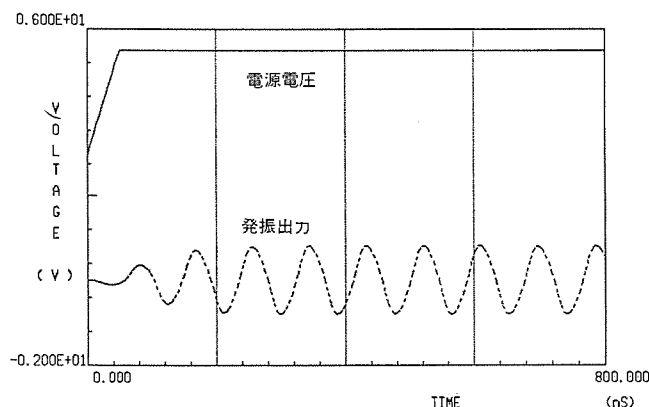


図 3. 発振出力電圧の シミュレーション 結果

所望の回路特性を得るために、同一シミュレーション方法を繰返す。

ここでは、上述の問題を解決する高速シミュレーション手法の例につき、代表的な回路シミュレーションプログラム SPICE 2<sup>(1)</sup> を用いた場合について記す。

#### (1) DC 解の収束方法

トランジスタ、ダイオードなど非線形デバイスを含む DC 解析においては、非線形連立方程式  $f(x)=0$  の求解が含まれる。この解法は Newton 法を基本としている。Newton 法は、適当な初期近似解  $x_0$  をもとに次式で表される反復演算

$$x_{k+1} = x_k - J^{-1} \cdot f(x_k), \quad J \triangleq \partial f(x_k) / \partial x_k$$

を繰返し、収束判定条件として  $|x_{k+1} - x_k| / |x_k|$  が十分小さくなったとき、解が収束したとみなす方法である。ここに、添字  $k$  は反復の回数を表す。

実際の回路では、初期近似解がかなり真の解に近くないと収束しない場合がある。このとき、収束判定条件を緩和したときの解を求め、それを初期近似解とし真の解を求めることができるケースがある。

#### (2) 過渡解の解法

過渡解析は、回路の動特性を表す常微分方程式において、微分オペレータ  $d/dt$  を台形法と呼ばれる数値積分公式で近似した非線形方程式を解く問題となる。このとき、時間刻み幅の自動コントロール方法

として、①ノード電圧の打ち切り誤差の比較にもとづく方法、②収束したときの反復計算回数の比較にもとづく方法がある。方法②では、タイムポイント  $t_{n-1}$  において収束したときの反復計算回数  $m$ 、 $t_n$  において  $m'$  であるとき時間刻み幅  $h_n = t_n - t_{n-1}$  で、タイムポイント  $t_{n+1}$  における時間刻み幅  $h_{n+1}$  は  $m' \geq m$  ならば  $h_{n+1} \leq h_n$ 、また  $m' < m$  ならば  $h_n < h_{n+1} = TMAX$  を満たすように自動的に設定される。ここに、 $TMAX$  は入力データとして指定する最大時間刻み幅である。

方法②により解が得られない場合でも、方法①にもとづいて容易に解くことができるケースがある。

#### (3) 発振回路の定常周期解の高速シミュレーション方法の例

図 2 は LC 方式の電圧制御発振器の一例である。この回路の高速シミュレーション方法としては、差動対トランジスタ  $Q_1, Q_2$  において  $Q_2$  のコレクタに LC 回路が接続されているため、電源電圧として図 3 に示すステップ電圧を印加することにより、立上り 50 ns ( $\cong$  発振周期  $/2$ ) の期間中  $Q_1, Q_2$  のコレクタ電流がアンバランスとなり、発振起動状態となることを利用する。この方法により、発振電圧の定常周期解は同図に示すように約 3 周期後に得られた。

#### (4) 入力感度特性のシミュレーション方法の例

図 4 は、1/2 分周器において周波数 400 MHz の入力信号を印加した場合の出力応答のシミュレーション結果である。図示のように、入力感度を求めるため入力信号電圧の振幅がある時定数にもとづき減衰する信号を印加することにより、1 回のシミュレーションにより入力感度 26.9 mV p-p が得られる。

### 5. CAE ワークステーションを用いた回路シミュレーション

3 章において、回路シミュレータの重要課題の一つは、入出力機能の充実であることを述べた。ここでは、CAE ワークステーションを利用した対話形回路シミュレーションについて記す。

#### 5.1 回路シミュレータの利用方法

回路シミュレータは次の方法により利用されている。まず、人手で描いた回路図において、回路素子に対し素子名をつけ、更に同電位の信号線を抽出し、信号線を区別するための信号名を割り当てる。次に、素子名及び信号名を用いて回路の接続情報を記述したデータなどを作成し、それらをキャラクタ端末を使用して計算機に入力する。

シミュレータはこの情報を読み込み、シミュレーションを実行する。その結果はリスト形式で出力されるか、あるいはグラフィック端末上にグラフ形式で表示される。シミュレーション結果にもとづき、必要ならば最適な回路特性を得るまで、回路素子のパラメータ値の変更や回路接続情報の変更と回路シミュレーションとを交互に複数回、繰返す。ここで、回路素子のパラメータ値及び回路接続情報の変更は、キャラクターデータの修正により行われる。

上述のような回路シミュレータの利用方法においては、次の問題があり、効率の良い利用方法ではない。

- (1) 回路設計を行う場合、回路素子及びその相互接続関係を図形すなわちグラフィックデータとして取り扱うが、回路シミュレータを利用する場合には、それらをキャラクターデータに変換する必要がある。
- (2) キャラクタ端末及びグラフィック端末など、複数種類の入出力装置を必要とする。

したがって、上述の問題を解決するために、設計者と計算機とのインタフェースにグラフィックデータが利用できるCAEワークステーションを導入し、対話形回路シミュレーションシステムを構築した。

## 5.2 対話形回路シミュレーションシステム

図5.にCAEワークステーションの外観を示す。CAEワークステーションは、タブレット、19インチ高解像度ビットマップディスプレイ及び32ビットアーキテクチャCPUから構成されており、通信回線を介して大形計算機と接続されている。

図6.は、CAEワークステーションを用いた対話形回路シミュレーションシステムのソフトウェア構成である。図中、回路シミュレータのみが大形計算機上で走り、その他のプログラム及びファイルはCAEワークステーションで管理されている。

あらかじめCAEワークステーションに登録しておいた回路素子、及び配線などを回路素子のライブラリメニュー、ファンクションキー及びタブレットなどを用いて対話的に入力していく。この過程でディスプレイ上に、入力した図形が表示され、回路図の図形データを格納するデータベースが構築される。図7.に対話入力された回路図の出力例を示す。CAEワークステーションは、回路図データから自動的に同電位の信号線を抽出し、信号名を割り当てて回路シミュレータ用の回路接続情報を作り出す。回路シミュレータは、この回路接続情報、解析・出力コントロール情報、及びトランジスタモデルパラメータなどを含む入力データを読み込み、計算を実行し、その結果は計算結果データファイルに格納される。必要ならば、同一ディスプレイ上で回路図及び計算結果のグラフ表示を行うことができる。図8.は、図7.に示す1/2分周器の自走発振電圧のシミュレーション結果の出力例である。

このシミュレーション結果から判断して、必要ならばディスプレイ上で回路素子のパラメータ値又は回路接続の変更を行い、再び回路シミュレーションを実行することができる。

このシステムの入出力機能上の主要な特長は次のとおりである。

- (1) 回路シミュレータ用の入力データのうち、解析・出力コントロール情報を対話形式で入力することができる。
- (2) 指定の回路素子群のパラメータ値を、同時に一定の割合で変化



図 5. CAE ワークステーションの外観

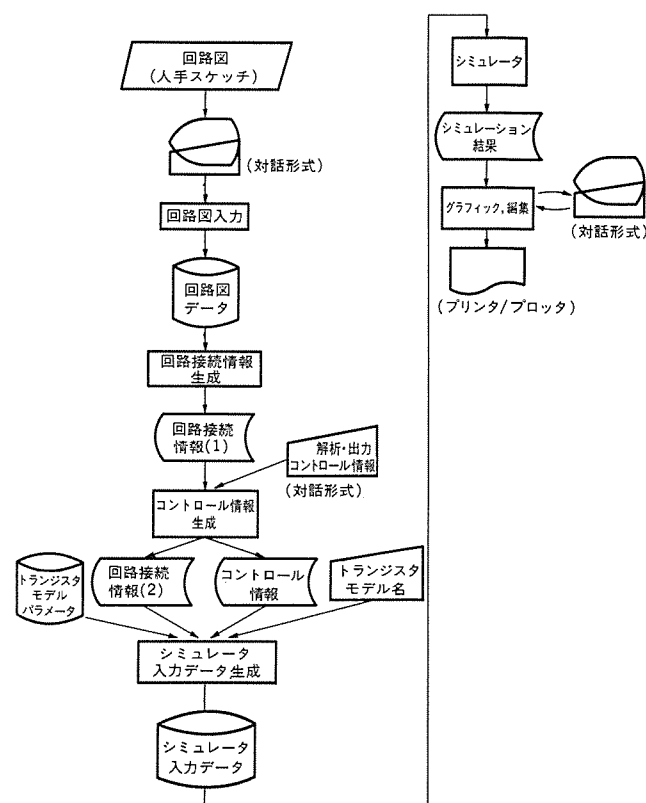


図 6. 対話形回路シミュレーションシステムのソフトウェア構成

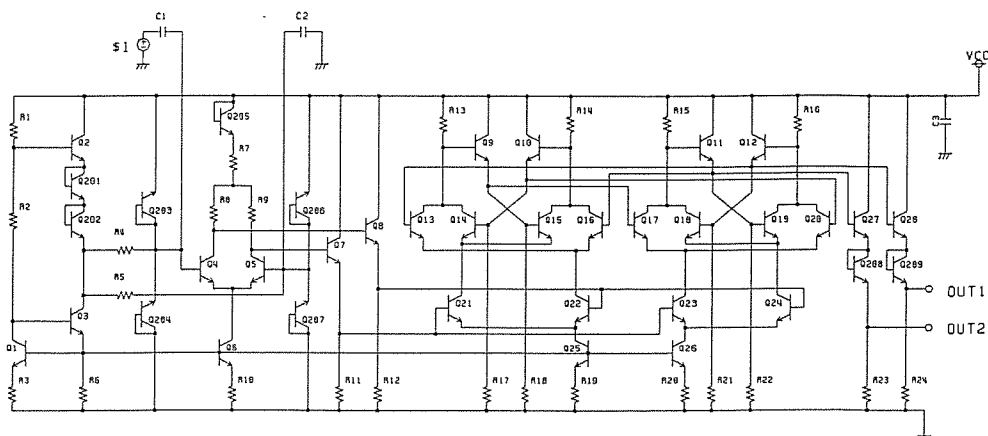


図 7. 回路図出力例

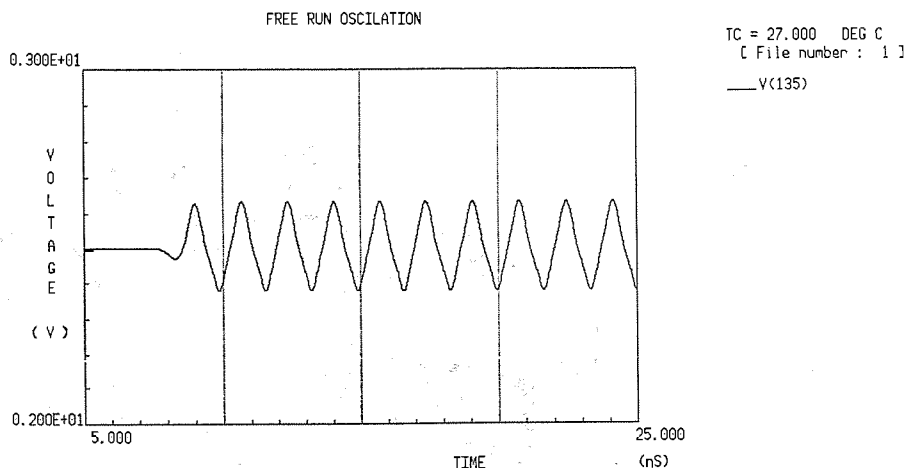


図 8. 回路 シミュレーション 結果, 出力例

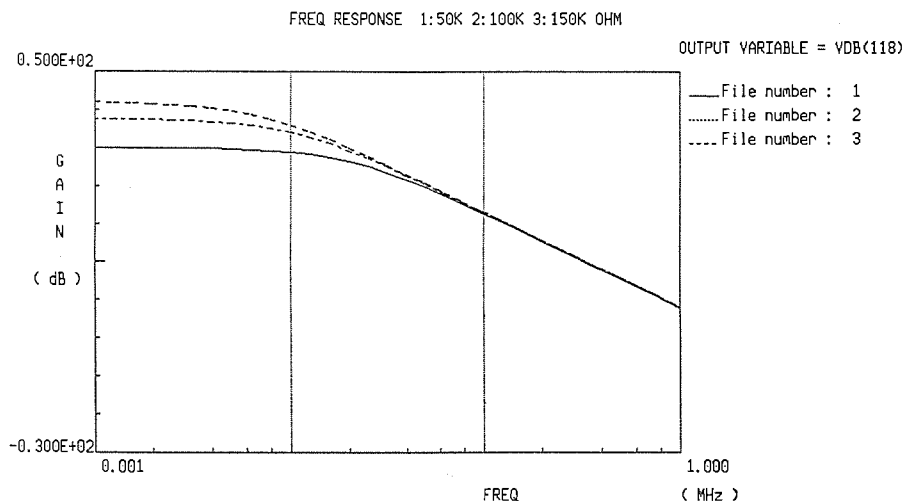


図 9. 回路 シミュレーション 結果の比較表示, 出力例

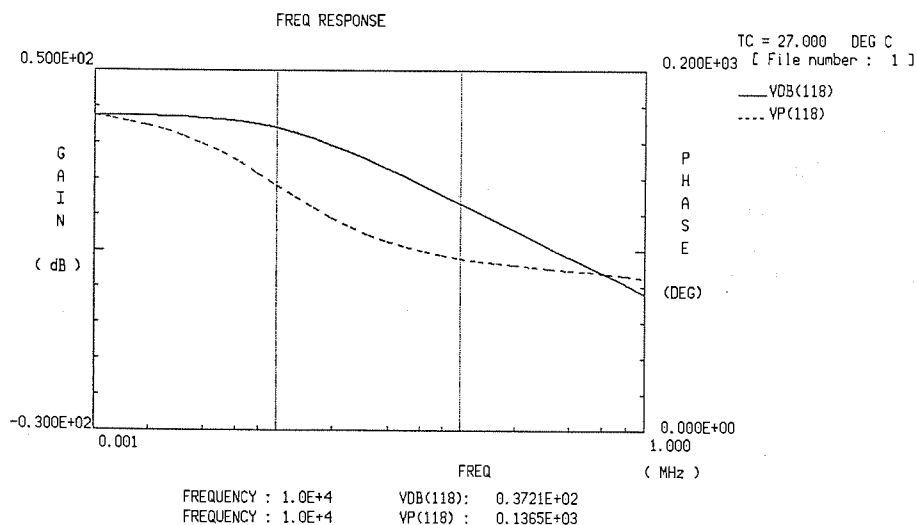


図 10. 回路 シミュレーション 結果の グラフ・特性値表示, 出力例

させることができる。

(3) 回路素子のパラメータ値を変化させ、シミュレーションを行った結果を、対話形式で図 9. のように同一グラフ上に比較表示することができる。

(4) シミュレーション結果のグラフ表示において、対話形式で図 10. のように任意のポイントにおける特性値を表示することができる。

(5) 過渡応答のグラフ表示において、入力に対する出力の伝搬遅延時間を対話形式で解析、表示することができる。

したがって、ある程度の規模の回路の場合、ディスプレイに向かって対話しつつ、回路図をグラフィックデータとして扱うことにより、回路の最適設計を効率良く行うことが可能となる。

また、このシステムを用いた場合、回路シミュレータ用の入力データを作成し、計算機へ入力するのに、従来方法と比較して 40～50 % の人工が削減できるという結果が得られている。

## 6. む す び

回路の高速シミュレーション手法の例について述べるとともに、設計者と計算機とのインタフェースに CAE ワークステーションを利用し、更に回路設計・シミュレーションを効率良く進めることができるよう改善した対話形電子回路シミュレーションシステムについて記した。

IC, LSI の高性能化を図るために、寄生容量・抵抗などレイアウト設計から得られる情報を回路図へ反映し、より高精度の回路シミュレーションを対話形式で行うことができるシステムが今後必要になってくるものと考ええる。

## 参 考 文 献

- (1) Laurence W. Nagel: A Computer Program to Simulate Semiconductor Circuits, Memorandum No. ERL-M 520 (1975-5)

# CAE用スーパーミニコンピュータ 《MELCOM 70 MX/3000》のハードウェア

下 間 芳 樹\*

## 1. ま え が き

近年の計算機技術の進歩は著しく、その応用分野は拡大の一途をたどっており、ミニコンピュータにおいてもCAD/CAM/CAT, CAE (Computer Aided Engineering), LA (Laboratory Automation), 画像処理, 通信 ネットワーク 制御などの先端的応用分野で急速にニーズが高まっている。

これらの分野では、図形、画像、イメージ、漢字、音声などの高度かつ大容量の情報を扱い、それらに対する高度な技術計算能力が要求されている。また、ソフトウェアの面でも、使いやすく生産性の高いソフトウェア 開発環境と流通 ソフトウェア を利用できる環境が求められている。

《MELCOM 70 MX/3000》(以下、M 70 MX/3000 と称す) は、企業の エンジニアリング 部門や大学・研究所の各部門での先端的应用に適したマルチユーザー 指向の「32 ビット 部門 コンピュータ」として、最新の高速化テクノロジーを採用し、更に、米国ベル研究所で開発されたUNIX と、リアルタイム OS とを融合させたオペレーティングシステム“OS 60/UMX”を搭載したスーパーミニコンピュータである(図1.)。

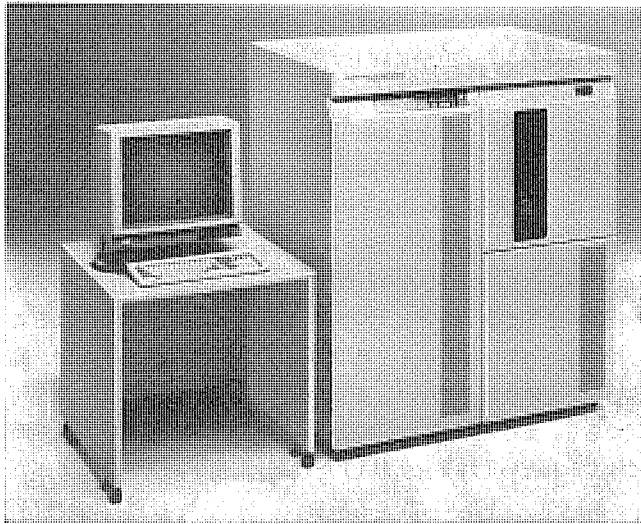


図 1. 《MELCOM 70 MX/3000》の外観

## 2. 特 長

M 70 MX/3000 システムの主な特長は以下のとおりである。

### (1) UNIX 環境を提供

UNIX (OS 60/UMX) をサポートしているので、ソフトウェアの開発に生産性の高い開発支援ツールが利用できる。またFORTRAN 77 会話形デバッガ、日本語処理パッケージ、リレーショナル形データベース技術計算パッケージなど、使いやすく、豊富なソフトウェアが用意されている。

### (2) 高速演算処理性能と拡張性

高性能中央処理装置(BPU: Basic Processing Unit)に加えて、大容量キャッシュメモリ、スレーブプロセッサ及び科学技術計算プロセッサなどのオプションにより、高速演算処理性能を有している。

また、コモンメモリ、ディスクのデュアルアクセス機構などにより負荷分散システム、高信頼化システムなどシステムの目的、規模に応じたシステムを構成することができる。

### (3) 大容量の情報処理に適した32ビットマシン

大規模なプログラムと多量のデータを扱うために、32ビットアーキテクチャを採用した。論理アドレス空間、主記憶実装とも64Mバイトまでサポートしシステムの拡張に十分対応できる。

VS (Virtual Strage) 機能をサポートし、主記憶サイズを気にせずによりプログラムの開発を可能とした。

### (4) 豊富な入出力機器とインタフェース

20 インチカラーグラフィックCRT、日本語処理をサポートするインテリジェント端末などの入出力装置、通信制御装置、汎用インタフェースなど豊富な機器をサポートしている。

### (5) 充実したネットワークレパートリー

DDX 回線交換/パケット交換網、《MELNET R 32》ローカルエリアネットワークなど、広域/構内ネットワークを構成するためのレパートリーが充実している。

### (6) コンパクトな実装

表 1. 《MELCOM 70 MX/3000》の仕様

主メモリ	記憶素子	MOS-IC
	最大容量	8/16MB (増設単位 2MB)
	実効サイクルタイム	500ns/8バイト
	誤り制御方式	ECC
コモンメモリ	メモリ保護機構	16レベルリング保護機構
	最大8台のCPUからの共有可能 その他の仕様は主メモリに準ずる	
演算部	論理素子	LSI, MSI, SSI
	制御方式	マイクロプログラム
	命令	命令数 450種
		形式 RR, RI, RX, RS, SI, S, SS, RRE, RSE
		語長 2, 4, 6, 8バイト長
	データ形式	16, 32ビット固定小数点データ 単精度, 倍精度浮動小数点データ 固定長論理データ(ビット, バイト, ワード, ダブルワード) 可変長文字データ 10進データ*
専用プロセッサ	アドレス方式	ページ方式
	レジスタ	24 (32ビット)
高速メモリ (SP用)	最大容量	2MB (増設単位 0.5MB)
	実効サイクルタイム	250ns/8バイト
キャッシュ*	128KB (32KB ダイナミック 96KB スタティック)	

注 \* オプション

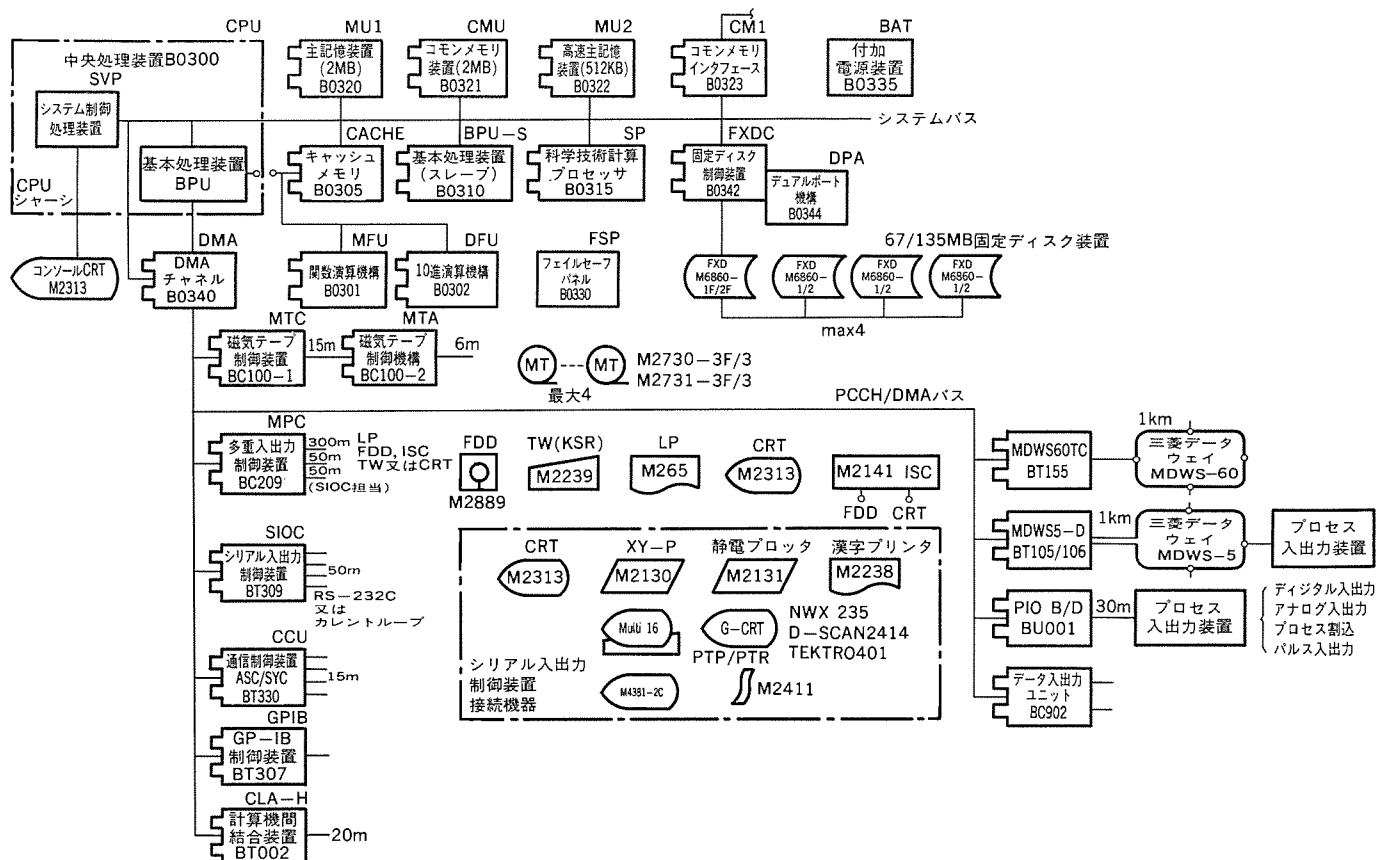


図 2. 《MELCOM 70 MX/3000》のシステム構成

専用 VLSI など最新のハードウェアテクノロジーを採用し、コンパクトなディスプレイタイプも揃えている(表 1.)。

### 3. システムの構成

M70 MX/3000 のシステム構成を図 2. に示す。M70 MX/3000 は負荷分散指向に基づいて設計されており、高速データ転送を行うシステムバスに BPU、チャネル、メモリなどが接続される構成となっている。コモンメモリインタフェースを介してシステムバス相互の接続も可能であり、最大 8 台の BPU による複合計算機システム構成まで可能である。低速の入出力装置は PCCH/DMA バスに接続される。

#### 4. ハードウェアシステム

#### 4.1 BPU

BPU には 8 K ゲート CMOS ゲートアレイ、256 K ビット DRAM など最新のハードウェアテクノロジーを採用し、高速の 32 ビットプロセッサを実現した。BPU の演算処理時間は加減算命令、125 ナノ秒、三角関数 SIN、COS などの関数命令は 7 マイクロ秒と高速である。システムバスは 64 ビット幅のデータ転送能力により最大 32 M バイト/秒のスループットを有し、高速の入出力装置の接続を可能としている。また BPU には以下に述べるキャッシュメモリ、科学技術計算プロセッサ、高速主記憶、複合計算機構成など豊富なオプションが用意されている。

#### 4.2 キャッシュメモリ

M 70 MX/3000 には オプション として 128 K バイト の大容量 キャッシュメモリ を付加することができる。32 K バイト は ダイナミックキャッシュ、96 K バイト は スタティックキャッシュ である。ダイナミックキャッシュ は、いわゆるキャッシュメモリ であり、主記憶の頻繁に アクセス される部分の コピー を高速のメモリ上に保持するもので、一定の入替えアルゴリズムで内容が

書換えられる。ダイナミックキャッシュは、プログラムを作成する際、一切意識する必要はなく、キャッシュオプションを付加することによって、BPUの演算性能を1.7~2.0倍に向上することができる。

スタティックキャッシュは、16 K バイト×6 個のブロックから構成されている。ブロック単位にプログラムの指定によってキャッシュメモリの内容の入れ替えが行われる。主記憶とキャッシュメモリの間のデータ転送には、コネクタキャッシュ（主記憶→キャッシュメモリのデータ転送）、ディスコネクタキャッシュ（キャッシュメモリ→主記憶のデータ転送）などの命令が準備されている。スタティックキャッシュ方式の利点は、キャッシュメモリに入れるプログラムを指定できることと、常に 100 % のキャッシュヒット率が保証されることである。スタティックキャッシュは 96 K バイトと大容量であるので、高速処理を要求されるプログラムをそのままキャッシュ上に置くことが可能である。スタティックキャッシュに対する書き込みは、主記憶には同時には書かれない（ストアイン方式）ため、主記憶ネックとなることがない。

#### 4.3 科学技術計算プロセッサ

科学技術計算プロセッサ (SP : Scientific Processor) と高速主記憶が BPU のオプションとして用意されている。SP はベクトル、アレー処理演算、高速フーリエ変換などの高度な技術計算に適している。高速主記憶はアクセスタイムの早い主記憶装置で、SP 専用のデータメモリとして使用するとともに、単独で高速版主記憶としても使用可能である。SP 及び高速主記憶付きシステムの構成を図 3. に示す。

図 3. (a) は BPU に SP と高速主記憶を付加した密結合プロセッサ構成の例である。BPU と SP がメモリをシェアする方式であるため、従来アレープロセッサやイメージプロセッサを外付して使用する際に問題となった多量のデータ転送のためのオーバーヘッドを無くすることが可能となった。また SP は BPU のハードウェアリソースを使用することができる。

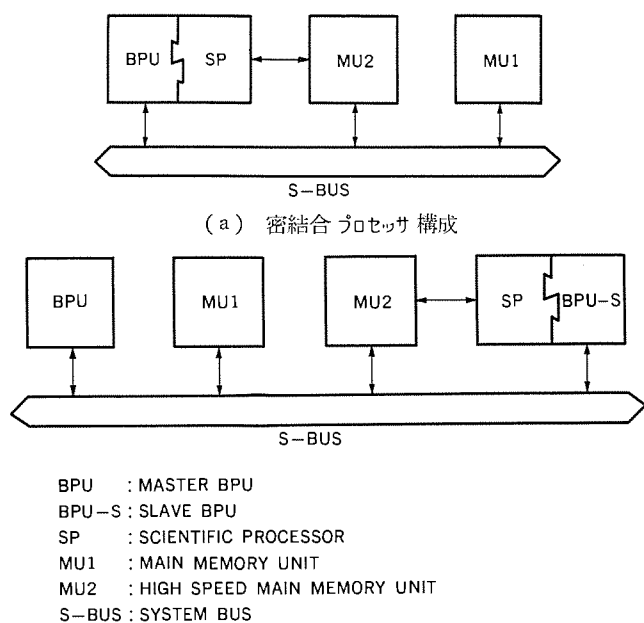


図 3. SP 接続 MX/3000 システム 構成

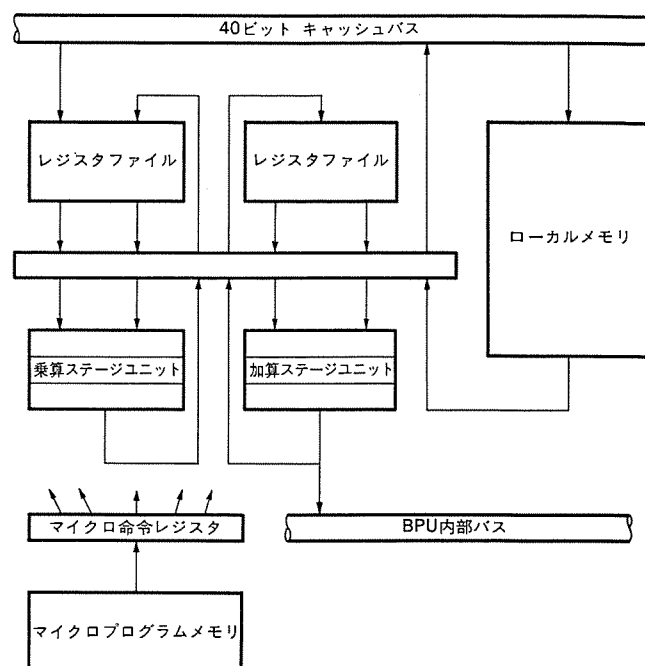


図 4. SP 内部構成図

ため、アレー演算とスカラー演算を混在させたまま、高速処理することが可能である。

図 3. (b) はスレーブ BPU (後述) に SP と高速主記憶を付加したマルチプロセッサ構成の例である。密結合プロセッサ構成では、BPU と SP が並列処理できないのに対して、この構成ではプロセッサ間の並列処理が可能となる。スレーブ BPU + SP で負荷の高い専用処理を行い、マスター BPU で入出力処理などを同時に行って負荷を分散することができる。

図 4. に SP の内部構成図を示す。SP は 40 ビットの加算器と乗算器をそれぞれ 1 個ずつ持ち、パイプライン演算を行って 125 ナノ秒ごとに、浮動小数点加減算と浮動小数点乗算を 1 回ずつ実行することができ、最大 16 MFLOPS の性能を有している。SP のライブラリとしては、約 120 種の基本ライブラリと応用分野別のライブラリが用意され、FORTRAN 77 で記述することができる。

図 5. は FORTRAN 77 によるプログラムの記述例である。マルチプロセッサ形 SP 構成の場合 FORTRAN 77 の中で「CALL SLAVE」(命令)を行うと、それ以降の命令は「CALL MASTER」(命令)を行うまでスレーブ側、BPU 上で実行され、その間マスター BPU は他のプログラムを同時処理することができる。

高速主記憶は、SP 付加時の高速データメモリとして開発されたもので、カードあたり 512 K バイト、最大 2 M バイトまで実装できる。SP と高速主記憶、そしてスレーブ BPU を組み合わせて、シミュレーション、

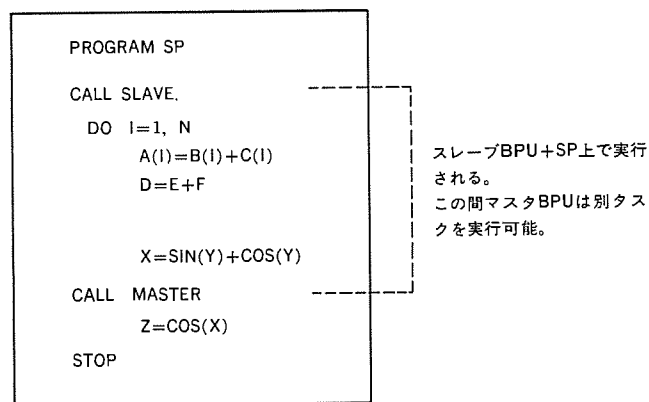


図 5. SP 用 FORTRAN プログラムの例

信号解析処理、グラフィックデータ処理など CAD/CAM/CAT などに代表される CAE, LA の分野で M70 MX/3000 の実力を最大限に発揮することができる。

#### 4.4 複合計算機システム

M70 MX/3000 の複合計算機システム構成を図 6. に示す。図 (a) はマルチプロセッサ構成の例である。1 本のシステムバスにマスター/スレーブ BPU が接続される。スレーブ BPU は入出力機能を持たないが、その他の機能、性能はマスター BPU と同一である。2 台の BPU は隣接するシャーシに実装され主記憶を共有して負荷分散のシステム構成が

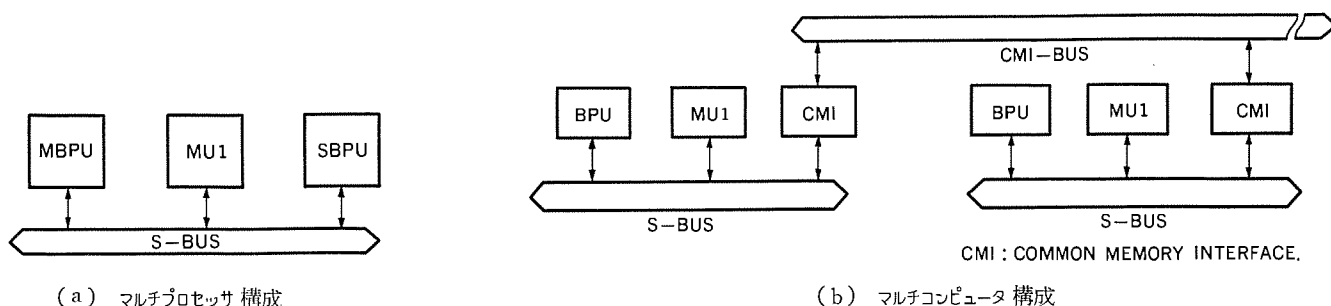


図 6. M70 MX/3000 の複合計算機システム

可能である。

図(b)はマルチコンピュータ構成例である。コモンメモリインタフェース(CMI)を介してシステムバス同志が結合され、BPU相互に起動、割り込み、主記憶の共有などが可能である。最大4台までのCMIが接続可能であり、スレーブBPUを含めると8台のBPUを使用した複合計算機システムを構築できる。

#### 4.5 入出力装置とインタフェース

M4381-2Cディスプレイ装置は、ノンインタレース方式の高解像度20インチカラーグラフィックディスプレイ装置である。図形表示は1,280×960ドット、JIS第2水準までの漢字をROMでサポートしている。キャラクタ画面とグラフィック画面を独立に表示できるほか、キャラクタメモリは136字×240行のメモリを持ちロールアップ/ダウン、シフトレフト/ライト操作によって80字/行×30行の範囲で表示できる。

インテリジェント端末を接続して、カナ漢字変換、辞書機能、日本語文書管理など、日本語サポート機能も充実している。通信制御としては、HDLC/X25など多様なネットワークへの接続をサポートしている。

計測器、OA機器などの接続のためRS232C、GPIBなどの汎用インタフェース、DMA接続のデジタル入出力、アナログ入出力装置、データウェイシステムなど豊富なシステム構成機器が用意されている。

#### 4.6 外部記憶装置

外部記憶装置として67Mバイト、135Mバイト(フォーマット時)の容量を持つ2タイプの固定ディスク装置がある。密閉構造による耐環境性に優れた8インチ非交換形ウインチスタディスクで、デュアルポート機構によるデュアルアクセス可能である。

#### 4.7 自動運転機構

計算機システムの電源投入、遮断をプログラム又はコンソールからの入力

により設定した曜日、時刻に自動的に実施する機構である。電源の遮断は予定時刻到達後、ジョブ及び端末利用の完了を待って行われる。

#### 4.8 実装

VLSIの採用、電源装置の高密度化によってキャビネットの小形化を実現した。BPUキャビネットとしては高さ700mmの小形キャビネットと高さ1,400mmのキャビネットが用意されている。小形キャビネットは、0.34m<sup>3</sup>のキャビネットの中にマスタBPU、メモリ8Mバイト、固定ディスク135Mバイト、フレキシブルディスク装置、その他の入出力制御装置を実装できる。

### 5. む す び

M70 MX/3000のハードウェアについて紹介した。高性能のハードウェアと使いやすいソフトウェアの融合によって、M70 MX/3000がOA、LA、FA、など産業界の幅広い分野で活躍するものと期待している。

今後とも計算機利用技術動向を踏えて、顧客のニーズにこたえられるよう努力する所存である。

#### 参 考 文 献

- (1) 臼井ほか：MELCOM 70 MX/3000のUNIXを包含したリアルタイムOS、情報処理学会第29回全国大会論文集、6E-1
- (2) 西村ほか：MELCOM 70 MX/3000のUNIX環境でCAD/CAMをサポートするグラフィックソフトウェア、情報処理学会第29回全国大会論文集、6E-4

# スーパミニコンピュータ 《MELCOM 70 MX/3000》の基本ソフトウェア

小川 義高\*・柳田 隆宏\*\*

## 1. ま え が き

計算機利用技術の発展とともに、計測、制御、事務処理といった従来の業務に加え、シミュレーション、CAD/CAM、画像処理、設備診断などと利用分野も拡大し、取り扱う情報量も点から線、面を始めとする多次元への広がり、モノクロからカラー化などと飛躍的に増加するとともに、処理内容も一般計算からマトリクス、差分方程式を始めとする大形、複雑技術計算や数式処理、リスト処理へと広がり、従来にも増して多量の情報を高速に処理することが求められている。また、利用分野の拡大と技術の進歩に伴いソフトウェアの生産量も急激に増大し、一方では開発期間の短縮が求められ、一つの手段として使いやすいシステムが求められている。

高速処理性と使いやすさの両立という要求にこたえるため、このたび《MELCOM 70 MX/3000》(以下、M70 MX/3000と称す)を開発した。M70 MX/3000は、これからの部門コンピュータに求められる使いやすさと高速処理性の両立をねらった高性能かつコンパクトな32ビットスーパミニコンであり、リアルタイムUNIX<sup>注1</sup>“OS 60/UMX”を搭載している。

## 2. リアルタイム UNIX OS 60/UMX

ソフトウェア開発環境のOSとして高い評価を得、一つのスタンダードオペレーティングシステムになりつつあるUNIXは次のような特長を持っている。

### (1) 操作性が良い

会話形処理における人間の作業性を重視した設計(短いキーストローク、伸縮自在なファイルなど)で使い勝手が良い。

### (2) 豊富な機能

コマンドと呼ばれるユーティリティプログラムが200種以上あり、豊富な機能を持っている。コマンドの多くは単純で明快な機能を持ち、だれでも簡単に使うことができる。また強力なコマンドインタプリタshellを持つパイプ機構(プロセス間の通信機能)や、コマンドファイル機能(ファイル中にコマンド列をあらかじめ作成しておけば、このファイルを一つのコマンドとして実行できる)を用いてコマンドを組み合わせれば新しいプログラムを作らなくても、ユーザーの望む機能が素早く実現できる。

以上のような特長及び移植性の良さなどから、多くの計算機で使用されつつある。また、UNIXを想定した移植性に優れた流通ソフトウェアもますます増加すると予想される。しかしUNIXは多くの長所を持つ反面、実時間処理に関しては基本構造的に考慮されておらず、ソフトウェア開発環境以外への適用が難しかった。

リアルタイムUNIX OS 60/UMXは、UNIXを高速処理性、高信頼性に優れた実時間処理オペレーティングシステムに組み込んだオペレーティングシステムであり、UNIXの優れたソフトウェア開発環境を利用し、効率の良い開発を行いながら、イベントドリブン処理、高速のプログラム起動などの高性能な実時間処理を行ことができる(図1.)。

OS 60/UMXの中核処理部としてプロセス管理、主記憶管理、資

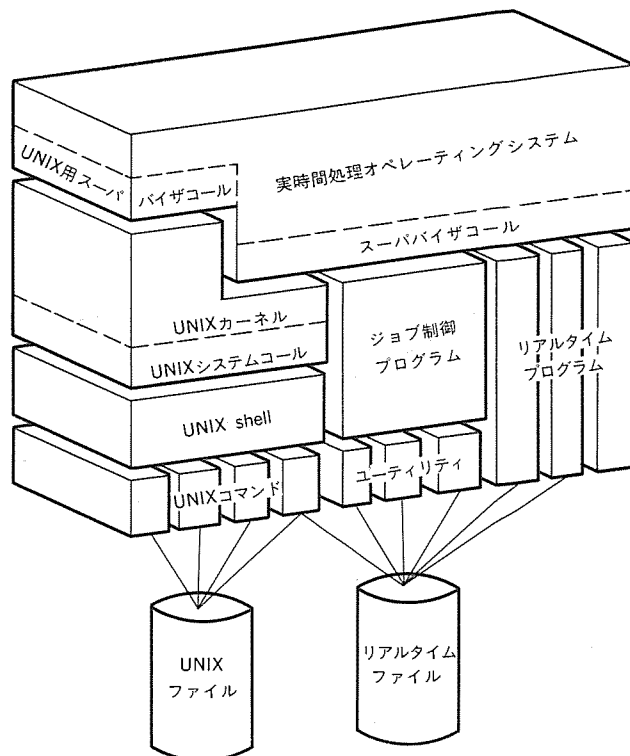


図1. OS 60/UMXのソフトウェア構造

源管理などをつかさ(司)どる実時間処理オペレーティングシステムは、Hashing、B-treeなどの高速化アルゴリズムを随所を使用し、更に分岐命令の使用については、パイプラインによる先取りが有効に働くように分岐の確率を考慮して使用し、高速処理の実現に努めている。また、局所性の低い一過性のOS実行によるストアスルー方式<sup>注2</sup>のキャッシュ(ダイナミックキャッシュ)の汚染から生じるユーザープログラム実行速度の低下を防ぐため、大容量のストアイン方式<sup>注3</sup>のキャッシュ(スタティックキャッシュ)にOS部実行の過半数を越える割り込み処理部、タスクディスパッチ部を格納した。また頻繁に実行されるOS部分の大形命令化などにより、従来のUNIXでは実現し得なかった高速処理性を実現している。

## 3. OS 60/UMXの基本ソフトウェア

OS 60/UMXでは通常のUNIXソフトウェア環境の提供にとどまらず、機能強化、性能向上を行い、より使いやすい柔軟性に富んだシステム環境を提供している。ソフトウェアレポートリーを図2.に示すととも

注1 UNIXはAT&Tベル研究所が開発したオペレーティングシステムである。

注2 ストアスルー(store-through)方式: キャッシュメモリにおける制御方式。CPUから主記憶へのデータの書込み(store)時にそのアドレスがキャッシュメモリにあれば、キャッシュメモリと主記憶の両方に書込みを行う。

注3 ストアイン(store-in)方式: キャッシュメモリにおける制御方式。CPUから主記憶へのデータの書込み(store)時にそのアドレスがキャッシュメモリにあれば、キャッシュメモリにのみ書込みを行う。主記憶へ書き込まれるのは、キャッシュメモリの対応ブロックの内容が置換(リプレース)される時である。

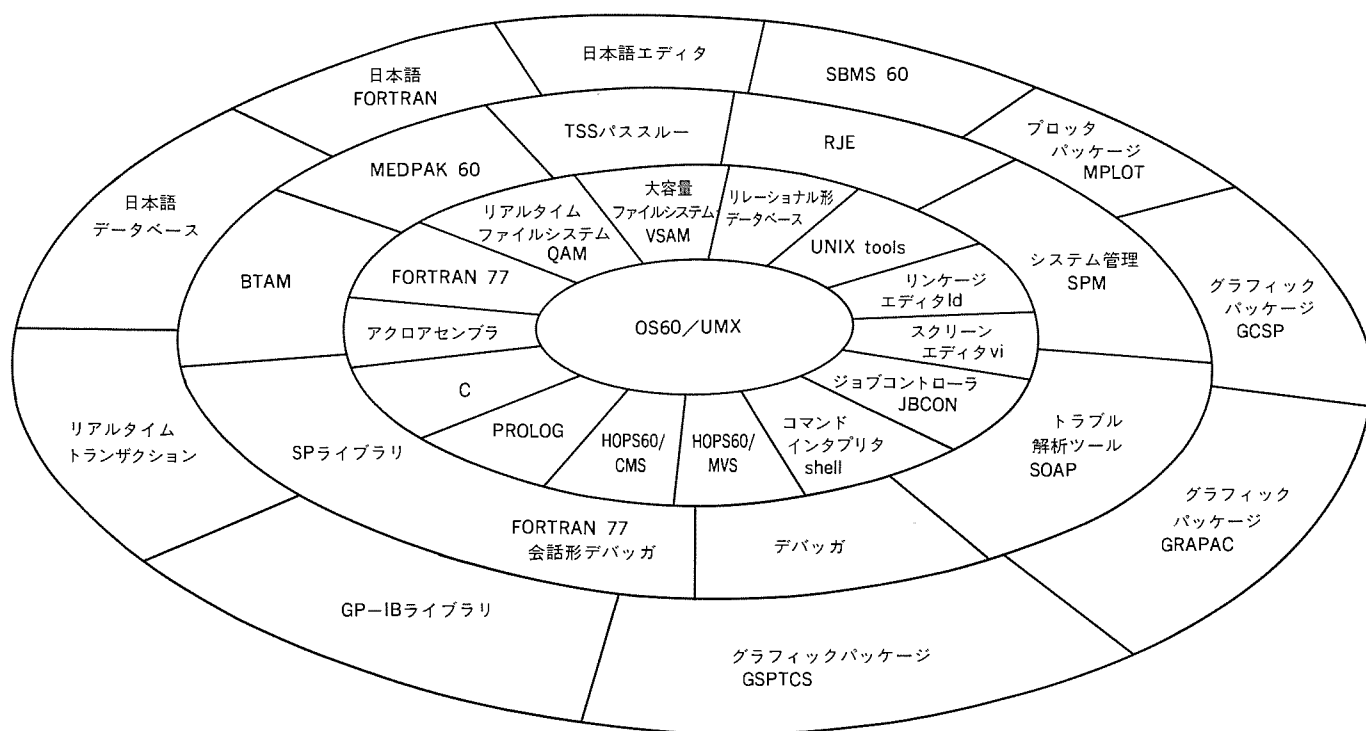


図 2. OS 60/UMX ソフトウェアポートリー

に、主なものの概要を以下に紹介する。

### 3. 1 PROLOG

推論機能を備え、記号処理やリスト処理を得意とする述語論理形言語で、第5世代の中核言語として注目をあつめている。OS 60/UMX PROLOG の言語仕様は基本的にエッジバ版 DEC-10 PROLOG の仕様に準拠し、更に利用分野の拡大を目指し、浮動小数点、文字列、及びグラフィック機能、タスク間通信などのリアルタイム機能を追加した。

PROLOG プログラムと別プログラムとの間でメッセージ交換を行うタスク間通信機能は、既存の有用なプログラムや、FORTRAN で書いた方がはるかに効率の良いプログラムをも PROLOG プログラムと連絡できるという特長を持つため、従来の手続き形言語の得意とする科学技術計算業務と組み合わせ、効率の良い業務分担を行うことができる。また、実行制御の過程を説明するデバッグ機能が用意されているため、効率の良いプログラム開発が可能である。

### 3. 2 科学技術計算プロセッサ SP サポートシステム

M 70 MX/3000 の科学技術計算プロセッサ (SP: Scientific Processor) は、大容量のデータに対する同一処理の連続実行時に最大能力を発揮する。このとき浮動小数点の加算と乗算を同時に 125 ナノ秒に 1 回づつの速度で処理し、16 MFLOPS の処理能力を持つ。SP は図形/画像処理、シミュレーションなどベクトルやマトリクスを高速に処理する分野に特に有効である。従来この種の分野では、アレープロセッサやベクトルプロセッサが用いられてきたが、入出力装置として結合される方式が多く、データ、命令の転送時のオーバーヘッドやデータ量の制限など、種々の問題があった。

SP はシステムバス直結の密結合マルチプロセッサのため、大容量メモリを共有することが可能となり、データ転送が不要となるとともにデータ量の制限も解決された。また密結合のため、スカラー演算との混合演算も無駄なく高速処理することができる。

SP のベシクソフトウェアは、ベクトル演算、ベクトルスカラー変換、ベクトル

関数、複素ベクトル演算、FFT など7種に大別された計100種以上のサブルーチンパッケージで構成され、いずれも FORTRAN プログラムから容易に使用することができる。これらのベシクサブルーチンは、SP の命令として非常に高速に実行される。

### 3. 3 リレーショナル形データベース

理解しやすい、操作しやすい表形式概念に基づく対話形のリレーショナルデータベースで、データの親子関係、従属関係、データの渡りなどを意識することなく、手軽に利用することができる。検索、更新、削除、選択などの基本的な機能に加え、レポート作成機能も持ち、コンパクトかつ使いやすいものとなっている。対話形の使用のみならず、FORTRAN プログラムからもアクセスが可能である (図 3.)。

### 3. 4 スクリーンエディタ

スクリーンエディタの一つの標準として評価を受けている vi を採用した。vi はカリフォルニア大学バークレー分校で開発されたスクリーンエディタであり、

- きめ細かな画面スクロール機能
- 文字、単語、文、パラグラフ、セッション単位のカーソル移動
- 文字列の指定を簡略化する正規表現
- 誤操作からの回復機能 (undo)

を始めとする豊富な機能が用意されている。

また、マルチスクリーンエディタ MSE は、プログラム開発用のフルスクリーンエディタであり、複数のスクリーンが使用できるだけでなく、熟語変換、辞書機能付きの日本語入力、カラー表示、アプリアクション、ブレイバック、コマンドスタック、インデントーション、スクリーン間のカット & ペーストなどの機能が用意されている。

### 3. 5 日本語サポートシステム

日本語 (漢字混り文) の読みやすさは、カナ文字、ローマ字の表示に比べ正確かつ迅速な情報伝達の助けとなる。

OS 60/UMX は、利用者との円滑なコミュニケーションの提供を目標にかかげ、パソコンの持つインテリジェンスと使いやすさ、手軽さを活用

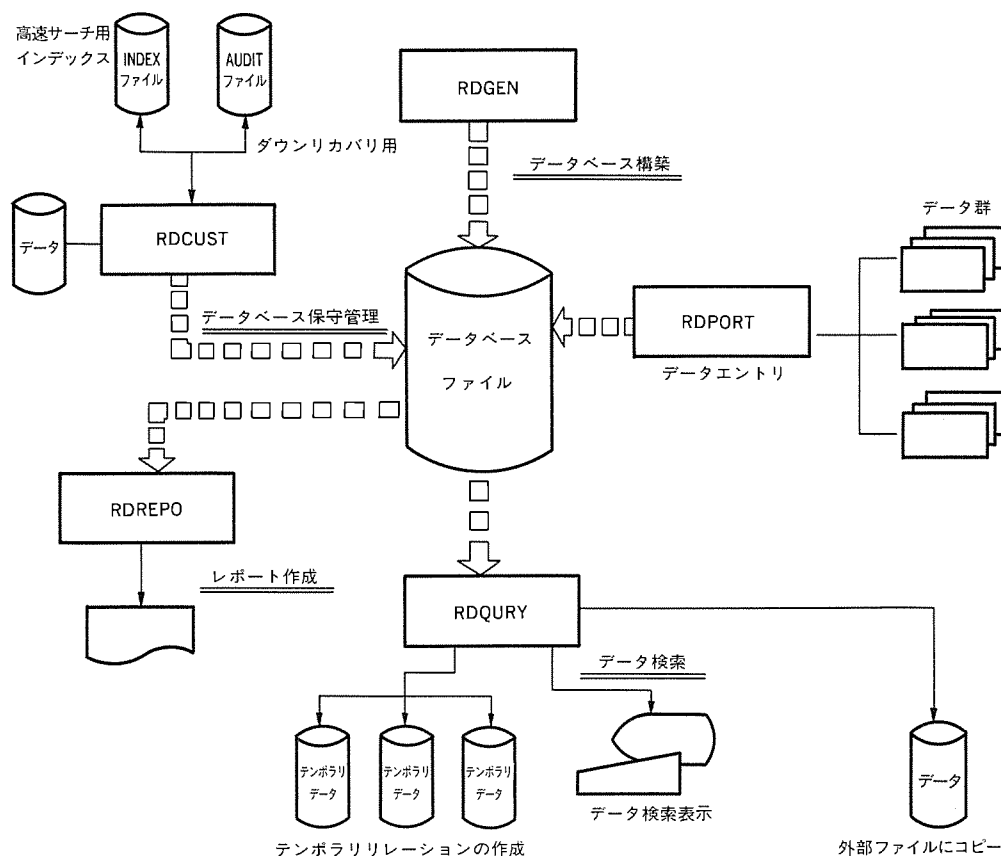


図 3. リレーショナル形データベースの基本機能

```

PROGRAM   KANJI
**
** 漢字プログラミング例
**
CHARACTER*4  ADDR,NAME
ADDR = '横浜'
NAME = '山田'
WRITE ( 6, 10 )  ADDR,NAME
FORMAT ( 1H, '住所: ', A4, ', 氏名: ', A4 )
STOP
END
10

```

実行結果

```

住所: 横浜, 氏名: 山田

```

図 4. 漢字まじりのプログラミング

した日本語入力処理を中心とする、統一した日本語処理機能を提供している。FORTRAN 77, PROLOG などのプログラミング言語、スクリーンエディタ、リレーショナル形データベース、端末間のメール処理などにおいて、漢字項目、日本語キャラクタなどの特殊なフィールド属性を意識することなく、容易に日本語を処理することができる(図4.)。

### 3.6 パーソナルコンピュータサポートシステム

パーソナルコンピュータの機能の充実と発展はめざましく、利用者に対する使い勝手は日増しに良くなっている。しかし、機能の充実に伴い、取り扱う情報量が増加し、フレキシブルディスクを始めとするディスク装置の容量不足が使い勝手を阻害している。

OS 60/UMX はパソコンの円滑な活用を手助けすべく、ファイル転

送と端末エミュレーション機能を提供している。ユーザーはファイル転送機能を利用し、OS 60/UMX の大容量ファイルを情報の保管庫として、また、端末エミュレーション機能を利用してパーソナルコンピュータを M 70 MX/3000 の端末として、更には大形汎用機の端末として活用することができる。

### 3.7 グラフィックパッケージ/プロッタパッケージ

近年 CAD/CAM/CAE の利用分野が広がるにつれ、ユーザーのレベルも多種多様となり、グラフィックディスプレイ装置を中心としたマンマシンコミュニケーションのあり方がシステムの成功の鍵(鍵)を握るまでになっている。

OS 60/UMX では、各ディスプレイ装置の機能性能をフルに引き出すことを目的として機種ごとにパッケージを用意した。また、プロッタパッケージは、カルコンプリンタフェースに準拠した MPLOT により、アプリケーションソフトウェアの可搬性を高めており、各種 X-Y プロッタ、静電プロッタに容易に図形出力を行うことができる。プログラムによるプロッタ装置への直接出力のほかに、グラフィックディスプレイやディスクファイルにデータを出力することができるため、出力図形の事前の確認や、データの保存、転送、移植が可能となり、効率良くプロッタ装置を利用することができる。また JIS 第 1 水準の漢字をサポートしているため、見やすい図面を作成することができる。

### 3.8 リモートジョブエントリとパススルー

計算機の業務対象が拡大している現在では、同一機種間での機能分散は言うまでもなく、ホスト計算機のパワーを十分に活用する機能分散が重要な位置を占めている。

OS 60/UMX では DDX 回線交換/パケット交換、《MELNET R 32》ローカルエリアネットワークを始めとする豊富な接続方式サポートを基と

して、RJE 端末エミュレーションによるリモートジョブエントリとファイル転送、TSS 端末エミュレーションによるホスト計算機へのリモートログインなどの、手軽なホスト計算機の利用手段が提供されている。

### 3.9 FORTRAN 77

OS 60/UMX では、実行性能に優れた FORTRAN 77 コンパイラを新たに用意した。FORTRAN 77 コンパイラは、ANSI X 3.9-1978 FORTRAN 77 の機能を完全にカバーするとともに、論理演算、ビット操作文に代表されるリアルタイム機能拡張、及び構造化機能をより強化するために DO-WEILE 文の追加や、PL/I の構造体や PASCAL の RECORD と同様の構造体データの追加などの各種の機能拡充を行っている。また、ループ内不変式のループ外はじき出し、共通式の除去、DO ループ内の添字計算の最適化など、各種の最適化を行い実行性能の向上に努めている。

### 3.10 FORTRAN 77 会話形デバッグ

強力な FORTRAN コンパイラも、ソースレベル会話形デバッグがあって初めてその効果を発揮する。FORTRAN 77 で記述されたプログラムを、従来のような 16 進のアドレス情報でなく、変数名や文番号などのシンボリックな情報を用いてデバッグ、テストなどの作業を円滑に効率良く行うことができる。主な機能として、テスト機能（プログラムの実行開始/停止、変数の値のチェック、条件判定）、デバッグ機能（変数の値の変更、文単位の実行制御、実行トレース）、評価機能（文実行頻度の収集、リストアップ）などが用意されている。

### 3.11 システム管理とソフトウェアメンテナンスシステム

従来の計算機システムでは、各システムごとにコントロールテーブルの数、待ち行列の大きさなどのシステムパラメータを設定し、アセンブル、コンパイルなどを行いシステムのインストール、変更に多大の時間を費していた。

OS 60/UMX は標準的なシステム構成を想定し、あらかじめ生成済みの標準システムが用意されており、複数枚のフレキシブルディスクシートで提供される。インストールに際しては、生成説明書に従い操作するだけで容易にシステムを立ち上げることができる。また、システム管理 SPM を使用し、CPU 占有率、各種システムリソース占有率を計測することにより、標準システムを該当システム向けに容易に編集し直し、

チューンアップすることができる。

システムの保守作業の一つに機能拡張に対する追従がある。従来は入れ替え対象のプログラムの管理、実施もユーザーに委ねられることが多かったが、OS 60/UMX では、ソフトウェアメンテナンスシステムを標準で組み込んでいるため、ユーザーは改版提供されるフレキシブルディスクシートを準備し、自動入替えモードを使用すれば煩わしい管理業務から解放され、システム保守も簡略化される。自動入替えモードのほかに、会話形モードも用意されているため、運用形態に応じた利用が可能である。

### 3.12 その他のソフトウェアパッケージ

以上に概略紹介したソフトウェアのほかに、計測制御などに欠かすことのできない、プロセス入出力装置をサポートするセンサバス管理ソフトウェア SBMS 60、GP-IB ライブラリ、IBM 機で M 70 MX/3000 システムのプログラム開発をサポートするホストプロセッシング HOPS 60/CMS などを始めとする豊富なパッケージが用意されている。

## 4. む す び

32 ビットスーパーミニコンピュータ M 70 MX/3000 のソフトウェア OS/UMX について、主として基本ソフトウェアを中心に概要を説明した。

ソフトウェア、ハードウェアは日々進歩するものであり、一人でも多くのユーザー各位に御使用いただき、貴重な御意見を取り入れ、より一層使いやすい、充実した性能の良いものとすべく改善を図る所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 武藤ほか：2 種の キャッシュメモリ 採用などでリアルタイム処理を高速化した 32 ビット工業用コンピュータ、日経エレクトロニクス、No. 302 (昭 57)
- (2) 小川ほか：工業用計算機《MELCOM 350-60》の基本ソフトウェア、三菱電機技報、57, No. 4 (昭 58)
- (3) 小川ほか：リアルタイム UNIX “OS 60/UMX”、三菱電機技報、58, No. 6 (昭 59)

## 1. ま え が き

ミニコンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》は、CAE(Computer Aided Engineering)を主な適用分野として開発された。本稿ではこの目標に向って開発されたソフトウェアのレパートリーの中から、科学技術計算を主体とする応用ソフトウェアを紹介する。

近年広く認識され数々の概念や製品が発表されつつある、いわゆるCAEであるが、視点によって色々な解釈がなされている。それだけ新しい考え方であるとも言えよう。そこで、まずCAEについて応用ソフトウェアを整備するときに採用した考え方を明らかにする。次にこの考え方に添って整備された応用ソフトウェアが、どのような機能を持ち、どのようにCAEに対して役立つのかについて紹介する。最後に今後のCAEの発展を展望する。

## 2. CAEの考え方

近年、企業の研究開発部門はもとより、大学や公共研究機関においても、高い機能で高い性能の製品を短い期間と低いコストで開発することが求められている。製造業について言えば、市場の調査や製品企画にはじまり、設計や試作評価といった開発部門の仕事のみならず、量産化のしやすさや製造設備の構成、部品の人手状況、出荷後の保守の容易さといった企業の部門を横断的に考慮した自動化、効率化が求められているということになる。

このような考え方は、まさに「広義のCAE」と言えるものであり、開発計画の立案から保守体制まで、文書化(OA)、設計自動化(CAD)、製造自動化(CAM)、検査自動化(CAT)など多くの要素技術を有機的に結合し、全体として人、物、金の流れを効率化しようとする大きな概念である(図1.)。経営管理用のシステムやCAD、CAM、CATなどは、それぞれ単独のシステムとして完成しつつあり、これらをいかに結合してゆくかが次の課題となっている。解決方法の一つはエンジニアリングデータベースであり、数値や文字をはじめとして図表も統合して一元的に管理しようとするもので多くの研究がなされている。

このようなCAEは考え方であって、これを一つの装置(一般にはコンピュータであろう)で実現しようとするのは無理がある。それぞれのシステムには固有のハードウェア、ソフトウェアの構成があり、別々の形で進化しエンジニアリングデータベースを中核として通信しあうことになる。このようなシステム間結合の統一化ができるためには、システム内部での処理の手順がかなりの部分まで標準化されている必要がある。現在システムとして確立しているCADやCAMのシステムは、ほぼそうなっている。一方で、この標準化を確立しきれない分野もある。特に企画立案や仕様決定といった企画設計の作業がそれで、数多くの制約条件や代替案の中から未来を予測して意思決定をする必要があるため、統一的な手法の採用や標準化が困難になっている。

ここでは、「広義のCAE」システムの構築を論じる以前に、まず解

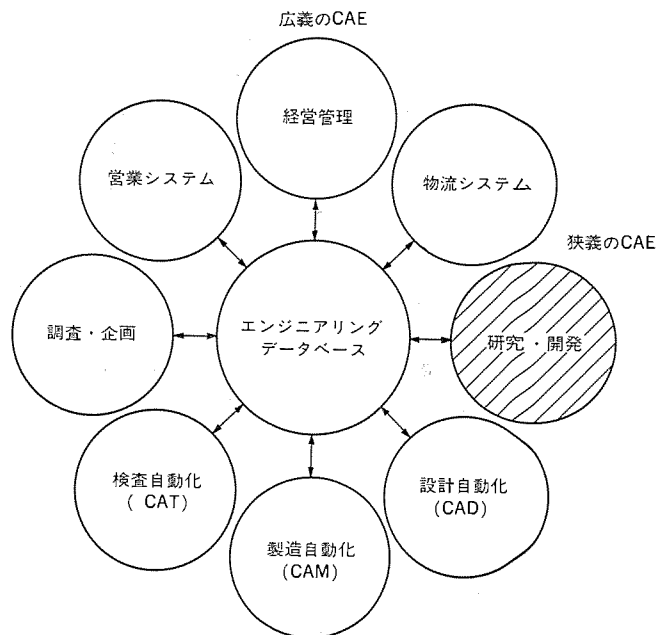


図1. CAEの概念

決すべき課題として設計者の作業の効率化について考えることにする。これは、むしろ「狭義のCAE」と言えるものである。製品の開発の主体は、やはり開発部門の技術者であり、彼らがいかに効率的に作業できるかが製品開発の効率化や製品自体の品質に大きく影響することは広く認められている。技術者は人間であり、その勘と経験が開発作業を支えているのだから、彼らの思考の過程に的確に対応し高度な判断を支援する手段を提供する必要がある。

大規模で複雑になる製品の開発にあたっては、試作品を実際に作って実験的に設計の正当性を実証するのは困難である。一方で製品に過度の余裕を持たせることが、寸法やコストの面で許されなくなっている。このような状況下では、コンピュータにより、ぎりぎりまで精度を追求したモデルをソフトウェアとして構築し、計算によって各種の特性を推定し、設計にフィードバックすることが求められる。モデルを構築するための解析手法と、そのモデルの特性を計算するシミュレーションの技法を、技術者がゼロから作るのは複雑なプログラミングに時間を割くことができない現状では難しい。そのためにも多くの技法を用意しておくことが望ましい。もちろん、すべての設計をコンピュータで検証するには、モデルの精度や規模の面で現実的でないものもある。実験設備によってデータを収集し解析をすることは依然として重要である。また技法がそろったとしても、解析の手法の選択や精度のよいモデルを構築するための判断をするのは、技術者自身であることを忘れてはならない。

《MELCOM 70 MX/3000》は、このような要請にこたえるべく部門を単位として設置し、専任のオペレータをおかずに運用できることを念頭に設計されている。コンピュータを専門としない技術者が手軽に操作でき、創意工夫に柔軟に対応できるソフトウェアを備えてい

る。

### 3. CAE ソフトウェア

図 2. は、 研究開発部門の技術者が行う製品開発の作業の一例をモデル化したものである。このモデルに添って技術者を支援するソフトウェアを紹介してゆく。

図 3. では応用ソフトウェアを分類して並べてある。この図の中で\*の付いているものは「紹介ソフトウェア」とよばれる。紹介ソフトウェアとは、 国内外の優良ソフトウェアのうち、 稼働実績のあるもので顧客に開発元、 又は代理店を紹介することによって利用することができるソフトウェアを言う。また○の付いているソフトウェアは、 《MEL-COM-COSMO シリーズ》の同一名称のソフトウェアと互換ないし同機能を有するものである。

#### 3.1 仕様決定まで

今新しい製品の企画が立案されたのを受けて、 その製品の仕様を決定する。この過程では、 市場のニーズや競合製品、 自社の開発実績などの調査をする。最新技術を導入するために学会誌、 専門誌の調査や特許公報の調査、 時には商用データベースの検索をすることもある。公共性を持ったシステムでは、 特に関連する法規を十分調査しておくことも重要である。市場のニーズと相当製品の市場価格、 自社での製造コスト、 出荷予定数などコスト面での検討も行う。

#### 3.2 運転方式の検討

ごく小さな家電製品から原子力発電所にいたるまで、 製品をいかにして使えばよいかを決める作業は必ず発生する。これを運転方式の検討と呼んでおく。安全性、 効率、 コスト、 有毒ガスの発生量、 副産

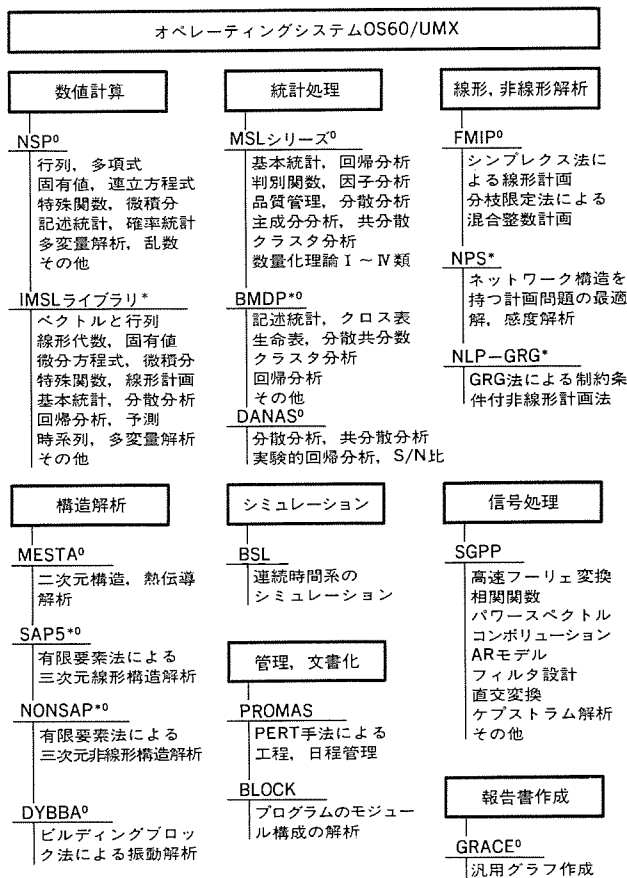


図 3. 応用ソフトウェア機能一覧

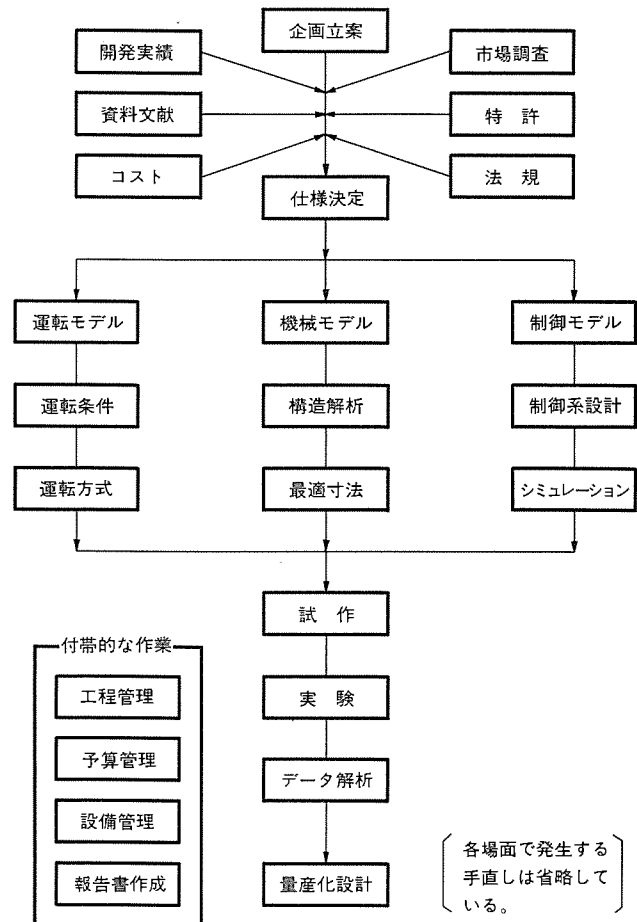


図 2. 技術者の作業モデル

物量、 定期点検や保守による運転停止などの法的規制を含む多くの制約条件のもとで、 最適な運転条件を求めなければならない。

このような問題を一般に計画問題と言う。制約条件や目的関数の形式によって、 線形や非線形の計画問題に分けられる。これには FMIP、 NPS、 NLP-GRG を用意している。FMIP は、 線形計画法と分枝限定法による混合整数計画のためのサブルーチン集である。NPS はネットワーク構造を持った計画問題の最適解と感度解析、 NLP-GRG は非線形制約条件に向く GRG 法を用いた非線形計画法である。

#### 3.3 構造解析

ハードウェアを開発するときに必ず行わなければならない作業である。重量軽減、 寸法縮小、 部品点数の減少といった要求と同時に、 寿命(耐久性)、 曲げやねじれ変形の最大許容量、 寸法精度の高さ、 表面仕上の美しさといった相矛盾する仕様を、 最適形で満足しなければならない。

製品の機械的構造を忠実に再現できるモデルをプログラムで作り、 これをもとに強度、 変形の計算をして、 製品の詳細寸法を定める。静的な変形、 応力の解析や動的な振動の解析を行うには、 一般に有限要素法を使うことが多い。有限要素法はコンピュータに向いた解析方法であるが、 構造物の規模によってデータが膨大になることもある。有限要素法を用いた三次元構造物の解析には、 弾性範囲内にある微小変位を扱うには SAP 5 が、 塑性変形までの大変形を扱うには NONSAP がある。両者とも静的応力解析、 変形解析、 固有値解析、 動的応答解析を行う。二次元の変形、 応力解析、 熱伝導解析には MESTA がある(図 4.)。

可動部分を持つ製品は、 洗濯機や工作機械、 自動車、 発電機など

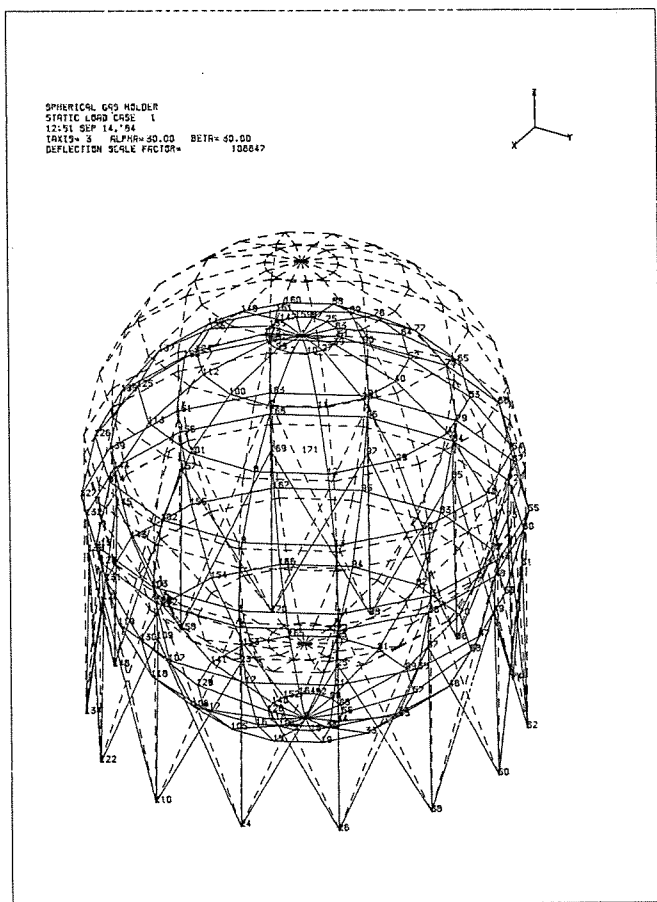


図 4. SAP5 応答図例 (石油 タンクの変形解析)

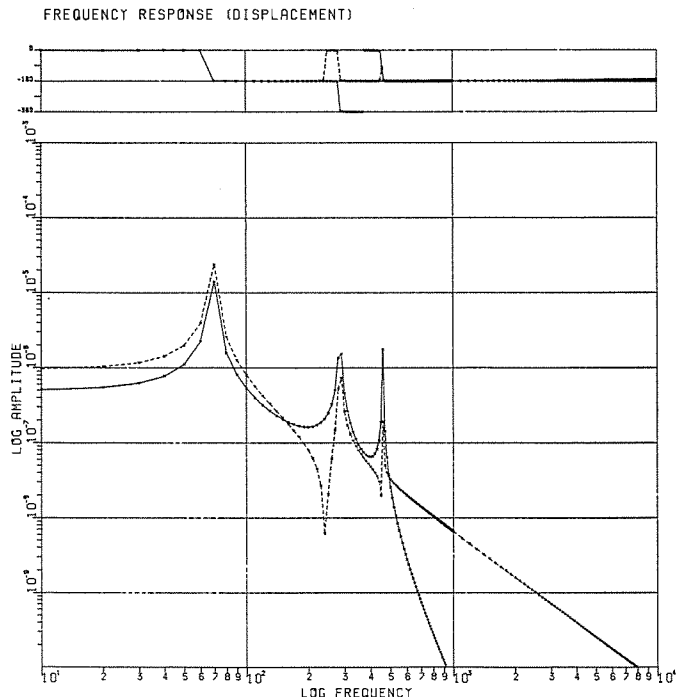


図 5. DYBBA 応答図例 (ばね, ダンパ系の周波数応答)

があり、過大な振動は接合部の摩耗や疲労、騒音などの問題を起こすので十分に解析し除去しなければならない。振動解析は時系列データを求めなければならない、一般に大規模な計算が必要となる。この振動解析のために DYBBA が用意されており、ビルディングブロック法という解析手法の採用によって大規模な構造物を解析できる。この

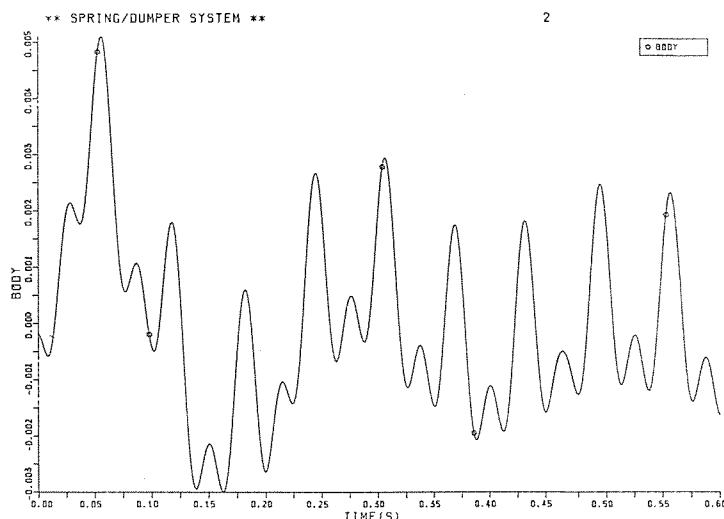


図 6. BSL 応答図例 (ばね, ダンパ系の周波数応答)

手法は、構造物をいくつかの要素に分割し、それぞれの要素の振動データを別の構造解析や実験によって求めた上で、要素間の結合条件を考慮した構造物全体の振動特性を求めようとするものである。過去の開発実績の中から流用できるデータがあれば使えるので有用性が高い。周波数応答、不規則応答、過渡応答、全系固有値解析ができる(図 5.)。

### 3.4 制御系設計

その製品の使用法を決める運転方式と別に、製品内部の動作を決めるのが制御系の設計である。モータの回転やアクチュエータを決定し、

これらを動かす制御方式を検討する。このために制御モデルを作成し、動作の応答を求める。部品同士が干渉したり、過大な衝撃力(加速度)を受けていないかなどのチェックをしつつ、応答速度などの仕様に添った最適な制御方式を求めてゆく。

連続時間系のシミュレーションを行う BSL は、自動制御の技術者がブロック線図を描くように、プログラミングできるようにした簡易言語である。連続時間系の線形要素のみならず、サンプリングやスイッチ、バックラッシュなどの非線形要素も備えているので、マイクロプロセッサ制御器も含めて総合的な制御系のシミュレーションが可能となっている(図 6.)。

BSL は簡易言語ではあるが、FORTRAN で書かれたプログラムを組み込むことができるので、特殊な応答をする要素を記述したり、最適制御理論などによる高度な制御系を記述することもできる。

このときには、数値計算パッケージの NSP や IMSL ライブラリが使える。行列演算、固有値、特殊関係などをサブルーチンとして呼び出せる。

### 3.5 実験データ解析

設計が終了すると試作品を作る。ハードウェアとしての機能と性能を評価するために実験を行う。測定すべきデータにはアナログ量とディジ

タル量があり、各種の測定装置を組み合わせるデータを集める。収集されたデータを、そのままグラフ化しても製品の特性を把握することは困難である。いろいろな処理をほどこして、データの特性を明らかにするのに信号処理を使う。

信号処理のために SGPP を用意している。FORTRAN のサブルーチンとして呼び出すことができるので、製品分野、データ特性に応じて柔軟な解析プログラムを作ることができる。SGPP は、主としてスペクトル解析とフィルタのアルゴリズムを提供している。最新の研究成果をとり入れ、データの性質に応じて解析方法を選択できるように配慮している(図 7.)。

スペクトル解析の分野では、高速フーリエ変換(16種)、コンボリューション、相関関数(分割計算法、ペリオドグラム法)、パワースペクトル推定(分割計算法、ペリオドグラム法)、共分散関数、コヒーレンス計算がある。信号を発生する構造のモデルを推定するには、自己回帰(AR)モデル(相互相関法、共分散法)と最大エントピー法によるモデルがある。

デジタルフィルタの設計法として、無限インパルス応答形と有限インパルス応答形(最小二乗法と最良化一様近似法)の二つを用意している。最近、種々の分野で使われはじめた直交変換のうちから、ウォルシュ、ハール、アダマールの3変換をとり上げている。

### 3.6 管理業務

開発工程、予算、人工などの管理をするのも重要な作業である。製品の開発に当り、いくつかの要素を並行的に開発してゆくこともあり、ほかから部品を購入するには納期から発注時期を割り出すなどして、詳細に工程計画を立てなければならない。このような並行的作業には、ネットワーク的な構造ができる。予算、人員の計画も合わせてやっておく必要がある。

このような日程、工程管理の手段として PROMAS を用意した。これは PERT 手法によって作業の流れのネットワークをもとに日程を計算してゆくものである。休日を考慮したカレンダー上で作業の予定工数(一点又は三点見積)を入れてゆくことにより、最早日程、

最遅日程を計算する。日付軸上に作業の工期を表示したり(バーチャート)、ネットワーク図を表示することができる。また、負荷山積の表も出るので、予算、人員計画も立てやすくなる(図 8.)。

コンピュータでプログラムを作る機会が多くなれば、プログラムの管理と同時に、他の人が作ったプログラムを流用することも考えておく必要がある。プログラムを構成するサブルーチンや関数などの呼び呼ばれ関係を把握すると、プログラムの管理や保守がしやすくなる。このような機能に BLOCK がある。FORTRAN で作られたソースプログラムを解析して、木構造の呼び出し図を作る(図 9.)。

作業の報告は、図表を多用することで見やすくなる。このために、

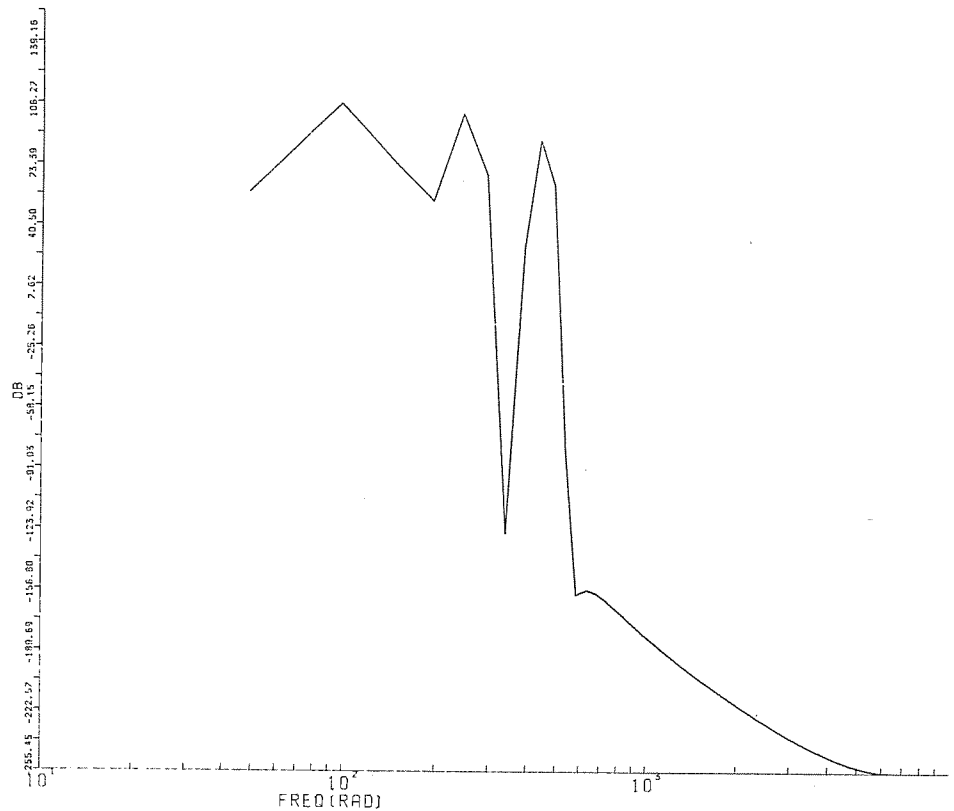


図 7. SGPP 応答図例 (ばね、ダンパ系のパワースペクトル密度、図 6. に対応)

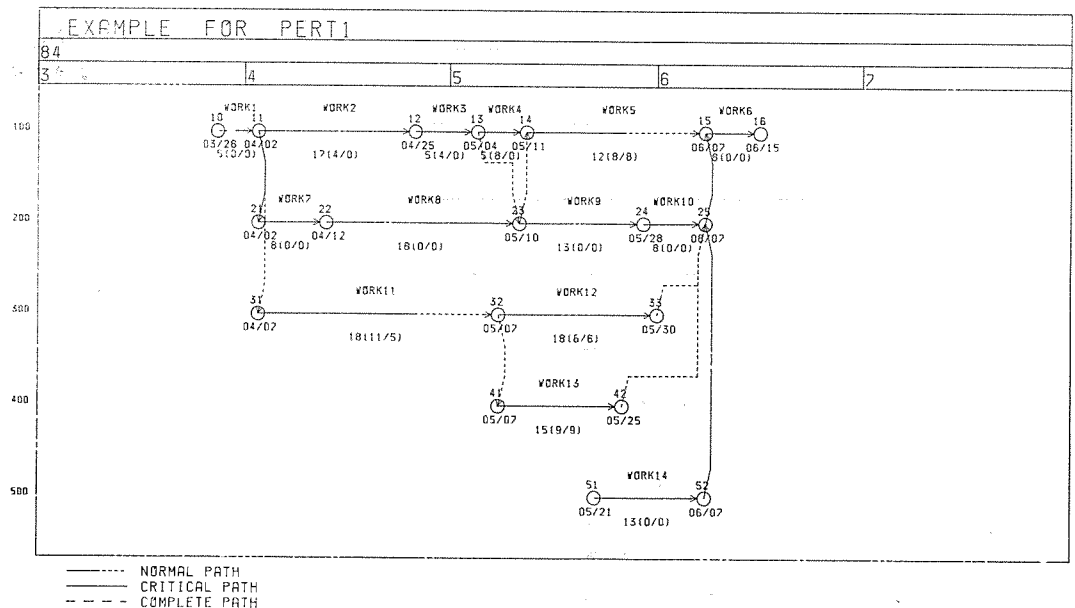


図 8. PROMAS (ネットワーク図例)

```

プログラム
C===== <TEST PROGRAM> =====
PROGRAM MAIN
CALL SUBA
CALL SUBB
Y = SIN(X) ÷ COS(X)
STOP
END

C-----
SUBROUTINE SUBA
CALL SUBC
P = SQRT(Q)/SQRT(R)
RETURN
END

C-----
SUBROUTINE SUBB
CALL SUBC
RETURN
END

C-----
SUBROUTINE SUBC
CALL SUBF
RETURN
END

```

```

MAIN : ->SUBA : ->SUBC : ->%SUBF
      :      :      :      :
      :      :      :      : ->&SQRT
      : ->SUBB : ->SUBC : ->(※)
      :      :      :
      : ->&SIN
      : ->&COS

```

解析結果

図 9. BLOCK 解析結果例 (プログラム構造解析例)

ビジネスグラフ GRACE がある。これはプログラムを組むことなく、XY グラフ (折線、曲線、ヒストグラム、散布図)、棒グラフ、円グラフ、レーダーチャートなどのグラフと表を作ることができる。

品質管理をはじめとして統計処理を行う場合が多くある。基本統計量、回帰分析、分散分析、多変量解析、数量化理論などがある。MSL シリーズ、BMDP、DANAS はデータを用意するだけで使い、NSP、IMSL ライブラリはサブルーチンがあるので独自のプログラムが組める。

#### 4. CAE の展開

《MELCOM 70 MX/3000》は、コンピュータによる高度な設計支援機能を技術者に与えることになった。部門を単位として置かれるコンピュータは、高い応答性を維持し、運用にも柔軟性を持たせられるので、技術者の思考過程に制限を加えることなく支援できる能力を持つことができる。

しかし、より大規模な解析やシミュレーションをしなければならない応用分野もあるわけで、これには演算時間やデータの規模の面でミニコンピュータの限界が現れる。このようなニーズに対しては、大形コ

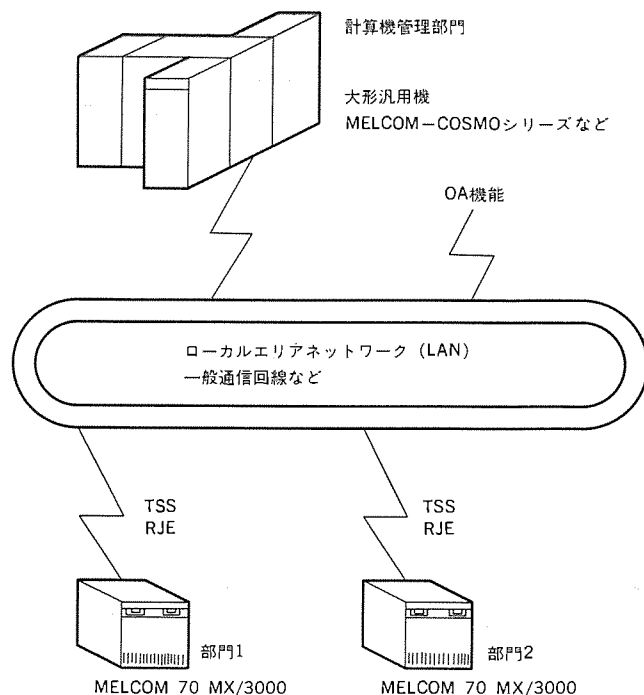


図 10. CAE の発展

ンピュータに仕事を依頼することができる。リモートジョブエントリ機能や TSS 端末エミュレーション機能を利用する。この際、単にプログラムの規模によるコンピュータの選択よりも、役割によって仕事を分担することを考えるべきである。

応答性を重視する対話的な作業として、解析のためのデータを用意したり、解析結果を図表化することが考えられるが、これは手許のミニコンピュータで行えば効率が上がる。一方で、大規模な解析計算は長時間を要するので、大形コンピュータを使うような分担が考えられる。このために、応用ソフトウェアも大形機と互換性のあるものを用意してある (図 10.)。

#### 5. むすび

以上のように CAE に対する考え方について論じ、応用ソフトウェアパッケージの果たす役割を紹介した。

設計者の作業を効率化することを目標に応用ソフトウェアを整備してきたが、これがすべてではない。設計にたずさわる技術者の日常は、解析や実験の仕事のほかに文書の作成や資料整理、予算管理など多岐にわたっている。これらを並行的に処理していかなければならない技術者にとっては、技術計算の支援のほかに文書化の支援や管理の支援を強化してゆかない限り、本当の意味での効率化が達成できないとも言える。数式やグラフ、図表を扱う技術者には専用の機能が必要であろう。

このような事実を踏まえて、より一層使いやすい応用ソフトウェアを開発し整備してゆく計画である。

# 高性能画像処理システム

秋田興一郎\*・中尾好宏\*\*・藤永隆史\*\*・片山隆男\*\*\*・前田 暁+

## 1. ま え が き

近年、マイクロコンピュータの著しい普及に伴い、各種の分野で図形や画像（イメージ）の処理が盛んになっている。OA ではパソコンを使って文章と図画とを編集・合成してレポートを作成し、電子メールで相手先へ伝送するとか、CAD では手書き図面の自動読取りなどが実用レベルで実現されつつある。医療では、X線CT、MRI (Magnetic Resonance Imaging)、ディジタルラジオグラフィなど総合画像診断の場でコンピュータ画像処理が不可欠になっている。また、気象衛星や資源探査衛星からの画像を解析して、日本周辺の海流の状況を今までにない詳しくさで表示するなど、リモートセンシングでも画像処理が新しい方法論を提供している。

こうした画像処理での従来からの課題は、①処理の高速化、②大容量ファイル、③認識のような高級アルゴリズム、そして、④コストパフォーマンスである。このうち、③以外は、最近のコンピュータ技術で十分解決できるものになっている。

本文で紹介するのは、応用分野ごとに必要な機能ブロックを選択し最適のシステムが構築可能な、高性能画像処理システムである。32ビットスーパーミニコンをホストとして、大容量の論理空間を提供し、図面のような2値画像を高速処理する専用プロセッサIP、ベクトルや配列の科学技術計算を得意とする専用プロセッサSPなどの機能ブロックを備えている。ソフトウェア面では、豊富な画像処理ライブラリを利用できることと、ユーザー自身のプログラムをUNIXベースで効率よく開発し、リアルタイムOS側で高速に実行できるという点に大きな特長を持っている。

## 2. システム構成と仕様

### 2.1 基本設計

画像（イメージ）情報が他の情報と著しく異なる点は、二次元（あるいは三次元）的の広がりを持ち大容量であることである。したがって効率の良い処理システムを設計するには、①主記憶上の論理空間を広くとれるように、②画像の入出力や転送は高速に、③プロセッサ間での画像のままのやりとりをできるだけ少なくし、個々の分散プロセッサで相当の処理ができるように、④高速大容量ファイルを持つように、といった諸点での工夫が必要になる。

このシステムでは、32ビットスーパーミニコンをホストに採用することで、①、②及び③の要請にこたえた。④については、図面など2値画像処理は専用プロセッサIPで線分リスト作成やベクトル化ができるように、またイメージリーダをIPに直結できるように設計した。そしてカラーや濃淡の画像はホストの主記憶上で、その空間を共有できる内蔵形科学技術計算プロセッサSPを用いて処理できるようにした。

画像情報の別の特質として、人間の視覚で確認されることがあげられる。処理結果にせよ、もとのままにせよ、人間の視覚の応答性に対応する速度で表示できなければならない。ハードコピーをとる場合でも見るに耐えるだけの解像度が要求される。このシステムの画像

ディスプレイ装置やグラフィックディスプレイ装置は、いずれもDMA方式で高速の表示を実現しており、静電プリンタと共に高解像度である。

### 2.2 システム構成

図1. に、フルスコープの構成を示す。以下、特徴ある機能モジュールについて仕様を説明する。

### 2.3 2値画像プロセッサIP

2値画像処理は、すべての画像処理の中核になっていると言っても

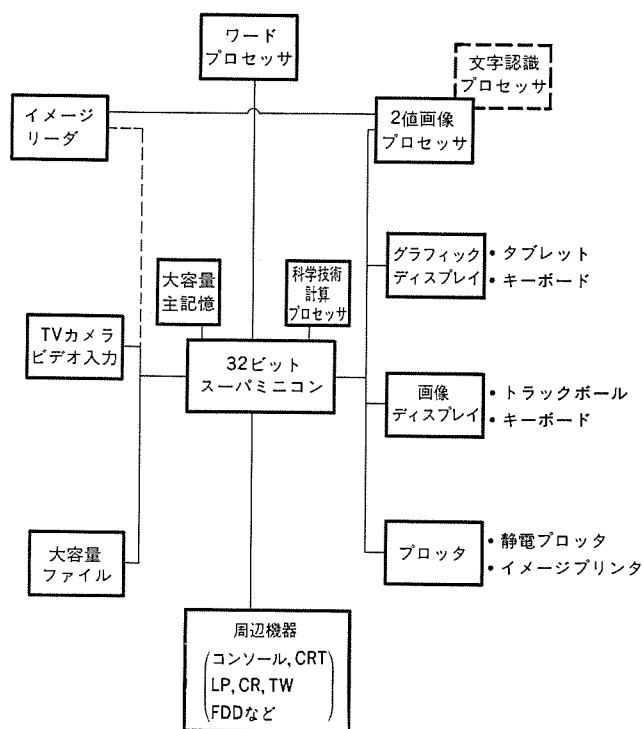


図1. 高性能画像処理システム・ハードウェア構成 (破線部：オプション)

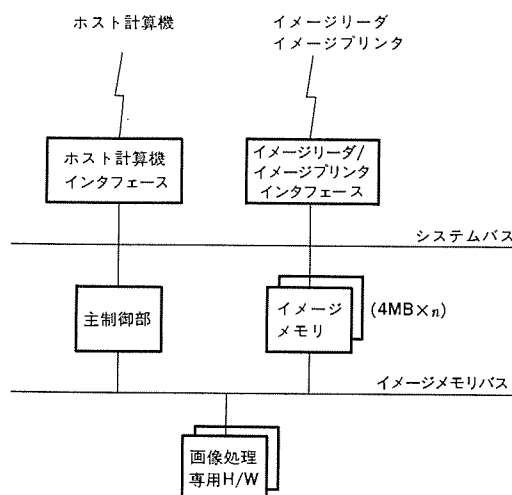


図2. IPのハードウェア機能ブロック

表 1. 2 値画像専用プロセッサ IP の主要処理機能

処理形態	機 能	内 容
画像入出力	イメージリーダ入力	ラインスキャナを用いた図面を 2 値データとして入力する
	イメージプリンタ出力	2 値画像イメージをイメージプリンタに出力する
画像変換	3×3 フィルタ処理	指定フィルタ定数を用いた論理フィルタ処理
	コード化処理	・2×2, 3×3, 4×4 のコード化及び 3×3 のコード変換 ・フリーマン・チェーンコード化
	画像間論理演算	2 値画像の合成処理
	ノイズ処理	膨張・収縮による平滑化処理
	細線化	Deuterd のアルゴリズムによる細線化
	画像拡大/縮小	2×2, 3×3, 1/2×1/2, 1/3×1/3 の二次元拡大/縮小
特徴抽出	ライン内処理	ライン単位の特徴量のデータ化 (ランレングス, エッジリスト, ラン数, ヒストグラム)
	点列化	細線化図形の特徴抽出
	領域解析	孤立領域の特徴量抽出
その他ユーティリティ	バック/アンバック	1 画素 1 ビットのデータと 1 画素 8 ビット, 16 ビット, 32 ビットのデータフォーマット変換

過言ではない。画像のままの処理の最終段階では、2 値画像に変換することが多い。2 値画像処理の基本はビット演算、しかも隣接画素間演算にある。これを汎用計算機で実行するのは使用言語（アセンブラになることが多い）、メモリ効率、処理速度などの面で問題がある。このような理由から、我々は 2 値画像専用プロセッサを開発した。ハードウェアの機能概要を図 2. に示す。また IP が得意とする処理の主なものを表 1. にあげる。

IP は、ホストとのトラフィックをできるだけ少なくするため、複数コマンドを 1 回の転送で受け取り、一括処理することが可能である。コマンドバッファの容量は最大 8 KB で、並列処理を行うことができる。この場合、ホスト側では IP 上での並列処理の手順を意識しなくてよい。IP はまた、複数画面に対し全く同一の処理を行う場合、繰返し数を指定することにより連続パイプライン処理ができる。図 3. に、並列処理の動作例を示す。

IP の処理速度の一例を示すと、2,048×2,048 画素の 2 値画像のノイズ除去に約 2 秒、細線化に 9 秒程度、1,000 個の特徴点検出に 3 秒程度である。IP には、FAX タイプのイメージリーダ及びイメージプリンタが直結できる。

## 2. 4 科学技術計算プロセッサ SP

SP はベクトルや行列のような配列データに対する高速浮動小数点演算を得意とする内蔵形の専用プロセッサである。ホスト（BPU）との関係を図 4. に示す。SP 1 台の性能は 16 MFLOPS あり、最大 4 台まで組み込むことが可能なので、64 MFLOPS までの性能を発揮できる。基本サブルーチンは、ベクトル演算(35 種)、ベクトルスカラー変換(16 種)、ベクトル関数(14 種)、ベクトル比較(7 種)、データ変換(8 種)、複素数ベクトル演算(27 種)、高速フーリエ変換(4 種)などであるが、世のいわゆるアレプロセッサに比べて、画像処理面の機能を強化してある。

例えば、色彩画像に対する濃度変換、色彩系変換、色彩距離演算や、濃淡画像に対する空間積和演算（ラプラシアン、平滑化など）、補間演算（最近傍内挿、共一次内挿、Cubic Convolution）、擬似メディアンフィルタリングなどである。リモートセンシング画像処理で基本となる座標変換やリサンプリング、更には最良（尤）法によるクラスタリングなどが高速に実行できることになる。SP はまた、X 線 CT や MRI での画

処理内容（I=入力処理、P=画像処理、O=出力処理）  
出力リソース（H=ホスト計算機、P=イメージプリンタ、数字=IP 内画面メモリ No.）  
入力リソース（H=ホスト計算機、R=イメージリーダ、数字=IP 内画面メモリ No.）

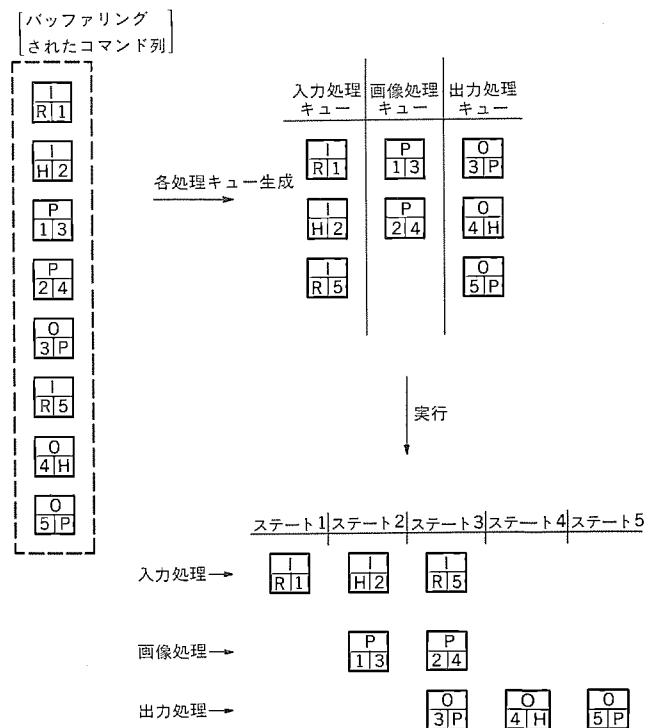


図 3. IP での並列処理動作例

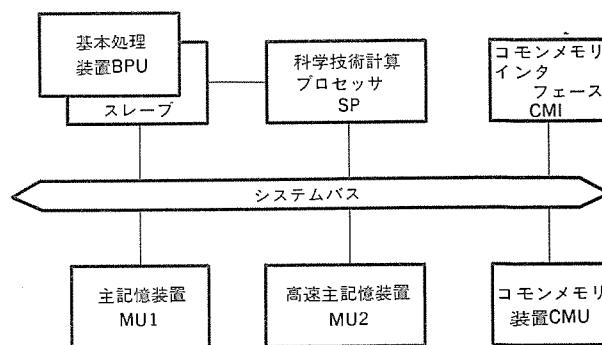


図 4. 科学技術計算プロセッサ SP の組み込み

像再構成処理の中核となる Filtered Back Projection や二次元 FFT 法についても、他のアレプロセッサ以上の性能を発揮する。ユーザーは FORTRAN サブルーチンの形で SP を使用できるが、処理速度の一例を示すと、1,024×1,024 画素の濃淡画像の Cubic Convolution に 35 秒程度、512×512 画素の画像再構成に Back Projection 法で約 80 秒で済む。

## 2. 5 画像入力

磁気テープやフロッピーディスクの形で入手できる画像データについては、そのフォーマットさえわかれば容易に入力できる。オンラインで直接入力する手段として、図面用に FAX 形イメージリーダ、TV 映像用にビデオ入力装置の 2 種類を用意している。

### (1) イメージリーダ

配電線路図、配管図、各種設計図、地図など基本的に白黒 2 値の図面を FAX 形メカニズムで入力する。IP に接続し、IP 側でノイズ除去や細線化などの 2 値画像処理を行って情報抽出し、ホスト側へはコン

パクトなデータを送るという使い方を原則とする。標準仕様のイメージリーダは、表 2. に示すように、A3 の大きさの資料をミリ当り 12 ドットの解像度で入力できる。

## (2) ビデオ入力装置

オンラインの環境監視や製品検査などで、ITVカメラから画像を入力する必要がおきる。フレーム走査時間と同期して数枚の画像をとり込む場合や、ノイズ軽減を目的に積分画像をつくる場合などのために、フレームバッファメモリをビデオ制御装置側に付けている。表 2. の仕様は一例であり、ユーザーの要望に応じてオプション設計が可能である。

## 2. 6 図形・画像表示

図形・画像の本質として人間の視覚を通して初めて詳細が確認できる。したがって処理の過程で結果を表示することが要求される。このシステムでは、図形表示用と画像表示用の 2 種類の装置を用意している。

### (1) カラーグラフィックディスプレイ装置

ディスプレイ装置内にマイクロプロセッサを内蔵することによって、セグメント管理、座標変換、塗りつぶし、漢字表示などがほとんどディスプレイ側で高速に処理できるので、ホスト計算機の負荷を大幅に削減できる。CORE 準処のグラフィックサブルーチンパッケージ (GSP) が用意されている。仕様を表 2. に示す。

### (2) カラー画像ディスプレイ装置

表 2. ハードウェア仕様

演 算 機 能	汎用プロセッサ	MELCOM 350-60/300 (32 ビットマシン) MELCOM 70-MX/3000 (        )
	専用プロセッサ	2値画像プロセッサ IP 科学技術計算プロセッサ SP (内蔵形) ワードプロセッサ (MULTI 16 使用)
モ ニ タ (キーボード、トラックボール、タブレットなど有り)	グラフィックディスプレイ	CRT: カラー 20 インチ, 分解能: 1,368×1,024 実効表示速度: 20,000 ベクトル/s
	画像ディスプレイ	高解像度カラー CRT (20 インチ), ルックアップテーブル 画素数: 512×512, 表示色: R, G, B 各 8 ビット
画 像 入 力	イメージリーダ	資料サイズ: 297 mm 幅 (A3 短辺) まで, FAX タイプ 分解能: 12 本/mm, 読取り速度: 7.5 ms/本 (最大)
	ビデオ入力装置	分解能: 256×256 画素/512×512 画素, フレームメモリ 濃淡レベル: 8 ビット/画素 (モノクロ)
画 像 出 力	静電プロッタ	印字幅: 600 mm (最大), 用紙幅: 609 mm (最大) 分解能: 16 ドット/mm, 用紙送り速度: 28 mm/s
	イメージプリンタ	資料サイズ: 297 mm 幅 (A3 短辺) まで, FAX タイプ 分解能: 12 本/mm, 印字速度: 7.5 ms/本 (最大)
フ ァ イ ル	フロッピディスク	記憶容量: 1 MB (8 インチ, 両面倍密度) フォーマット: IBM 互換
	固定ディスク	67 MB, 135 MB, 300 MB 各種, 転送速度: 1.2 MB/s
	磁気テープ装置	800 BPI, 1,600 BPI, 6,250 BPI 各種 転送速度: 72 KB/s (1,600 BPI)
周 辺 装 置 (上 記 以 外)		ラインプリンタ, カードリーダ, CRT 端末, X-Y プロッタ, グラフィックス端末, クイックハードコピー装置など

画素ごとに色や濃度の情報を制御できるので、医療画像、衛星写真、デザイン画など自然色画像が表示できる。ルックアップテーブルを用いて濃淡画像に色を付ける擬似カラー表示をはじめとして、タブレットやトラックボールによる情報入力、グラフ表示など画像解析に必要な機能を十分備えている。標準仕様のものを表 2. に示す。

## 2. 7 画像出力

処理過程ないし結果の画像をハードコピーとして保管したり、報告書や論文などにのせたいとき、イメージプリントの機能が必要になる。CRT 画面をポロイド写真にとるとか、ビデオ信号からクイックハードコピーにするとかの手段があるが、ここでは大形の図面を出力できる装置を紹介する。

### (1) 静電プロッタ

ベクタ・ラスタ・コンバータにより高速抽画ができる。A1 サイズの複雑な図面が 30 秒台で出力可能。また 16 ドット/mm の高密度記録ヘッドを採用しているので、ちゅう(稠)密・鮮明な図面を作成できる。ホスト側及びプロッタ側に、各々フォーマットソフトウェアが用意されていて、D-SCAN<sup>注1</sup> フォーマットやカルコン<sup>注2</sup> フォーマットでも出力ができる。仕様を表 2. に示す。

## 3. 画像処理ソフトウェア

画像処理では、通常の数値計算とは違った計算機のリソースの使い方を要する。大画面を論理的に一括して扱いたい要求から、大形の二次元配列やファイルが何個も必要となる。また、応用分野ごとに処理が多様であるため、ライブラリの内容も豊富でなければならない。これらの要求にこたえるこのシステムのソフトウェア面での特長を次に述べる。

### 3. 1 オペレーティングシステムと言語

このシステムのオペレーティングシステム OS 60/UMX は、リアルタイム処理、信頼性、高速処理性に優れたリアルタイムスーパーバイザと、生産性・操作性に優れた世界的評価を受けている UNIX<sup>注3</sup> とを結合した独自のものです。32 ビット論理空間を生かして大画面の種々の操作がやりやす

表 3. 画像処理ライブラリ

ユーティリティ	入 出 力	イメージリーダ、ビデオ入力、プロッタ、タブレット
	画 像 転 送	主記憶一ディスク, MT, 専用メモリ, フロッピ
	表 示	自然色画像, モノクロ濃淡画像, 2 値画像, フォールスカラー, 疑似カラー, ベクトル, キャラクタ, 図形発生
画 像 解 析	管 理	プログラム, 画像データ, 図形セグメントファイル
	変 換	コンボリューション, FFT, アフィン変換, 膨脹・収縮, 位置合わせ (相関法, SSDA 法), 画像強調 (ヒストグラム変換, 高速メディアンフィルタ), 転置
	特 徴 抽 出	エッジ検出 (ラプラシアン, Sobel), 中心線抽出境界線検出, 2 値化 (固定しきい値, 浮動しきい値), 等濃度線検出, 画像間演算 (四則演算, フィルタリング) 領域分割
	計 測	ヒストグラム作成, 基本統計量計算, 形状の特徴 (フーリエ記述, 外外接長方形, 伸張度, 面積, 周囲長, 重心), 連結成分処理 (ラベル付け, 取捨選択, 縮退化)
画 像 再 構 成	F F T 法	二次元 KWE 法, 三次元 KWE 法など
	投影再構成法	選択照射マルチスライス法 (SR, IR, SE など)
グラフィックサブルーチンパッケージ		円, 円弧, 扇, だ円の発生 多角形, 円, 扇, などの円部塗りつぶし及びパターンによるハッチング 拡大/縮小, 回転, 移動 ウィンドビューポート変換 マルチビューポート機能 文字属性 (サイズ, 回転, 文字間隔が自由に設定), 漢字機能

表 4. 2 値画像処理ルーチン群

サブルーチン名	処 理 内 容	サブルーチン名	処 理 内 容	サブルーチン名	処 理 内 容	サブルーチン名	処 理 内 容
IP\$GFI	FAX→IP画像データ転送	IH\$LAB	ラベル付け	IH\$SNS1	孤立点除去	IH\$BS	バックデータ中の1画素に、他のバックデータ中の1画素の値を代入する。
IP\$GIF	IP→FAX画像データ転送	IH\$BDR	輪郭追跡	IH\$SNS2	ヒゲ除去	IH\$B0	バックデータ中の1画素の値を0にする
IP\$GIH	IP→ホスト画像データ転送	IH\$STP	孤立領域の始点座標を求める	IH\$SNS3	穴埋め	IH\$B1	バックデータ中の1画素の値を1にする
IP\$GHI	ホスト→IP画像データ転送	IH\$SEC	膨脹、収縮	IP\$SNOS	ノイズ除去	IH\$BC	バックデータ中の1画素の値が1のときtrue, そうでないときfalseを返す関数
IP\$TH	IP→ホスト→IP画像データ転送	IH\$DST	距離変換、骨格抽出	IH\$BIN	画像の2値化	IH\$BYS	1画素8ビットの場合でIM\$BSと同じ動作をする
IP\$PAC	フォーマット変換 (バック化) を行う	IH\$THN	細線化	IH\$AFN	アフィン変換	IH\$BY0	同じく、IH\$B0と同じ動作をする
IP\$UPC	フォーマット変換 (アンバック化) を行う	IP\$THN	細線化	IP\$SMT	拡大、縮小	IH\$BY1	同じく、IH\$B1と同じ動作をする
IH\$GDM	ディスク→MT画像データ転送	IH\$SRK	縮退化	IP\$HVT	水平、垂直変換	IH\$BYC	同じく、IH\$BCと同じ動作をする
IH\$GMD	MT→ディスク画像データ転送	IP\$WIN	ウィンドー演算を行う	IP\$TRN	45°回転	IH\$PAC	バック化し1画素 (16ビットから)
IH\$GDF	ディスク→FLD画像データ転送	IH\$PNT	特徴点を抽出する (点列化)	IH\$LIN	ライン内処理 (ランレングス、ラン数、エッジリスト、ヒストグラム)	IH\$PC8	バック化し1画素 (8ビットから)
IH\$GFD	FLD→ディスク画像データ転送	IP\$PNT	特徴点を抽出する (点列化)	IP\$LIN	ライン内処理 (ランレングス、ラン数、エッジリスト、ヒストグラム)	IH\$SUPC	アンバック化 (1画素16ビットへ)
IH\$GCP	画像ファイルオープン	IH\$LOP	閉ループ検出	IH\$MHC	圧縮 (MH法)	IH\$SUP8	アンバック化 (1画素8ビットへ)
IH\$GCL	画像ファイルクローズ	IH\$APR	近似 (折れ線、円弧)	IH\$MRC	圧縮 (MR法)		
IH\$GRD	画像ファイルの主記憶に読み込む	IH\$CHN	チェインコード化	IH\$MHE	伸長 (MH法)		
IH\$GWR	主記憶から画像ファイルへ書き込む	IH\$ARE	孤立領域の面積を求める	IH\$MRE	伸長 (MR法)		
IP\$RST	IP管理データの初期化とIP H/Wリセット	IH\$PRM	孤立領域の周長を求める	IH\$BLK	ブロックコード化		
IP\$ATH	IP資源の確保とIP\$RSTの機能	IH\$WDT	孤立領域の幅を求める	IP\$BLK	ブロックコード化		
IP\$DTH	IP資源の解放	IH\$CCL	孤立領域の円形度を求める	IP\$LCT	間引きを行う		
IP\$STO	IPのタイムアウト時間を設定	IH\$DSP	孤立領域の分散度を求める	IH\$WID	線の算出		
IP\$CST	F・B (IPへのコマンド) チェインの生成を開始する	IH\$ENL	孤立領域の伸長度を求める	IH\$CHR	文字認識		
IP\$CEN	F・Bチェインの生成を終了する	IH\$GRV	孤立領域の重心を求める	IH\$SYM	シンボル認識		
IP\$CEX	F・Bチェインを実行する	IH\$MMT	孤立領域のモーメントを求める (中心線角度を含む)	IH\$PRT	部品の分類		
IP\$STW	イメージエディット/ウェットモードをセットする	IH\$CNC	孤立領域の四率を求める	IH\$SACT	領域抽出		
IP\$WAI	すべてのF・Bの終了を待つ	IH\$RCT	孤立領域の外接長方形を求める	IH\$PLG	画面間論理演算 (AND, OR, EX-OR, NOT)		
IP\$RPT	エラー要因コードを報告する	IH\$CNV	孤立領域の凸凹包を求める	IP\$PLG	画面間論理演算 (AND, OR, EX-OR, NOT)		
IP\$MSC	エラーメッセージ出力の抑止、再開を指示する	IH\$SIZ	孤立領域のサイズを求める				
IP\$OPN	指定IPの使用を開始する	IP\$ARE	孤立領域の分離解析を求める				
IP\$CLS	指定IPの使用を終了する	IH\$CVC	孤立領域について各境界点の重心からの距離を求める				
IP\$HLT	IP内実行の強制終了	IH\$CVK	孤立領域について各境界点のK-傾き、K-曲率を求める				
IP\$INT	IPのS/Wイニシャライズ	IH\$EUL	オイラー数を求める				
IP\$RLM	指定領域の解放	IH\$MTH	テンプレートマッチングを行う				

注

IH\$～: ホスト側実行サブルーチン

IP\$～: IP側実行サブルーチン

くなっている。仮想記憶のサポートもその一例で、16 MB の配列を複数個宣言することができる。

画像処理には FORTRAN 77 を基本的に使用すればよいが、画像のシNTAX 解析や高度の認識処理には、知識言語 PROLOG を利用することも可能である。この PROLOG にはタスク間通信、グラフィックス、プロセス入出力などの拡張機能を持たせてある。パソコンを日本語端末としたり、ワードプロセッサとして使うことができるのも、文書画像編集などには便利な点である。

### 3.2 画像処理ライブラリ

画像処理では応用分野ごとに固有のソフトウェアを相当量開発する必要があるが、汎用的・共通的なアルゴリズムも多い。このシステムの画像処理ライブラリの基本的な骨格を表 3. に示す。

### 3.3 2値画像処理の場合

文書や図面のように、もともと2値として扱えるものがある。工業画像計測のように濃淡画像として入力するものでも、傷や組織の形状を解析する段階では2値画像に変換することは多い。このように、2値画像処理はすべての画像処理の中核になっていると言えよう。表 3. にあげた画像処理ライブラリの中から、2値画像処理ベジックサブルーチン群をとり出すと、表 4. のようになる。

## 4. 期待される応用分野

このシステム（あるいはそのサブセット）が有効に適用できる分野を次に列挙する。また2, 3について中心となる処理内容を紹介する。

- |     |  |
|-----|--|
| 産業用 | ・各種図面入出力……系統図, 配電・配水図, 地形図, 特許図, 機構部品図 |
|     | ・パターン計測……表面傷検査, 成分分析, 製品検査             |
|     | ・状態監視……リモートセンシング, 非破壊検査                |
| 医療用 | ・核医学……MRI, デジタルラジオグラフィ                 |
|     | ・超音波画像処理……生体組織診断                       |
|     | ・顕微鏡画像処理……染色体解析, 白血球分類, 細胞診断           |
| その他 | ・INS……静止画像応答装置                         |
|     | ・印刷・装飾……カタログ作成, 型設計, 配色・配置             |
|     | ・振動波形解析……地震波二次元表示                      |
|     | ・気象・海洋・宇宙……リモートセンシング                   |
|     | ・セキュリティ……印鑑照合, 指紋/掌紋判別, 人相判別           |

### 4.1 合成開口レーダの画像再生処理<sup>(1)</sup>

合成開口レーダ (SAR) はマイクロ波を用いる映像センサで、観測距離に関係なく極めて高い距離分解能が得られることが特長である。SAR データのデジタル信号処理のブロックシーケンスを図 5. に示す。レンジ圧縮は、レーダ送信波によって一義的に定まるリファレンス関数と、信号波の時間変数に関する相関を求める演算で、FFT (高速フーリエ変換) を利用する。コーナターンは、計算機の内部メモリとディスクメモリの間のデータ入出力を高速化するためのデータ並べ換えの処理である。アジマス圧縮でも FFT が基本になっている。SAR の画像再生処理例を図 6. に示すが、データ処理量が極めて大きいので専用プロセッサが必ず(須)となる。このシステムの SP は、こうした処理に大きな威力を発揮する。

### 4.2 配電線路図作成

ある地域に電力を供給する配電系統設備を運用する場合、トランス、地中線、電柱などの設備の数は膨大で、しかも面的広がりを持っている。その管理運用には多大の費用と労力を必要としている。コンピュータによる配電系統情報管理システムが重要視されるゆえんで

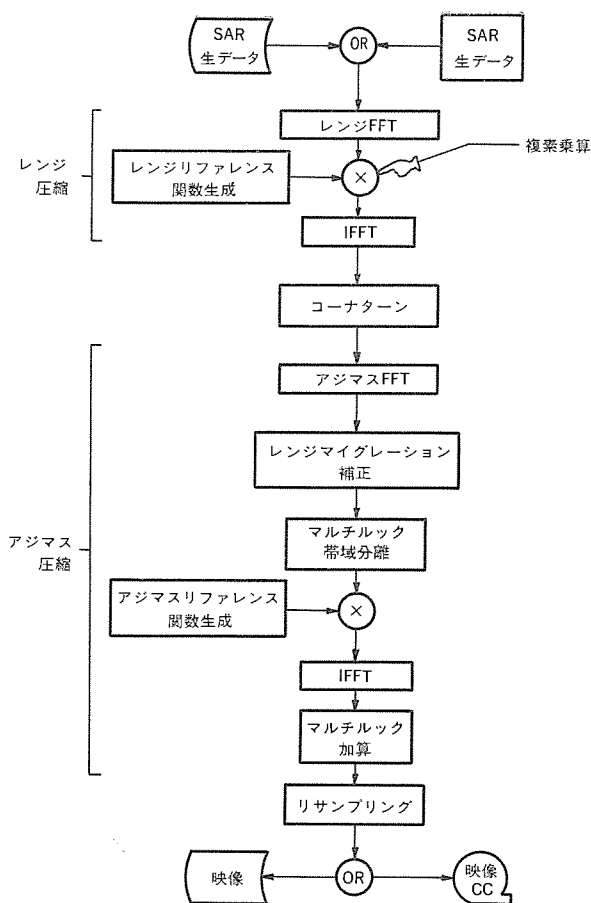


図 5. SAR 画像再構成処理フロー<sup>(1)</sup>

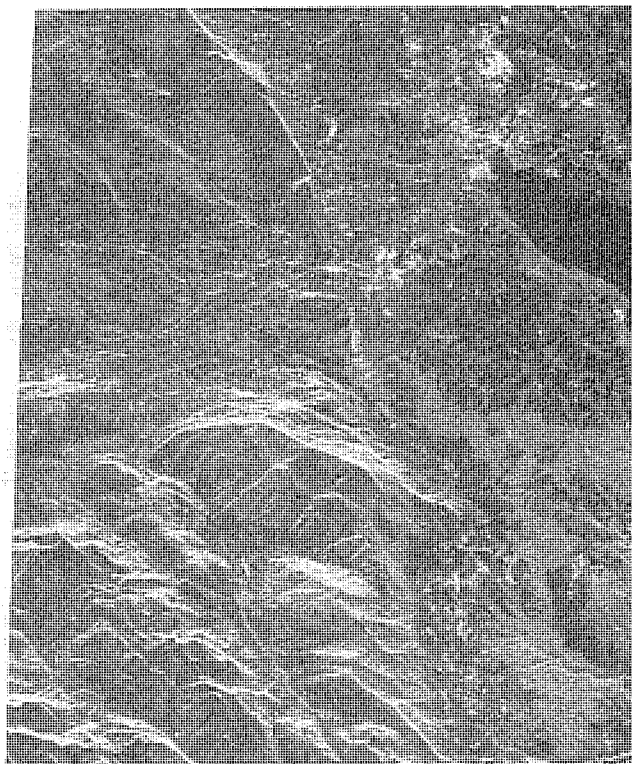


図 6. SEASAT SAR イメージ

あるが、設備情報が緯度・経度情報と共にベクトル化されて図面とは独立に管理できるようになっていると修正・変更が非常に楽になる。新しい配電線路図がほしいときには、図 7. に示すような方法で設

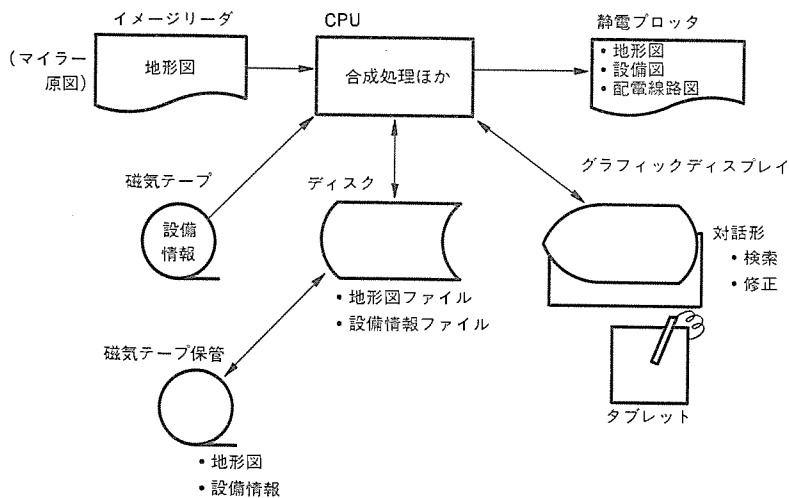


図 7. 配電線路図作成状況

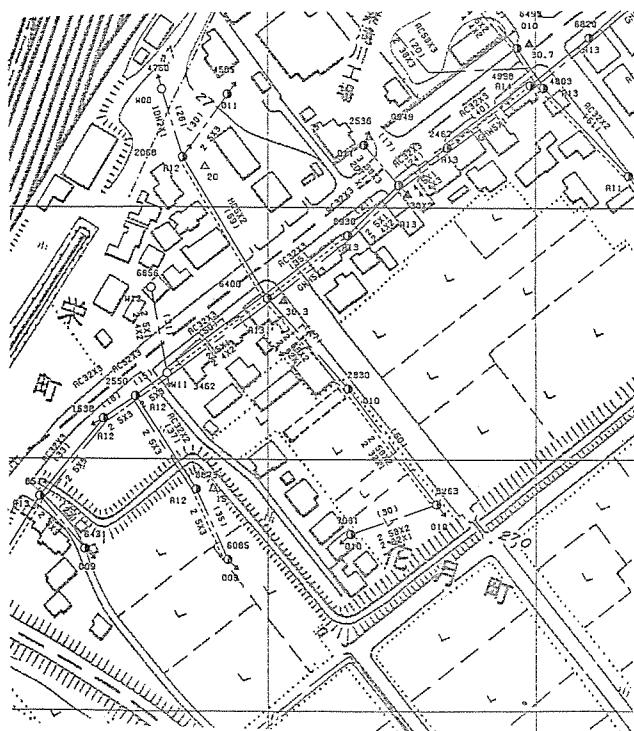


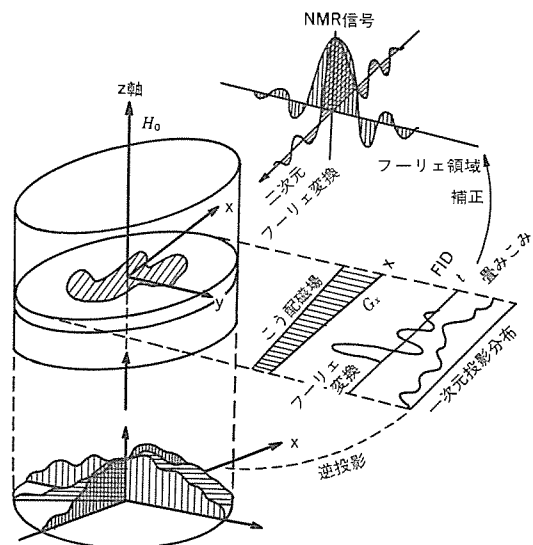
図 8. 配電線路図作成例

備情報と地形図とを画像として合成し、静電プロッタにプリントすればよい。処理例を図 8. にあげる。

このシステムの機能を利用すれば、こうした設備管理や図面作成はきわめて容易にできる。特に IP は図面の認識処理に役立つ。

#### 4.3 MRI 画像再構成<sup>(2)</sup>

静磁場  $H_0$  の中に検体をおき、こう配磁場を加え、更にラジオ波パルスを印加すると核磁気共鳴による FID (自由誘導減衰) 信号を得る。これをフーリエ変換すると一次投影分布となるので、逆投影 (Back Projection) 法を使えば断面映像の一部が得られる。こう配磁場の



断面 NMR 信号分布 ( $\rho, T_1, T_2$ ) (1° おき 180 回重ねる)

図 9. MRI 法ブロック図<sup>(2)</sup>

方向を変えつつ、各断面映像をたし込んでいけば、X線 CT と同様のアルゴリズムで完全な断面が再構成できる。一方、こう配磁場の方向を変えつつ、各 FID 信号を二次元フーリエ領域でたし込んでいき、まとめて二次元フーリエ変換しても完全な断面が再構成できる。これをフーリエ変換法と呼ぶ。これら 2 種類の方法の関係を図 9. に示す。

このシステムの SP は、逆投影法でもフーリエ変換法でも、高速に実行して断面像を再構成できる。

## 5. む す び

大量図面の保守管理、CAD への図面入力、衛星画像解析による地球観測 (気象、海洋、資源)、医療における CT やラジオグラフィによる総合画像診断、高度情報通信社会における各種画像サービス等々画像処理技術の適用分野は急激に広まっている。こうした状況に最適の高性能画像処理システムを紹介した。32 ビットスーパーミニコンによる集中制御並びに各種専用プロセッサによる分散処理というリアルタイム高速処理向きのアーキテクチャとなっている点、UNIX<sup>注3</sup>をベースに効率よく応用ソフトウェアが生産できる点、分野ごとに適正システムをビルドアップできる機能ブロック方式である点など優れた特長を持っている。これからの画像処理に対する広範な要求に十分こたえることのできるシステムと確信している。

## 参 考 文 献

- (1) 小野ほか：三菱電機技報，56，No. 8，P. 58 (昭 57)
- (2) 竹中：数理科学，7，No. 241，P. 51 (昭 58)

注 1：セイコー電子工業(株)製プロッタのデータ形式

注 2：CALCOMP 社製プロッタのデータ形式

注 3：AT&T ベル研究所が開発したオペレーティングシステムの名称

# 境界要素法による飛しょう体の計算空力プログラム

秋下 貞夫\*・黒崎隆二郎\*\*・片山 雅之\*\*

## 1. ま え が き

飛しょう体の性能は、機体の空力特性に大きく依存している。飛しょう体の機体の設計は、これまで風洞試験に基づいて行われてきた。風洞試験は、複雑な形状をした物体のまわりの流れをシミュレートする最も信頼できる方法であるが、準備も含め多大の費用と期間を要すること、流れの状態を実機の場合と完全に一致させることが事実上不可能であること、計測に限界があることなど、幾つかの欠点を持っている。一方、数値解析手法と計算機の進歩に伴い、複雑な流れ現象の解析を可能にする計算流体力学が盛んになってきた。計算空力学の導入は、単に風洞試験の回数を減らして、開発コストと期間を縮小するという補助的な役割にとどまらず、風洞試験では実現不可能であった流れのシミュレーション、計測不可能であった物理量の算出を可能にし、空力設計技術を飛躍的に進歩させる可能性を有している。

我々は、飛しょう体の機体の最適設計を実現するために、任意形状の飛しょう体のまわりの流れを計算して空力特性を予測する計算空力プログラム SUSCAP (Subsonic Computational Aerodynamic Program) を開発した。SUSCAP では、亜音速で飛行する流線形をした飛しょう体の空力特性の把握が可能であり、その特長は、

- (1) 境界要素法を用いているので、三次元空間の計算であるにもかかわらず、二次元空間に相当する領域の求解を行えばよく、計算時間、計算機の記憶容量ともに比較的小さくてすむ。
  - (2) 流体中の任意の点の速度が算出できる。
- ことである。

## 2. 計算の手法

### 2.1 問題の定式化と解法

流れは非粘性、非圧縮とし、一様流中におかれた三次元物体まわりの非圧縮ポテンシャル流れ場を解くこととする。問題は、かく乱ポテンシャル  $\phi$  に関するラプラス方程式 (1) を下記の境界条件のもとに解くことに帰着する。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

いま図 1. に示す座標系をとることとし、揚力を持つ翼から流出する自由渦面を厚みのない面  $S_w$  で表現すれば、境界条件は次のようになる。

- (1) 流れは物体表面  $S_A$  に沿う。

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = -U_\infty \cdot n; S_A \text{ 上} \quad (2)$$

- ここに、 $U_\infty$  は一様流の速度ベクトル、 $n$  は単位法線ベクトルである。
- (2) 翼後流を表す自由渦面  $S_w$  では上下面でのポテンシャルの不連続  $\Delta \phi (= \text{一定})$  が生じており、その値は  $S_w$  と  $S_A$  の接合線  $C_w$  における  $\phi$  の連続性より求められる。

$$\Delta \phi = \phi_+ - \phi_-; C_w \text{ 上} \quad (3)$$

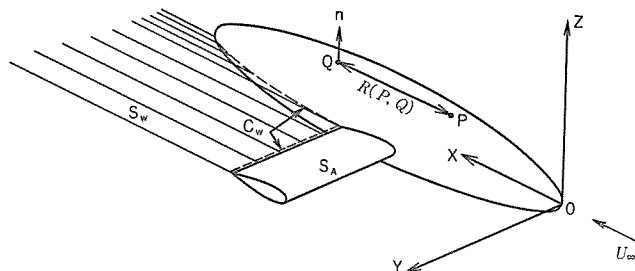


図 1. 座 標 系

ここに、 $\phi_+$  と  $\phi_-$  はそれぞれ物体表面上における  $C_w$  上での上面及び下面の  $\phi$  の値である。なお、 $C_w$  は翼の部分では Kutta の条件を満たすように、翼の後縁に一致させる。

- (3) 速度ポテンシャル  $\phi$  は無限遠で 0 である。

このように定式化された問題を Morino の方法に従い、鷺津らと同様な手法で離散化ポテンシャルの方程式に導く。すなわち、式 (1) の解を境界条件式 (2), (3) を満たすように、次式で表す。

$$\begin{aligned} 2\pi\phi(P) - \iint_{S_A} \phi(Q) \frac{\partial}{\partial n(Q)} \left[ \frac{1}{R(P, Q)} \right] dS \\ - \iint_{S_w} \Delta\phi(Q') \frac{\partial}{\partial n(Q')} \left[ \frac{1}{R(P, Q')} \right] dS \\ = \iint_{S_A} U_\infty \cdot n(Q) \left[ \frac{1}{R(P, Q)} \right] dS \quad (4) \end{aligned}$$

次に、物体表面  $S_A$  を平面パネル  $\Sigma_k$  で、自由渦面をパネル  $\Sigma_{k'}$  で分割し、それぞれのパネルの図心において式 (4) を適用すれば、次のような離散化方程式が得られる。

$$[\delta_{hk} - C_{hk} - w_{hk}] \{\phi_k\} = [b_{hk}] \{U_\infty \cdot n_k\} \quad (5)$$

ここに  $\delta_{hk}$  は Kronecker の記号であり、影響係数  $C_{hk}$ ,  $w_{hk}$ ,  $b_{hk}$  は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} C_{hk} &= \frac{1}{2\pi} \left[ \iint_{\Sigma_k} \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{R} \right) dS \right]_{P=P_h} \\ b_{hk} &= \frac{1}{2\pi} \left[ \iint_{\Sigma_k} \frac{1}{R} dS \right]_{P=P_h} \\ w_{hk} &= \pm \frac{1}{2\pi} \left[ \iint_{\Sigma_{k'}} \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{R} \right) dS \right]_{P=P_h} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

ただし、 $w_{hk}$  は要素  $\Sigma_k$  が  $C_w$  と接しない場合は 0 で、 $C_w$  と接する物体上(下)面要素では  $+$ ( $-$ ) の符号をとる。離散化ポテンシャル  $\phi_k$  が得られた後の点  $P$  における攪乱速度  $v(P)$  の計算には、式 (4) に  $\text{grad}(\phi)$  を操作して得る方法をとる。 $v(P)$  は次式で表される。

$$v(P) = \sum_k \{C'_{hk} + w'_{hk}\} \phi_k + b'_{hk} \{U_\infty \cdot n_k\} \quad (7)$$

ここに、 $C'_{hk}$ ,  $w'_{hk}$ ,  $b'_{hk}$  はそれぞれ影響係数  $C_{hk}$ ,  $w_{hk}$ ,  $b_{hk}$  に演算子  $\text{grad}(\phi)$  を操作して得られたものである。物体表面上の圧力分布は、攪乱速度  $v(P)$  に一様流速度  $U_\infty$  を重ね合わせた合成速度場に Bernoulli の定理を適用して得られる。

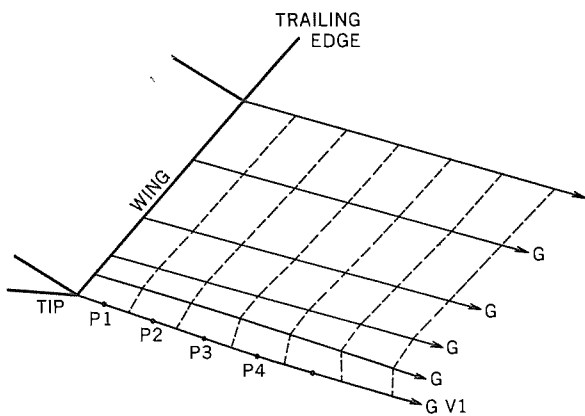


図 2. (a) 後流渦面のモデル化

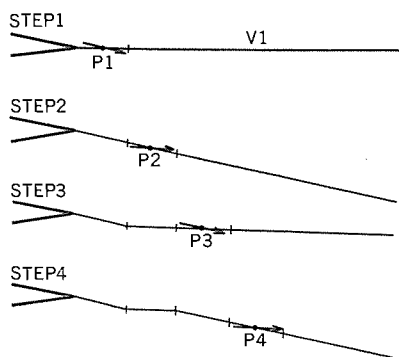


図 2. (b) 繰返し計算の手法

## 2.2 自由渦面の位置の計算

ここでは、以下に述べる繰返し法により計算する。後流渦面は、 $\Delta\phi$  = 一定のポテンシャルの不連続面であり、これは強さ一定の二重渦 (湧) 出しと同等である。ポテンシャル流では強さ一定の二重湧出し面は、面の縁をなす閉曲線で構成される渦糸と同等である。したがって、後流渦面を図 2. (a) に示すように離散化された渦糸で囲まれた平面で構成する。渦糸は流線に沿うので、線素で構成される渦糸の方向が線素の中心で評価される流速の向きに合うように修正する。すなわち、線素の始点  $(x_j, y_j, z_j)$  が与えられると終点  $(x_{j+1}, y_{j+1}, z_{j+1})$  は次式により計算される。なお、 $x$  座標は指定しておく。

$$\left. \begin{aligned} y'_{j+1} &= \left[ \frac{U_{\infty y} + v_y}{U_{\infty x} + v_x} \right]_{P_j} (x_{j+1} - x_j) + y'_j \\ z'_{j+1} &= \left[ \frac{U_{\infty z} + v_z}{U_{\infty x} + v_x} \right]_{P_j} (x_{j+1} - x_j) + z'_j \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

繰返しの回数を減らし、収束を早める上に図 2. (b) に示す手法が有効であった。渦糸の位置は上流の線素から順に修正されるが、最初の後縁直後の線素の計算では、渦糸は半無限の直線渦と見なされる (Step 1)。次の線素の位置の計算では、下流の渦糸は一つ前の修正済みの線素と同じ向きの半無限直線渦と見なす (Step 2)。 $\phi_k$  と後流渦面の位置は上述のような計算手続きを数回繰返せば、収束に至る。

## 3. プログラムの構造

### 3.1 入力データ

入力データは、以下のものからなっている。

#### (1) 幾何学データ

飛しょう体の形状を表すデータであり、パネル生成の基礎になるが、データ作成に要する労力を減らすために、その内容は基本的なものの最小限ですむように工夫されている。

#### (2) パネル分割データ

計算モデルのパネル分割を指示するデータであり、分割数、分割位置などを与える。幾何学データと分割データから、パネル節点の座標、標点などを計算する。

#### (3) 解析パラメータ

一様流データ (主流方向、マッハ数など) と後流渦面の繰返し計算の回数の指定など、プログラムが持つ多くの機能をコントロールするデータである。

### 3.2 計算の流れ

図 3. は、計算の流れを説明するフローチャートである。準備された入力データを用いて、パネルデータを作成する。ここで、圧縮性の効果を考える場合は、パネルデータを座標変換によって修正する。パネルデータをグラフィックに出力させて、形状データに誤りのないこと、分割が適切であることを確認する。次にパネルデータを基に影響係数と速度影響係数を計算する。影響係数、速度影響係数の厳密解は、かなり複雑な計算を要するので、離れたパネルすなわち影響が小さいと思われるパネルからのものは、近似解を用いて計算時間を節約している。

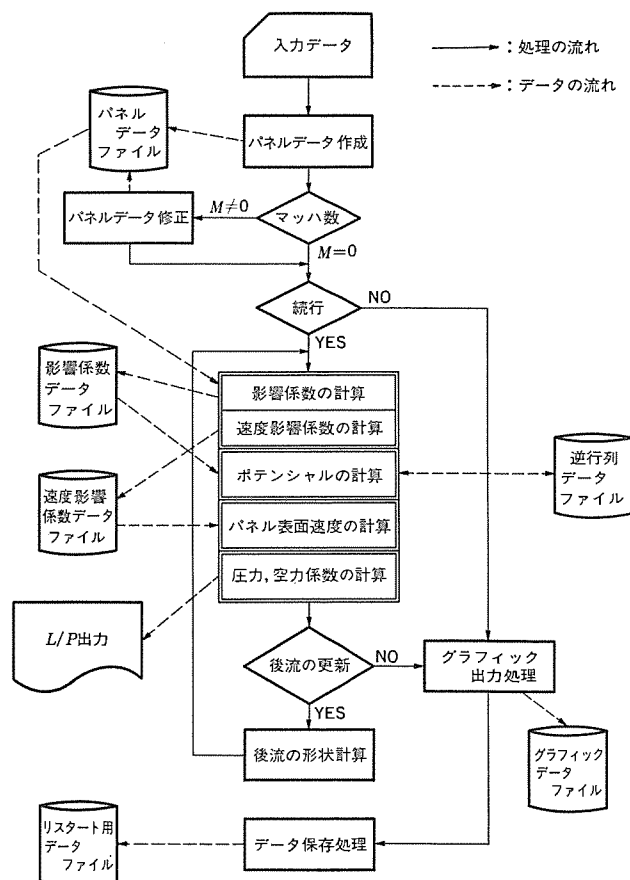


図 3. 計算フローチャート

表 1. プログラムの概要

使用言語	FORTRAN
プログラムサイズ	約 15,000 STEP

影響係数行列の逆行列を求め、離散化ポテンシャルを計算し、更にパネル上の速度を計算する。パネル上の速度から圧力を計算し、これを3方向成分に分けて、全パネルの値を加算して、全機の空力係数を計算する。またここで、一部分のパネルについて圧力の加算を行うことで、翼のみの空力係数など、部分的な解析が可能である。この後、後流渦面の更新を行う場合は、後流渦面の標点での速度を計算して、流線に沿うように後流渦面の形状を再計算する。新しい後流渦面の形状が決まると、影響係数計算に戻る。これを指定した回数だけ繰返す。後流渦面の繰返し計算が終了すると、グラフィック出力処理とデータ保存処理を行い一連のジョブを完了する。

#### 4. 計算例

##### 4.1 航空機タイプ

図4は、航空機タイプの翼胴翼モデルのパネル分割図である。計算結果として、圧力分布の例を幾つか示す。図5は、胴体の圧力分布であり、主翼が取り付くことによる胴体の圧力分布の変化をよくとらえており、実験結果と良く一致している。先端と後端は実験データがないので評価は難しいが、円周方向 $45^\circ$ (図5.)の後端付近で圧力が急激に低くなっているのは、パネル図(図4.)からもわかるように、この付近が胴体と尾翼によって狭い間けきになっており、流体が加速されて流速が上り、圧力が下がったものと思われる。しかし、現実には粘性の効果のため、このような狭い間けきで流体が急激に加速されることはないので、現実の流れとは異なった結果になっていると思われる。図6は、それぞれスパン位置の異なる主翼の上下面の圧力分布であり、実験結果との一致は良い。図7は、尾翼の圧力分布であるが、胴体に近いスパン位置の圧力分布が、実験結果と大きく異なっている。これも、先に説明したとおり、尾翼と胴体のつくる狭い間けきの影響であると考えられる。

##### 4.2 十字翼飛しょう体

この計算は、主翼と尾翼の干渉が特に重要な問題において、このプログラムが有効であることを確認するために行われた。図8に計算モデルである十字翼飛しょう体の外形形状を示す。図からわかると

おり、このモデルは主翼のスパンが、尾翼よりわずかに大きい形状であり、主翼から流出する後流渦が尾翼に強い影響を与えるであろうと予想される。事実、このような形状の飛しょう体が飛行中に機軸まわりの姿勢を制御するために、上下又は左右の一对の主翼をそれぞれ逆方向に偏角した時、操舵によって発生する機軸まわりのモーメントが、主翼の後流が尾翼に与える影響によって生じる逆方向のモーメントによって大幅に打ち消されることが知られている。

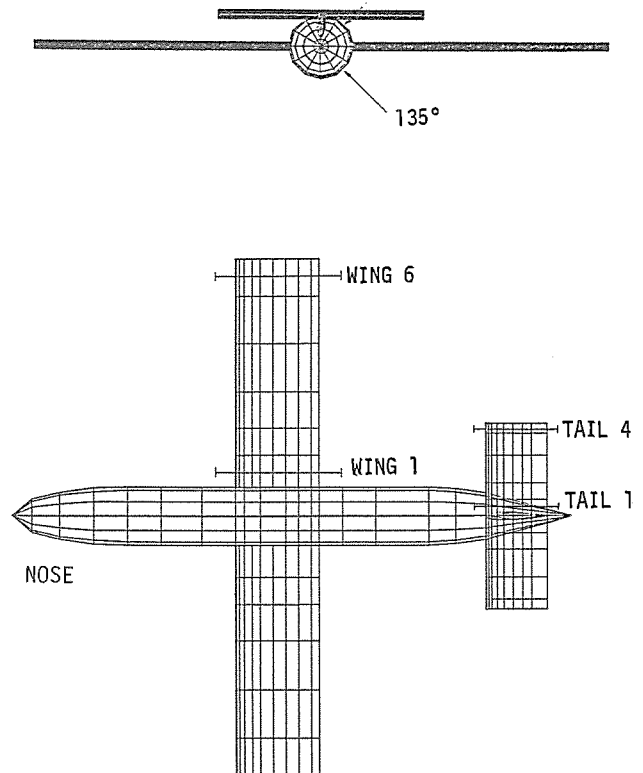


図4. 翼胴翼モデルのパネル分割図

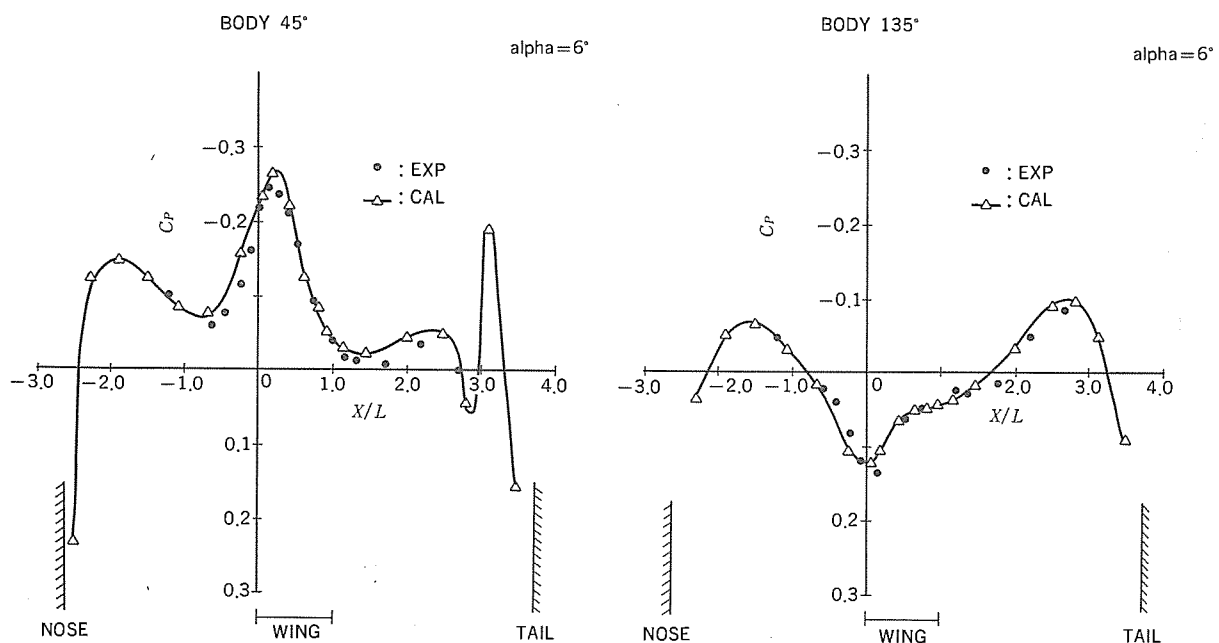


図5. 計算結果 胴体圧力分布

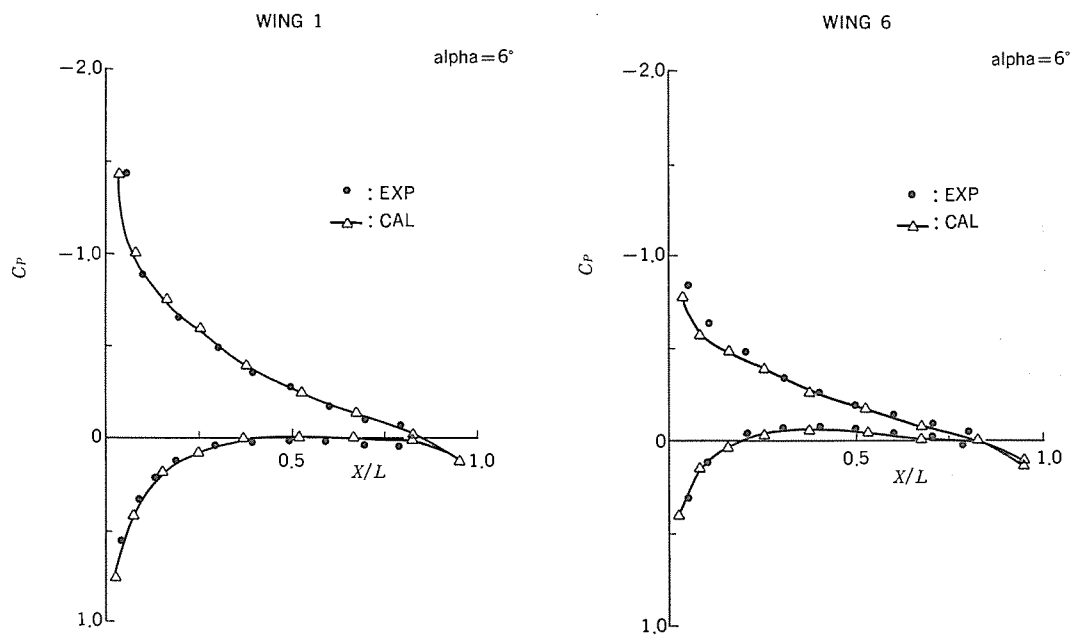


図 6. 計算結果 主翼圧力分布

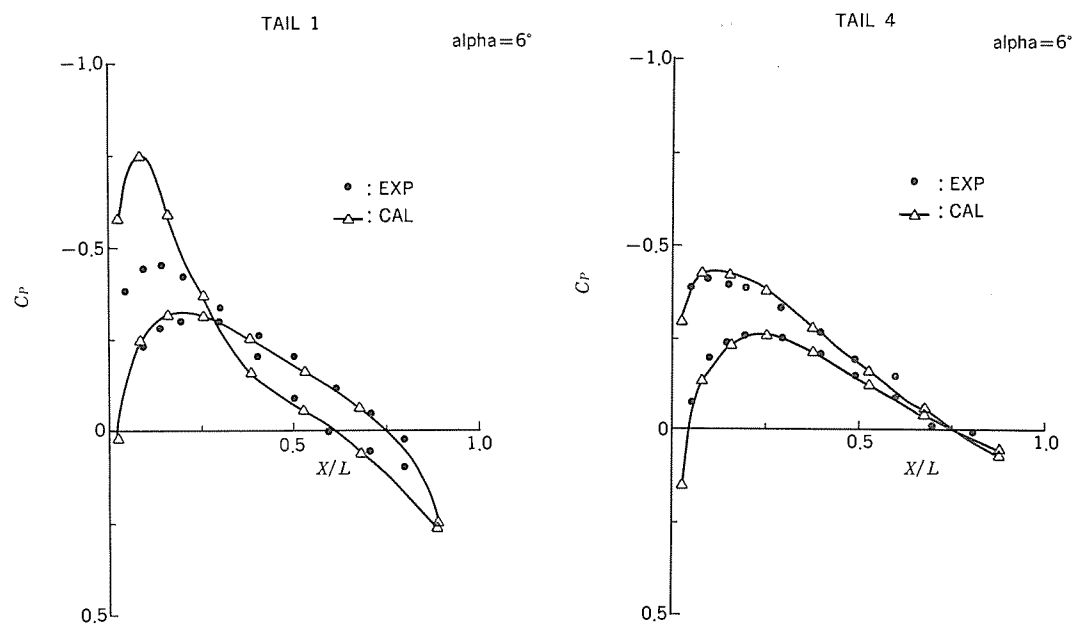


図 7. 計算結果 尾翼圧力分布

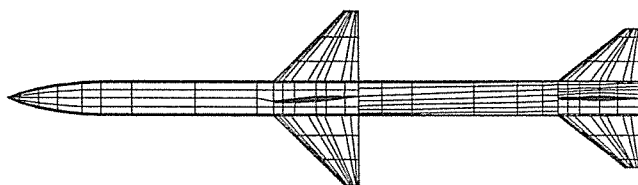


図 8. 十字翼飛しょう体 モデルのパネル分割図

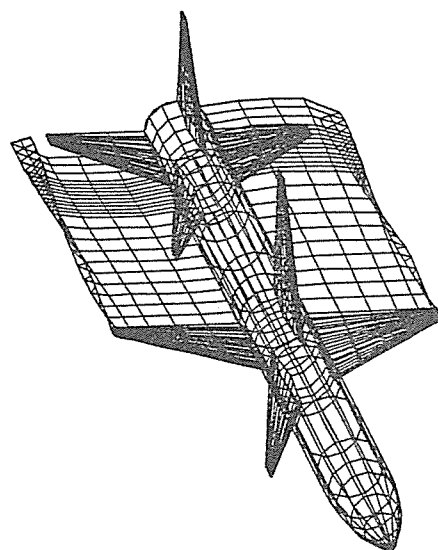


図 9. 計算結果 後流形状

図 9. は、主翼の後流渦面を繰返し計算によって求めた結果を示す図である。翼端からの渦が巻き込まれていく様子がよくとらえられている。図 10. は、機軸まわりのモーメントの計算結果と実験値との比較であり、両者は良い一致を示している。このシミュレーションの結果、主翼と尾翼の干渉が大きい形状においても、このプログラムが有効であることが確認された。

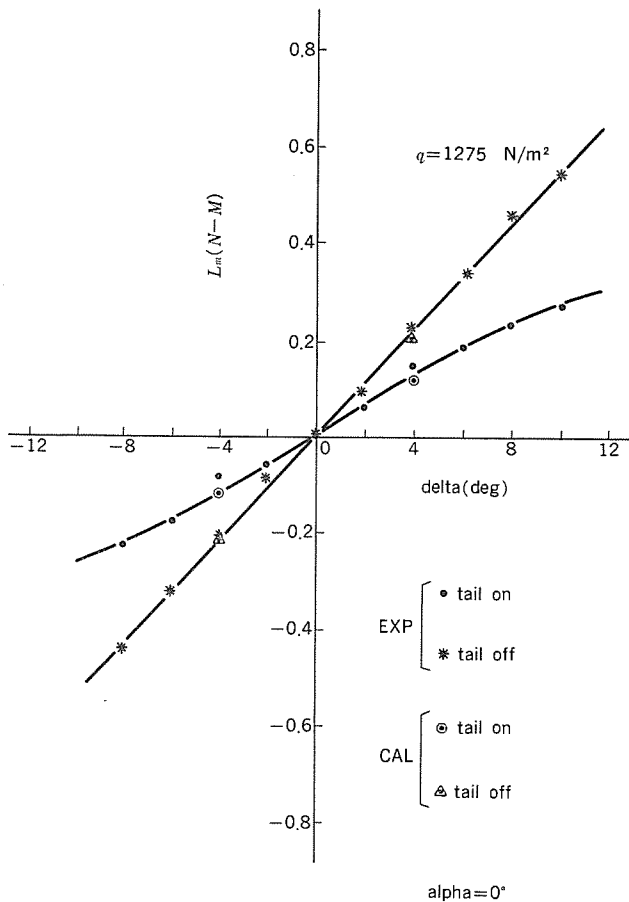


図 10. 計算結果 機軸まわり モーメント

表 2. 計算例のパネル数と計算時間

計 算 例	パ ネ ル 数	計 算 時 間 (CPU)
航 空 機 タイ プ	約 400	約 100 秒
十 字 翼 飛 しょう 体	約 1,400	約 1,000 秒

表 3. 文字及び語句の説明

文字又は語句	意 味	説 明
alpha	迎 え 角	一様流の主流方向と機軸のなす角度
BODY	胴 体	
CAL	計 算 値	
$C_p$	圧 力 係 数	圧力を動圧で無次元化した量 $C_p = (P - P_\infty) / q$
delta	舵 角	
EXP	実 験 値	
$L$	基 準 長	胴体の場合全長、翼の場合翼弦長
$L_m$	機 軸 ま わ り モーメント	
NOSE	先 端	
$q$	動 圧	$q = \frac{1}{2} \rho U^2$
TAIL	尾 翼	
WING	主 翼	
X	機軸方向座標	先端を原点に後方が正

## 5. 今後の課題

以上、我々が開発した亜音速計算空力プログラムの概要について計算例を交えて紹介した。このプログラムは、2章で述べたとおり、流れを非粘性、非圧縮と仮定している。そのため粘性が本質である摩擦抗力を計算することはできない。粘性抗力を厳密に計算するには Navier-Stokes の方程式を解く必要があるが、現在の計算機的能力で、任意形状の物体について、実用的な計算時間でこれを実現することは難しい。現在、我々は実験に基づくデータベースを用いて摩擦抗力を計算するサブルーチンを追加して、これに対応している。

また同様に、粘性がその性質を支配するはく(剝)離流の解析も不可能である。したがって、このプログラムは、物体の表面で剝離が広範に生じていない場合にのみ有効であると言える。これまでの計算の実績から、迎え角が十数度程度までは、十分に精度良く計算できることがわかっている。しかし、今後飛しょう体に対して要求される性能が高くなるに従い、飛しょう体は高迎え角で飛行することが必要になっているので、剝離流の解析は重要である。厳密にはポテンシャル流で剝離を伴う流れを取り扱うことはできないが、物体上での剝離位置から渦面を放出させるという方法で剝離流を計算することは可能である。現在、プログラムの改修を予定しており、手法の検討中である。

また、現在はパネル上のポテンシャル分布を0次分布、すなわち一定値で分布させているが、この方法では連続なポテンシャル分布を精度良く近似しようとすると、パネル分割を細かくしなければならず、計算量が多くなる。そこで、パネルに分布するポテンシャルを、一次関数又はそれ以上の高次の関数で近似すれば、パネル間の継目でのポテンシャルの不連続がなくなり、連続なポテンシャルの分布を少ない数のパネルで精度良く近似できるので、計算の精度を向上させることができる。

## 6. む す び

ここで紹介したプログラムは、計算例からもわかるとおり、複雑な形状をした飛しょう体の空力特性を良い精度で計算でき、このプログラムを飛しょう体の空力設計に適用していくことによって、設計の労力と期間を大幅に縮小できるとともに、最適設計が可能になるであろう。

なお、現在やはりパネル法による超音速計算空力プログラムを開発中であり、昭和60年3月完成予定である。更に、遷音速計算空力プログラムも、昭和60年度に開発を予定しており、現在、これに先駆けて、理論検討を開始している。

最後に、プログラムの開発にあたり多大の御協力を仰いだ(株)三菱総合研究所、第一情報システム部主任研究員平田知二及び同研究員岡田勘三両氏に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 秋下ほか：前翼操舵飛しょう体におけるロールモーメントの計算、第15回流体力学講演会講演集(昭58)
- (2) 黒崎ほか：パネル法による亜音速計算空力プログラムの開発、第2回航空機計算空気力学シンポジウム論文集(昭59発刊予定)
- (3) S. Akishita, et al.: "Theoretical Prediction of Roll Moment on Wing-Controlled Missile", AIAA paper 84-2148 (1984)

# 熱間圧延ラインへのデジタル可変速駆動システムの適用

中西 敏彦\*・藤岡 克志\*・川崎 宗男\*\*・富永 善治\*\*・櫛原 潤一\*\*

## 1. ま え が き

近年、鉄鋼熱間圧延ライン駆動システムに対し、

(1) 制御の高度化に伴う高精度化

(2) 圧延プラントの合理化の面から、高効率化、省保守性

が強く要求されている。これらのニーズにこたえるべく、三菱電機(株)は、川崎製鉄(株)水島第2厚板工場に、厚板ミルとしては初めての圧延ライン駆動システムのデジタル化、交流可変速化を実現した。

デジタル化、交流可変速化として、図1.のように、

(1) 仕上Hミルモータ (2-8,000 kW, 50/100 rpm, JEM 1157-1 標準型)、及び仕上ミルゾーンの全テーブルモータ (合計 13,122 kW) に、デジタルサイリスタレオナード駆動システム (既設アナログ制御部を改造)。

(2) 仕上Vミルモータ (1-1,720 kW, 150/510 rpm, JEM 1157-1 標準型) に、デジタルサイリスタモータ駆動システム。

(3) Vミル開度設定 (2-37/74 kW, 575/1,150 rpm, JEM 1109 標準型) に、VVVFインバータ+KMACモータ駆動システム。

をそれぞれ、適用した。以下に各駆動システムを紹介する。

## 2. デジタルサイリスタレオナード駆動システム

### 2.1 特長, メリット

高性能16ビットマイクロプロセッサを採用したデジタル制御により、従来のアナログ方式に比べ、

(1) 優れた制御性能の実現

(a) 高速サンプリングによる高速応答の実現

(b) 高精度化

(c) 非線形アルゴリズムによる制御性能向上

(2) 充実した故障診断機能の実現

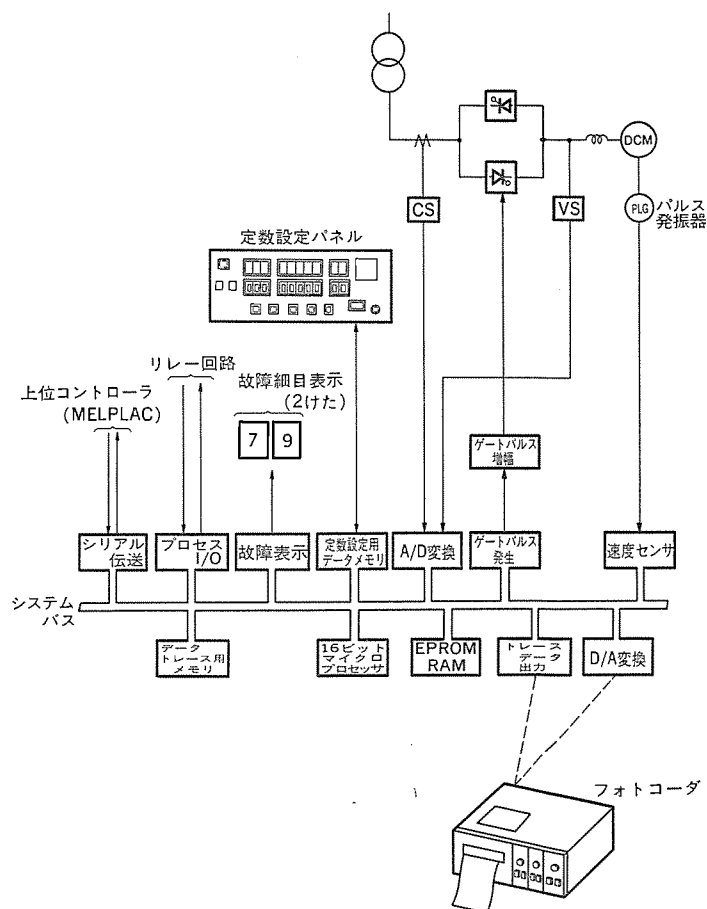


図2. デジタル制御系ハードウェアの構成図

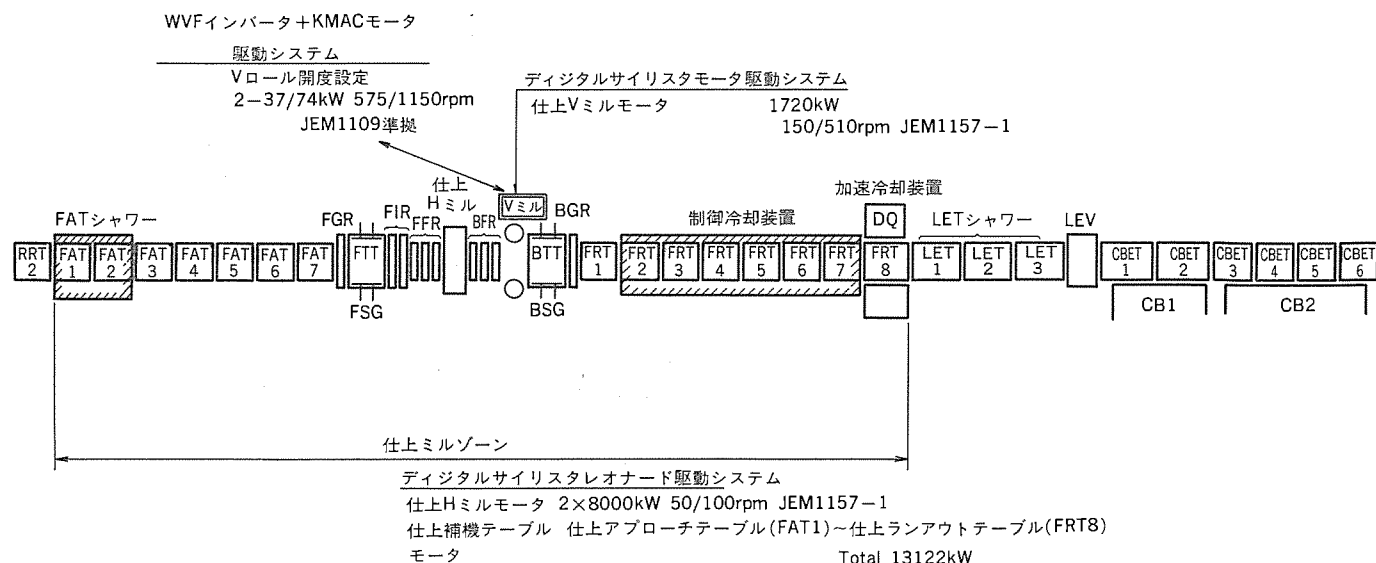


図1. 川崎製鉄(株)第2厚板工場への適用

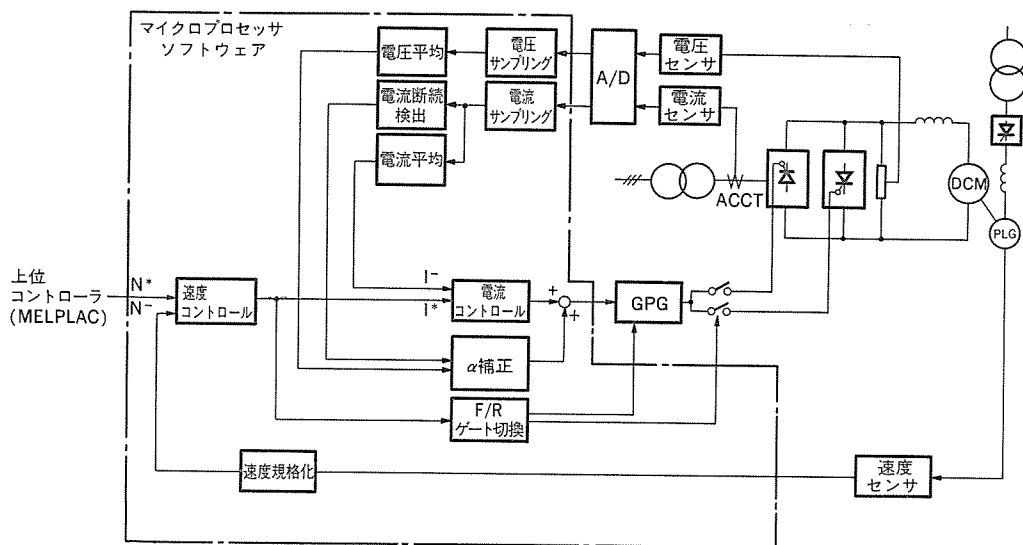


図 3. デジタル速度制御ブロック図

行い、デジタル制御の特長を生かした整流器非線形補償 ( $\alpha$  補正) により、制御全領域で線形となり、電流マイナーループ、速度ループのサンプリングを十分高くすることで、安定かつ高速応答を実現した(図 3.)。

### 3. デジタルサイリスタモータ駆動システム (直流多相式サイリスタモータ)

三菱電機(株)は、昭和 49 年に鉄鋼圧延機用モータとして、サイリスタモータの開発に着手、昭和 55 年には新日本製鐵(株)室蘭に、ピレット分塊用ミルモータとして 1,950 kW、440/690 rpm、JEM 1157-2 種準拠を製作、納入した。これらの実績を基に、今回、1,720 kW、150/510 rpm、JEM 1157-1 種準拠のデジタルサイリスタモータを、仕上 V ミルモータ駆動システムとして納入した。

3.1 特長  
三菱直流多相式 デジタルサイリスタモータの特長は図 4. のとおりである。

- (a) 故障診断内容の充実
  - ・機能ごとの故障診断内容の充実
  - ・運転中の合理性チェック
  - ・数十項目に及ぶ故障診断項目の細目表示 (2 けた数値)
- (b) 情報量が豊富で、かつ実波形に近いデータレース
- (3) 容易な調整、取扱

- (a) 容易な定数設定
    - ・フィールドにて変更する可能性のある定数は、すべて電氣的に書き込み可能な不揮発性メモリ (EEROM) に記憶
    - ・定数設定パネルによる容易な変更
  - (b) テストプログラムによる調整時間の短縮
- などのメリットがある。

### 2.2 制御装置ハードウェア構造

図 2. で示すように、

- (1) マイクロプロセッサ及びメモリからなる制御演算部
  - (2) 電流、電圧、速度の検出部
  - (3) デジタルゲートパルス発生回路
  - (4) 外部との情報交換のための入出力部
  - (5) トレース機能部
- で構成される。

### 2.3 制御系概要

デジタル速度制御系は、電流マイナーループを含むフィードバック制御で構成され、機能ブロック別にサンプリング処理される。制御に用いる演算は、浮動小数点方式により高精度演算を

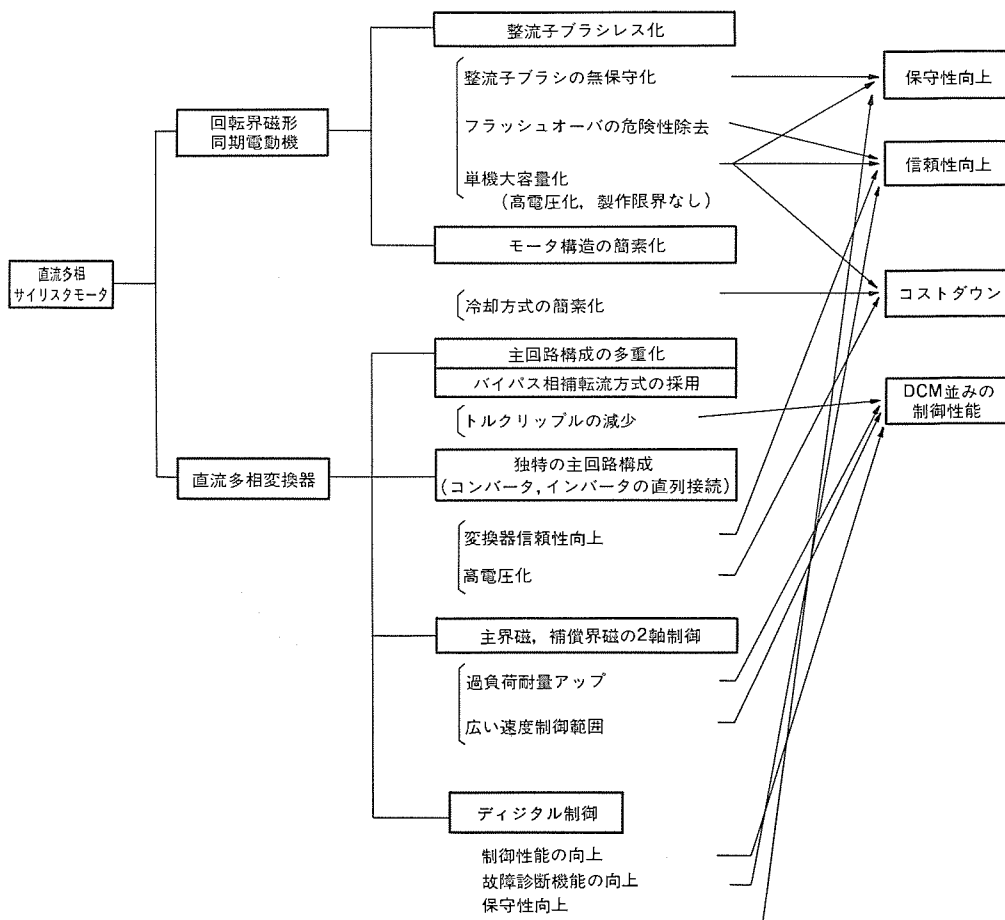


図 4. 三菱直流多相式 デジタルサイリスタモータの特長

### 3.2 動作原理, 基本回路構成

サイリスタモータの動作原理を, サイリスタレオナードと比較して表 1. に示す。

(1) 整流子による機械的スイッチングを, インバータによる電氣的スイッチングに置き替えた。

(2) 電動機が回転界磁形である。

以上を除けば, 極めてサイリスタレオナードと似ている(図 5.)。主回路は, 各々二組のコンバータとインバータで構成され, これらは, 直流リアクトルを介して, サンドイッチ接続されている(12相整流)。

### 3.3 トルクリップル

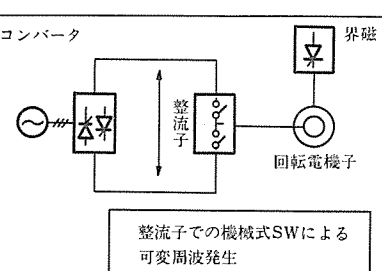
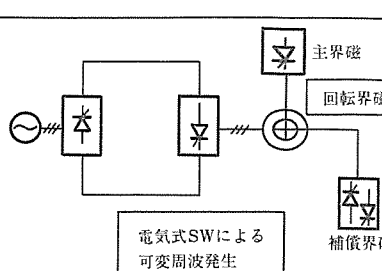
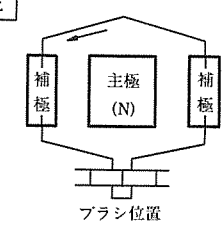
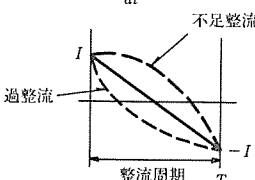
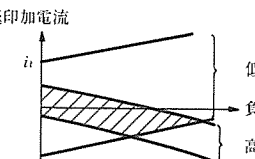
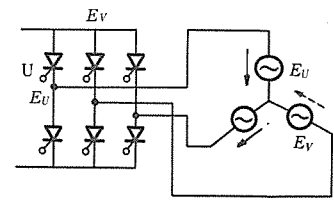
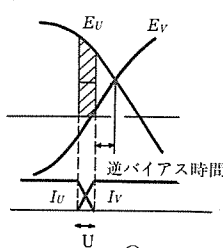
(1) 従来, 極低速域での断続転流(注1)によるトルクリップルのため, 可逆圧延用電動機(JEM 1157-1 種)へのサイリスタモータの適用はむずかしいとされていたが, 三菱電機(株)は, パイパス相補転流方式の採用により, この問題を解決した。

(2) パイパス相補転流: INV-Hの断続転流を行うとき, REC-Hの電流を零にし, その代わりに, パイパスサイリスタBHPをONにして, REC-Lの電流を2倍とする。すなわち, 電機子電流 $I_{AH} + I_{AL}$ が, 断続転流時も, 常に一定となるように制御することにより, トルクリップルを抑える(図 6.)。

### 3.4 デジタル制御装置

デジタルサイリスタレオナードと同じく, 高性能 16 ビットマイクロプロセッサを

表 1. 直流多相式 サイリスタモータの動作原理

	直流電動機	サイリスタモータ
駆動システム	 <p>コンバータ</p> <p>整流子</p> <p>回転電機子</p> <p>界磁</p> <p>整流子での機械式SWによる可変周波発生</p>	 <p>主界磁</p> <p>回転界磁</p> <p>補償界磁</p> <p>電氣式SWによる可変周波発生</p>
可変速制御の原理	<p>直流電圧 (モータ CEMF) により速度を制御</p> $E_o = \frac{pZ}{a} \times \frac{N}{60} \phi$ <p>但し, 速度に対応した可変周波発生を整流子による機械式SWにより実現。</p>	<p>直流電圧 (モータ CEMF) による速度制御</p> $E_o = \frac{pZ}{a} \times \frac{N}{60} \times \phi$ <p>但し, 速度に対応した可変周波発生をインバータによる電氣式SWにより実現。</p>
スイッチング	<p>整流</p>  <p>主極 (N)</p> <p>補極</p> <p>ブラシ位置</p> <p>(1) 直流機は, 機械的に固定されたブラシと整流子でスイッチング。</p> <p>(2) スイッチング条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>リアクタンス電圧</li> </ul> <p>整流周期 <math>T</math> (コイルが短絡されている時間)</p> <p>負荷電流 <math>I</math></p> <p>短絡コイルの自己インダクタンス</p> <p>— <math>L</math> (浅溝, コイル鉄心長が短い方が小さい)</p> <p>リアクタンス電圧 <math>e_r</math></p> $e_r = L \frac{di}{dt} = L \frac{2I}{T}$ <p>整流条件はリアクタンス電圧により決まる。(2~8V)</p> <p>補極により <math>L \frac{di}{dt}</math> を打消す。</p>  <p>不足整流</p> <p>過整流</p> <p>整流周期 <math>T</math></p> <p>補極印加電流</p>  <p>低速時無火花帯</p> <p>負荷</p> <p>高速時無火花帯</p>	<p>転流</p> <p>(1) モータ CEMF によるインバータ負荷転流によりスイッチング。</p>  <p><math>U \rightarrow V</math> への転流</p>  <p>U 相導通時 V 相を <math>E_o &gt; E_r</math> のタイミング①で点弧すれば, U 相サイリスタに <math>E_o - E_r</math> の逆バイアスがかかり, U 相電流が消えて転流が完了。</p> <p>(2) スイッチング条件</p> <p>サイリスタモータの進み位相</p> $I = \frac{1}{L} \int_{t_0}^{t_1} V dt = \frac{1}{L} \int_{\theta_0}^{\theta_1} \frac{V}{\omega} d\theta = \frac{1}{\omega L} \int_{\theta_0}^{\theta_1} V d\theta$ <p>進み角</p> $\theta = \omega t$ $V = E_o - E_r$
電機子反作用対策	補償巻線	補償界磁

(注1) 通常, インバータの転流は, 負荷の過起電圧による負荷転流方式であるが, 極低速域では, 過起電圧が小さくなるため, コンバータ側で電流を切り込み, インバータ側の転流を行う, 断続転流を行う。このため, トルクリップルが大きくなる。

採用し, 優れた制御性能, 充実した故障診断機能を図った。デジタル制御装置の構成を図 7. に示す。なお, サイリスタモータ波形を図 8. に示す。

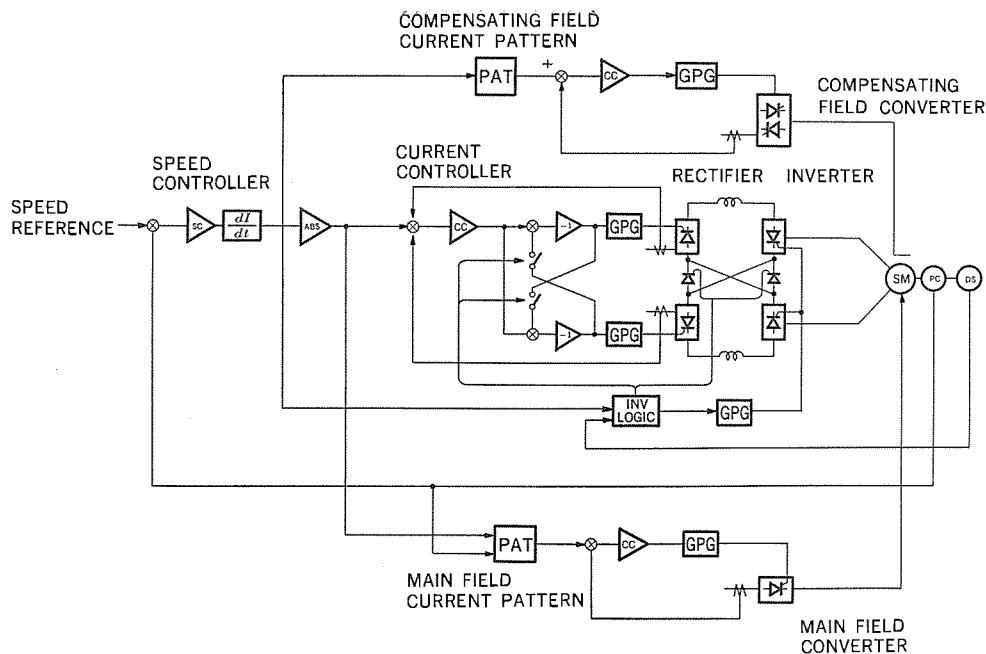


図 5. サイリスタモータ制御ブロック図

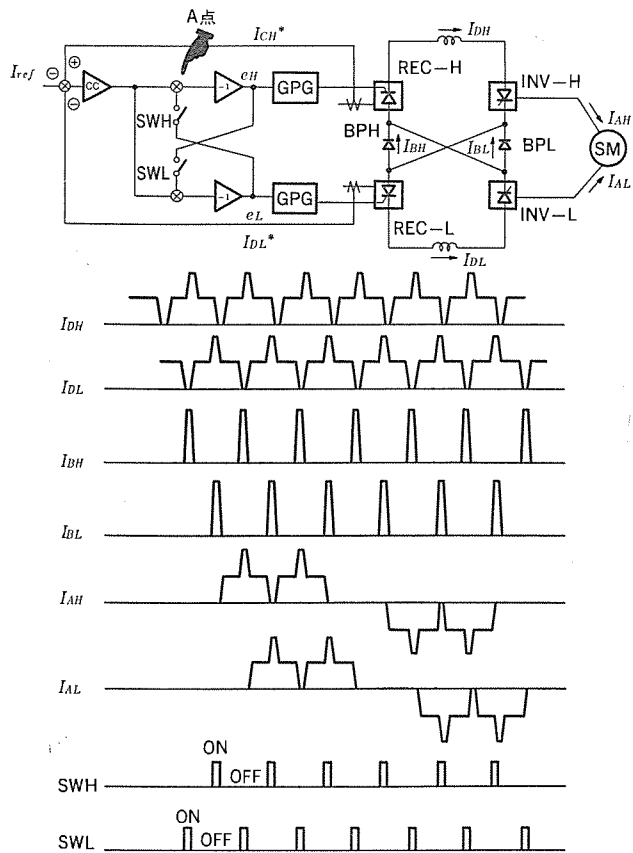


図 6. バイパス制御時の各部波形

### 3.5 電動機

電動機の構造を図 9. に示す。電機子は、電氣的に  $30^\circ$  の位相差を持つ二重巻線構造となっている。界磁は、主界磁と、これに直交し、電機子反作用を打消す補償界磁の 2 軸構成で、過負荷耐量のアップ、広いフィールドレンジを可能にしている。電動機製作に際しては、直流電動機の豊富な経験を生かし、TAF、ねじり振動など、圧延用直流電動機として、機械的耐力にも十分配慮を払った。

## 4. VVVF インバータ+ KMAC モータ駆動システム

鉄鋼圧延用補機駆動システムにおいては、近年、特に無保守化の観点から、交流化のニーズが強い。パワー・トランジスタ製造技術の急速な進歩、誘導電動機のベクトル制御技術の確立、直流機での豊富な経験を背景に、圧延用補機直流電動機と同等以上の性能を有する圧延用補機交流電動機 KM-AC モータのシリーズ化を行い、今回、V োল 開度設定駆動システムに適用した。

### 4.1 特長

電力変換システムは、1 台のコンバータから直流母線を介し、複数の

PWM インバータに一括給電する、直流母線方式トランジスタインバータ方式を採用した(図 10.)。

#### (1) コンバータ

直流母線電圧一定制御を行う。

#### (2) 低圧直流母線

(a) コンバータ 1 台で、しかもロードファクタを考慮した容量選択が可能で、経済的駆動システムである。

(b) 負荷(インバータ)の選択遮断が可能な、保護協調のとれた駆動システムである。

#### (3) 電圧形インバータ

(a) インバータと電動機の組合せの自由度大。

・同一電源に異種モータを複数台接続可能である。

・運転中、部分的に負荷を途中投入、あるいは引外し可能である。

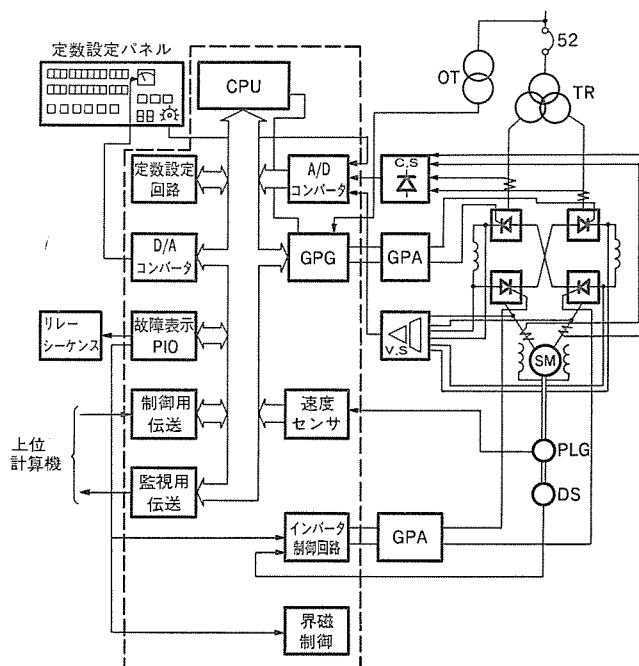
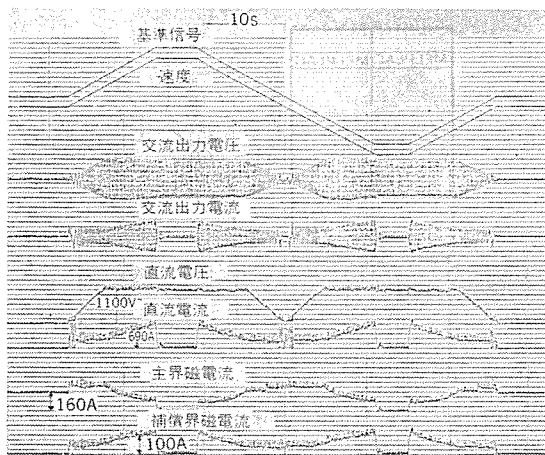
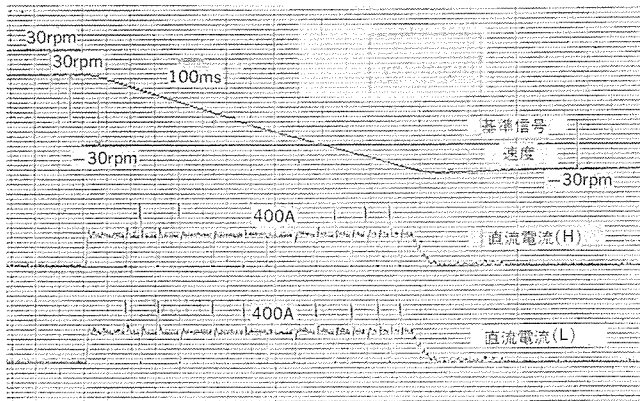


図 7. デジタル制御装置の構成図



(a) 4象限運転



(b) バイパス 相補転流

図 8. サイリスタモータの波形

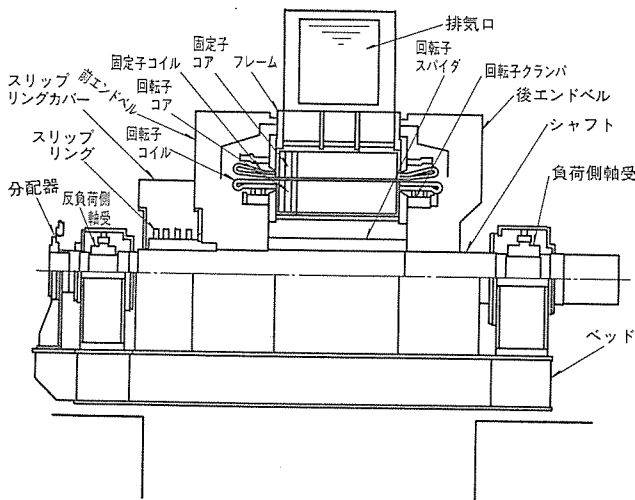


図 9. 三菱直流多相式 サイリスタモータの構造断面図

- (b) 各インバータが互いに独立して、4象限運転可能である。
  - (4) インバータ 波形整形方式：正弦波 PWM 方式
  - (a) 高速応答で、高精度の各種制御（速度制御，トルク制御）が可能である。
  - (b) 正弦波 PWM 方式の採用により，トルクリプルを低減した。
  - (c) 4象限連続移行運転が可能である。
- などの特長をもっている。(図 11.)

#### 4.2 KMAC モータ (かご形誘導電動機)

仕様，外形寸法など，すべて圧延用補機電動機の規格 (JEM 1109)

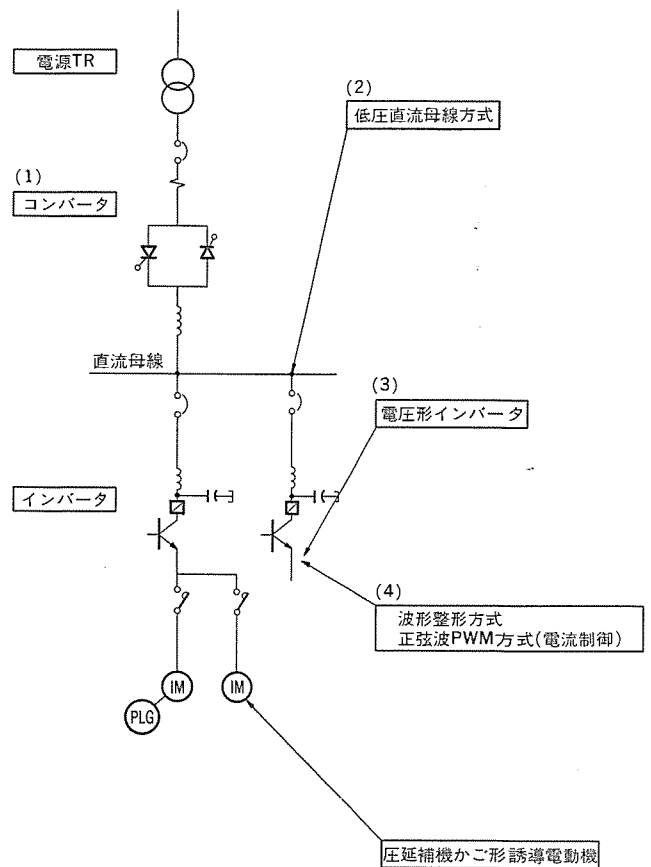
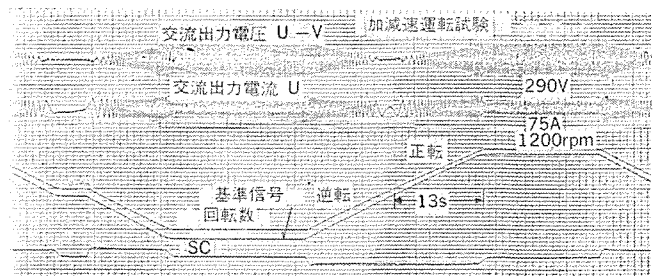
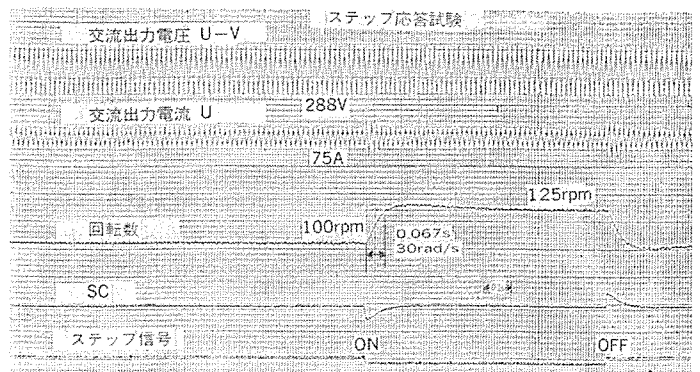


図 10. KMAC 交流可変速 システムの特長



(a) 4象限運転



(b) ステップ 応答

図 11. KMAC 駆動 システムの各種波形

に準拠しており，全く交流機を意識せず，適用可能となっている。  
V<sub>0</sub>-ロール開度設定モータ (KMAC # 808) の仕様は，以下のとおりである。

- (1) 出力 37/74 kW
- (2) 回転数 575/1,150 rpm

- (3) 過負荷耐量 250% OL 1分  
 (4) 外被保護方式及び通風冷却 開放他力管通風  
 (5) 定 格 他力通風連続定格

## 5. デジタル化、交流可変速化のメリット

### 5.1 制御の高度化

#### (1) 主幹制御システムと駆動システムの接続

仕上ミルラインの主幹制御装置（プログラマブルコントローラ《MELPLAC-550》）と、デジタル駆動設備とは、データ伝送装置で結合される。

(図12, 表2.)

#### (2) デジタル駆動システムの速度制御性能

- (a) 速度制御精度  $\pm 0.05\%$
- (b) 速度制御範囲 1~100%
- (c) 速度応答 30 rad/s
- (d) 電流応答 200 rad/s

と、アナログ方式に比べ格段に性能が向上した。

#### (3) 上記の速度制御の高性能化により、

- (a) 制御冷却、強制冷却制御の高精度化
- (b) Vミル、Hミル間の高精度タンデム圧延
  - ・高精度フリーテンション制御
  - ・高精度Vミルドールプ制御
  - ・Vミルノースリップ制御

が実現した。

### 5.2 高効率化、省エネルギー

仕上Vミルモータへのサイリスタモータの適用：直流電動機に比べ、一般的にSYMの効率が高いこと、また、整流条件の制約を受けないため、高圧化が容易で、電力変換器も含めて回路電圧が高くとれることから、サイリスタモータの適用により、駆動システム全体の効率がアップした。また、SYMのダスト耐力が高いことから、Vミルモータがミルヤードに設置されるにもかかわらず、アップドラフト方式が適用可能となり、冷却水の不要化など、ランニングコストの低減も大きい。

### 5.3 省保守性

(1) KMAC（誘導電動機）、サイリスタモータ（同期電動機）の適用により、コンピュータレスとなり、保守は大幅に軽減された。また、Vミル主機の通風冷却方式として、上述のように、アップドラフト方式としたことにより、ユニットクール方式に比べて、保守が軽減された。

(2) デジタル駆動システムの採用により、調整、保守の容易化が図れた。

### 5.4 機器のコンパクト化

Vミル主機のコンパクト化：1,720 KW 150/510 rpm M 定数  $3 \times 10^6$  と、直流機では製作がむずかしい電動機が、単機でしかもコンパクトに製作できた。また、電力交換機器も、高圧化、HSCB/DCLの不要化により、大幅にコンパクト化した。

### 5.5 高信頼性

KMAC（誘導電動機）の適用により、直流機に比べ、モータはシンプル化、堅ろう化し、信頼性が向上した。

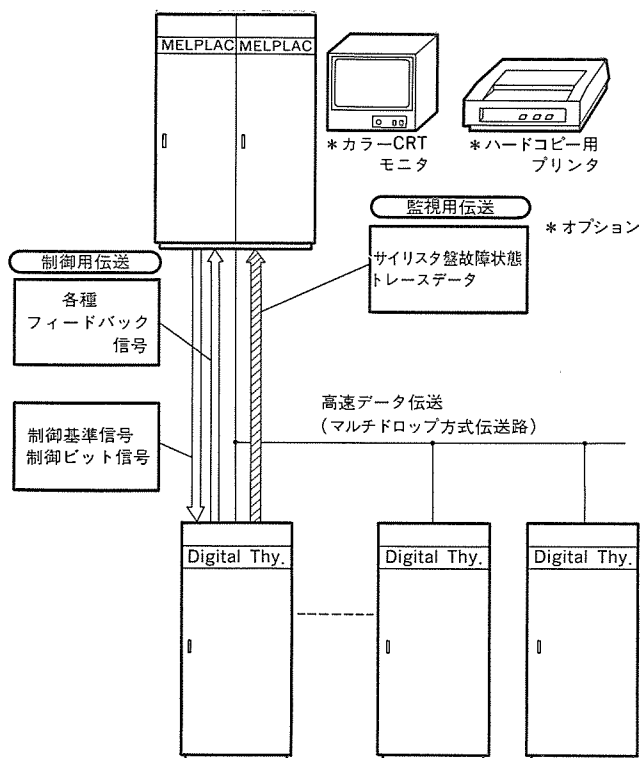


図12. データ伝送システム例 (MELPLAC) — デジタルサイリスタレオナード

表2. 伝送路構成及び方式

	制 御 用 伝 送	監 視 用 伝 送
伝 送 路 構 成	マルチドロップ方式	マルチドロップ方式
伝 送 方 式	時分割多重サイクリック伝送	常時 時分割多重サイクリック伝送 トレースデータ伝送時 イベント伝送
伝送チェック方式	パリティ+反転2連送照合	パリティ+反転2連送照合
伝 送 速 度	15ms以下/128W	常時 40ms以下/128W トレースデータ伝送時 1.5s以下/3kW

## 6. む す び

熱間圧延プラントにおいて、駆動システムの高性能化、高効率化、高信頼性化、省メンテナンス性化に対する要求は、今後ますます強くなると予想される。これらのニーズに対する一つの回答が、ここに紹介した駆動システムのデジタル化、交流可変速化である。また、その適用は、半導体製造技術、マイクロプロセッサなどの急速な進歩と相まって、今後、急速に拡大すると予想される。

三菱電機(株)は、ここに紹介した技術も含めて、高性能デジタル駆動システム、各種交流可変速駆動システムの研究、開発を更に進める所存である。

# 三菱壘口検査装置

永峰啓二\*・富松則行\*\*・半田一郎\*\*\*

## 1. ま え が き

生産の合理化・省力化のための工程の自動化は、現在あらゆる産業において促進されているが、物の検査工程はその作業内容が多岐にわたるため現在でも専ら人手により行われていることが多い。

清涼飲料、ビールなどびん（壘）を取り扱う飲料業界においても、自動化のネックは壘詰めラインにおける壘の検査工程である。作業内容は、中身の壘詰め前は壘の破損、汚れなどの検査、壘詰め後は液量、シール、キャップなどの検査であり、ほとんど目視により行われている。これらは過酷な神経労働であり、一人が長時間作業を行うことは無理なので必ず交替要員を必要とする。従来から自動化のニーズは大きいですが、高度な技術が必要とし現在までに自動化が進んでいるのは、壘底部の汚れ・異物などを検査する作業に過ぎない。

壘詰め前の壘口部の欠陥検査は、中身の品質を大きく左右する性格のものであり、特に神経を集中して行わねばならず、機械化の要望が最も大きいところであった。更に最近では従来からのリターナブル壘（回収して再使用する壘）のほかに、ワンウェイ壘（缶と同様に一度だけ使用する壘）を使用した飲料が数多く出回ってきているが、ワンウェイ壘はすべて新壘であるので、その壘詰め前検査は輸送、生産工程上発生した壘口欠陥壘の摘出がほとんどの作業内容である（壘シール欠陥は液詰め後検査でも検査可能である）。

このような背景を踏まえ、この度、ワンウェイ壘の壘詰め前検査の完全なる省力化をねらった壘口検査装置を開発・製品化し、ユーザの実ラインにおけるテストも完了したのでここに紹介する。この装置はワンウェイ壘の壘口天面（キャップにて密封される壘口上面）の欠陥はもちろん、ねじ口におけるねじ部の欠陥も検査でき、従来に無い画期的なものである。図 1. に装置の外観を示す。

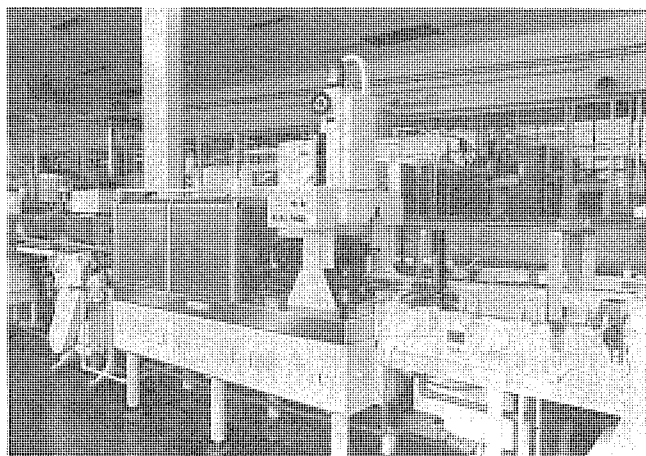


図 1. 壘口検査装置の外観

## 2. 検査原理

### 2.1 基本原理

この装置における欠陥検出は「欠陥部により散乱された光のみを受

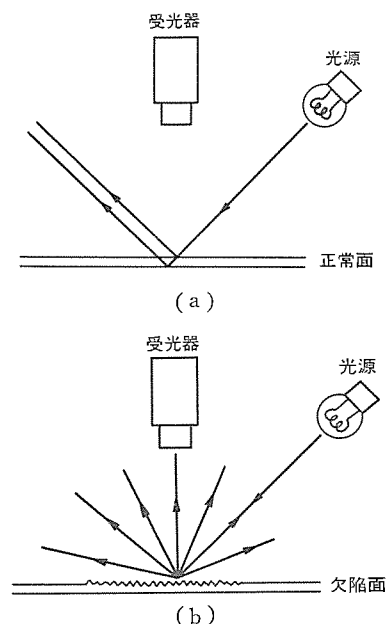


図 2. 基本原理

光器で検知する」という散乱光検知方式を採用している。この基本原理図を図 2. に示す。図(a)は正常面（例えば、きれいな鏡面）に光が斜め上方から入射した場合で、この時には光は入射角と等しい反射角を持つ一方に反射され、正常面の上方に置かれた受光器には光は届かない。一方、図(b)のように欠陥面（例えば不規則な凹凸面）に光が入射した場合には、光はその入射角と無関係にあらゆる方向に散乱され、その一部は欠陥面上方に置かれた受光器でも捕そく（捉）される。したがって、この受光器に入る光量を検出することで欠陥検査が可能となる。

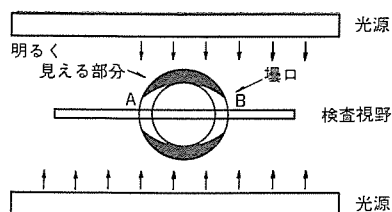
### 2.2 検査視野と壘の動き

壘口検査装置としての検査原理を図 3. に示す。壘口の両側に壘口を挟み込むように、棒状の光源を壘口天面とほぼ水平な位置に配置し、壘口上方に観測点を置くと、図 3. (a) ように壘口の光源側 2 箇所が明るく輝いて見え、壘口中央寄り両端部 A—B は暗く見える。図(a)は正常な場合であり、この部分に欠陥があると図(b)のように欠陥が明るく輝いて見える。したがって、壘口上方の観測点に受光器を配置し、その検査視野を壘口の両端部 A—B を含むように細長く設定し、検査視野内で壘を 1/2 自転させると、壘口が全周にわたり正常な場合は受光器の視野には反射光は入らない。

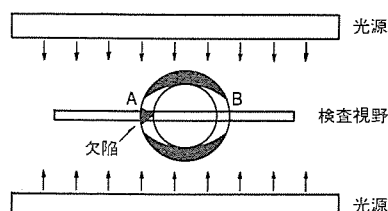
しかし、壘口に欠陥がある場合は、欠陥部が受光器の検査視野内に入った時点で欠陥部は明るく輝いており、この光を受光器が捕捉することで欠陥の存在が検知できる。この方式により壘が検査視野内を自転しながら直線移動する間に検査ができるという、直線搬送式の検査装置を実現した。

### 2.3 検査部基本構成

以上の検査原理に基づいて構成した検査基本部を図 4. に示す。検

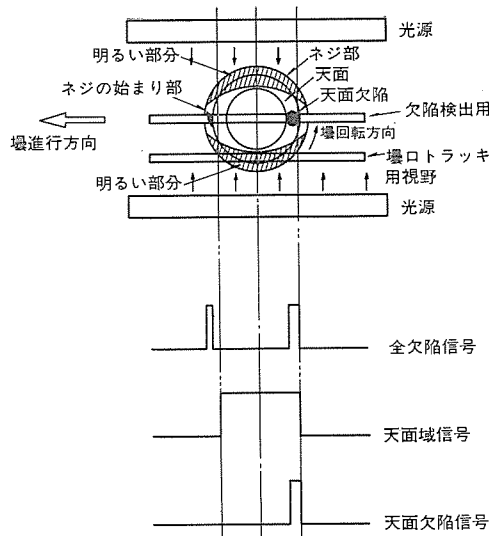


(a) 正常堀



(b) 欠陥堀

図 3. 検査原理



(c) 堀口トラッキング方法の適用

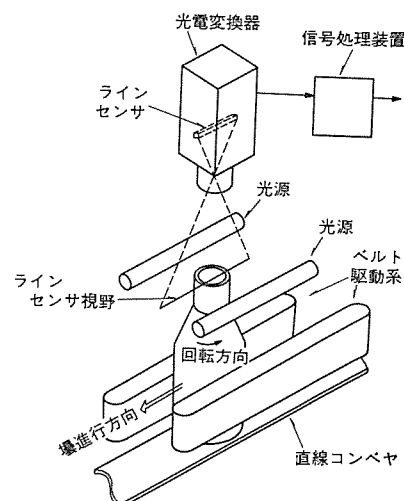


図 4. 検査基本部

査部は2本一組の棒状光源、ラインセンサを受光素子とした光電変換器、堀を両側から挟み自転させながら搬送する検査ベルト、堀を搬送するための搬送コンベヤ及び信号処理装置から構成される。搬送コンベヤから搬送されてきた堀は、検査ベルトによりコンベヤ上で自転しながら一方向（下流）に進む。このとき、検査ベルト上方に配置された光電変換器は堀が1/2自転する間、堀口からの信号を検出して全周を検査する。信号処理装置は、基本的には堀が1/2自転する間に、ある基準値以上の信号を検知すれば欠陥堀、そうでなければ良堀と判定し判定信号を出力する。

### 3. 装置構成

この装置は堀からの信号を受光する光学系、信号を基に堀の検査をしたりライン制御を行う制御系、堀の搬送を行う搬送系に大きく分かれる。図5.に概略全体構成を示す。

#### 3.1 光学系

##### 3.1.1 堀口トラッキング方法

この装置においては、ラインセンサを内蔵した光電変換器は2台使用している。1台は前述の欠陥検出用に使用し、もう1台は検査視野内のどの位置に堀口が存在しているかを堀の移動に合わせ、トラッキングするために使用する。この堀口トラッキングの必要性は以下のとおりである。

堀口はキャップによる密封方式により王冠口とねじ口の2種類ある。後者の場合は堀口下部にキャップ装着のためのねじが切られている。堀によっては、このねじ部においてねじの切り始まり部及び堀製造過程で発生する堀合せ目（堀型の合せ目）から光が散乱され、これらの光を欠陥検出用光電変換器が検知する場合がある。これらの信号により、良堀を欠陥堀と誤判定（ミスリジェクト）することを避けるように信号の大きさに判定基準を設定すると、このままでは、この判定基準と同程度の信号を発生する欠陥は検出できなくなる。このためこの装置では移動している堀を堀口トラッキング用光電変換によりトラッキングすることにより、常に堀口天面の位置を割り出し、検出された信号が天面からのものが、ねじ部からのものかを識別し、天面からのものと判定された場合は、より厳しい判定基準を適用し、最重要部である堀口天面の欠陥検出感度向上を図っている。また、ねじ部における欠陥については、単に緩い検査基準を適用するだけ

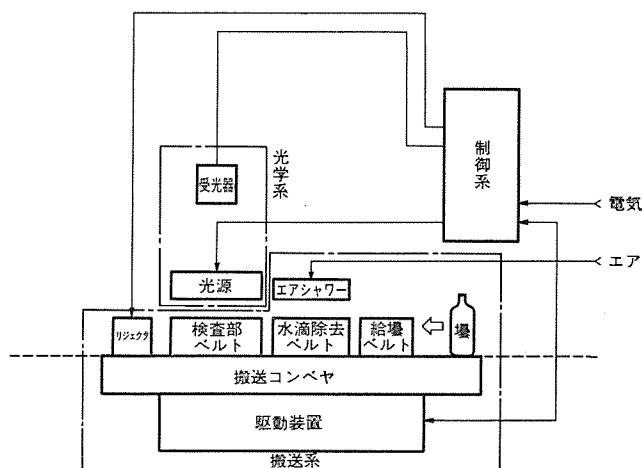


図 5. 概略全体構成図

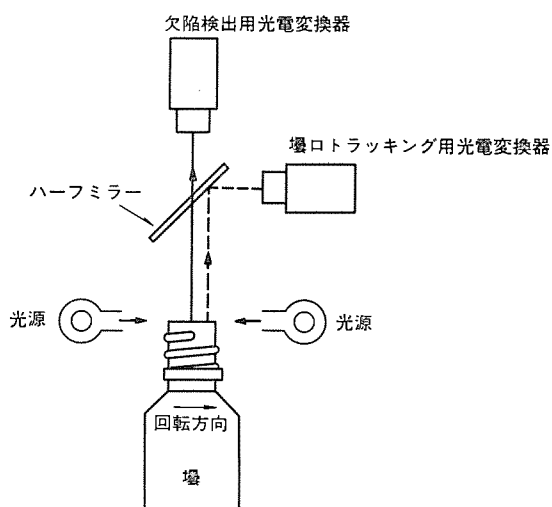


図 6. 光学系構成

でなく、後述の複数の判定アルゴリズムを適用して検出精度向上を図っている。

##### 3.1.2 構成と検査視野

図6.に光学系構成を示す。堀口中央部の通常暗い所を視野とする欠陥検出用光電変換器を堀口上方に配置し、堀口周辺部の常に明るい所を視野とする、堀口トラッキング用光電変換器を前者と90°の位置

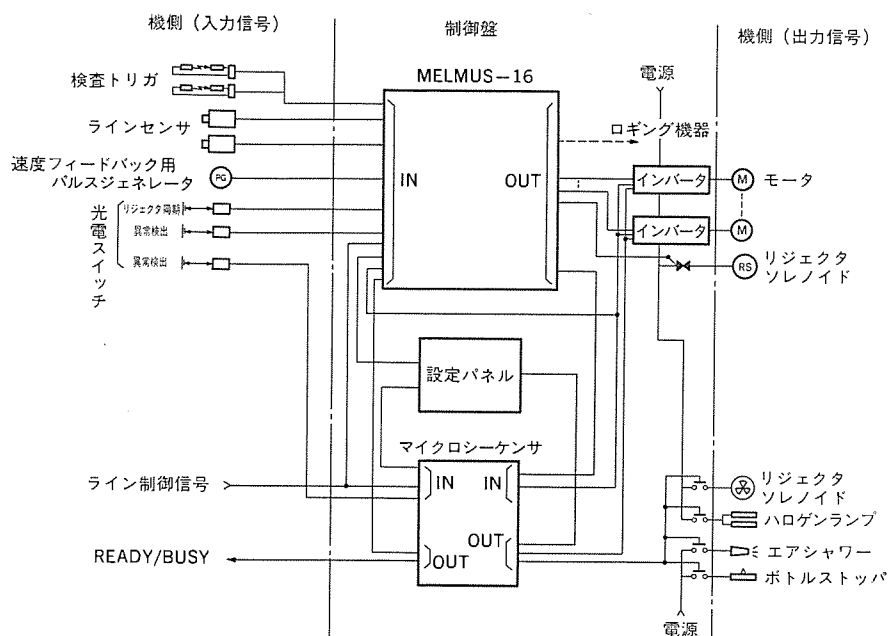


図 7. システム構成

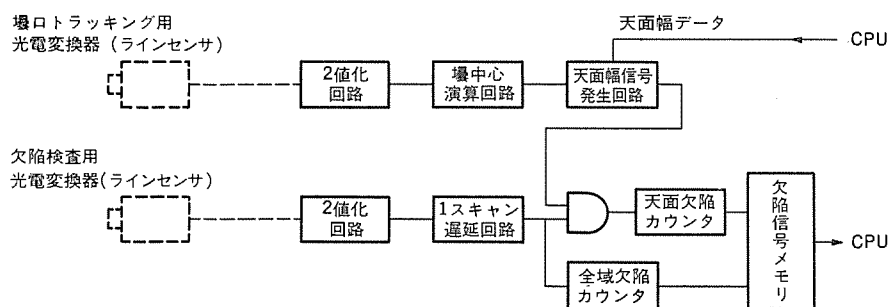


図 8. ラインセンサインタフェース

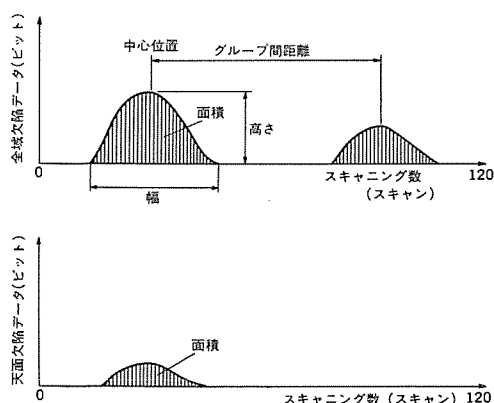


図 9. 欠陥信号データ

に配置し、45°のハーフミラーを途中の光路に入れて光を分配している。2台の光電変換器の視野は図3.(c)に示すように互いに平行である。堰口トラッキング用光電変換器の信号により天面域信号を生成し、欠陥検出用光電変換器からの信号と組み合わせることにより天面欠陥信号を取り出している。

### 3.2 制御系

図7.にシステム構成を示す。堰の良否判定を含め検査装置として必要な信号処理は、当社マイクロコンピュータ《MELMUS 16》により行われる。《MELMUS 16》は16ビットのマイクロコンピュータで当初から船舶、食品工業などの悪環境下での使用を考慮して設計されている信頼性の高いシステムである。本装置において《MELMUS 16》は主に堰の良否判定、欠陥堰のトラッキング、堰搬送系の速度制御などを担当し、堰搬送系の発停、外部とのインタロックなどライン制御に関するものは、当社マイクロシーケンサが分担し《MELMUS 16》の負荷を軽減し高速データ処理を可能にしている。

#### 3.2.1 欠陥信号の収集

光電変換器（ラインセンサ）からの信号は、ラインセンサインタフェースを通して欠陥信号メモリへ送られる。図8.に示すように、このインタフェース内では光電変換器からのアナログ信号の2値化、堰口中心位置の割り出し、天面幅信号の発生、全域欠陥信号と天面欠陥信号の分離、光電変換器1スキャンごとの信号データの計数及びメモリストアなどが行われ、メモリ内に堰1本分のデータが蓄積した時点で、CPUは各判定基準を基に良否判定を行う。

#### 3.2.2 ソフトウェア処理内容

《MELMUS 16》で行っている基本的ソフト

ウェア処理内容は下記のとおりである。

##### (1) 欠陥堰判定

一つの堰における欠陥検出用光電変換器からの欠陥信号データと、スキャン回数の関係は図9.のようになる。一つのまとまった信号群を1欠陥グループとし、各々のグループの面積、幅、高さ、中心位置を算出し、このグループデータを基に欠陥判定を行う。「欠陥堰」と判定されるのは次の場合である。

##### (a) 天面系

1欠陥グループの天面欠陥信号面積が基準値以上。

##### (b) 全域系

- (i) 面積、幅、高さのいずれかが基準値を超えるグループがある。
- (ii) グループ数が2以上の場合、グループ間距離が基準値から外れる。

これは、良堰の場合の信号発生パターン（ねじ切れ始まり部、堰合せ目からの信号発生間隔）をあらかじめ設定しておき、このパターン以外に信号が発生すれば小さな信号でも欠陥とする。

##### (iii) 全グループの合計面積が基準値以上

これは小さな欠陥が複数あり、かつその合計面積が基準値以上の場合、欠陥とする。

##### (iv) グループ数が基準値以上

これは、基準値以上のグループ数が発生した場合、小さな信号でも欠陥とする。

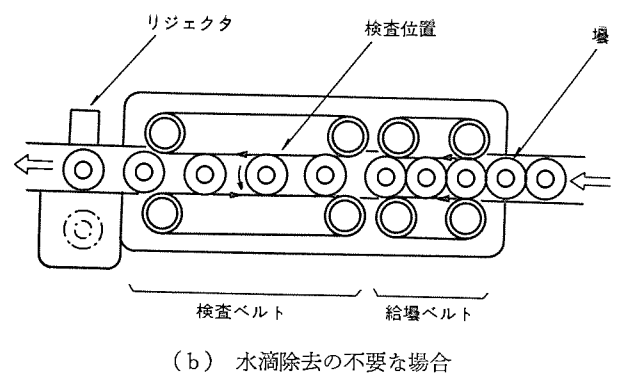
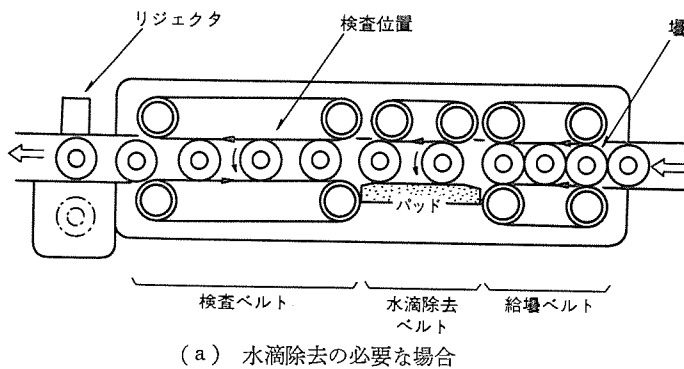


図 10. 搬送系構成略図

## (2) 欠陥壘トラッキング及び排出

欠陥壘判定ルーチンで「欠陥」と判定された壘は、排出部において搬送コンベヤ外へ排出されなければならない。検査部とリジェクト部とは距離があるため、排出すべき壘は排出部までトラッキングされる必要がある。一般的に物のトラッキングはカウンタ方式、測距式のいずれかが用いられるが、この装置では両方式の特長を生かし組み合わせて使用している。両方式の特徴は次のとおりである。

### (a) カウンタ方式

検査部、排出部の光電スイッチを通過した壘の数によりトラッキングを行う。壘移動速度、壘間隔などには影響を受けないが、ノイズなどでいったんカウントミスが発生した場合は、カウントクリアしない限り永久にずれたままととなる。

### (b) 測距方式

搬送コンベヤの移動距離パルスを計測することにより、壘が移動した距離を割り出し、壘が排出部へ来たタイミングを知る。ノイズには強いが、搬送コンベヤと壘との間に滑りがあるとずれる。

この装置では両方式を組み合わせ、欠陥壘排出時に両方式が同時に信号を発生しない場合は、トラッキングエラー（カウントミス）と判断し、カウンタをリセットする間、壘搬送を一時停止する。

## (3) 搬送系速度制御

壘外径寸法、処理速度などが変わる場合、搬送系各部の速度を変える必要がある。この装置の搬送系各部には、すべてインバータを使用しているため、外部条件（壘寸法、速度など）に従い《MELMUS 16》は所定インバータ周波数を算出し、これに応じた制御電圧をインバータへ出力する。

### (4) データ表示及び設定

検査及び制御に必要なデータは、制御装置盤面キーボードから《MELMUS 16》に入力されるとともに LED 表示器により表示される。

### (5) ロギング機能

プリンタ及び CRT を接続することにより、検査データのロギングができる。

## 3.2.3 ライン制御

この装置が壘詰りラインに組み込まれてスムーズな運転をするためには、この装置の上流/下流ラインと協調する必要がある。協調するには、搬送系発停タイミング・加減速時間・速度を調整する。

### (1) 発停タイミング

ユーザーごとの様々な仕様に応じられるようにマイクロシーケンサで制御する。基本的には壘詰まりを防止するために下記の考えに立つ。

下流側運転 → 本装置運転 → 上流側運転

上流側停止 → 本装置停止 → 下流側停止

## (2) 加減速時間

加減速中の過渡状態でのラインとの協調は、インバータ加減速時間を調整する。

## (3) 速度制御

この装置の発停回数を極力減らし、全体の壘の流れをスムーズにするための速度制御機能を有する。つまり、下流側に壘渋滞が発生した場合は、先ず処理速度を $1/2$ 程度に減速し、壘渋滞の解消を待って正常速度に復帰する機能である。こうすることにより、壘間隔を広げずに搬送が可能となる。ただし、減速しても壘渋滞が解消しない場合はこの装置は停止する。

### 3.2.4 外部取合信号

この装置を運転するための外部との信号取合は、次のとおりである。

#### (1) 入力

##### (a) 起動/停止信号

この装置を外部から ON/OFF するときに必要な信号。運転中（渋滞停止含む）は常に ON。

##### (b) 渋滞減速信号（無くても運転は可能）

##### (c) 渋滞停止信号

#### (2) 出力

##### READY/BUSY 信号

この装置が運転中は、READY 停止中は BUSY 信号を出力し、上流側ラインの発停制御に使う。

## 3.3 搬送系

この装置の搬送系は、図 10. に示すように次の三つのブロックから構成される。

### 3.3.1 給壘ベルト

検査部及び水滴除去部で壘を自転させる際に壘が互いに密着していると、スムーズな回転ができなかったり、シールに傷が付く。これを避けるため、給壘ベルトで密着して供給されてきた壘の間隔を少し広げて送壘する。同方向に動いている給壘ベルトより下の搬送コンベヤの速度を速くすることで、ベルトから壘が離れるときに壘間隔を広げるものである。この給壘ベルトの速度でこの装置の処理速度が決まる。

### 3.3.2 水滴除去ベルト

この装置が壘詰りラインにおいて、洗壘機あるいはリンザの下流に設置される場合、検査すべき壘は水滴が付着しており検査上問題となる。ここでは壘口に付着している水滴を効率よく除去するために、壘を回転させながらエアシャワーの中を通す。片側が駆動ベルト、もう一方が固定パッドで構成された中を壘が挟まれて送壘される。この装置が洗壘機あるいはリンザの上流側に設置される場合は、水滴除

去ベルト及びエアシャワーは不要になる。

### 3.3.3 検査ベルト

検査に必要な塀自転数及び所定の搬送速度を同時に得るために、2本のベルトに塀を挟み、ベルトの速度差で所定の塀自転数、搬送速度を実現している。ここで必要なベルト速度は次式で得られる。

$$V_1 = \pi DR + V_0 \quad (\text{m/min})$$

$$V_2 = 2V_0 - V_1 \quad (\text{m/min})$$

ただし、 $D$ =塀外径(m)、 $R$ =所定回転数(rpm)、 $V_0$ =塀搬送速度(m/min)、 $V_1$ 、 $V_2$ =ベルト速度

塀外径寸法、処理速度が変わった場合でも、上式を基に《MELMUS 16》が速度を自動演算して対応する塀を確実に自転させるために、ベルトクッションは従来のパッドではなく各々独立したスプリングブロックを使用する。

### 3.4 型替え及びバニテーション対策

検査すべき塀の外径寸法が変わる場合は、前記3ブロックのベルト間隔を1箇所のハンドル操作で調整する。塀の高さが変わる場合は、光学系の全体高さをハンドル操作で調整する。スライダ(滑剤)、ごみなどによるこの装置の汚れを清掃するため、この装置は防滴構造といえども搬送コンベア上は水洗いのできる構造となっている。

## 4. 仕様

表1. にこの装置の仕様を示す。

## 5. 特長

この装置の主な特長は次のとおりである。

#### (1) 高速連続処理が可能

直線連続搬送方式を採用したので塀の動きが直線的になり、検査の高速化が可能となった。

#### (2) ねじ口塀の検査が可能

塀口全体からの散乱光を検知しているので、塀口天面部欠陥はもちろん、ねじ口塀におけるねじ部欠陥も検出できるようになった。従来、ねじ口塀の検査ができるものは皆無であった。

#### (3) 検査精度が高い

塀口トラッキング方法、複数の判定アルゴリズムの採用などにより、ミスリジェクトを増大させることなく検査精度向上を図っている。

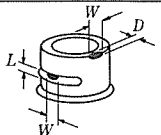
#### (4) 既設ラインへの組込み容易

直線搬送方式により幅方向(コンベアに対して直角方向)寸法が短いため、2列以上のラインが平行している場合でも、既設ラインを大幅に改造することなくこの装置の導入が図れる。

#### (5) ランダム給塀が可能

塀の搬送には動力を使用しており、塀圧力に依存すること無く塀搬送を行っているため、単独塀、連続塀のいかににかかわらず塀の検

表 1. 塀口検査装置仕様一覧

項目		仕様	備考
検査対象塀	外径	40～90mmφ	—
	高さ	120～300mm	
	容量	100～1000ml	
	口部形状	ねじ口、王冠口	
	色	透明、着色	
	外観	裸塀、ブリラベル塀	
	形態	ワンウェイ塀(ガラス塀)	
検査部位		塀口天面～ねじ部	—
検査欠陥種類		欠け、割れ、ひびなどのガラス素材欠陥及び白色異物	—
処理能力		最高450BPM	—
検査性能		ミスリジェクト率0.1%以下において (1) 検出可能な欠陥の大きさ 天面 $W1 \times D1$ (mm) ねじ部 $W2 \times L1$ (mm) (2) 塀口割れ欠陥検出率95%以上	
センサ	種類	ラインセンサ	—
	分解能	512ビット	
	スキャン数	120スキャン/塀	
外形寸法及び重量	本体	長さ3200×幅700×高さ800(mm) 800kg (コンベア面より)	水滴除去部不要の場合 長さ2600mm 600kg
	制御装置	幅800×奥行800×高さ2100 (mm) 300kg	
ユーティリティ	電気	AC200/220V, 3φ, 50/60Hz, 10kVA	—
	クリーンエア	2m³/min (水滴除去部付の場合)	
		0.2m³/min (水滴除去部不要の場合) 3kg/cm²以上	

査が可能である。

## 6. むすび

この装置のユーザーの実ラインにおけるテストは昭和59年8～9月に行われた。約100万本の検査本数のデータを分析した結果、欠陥検査の欠陥塀検出総本数、重大欠陥塀検出本数に現行の目視検査と同等以上であることが実証された。今後はこの装置でワンウェイ塀口部検査の省力化の需要にこたえていくと共に、検査塀種の拡大(リターナブル塀への適用)のための研究、開発を行っていく所存である。

最後に、この装置の開発、テストにあたり、多大な御尽力をいただいた社外関係者各位に深く謝意を表する次第である。

# 制御棒過渡位置検出装置

西沢行夫\*・早川利文\*・藤原博次\*

## 1. ま え が き

この装置は、原子力発電プラントにおいて、制御棒落下事象発生時の原因解析、及び定期検査項目である制御棒落下時間測定試験における試験効率の向上を図るものである。原子力発電プラントの稼働率の向上は、安定した電力供給のための重要な課題の一つであるが、このための一方法として、制御棒落下事象発生時には制御棒落下順序の解析により早急な原因解析を行うこと、また定期検査時間の短縮を図ることが考えられる。

この装置は、全制御棒の挙動、原子炉トリップ信号、中性子束変化率高トリップ信号各2チャンネルのトリップ信号を常時監視、記憶する機能をもつもので、これにより制御棒落下事象発生時には、トリップ信号と制御棒落下順序の解析、すなわちトリップ信号により制御棒が落下したのか、あるいは、ある制御棒の落下によりトリップ信号が発せられたのかを調べることで、原因解析を容易にする。また、制御棒落下時間測定試験の効率の向上を図り、ひいては定期検査時間の短縮を図ることができる。制御棒落下時間測定試験は、トリップ信号が発せられてから制御棒が炉底まで落下するのに要する時間を測定するもので、制御棒が原子炉出力の制御と共に緊急時に原子炉を速かに停止させる役目をもっているため、定期検査の重要な項目の一つである。

## 2. 主 な 特 長

### 2.1 高信頼性

#### (1) 信号入力系の二重化

制御棒過渡位置検出装置は、デジタル式制御棒位置指示装置の検出器電源供給ラインの電圧降下を入力としている。デジタル式制御棒位置指示装置の検出器は、A、B 2グループに冗長化され、制御棒過渡位置検出装置はこの各グループから2チャンネルで入力信号を取り込んでいるため、どちらか一方のチャンネルの単一故障では機能を喪失しない。

#### (2) 信号処理系の二重化

検出器コイルからの出力信号を処理する検出部は、A、B 二つの独立したチャンネルに分離し、冗長化している。また、制御棒過渡位置検出装置盤の信号処理、記憶、制御回路も同様である。これにより、どちらか一方のチャンネルの単一故障では機能を喪失しない。

### 2.2 信号伝送ケーブルの減少

格納容器内の検出部から、中央制御室内の制御棒過渡位置検出装置盤への信号伝送には、マルチプレクス伝送を採用し、ペネトレーション及びペネトレーションを経由するケーブルの本数を減少している。

### 2.3 操作性、保守性の向上

(1) CRTを採用し、落下波形を出力する制御棒の指定や、落下時間測定試験を実施する制御棒の指定が、対話形式で行うことができる。

(2) プラントコンピュータとのデータウェイの設置により、制御棒落下時間測定試験時に、プラント状態の記録が可能で、また落下開始、終了点を指定することで、落下時間が計算、記録できる。

(3) 信号伝送系、処理系の試験が随時実施できるよう、種々の試験機能を備えている。

(4) 装荷カード及び機器、伝送系の故障検知を常時行い、異常時には、制御棒過渡位置検出装置盤に故障の表示を行い、かつ中央盤に注意警報を発信することで故障検知を容易にしている。

## 3. システムの概要

この装置は、図1.及び図2.に示すように以下の機器から構成されている。

(1) 検出器（デジタル式制御棒位置指示装置検出器）

(2) 検出部

(3) 制御棒過渡位置検出装置盤

### 3.1 検出器

この装置は、デジタル式制御棒位置指示装置の検出器を使用している。これは、原子炉圧力容器上部に取り付けられており、非磁性体のステンレス管に、垂直に等間隔に配置されたA、B各グループ21個のコイル群から構成されている。各グループのコイルは、多心ケーブル

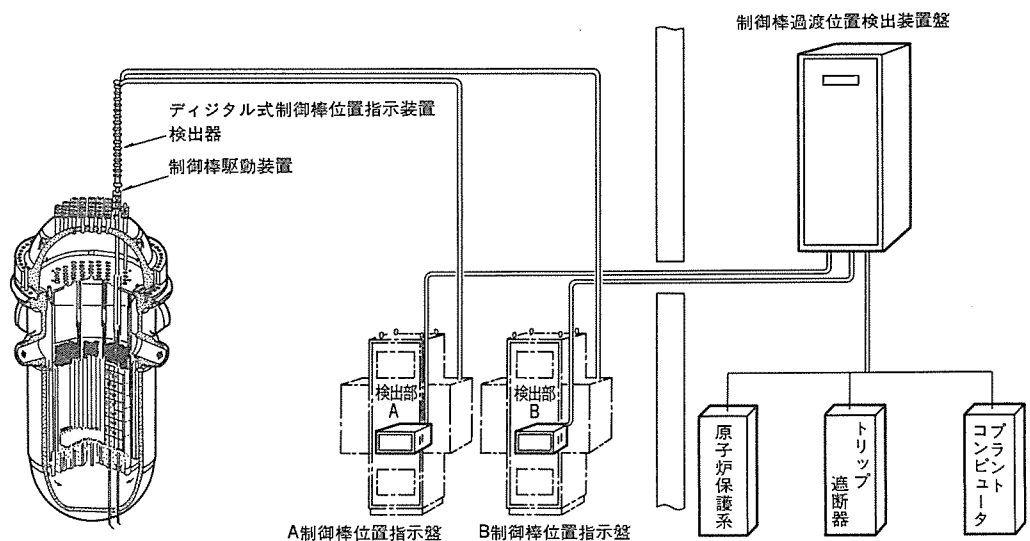


図1. 制御棒過渡位置検出装置の構成図

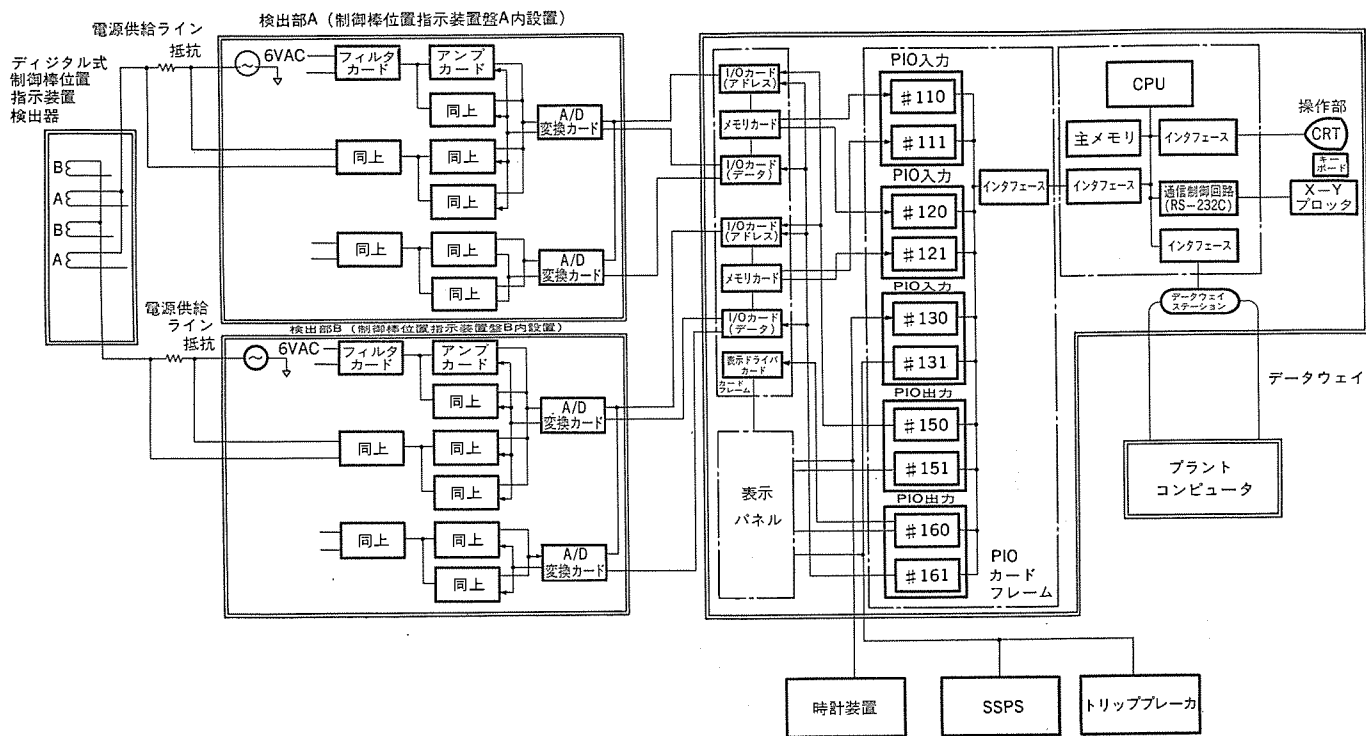


図 2. 制御棒過渡位置検出装置全体のブロック図

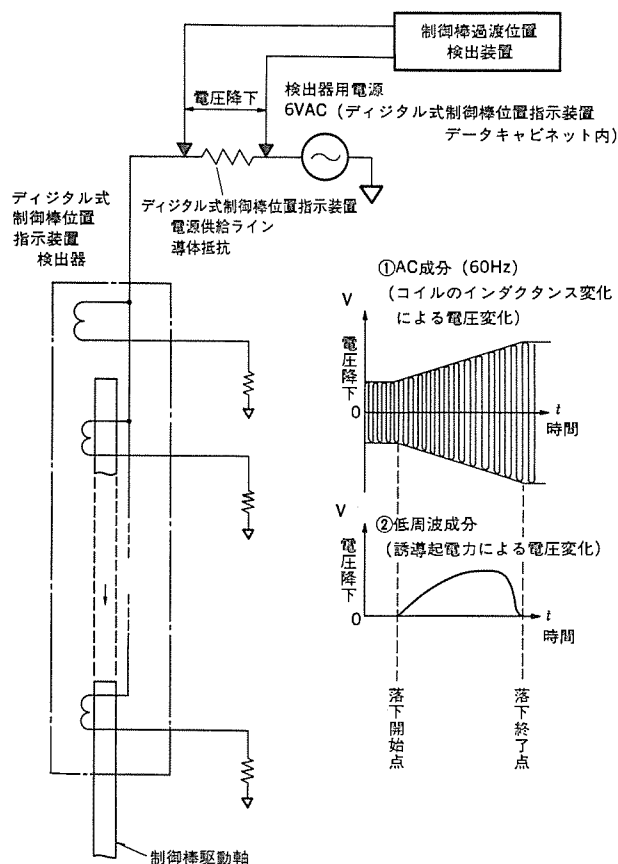


図 3. 制御棒過渡位置検出原理図

により、デジタル式制御棒位置指示装置のデータキャビネットA及びBに接続されている。コイル片端は、各グループごとに共通に接続され、各キャビネットから6VAC、60Hzの交流電源が供給されている。

検出原理を図3に示す。強磁性体である制御棒駆動軸が検出器コイルから抜けることにより、①コイルのインダクタンスの減少に伴い増

加する電源供給ラインの電圧降下(AC成分)、②コイル内の磁束変化に伴い過渡的にコイルに誘起される電圧(低周波成分)を測定することにより、制御棒の落下を検出するものである。

### 3.2 検出部

検出部は、原子炉格納容器内に設置されているデジタル式制御棒位置指示装置のデータキャビネットに収納される。

検出部は制御棒の落下に伴い、デジタル式制御棒位置指示装置検出器—データキャビネット間の電源供給ラインに発生する電圧降下を入力として取り込み、8ビットのデジタル信号に変換した後、マルチプレクス伝送により、制御棒過渡位置検出装置盤に送信する。また、検出器に供給されているデジタル式制御棒位置指示装置の6VACの断を検知し、異常発生チャネルの情報を制御棒過渡位置検出装置盤に送信する。

検出部は以下の機器から構成されている。

- (1) 電源パネル
- (2) カードフレーム
  - (a) フィルタカード
  - (b) アンプカード
  - (c) A/D変換カード

#### 3.2.1 フィルタカード

検出器から送られてくる電圧信号を、AC成分と低周波成分に分離するために用いられている。低周波成分は、AC成分に比べ電圧が約1けた(桁)小さいため、フィルタカードで一度分離して、個々に増幅する。

#### 3.2.2 アンプカード

アンプカードは以下の四つの機能を果たす。

- (1) フィルタカードから送られてくる低周波成分を増幅する。
- (2) フィルタカードから送られてくるAC成分をDCに変換する。
- (3) プラント運転中及び制御棒落下事象発生時には、制御棒が落下したか否かを明確にし、また落下開始点を明確にするため、AC成

分(実際はDCになっている)と低周波成分を加算し、AC成分—低周波成分として、マルチプレクス伝送によりA/D変換カードに送る。  
(4) 制御棒落下時間測定試験時及びデジタル式制御棒位置指示装置6VAC断の時には、低周波成分のみをA/D変換カードに送信する。

### 3.2.3 A/D変換カード

A/D変換カードは以下の四つの機能を果たす。

- (1) アンプカードからのアナログ入力信号を8ビットのデジタル信号に変換し、制御棒過渡位置検出装置盤に送信する。
- (2) 制御棒過渡位置検出装置盤内のI/O(アドレス)カードからのクロック信号を受け、カウンタで制御棒を指定するアドレス信号を発生し、アンプカードに送信する。
- (3) 伝送系統の異常監視のために、アドレス信号についてパリティを発生し、I/O(アドレス)カードに送信する。
- (4) A/D変換テスト時には、アンプカードからの入力はカットし、マニュアルで設定された模擬信号をA/D変換し、制御棒過渡位置検出装置盤に送信する。

パリティテスト時には、強制的にパリティエラーを発生する。

### 3.3 制御棒過渡位置検出装置盤

制御棒過渡位置検出装置盤(図4.)は、以下の機器から構成されている。

- (1) データウェイステーション
- (2) 電源パネル
- (3) カードフレーム
  - (a) I/O(アドレス)カード
  - (b) I/O(データ)カード
  - (c) メモリカード
  - (d) 表示ドライバカード
- (4) CPU
- (5) 表示パネル
- (6) 操作部
- (7) X-Yプロッタ
- (8) PIOカードフレーム
- (9) PIO電源パネル

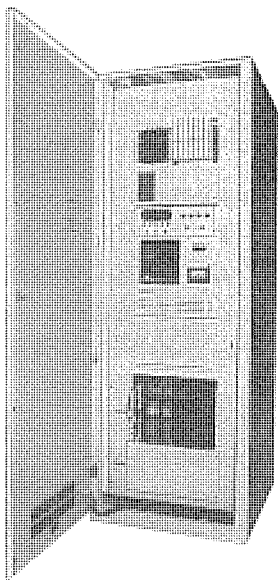


図4. 制御棒過渡位置検出装置盤

### 3.3.1 I/O(アドレス)カード

I/O(アドレス)カードは、次の四つの機能を果たす。

- (1) 制御棒位置信号、トリップ信号、クロック信号などのデータを記憶するメモリのアドレスを発生する。また、メモリからそれらのデータを読み出す時には、CPUから送られるアドレス信号をメモリカードに伝送する。
- (2) クロックによりアドレス信号を発生する。また、クロック信号をA/D変換カードに送信する。
- (3) アドレス信号についてパリティを発生し、検出部のA/D変換カードから送られてくるパリティと比較を行い、パリティが異なった時、すなわち伝送系統に異常が発生した時には、パリティエラー信号をCPUに送る。
- (4) 制御棒落下時間測定試験時には、CPUから送られる信号によってクロックパルス幅を変化させ、スキミング速度を速くし、時間測定精度の向上を図っている。

### 3.3.2 I/O(データ)カード

I/O(データ)カードは、次の三つの機能を果たす。

- (1) 検出部から送られるデータ信号及びトリップ信号、クロック信号をメモリカードへ伝送する。
- (2) トリップ信号発生時には、一定時間経過後、検出部からメモリカードへの信号伝送を中止する。
- (3) A/B各チャネルの原子炉トリップ信号、中性子束変化率高トリップ信号の中で、最も早く発生した信号を検出する。

### 3.3.3 メモリカード

デコードと1,024語×4ビットのRAMからなり、I/O(データ)カードから送られてくるデータ信号、トリップ信号、クロック信号を、I/O(アドレス)カードから送られてくるアドレス信号で指定された番地に記憶し、かつ一定時間ごとに記憶更新する。

### 3.3.4 表示ドライバカード

CPUから送られてくる時刻信号をデコードし、現時刻を表示パネルに取り付けられている7セグメントLEDに表示する。また、CPUから送られてくる信号により、表示パネルに取り付けられているトリップ信号表示灯、故障表示灯、テスト表示灯などを点灯する。

### 3.3.5 CPU

主メモリの中に、プラント運転中主プログラム、制御棒落下時間測定試験時プログラム、トリップ時刻表示プログラム、X-Yプロッタ出力プログラム、故障箇所表示プログラムなどを記憶し、システムの制御、信号処理を行う。主たる機能は以下のものである。

- (1) トリップ信号の監視、構成機器、伝送系統などの異常監視を行う。異常を検知した時には故障表示を行い、中央盤に注意警報を発信する。
- (2) トリップ信号発生時には、メモリカード内に記憶されているデータを主メモリに取り込み、処理し、X-Yプロッタに出力する。A、B2チャネルに冗長化されている系のうち、片チャネルに、伝送系の異常あるいはデジタル式制御棒位置指示装置6VAC断などが発生した時には、異常が発生したチャネルのデータは除き、正常なチャネルのデータを処理する。
- (3) データウェイステーションを介して、プラントコンピュータとデータの送受信を行う。制御棒落下時間測定試験時には、CPUからプラントコンピュータに割り込みをかけ、試験時の各種プラント状態のデータを取り込む。また、CPUからプラントコンピュータへ、試験時の落下波形データの送信を行う。

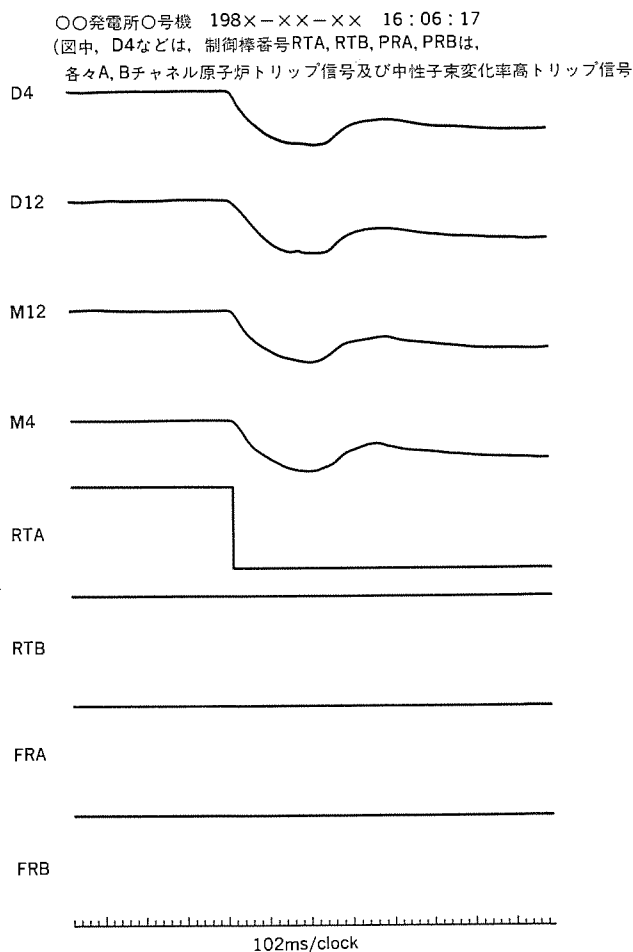


図 5. 制御棒落下事象発生時の X-Y プロッタ出力例

(4) PIO に出力を行い, 各カード, 表示パネルに信号を送る。また, インタフェースを介して, 操作部, X-Y プロッタを制御する。

#### 4. X-Y プロッタ出力例

##### 4.1 制御棒落下事象発生時出力例

制御棒落下事象発生時の X-Y プロッタ出力例を図 5. に示す。この例では, 制御棒落下波形の立下り点とトリップ信号の立下り点を一致させているが, 実際のプラントにおいて制御棒落下事象発生時には, この制御棒落下波形の立下り点と, トリップ信号の立下り点の前後関係を調べるにより, 原因解析が容易に行える。

##### 4.2 制御棒落下時間測定試験時出力例

制御棒落下時間測定試験時の X-Y プロッタ出力例を図 6. に示す。图中 RCS 圧力, 温度, 流量は, 制御棒過渡位置検出装置盤の CPU がプラントコンピュータに割り込みをかけ取り込んだプラント運転状態のデータであり, また矢印で示されている落下時間は, 制御棒過渡位置検

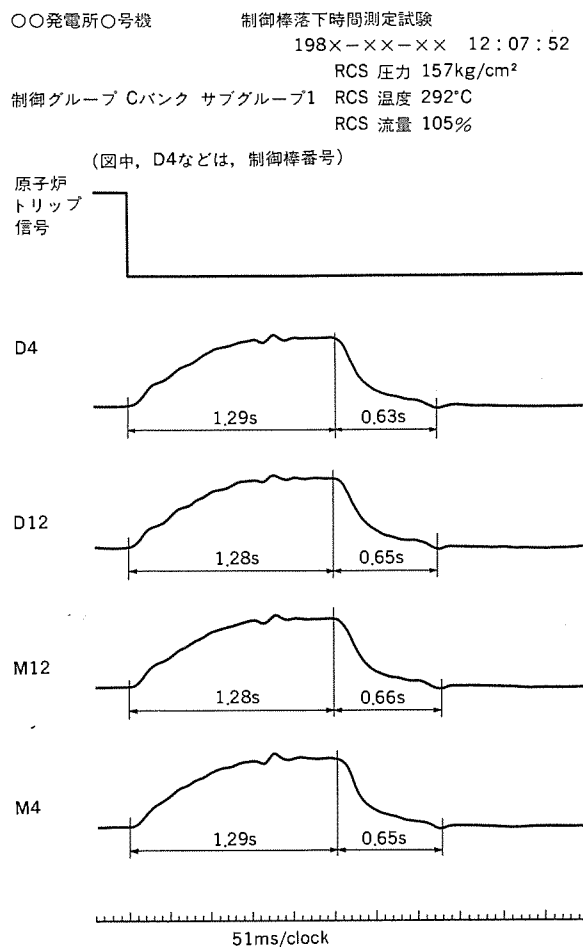


図 6. 制御棒落下時間測定試験時の X-Y プロッタ出力例

出装置盤の CPU からプラントコンピュータに落下波形データが伝送され, コンソール上で落下点を指定することにより, 計算, 出力されたものである。

#### 5. む す び

本文は制御棒過渡位置検出装置に関し, 主として特長, システムの構成, 概要について紹介したものである。

この装置は, 制御棒落下事象発生時の原因解析の迅速化, 定期検査の効率の向上, ひいては定期検査期間の短縮化を図るために開発したものであるが, 今後とも原子力発電プラントの稼働率の向上に貢献すべく, なお一層開発努力してゆく考えである。

最後に, この装置の開発にあたり御協力をいただいた関西電力(株), 三菱重工業(株)神戸造船所並びに三菱原子力工業(株)の関係者各位に謝意を表する。

# 《MELCOM 80》エンドユーザー言語デュエット(DUET)

小碓暉雄\*・富沢研三\*・峰崎秀生\*・森田 亮\*・高谷 至\*

## 1. ま え が き

デュエットは、コンピュータ応用の非定型業務として発生するデータ処理プログラムを、プログラム経験のないエンドユーザーでも容易に作成・実行できるように設計した会話形簡易言語である。

《MELCOM 80》には、不能簡易言語プログレス II、JIS規格準拠のCOBOLなどのプログラム言語があるが、これらは、プログラム未経験者にとって通常1か月以上の習得期間を要し、更に開発効率向上のために技術的熟練を要する専門家向け言語である。これらの従来のプログラム言語に対して、デュエットは2日程度の習得期間で技術的熟練を要しない非専門家向け言語である。

デュエットを特長付ける最も重要な設計思想は、データ処理におけるデータ定義の独立である。データの実体をどのように構造化するかは応用システムのデータ管理者に任せ、デュエットの利用者は、データ管理者が用意したデータ定義を見ながら必要な検索条件、集計条件、出力条件などを指定すればよい。データ管理者がデータ定義するためのプロセッサをDDFという。DDFでは、物理的なファイル構造、論理的なデータベースの見方、装置に依存する入出力様式を定義する。これによって、デュエットの利用者は、オペレーティングシステム(OS)やハードウェアへの専門的理解がなくてもデータ処理ができる。

《MELCOM 80》には、OSが異なるDPS IVデュエットとDPS 10デュエットがあり、OSの相違やDDFの機能的相違により機能と操作性が若干異なる。本論では、DPS 10デュエットを基にして説明する。

## 2. デュエットの扱うリレーショナル形データベース

DPS 10では、従来のファイルアクセス方式とデータベース・アクセス方式が一体となっており、これをデータベース・データ管理という。データベース・データ管理では、従来から存在する順次編成ファイル、相対編成ファイル、索引/多面索引編成ファイルを物理ファイルと称して、1個以上の物理ファイルに対して応用目的上データをどのように構造化するかという見方を定義し、その見方によってデータをアクセスできる。データの見方が定義された仮想的なファイルを論理ファイルという(図1.)。

論理ファイルは、物理ファイル定義に対して、リレーショナルデータベースにおける関係演算の選択(Selection)、射影(Projection)、結合(Join)処理を行った二次元の表として定義される。論理ファイルは、物理ファイルと同等のアクセス方式に従ってデータ参照される。この機能をリレーショナル形データベース機能という。選択、射影、結合は、次のような機能である(図2.)。

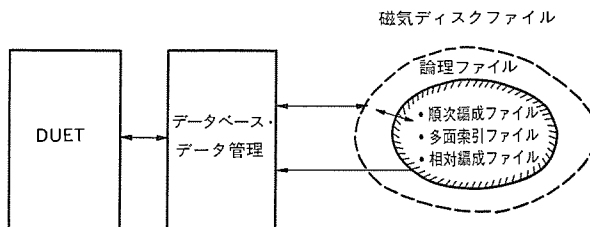
### (1) 選 択

レコード長の特定項目の値の条件に適合するレコードだけを抽出する。

### (2) 射 影

レコード中の必要な項目だけを選択した論理レコードを形成する。

### (3) 結 合



論理ファイル：データの見方（ビュー）を定義した定義ファイルが存在するだけである。仮想的なファイル。

：実データが格納される。

図 1. データベース・データ管理の概念図

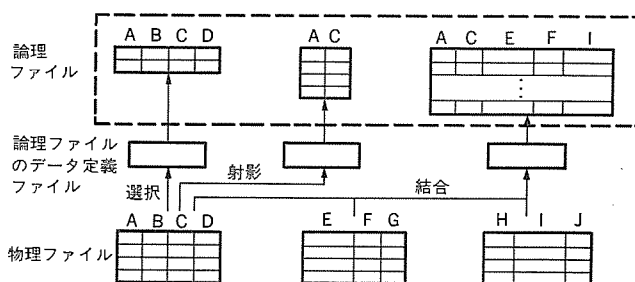


図 2. 選択、射影、結合の概念図

$n$ 個の物理ファイル間で、共通キー項目の等値条件によって異なる物理レコードの情報を結合し、新たなレコードを形成する。例えば、売上げファイルの得意先コードと得意先マスタファイルの得意先コードの等値条件により、得意先別売上げレコードを形成する。

デュエットでは、DDFで定義した物理ファイル又は論理ファイルを処理対象とする。特に、論理ファイルを対象とした場合、データ独立性の高いリレーショナル形データベースの検索言語として、《MELCOM 80》ソフトウェアの特長ある製品となっている。

## 3. デュエット処理概要と特長

デュエットの利用者は、日本語ワークステーション又はビジネスグラフィックワークステーションを使い、メニュー画面のガイダンス表示に従って応答形式で機能キー操作とパラメータ入力を行い、業務プログラムの作成、修正、登録、実行を行う。ガイダンスは、すべて漢字・平仮名の日本語文で表示される。

デュエットプロセッサは、与えられた処理パラメータを解析し、指定のDDF定義情報を参照しながら目的の業務プログラムを作成・実行し、結果を出力媒体に出力する。作成した業務プログラムは、そのまま実行することもできるし、一度中間言語としてディスク上に登録しておき、必要なときに呼び出して実行することもできる。中間言語は、元の入力処理パラメータに戻る形式で登録されており、作成途中や作成後でいつでも作成過程を再現しながら修正することができる(図3.)。

一般に、簡易言語のスタイルは、次の3種類に分類できる。

### (1) コマンド式

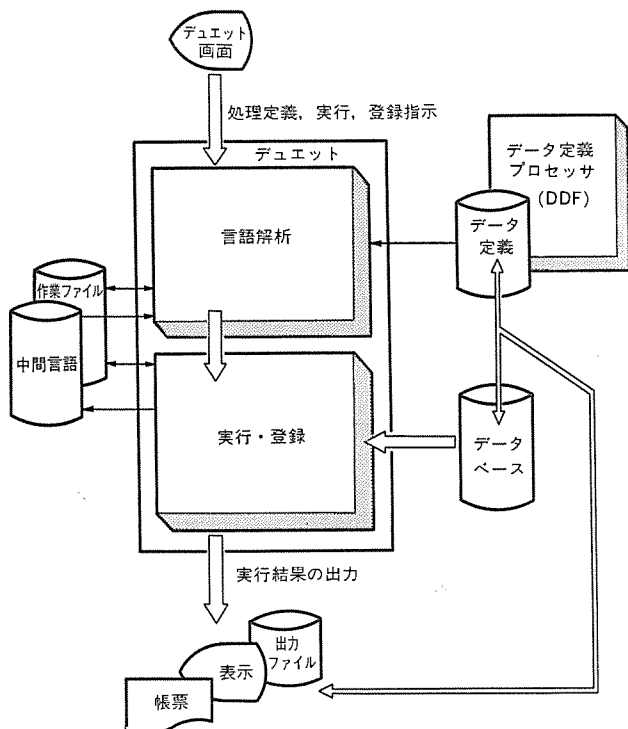


図 3. デュエット処理の流れ

利用者は、決められた文法に則り、自然言語に近い命令を組み合わせてプログラム作成する。

## (2) 穴うめ式

プログラム作成のための入力様式がどの欄には何を入力するといった具合に決められており、利用者は、必要な欄に必要なパラメータを入力してプログラム作成する。

## (3) メニュー式

ワークステーションのディスプレイ画面を使って、業務プログラムの諸パラメータをメニュー化し、利用者は必要なメニュー項目を選択してプログラム作成する。メニュー式の場合には、部分的に穴うめ式の要素も取り入れられる。

コマンド式は、利用者の自由度（融通性）が高く汎用性が高いが、反面使いこなすのにある程度の経験を要する。メニュー式は、利用者の自由度は抑えられるが、それだけだれにでもすぐ使えるという点で初心者向けに最も適している。

デュエットのほかに例がない著しい特長は、基本的にはメニュー式でありながら、処理モードの選択によってコマンド式にもなる点である。すなわち、ある業務プログラムをメニュー式でもコマンド式でも作成できることである。通常メニュー式では、一つの業務プログラムを完成させるために幾つかのメニュー画面を遷移するため、ある程度のプログラム経験者でコマンド式の方が単刀直入で好ましいという利用者の要求も満たしているのである。デュエットでは、コマンド式のプログラム作成を利用者処理という。

デュエットでは、メニュー式であれ利用者処理であれ、図 4. の画面例で見ると、右側面に入力データベースの項目と属性の一覧が、出力に対する DDF 定義の参照があれば左側面に項目と属性の一覧がガイダンス表示される。利用者は、そのガイダンス表示を見ながら、必要な処理パラメータを指定する。ガイダンスは、スクロールアップ/ダウンキーで上下動ができる。

プログラム言語の処理方式は、一般にインタプリタ（通訳）形とコンパイ

(a) デュエットのメニュー例

(b) デュエットの利用者処理例

図 4. デュエット処理画面

ラ（翻訳）形に分かれるが、デュエットの場合、両者の中間に相当する。すなわち、インタプリタ形のように入力パラメータを逐語解析してゆくが、逐語実行はせず、実行はコンパイラ形のように一つのプログラムが完結してから行われる。また、コンパイラ形のように入力パラメータソースを目的語又は機械語に翻訳するのではなく、入力ソースに戻る疑似ソースに変換して、実行用及びソース修正用に使う方式である。

## 4. デュエットの機能概要

デュエットは、《MELCOM 80》のあらゆる業務に対してプログレス II, COBOL などのように万能ではない。一般のデータベース用エンドユーザー言語がそうであるように、日次、月次などの決められた業務以外に突発的に発生する問合せ、管理資料作成などの非定型業務を、業務の発生現場でだれでも即座にプログラム作成・実行できることが生命である。したがって、非定型業務として一般的によく現れる業務に焦点を絞り、

- ・ 業務上参照するデータベースは何か、
- ・ データベースは検索だけか、更新があるか、
- ・ 検索結果の出力は何にするか、
- ・ 処理する項目やレコードの選択をするか、
- ・ 集計処理をするか、
- ・ 結果をソートするか、
- ・ 作成後のプログラムは登録に残しておくか、

などの業務因子に分解して、それらに設定できるパラメータを限定してメニュー化したり、コマンド化しているの、例外的業務因子を要する業務には適応できない。また、COBOL などでは存在する OS と

の特殊なインタフェースを要する処理は、非専門家向け言語の性格上不  
可能である。

デュエットで用意された業務パターンは、次のようになる。

### (1) 問合せ

物理ファイル定義又は論理ファイル定義を元に、必要な項目の選択や  
項目の値条件によるレコードの選択を行い、必要に応じてソート、集  
計などを行い、結果を出力する。

(a) デュエットで決めた標準様式による表示又は印字：わく取り  
などの編集オプションがある。

(b) DDFで定義されている報告書様式による印字：報告書見  
出し、ページ見出し、見出し、明細、合計などの報告書作成機能と  
して実行することもできる。

(c) DDFで定義されているファイルへの出力：出力結果のファイ  
ルを再びデュエットの入力データベースとして利用する場合に便利で  
ある。

(d) グラフィックスステーションによるグラフ表示：グラフ機能は、  
《MELCOM 80》ビジネスグラフィシステムに従い、棒、円、折れ線グラフ  
など可能である。

### (2) 報告書作成

報告書作成は、(1)項(b)で報告書主体の業務をいう。問合せがデ  
ータの検索条件が主体となるのに対して、報告書作成は、合計演算  
や印字編集などの出力処理が主体となる。

### (3) ファイル更新

物理ファイル(データの実体)を会話形で更新する。更新には、キー値  
によって乱処理する場合と、昇順処理する場合があって、レコードの  
挿入・追加も可能である。更新データの記録をログファイルにとってお  
くことも可能である。

この業務パターンの分類は便宜上であって、デュエットを操作する上  
で、作成する業務プログラムがどの業務パターンとなるかを意識する必  
要はない。また、(1)~(3)項のような業務パターンとして判別でき  
ないような業務もデュエットで作成できる。

簡単な例題として、「商品コードが20,000以上の商品コード、商品  
名、在庫の一覧表を作成する」業務をデュエットで作成・実行する操  
作を、メニュー画面の遷移とともに示す。

(1) 画面1：デュエットの先頭メニュー(DUET-FST)で、DDFで定  
義されているデータベース名と業務名と出力の種類を指定する(図5.  
(a))。

(2) 画面2：初期操作画面(DUET-INT)で、指定データベース中  
の項目の選択(射影)の必要性、あとのデータ操作の必要性、及び  
標準印刷時の表題を指定する(図5.(b))。

(3) 画面3：射影処理画面(DUET-PRJ)で、処理必要項目の選  
択を指定したあと、右側面のデータ項目の必要な項目欄に\*をつけ

(DUET-PRJ) 射影処理 業務名 ZAIKO  
データベース名 SHOHIN.L

☆ 処理の対象となる項目を選んで下さい。

1. 項目の選択方法を決めて下さい。  
必要選択(1)/不要選択(2) ☐

2. 選択方法に従って右項目欄に \* を  
つけて下さい。

項目名	けた数
SHOHINC	数字 5
SHOHINMEI	漢字 15
SHIIESAKI	漢字 15
SJYUSHO	漢字 20
TANKA	数字 8
ZAIKO	数字 4

(c) 画面3(1)

(DUET-PRJ) 射影処理 業務名 ZAIKO  
データベース名 SHOHIN.L

☆ 処理の対象となる項目を選んで下さい。

1. 項目の選択方法を決めて下さい。  
必要選択(1)/不要選択(2) ☒

2. 選択方法に従って右項目欄に \* を  
つけて下さい。

項目名	けた数
* SHOHINC	数字 5
* SHOHINMEI	漢字 15
* SHIIESAKI	漢字 16
* SJYUSHO	漢字 20
* TANKA	数字 8
* ZAIKO	数字 4

(d) 画面3(2)

(DUET-FST) デュエット

データベース名  
SHOHIN.L

業務名  
ZAIKO

出力定義名  
または  
標準様式の印刷(1)/表示(2)  
わく取り必要(1) ☐

(a) 画面1

(DUET-INT) 初期操作 業務名 ZAIKO  
データベース名 SHOHIN.L

対象項目の選択が必要(1) ☒  
データの操作が必要(1) ☒  
表題を入力して下さい。  
商品在庫表

項目名	けた数
SHOHINC	数字 5
SHOHINMEI	漢字 15
SHIIESAKI	漢字 15
SJYUSHO	漢字 20
TANKA	数字 8
ZAIKO	数字 4

出力定義名  
または  
標準様式の印刷(1)/表示(2)  
わく取り必要(1) ☐

(b) 画面2

(DUET-FNC) データ操作 業務名 ZAIKO  
データベース名 SHOHIN.L

☆ 機能を選択して下さい。 ☒

1. レコード選択  
2. 集計  
3. 統計グラフ  
4. 出力処理  
5. ソート処理

項目名	けた数
SHOHINC	数字 5
SHOHINMEI	漢字 15
ZAIKO	数字 4

注 射影処理の結果、右側面の項目名は3項目となっている。

(e) 画面4

(DUET-SEL) 選択処理 業務名 ZAIKO  
データベース名 SHOHIN.L

☆ 選択条件を指定して下さい。

SHOHINC >= 20000

項目名	けた数
SHOHINC	数字 5
SHOHINMEI	漢字 15
ZAIKO	数字 4

(f) 画面5

図5. デュエットの簡単な例(その1)

(g) 画面 6

注 標準機式の出力では、数値負符号は右表示である。

#### (h) 実行結果

図 5. デュエットの簡単な例 (その 2)

(4) 画面4:データ操作画面(DUET-FNC)で、レコード選択を指定する。なお、前の射影処理に必要な項目選択後、右側面の参照データ項目のガイダンス表示は、選択した項目だけになっている点に注目(図5.(e))。

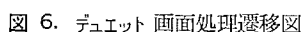
(5) 画面5：選択処理画面(DUET-SEL)で、商品コード(データ名SHOHINC)が20,000以上という選択条件を指定する(図5.(f))。

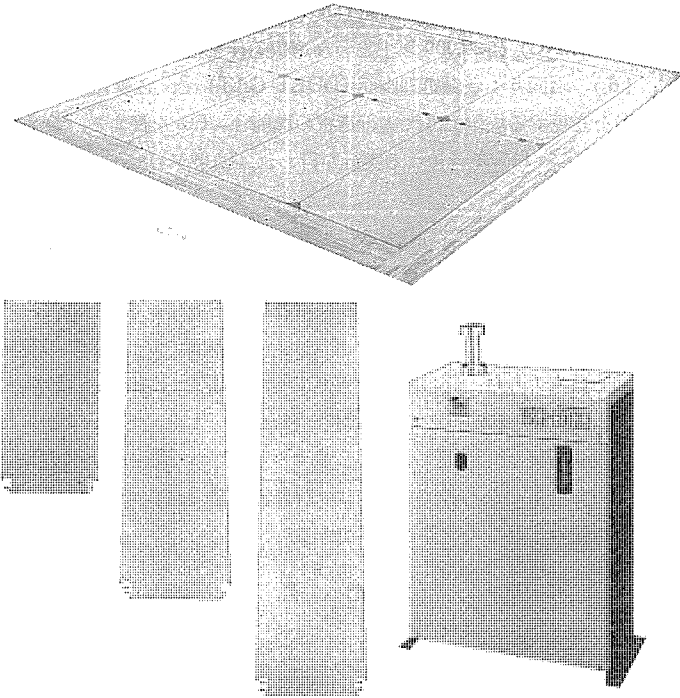
(6) 画面6：登録処理画面 (DUET-CAT) で、必要ならば登録名を変更する。画面6で実行選択の機能キー F1 を押すと、今までのパラメータ指定条件による実行が行われ、結果がプリントされる (図 (g), (h))。

デュエットの操作では、メニュー画面の終了や実行などの画面制御で機能キー（ファンクションキー）が重要な役割を果たす。また、特定のメニュー画面で、HELPキーによる利用者へのガイダンスや例外的操作の利用を可能としている。デュエットのメニュー画面では、図6.の遷移図で見るように、どの画面でもF1キーで実行に移れるし、F15でパラメータ入力を終了して登録処理へ移れる。また、どの画面からでも最初へ戻って修正／やり直しができる。このメニュー式の特長によって、全くの初心者でも最初は試行錯誤をしながらもデュエットを自力で使いこなしてゆくことができる。

デュエットを開発した《MELCOM 80》は、オフィスコンピュータ（オフコン）と呼ばれる分野にある。オフコンの顧客は、ほとんどがコンピュータの非専門家であり、専任の運用者がいないのが一般的である。したがって、オフコンでは顧客対応の応用プログラムを販売会社（ディーラー）やメーカー自身が開発し、提供することが通常である。一般に、それはあらかじめプログラム仕様が決められている定型業務に限られてくる。ところが、オフコンの処理能力が急速に発達した結果、顧客はあらかじめ提供された定型業務以外に、突発的な問合せ、報告資料作成などの非定型業務への要求が高まってきた。この要求に販売会社やメーカーが逐一応じることは困難であるため、顧客側のエンドユーザーでも仰々しい訓練を受けずに簡単に業務のプログラム作成・実行ができるような手段が求められる時代を迎えている。この時代の要求にこたえることがデュエットのねらいである。

更に、今後のデュエットの課題は、OA 化時代へ対応して、OA のための各種機能をデュエット 操作の中に融合してゆかなければならない。機能的には文章処理(ワードプロセッシング)、電子メーリングなどとの融合がたちまち必要となろう。OA 化の推進には、コンピュータというデータ処理プロセッサの存在をエンドユーザーに意識させないエンドユーザーインタフェースが備わった OS が必要である。そのような OS を備えたコンピュータシステムをオフィスプロセッサと呼ぶならば、オフコンの《MELCOM 80》は最もオフィスプロセッサにふさわしい。オフィスプロセッサの役割を果たす上で、デュエットはその顔となるべき使命を帯びている。そのため、デュエットという簡易言語で直接様々な業務を作成できることより、OA 業務として別に作成された機能要素をデュエットのエンドユーザーインタフェースの中に取り込めることが重要である。そのような方式で、文章処理、電子メーリングなどの既存の OA 機能とデュエットが融合できること、更に プログレス II、COBOL などで作成された応用プログラムとデュエットが融合できることが今後の《MELCOM 80》デュエットの最重点課題である。





このたび三菱電機では、床面全体を発熱体とした輻射式の快適暖房〈温水式床暖房システム〉を開発しました。このシステムは、薄形(12mm)、軽量、折りたたみ式で、施工性の改善、早い暖房立ち上がり時間をねらった床暖房パネルと、コンパクト縦形の高効率・石油暖房用ボイラの組合せにより、省エネ・省スペースを実現した、これからの最適住宅暖房です。

### 特長

#### 〈床暖房パネル〉

##### ●低コストと軽量化

架橋ポリエチレンパイプを採用し、低コスト化と共に2畳用パネル1セットが18kgという軽量化を実現しました。

##### ●折りたたみ方式による簡易施工化

2畳分が折りたたみ方式により1セット化できたため、他社のパネルに比べて接続箇所が半減しました。

接続部品をすべて製品同梱化し、据付けの手間を省きました。

##### ●耐荷重設計

上部からの荷重には十分に耐えられる15kg/cm(φ25mm丸棒にて0.3mmへこみ時)を実現し、タンス、本棚などを設置することができます。

##### ●早い立ち上がり

うす型、軽量化を実現し、パネルの表面温度の立ち上がりを早めました。

##### ●並列回路方式

当社独自の並列回路方式を採用して、パネル表面温度の高温、低温のムラを少なくし、また、温水システム各回路の流量配分を改善しました。

##### ●両面鉄板採用

パネルの表・裏を特殊防錆効果のある鋼板で被っているため、そり、変形、歪みなどに対して、耐力があります。また、両面鋼板の密閉構造のため、断熱材の寿命が長くなっています。

##### ●断熱材の高圧注入方式採用

床暖房パネル専用開発した発泡ウレタン(断熱材)は、高圧注入方式で高い耐荷重性を持っています。

##### 〈暖房用ボイラ(石油タイプ)〉

##### ●省エネ設計

熱効率は約90%。暖房用ボイラとしては高い数値です。シスターンタンクをコンパクト化し、立ち上がり時間を短縮しました。湯温をきめ細かくキャッチしてオン・オフ制御しますので、ムダな燃焼を防ぎます。

##### ●コンパクト化

スリムなタテ形コンパクト設計(19kgの軽量タイプ)ですから置き場所をあまりとりません。

##### ●安全性を追求

「クリーンヒーター」のフェイルセーフシステムをそのまま継承した高い安全性を備えています。

##### ●低騒音化

暖房用ボイラーとしてはきわめて小さな運転音の低騒音設計です。(室内置40ホン、室外置45ホン・50Hz)。

##### ●高い信頼性・使いやすさ

本体ボディは雨や風にも充分耐える丈夫な設計です。

##### ●簡単な工事

循環ポンプ、シスターンタンクを内蔵したシステムボイラですから、据え付け工事が簡単です。

水道工事・ボイラ室も不要です。

##### ●システム暖房が可能

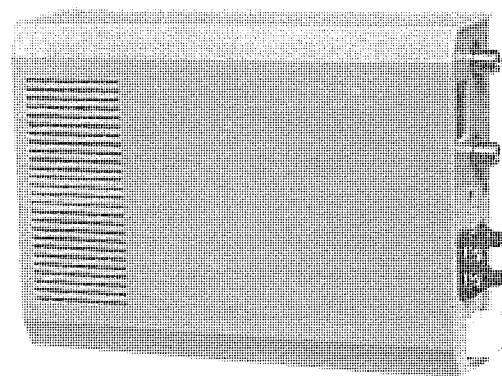
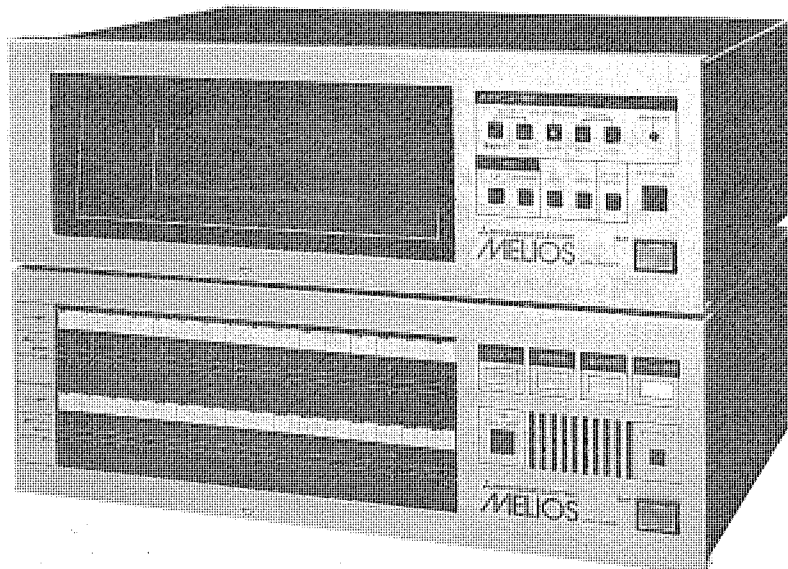
暖房出力最大約5,000kcal/h。標準で15~20畳、最大で4回路、30畳まで暖房が可能です。(部屋の条件によります)

#### 仕様標準品パネル

形名	VPH-20Q	VPH-15Q	VPH-10Q
形	折りたたみ式床暖房パネル		
外形寸法	厚さ	12mm	
	幅	750mm	
	長さ	3,000mm(1,500mm+1,500mm)	2,250mm(1,500mm+750mm)
配管回路	並列方式		
管ヘッダー管	銅パイプ 外径φ8		
配管放熱管	架橋ポリエチレンパイプ		
放熱板	高耐食クロメート銅板 0.6mm		
断熱材	硬質発泡ウレタンフォーム(高圧注入方式)		
裏面材	電気亜鉛メッキ銅板 0.16mm		
設計関係	最大組合せ枚数	4枚	
	標準流量	0.5ℓ/min	
	最高使用温度	80℃	
	常用使用圧力	1.5kg/cm <sup>2</sup>	
	保有水量	0.7ℓ	0.5ℓ
重	18kg	13.8kg	9.5kg

#### 〈石油暖房用ボイラ〉

暖房用ボイラ形名	VKH-60KR	
暖房出力(kcal/h)	約5,000	
暖房効率(%)	約90	
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)	
灯油消費量(ℓ/h)	0.678(連続燃焼時)	
シスターンタンク	大気開放式 開放形容量5ℓ(蒸発許容量約2ℓ膨張許容量1ℓ)	
温水出口温度(℃)	平均75(VPZ-60RCにて40～75℃連続可変)	
安全装置	燃焼検知装置	炎検知機+IC回路
	過熱防止装置	サーモスタット(135℃)
	湯温過昇防止装置	サーモスタット(88℃)
	停電時安全装置	瞬時消火(リレー組込み)
	地震自動消火装置	水銀式燃料遮断式100～170gal作動 自動復帰
電気回路	電流ヒューズ	125V 2A
	シスターンタンク水量確認装置	二電極検知式
バーナー	エアジェットガス化バーナー	
タンク容量	別置	
電源(V)	単相100 50/60Hz	
消費電力 50/60Hz(W)	予熱640/650 燃焼時110/120	
運転電流 50/60Hz(A)	最大6.9/7.0	
運転音 50/60Hz	屋外45/46	
前方上方1mAスケール(ホン)	(屋内FFC40/40)	
製品重量(kg)	19	
色調(マンセルNo.)	側板茶系統(10YR1.5/4.5)、本体白系統(5Y7.5/1)	
温水循環ポンプ 50/60Hz	機外揚程7.5/10.5H <sub>2</sub> O(全閉時)マグネットカップリング方式	
接続配管径	温水	PT1/2オネジ
	灯油(φ)	φ8



暖房期間約5ヵ月とされる日本の平均的気候の中で、学校暖房は年間約1/3の期間は必要とされていますが、その管理・維持には多大の費用と労力を要しているのが現状です。

このたび三菱電機では、こうした学校暖房をはじめとした多くの部屋の暖房を1ヵ所でコントロールすることにより、省力化と経済性を向上させ、安全で清潔な快適暖房を実現する集中管理システム《MELIOS》を開発しました。

このシステムは、学校暖房だけに留まらず、ホテル・病院・公民館など、多室暖房を必要とする場所に最適の設備であり、快適環境への欲求と合理性追求の時代要請にお応えする暖房方式です。

### 特長

- メインコントローラー（親機）VCL-32M形を中心に、端末機（子機）VCL-01S形を介して、ガス温風暖房機クリーンヒーターを32台までON/OFF制御します。（1室2台を同時運転する場合は64台まで可能）
- 運転モニターランプにより親機で各部屋の暖房機運転状況が監視でき、異常の場合はブザーで警報を発し、異常のある暖房機を表示します。

- 子機に押しボタンスイッチ（市販品）を接続することにより、各部屋からの運転要望をチャイムと表示で知らせます。
- クリーンヒーターに内蔵されたルームサーモを使わず、市販のサーモスタットを子機に接続することもできます。
- 週間プログラムタイマーVCL-32WT形を接続することにより、32機が各々、予めセットされた1週間のスケジュールに従い、自動運転します。

### 構成機器の概要

#### ●親機

職員室など管理室に設置します。メインとなる昼間管理用と用務員室、宿直室など、夜間管理用の2台設置すれば、2ヵ所管理できます。

#### ●子機

各部屋のガス温風暖房機クリーンヒーターに接続し、親機からの信号により暖房機をON/OFF制御し、動作状態を親機へ転送します。

#### ●週間プログラムタイマー

一週間のスケジュールを32台分（1室2台の場合は同一のプログラム）を5分単位でセットでき、親機へ運転指示を行います。各種プログラムパターンは液晶表示され、簡単に操作できます。リチウム電池により、停電時の保持を行います。

### 仕様〈親機・子機〉

形 名	VCL-32M(親機)	VCL-01S(子機)
子機制御台数	最大32台(同一部屋番号2台同時運転の場合は64台)	
通信距離	総延長2km	
信号線	5C-2V(同軸ケーブル)	
分配器	最大2個(VCL-2B)	
温度範囲	-10℃～40℃	-10℃～60℃
電源	AC 100V ±10% 50/60Hz	
消費電力	20W	5W
外形寸法	高さ148mm×幅425mm×奥行300mm	高さ180mm×幅135mm×奥行45mm
重量	6.0kg	0.6kg
電源コード	有効長2m	
付属電源コンセント	合計 500W(5A)まで	

### 〈週間プログラムタイマー〉

形 名	VCL-32WT
制御台数	最大32台(同一部屋番号2台同時運転の場合は64台)
通信距離	1.5m
信号線	親機との接続(専用ケーブル)
温度範囲	-10℃～40℃
電源	AC 100V ±10% 50/60Hz
消費電力	15W
外形寸法	高さ148mm×幅425mm×奥行300mm
重量	6.0kg
電源コード	有効長2m
付属電源コンセント	合計 500W(5A)まで (親機、週間プログラムタイマー以外の機器の電源には絶対に使用しないでください。)

## 炊 飯 器 (実用新案 第1309334号)

考 案 者 大沢 和夫・小池 利男・川田 幸男

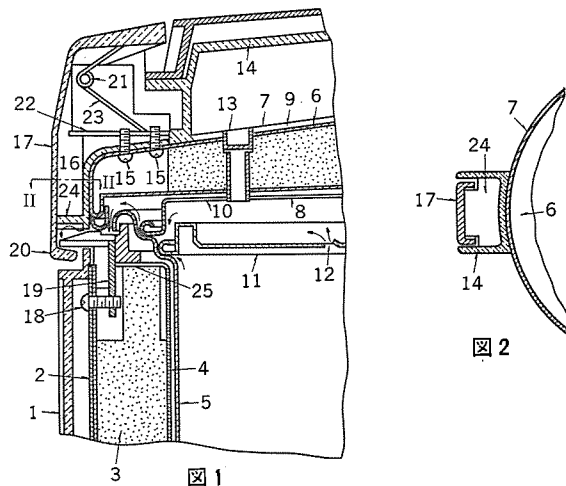
この考案は本体の上面開口を一端が回動自在に装着され、他端に掛け金を設けた蓋体で開閉自在に覆ってなる炊飯器に関するもので、炊飯中に発生する水蒸気から掛け金取付部を保護するようにしたものである。

図において、(1)は本体、(5)は内釜、(6)は蓋体、(14)は把手、(16)は空所、(17)は掛け金、(24)は把手(14)に一体に設けた仕切板である。

本体(1)に収納した内釜(5)をヒータ(図示せず)により加熱して炊飯を行うと、炊飯中に発生する圧力の高い水蒸気の大部分は中蓋(11)の蒸気抜き孔(12)から補助蓋(10)に設けた蒸気抜き弁(13)を通して外部に放出されるが、一部の水蒸気は中蓋(11)及び補助蓋(10)の周縁と内釜(5)の開口周縁との接触面の間から漏出して図1に矢印で示すように内蓋(8)と露受け(25)間を通して外部に流出する。すなわち本体(1)の周縁と蓋体(6)の周縁との間から外部に漏出する。一方、蓋体(6)の把手(14)と掛け金(17)の間にはこの掛け金を取り付けるための空所(16)が形成されているため、漏出した水蒸気が掛け金(17)の内側に沿って上昇して上記空所(16)内に侵入するとその取付部材等に悪影響を及ぼすことになる。

そこでこの考案においては、掛け金(17)と把手(14)間に形成した空所(16)の本体(1)側端部を閉塞状とする仕切板(24)を把手(14)ま

たは掛け金(17)に一体に設けることにより、炊飯時に発生した水蒸気の一部が本体(1)の周縁と蓋体(6)の周縁との間から漏出した場合、この水蒸気の上昇が仕切板(24)によって阻止され把手(14)と掛け金(17)との空所(16)内に侵入するのを極力阻止できるので、掛け金(17)を付勢するばね(23)あるいはその取付部材等を蒸気の悪影響から効果的に保護できるものである。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 59 No. 3 科学万博——つくば'85特集

### 特集論文

- 科学万博——つくば'85 “三菱未来館”の概要
- 科学万博——つくば'85 “三菱未来館”の音響システム
- “三菱未来館”に設置した《スペクタス》—大画面フルカラー液晶ディスプレイ—
- 科学万博光総合情報サービスシステム用大型画像処理装置《オーロラビジョン》
- 高品位40形CRTディスプレイ装置
- プラネタリウム制御装置

### ●DBS 受信用 GaAs FET 低雑音アンプモジュール

### 普通論文

- 高電圧大容量ガス絶縁変圧器
- 72~120 kV バッファ形ガス遮断器のエアレス化技術
- 四国電力(株)伊方発電所の放射線総合管理システム
- 小容量遠方監視制御装置《MELFLEX 220》
- 三菱高精細度画像処理・画像ファイル装置
- インバータ搭載ヒートポンプエアコン《霧ヶ峰》
- 低消費電力、高速大容量 128K ビット CMOS EPROM

### 三菱電機技報編集委員

委員長	馬場 準一	委 員	馬場 俊 晃
副委員長	岸 本 駿 二	”	山 内 敦
”	三 浦 宏	”	武 富 大 児
委 員	峯 松 雅 登	”	瀬 辺 国 昭
”	翠 川 祐	”	竹 内 政 和
”	佐 藤 文 彦	”	徳 山 長
”	大 年 倉 像	”	柴 山 恭 一
”	吉 田 太 郎	”	永 井 昭 夫
”	川 井 尚	”	小 原 英 一
”	立 川 清 兵 衛	”	尾 形 善 弘
”	的 場 徹	幹 事	岡 田 俊 介
”	田 中 克 介	2号特集担当	井 上 幸 美
”	野 村 兼 八 郎		
”	酒 井 靖 夫		

### 三菱電機技報 59 巻 2 号

(無断転載を禁ず) 昭和60年2月22日 印刷  
昭和60年2月25日 発行

編集兼発行人 岡 田 俊 介  
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地  
大日本印刷株式会社  
発行所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100)  
菱電エンジニアリング株式会社内  
「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1767  
発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)  
株式会社 オーム社  
Tel. (03) 233 局 0641 (代), 振替口座東京 6-20018  
定 価 1部500円送料別 (年間予約は送料共6,700円)



三菱電機では、かねてより悪環境下での計測に最適な光ファイバ測定器の開発を行ってきましたが、このたび電流計測用の光ファイバ電流測定器をはじめとする各種の光ファイバ測定器を製品化しました。

今回発売する光ファイバ測定器は6機種。これらの測定器はアナログ信号の伝送路に光ファイバを、センサ部には無機材料の光学部品などを構成部品としています。(本質的に絶縁物)

### 特長

- 電磁的干渉を受けません。(耐電磁誘導計測が可能)
- 電気的絶縁性が優れています。(高電位計測が可能)
- 静電的干渉を受けません。(耐静電誘導計測が可能)
- 防爆構造を必要とせず、本質安全です。(本質安全計測が可能)
- 検出部に電源供給を必要としません。
- 高速・高精度のセンシングが可能です。(高精度広帯計測が可能)
- 光自体が雑音になりません。(本質無害計測)
- 遠隔計測が可能です。

### 仕様

製品名	光ファイバ 電界測定器	光ファイバ 電圧測定器	光ファイバ 磁界測定器	光ファイバ 電流測定器	ハンディタイプ 光電流計	光ファイバ 温度測定器
形名	ME-1001	MV-1001	MG-1001	MA-1001	MA-1002	MT-1001
測定レンジ	300/3000V/cm	30/300V	300/3000Gs	30/100、100/300 1000/3000A	100/300/1000A 100/300Gs	0~150℃
測定精度	±1.5%FS	±1.5%FS	±1.5%FS	±1.5%FS	±5%FS	±0.5%FS
周波数特性	10Hz~10kHz	10Hz~10kHz	10Hz~10kHz	10Hz~10kHz	40Hz~1kHz	測定時定数 15秒以下
温度特性	±1.5%FS	±1.5%FS	±1.5%FS	±1.5%FS	±5%FS	—
使用温度 使用湿度	0~40℃ 90%RH以下	0~40℃ 90%RH以下	0~40℃ 90%RH以下	0~40℃ 90%RH以下	0~40℃ 90%RH以下	0~40℃ 90%RH以下
センサ寸法	17.5×16×60(mm)	17.5×16×60(mm)	29×16×80(mm)	測定レンジにより 異なります	100×240×30(mm)	φ4×60(mm)
計測部寸法	190×190×80(mm)	190×190×80(mm)	190×190×80(mm)	190×190×80(mm)	95×165×32(mm)	325×225×450(mm)
光ファイバ	ガラスファイバ 標準10m	ガラスファイバ 標準10m	ガラスファイバ 標準10m	ガラスファイバ 標準10m	プラスチックファイバ 標準3m	ガラスファイバ 標準10m