

**MITSUBISHI**

# 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.62 No.5

**5**

1988

冷凍・空調/三菱オフコンGEOCシリーズ特集



## 冷凍・空調／三菱オフコンGEOCシリーズ特集

### 目次

#### 特集論文

冷凍・空調小特集に寄せて .....	1
三菱オフコン《GEOCシリーズ》小特集に当たって .....	2
混合冷媒採用ヒートポンプ冷暖房給湯機 .....	3
池内正毅・田中直樹・飯島 等・笠原文彦	
産業用精密温度制御チラー .....	7
田中直樹・隅田嘉裕・志賀隆司	
空調料金自動計算システム .....	11
辻 弘之・吉川信浩・江崎光信	
冷媒用半導体圧力センサの開発とその応用 .....	17
小林豊博・別所三樹生・福島章雄	
オフィスコンピュータ《MELCOM 80 GEOCシリーズ》の開発思想 .....	23
高橋文平	
《MELCOM 80 GEOCシステム80G》のハードウェア .....	27
朝比奈保・稲坂朋義・橋詰雅樹・西田憲治・川上 博	
オフィスコンピュータ オンライン トランザクション処理システム .....	33
樋口雅宏・遠藤 晃	
オフィスコンピュータにおけるシステム開発支援ツール .....	37
富沢研三・馬場和之・松田和久・蔭野栄一・林 秀昭	
オフィスコンピュータ二重系システム .....	41
大江信宏・山永康昌・篠原秀直	

#### 普通論文

超高压送電線保護用PCM電流差動リレー装置 .....	45
松崎秀彦・部 千鶴男・服部俊樹・松永完三・中川欣之	
東京電力㈱納め系統周波数上昇防止リレーシステム .....	49
鈴木 守・前田隆文・合田忠弘・中村正則・長澤 宏	
スクロール真空ポンプ .....	53
森下悦生・木藤良善久・菅波拓也・山本作衛・西田光博	
日英機械翻訳システム .....	57
太細 孝・鈴木克志・清原良三・丸山冬樹・吉武 淳	
4 MビットマスクROMのシリーズ化と漢字キャラクタジェネレータ .....	61
金子正秀・松尾龍一・安東 亮・小山利弘	
512×512 IRCSD撮像装置 .....	65
瀬戸俊樹・石垣隆司・清田浩之・木服雅章	
電波ホログラフィによる45m電波望遠鏡の鏡面精度測定 .....	69
石黒正人・森田耕一郎・林 左絵子・増田剛徳・蛭子井 貴・別段信一	
中国鉄道部納め6K型4,800kW交流電気機関車 .....	75
藤井秀一・植田幸雄・青山 隆・関根康祐・赤川英爾	
新型《ムーブマスター EX RV-M1》のダイナミックス シミュレーション .....	81
寺内常雄・西村隆朗・青木良明・増田隆広	

#### 特許と新案

鎖錠装置・電波吸収体 .....	89
接続端子 .....	90

#### スポットライト

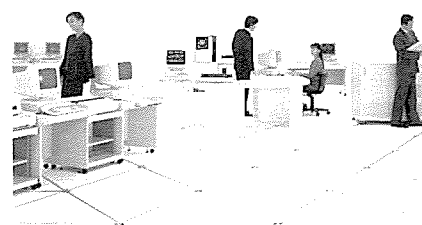
三菱シングルスクリュー圧縮機 .....	87
オリジナル16ビットマイクロコンピュータ自動車エンジン制御用マイコン .....	88
三菱ハンディイメージスキャナ MHシリーズ .....	(表3)

#### 表紙

#### 三菱オフコン

#### 《MELCOM80 GEOCシリーズ》

三菱オフコンは、「小規模システムから大規模システムまで、柔軟に広がるシステムを自在に構築でき、自由に活用できる」ことを開発コンセプトにGEOCシリーズを提供している。変化の時代にこたえ、突発的な業務に素早く反応でき、情報処理能力を自在に拡大でき、プログラムを簡単に変更できるなど、GEOCはシステム80G(表紙掲載のモデル)を頂点に充実のラインナップを提供しています。



## アブストラクト

### 混合冷媒採用ヒートポンプ冷暖房給湯機

池内正毅・田中直樹・飯島 等・笠原文彦

三菱電機技報 Vol.62・No5・P3～6

蒸気圧縮式ヒートポンプは、家庭用、業務用の冷暖房に広く利用され、省エネルギー機器としての高評価を定着させている。筆者らは更に多機能化を図るために、85℃の高温給湯が可能なヒートポンプ冷暖房給湯機の開発を行った。この装置には、R212とR114の混合冷媒が採用されており、その広範囲な組成調整によって、85℃の高温給湯と冷暖房の各運転を効率良く行うことが可能となったので報告する。

### 《MELCOM 80 GEOCシステム80G》のハードウェア

朝比奈 保・稲坂朋義・橋詰雅樹・西田憲治・川上 博

三菱電機技報 Vol.62・No5・P27～32

《MELCOM 80 GEOCシステム80G》は当社オフィスコンピュータの最上位機であり、オフィス現場における情報の広がり、これらのデータベースを有機的に結合したいという高度なシステム化ニーズに対し、その中核コンピュータとして開発されたオフィスコンピュータである。本稿ではシステム80Gのハードウェアの特長と構成について述べるとともに、高性能・高機能・高信頼性のためのハードウェア方式技術についても述べる。

### 産業用精密温度制御チラー

田中直樹・隅田嘉裕・滋賀隆司

三菱電機技報 Vol.62・No5・P7～10

ハイテク産業や食品加工業で利用されるチラーを対象として、冷水出口温度が精密一定化できる新しい冷媒制御方式とこれを応用したチリングユニットを開発した。この方式では新開発した電磁式自動弁での圧縮機吸入圧力の連続制御や水温のPI制御などにより、付帯設備なしで±0.5℃の温度制御が得られる。また、設置面積やシステム価格も大幅に低減でき今後の伸長が期待できる。本報では、まず技術開発経過を説明したあと製品としての特長、性能、仕様を紹介する。

### オフィスコンピュータ オンライン トランザクション処理システム

樋口雅宏・遠藤 晃

三菱電機技報 Vol.62・No5・P33～36

オフィスコンピュータは、従来、事務処理用小型コンピュータとして、伝票発行システムなどスタンドアロン業務に使用されてきた。近年のネットワーク化の普及、分散処理化傾向、VLSI化などハードウェア技術の発達に伴う高性能化・大型化、各種OA機器との接続などにより、オフィスコンピュータの利用形態も変わってきている。本稿ではオフィスコンピュータの新しいシステム処理形態であるオンライン トランザクション処理について報告する。

### 空調料金自動計算システム

辻 弘之・江崎光信・吉川信浩

三菱電機技報 Vol.62・No5・P11～16

中小規模ビルを主体に空調は、“個別分散空調方式”への傾向にあり、最近の電子技術の進歩に呼応してビルオーナー、テナント共に満足できる空調課金装置が要求されている。今回、多重伝送技術により2kmの長距離伝送可能で新規・既設ビルにも対応でき、またマンマシンとして携帯用パソコンを搭載し、データメモリとしてICカード、EAROMなどの最新の技術を用いた空調料金自動計算システムを開発したのでその概要を紹介する。

### オフィスコンピュータにおけるシステム開発支援ツール

富沢研三・馬場和之・松田和久・蔭野栄一・林 秀昭

三菱電機技報 Vol.62・No5・P37～40

《MELCOM 80 GEOCシリーズ》では、オフィスコンピュータを手軽な道具として活用するためのシステム開発支援ツールが整備されている。システム開発支援ツールには、万能簡易言語プログレスII、総合化ファイル管理ユーティリティ、第4世代言語デュエット、総合OAシステム《DIATALK/DS》などがあり、エンドユーザー自らの手によるシステム開発を可能にした。本稿では、このソフトウェアの特長、概要について紹介する。

### 冷媒用半導体圧力センサの開発とその応用

小林豊博・別所三樹生・福島章雄

三菱電機技報 Vol.62・No5・P17～22

冷媒圧力検知用として、民生機器に搭載可能な小型化と低価格化を図った冷媒用半導体圧力センサを開発した。有限要素法による業界最高レベルの高耐圧化と耐振動衝撃の最適設計を行い、かつ電気絶縁を持つ高圧圧力気密シール機構と低コスト冷媒温度補償回路を持っている。この圧力センサはインバータ マルチエアコンに採用され、異容量運転でも常に適正な冷媒圧を供給するデマンド制御を行い省エネルギーを実現している。

### オフィスコンピュータ二重系システム

大江信宏・山永康昌・篠原秀直

三菱電機技報 Vol.62・No5・P41～44

《MELCOM 80 GEOCシリーズ》システム80Gの登場により、オフィスコンピュータによるシステムの規模が大きくなり、信頼性に対する要求も今まで以上に高まっている。本稿では、高信頼化システムの一例として、オフィスコンピュータ二重系システムについて、その機能、それを支えるデュアルポートディスク機構などの技術、運用方式について紹介する。また、今後の高信頼化技術の方向についても紹介する。

### オフィスコンピュータ《MELCOM 80 GEOCシリーズ》の開発思想

高橋文平

三菱電機技報 Vol.62・No5・P23～26

情報処理社会の進展に伴いオフィスコンピュータの活用の仕方も、従来、主として省力化を目的として伝票発行を主体にオフィスコンピュータを活用していた形態から、蓄えられた情報そのものも利用し直接、経営の意志決定を行ってゆく形態に変わりつつある。

本稿では、ますます高度化するニーズに対応して開発されたオフィスコンピュータ《MELCOM 80 GEOCシリーズ》の開発思想について記す。

### 超高压送電線保護用PCM電流差動リレー装置

松崎彦彦・薮 千鶴男・服部俊樹・松永完三・中川欣之

三菱電機技報 Vol.62・No5・P45～48

超高压送電線保護リレーは、適用系統の複雑化と重要性から、より高機能・高性能・高信頼性を要求されており、また伝送系のデジタル化への移行時期という時代背景の下で、PCM伝送を用いた全デジタル型電流差動リレー装置の開発が進められてきた。今回、電流データのサンプリングの自動同期制御を、デジタルリレー内のマイクロプロセッサで演算処理させる、全く新しいタイプのPCM電流差動リレー装置を開発し、実用機を納入したので紹介する。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 27 ~ 32 (1988)

## The MELCOM 80 GEOC Series System 80G Hardware

by Tamotsu Asahina, Tomoyoshi Inasaka, Masaki Hashizume, Kenji Nishida & Hiroshi Kawakami

The top of the Mitsubishi line of small business computers, System 80G is designed as a host for sophisticated database systems and similar demanding applications. It has a new hardware architecture that offers high performance, advanced functions, and high reliability. The article reports on its features and configuration.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 3 ~ 6 (1988)

## The Development of a Heat-Pump Heating, Cooling, and Hot-Water Generating System Using a Refrigerant Mixture

by Masaki Ikeuchi, Naoki Tanaka, Hitoshi Iijima & Fumihiko Kasahara

Using a nonazeotropic refrigerant mixture, this high-efficiency system was developed for residential and industrial uses. It can supply hot water up to 85°C. To optimize each operation mode, the system varies the proportions of two refrigerants, R22 and R114.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 33 ~ 36 (1988)

## An On-Line Transaction-Processing System for Small-Business Computers

by Masahiro Higuchi & Akira Endo

Small-business computers were originally developed to run as stand-alone systems for billing and accounting. Now there is demand to link these systems with other high-performance office-automation equipment in distributed-processing networks. The article reports on a new on-line transaction-processing system that supports these requirements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 7 ~ 10 (1988)

## An Advanced Industrial Chiller with Electronic Suction-Pressure Control for Constant-Temperature Supply

by Naoki Tanaka, Yoshihiro Sumida & Takashi Shiga

This economical, space-saving chiller regulates the output water temperature to within 0.5°C. A new electromagnetic valve provides linear control over the compressor suction pressure. In addition, proportional and integral control is used to regulate the water temperature, eliminating the need for external temperature-control equipment. The article reports on the development history, features, functions, and specifications of the chiller.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 37 ~ 40 (1988)

## System-Development Tools for Small-Business Computers

by Kenzo Tomisawa, Kazuyuki Baba, Kazuhisa Matsuda, Eiichi Komono & Hideaki Hayashi

These easy-to-use tools for the MELCOM 80 GEOC Series computers include PROGRESS II, a simple general-purpose programming language; Duet, a fourth-generation language with integrated file-management utilities; and DIATALK/DS, an integrated package of office-automation software. They make it possible for the end user to perform system development. The article introduces this software environment and its many features.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 11 ~ 16 (1988)

## An Automatic Billing System for Air Conditioners

by Hiroyuki Tsuji, Mitsunobu Ezaki & Nobuhiro Kikkawa

This new system is designed for air-conditioned buildings with individual zoning control. The system accumulates the cooling charges for each tenant in an IC card or EAROM cartridge, and employs computer-controlled handheld terminals. Elements of the system are linked by a multiplex communication network that can extend up to 2 km. The system is suitable for both new buildings and retrofitting in existing buildings.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 41 ~ 44 (1988)

## A Duplex Computer System for Small Businesses

by Nobuhiro Oe, Yasumasa Yamanaga & Hidenao Shinohara

This highly reliable small-business system is based on two MELCOM 80 GEOC Series System 80G computers. The article introduces the system, including its dual-port disk and other exclusive features. It also touches on future trends in high-reliability computer systems. The Corporation has targeted the system at businesses requiring high reliability.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 17 ~ 22 (1988)

## The Development and Application of a Semiconductor Pressure Sensor for Air Conditioners

by Toyohiro Kobayashi, Mikio Bessho & Akio Fukushima

The authors have used finite-element stress analysis to develop a semiconductor pressure sensor that is small, low-cost, and highly durable. It has the highest pressure tolerance in the industry, and also resists vibration and shock. The element and its temperature-compensation circuit are mounted in a highly insulated hermetic package.

The sensor can be used to maintain the optimum refrigerant pressure, saving energy when inverter-controlled air conditioners operate at less than full capacity.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 45 ~ 48 (1988)

## A PCM Current-Differential Relaying System for EHV Transmission-Line Protection

by Hidehiko Matsuzaki, Chizuo Shitomi, Toshiki Hattori, Kanzo Matsunaga & Toshiyuki Nakagawa

This sophisticated system adds an autosync current-data sampling function to the digital circuitry and PCM transmission capabilities of previous solid-state relaying systems. The sampling control is implemented by dedicated microprocessors in the relay units. The new system will help to provide the sophisticated, reliable, and high-performance protective functions that EHV transmission lines require.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 23 ~ 26 (1988)

## The Development Concept of the MELCOM 80 GEOC Series Computers

by Bumpai Takahashi

The MELCOM 80 GEOC Series computers were developed for businesses that have outgrown simple billing and accounting systems and require additional management support tools. The article introduces the development philosophy of the new series.

## アブストラクト

### 東京電力㈱納め系統周波数上昇防止リレーシステム

鈴木 守・前田隆文・合田忠弘・中村政則・長澤 宏

三菱電機技報 Vol.62・No5・P49～52

東京電力㈱納め系統周波数上昇防止リレーシステムは、系統事故などに伴う周波数上昇を高精度で検出し、その上昇度合に応じて、自動的に適正量の発電機を選択遮断することにより、周波数上昇を抑制して系統事故の波及拡大防止を図るものである。このシステムは発電所ごとの個別システムであり、中央演算装置、端末装置及び装置間を結合する光ファイバから構成される完全2系列高信頼度システムである。本稿ではこのシステムの概要と特長について述べる。

### 512×512 IRCSD撮像装置

瀬戸俊樹・石垣隆司・清田浩之・木股雅章

三菱電機技報 Vol.62・No5・P65～68

赤外線用の高分解能二次元固体撮像素子である512×512 IRCSD (InfreRed Charge Sweep Device) を用いた赤外線撮像装置を開発した。フィールド周波数60Hzで雑音等価温度差0.15K以下を達成している。また、従来のCCDで欠点とされていたブルーミング現象も、CSDの採用によって大幅に軽減された。素子冷却にはスターリングサイクルクーラーを利用しており、冷却器材は一切不要である。

### スクロール真空ポンプ

森下悦生・木藤良善久・菅波拓也・山本作衛・西田光博

三菱電機技報 Vol.62・No5・P53～56

大気圧から10<sup>-4</sup>トール程度までをカバーする油回転真空ポンプとしては、これまでロータリベーン形が主流であった。これに代わって新しい方式の回転式スクロール形真空ポンプを開発した。この真空ポンプは、向かい合った二つの渦巻状羽根車の中心をずらして双方が回転する構造で、到達真空度が高く、低振動・低騒音である。ここでは、その構成、特長、技術上のポイント、性能などについて述べる。

### 電波ホログラフィによる45m電波望遠鏡の鏡面精度測定

石黒正人・森田耕一郎・林 左絵子・増田剛徳・蛭子井 貴・別段信一

三菱電機技報 Vol.62・No5・P69～74

東京天文台の45m電波望遠鏡では、観測する波長がミリ波帯からサブミリ波帯へと進むにつれ、指向精度とともに鏡面精度の向上が要求されてきた。東京天文台と三菱電機㈱は、この鏡面精度を向上させるために、静止衛星(CS-2)の電波を利用した電波ホログラフィによる鏡面精度測定システムを共同で開発した。このシステムを用いて鏡面の再調整を行った結果、当初200 $\mu$ m rms程度であった鏡面精度を約150 $\mu$ m rmsまでに向上させることができた。

### 日英機械翻訳システム

太細 孝・鈴木克志・清原良三・丸山冬樹・吉武 淳

三菱電機技報 Vol.62・No5・P57～60

日英機械翻訳システム《MELTRAN J/E》は《MELCOM PSI II》上で動作し、1時間に10,000語というワークステーションではトップクラスの翻訳性能を持っている。翻訳の質の面では、様々な言語現象に対応できるよう訳し分けルールが盛り込まれている。また、システムが拡張性に富むことから、特定の分野向けにシステムをカスタマイズできるなど、ユーザーニーズに対応できるものとなっている。

### 中国鉄道部納め6K型4,800kW交流電気機関車

藤井秀一・植田幸雄・青山 隆・関根康祐・赤川英爾

三菱電機技報 Vol.62・No5・P75～80

中華人民共和国鉄道部の隴海線向けに、4,800kW交流電気機関車を80両納入した。この機関車は、4,000tonの長大列車をけん引して、6‰のこう配を速度48km/hで走行できる。力行はサイリスタ位相制御で行い、発電ブレーキも備えている。また、16ビットマイクロコンピュータを導入するなど多くの最新技術を導入している。大容量機関車として、日本から初めて中国へ納入されたものでその活躍が期待される。

### 4ビットマスクROMのシリーズ化と漢字キャラクタジェネレータ

金子正秀・松尾龍一・安東 亮・小山利弘

三菱電機技報 Vol.62・No5・P61～64

近年のシステム設計の多様化に対応し、既に当社が製品化している4MビットマスクROM M5M23C400- $\times\times\times$ Pに加えて、パッケージ外形やピン構成の異なる4MビットマスクROM、2機種を開発した。さらに、4MビットマスクROM M5M23C400- $\times\times\times$ Pに漢字フォントを搭載させた漢字キャラクタジェネレータ、2機種を開発した。今回は、これらの製品について、開発の背景、製品概要、今後の動向について述べる。

### 新型《ムーブマスター EX RV-M1》のダイナミックスシミュレーション

寺内常雄・西村隆朗・青木良明・増田隆広

三菱電機技報 Vol.62・No5・P81～86

ロボットの高機能化、低価格化の要求は根強いものがある。そうした背景にあって、今回、5自由度の小型垂直多関節ロボット《ムーブマスター EX RV-M1》を開発した。開発にあたり、ロボット用ダイナミックスシミュレーションを基本設計の段階から使用し、低価格化と小型軽量化を追及し、同時に機能及び性能向上を達成した。本稿では、RV-M1の概要と開発の経緯、及びダイナミックスシミュレーションの適用について述べる。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 65 ~ 66 (1988)

## An Infrared Imaging System Using a $512 \times 512$ Charge-Sweep Device

by Toshiki Seto, Ryuji Ishigaki, Hiroyuki Kiyota & Masafumi Kimata

This newly developed system is based on a new  $512 \times 512$  element high-resolution charge-sweep image sensor. The noise equivalent temperature difference of the new system is less than 0.15K, and the charge-sweep design substantially resists the "blooming" phenomenon that affects charge-coupled imaging devices (CCDs). External cooling has been eliminated by the use of a Stirling-cycle cooler to chill the sensor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 49 ~ 52 (1988)

## An Overfrequency Protective Relay System for the Tokyo Electric Power Co.

by Mamoru Suzuki, Takafumi Maeda, Tadahiro Goda, Masanori Nakamura & Hiroshi Nagasawa

The system is installed at a power station to selectively trip a generator to prevent faults from spreading when it detects rises of the power-system frequency. It consists of dual master and dual remote processing units connected by an optical-fiber cable to raise reliability.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 69 ~ 74 (1988)

## Surface-Error Measurement of a 45m Radio Telescope Using Radio Holographic Metrology

by Masato Ishiguro, Koichiro Morita, Saeko Hayashi, Masanori Masuda, Takashi Ebisui & Shin'ichi Betsudan

This radio telescope is used at the Tokyo Astronomical Observatory for millimeter- and submillimeter-wave radio astronomy. The antenna must have sufficiently high surface and pointing accuracy to achieve high sensitivity and high angular resolution. For raising the surface accuracy, the Tokyo Astronomical observatory and Mitsubishi Electric jointly developed a radio holographic surface-measurement system using the CS-2 geostationary satellite signals. The surface accuracy has thus been improved from 200 to  $150\mu\text{m}$  rms.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 53 ~ 56 (1988)

## A Scroll Vacuum Pump

by Etsuo Morishita, Yoshihisa Kitora, Takuya Suganami, Sakuei Yamamoto & Mitsuhiro Nishida

Mitsubishi Electric has developed a revolutionary oil-sealed rotary vacuum pump employing two scroll-shaped vanes. The pump uses a rotating mechanism instead of an orbiting mechanism. This design realizes high ultimate pressure, low vibration, and low operating noise. The article describes the pump's mechanism, features, major technical innovations, and performance. Oil-sealed rotary vacuum pumps typically operate from atmospheric pressure down to  $10^{-4}$  Torr.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 75 ~ 80 (1988)

## The Type 6K AC Electric Locomotives for the Chinese National Railways

by Hidekazu Fujii, Yukio Ueda, Takashi Aoyama, Yasuhiro Sekine & Eiji Akagawa

The Corporation has delivered 80 4,800kW, 25kV AC electric locomotives to the People's Republic of China (PRC). The locomotives are capable of hauling a 4,000-ton, train up a 6‰ grade at 48 km/h. Powering is modulated by thyristor phase control, and rheostatic braking is provided. The locomotives are equipped with 16-bit microprocessor control and other state-of-the-art features. The delivery was Japan's first shipment of large-capacity locomotives to the PRC.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 57 ~ 60 (1988)

## MELTRAN: A Japanese-English Machine-Translation System Using the MELCOM PSI II

by Takashi Dasai, Katsushi Suzuki, Ryoza Kiyohara, Fuyuki Maruyama & Jun Yoshitake

The MELTRAN system achieves high-quality translation through interpretation rules that identify special usages as well as general linguistic constructions. New rules can be added to customize the system for specific applications. The system translates 10,000 words/h.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 81 ~ 86 (1988)

## Dynamic Simulation for the New Model RV-M1 Movemaster EX Microrobot System

by Tsuneo Terauchi, Takaaki Nishimura, Yoshiaki Aoki & Takahiro Masuda

This vertical, 5-axis microrobot system was developed using dynamic simulation throughout the design and development process. The simulations enabled the R&D team to achieve major cost reductions, compact, lightweight construction, and high performance. The article reports on the basic concepts of Model RV-M1, its development history, and the use of dynamic simulation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 61 ~ 64 (1988)

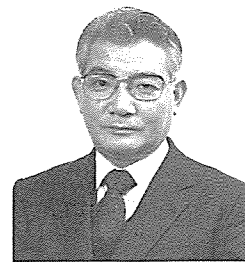
## A Series of 4M-Bit Mask ROMs and Kanji-Character Generators

by Masahide Kaneko, Ryuichi Matsuo, Ryo Ando & Toshihiro Koyama

In addition to the 40-pin M5M23C400-XXXXP 4Mb mask ROM, two new models with alternative pinouts were developed to increase the number of layout options. Kanji-character generators based on the M5M23C400-XXXXP were also developed. The authors report on these products, introducing the development background and surveying future trends.

## 冷凍・空調小特集に寄せて

商品事業本部  
冷熱住設事業部長  
藤井 淳



我が国の冷凍・空調産業の生産金額が初めて、2兆円の  
大台を超えたのは昭和60冷凍年度であったが、以来そのレ  
ベルをほぼ維持している。最近の円高・ドル安の影響によ  
る海外輸出の極端な減少があったものの、国内需要が順調  
に伸び、62冷凍年度は生産金額1.98兆円であったが、その  
うち空調機器（車載用、小型エアコン、中・大型エアコン、  
その他）は80%を占めている。特に中・大型エアコン（パ  
ッケージエアコン）の国内出荷数量は年ごとに伸長してお  
り、62年度は632,000台となり、そのうちヒートポンプの比  
率は60%に達している。

種々の制約条件の中でこのような生産の伸びがみられた  
のは、日本の気候に適合した、また市場の要求を先取りし  
た製品群に空調機器が変身していったためと考える。その  
変革は空調機器単体だけでなく、その対象設備及び相互・  
全体の制御まで含めたものまで範囲を広げている。

一つの例を広く利用されているパッケージエアコンで示  
してみる。単に圧縮機、凝縮器、蒸発器、送風機などを一  
つのケーシング内にパッケージした、小容量空間の簡便で  
安価な空調用機器としてイメージされ存在していたパッケ  
ージエアコンは、現在では個別分散方式の空調システムの  
主流となっており、一般中小商業ビルから中・大型インテ  
リジェントビルまで採用されているのは、機器及び応用性  
の拡大によるものと考えらる。

この変革を支えた技術開発例を挙げてみる。

### (1) 機器サイド

- マイコンの利用・応用
- 回転式圧縮機の発展：特にロータリ、スクロール圧縮機
- 圧縮機の性能向上、運転範囲拡大：低振動、COP向上、  
回転周波数アップ
- インバータ制御技術：省エネ、暖房立上特性向上、除霜改善
- 各種半導体利用センサの開発・応用
- 電子膨脹弁の発展
- トータル電子制御技術：ホロニクス制御
- 冷媒分流通技術
- 混合冷媒利用：非共沸冷媒（NARBS）採用
- 低騒音型送風機：エクストラファン
- パソコン利用の解析、シュミレーション手法の拡大

### (2) 空調設備サイド

- 各種形態の品ぞろえ：床置き、壁掛け、天吊り、天井埋  
込み、天井カセットなど

- 据付け性の向上：小型・コンパクト化、トップフロー型、連結  
設置型
- 温感制御技術
- 気流分布解析・応用
- 複数ユニットトータル制御：集中管理リモコン
- 設備工事・施工性の改善：冷媒配管ライン分岐、現地冷  
媒チャージレス、制御信号線本数低減

基礎部品、要素部品、材料などの徹底見直し、研究がこ  
れらの新しい基礎技術、要素技術として確立され、また相  
互組合せにより更に新しい応用技術が生まれ、大型空調機  
器、冷凍冷蔵機器及びその応用分野へも展開されている。  
この小特集では、その実施例の幾つかを紹介しており、参  
考となれば幸いである。

一方、人が居住する空調空間の「質」について、ユーザ  
ーサイドからの要求もまだ多く、例えば日本冷凍空調工業  
会のアンケート調査報告書「冷凍空調機器とその応用分野  
に関する改良点及び将来のあり方について」によると、現  
状に対する不満も多く、我々機器メーカーの今後の新製品  
（設備工事を含む）の開発・改良に対する目標と受け止めな  
ければならない。主なものを抜き書きすると、

### (1) 快適性の改善

- ① 室内気流分布均一化、湿度調整技術の確立 ② 空気  
質の改善、ふく射暖冷房の検討

### (2) 建物との調和

- ① 空調機器の外観・形状・構造、室内での収容性 ②  
建物の耐久性との整合：長寿命化 ③ 冷媒配管の見映え  
改善

### (3) メンテ、サービス性

- ① 信頼性・耐久性の向上：メンテナンスコスト低減  
② 制御のAI化によるメンテ・故障診断 ③ 自在で手軽な  
施工性

### (4) トータルエネルギーシステム

- ① 熱回収、排熱利用のシステム ② 地域冷暖房、コジ  
ェネシステム

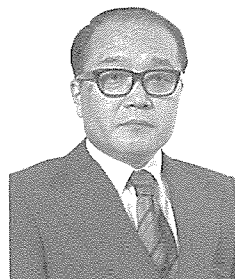
### (5) フロン規制問題

非規制冷媒へのシフト、代替冷媒の早期開発

また、今後の予想される高齢化社会、高密度化社会、高  
度情報化社会などに対応していく冷凍・空調方式はどうあ  
るべきか、機器はどのように応用展開すればよいか、従来  
とは視点を変えて検討を進めていきたい。

## 《三菱オフコンGEOCシリーズ》小特集に当たって

情報通信システム事業本部  
情報処理機器事業部長  
仲摩真途



当社オフィスコンピュータ（以下、オフコンと称す）《MELCOM 80シリーズ》は、今年1月に初代の《MELCOM 81》発売から満20年を迎えることができました。これは、ひとえに顧客各位をはじめとする関係の皆様の日頃からの御高配の賜もので、ここに厚く御礼申し上げます。特集に当たり、オフコンの全般的動向を述べさせていただきます。

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

オフコンは、今や日本のあらゆる産業分野で、情報処理システムの中核機器として定着している。昭和62年8月に（株）日本電子工業振興協会でまとめられた“市場調査報告書”によると、昭和61年度の出荷は、台数で116,681台、金額で4,664億円になっており、今後も着実に伸展し、昭和65年度には台数が193,000台、金額では6,800億円に達すると予測されている。

技術面を見ると、ハードウェアはLSIの高密度化技術、磁気ディスクの高密度記録技術、高速駆動技術の進歩を軸に、32ビット方式のプロセッサが主流となり、主メモリ及び補助メモリの大容量化が進んで高性能で小型にまとめられた製品が、各社から発表されてきている。

各社から提供される基本ソフトウェア（オペレーティングシステム）の進歩も、ハードウェアの高性能化をベースに顕著なものがある。特に、オフコンの原点である使いやすさを追及した機能が特徴的で、複数のオフコンが分散してデータベースを保有し、相互に利用できる“分散データベース機能”、容易にデータベースを検索、加工できるエンドユーザー向けの第4世代言語、更にはパーソナルコンピュータ又はワークステーションとオフコンを結び、データの入力・加工・編集を簡単な操作で実行できる“マイクロメインフレーム機能”又は“統合OA機能”などが挙げられる。

もう一つの進歩として、従来はもっぱら汎用コンピュー

タでのみ実現されていた機能、例えばシステムの信頼度を高める“二重系システム機能”とか、万一の事故に際しデータを自動的に復旧する“ファイルリカバリ機能”などを採用した基本ソフトウェアが見られるようになってきている。

これらの機能をベースに、応用面では“情報”の経営資源化を求められる情報化時代を反映して、企業全体の情報処理システムのホストコンピュータ若しくは部門コンピュータとしての利用が増大している。例えば、流通小売業では、販売現場のPOSターミナルのデータを収集管理する店舗コンピュータと、店舗からのデータを収集し企業全体の情報処理をする本部コンピュータからなるストアオートメーションシステムに利用され、製造業では全国各地の営業所・代理店のコンピュータと本社のコンピュータとの間で、製品情報及び営業情報を交換する営業情報システムに利用されている。

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

オフコンは、価格で200万円以下の小規模モデルから、4,000万円程度の大規模モデルまでシリーズ化されてきており、企業・事業所の規模と業務量に応じたモデルを選択できます。また、処理形態も集中処理と分散処理を任意に組み合わせられますので、種々の目的の情報システムが構成でき、今後とも各企業の情報戦略の中に広く利用され、発展して行くものと思われます。

この小特集では、これらの動向を競合他社に先がけて実現している当社オフコン《MELCOM 80 GEOCシリーズ》で、どのように実現し、どのように使われているかを事例も含めまとめたものです。

皆様の御理解をいただき、倍旧の御支援、御高配を賜りますよう、お願い申し上げます。



# 混合冷媒採用ヒートポンプ冷暖房給湯機

池内正毅\* 笠原文彦\*\*  
田中直樹\*  
飯島 等\*

## 1. ま え が き

蒸気圧縮式ヒートポンプは冷房から冷暖房へと機能が拡大し、またその能力範囲もインバータの採用により拡大するとともに、省エネルギー性の点などからも家庭用冷暖房機として広く普及されてきた。一方、家庭用の給湯機としては電気温水器などがあるが、成績係数（給湯熱量／消費エネルギー）が1より小さく省エネルギーの点からは十分といえない。このため、1より大きい成績係数が得られるヒートポンプに着目し、従来の冷暖房機能に更に給湯機能も備えた高効率ヒートポンプ冷暖房給湯機の実用化の可能性につき研究開発を行った。

家庭用給湯については、貯湯タンクの小型化及び、ふろ（風呂）への使用も考えるとき、給湯温度はできるだけ高い方が好ましい。このため給湯温度を85℃に設定した。ちなみに、従来の冷媒R22を用いた冷暖房機では、その出力温度は圧力や吐出ガス温度などの制約から65℃程度である。また、冷媒R114を用いた100℃以上の高温出力ヒートポンプが開発されているが<sup>1)</sup>、これを冷暖房にも適用するとき冷媒の特性から動作圧力が負圧になることもあり、また冷暖房能力が十分でないなどの欠点がある。このため、これら両冷媒の特性を有効に活用する方法として、冷媒R22と冷媒R114の混合冷媒を採用することとした。すなわち、貯湯タンク内水温が高いときは動作系内を冷媒R22と冷媒R114の混合冷媒にして運転し、その他の冷暖

房や貯湯タンク内水温が低いときは動作系内を冷媒R22にして運転する。したがって、これら運転モード間では動作系内の冷媒を冷媒R22と冷媒R114の混合冷媒から冷媒R22の単一冷媒にする操作（分離操作）と、冷媒R22の単一冷媒から前記の混合冷媒にする操作（混合操作）を可能とする冷媒組成調整器が必要となる。

この論文では、ヒートポンプ回路に組み込み可能な小型高性能の冷媒組成調整器及びこれを備えた高効率ヒートポンプ冷暖房給湯機の開発につき述べる。なお、この研究開発は通商産業省の石油代替エネルギー関係技術実用化開発のうち「ヒートポンプ冷暖房給湯機の研究開発」（昭和58年度～60年度）にかかわるものである。

## 2. 混合冷媒の組成調整

### 2.1 組成調整法

この論文で対象としているシステムは、2種類の冷媒の混合操作と分離操作が必要となる。このうち、混合操作は両冷媒間に圧力差を設け、一方の冷媒を他方の冷媒に流入させることにより比較的容易に達成される。

分離操作は膜や吸着剤を用いる方法、又は精りゅう（溜）操作を利用する方法などがある。このうち、膜や吸着剤の利用は、まず有効な材料の探索が必要となる。これに対して、精溜操作は大型のものが化学プラントなどで実用化されており、その基本構成が比較的明らかなこと、高い分離性能が得られる可能性があること、などからこの方式を採用することにした。精溜装置にも充てん塔、多孔板トレイ塔、泡鐘トレイ塔など各種の方式があるが、ヒートポンプ装置の室外ユニット内への収納性や動作の安定性などの点から、充てん塔を用いる精溜方式を選んだ。

充てん塔を用いた精溜方式による組成調整器の基本構成を図1に示す。塔内部に充てん材、塔底部に受液部とヒータが設置され、塔上部に蒸気流出管と液流入管がある。例えば、冷媒R22と冷媒R114（以降、単にR22、R114と称す）の混合冷媒からR22を分離する操作は次のようになる。初期には下部の受液部冷媒及び液流入管から流入する液冷媒とも混合冷媒になっている。受液部で加熱され蒸気となって充てん材部を上昇する混合冷媒と、液流入管から流入し同じく充てん材部を通して流下する混合冷媒の間で気液接触が行われる。この気液接触により、流下する液中の低沸点冷媒であるR22は気化し、一方上昇する蒸気中の高沸点冷媒であるR114は凝縮し、流下液膜と上昇蒸気流の間でR22とR114の物質交換が行われる。この操作が塔頂から塔底にわたって繰り返して行われることにより、塔頂から出ていく蒸気はR22主成分、下の受液部の液はR114主成分となり冷媒の分離が行われる。

### 2.2 組成調整器特性実験

#### 2.2.1 組成調整実験装置

ヒートポンプ回路に組成調整器を組み込んだ実験装置を図2に示す。実験装置は混合冷媒の分離・混合特性を調べるためのものであり給湯装置部は含んでいない、ヒートポンプ回路部と組成調整器部

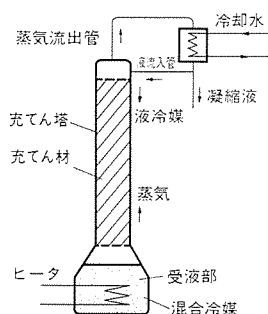


図1. 組成調整器の基本構成

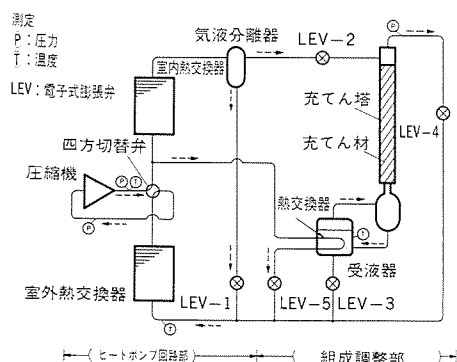


図2. 組成調整実験装置

表 1. 組成調整器の主な仕様

構成要素	主な仕様
充てん塔	銅パイプ 内径 26.8mm 高さ 700 mm 内容積 0.4 ℓ
充てん材	マクマホン・パッキング 10mm×10mm, メッシュ
受液器	ステンレス容器 内径 180mm 高さ 160mm 内容積 4 ℓ
受液器内熱交換器	銅管 内径 7.6mm 外径 10mm 長さ 6.7m

表 2. 各運転時における冷媒の流れ

運 転	各LEVの開閉					冷媒の流れ
	1	2	3	4	5	
低温加熱運転	開	閉	閉	閉	閉	①→LEV-1→②
混合操作運転	閉	開	開	閉	閉	①→LEV-2→充てん塔 →受液器→LEV-3→②
高温加熱運転	閉	開	閉	閉	閉	混合操作運転と同じ
分離操作運転	混合冷媒回収	閉	開	閉	閉	①→LEV-2→充てん塔→受液器 →LEV-4→②
	分離運転	閉	開	閉	開	圧縮機→四方弁→熱交換器→LEV-5 室内熱交換器←LEV-2→充てん塔→受液器 LEV-4→②

注 LEV：電子式膨張弁  
① 圧縮機→四方弁→室内熱交換器  
② 室外熱交換器→四方弁→圧縮機

から構成されている。ヒートポンプ回路部は、ピストン押しのけ量 12.2cc/1 回転のロータリ型圧縮機と空冷型プレートフィンチューブの室内熱交換器及びファンと、四方切替弁などを備えている。組成調整器の主な仕様を表 1 に示す。充てん塔内の充てん材には、10mm×10mm のステンレスメッシュをくら（鞍）型に成形したマクマホン・パッキングを用いた。また、充てん塔と受液器とは別々とし配管で接続している。冷媒充てん量は、給湯温度 85℃ においても混合冷媒の動作圧力が 3 MPa 以下となるように、R22 を 2.5kg、R114 を 2.5kg、合計 5 kg とした。受液器は混合・分離などの組成調整後ヒートポンプ回路にとって余剰となる混合冷媒や R114 主成分の冷媒を収納したり、分離操作運転時には混合冷媒を加熱し分離をスムーズに進めるなどの機能を持っている。

圧力はブルドン管型の圧力計、温度は線径 2 mm の T 型熱電対を用いて測定し、混合冷媒の組成比はガスクロマトグラフィを用いて測定した。

## 2.2.2 組成調整実験法

実験は、低温給湯と暖房に相当する低温加熱、R22 と R114 を混合する混合操作、高温給湯に相当する高温加熱、混合冷媒から R22 と R114 を分離する分離操作の各運転について行った。ここでヒートポンプ回路の冷媒は、低温加熱運転時は R22 純粋に近い状態、高温加熱運転時は R22 と R114 の混合した状態となっている。また、組成調整は加熱運転期間に行われるため、図 2 の室内熱交換器は暖房・給湯などの加熱用凝縮器として、室外熱交換器は蒸発器として動作させている。各運転時の冷媒の流れを表 2 に示す。

低温加熱運転に引き続いて行われる混合操作運転では、室内熱交換器からの R22 冷媒が充てん塔を経由して受液器に行き、ここで R114 主成分の冷媒と混合してヒートポンプ回路に流出する。

混合冷媒による高温加熱運転に引き続いて行われる分離操作運転では、まずヒートポンプ回路内の混合冷媒が受液器に回収される。次に、受液器内の液冷媒は圧縮機吐出高温冷媒の一部によって加熱され蒸気となり充てん塔を上昇する。一方、残りの圧縮機吐出冷媒は、室内熱交換器で凝縮液化しその一部が LEV-2 を通って充てん塔上部から流下する。この上昇蒸気と流下液の間で R22 と R114 の交換が行われ、塔頂からは R22 主成分の冷媒がヒートポンプ回路に流出し、受液器には R114 主成分の冷媒が蓄えられる。

## 2.2.3 組成調整実験結果

低温加熱運転を行った結果、凝縮器となる室内熱交換器の圧力は 1.5MPa、一方充てん塔及び受液器内の圧力は 0.3MPa となった。この後、表 2 に示す弁操作により混合操作運転に切り替えた。上記の圧力差により室内熱交換器の R22 液冷媒は、スムーズに充てん塔から受液器に流入し、R114 主成分の液冷媒と混合して LEV-3、室外熱交換器を通して蒸気となり圧縮機へ戻った。系の圧力が安定した 10 分後に循環冷媒の組成を測定した結果、R22 が 52%、R114 が 48% であり冷媒の充てん量比とは若干のずれがあった。これは、R114 の方が冷凍機油に溶け込みやすいこと、また液冷媒として滞留しやすいことなどのためである。

次に、R22 と R114 の循環量比をほぼ 50 : 50 の高温加熱運転とし、これから R22 を分離する運転を行った。この運転では、ヒートポンプ回路の混合冷媒を受液器に回収する時間 (LEV-2 開の時間)、その後圧縮機吐出ガスの受液器内熱交換器への分配流量 (LEV-5 の開度)、充てん塔上部からの混合冷媒の流下量 (LEV-2 の開度) などが分離特性に影響を及ぼす。これらパラメータを変えて実験を行った結果、次のことがわかった。

- (1) 受液器への混合冷媒回収は、LEV-2 を通る液冷媒中に少量の蒸気が混入する程度まで続けるのがよい（この実験では約 30 秒）。
- (2) 冷媒回収後の LEV-2 開度は、閉に近い状態とする。
- (3) LEV-5 開度は、受液器内熱交換器を出る冷媒中に若干の蒸気を含む程度の流量を与える開度とする。
- (4) LEV-1 開度も閉に近い状態とする。

実験結果の一例を図 3 に示す。初期の冷媒回収に続き約 20 分間分離操作運転を行った結果、系の温度・圧力ともに安定していた。この運転中の混合冷媒分離特性を調べるため、室外熱交換器入口の気液二相状態における冷媒飽和温度  $T$  と圧力  $P$  を測定した。この温度  $T$  は、R22 と R114 の混合冷媒のときの値  $T_r$  の方が R22 純粋冷媒のときの値  $T_s$  より高くなる。したがって、両者の差  $T_r - T_s$  を求めることによりヒートポンプ回路の冷媒の組成変化を知ることができる。この変化を図 4 に示す。縦軸の  $T_r$  は測定値、 $T_s$  は圧力  $P$  に対する R22 の飽和温度であり、 $T_r - T_s$  の変化からヒートポンプ回路の冷媒が R22 純粋冷媒に近づいていることがわかる。

上記の分離操作運転後に低温加熱運転回路とし、ヒートポンプ回路と受液器内の R22 組成を測定した。その結果、R22 は各々 93.7% と 15% であり、よく分離されていることが確認された。後述するヒートポンプ冷暖房給湯試験から、R22 の組成が 90% 以上の冷暖房・低温給湯特性は R22 純粋冷媒のときの特性とほとんど変わらなく、この組成を得る分離運転は 10 分以内でよいことが確認された。

## 3. ヒートポンプ冷暖房給湯機の試作

冷暖房及び 85℃ の高温給湯の各運転、さらに冷房時の凝縮熱を給湯側に回収する運転も可能なシステムを試作した。このシステムの

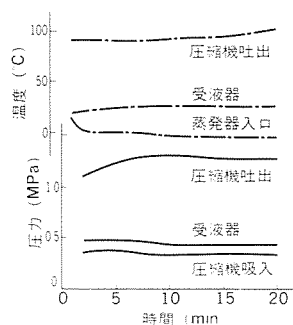


図3. 分離操作運転時における温度・圧力変化

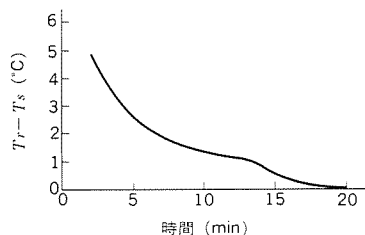


図4. R22と混合冷媒の飽和温度差の時間変化

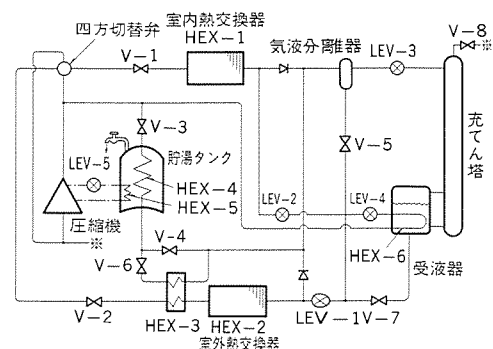


図5. ヒートポンプ冷暖房給湯機の冷媒回路

冷媒回路を図5に示す。システムは圧縮機と6個の熱交換器、貯湯タンク、受液器を備えた組成調整器、各種の制御弁から構成されている。圧縮機はインバータにより運転周波数を30～90Hzに変えることのできるローリングピストン型ロータリ圧縮機である。

図5に示す6個の熱交換器（HEX-1～HEX-6、以降HEXで示す）の主な仕様を表3に示す。HEX-1とHEX-2は各々空冷のプレートフィンチューブ型室内及び室外熱交換器で、運転モードにより凝縮器又は蒸発器として働く。HEX-3は混合冷媒を用いた高温給湯運転時に用いられ、貯湯タンクからの液冷媒と蒸発器（HEX-2）からの蒸気冷媒間で熱交換を行わせる。HEX-4は給湯用熱交換器、HEX-5は圧縮機冷却用サーモサイフンの熱交換器で、共に貯湯タンク内に設置され温水を加熱する。HEX-6は受液器内熱交換器で混合冷媒の分離操作時に受液器内液冷媒を加熱する。

貯湯タンクは内容積200ℓ、組成調整器の充てん塔はφ60.5mm×800mm、受液器は内容積8ℓである。この装置に冷媒としてR22を5.5kg、R114を3kg充てんした。

表3. 各熱交換器の主な仕様

熱交換器	HEX-1	HEX-2	HEX-3	HEX-4	HEX-5	HEX-6
形式	プレートフィン	←	二重管	蛇管	←	←
冷媒流路	2パス	3パス	1パス	3パス	1パス	←
伝熱管	管形状	内面溝付き	←	平滑	ハイフィン	←
	内径(mm)	8.96	←	14.0	7.94	14.15
	外径(mm)	9.52	←	16.0	9.72	15.95
フィン	長さ(m)	37.0	70.7	1.94	40.1	2.7
	ピッチ(mm)	1.4	1.75	←	5.08	2.3
フィン	厚み(mm)	0.12	0.13	←	0.58	0.25
	高さ(mm)	←	←	←	7.06	3.2

#### 4. ヒートポンプ冷暖房給湯機の実験

##### 4.1 運転モード

各運転モードにおける冷媒の流れを図6に示す。

##### (1) 暖房運転モード（図6(a)実線の冷媒流れ）

室内熱交換器（HEX-1）が凝縮器、室外熱交換器（HEX-2）が蒸発器となり、圧縮機からの冷媒はHEX-1で室内を暖房する。冷媒流量はLEV-1で制御される。

##### (2) 冷房運転モード（図6(b)実線の冷媒流れ）

表4. 暖房運転実験結果

電源	100V, 50Hz
インバータ周波数(Hz)	82
暖房能力(kW)	4.05
入力(kW)	1.46
成績係数	2.78
冷媒温度(°C)	
圧縮機吸入	1.5
圧縮機吐出	71.8
凝縮器出口	42.4
運転条件(°C)	
室内DB/WB	21.0/15.4
室外DB/WB	7.1/6.1

表5. R22の組成による冷房運転実験結果

冷媒R22/R114%	90/10	100/0
電源(V,Hz)	100,50	100,50
インバータ周波数(Hz)	42	42
冷房能力(kW)	2.36	2.39
入力(kW)	0.55	0.56
圧力(MPa)		
圧縮機吸入	0.73	0.78
圧縮機吐出	1.48	1.54
温度(°C)		
圧縮機吸入	18	19.9
圧縮機吐出	64.5	67.3
凝縮器出口	35.1	36.3
運転条件(°C)		
室内DB/WB	27.0/19.5	27.0/19.7
室外DB/WB	35.0/25.1	34.6/25.0
成績係数	4.3	4.3

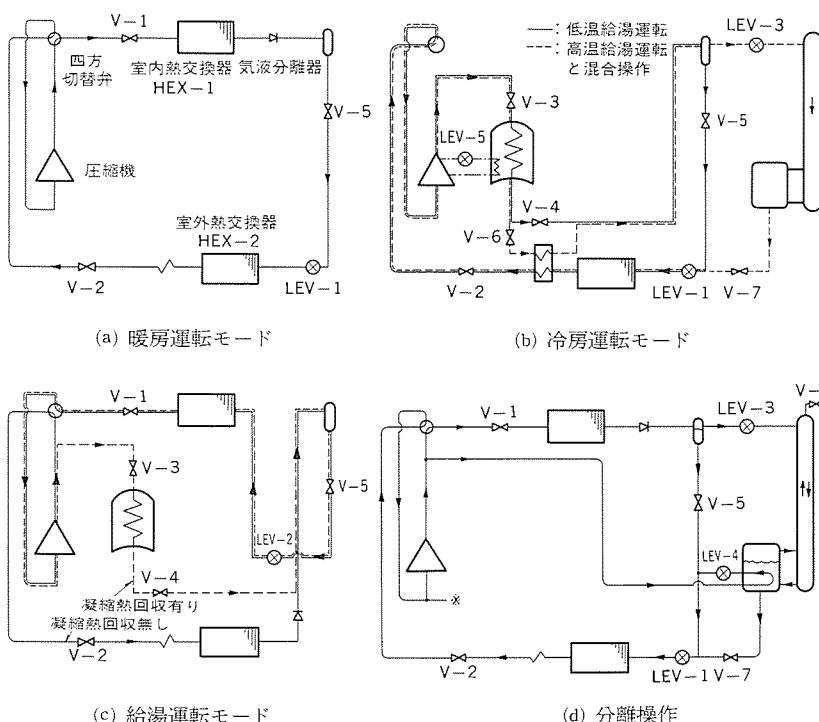


図6. 各運転モード・操作における冷媒の流路

表 6. 給湯運転特性の時間変化

運転時間(h)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.1
冷媒 R12/R114	90/10	90/10	90/10	65/35	65/35	65/35
圧力(MPa)						
圧縮機吸入	0.45	0.46	0.46	0.40	0.43	0.49
圧縮機吐出	1.29	1.87	2.47	2.78	2.91	2.88
貯湯タンク平均水温(°C)	28.4	46.7	62.0	73.6	82.4	83.0
冷媒温度(°C)						
圧縮機吸入	5.7	5.7	7.1	10.7	9.2	11.2
圧縮機吐出	54.0	77.9	89.5	106.7	108.9	107.1
外気温度(°C)	7.2	7.4	7.3	6.7	6.5	7.2
入力( $\times 10^3$ kJ) (積算値)	1.87	4.61	8.05	12.11	16.40	16.97

注 電源 100V, 50Hz, インバータ 60Hz

室内熱交換器 (HEX-1) が蒸発器, 室外熱交換器 (HEX-2) が凝縮器となり, 圧縮機からの冷媒は HEX-1 で室内を冷房する。冷媒流量は暖房時と同じく LEV-2 で制御される。

### (3) 熱回収冷房運転モード (図 6(b)破線の冷媒流れ)

冷房時の室外熱交換器の代わりに貯湯タンク内熱交換器 (HEX-4) が凝縮器となり, 室内熱交換器で冷房しつつ給湯を行う。

### (4) 低温給湯運転モード (図 6(c)実線の冷媒流れ)

貯湯タンク内水温が低いときの給湯運転であり, 貯湯タンク内熱交換器 (HEX-4) が凝縮器, 室外熱交換器が蒸発器となる。圧縮機からの冷媒は HEX-4 で水を加熱し, LEV-1 で流量調整される。

### (5) 高温給湯運転モード (図 6(c)破線の冷媒流れ)

貯湯タンク内水温が高いときの給湯運転であり, 冷媒は混合冷媒となる。凝縮器, 蒸発器は低温給湯運転時と同じであるが, 凝縮器 (HEX-4) を出た液冷媒は熱交換器 HEX-3, 組成調整器を通過して蒸発器 (HEX-2) に行く。なお, 圧縮機温度が上昇しすぎると LEV-5 が開となり, 圧縮機と貯湯タンク内熱交換器 (HEX-5) 間でサーモサイフォン回路が構成され, 圧縮機は冷却される。

### (6) 混合操作運転モード (図 6(c)破線の冷媒流れ)

低温給湯運転から高温給湯運転に切り替えることにより, ヒートポンプ回路の R22 主成分の冷媒が, 受液器中の R114 主成分の冷媒中に流入し混合冷媒となって流出する。

### (7) 分離操作運転モード (図 6(d)実線の冷媒流れ)

高温給湯運転後実施される。まず, 受液器に混合冷媒が回収されたあと, 2.2.2 節の組成調整実験の場合と同じ動作で R22 が分離される。

## 4.2 実験結果

### (1) 暖房運転結果

JIS規格による暖房試験条件のもとで運転を行った。この結果を表 4 に示す。循環冷媒は R22/R114 が約 90/10 の組成比である。圧縮機運転周波数 82Hz のもとで暖房能力 4 kW, 成績係数 2.78 の値が得られた。

### (2) 冷房運転結果

循環冷媒中に R114 が少量含まれているときの影響を調べるため, ヒートポンプ回路中の冷媒が R22 純粋の場合と R22/R114 が 90/10 の場合につき冷房実験を行った。この結果を表 5 に示す。R22 純粋冷媒の方が圧縮機吸入・吐出圧力とも 0.05~0.06MPa 程度, また各部

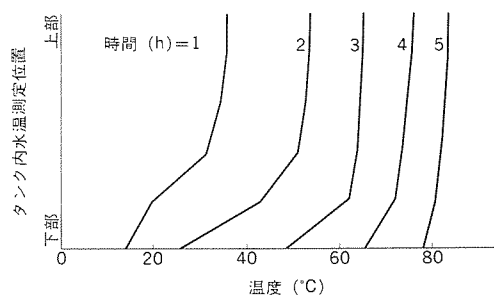


図 7. 給湯運転時における貯湯タンク内水温変化

冷媒温度も若干高いが大きな差はない。能力と入力も 1% 程度の差 (共に純粋冷媒の方が高い) であり, R114 を 10% 程度含んでいてもその特性は純粋冷媒と同等と見なすことができる。冷房運転は能力 2.4 kW に対して成績係数 4.3 (EER3.7) の高い値が得られた。

### (3) 給湯運転結果

貯湯タンク内初期水温 10°C, 外気温度 7°C のもとで給湯実験を行った。この結果を表 6 に示す。貯湯タンク内水温が 70°C に達したときに, 低温給湯運転から高温給湯運転に切り替えた。低温及び高温給湯運転時の R22/R114 組成は 90/10, 65/35 で運転時間は各々 3.7 時間, 1.43 時間である。水温の上昇とともに圧縮機吐出ガス温度と圧力も上昇しているが, 温度はサーモサイフォン回路を働かせることにより 110°C 以下に抑えられている。また, 圧力も混合冷媒の採用により 3.0MPa 以下となっている。タンク内水温の時間変化を図 7 に示す。タンク中央部水温は, 5 時間で 10°C から 81°C まで, 上部水温は 84.5°C まで上昇した。運転初期は凝縮温度と水温の差を大きくする制御とし, 凝縮後の液冷媒のもつ顕熱も有効に利用した。このような運転制御, 熱交換器構造・配置などの改善により, 10°C から 83.4°C の昇温において成績係数 3.73 の高い値を得た。

給湯運転後に混合冷媒の分離運転を実施した結果, ヒートポンプ回路の R22 が 90% 以上となるのに 25 分要した。この値は組成調整実験のときの値より大きい, 冷媒充てん量が多いことや環境温度の低いことなどが原因している。

## 5. む す び

混合冷媒の組成調整器を備えた高効率ヒートポンプ冷暖房給湯機を開発し実験を行った結果次のことがわかった。

- (1) R22 と R114 を用いた組成調整実験の結果, R22/R114 の組成を 50/50 から 94/6 まで変えることができた。
- (2) この開発機により外気 7°C のもとで 200ℓ の貯湯タンクに, 初期は R22 主成分その後混合冷媒に切り替え給湯運転を行った。この結果, 5 時間で水温を 10°C から 84°C まで昇温でき, 成績係数 3.73 の高い値が得られた。
- (3) 冷房運転時は冷房能力 2.4kW, 成績係数 4.3 (EER3.7) の高い値が得られた。

今後, 実用化に向けて冷媒回路や制御の簡易化などを図っていく。

## 参 考 文 献

- (1) 迎ほか: 三菱電機技報, 56, No.9, p.58 (昭57)

# 産業用精密温度制御チラー

田中直樹\*  
隅田嘉裕\*  
志賀隆司\*\*

## 1. ま え が き

産業用チラーは生産ラインやプラントなどに冷水を供給する冷熱源として広範囲に利用されている。特に、最新のレーザ加工機や半導体製造装置などでは仕上げ、品質の向上を達成する目的で冷却水を一定に精度良く維持する要求が高まり、また食品加工業では温度の調節が製品の優劣に直接影響するため、温度管理に細心の注意が払われている。このような精度の良い温度管理の要求に対して、従来のチラーでは冷却負荷の変化に伴う断続運転のために水温の大きな変動が避けられなかった。解決策として、例えば大きな蓄熱槽を設け、三方弁で水流量を制御して温度変動を抑える方法がある。しかし、設備の設計が複雑で高価格となり、メンテナンスも難しくなることから大幅な改善が望まれていた。

今般開発した産業用精密温度制御チラーは上記の背景から生まれ、設定水温と実際の冷水温度の差に応じて圧縮機の吸入圧力を最適に調整する新しい冷媒制御方式を採用して、蓄熱槽なしでも常に±0.5℃の温度精度で一定の冷水が得られる画期的高性能を持っている。さらに、耐凍結性に優れた構造の新型水熱交換器を採用して従来は困難であった3～5℃の冷水を得るとともに、水熱交換器の材質にフレキシビリティを備えて超純水から腐食性液体まで柔軟な対応が可能となった。

本報では、まず産業用精密温度制御チラーの技術課題とこれを解

決した新しい冷媒制御方式、温度制御特性について説明し、次に製品のコンセプト、主な仕様・特長を紹介する。

## 2. 開発上の技術課題

蓄熱槽なしで一定温度の冷水が供給できるチラーを開発する際の技術課題として、基本的に重要なのは次の2点である。

- (1) 利用側の冷却負荷変化に応じたチラーの容量制御
- (2) チラー冷水出口温度の精密一定化制御法

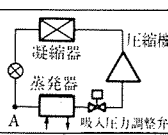
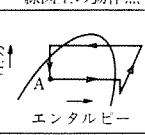

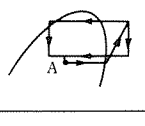
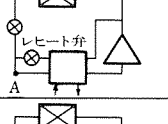
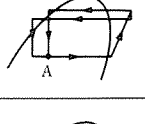
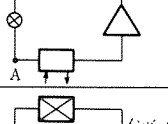
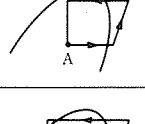
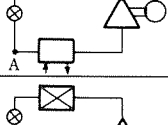
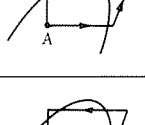
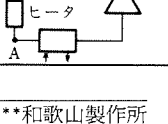
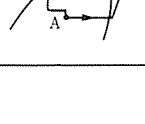
以下、これら2点に関して内容を説明する。

### 2.1 チラーの容量制御

チラーの冷水出口温度を安定化しようとする際に単純な方法は、利用側の負荷変化に伴う冷水温度の上昇、下降に応じてチラーを断続的に運転することである。しかし、圧縮機保護の観点から極めて短時間の繰り返しは危険で、3分間程度は運転や停止を持続する必要がある。したがって、蓄熱槽がなければ冷水温度の変動を抑制することは困難で、設定水温に対して±3℃程度の変動は避けられない。

この点を解決するには断続運転ではなく、負荷変化に応じたチラーの連続的な容量制御を実現する必要がある。また、容量制御の方法は数多くあるが、チラーを構成する圧縮機の特長やCOP（＝冷却能力／圧縮機入力）、コストなどを十分考慮したうえで最適に選定するとともに、これを生かす冷媒回路、冷媒制御方式を開発する必要がある。

表1. 各種容量制御法の冷媒回路と制御原理

方式	冷媒回路	圧力-エンタルピー線図上の動作点	制御原理
吸入圧力調整			蒸発器出口に調整弁を設け、この開度を変えて圧縮機吸入圧力を調整し冷媒流量を制御する。
ホットガスバイパス			ホットガスの一部を蒸発器入口にバイパスし、ホットガスの流量を変えて冷凍効果を制御する。
レヒート			ホットガスの一部を水加熱に用い、このホットガスの流量を制御する。
乾き度調整			主流量調整弁の開度を変え、凝縮器出口の乾き度を変えて冷凍効果を制御する。
インバータ制御			圧縮機回転数をインバータで変え、ピストン押しのけ量を変えて冷媒流量を制御する。
ヒータ加熱			蒸発器入口に冷媒加熱用ヒータを設け、加熱量を制御する。

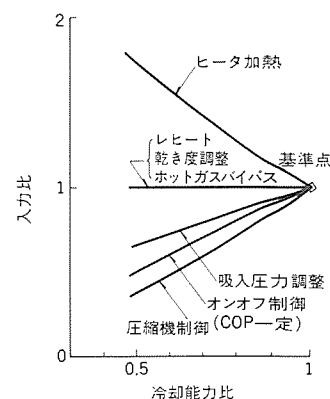


図1. 容量制御時の圧縮機入力 (シミュレーション結果<sup>(1))</sup>

表2. 各種容量制御法の比較

評価項目 方式	容量制御範囲 (%)	COP 容量制御時	温度 安定度	回路
吸入圧力調整	67～100	高	優	簡単
ホットガスバイパス	65～100	低	優	やや複雑
レヒート	65～100	低	優	複雑
乾き度調整	93～100	低	—	簡単

## 2.2 チラーの冷水出口温度制御

チラーの冷水出口温度を精密一定化するには、水温の検出から容量制御までの連係を適切にとることが重要である。この点に関し、冷水温度の検出手段、検出位置を始めとして、設定水温との比較、制御信号の処理方法などを容量制御法や冷媒制御方式にあわせて最適にする必要がある。

## 3. 精密温度制御チラーのシステム検討

### 3.1 容量制御法の比較と選定

今般開発のチラーは1.5~20HPを対象としており、レシプロ型圧縮機を前提に容量制御法を考えて以下の6方式を比較検討の候補とした。

- (1) 吸入圧力調整方式
- (2) ホットガスバイパス方式
- (3) レヒート方式
- (4) 乾き度調整方式(凝縮器出口)
- (5) 圧縮機制御方式
- (6) ヒータ加熱方式

各方式の冷媒回路と制御原理をまとめて表1に示す。また、簡単な熱計算シミュレーション<sup>(1)</sup>をもとに各方式の容量制御時の圧縮機入力を比較して図1に示す。ヒータ加熱方式は制御が簡単なため小さな冷熱源には適しているが、中型・大型の多い産業用途ではCOPが小さく電力費が高くて採用しにくい。一方、インバータ制御方式は入力値が最も低くて低容量域となるほど有利であるが、レシプロ圧縮機では許容回転数範囲が狭くて容量制御幅が小さく、インバータ価格も高いため採用が難しい。

他の4方式については採用の可能性が高く、かつ容量制御幅や制

御の難易が明確でないため更に試作試験にて比較検討した<sup>(1)</sup>。この結果をまとめて表2に示す。吸入圧力調整方式はシミュレーション計算結果と一致してCOPが高く、冷媒回路や制御も簡単なことから他方式と比較して優れていると判断できる。容量制御は圧縮機吐出温度が限界値を超えるため67%以下にはできなかったが、吸入過熱度制御などの手段でこの問題を解決できると判断して、吸入圧力調整方式を最終的に選定した。

### 3.2 新しい冷媒制御方式の構成

吸入圧力調整方式は圧縮機の吸入側冷媒配管に設けた圧力調整弁の開度変化により、圧縮機吸入冷媒の圧力すなわち密度を変えて冷媒流量を増減し、容量制御を実現する方式である。この方式を採用した新しい冷媒制御方式の構成を図2に示す。図中の冷水槽とヒータは利用側の状況と冷却負荷の模擬である。

吸入圧力調整弁(以下、調整弁と称す)は連続的に開度が変わられる新開発の電磁式自動弁で、その流量特性は次式で表される。

$$G_R = C_s \sqrt{d_k \Delta P} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $G_R$ は冷媒流量、 $d_k$ は冷媒密度、 $\Delta P$ は調整弁前後の圧力差である。また、 $C_s$ は弁開度のパラメータで、コントローラからの入力電圧  $V_s$  にほぼ反比例して変化する。この  $V_s$  は冷水出口温度と設定水温の差  $\Delta T$  で次式のようにPI制御する方法を採用した。

$$V_s = K_p \left( \Delta T + \frac{t}{K_i} \sum \Delta T \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $K_p$ は比例定数、 $K_i$ は積分定数、 $t$ はサンプリング周期である。

なお、主流量制御弁は温度式自動膨張弁であり、蒸発器出口の冷媒温度を制御して圧縮機吐出温度の過度な上昇の抑制が図れる。また、冷水出口温度検知には、温度分解能の高いサーミスタを採用し

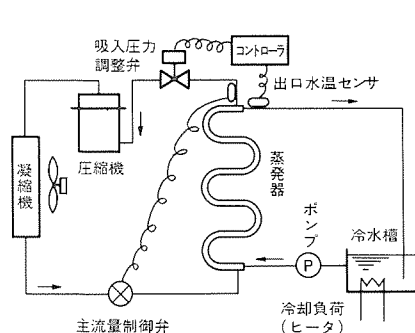
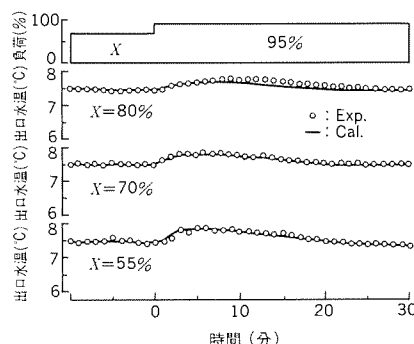
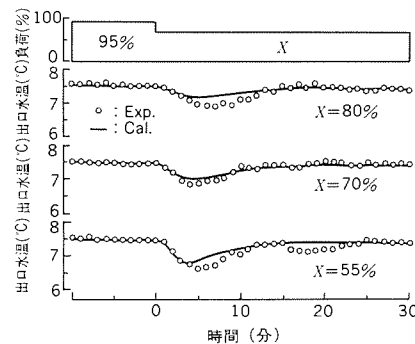


図2. 新しい冷媒制御方式の構成



(a) 冷却負荷増加時



(b) 冷却負荷減少時

図4. 冷却負荷変化に対するチラー冷水出口温度の応答

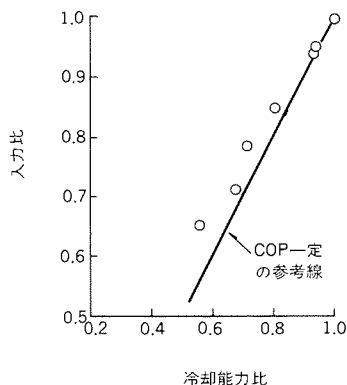
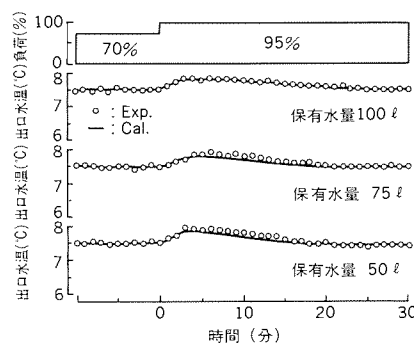
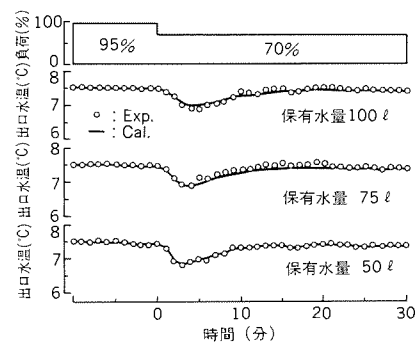


図3. 新しい冷媒制御方式による容量制御時の圧縮機入力



(a) 冷却負荷増加時



(b) 冷却負荷減少時

図5. 冷水槽保有水量の影響

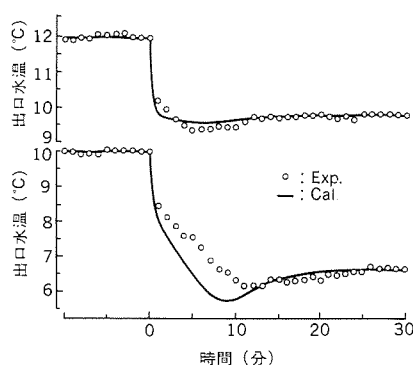


図6. 設定水温変化に対する冷水出口温度の応答

て制御の精密化を期した。

### 3.3 容量制御範囲とCOP

図2に示した構成のチラーを用いて試験を行った結果、圧縮機吐出温度上昇による限界は生ぜず、吸入圧力調整弁の全閉（ただし、バイパス穴あり）から全開までの範囲で40～100%の容量制御が可能であった。容量制御時の圧縮機入力値は図3に示すとおり前述と同様の高性能が得られ、COPはほぼ一定となる好結果を得た。

### 3.4 水温の制御特性

#### (1) 冷却負荷増減の影響

図2に示したチラーを用い、設定水温7.5℃で冷却負荷を急増減したときのチラー冷水出口温度の変化を図4に示す。また、式(1)、(2)をもとに動特性シミュレーション<sup>(2)</sup>を行った結果も図中に実線で示す。冷却負荷が増減すると冷水温度は一度上昇又は下降して、その後設定水温に回復する。この増減幅が大きいほど冷水温度の変動は大きい、が、大略0.5～1℃以内である。また、約10分後には設定水温±0.2℃で安定し優れた制御特性を示した。

#### (2) 冷水槽保有水量の影響

保有水量が50～100ℓの範囲で冷却負荷を増減したときのチラー冷水出口温度変化をまとめて図5に示す。この範囲では保有水量の多少にかかわらず出口水温の制御特性は優れていることが分かる。

#### (3) 設定水温変化の影響

冷却温度をシーケンス制御するときの応答性を調べる目的で、設定水温をステップ変化させた結果を図6に示す。ステップ変化幅が2℃のときは約2分、3.5℃のときは約8分で設定水温±0.5℃まで回復して安定する好結果を得た。このような追従性の良さは蓄熱槽を用いた従来の方式では困難であり、新しい冷媒制御方式の優れた特長といえる。

## 4. 産業用チリングユニット

### トへの応用

この章では新しい冷媒制御方式を産業用の空冷式チリングユニットに応用した例を紹介する。ここでは、まず設計に際しての基本コンセプトを説明したあと、冷媒回路、電気回路、構造それぞれの設計概要と特長、製品仕様について述べる。

#### 4.1 基本コンセプト

産業用空冷チリングユニットの市場からの要望では精密温度制御が最も重要である。まえがきでも

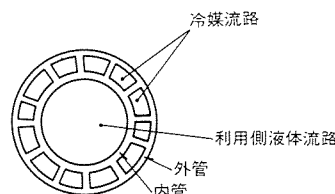


図7. 水熱交換器の管断面図

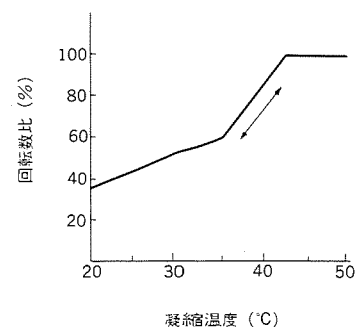


図8. 電子ファンコントローラによる送風機回転数制御

触れたように、例えばレーザー発振器や金型加工機冷却などの産業用・工業用分野では冷却負荷の変動が激しいのに加えて、常に変動幅が±1℃以内の一定水温が厳しく要求される。また、豆腐などの食品加工業では製造工程における温度精度に加えて、3～5℃の低水温が要求される場合が多い。従来は水熱交換器での凍結の問題から実現不能であったこの温度帯も、前述の新しい冷媒制御方式の採用でチラー出口水温を安定化することにより実現可能となる。ただし、冷却負荷急減時の一時的な冷水温度低下に備えて耐凍結性に優れた水熱交換器を開発する必要がある。

さらに、産業用途では水熱交換器に流される利用側液体は、水道水のみならずブライン、海水など様々であり、防せい（錆）のために接液部の材質は銅、ステンレス、チタンなど用途に応じた選定ができるフレキシビリティが必要である。また、チラー使用時の外気温度は-10～+40℃のオールシーズン使用を想定しなければならない。

以上、産業用空冷チリングユニットとしては、前述の新しい冷媒制御による精密温度制御に加えて、低水温化、水熱交換器の耐凍結性強化、多材質フレキシビリティ、オールシーズン使用を製品の基本コンセプトとした。

#### 4.2 冷媒回路設計と特長

冷媒回路の主要部分は3章図2に示した構成と同じである。主流量制御弁は温度式自動膨張弁で、水熱交換器の出口冷媒過熱度を最適に制御して運転安定化を図った。また、吸入圧力調整弁の開度は水熱交換器の冷水出口温度に応じてコントローラによりPI制御される。例えば、利用側の冷却負荷が減少して冷水温度が低下し、設定水温との差が大きくなると調整弁は徐々に閉じる。その結果、圧縮機吸入圧力は低下して冷媒流量が減少し、冷却能力が減じて冷水

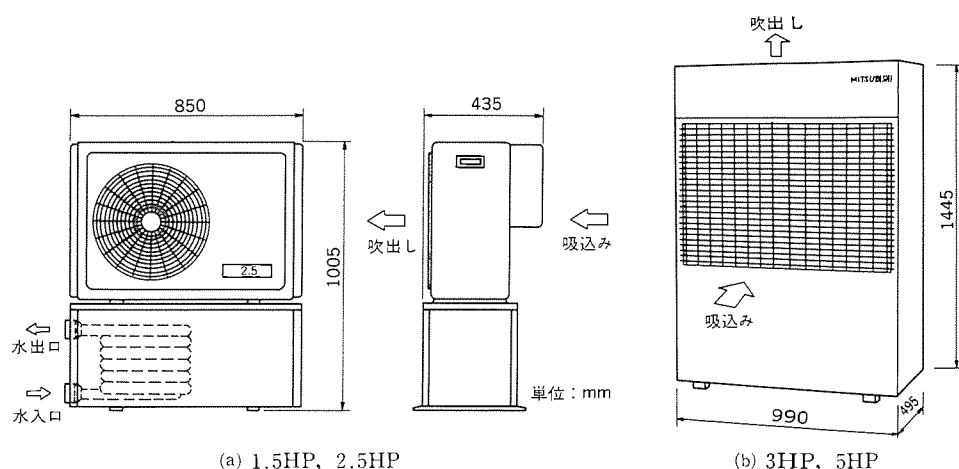


図9. 産業用空冷チリングユニットの外観

表3. 産業用空冷チリングユニットの仕様

項目		型名	1.5	2.5	3.0	5.0
性能	冷却能力	kcal/h	2,090/2,450	3,250/3,550	5,600/6,300	9,500/10,600
	水量	m <sup>3</sup> /h	0.42/0.49	0.65/0.71	1.12/1.26	1.9/2.12
	水頭損失	mAq	0.2/0.22	0.25/0.31	0.75/0.92	2.7/3.1
	消費電力	kW	1.1/1.55	1.7/2.1	2.9/3.3	3.9/4.7
	最大始動電流	A	31/26	43/39	65/56	96/89
騒音	騒音		52/53	56/57	52/53	55/56
	電源		三相 200V 50/60Hz			
塗装色			アクリル塗装 (マンセル5Y8/1)			
外形寸法	高さ	mm	1,005		1,445	
	幅	mm	850		990	
	奥行き	mm	435		495	
製品重量	kg		72	80	170	175
配管接続	入口		PT1/2B (メス)		PT 1-1/4B (メス)	
	出口		PT1/2B (メス)		PT 1-1/4B (メス)	
圧縮機	形式×個数		全密閉×1			
	始動方式		直入始動			
	称出力	kW	1.5	2.2	2.2	3.75
	法定冷凍トン		0.51/0.62	0.80/0.97	1.4/1.6	2.1/2.4
	形式		強制空冷プレートフィンチューブ式			
送風機	送風機形式		プロペラファン			
	送風機出力	kW	60W×1	80W×1	50W+65W	55W+80W
	水熱交換器		二重管式 (内容は銅, ステンレス, チタンから選択)			
制御	冷媒		R-12		R-22	
	冷媒制御		温度式自動膨張弁+電磁式自動弁			
	冷水温度制御		出口水温一定制御 (±0.5℃)			
	運転制御		200Vリモートコントロール			
運転保証範囲			外気温-10~40℃, 冷水出口温度3~15℃			

温度を設定水温まで戻すように働く。

このような冷媒回路、冷媒制御方式を採用することにより、蓄熱槽を介さずに直接冷水温度が制御できるため、冷却負荷急変時や設定温度の変更に迅速に応答可能でしかも安定した温度精度が得られる効果がある。

他方、冷水出口温度3~5℃の低水温を実現するために、従来の水熱交換器とは異なる独自の水熱交換器を採用した。図7にその伝熱管の管断面図を示すが、内管内には利用側の液体を流し、環状部に冷媒を流す形式である。利用側液体の流れる流路が単純な構造のため、液体のよどみがなく部分凍結や異物の付着、溶存酸素の滞留も少ない耐凍結性、耐腐食性に優れた水熱交換器である。

#### 4.3 電気回路設計と特長

電気回路設計では水熱交換器の冷水出口温度を高精度サーミスタで検知して設計温度と比較し、PI制御する回路をコントローラ内に組み込んでいる。また、冷却負荷が保証下限値より減少したために設定水温が維持できない場合には運転を強制停止させる保護機能や、圧縮機の再始動時間制限回路も備えて信頼性を確保した。

このほか、外気温が-10~+40℃でのオールシーズン使用にこたえるために凝縮温度一定化制御方式を採用した。この方式では電子ファンコントローラを用いて図8のように送風機回転数を無段階制御し、凝縮温度を35~45℃の範囲に一定化することができる。例えば、冬期の外気温が低いときには凝縮温度も低下する傾向にあるが、この場合送風機回転数が低下して風量が減少し、凝縮温度を上昇させるように働いて一定化が実現できる。

#### 4.4 製品仕様とその他の特長

今般開発した産業用空冷チリングユニットの外観を図9に、また製品仕様を表3に示す。図10に示す運転範囲において冷水出口温度は設定水温±0.5℃に安定して保たれる。

前節までの特長のほかに、低騒音、省工事性などにおいて数多くの優れた特長があるが、これらを簡条書にて簡単に記す。

- (1) 当社独自の高効率全密閉圧縮機を搭載して高いCOPを達成した。
- (2) 高性能エクストラファンの採用により大幅な低騒音化が達成で

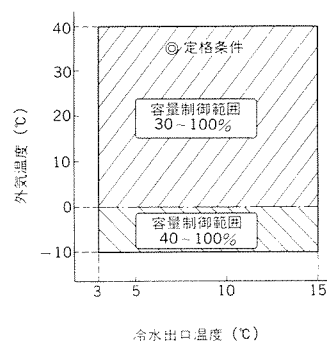


図10. 産業用空冷チリングユニットの運転範囲

き、さらに電子ファンコントローラで夜間の軽負荷時に4dB運転音を下げられる。

(3) 空冷凝縮器には当社独自のルーバステアフィン高性能熱交換器を採用して、高冷却負荷運転時にも余裕のある運転を実現した。

(4) 水熱交換の内管は銅、ステンレス、チタンなど利用側に応じて最適な材質が選定でき、しかも外周は発泡断熱で放熱ロスが最低限に抑えられる。

(5) ユニツトは上吹出しのトップフロータイプ（3.5HP）であり、軒下、ベランダ、せまい路地にもコンパクトな設置ができる。

(6) ユニツト前面からメンテナンスができ、サービススペースはわずか50cmである。

(7) 配管取出しは背面、前面、左右自由に選択でき工事が簡単である。

## 5. む す び

産業用途を対象として冷水出口温度が一定となる精密温度制御チラーを検討し、連続的に開度を制御する電磁式吸入圧力調整弁と温度式自動膨張弁を組み合わせた新しい冷媒制御方式の採用により、蓄熱槽なしでも冷水温度が高精度に維持できることを明らかにした。また、この新しい冷媒制御方式を応用し、さらに冷媒回路、電気回路、構造に工夫を加えたオールシーズン使用の産業用空冷チリングユニットを開発した。この製品は従来のチラーと比較して次の点で特長があり今後の伸長が期待できる。

- (1) 高精度温度制御：温度変動幅±0.5℃以内
- (2) 高COP：高効率圧縮機採用、容量制御幅は30(40)~100%であり、COPはほぼ一定に保たれる。
- (3) 低騒音：高性能エクストラファンと電子ファンコントローラの採用により大幅な低騒音化を実現した。
- (4) 高性能水熱交換器：耐凍結性、耐腐食性に優れた水熱交換器を採用し、3~5℃の低水温も供給可能とした。材質は利用側液体に依りて最適に選択が可能である。
- (5) 省工事性：蓄熱槽が不要であり設置面積が小さく配管も極めて簡単である。また、トップフロー型のユニットにしたため設置、メンテナンスが大幅に改善された。

今後は更にシリーズ化、運転範囲の拡大を目指すとともに、実用上の種々の要望にこたえる製品づくりを進めたい。

## 参 考 文 献

- (1) 田中ほか：定水温制御チラーの開発 第1報 制御法の比較、昭和62年度日本冷凍協会学術講演会講演文集、p.13
- (2) 隅田ほか：定水温制御チラーの開発 第2報 水温の制御特性、同上p.17



# 空調料金自動計算システム

辻 弘之\*  
吉川信浩\*\*  
江崎光信\*\*\*

## 1. ま え が き

最近のビル空調システムは空調機の個別制御性を指向した直膨型個別分散空調方式が主流になりつつある。これはビル空調用のパッケージエアコンが、空冷化・ヒートポンプ化・設置スペースゼロの天井設置化など使いやすいシステム構成になり、さらに管理機能として集中制御・運転モニタなども標準化され、ユーザーフレンドリーなマンマシンが開発されたためである。ビル需要の主体であるテナントビルに関しては、テナント使用電力量の大半を占める空調機動力費に対するランニングコスト意識の台頭があり、テナントの負荷特性に合った空調の公平な課金システムの要求が高まっていた。

これらの要求を満足する課金システムとして、テナントサイドには公平感、オーナーサイドには省力化・管理費低減を図る空調料金自動計算システムを開発したのでその概要を紹介する。

## 2. 開発のねらい

### (1) テナントサイド市場要求

一般に空調料金はテナントごとに空調適用時間や温度設定が異なるにもかかわらず、ビル管理運営上、賃貸料、共益費などで徴収されることが多くテナントサイドに抵抗感があつた。従来、主流であったセントラル空調方式における課金では、床面積比によって配分せざるを得ず空調開始・終了時間、休日出勤、残業処理、業務内容の相違が大きく、テナント間に不平感があつた。個別分散空調によってテナントの空調受益上の不満は解消されたが、空調料金に対する不公平感は依然として残っていた。

### (2) ビルオーナーサイドの市場要求

テナントビル運営上、課金管理は重要な要素である。大型ビルには各種ビル管理システムが導入され、電気・ガス・水道使用量・空調使用量・電話通話量などの集計を、家賃・共益費に含めた請求書を発行している。しかし、中小ビルでは電気・ガス・水道などの使用量計が設置されている場合、検針、計算などの作業管理が膨大である。また、中小規模ビル用管理システムが導入されていても、電力量検針結果に基づく空調料金計算の煩わしさ、テナントの面積変更、間仕切りの変更、入退居への対応などに加え、個別分散空調にもかかわらず電力使用量の明示がない空調使用料金に対するテナント不満への対応など問題が多かった。

## 3. システム《MULTI PACS》の概要

### 3.1 システム構成

標準的なシステムは図1に示すように室外機ごとに取り付け、電流・異常などの各種接点・無接点信号を処理する伝送コントローラ、空調機群、又は空調機個別に設備されたパルスを発信する発信装置付き電力量計、この電力量計のパルス信号を積算する伝送コントローラ、これらの処理・伝送されたデータを基準に、表示・演算・記録を行う本体装置により構成される。各伝送コントローラと本体装

置間は、渡り方式の2線式伝送線で接続され、制御用シールドケーブルCVVVS1.25mm以上の伝送媒体を使用した場合、総延長2kmの範囲内で、1系統64台までの伝送コントローラが接続可能である。さらに、同様の系統を最大4系統まで拡張することができ、この場合には256台の伝送コントローラが接続可能となる。

### 3.2 特長

#### (1) 多機能・柔軟性のある機能

小型壁掛け型システムにもかかわらず、1系統64台まで空調機の空調料金管理が可能で、テナント数も最大256テナントまで登録でき、ほとんどのテナントビルに適合可能である。また、室外機対応は当然、個別運転マルチタイプ空調機の場合には、異なったテナントに取り付けられた個別の室内機ごとの空調料金が算出できる。そのほか、空調機以外の動力機器にも変更なしで適用可能である。

#### (2) 省工事性——多重伝送方式の採用——

本体装置と伝送コントローラ間は、多重伝送方式により、渡り方式の2線式伝送線で最大2km遠方のデータを処理できるため、配線工事が簡素化でき、設備の拡張・変更、新設・既設ビルなどの対応も容易である。また、複数個の発信装置付き電力量計が適用できるので施工設計上有利である。

#### (3) フレンドリーマンマシン

装置の据付け、調整、テナントの登録、料金設定などすべての作業、操作は、液晶表示パネルと人間との対話形式と定義されたキー入力方式により簡単にでき、専任のオペレータは不要である。また、据付け時、異常発生時などにおいても、全機能がパネルにより確認できる自己診断機能を持っている。

#### (4) 高信頼性

課金システムの性格上、データ保持は伝送コントローラ、本体装置に内蔵のマスターカードと携帯用パーソナルコンピュータ（以下、携帯用パソコン）の3構成部で重複保存し相互補完する。また、伝送コントローラ、本体装置においては、EAROMを採用し、電池なしでも10年以上の記憶を保証する。

#### (5) システムコントローラ機能（オプション）

本体装置内にパッケージエアコン《CITY MULTI》、《Mr.SLIM》を集中管理する集中管理リモコン、及びプログラムタイマを組み込み可能なスペースを持っている。また、本体装置のみによる集中制御、ビルシステムへの整合などを検討中である。

### 3.3 本体装置ML-PACSの構成

本体装置を図1、内部回路構成を図2、仕様を表1に示す。マスターカードと称すボードコンピュータ（8ビットCPU）、仕様変更の容易な携帯用パソコン、及び最大4枚のマスターカードを切替選択するRS-232C切替ボード（この切替ボードで携帯用パソコンに代え、上位計算機との接続も可能）、多重伝送するIFU伝送回路を内蔵している。また、マスターカードはRAMカード、EAROMを搭載しデータを階層分けした後それぞれに収納する。DC電源異常、ウォッチドグタイマなどの保護回路に加え、自己診断用スイッチ、表示装置などを

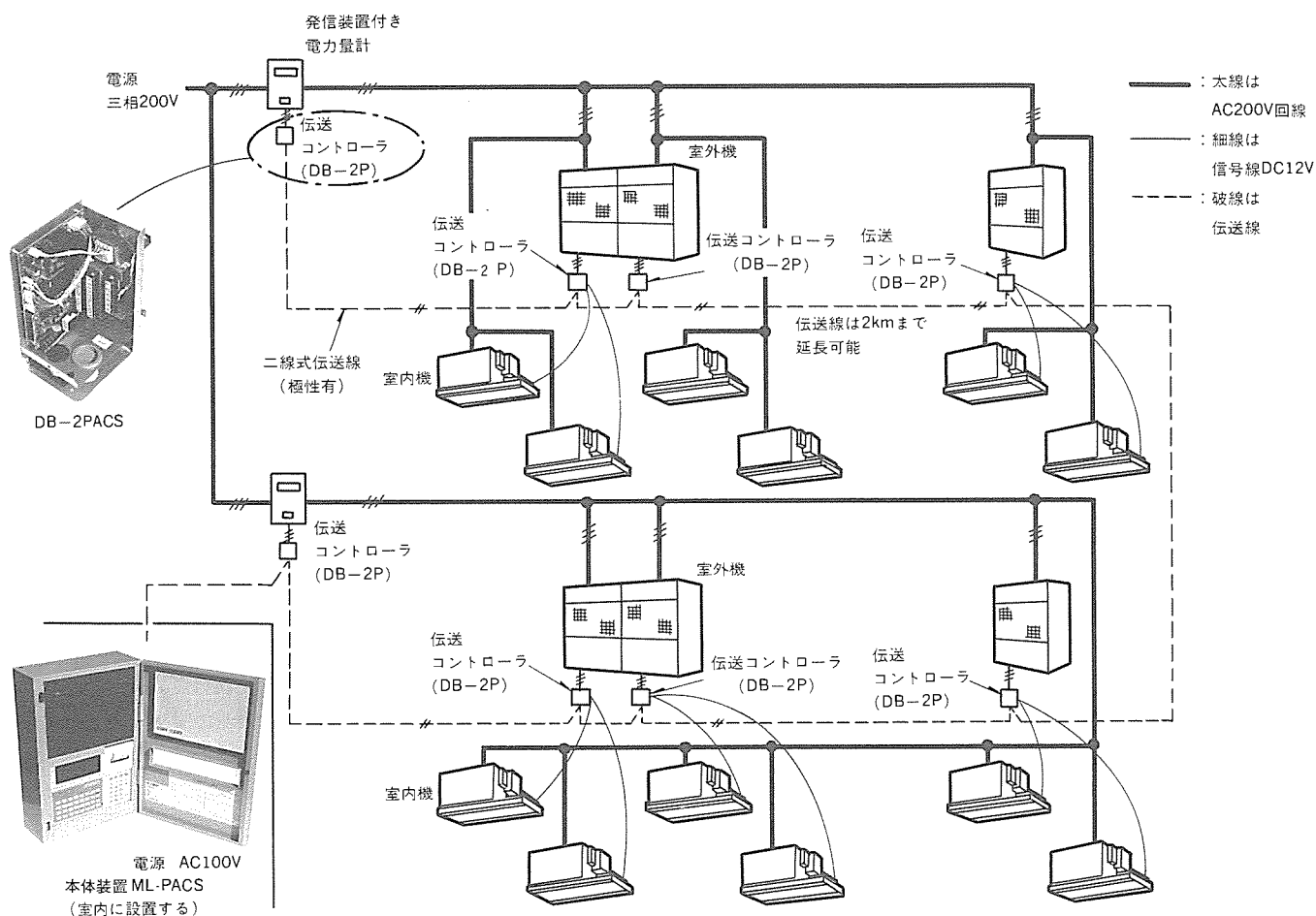


図1.《MULTI PACS》システム構成

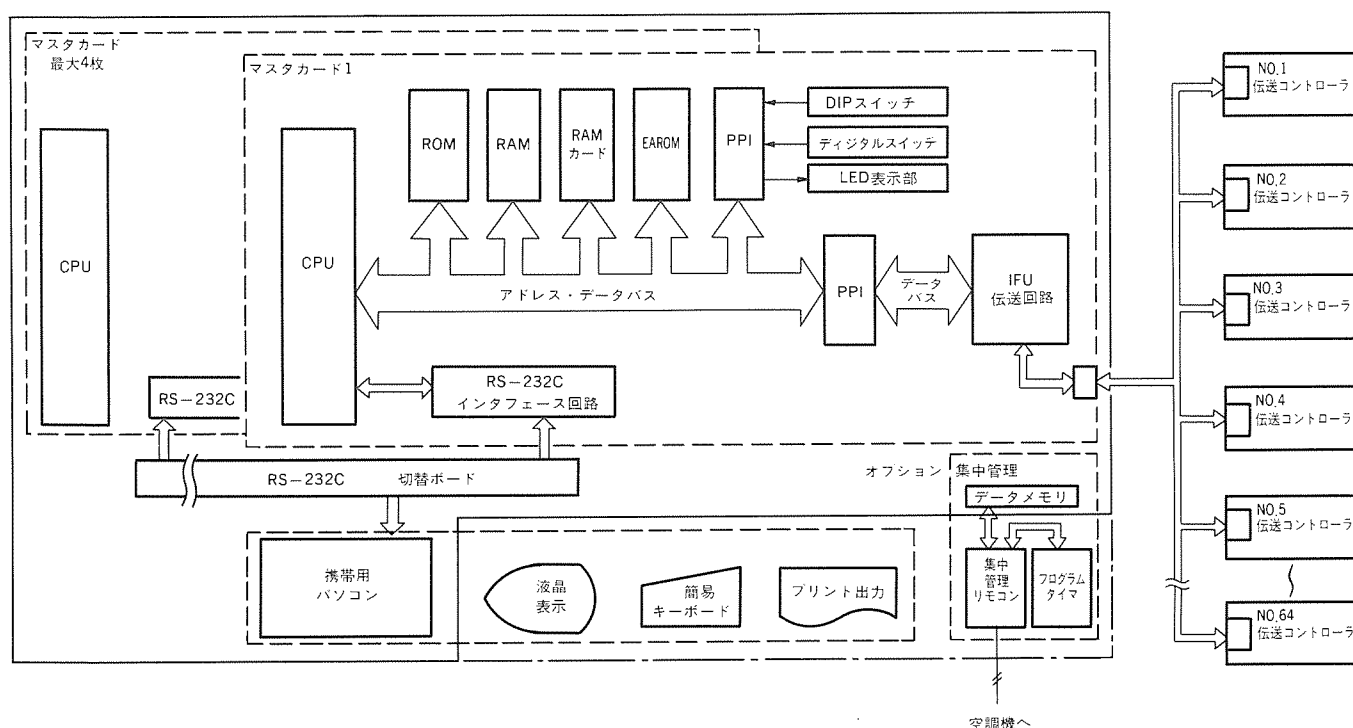


図2. 本体装置ML-PACSの内部回路構成

実装し、マンマシンとして携帯用パソコンを周辺装置とともに組み込み、全体で壁掛け形態としている。

### 3.4 伝送コントローラDB-2 PACSの構成

伝送コントローラを図1、内部回路構成を図3、仕様を表2に示

表 1. 本体装置ML-□□□PACS-W

型名	6 4	1 2 8	1 9 2	2 5 6
制御台数(最大)	64台	128台	192台	256台
表示	液晶(モノクロ, 80行, 40字/行, 英数字, カナ文字), LED3個			
プリンタ	ドットインパクト, 40けた, 普通紙, 57.5mmロール, 速度16cps			
キーボード	アイテムキーボード(アイテム定義31, 数字演算キー19, カーソル4など)			
電源	AC100V±10% 50/60Hz			
停電保証	本体 EPROMにより半永久・携帯用パソコン2週間			
入出力I/F	伝送用インタフェース			
周囲環境	温度+5~+35°C/湿度35~90%RH			
形態	壁取付け			

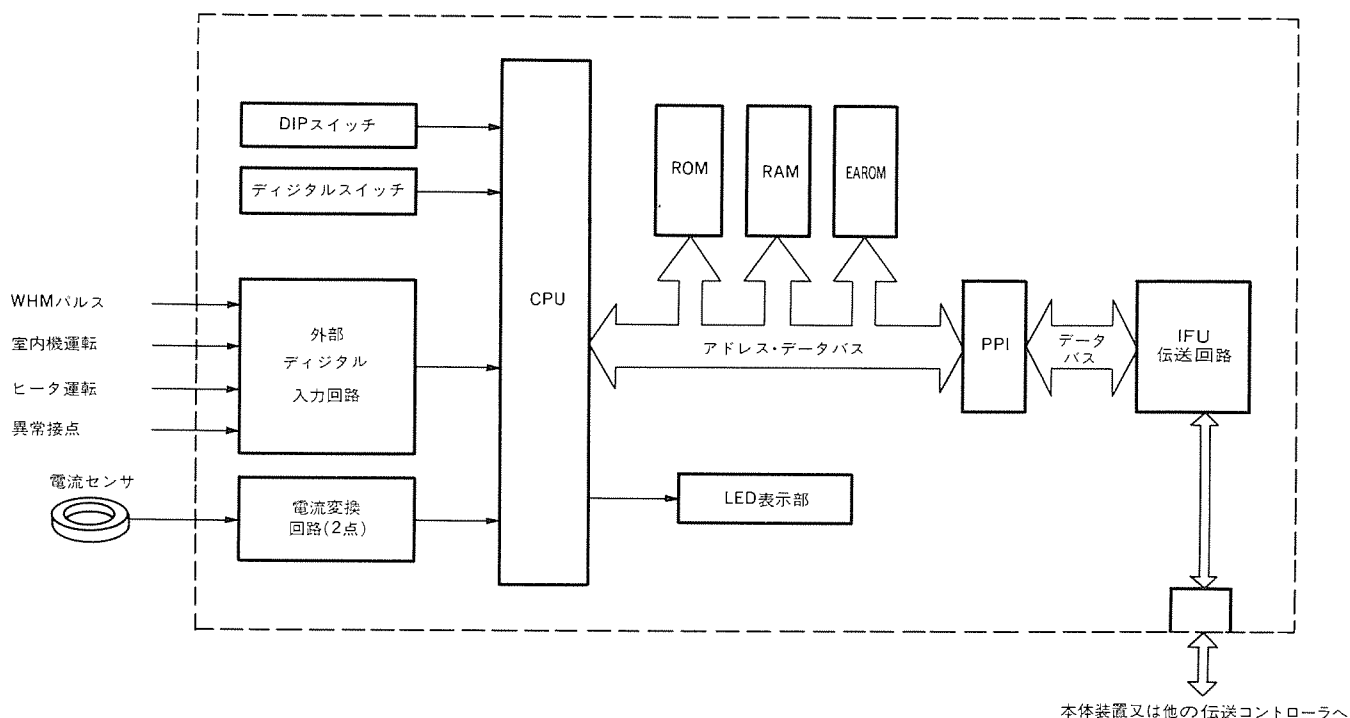


図 3. 伝送コントローラDB-2PACSの内部回路構成

表 2. 伝送コントローラDB-2PACS

制御台数	空調機ユニット及び発信装置付き電力量計 1台に対して1台
表示	LED 2個
設定	DIPスイッチ, 機種モード/アドレス
電源	AC200V±10% 50/60Hz
停電保証	EPROMにより半永久
入出力I/F	伝送用インタフェース センサ信号2, 無電圧接点2, DC12V接点2, AC200V接点2
周囲環境	温度-10~+55°C/湿度35~90%RH
形態	空調機ユニット組込み, 防滴構造

す。入力部は発信装置付き電力量計の無電圧パルス入力, DC12V電圧入力, AC200V電圧入力, 無電圧接点入力などで構成され, 各々の入力部とも外来ノイズ, サージ電圧の内部侵入防止を目的に絶縁回路を持つ。

また, 空調機運転検出と負荷検出のため電流センサ用インタフェ

ースを持っている。電源は各空調機と同一系統のAC200V電源を用いた局部給電方式を採用し, 停電時にはCMOS, SRAM, EAPROMにてデータ補償を行う。

### 3.5 IFU伝送回路

IFU伝送回路の伝送仕様, 特長は以下のとおりで, 伝送処理は8ビ

ットCPUからのハンドシェーク  
で行う。内部構成図を図4に示す。

#### (1) 仕様

- (a) 端末数：最大255。ただし、各種条件の安定性を考え最大64
- (b) ネットワーク形態：2線バス形式（極性あり）
- (c) 伝送媒体：専用線 CVVS 1.25mm<sup>2</sup> 2心 最大 2km
- (d) 同期方式：調歩同期
- (e) 伝送速度：9,600bps
- (f) 伝送方式：ベースバンド、AMI方式，DUTY：1
- (g) 制御手順：CSMA/CD方式

ビット検知で衝突検知側受信  
(h) 誤り検知：ACK有無，サムチェック，パリティエラーなど

#### (2) 伝送異常の検出

IFUは発信時，及び受信時にエラーが生じたときには，ホストCPUにそれぞれ対応する異常コードを転送し、ホストCPUは送信時のエラー発生の場合は再送処理、受信時のエラー発生の場合には再送されるパケットの受信準備を行い伝送の失敗を防止している。

#### (3) 一斉同報によるデータ収集

伝送コントローラ情報で，異常などのデータは3秒間に1回，電流時間積算，室内運転時間積算などの積算データは1時間に1回のタイミングで一斉同報によりデータ収集する。

また，信頼性確認のためビルを模して各種伝送媒体を2km配線し，信号の減衰，ビットエラーなどを計測した。それらのデータのうち，制御用シールドケーブル CVVS1.25mm<sup>2</sup>を用いたデータを図5に示す。伝送データの安定を考慮し，電気的に接続端末数を64台に制限しているが，十分に余裕があることを示している。

### 4. 技術上の特長

#### 4.1 携帯用パソコンの採用

市場要求仕様に対処するため，CP/M<sup>TM</sup>（米国デジタル・リサーチ社の商標）搭載の携帯用パソコンを用い，本体とはRS-232C通信回線により接続している。制御の概

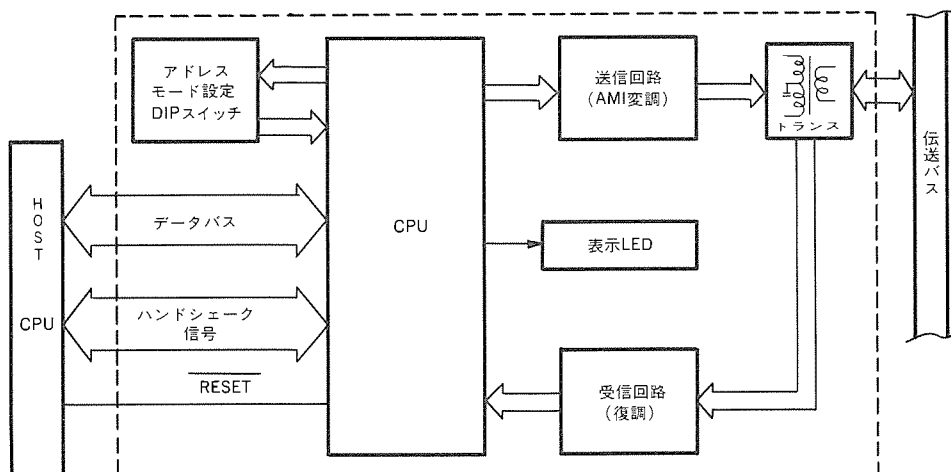


図4. IFU伝送回路の内部構成

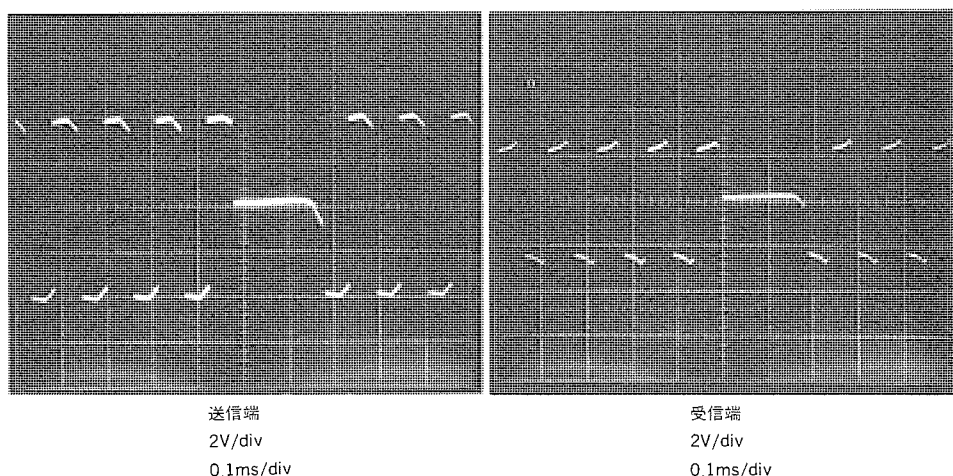


図5. 伝送波形例

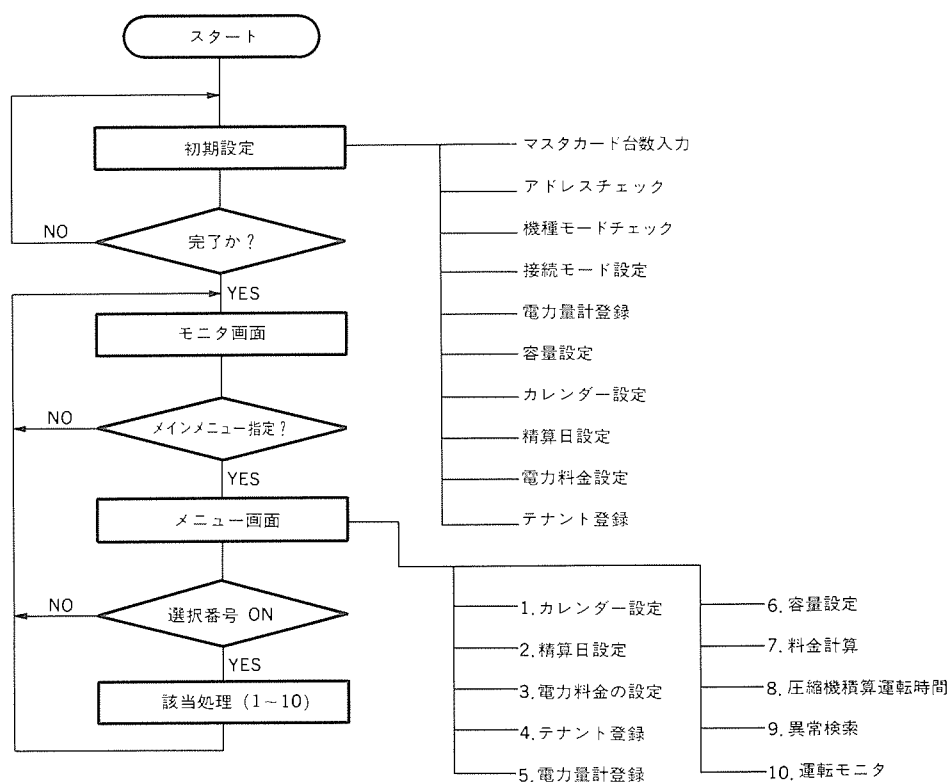


図6. 本体装置Gフロー概略図

略フローは図6に示し、入出力処理はすべてこの携帯用パソコンを介して行う。

(1) 入力キー部に個別定義可能な簡易アイテムキーボードを用いることにより、複操作を防止し専任オペレータを不要とした。

(2) パソコンの特性をいかしフレンドリーマシンを実現し、設定・登録などの全操作は、表示パネルの指示どおり行えるようにした。

(3) 本体部とのRS-232C通信は、4,800bpsで処理され1台の携帯用パソコンで最大4台のマスターカードに対応可能である。

#### 4.2 電流センサ

パッケージエアコンのJIS規定による標準状態を基準とした場合、外気温条件の変化に対し、図7に示すように、消費電力、電流に上下20%近い差が生じるため、JIS条件下での設定では各種条件の相違によって誤差を生じる。また、機種変更、仕様変更のたびに条件変更を余儀なくされ、さらに空調機以外の負荷への適用時、煩わしい操作が必要であった。このシステムは電流センサ(外径φ56)を用い、消費電力におおむね比例する電流値を検知するため、ユニットの運転条件を把握でき、また貫通式構造と相まって設置も容易である。検知した電流は演算処理して1秒間ごとにRAM収納し、24時間分積算した後カレンダーデータ(年、月、日)を付け、電流時間積算としてEAROMに保存される。

#### 4.3 メモリ構成

プログラム処理用EPROM、データ処理・保存用のCMOS-SRAM、データ保存用のEAROM、及び電池内蔵RAMカードを持つ。RAMカードは128K/256KバイトのS-RAMで非常時の場合、自動的に内蔵電池でデータ保持する。

また、よりデータの信頼性向上のため、EAROMを搭載しており、停電保証は60時間であるが、設定値及び電流などの積算データは10年間保存可能である。

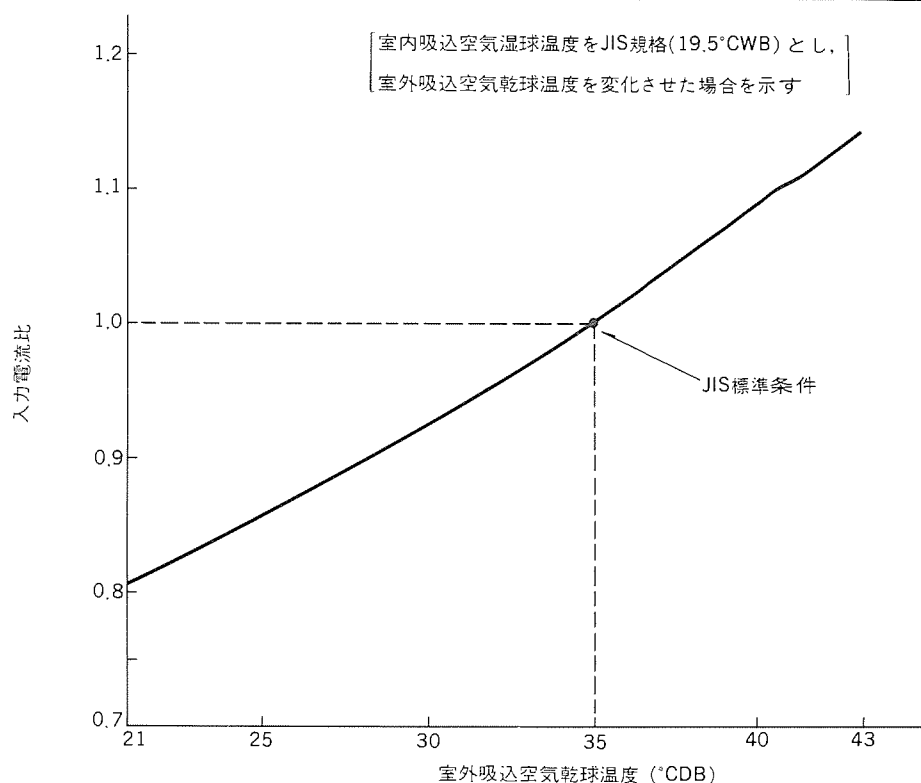


図7. 室外吸込温度による入力電流(冷房時)

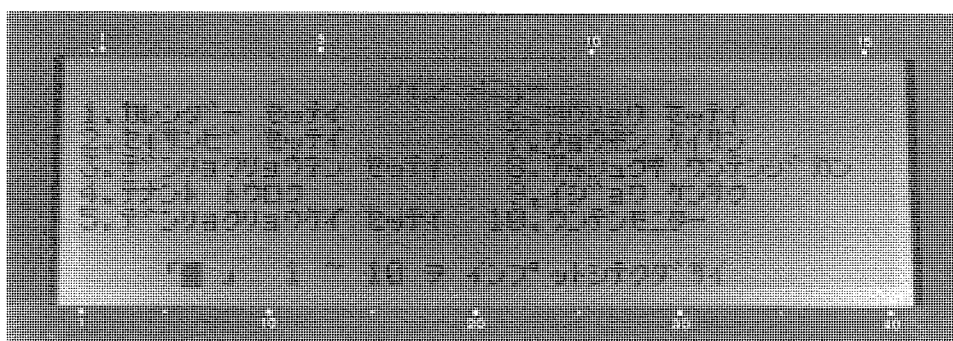


図8. メニュー画面例

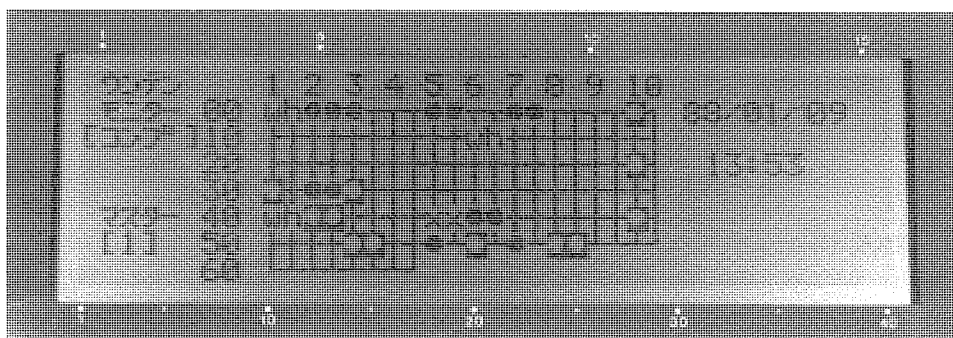


図9. 運転モニタ画面例

## 5. 主な機能

### 5.1 メニュー概要

本体装置のメニュー画面を図8に示す。メニューは10項目ある。

- (1) カレンダー設定：年、月、日、時、分、秒の設定・変更
- (2) 積算日の設定：1～28任意日、又は末日に設定可能

- (3) 電力料金の設定：使用料金と基本料金の設定
- (4) テナントの登録：最大256テナントがカナ、英数字で登録可能
- (5) 電力量計の登録：複数台電力量計で各電力量計に接続されるユニットを登録
- (6) 容量の設定：基本料金をユニット容量、ヒータ容量比で配分する場合設定
- (7) 料金の計算：1か月間及び所定期間の電力料金の算出とプリントアウト
- (8) 圧縮機積算運転時間：圧縮機的全運転、所定期間の運転時間積算表示
- (9) 異常検索：システム各構成部の異常を表示、記録
- (10) 運転モニタ：ユニットの運転状況、異常（含む内容）などを表示（図9）

## 5.2 初期（立ち上がり）設定

設定項目が多いため図6に示すように初期設定が終了しない限り、通常のルーチンへ進めぬ構成で誤動作、未設定を防止した。多重伝送通信のため、各伝送コントローラにおいてDIPスイッチによるアドレス設定が必要であるが、2進数による設定、DIPスイッチの小型形状などが相まって誤設定、未設定などのトラブルが予測されるためアドレスチェックモードを設け、各アドレスについて、①エラーA：アドレス重複、②エラーB：アドレス存在せず、③エラーC：入力ミス、④正常を表示させ、アドレスの設定トラブルを即時に解消できるようにした。また、伝送コントローラの室内個別仕様、ヒータ仕様、電力量計仕様などの各種機種モード内容も表示確認できるなど据付け時においても、フレンドリーマンマシンを実現している。

## 5.3 検針と課金

発信装置付き電力量計の検針値、各空調機の電流積算、ヒータ通電時間積算、及び各個別室内機の運転時間積算から演算集計された各テナントの電力使用料金に、あらかじめ入力された容量により算出した基本料金分を加え、あん分された電力量ともども所定期日、若しくは期間を示して図10のように印字する。

## 5.4 機器履歴データ

機器履歴データとして次の2項目が検索できる。

- (1) 圧縮機運転時間が通算及び所定期間別に表示され、課金に疑問が生じた場合の点検、サービス時期の検討などに活用できる。
- (2) 運転モニタ画面で異常を確認後に異常検索すると異常発生の年、月、日、時、分と異常コード（01～10）が最新10項目表示され、不良原因の究明に役立てられる。

## 6. システム構成と拡張

### (1) 複数電力量計への対処

このシステムは1系統（ML-64PACS）で発信装置付き電力量計、空調機用伝送コントローラを合わせて64台まで接続可能だが、

図10. 空調料金印字出力例

数十台の空調機に対して動力系統が1系統であることは少なく、複数台の電力量計に分散して接続したり、増設時、他系統の幹線に接続した場合にも、電力量計と伝送コントローラの追加のみで対処可能である。

### (2) 集中電力量計モードと個別電力量計モード

このシステムは、分散された空調機の幹線部に取り付けられた発信装置付き電力量計の積算値を、各空調機の負荷に応じてあん分するシステムであり、直接電力量を計測するシステムではない。このため図1に示した集中電力量計モードは、ビル、アパートなどの家主と借家人の間の電気料金配分に関する計量法に対処できないが、共益部分（OA取込み用送風機、ロビーなどの空調機）を含めた処理には最適である。計量法に適合する課金としては、空調機ごとに検定済み電力量計を取り付けた個別電力量計モードも準備しており、すべて標準の伝送コントローラで基板内のスイッチ操作のみで対処できる。

## 7. むすび

個別分散空調方式に要求されるテナントビルに適した空調課金に対し、様々な観点から市場要求条件を検討し、柔軟性、拡張性を重視した空調料金自動計算システムを製品化した。システム化の要求と相まって、これらのシステムはますます不可欠となり、要求は更に強くなる。今後、このような要求に対して、より一層の改良と拡張を推進してゆく所存である。

# 冷媒用半導体圧力センサの開発とその応用

小林豊博\*  
別所三樹生\*\*  
福島章雄\*

## 1. ま え が き

近年、空調機に搭載されるエレクトロニクス機器は増加の一途をたどりつつある。家庭用ルームエアコンから産業用ビル空調システムまで、各種制御方式は空調の快適性、省エネルギー性、施工性などを訴求するにつれますます高度化しつつあり、その要素技術部品として高性能で、コンパクト、低コストなセンシングデバイスへの要求が高まりつつある。

従来から当社では、これらの基礎技術である冷凍空調サイクル制御系の全般的高度化を目標としており、今回そのキーパーツの一つとして冷媒用半導体圧力センサ（図1）を開発した。これは冷凍空調サイクル系に十分な信頼性を保つための高耐圧化と、増幅器を内蔵、従来の約1/2の小型化と大幅な低コスト化を図ったものである。第1弾の応用として当社の多室用パッケージエアコン“デマンドインバータ マルチエアコン”に搭載した。同機のデマンド制御方式は、どのように室内ユニットを組み合わせても一定能力内であれば、冷媒用半導体圧力センサにより、要求（デマンド）冷媒量を常に適正に供給し、最適運転を実現するものである。ここでは、この冷媒用半導体圧力センサの開発と、その応用例の詳細を紹介する。

## 2. 開発のねらい

冷凍サイクル系の冷媒用圧力センサとして、次のテーマをねらいとし開発を行った。

- (1) 冷凍サイクル系内冷媒環境及び使用周囲環境での高信頼性の確保。耐冷媒性、サージ、サイクル耐圧の確保、耐振動、耐衝撃構造設計による高信頼性の確保
  - (2) 高圧気密性に対配管電気の絶縁性の保持
  - (3) 高精度化、後段マイコン回路とのインタフェース性の向上
  - (4) 小型コンパクト、低コスト化設計構造
- などにより、冷凍空調サイクル系での広範囲な搭載応用性を図る。

## 3. 仕様及び構造

### 3.1 仕様

今回、開発した冷媒用半導体圧力センサの仕様を表1に示す。冷凍サイクル系の圧縮機吐出側高圧冷媒圧力の検知使用に耐えうるよう使用圧力の範囲を0～30kg/cm<sup>2</sup>としている。また更に冷媒液圧縮耐量を確保するため、破壊耐力は100kg/cm<sup>2</sup>を目標とした。圧力指示精度は冷媒の感圧素子接触温度により大きく影響を受ける。よって冷媒温度25℃のときと、冷媒温度が-30～+100℃のときの両方の精度を規定した。また出力電圧は最近のA/D変換器内蔵1チップマイクロコンピュータへの接続インタフェース性を考慮し、A/D変換器の基準電圧を入力電圧と推定し、指示圧力に比例した出力電圧を得る方式を採用している。これにより、センサと後段の電子制御回路との基準電圧差による誤差の発生をなくしている。また、適用流体は電気絶縁性と耐食性の確保を行い、R-12、R-22などフロン系冷媒及



図1. 冷媒用半導体圧力センサの外観

び冷凍機油とした。

### 3.2 構造

この圧力センサは半導体結晶のひずみによるピエゾ効果により、圧力を電気信号に変換して流体の圧力を測定する、いわゆる半導体感圧素子を利用して構成している。図2はこの圧力センサの組立構造断面を示す。

表1. 冷媒用半導体圧力センサの仕様

1. 使用圧力範囲	0～30kg/cm <sup>2</sup> (0～32kg/cm <sup>2</sup> までリニア出力)
2. 加圧耐圧	150% of FS (45kg/cm <sup>2</sup> ) 破壊圧力100kg/cm <sup>2</sup> 以上
3. 使用加圧媒体温度範囲	-30～+100℃ (使用周囲温度-15～+65℃)
4. 入力電源電圧	DC5±0.5V (最大入力電源DC10V)
5. 出力電源	0～3.0V (入力電圧5V, 冷媒温度25℃時)
上記電源電圧内でフルスパンは電源電圧の60%値を出力し、電源電圧に比例する。	
6. 精度	±1% of FS (±60mV) 冷媒温度25℃時 ±5% of FS (±150mV) 冷媒温度-30℃及び100℃時
7. 適用流体	フロンR-12, R-22, R-502及び冷凍機油
8. 外形寸法 (mm)	36(W)×48(D)×40(H)

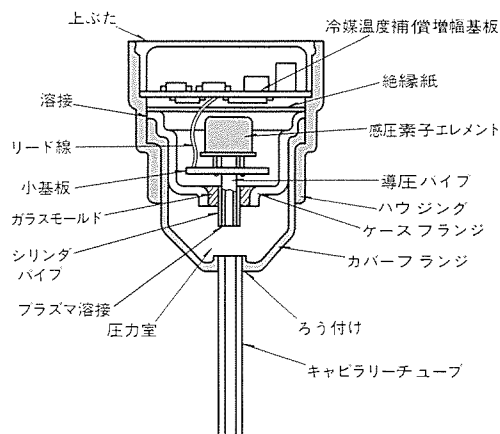


図2. 冷媒用半導体圧力センサの構造

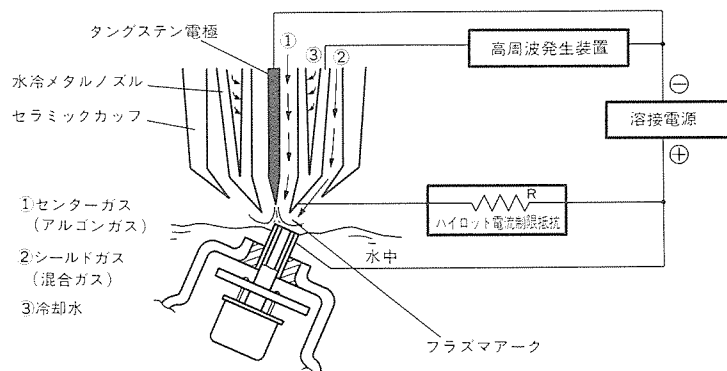


図3. マイクロプラズマによる導圧管溶接

圧力導入のためのキャピラリーチューブを円筒状カバーフランジの底部に溶接接合し、これに内接する円筒状ケースフランジを挿入している。さらに、このケースフランジと感圧素子を絶縁するためのガラスモールドの電気絶縁介在物を、高圧気密保持するように設けている。

前記半導体感圧素子への圧力導入パイプとシリンダパイプ先端部とはマイクロプラズマ精密溶接をほどこしている(図3参照)。さらに、これらの上部に冷媒温度補償増幅と感圧素子のオフセット、スパン調整を行う回路を、小型両面チップ実装基板上で実装している。これらは、キャピラリーチューブとカバーフランジ、感圧素子とケースフランジを先に組み立て、後から、おわん重ねで構成できるよう組立性を考慮している。

#### 4. 課題の解決

##### 4.1 感圧素子の高耐圧化

図4は感圧素子とそのエレメントを示している。周辺固定円形ダイアフラムに生じる応力は、一定変位内では圧力に比例するが、ダイアフラムの変位が大きくなるとバルーン効果と呼ばれる現象のため、ダイアフラムに生じる応力は圧力に比例しなくなる。そのとき、圧力と応力の関係には非直線性が生じる。一方、ダイアフラムに生じる応力がシリコンの破壊応力を超えると、ダイアフラムは破壊する。また、感圧素子の感度を高くするためにはダイアフラムの厚みは薄いほどよいが、これらのバランスは非直線性と破壊耐力の相互関係により、おのずと制約が生じる。

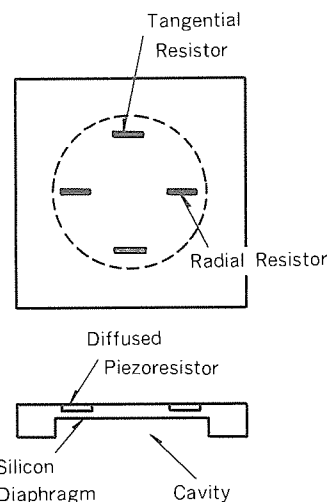
ダイアフラムの変位 ( $W$ ) とダイアフラムの厚み ( $h$ ) の比 ( $W/h$ ) は、式(1)で表される。

$$W/h = K \cdot a^4 / h^4 \cdot P \quad \dots\dots\dots(1)$$

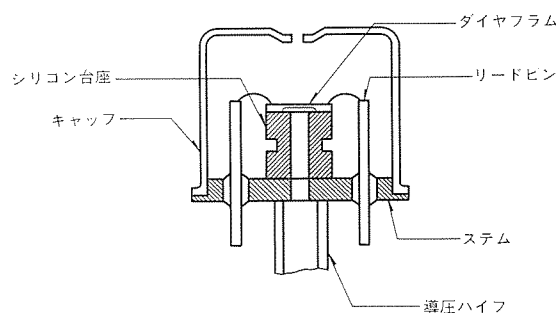
ここで  $K$ : 定数,  $a$ : ダイアフラムの径,  $P$ : 圧力

例えば、ダイアフラムの半径が1mmの場合について、非直線性1%以下又はダイアフラムの破壊が生じないことを条件にした場合、ダイアフラムの厚みと測定可能圧力の関係は図5のように表される。図から圧力範囲が5 kg/cm<sup>2</sup>以下の場合非直線性の改善が有効であり、圧力範囲が5 kg/cm<sup>2</sup>以上の場合ダイアフラムの破壊の改善が有効であることがわかる。今回の冷媒用半導体圧力センサは圧縮機高圧吐出側での使用であるから、5 kg/cm<sup>2</sup>以上で使われるので、ダイアフラムの破壊の改善が高性能化に有効である。

今回の周辺固定型ダイアフラムに生じる応力は固定端で最大になる。そこで、曲率半径100μm以上の場合における応力集中の緩和効果について検討した。図6に示す有限要素法による解析結果をもとに、



(a) ダイアフラム



(b) 感圧素子エレメント

図4. ダイアフラムと感圧素子

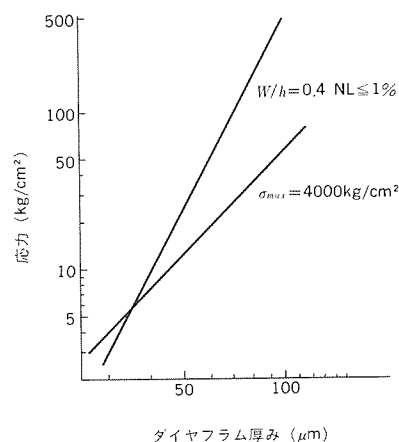


図5. ダイアフラム厚みと応力非線形性の関係

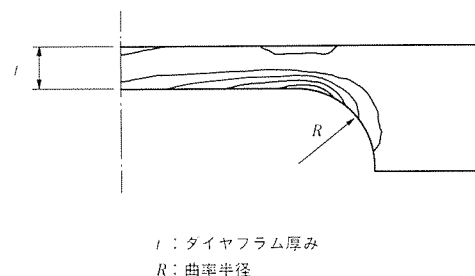


図6. ダイアフラムの強度分析



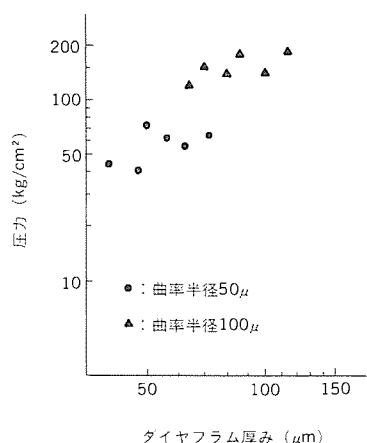


図7. ダイアフラム厚みと破壊圧力

破壊圧力の2～3倍の改善を行った。ダイアフラムの厚みと固定端の曲率半径を変えて、ダイアフラムの破壊圧力を調べた結果を図7に示す。

#### 4.2 耐振動・耐衝撃性の向上

シリコンを基材とするダイアフラム、台座そして金属ステムと導圧パイプをAu-Si溶接して構成した感圧素子エレメントは、そのままでは振動、衝撃に非常に弱い。これらの構成部品に異方向の応力ひずみがかかると、ダイアフラムや台座はクラックを生じて圧力リーク等の不良が生じやすい欠点がある。そこで、図8に示すように、感圧素子エレメントを圧力センサ内で固定する方法として、一般的に用いられるであろう同図(a)の方法ではなく、導圧パイプのみでケースフランジに固定し、導圧パイプをばね定数 $k$ による自由振動モデルにみたてた同図(b)の構造を採用した。感圧素子の質量を $m$ としたとき、振動伝達率は $k/m$ の関数比により、飛躍的に減少し、例えば従来十数センチからのコンクリート床面落下衝撃テストで、台座部のクラック不良が生じるものが表れていたのが1m以上のXYZ方向の落下衝撃に耐えるなど、耐振動性も含め、民生用の冷媒用半

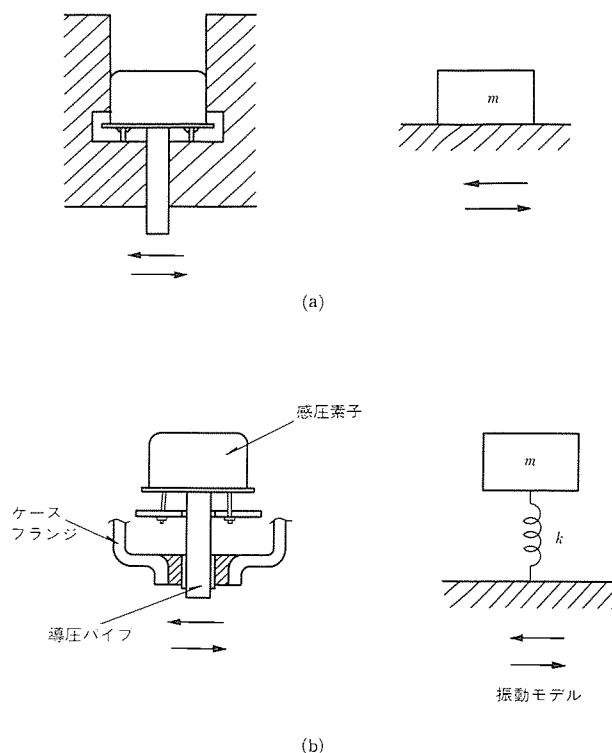


図8. 耐振動・衝撃対策モデル

導体圧力センサとしての実用域に達することが可能となった。

#### 5. 回路構成

民生用空調機のセンサ部品として圧力を電気量に変換し、増幅機能を持つものを得るには、低コストで精度、調整の簡易性とコンパクト化が重要である。一般に半導体感圧素子は半導体ウェーハ酸化蒸着工程により製造され、圧力というアナログ量検知に使用する性格上、素子レベルでのスパン電圧、オフセット電圧のばらつき及び

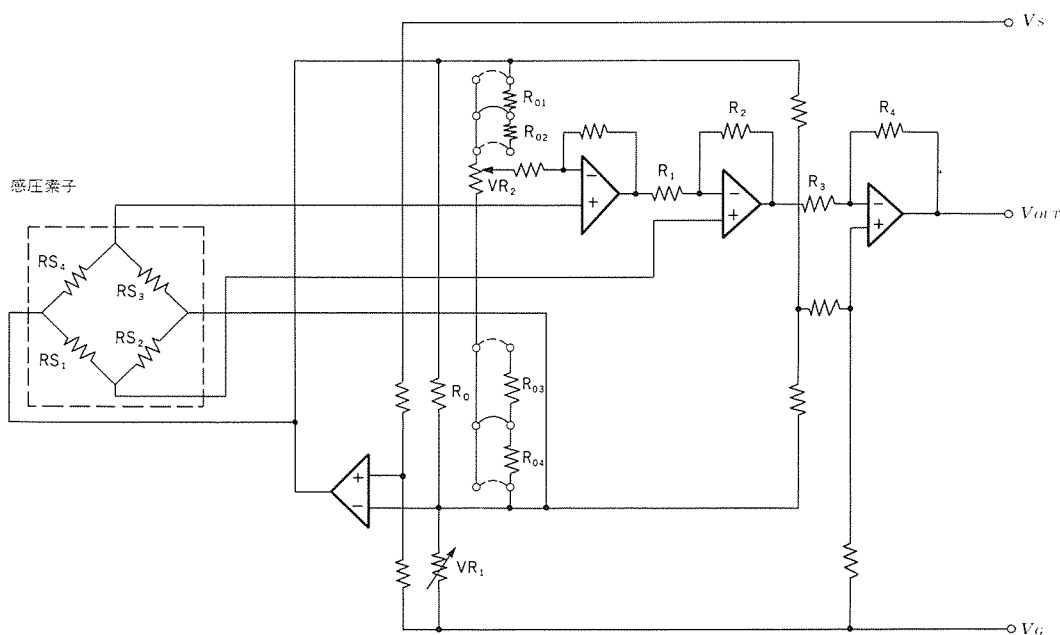


図9. 冷媒用半導体圧力センサの温度補償・増幅回路

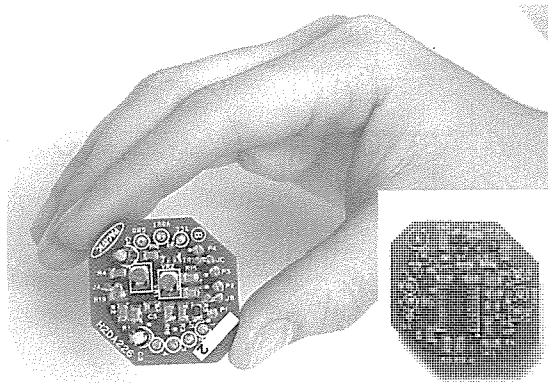


図10. 冷媒温度補償増幅回路基板 (右下図は基板裏面)

その温度変化特性が非常に大きくならざるを得ない。そこで、それぞれの温度補正 (冷媒温度として $-30 \sim +100^{\circ}\text{C}$ ) を含めて、シンプルでかつ感圧素子と一体組み込みで、調整・増幅する回路とし、センサ内でそのばらつきを吸収することとした。図9に今回の冷媒用半導体圧力センサの温度補償増幅回路を示す。

感圧素子 $\text{RS}_1 \sim \text{RS}_4$ のブリッジに流れる電流は、オペアンプで構成される定電流回路で $\text{VR}_1$ の調整のもとで一定に保たれる。感圧素子出力電圧は素子の基準温度特性と、駆動電圧の温度特性で表せられるので、感圧素子ブリッジの電圧出力を $V_P$ として近似すると、

$$V_P = \{ V_{\text{OFF}} (1 + \eta t) + K_0 \cdot P \cdot \frac{1}{1 + \beta t} \} \cdot V_B (1 + \alpha t) \dots\dots\dots (2)$$

で表される。

ここで  $V_{\text{OFF}}$ : オフセット電圧 ( $V_B = 1\text{V}$ 時)

$P$ : 圧力

$V_B$ : ブリッジ間電圧

$t$ : 感圧素子部温度 (冷媒温度)

$\eta$ : オフセット電圧の温度係数

$K_0$ : 圧力感度係数

$\alpha$ : ブリッジの抵抗温度係数

$\beta$ : 感度温度係数

である。

差動増幅回路を含めた電圧出力を $V_{\text{OUT}}$ とすると、

$$V_{\text{OUT}} = V_P \cdot K_2 \cdot K_3 + (k_2 - k_1) V_{\text{CC}} \cdot K_3 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{ここで } K_2: \frac{R_1}{R_3}$$

$$K_3: 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$k_2 - k_1$ : 前後段の増幅器の基準電圧差

$V_{\text{CC}}$ : 感圧素子への印加電圧

となる。ここで、式(1)において抵抗 $R_0$ を接続したときの見せかけの抵抗温度係数を $\alpha'$ として、 $\alpha' = \beta$ となるよう、周辺の並列抵抗を含めて $R_0$ を選択する。また、オフセット電圧の温度係数 $\eta$ は、精度の許容値の中で吸収することとし、さらに $V_{\text{OFF}}$ のオフセット電圧と、 $(k_2 - k_1)$ の増幅器の基準電圧差をオフセット調整ボリューム $\text{VR}_2$ で調整し、0となるよう定数をさだめるとすると式(3)は、

$$V_{\text{OUT}} = K_0 \cdot P \cdot V_B \cdot K_2 \cdot K_3 \dots\dots\dots (4)$$

と簡易近似化される。よって、圧力感圧素子の励起電圧が温度依存性を持つ場合でも、この回路において温度補償を行いつつ圧力に比例した電圧出力を得ることを可能にしている。

ここで、 $R_{01} \sim R_{04}$ は $R_0$ の並列合成抵抗値を変えることなく、オフ

セット調整ボリューム $\text{VR}_2$ の可変幅をシフトし、感圧素子のオフセットばらつきの大きさに対応する役割を持っている。

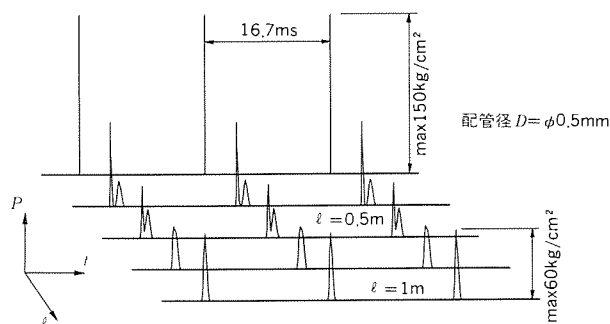
図10はこの回路基板を示す図である。小型化のため両面チップ実装を行った。最初のリフロー面に $230^{\circ}\text{C}$ の高温はんだを、反対面は $215^{\circ}\text{C}$ の低温はんだを使用した。小型基板のため、自挿効率が悪くなるので6枚一括の基板として製作し、分割して使用している。

## 6. 評価

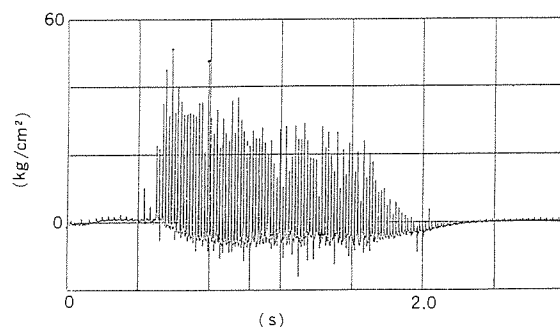
冷媒用半導体圧力センサは冷凍サイクル特有の高温から低温域の

表2. 冷媒用半導体圧力センサの評価項目

項目	試験条件
圧力-出力特性	圧力範囲 $0 \sim 30\text{kg}/\text{cm}^2$ 冷媒温度, 周囲温度 $25^{\circ}\text{C}$ で測定
冷媒温度圧力特性	感圧素子部を冷媒温度 $-30 \sim +100^{\circ}\text{C}$ での 圧力-出力特性測定
破壊圧力テスト	$100\text{kg}/\text{cm}^2$ までを加圧する (約3s)
耐圧テスト	油圧 $55\text{kg}/\text{cm}^2$ 3分間加圧
圧力サイクルテスト	$0 \sim 35\text{kg}/\text{cm}^2$ $10^6$ 回実施
気密テスト	加圧状態にてハロゲン リークデテクター $1 \times 10^{-6}\text{STD cc/s}$ 以下
高温特性試験	$80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (雰囲気温度) 連続1,000h
低温特性試験	$-30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ( // ) //
ヒートショック	$-30$ (1h) $\longleftrightarrow$ $80^{\circ}\text{C}$ (1h) 200サイクル
振動テスト	$20 \sim 200\text{Hz}$ 5G 3分間スイープ XYZ各々2h
絶縁抵抗	DC500V メガオーム計にて計測
耐電圧テスト	AC1,500V 1分間, AC1,800V 1秒間 (ただし, 装置組み込み評価)
雷サージテスト	$1.2 \times 50\mu\text{s}$ 正負3回6kV (ただし, 装置組み込み評価)



(a) シミュレーション計算グラフ



(b) 実測値グラフ

図11. 圧縮機サージ圧のシミュレーションと実測値

温度変化と、高圧圧力下、高度な気密を保持し、かつ耐振動性と圧縮機への液バック・サージ圧耐力を要するなど過酷な環境条件で信頼性を保たなければならない。表2はこのセンサの評価項目と試験条件の抜粋である。表2以外に耐冷媒・耐冷凍油性、冷媒の液化時における電気絶縁性、耐湿、耐水性、結露、衝撃テストそしてサージ圧耐力テストなどがある。これらの試験前後の圧力-出力特性、気密性、電気絶縁性が判定値以下であることを確認している。

図11は前記のサージ圧耐力テストの試験条件を決定するのに使用された、圧縮機サージ圧のシミュレーション結果とその実測値を示すものである。圧縮機の液バック異常起動時のシリンダヘッド部で $\text{max}150\text{kg}/\text{cm}^2$ の異常高圧から、配管径 $0.5\text{mm}$ 、配管長 $1\text{m}$ の吐出側での冷媒用半導体圧力センサ取付想定部では、圧縮機の回転周期に同期して、 $\text{max}60\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度に減衰することを流体管路伝達CAEプログラムにて算出している(図11(a))。また、これを実際にセンサを同条件で取り付け、液バック再現実験を行ったところ、図11(b)に示す実測値グラフのように $\text{max}54\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度を記録するなどシミュレーションと類似していることがあらためて確認できている。

## 7. 応用例 デマンドインバータ マルチエアコン

### 7.1 本システムの概要

冷媒用半導体圧力センサの応用例として、ここで紹介する“デマンドインバータ4室・3室マルチシステム”は、1台の室外機に最大で4台若しくは3台の室内機を接続でき、個別運転はもちろん、

室外機の容量( $8,000\text{kcal}/\text{h}$ と $10,500\text{kcal}/\text{h}$ )までの範囲で複数台の室内機を同時運転できるタイプのマルチエアコンである。このエアコンの最大の特長はシステムの構成自由度が極めて高いことであり、接続する室内機の形態や容量が使用する空調空間に合わせて自由に選択できるものである。すなわち、室内機はカセット型、天埋型、壁掛け型、天つ(吊)り型、床置型の5タイプで、25型( $2,500\text{kcal}/\text{h}$ )から71型( $7,100\text{kcal}/\text{h}$ )の範囲の容量が選択でき、合計容量は室外機容量の約1.5倍まで接続できる。配管接続は室外機分岐方式を採用し、各室内機とも許容配管長は $30\text{m}$ で高低差も $20\text{m}$ とし、このクラスの室内機容量では十分な施工性を確保している。図12に

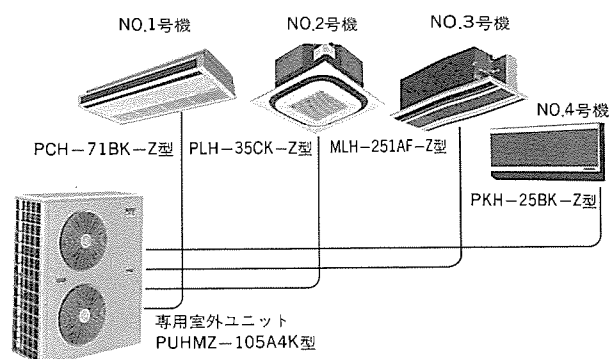


図12. 基本システム例  
(デマンドインバータ<4室>105マルチシステム)

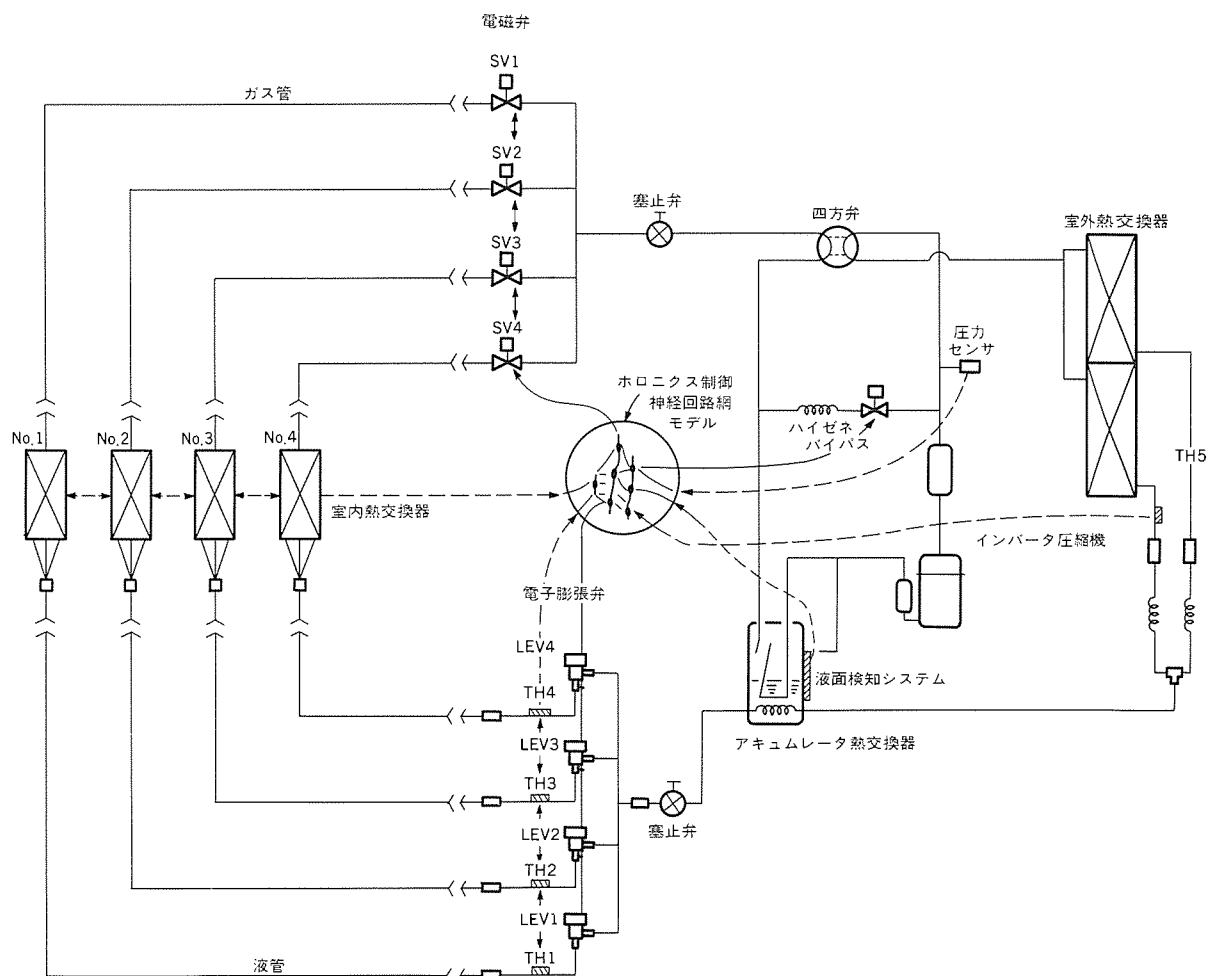


図13. マルチホロニクス冷凍サイクルの構成

基本システム例を示す。

## 7.2 冷媒用半導体センサの役割

冷凍サイクルの制御において各部の温度や圧力を精度良く検出することは、サイクルの収束性及び安定性を高める上で非常に重要な役割を果たす。直接圧力を検出するセンサは従来から産業計測用として高価なものが存在しているが、いずれも形態が大きい点やコスト面で空調機には適さず、圧力の検出方法としては飽和温度生成回路による代替方式が一般に採用されてきた。しかし、この方法は広範囲の圧力を精度良く検出することが困難であり、また温度による検出のため追従性も悪くその応用範囲も限られている。今回開発した冷媒用半導体圧力センサは、マイコンによる空調機の制御用として十分な使用圧力範囲と精度が確保され、圧力応答にも高速追従して検出可能であり、様々な制御への応用が期待できるものである。

製品への応用の第1弾としてインバータを搭載したマルチタイプエアコンの高圧圧力検出用に採用した。冷媒用半導体圧力センサはインバータによる圧縮機の容量制御、電子式膨張弁による冷媒流量制御、圧縮機の許容運転範囲の監視などに応用している。

暖房時には空調負荷条件や室内機の運転台数が変化しても、常に一定の高圧圧力を維持するように圧縮機の運転周波数を制御し、吹出し温度を所定値に保つことにより快適性を確保している。また、高圧圧力と各室内機に対応する液管温度から算出した過冷却度により、電子式膨張弁を制御するため各室内の負荷に応じた冷媒の流量制御が行われる。冷房時は蒸発温度により周波数制御を行うが、常に高圧圧力を監視し、圧力の許容範囲で最大の能力を引き出せるように制御している。また、冷暖ともに吸込温度と設定温度の差により目標圧力及び目標蒸発温度を設定し能力制御を行うため、負荷に追従した能力制御が可能となり、必要時にはフルパワーで、また室温が設定値に近づくと自然に周波数が低下し、インバータの特長である省エネ運転が実現できている。

## 7.3 新冷凍サイクル（マルチホロニクス）の実現

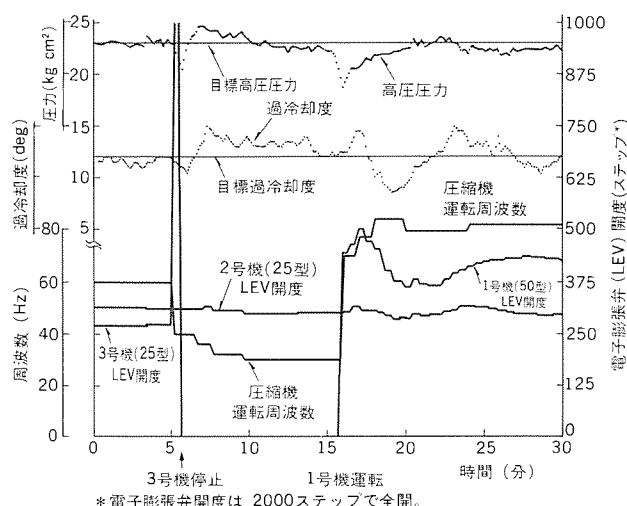


図14. 室内ユニット追加、減少時の暖房運転特性 (PUHMZ-105A3 K50型+25型+25型の場合)

図13は冷媒用半導体圧力センサを応用し、新規に開発された冷凍サイクルである。

マルチタイプエアコンの定常運転はもちろんのこと、運転開始時や室内機の運転停止などによる過渡運転時にもシステムが安定した動作を行うマルチホロニクス制御方式を開発した。人間の頭脳の神経回路網モデルを空調機の制御に応用したものである。すなわち、各センサの値は瞬時値だけでなく、過去の値もマイコンに記憶し、経時変化を考慮してシステムの動きを推測し、各アクチュエータ(膨張弁等の制御機器を意味する)の相互に及ぼす影響を加味しながら、複数のアクチュエータを同時に適正に制御することによりスピーディで安定した調和のとれたシステム制御が実現できるものである。

図14は暖房運転を行い室内機を運転停止させたときの特性を示したものである。室内機の追加減少いずれの場合にも高圧圧力は目標圧力となるように、圧縮機の運転周波数及び電子式膨張弁が制御され、大きな乱れもなく、素早い収束性を示している。また、過冷却度も常に一定目標値に制御され、適正な冷媒流量が確保されていることを示しており、冷媒用半導体圧力センサの有効性が実証されている。

## 8. 今後の動向

マイコンが10年足らずの間にほぼすべてのエアコンに使われるようになり、今後は機器のインテリジェント化に向けてセンサ、アクチュエータの高度化が進むと思われる。今回の冷媒用半導体圧力センサも高精度、小型化を目指して集積化が進み、周辺回路をダイアフラム周辺に配設し、将来完全1チップ化が図られると思われる。さらに、温度補償、ダイアフラム特性調整などをチップ内で自動化する方法も研究されている。

また、応用分野において小型なインバータルームエアコンでは圧縮機吐出側高圧圧力の限界管理による高温吹出しの実現、大型冷凍機では圧縮機吸入圧力検知を行い周囲温度の変化に合わせ圧力設定値を保持し、蒸発温度を最適に保つことや、冷却負荷変動に応じた圧縮機の容量制御を行うなど、省エネ運転に役立っていくことが考えられる。

## 9. むすび

以上、この論文では冷媒用半導体圧力センサの開発経過とその冷熱分野での応用例を述べてきた。このセンサは当社の技術供与により、太平洋工業㈱に製造販売を依頼している。その際、圧力センサの評価、製造方法などに種々御協力いただいた太平洋工業㈱制御機器事業部近藤武史氏、及びその他の関係各位に対し深く謝意を表する次第である。

## 参考文献

- (1) M.Bessho, et al: High Reliability High pressure Sensor for Automotive Use, SAE Technical Paper 870289 (1987)
- (2) 木村ほか：インバータ制御冷凍機、三菱電機技報、59, No.5 (昭和60)

## オフィスコンピュータ《MELCOM 80 GEOCシリーズ》の開発思想

高橋文平\*

## 1. ま え が き

今年は当社がオフィスコンピュータ（以下、オフコンと称す）《MELCOM 80シリーズ》を発売してから、満20周年を迎えている。

発売当時は伝票発行を主体とした業務を行っていたが、今日では企業経営の中核機として活用されている。この間、ユーザーからの各種の要請を受け、オフコンは猛烈な勢いで機能・性能の向上を果たし、従来、汎用計算機でしかできなかった規模のシステムにまで適用範囲を拡大してきた。

そして、20年間の実績と経験に基づき、当社のオフコンは昭和62年4月にシリーズを一新し、《MELCOM 80 GEOCシリーズ》（以下、GEOCシリーズと称す）として登場した。GEOCシリーズは多様化するニーズにこたえ、「柔軟な広がりと変化への対応」をキャッチフレーズとし、七つのシステム理念と三つの基本設計思想を提唱し様々な機能を提供している。

本稿では、オフコンが従来からある「使いやすさ」の面を生かし、企業の情報処理における中核コンピュータや部門コンピュータの位置づけで伸展してきた現在までの姿とGEOCシリーズの開発思想を記す。

## 2. オフコンの現状

## 2.1 当社のオフコンの歴史

オフコンの歴史は昭和43年1月に当社が《MELCOM 81》を登場させたことに始まる。

当時、コンピュータといえば汎用計算機しかなく、しかも一部の大企業で稼働しているだけで、中小企業では会計機が全盛であった。そこへ外観は会計機だが、機能はコンピュータで1,000語の記憶容量をもち、データ収集分析や元帳作成のできる機械が登場した。

この機械は会計機のもつ「使いやすさ」とコンピュータのもつ計

算、データの蓄積などの機能を兼備しており、以後「使いやすさ」がオフコンの伝統的特長となっていく。その後、磁気ディスクシステムができ、記憶容量の拡大による大量のデータ処理が行えるようになり、さらに昭和47年マルチペリリング ターミナルを備えたオフコンが登場し、マルチ処理機能による伝票発行システムへと進展する。昭和49年には、いよいよオペレーティング システムを備えたオフコンが登場した。周辺機器も豊富にとりそろえられ、ネットワーク機能も付加され、オフコンの「使いやすさ」を更に増す簡易言語プログレスが登場したのはそのころである。

オフコンは時代のニーズを先取りし、昭和55年には日本語処理のできる機械が登場した。さらに、CODASYL型のデータベースシステムDMS-3も提供されるようになった。

そして、半導体技術の進歩と高度情報化社会の要請を受け、業界に先駆け、昭和58年に32ビットプロセッサを搭載したオフコン《MELCOM 80モデル500》が登場した。ここで、性能、容量とも一挙に拡大し、リレーショナル データベースシステム、パソコンやワークステーションと有機的結合を行うマイクロ メインフレーム リンケージ、トランザクション処理、エンドユーザーが直接操作できる第四世代言語デュエットなどを含んだ、オペレーティング システムDPS10が提供され、高度なオフコンへと進展している。

さらに、昭和62年には《MELCOM 80シリーズ》は国内最大級のオフコンシステム 80G やVLSIを採用し、小型化を図ったシステム 10Gへと上下方向に展開し、新たに《MELCOM 80 GEOCシリーズ》として登場した。

## 2.2 オフコンの利用形態の変化

オフコンの最初の利用形態は、伝票発行と元帳処理であった。今日というワークステーション1台とプリンタ1台の構成からスタートした。これがワークステーションが複数台となり、対象業務も単純な伝票発行から、企業の財務・会計、販売、生産、資材、人事・

表1. 《MELCOM 80》の歴史における主要機種の種類

機 種	MELCOM 81	MELCOM 83	MELCOM 80/31	MELCOM 80/38N	MELCOM 80 OFFICELAND システム48B	MELCOM 80 OFFICELAND モデル500	MELCOM 80 GEOCシリーズ システム80G
出荷期日	昭和43年	昭和44年	昭和49年	昭和54年	昭和57年	昭和58年	昭和62年
主メモリ容量 (最大)	6Kバイト	6Kバイト	64Kバイト	512Kバイト	4Mバイト	8Mバイト	32Mバイト
ディスク容量 (最大)	—	60Kバイト	336Mバイト	1.8Gバイト	1.8Gバイト	3.3Gバイト	6.4Gバイト
接続 ワークステーション台数 (最大)	キーボード プリンタ 1台	キーボード プリンタ 1台	32台	32台 (このほかにオンライン 接続のワークステーションあり)	32台 (同左)	32台 (同左)	128台 (同左)

労務といった基幹業務へと広がっていった。これに伴い、データファイルの容量も拡大し、キロバイトの世界からメガバイトの世界へと拡大し、現在ではギガバイトの時代に入っている。

対象業務の幅も広がり、扱うデータ量も増加していくと、従来、汎用機の得意としていた一括処理形態や多重処理形態にも適用できるようハードウェア及びオペレーティングシステムの改善が図られた。オフコンは企業内の各組織（支店、営業所、工場）にも導入され、それぞれの場所の業務をこなす、相互にオンラインで結び企業内総合情報システムへの確立へと寄与していく。

さらに、電気通信法などの改正などにより、企業と企業を結ぶネットワークシステムの構築が容易にできるようになると、流通業分野に導入されていたオフコンは、ネットワーク機能の強化を求められ、高速、多回線通信処理可能なオフコンへと変身し、企業グループの情報の系列化によるVAN（Value Added Network）システムの構築も可能としている。

この間、登場したオフコンの規模は技術の変化とともに大きく変遷している。主要機種の主メモリ容量、ディスク容量、ワークステーション接続台数について表1に示す。

## 2.3 オフコンに求められる企業経営管理システム

変化と多様化の時代にあって、企業が求める経営情報管理システムは、次のようにとらえることができる。

- (1) よけいな人手をかけずに定型業務を迅速にかつ正確に処理できること。
- (2) 経営資源として活用できるよう、有用な情報を簡単に抜き出すことができること。
- (3) 顧客情報や単品情報などの個別情報とその変化を様々な角度でとらえることができること。
- (4) 情報を発生現場でとらえ、コンピュータの専門管理部門に頼まなくても、その場で必要に応じた加工処理ができること。
- (5) システムがグレードアップしても、それまで蓄積された情報資源（情報とそれを扱うプログラムなどの手続き）を継承できること。
- (6) 経営の変化（事業の拡大、業態の変化）に素早く対応できるようにシステムの変更が容易なこと。

例えば「①突発的な業務が発生したとき簡単な操作で情報の処理ができること。②新しい業態へ対応したシステムの設計が素早くできること。③情報の処理能力が一杯になったとき、簡単に拡大できること。」である。

- (7) 支店や取引先のシステムとネットワークにより結合し、簡単に情報の共用活用ができること。
- (8) 小型でコンパクトで、どこでも自由に設置でき、また移設も容易なこと。

以上を一口に言えば「企業経営を遂行する人々が、小さな変化を読み取り、経営のかじ取りをするために、各種の処理手段を提供し、経営の拡大に対しても、経営情報管理システムも素早く対応し拡大できるシステム」ということになる。

## 3. GEOCシリーズの開発思想

この章では情報処理をとりまく環境における市場ニーズを満たすべく開発されたGEOCシリーズのシステム理念、それに基づく基本設計思想とオペレーティングシステムDPS10の主要な特長について記す。

### 3.1 GEOCシリーズの七つのシステム理念

- (1) 柔軟に広がるシステムを提供すること。

機種レパートリーの幅が広く、小さなシステムから大きなシステムまで提供すること。さらに、これらを組み合わせ一層大きな規模のシステムを構築できること。また、これらの機種の上で蓄積された情報資源（情報とそれを扱うプログラムなどの手続き）はシリーズ内でそのまま継承されること。

- (2) 情報資源を経営資源として活用できること。

企業をとりまく情報や、企業活動により発生する情報を蓄えておき、個々の情報をエンドユーザーが直接それぞれの立場（見方）で情報資源を扱い、経営資源として活用できるよう、加工できること。このために、情報を様々な角度から扱うことのできる“リレーショナル データベースシステム”を提供すること。

- (3) 企業環境の変化に対応すべく多様な処理手段を提供すること。

企業の規模の変化に応じ、情報処理システムの機器の移設、増設を容易に行えるローカルエリア ネットワークや、非数値情報を扱えるイメージ処理機能や、32ビット化により一度に大量の処理ができる環境などを提供すること。さらに、それぞれの部門に必要な機器を簡単に接続できること。

- (4) 企業構成要員全員がシステム運用できること。

メニュー方式を取り入れ、操作が簡単であること。ワークステーション上での簡単な操作により、情報の処理ができること。情報の共有や情報の専有が簡単に組織化できること。

- (5) 場所や空間を越えてシステムを構築できること。

企業内外の情報処理システムと結合し、情報の共用活用ができるようネットワーク機能を提供するとともに、その運転、保守をネットワークを通じて行える機能も提供すること。

- (6) ゆとりの時間を生み出すこと。

システムの設計・開発・運転・保守にたずさわる人々にゆとりの時間を生み出すためのシステム設計・開発支援環境や、システム運転支援環境を提供すること。

- (7) 安全性を確保すること。

経営情報の機密保護のために、情報を扱えるユーザーの限定、端末機の限定、パスワードの設定などの機能を提供すること。また、情報資源が格納されているコンピュータシステムの信頼性を保持するためにRAS（Reliability, Availability, Serviceability）機能を提供すること。

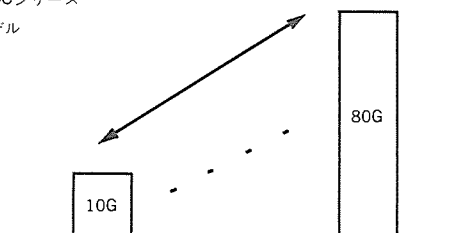
### 3.2 GEOCシリーズの三つの基本設計思想

GEOCシリーズは、前記のシステム理念を踏まえ次の三つの基本的思想に基づき構築されている。

- (1) シングル アーキテクチャ

GEOCシリーズは、主メモリ容量4 Mバイト、ディスク容量74Mバイトのシステム10Gから、主メモリ最大32Mバイト、ディスク容量6,400Mバイトのシステム80Gまでの4モデルで構成されている。これらのモデルはすべて、単一のオペレーティングシステムDPS10が用いられていることから、どのモデルでもプログラム、データ、オペレーションは同一である。したがって、適用システムの規模に応じ、幅広いモデルの中から選択でき、さらにシステムの規模が大きくなり、モデルを変えても情報資源（情報とそれを扱うプログラムなどの手続き）を一切変更せずそのまま継承できる。また、複数のモデルで構成したシステムでも情報資源は共通化でき、システム運営が統一されるという利点もある。図1にGEOCシリーズにおける最小システムの10Gと最大システムの80Gの構成規模を示す。

M80 GEOCシリーズ  
Gモデル



主メモリ容量	4~8Mバイト	8~32Mバイト
ディスク容量	74~222Mバイト	800~6400Mバイト
ワークステーション	1~8台	1~128台
通信回線	1~16回線	1~64回線

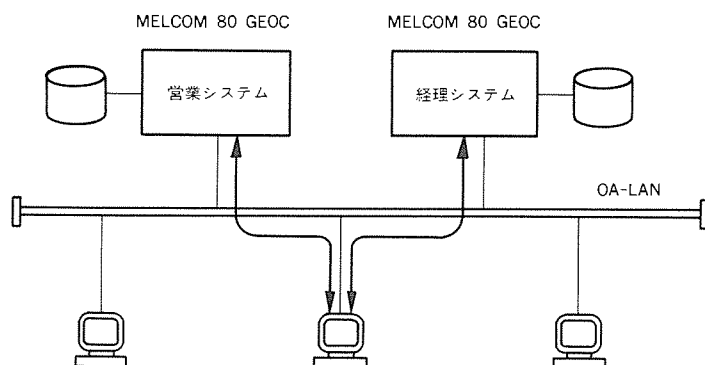
図1. シングルアーキテクチャ  
(システム10Gと80Gの構成規模)

## (2) ビルディングブロックアーキテクチャ

複数のオフコンをローカルエリアネットワーク (GEOCシリーズでは“OA-LAN”と呼称)でブロックを積み上げるように結び相互に情報の交換ができることと、接続されたワークステーションから複数のオフコン (ホスト) を選ぶことのできる“マルチホスト機能” (図2)を提供している。従来は業務量の増加に合わせてオフコンをレベルアップし、拡張を行っていたが、このことにより今までのオフコンはそのままにし、業務の増加分に合ったオフコンを増設するだけで簡単にシステム拡張ができる。さらに、特に高い信頼性を必要とする場合には一つのシステムを複数のオフコンで構成することにより、その内の一つに障害が発生しても、縮退運転によりシステムの運用を継続させることができる (図3)。

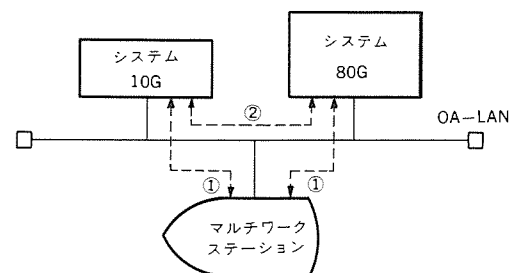
## (3) インテグレーションアーキテクチャ

ワークステーションとの結合により、オフコンのもつデータベースや一括処理機能と、ワークステーションのもつ文書処理、作図、作表などの機能を統合化したユーザーフレンドリーな統合OAシステムを提供している (図4)。このとき、ワークステーション上ではホストであるオフコンに対するコマンドを意識しないで操作のでき



経理システムに障害が発生しても営業システムは、そのまま動かすことができる。

図3. マルチホスト機能 その2 (危険分散)



- ① ワークステーションの操作で、システム10Gと80Gを切り替えて使うことができる。
  - ② システム10Gと80G間で互に相手方のファイルにアクセスできる。
- (ホストを自由に切り替えてより多くの業務をこなす)

図2. マルチホスト機能 その1 (業務分散)

る環境が提供されている。

## 3.3 DPS10の主要な特長

DPS 10は32ビットオフコンのオペレーティングシステムとして提供される。その主要な機能は次のとおりである。

- (1) 均一化されたシステム構成要素と幅広いシステム構成能力
  - モデルラインアップに合わせたシステム構成を組める。
  - カストマ入出力装置の接続が容易にできる。
- (2) 情報資源を経営資源として活用できるリレーショナルデータベース
  - 多重インデックスシステム
  - データベースアクセス用の第四世代言語デュエット
  - データベースのリカバリーシステム
- (3) ユーザーフレンドリーな開発支援環境
  - 蓄積・再利用型のシステム開発支援ツールPRODUCE
  - 万能簡易言語プログレスII
  - 第四世代言語デュエット
- (4) 円滑なシステム運営のための運転支援環境
  - 1年分のカレンダーを持つ自動運転機能

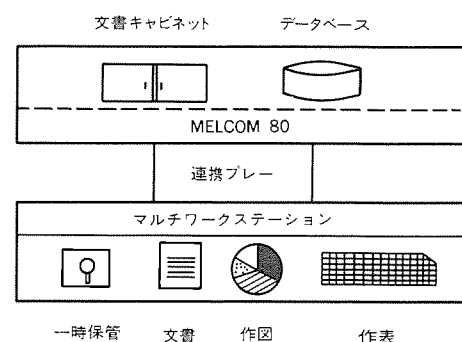


図4. オフコンとワークステーションを統合化した  
インテグレーションアーキテクチャ

- 遠隔地に設置されたオフコンのプログラムやデータを保守するDS-NET
- システム診断・評価ツール
- (5) 自由に結べるコンピュータネットワーク
- MNA-P
- 端末エミュレータ
- オンライントランザクション処理システム
- データベースの分散化システム
- (6) システムの信頼性を高める各種機能
- 二重系システム
- リカバリーマネジメントシステム

## 4. オフコンの今後の展望

オフコンはこれまで機能と性能を追求し、その使いやすさを伝統的な特長とし、ニーズに柔軟に対応してきた。今後もオフコンは、ますます多様化する要求に対応し、顧客のニーズにきめ細かくこたえることにより「柔軟な広がり」と変化への対応」を可能とし、基本的な伝票処理からより大規模なシステムまでを幅広くサポートしていく。そうした中で、特に経営情報資源としての情報の価値の増大、更にはネットワークによる情報の共有化の進展に対応して行くために、より安全性、保全性、開放性の高いシステムを容易に構築することのできるオフコンの役割は一層高まると考えられる。

### 4.1 安全性 (Security)

安全性はGEOCシリーズの開発思想の一つであることを記した。情報化社会の進展に伴い、コンピュータシステムへの依存度が高くなるに伴い、システムが円滑に運転されること、すなわち、信頼度の高いシステムを蓄積された情報を保護すること、すなわち、きめの細かい機密保護機能が求められている。GEOCシリーズではこれらについて次のような機能が実際のユーザーシステムに適用され、安全性の高いシステムが構築されつつある。

- (1) 演算機構の二重化やシステム立上げ時のマイクロ診断などハードウェアのRAS機能
- (2) ディスクのデュアルポート機構によるデュアルシステム
- (3) データの処理形態にとらわれないファイルリカバリーシステム
- (4) OA-LANによるコンピュータコンプレックスシステム
- (5) 遠隔保守を行うDS-NET
- (6) ファイルシステムの体系化やパスワードによるファイルの機密

保護

- (7) オンライントランザクション処理において相手方の確認を行うコールバックシステム

### 4.2 保全性 (Integrity)

情報資源は今後ますます蓄積されていく。中でも情報を処理するプログラムなどのソフトウェア資産はハードウェアの高性能化に伴い、急激に増加している。これらのソフトウェア資産を継承しつつけていくことが経営資源としての情報資源の保全である。

GEOCシリーズでは、基本設計思想の一つであるシングルアーキテクチャとして、同一オペレーティングシステムDPS 10により実現している。今後、このDPS 10が動く機種レパートリーの幅を広げていくことが進められる。

また、GEOCシリーズを企業の部門ごとに配置したシステムにおいては、どの部門のオフコンでもソフトウェアは共有され、保全性の高いシステムが構築できる。

### 4.3 開放性 (Open Architecture)

ネットワーク化により情報の価値が一層高まることが認識されつつあり、GEOCシリーズでは種々の異機種コンピュータとの接続を実現している。さらに、ますます強まるネットワーク化ニーズに対し、各メーカーでは国際標準であるOSI (Open System Interconnection) に基づいたネットワークシステムの開発が推進されている。

また、多様化する入出力機器の接続に対してもGEOCシリーズでは、標準インタフェースの開放を行い、カスタマイズの接続を行っている。

今後、情報を処理するプログラムなどの応用ソフトウェアの流用について求められ、各メーカー間のソフトウェアの開発環境、運転環境の共通化が大きな課題となっていくであろう。

## 5. むすび

《MELCOM 80 GEOCシリーズ》は七つのシステム理念と三つの基本設計思想に基づき、多様化するニーズにこたえている。中でも、「安全性」、「保全性」、「開放性」を一層強調してゆき、高度化する情報化社会における情報のネットワーク化への期待にこたえるべく、コンピュータそのものの機能や性能向上の開発だけでなく、これを提供し使っていただき、さらにシステムの変化に柔軟にこたえていくという仕組みを含めた情報処理システムのサービスの開発も図っていききたい。



# 《MELCOM 80 GEOCシステム80G》のハードウェア

朝比奈保\* 西田憲治\*  
稲坂朋義\* 川上 博\*  
橋詰雅樹\*

## 1. ま え が き

《MELCOM 80 GEOCシステム80G》は、昭和62年1月に販売を開始以来、好調な受注並びに出荷が続けている。システム80Gは「オフィスに柔軟な広がり」と最適な環境の提供」を開発コンセプトにしている当社オフィスコンピュータ(以下、オフコンと称す)《MELCOM 80 GEOCシリーズ》の最上位機である。VLSIに代表される半導体技術や高密度実装技術を積極的に取り入れるとともに、汎用機などで紹介されている高速化のための方式技術をバランスよく採用することにより、低価格でありながら性能・機能・信頼性において優れたシステムである。以下システム80Gのハードウェアの特長、システム構成、及び性能・機能・信頼性向上のためのハードウェア方式技術について述べる。

## 2. システムの特長

システム80G(図1)は最新のテクノロジーと、32ビットアーキテクチャを駆使して、低価格でありながら性能・機能・信頼性を実現した。

### (1) 処理能力の向上

システム80GではCPU能力を強化するために高速32ビットVLSIプロセッサを使用するとともに、命令実行処理にはパイプライン制御方式を採用した。また、キャッシュメモリを32Kバイトまで基本装備し、かつ命令キャッシュとオペランドキャッシュの二つに分割して命令やデータのアクセスの高速化を行った。これらの最新のテクノロジーと高度なアーキテクチャによって大容量のデータベース処理や膨大な情報量を伴うイメージ処理も高速に処理できる。

### (2) 拡張性の強化

主記憶装置は32Mバイトまで拡張可能とした。固定ディスク装置は6.4Gバイトまで拡張でき、ワークステーションは最大128台まで接続できる。主記憶容量の拡大により、大きなプログラムでも多重かつ高速に実行でき、また周辺装置の拡大により、業務量、業務規模の拡大によるシステムの拡張も余裕を持って行うことができる。

### (3) RAS機能の強化

主記憶装置、ディスク装置へのECC(Error Checking and Correction)機構の装備、レジスタ、バスに対するパリティビットの付加、さらに基本処理装置の演算回路の二重化により信頼性の向上を図った。また、サービスプロセッサを基本処理装置とは独立させて標準装備することにより、障害情報の記録、故障回復、システム診断などをきめ細かく行い、さらに診断情報、障害情報をもとに不良PCA(Printed Circuit Assembly)の指摘を行うなど、可用性、保守性が向上した。

### (4) 操作性の向上

操作性に関しては《MELCOM 80シリーズ》オフコンとして長年培ってきたものを基本とした上で、従来機では制御パネル上のスイッチやランプを使って行っていた操作を、システム制御コンソール

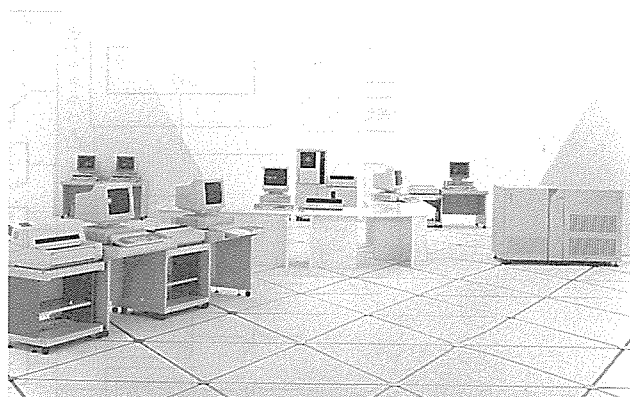


図1. 《MELCOM 80 GEOCシステム80G》の外観

のスクリーンとキーボードを使って行うなどの改善を加えた。さらに、自動運転機能を強化し、システムの効率的な活用を促進した。

### (5) 設置及びシステムの互換性

設置環境は下位機種と同様に、商用電源(AC100V)を使用でき特別な空調設備を必要としない設計とした。互換性については《MELCOM 80シリーズ》のハードウェア、ソフトウェアで長年蓄積されてきた資産の有効活用と、下位機種からの移行を容易にするため、入出力インタフェース、ソフトウェアインタフェースの互換性を維持した。

## 3. システムの構成

システム80Gは中規模システムから大規模システムまで、バランスよく対処できるように配慮している。図2にシステム80Gの構成図を示す。中央処理装置は、主記憶装置、基本処理装置、サービスプロセッサ、高速浮動小数点演算機構、高速チャンネル、低速チャンネルから構成される。

### (1) 主記憶装置(MMU)

主記憶容量は最小8Mバイトから最大32Mバイトまで2M、4M、8Mバイト単位で増設できる。

### (2) 基本処理装置(BPU)

32Kバイトのキャッシュメモリ、高速ファームウェア(F/W)エンジンが内蔵される。付加装置として高速浮動小数点演算機構(FPP)が接続される。

### (3) サービスプロセッサ(SVP)

定時刻オンオフの自動運転機能はサービスプロセッサの基本機能として提供される。付加装置により遠隔地からのリモートオンオフが可能になる。

### (4) 低速チャンネル・高速チャンネル

低速チャンネルバス、高速チャンネルバスは従来機と完全互換となっている。低速チャンネルは基本処理装置内蔵型である。表1にシステム80Gの仕様を示す。

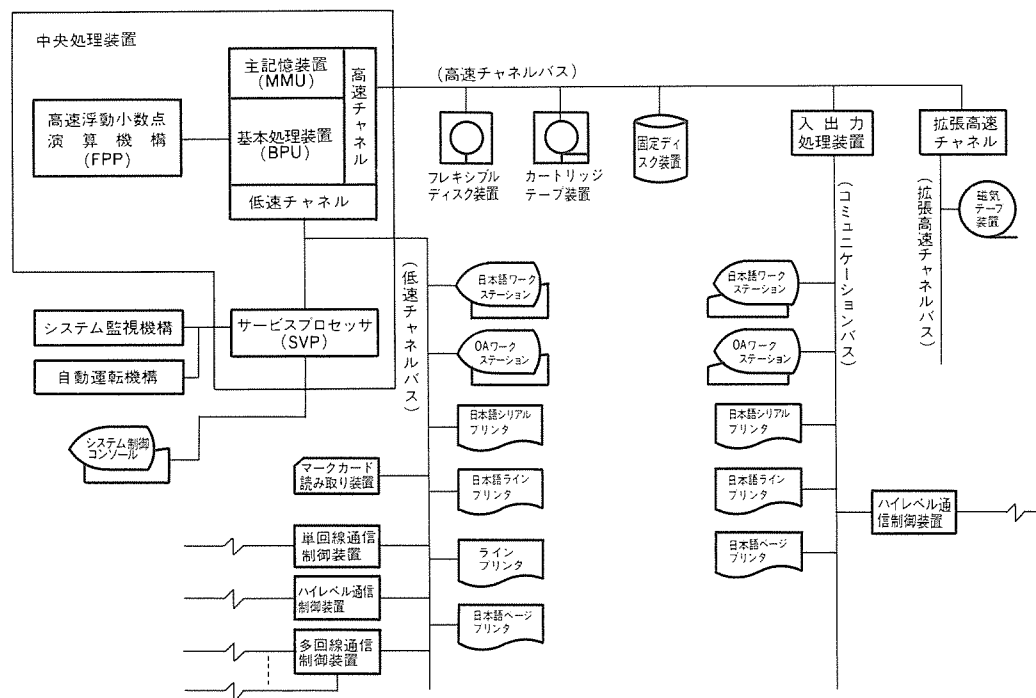


図2. システム80Gの構成図

表1. システム80Gの仕様

項	目	仕 様
主 記 憶 装 置	最 大 容 量	32Mバイト
	基 本 容 量	8Mバイト
	増 設 単 位	2M,4M,8Mバイトのうちいずれか二つ
中央処理装置	高速F/Wエンジン	基本
	キャッシュメモリ	32Kバイト (基本命令16Kバイト/オペランド16Kバイト)
	浮動小数点演算機構(FPP)	ハードウェア方式オプション (ファームウェア方式は基本)
自動運転機能	定時刻オンオフ	基本
	リモートオンオフ	オプション
フレキシブルディスク装置	基 本	5インチ2台 (1台はH/W専用, 1台はシステム用)
	増 設	5インチ又は8インチ1台まで
固定ディスク装置	最 大 容 量	6.4Gバイト
	基 本	800Mバイト(400Mバイト×2台)
	増 設	400Mバイト×14台
W/Sプリンタ	ワークステーション	最大128台
接 続 台 数	プ リ ン タ	最大 96台
磁気テープ装置	カートリッジテープ	20Mバイト(オプション)
	オープンリールMT	29.3Mバイト, 150Mバイト(オプション)
通 信	最 大 回 線 数	64回線
OA-LAN	伝 送 仕 様	CSMA/CD 10Mbps
	伝 送 プ ロ ト コ ル	IEEE802.2/3準拠
構造寸法 (mm)	構 造	床置き
	幅×奥行×高さ	760×700×1000
電 源 仕 様	電 圧	交流単相100±10V
	周 波 数	50/60±1Hz

#### 4. ハードウェア

システム80Gは高度なハードウェア方式技術の採用により、開発

当初の目標性能、機能を実現することができた。以下にハードウェア方式技術上の要点を概説する。

##### 4.1 主記憶装置

###### (1) 高スループットのシステムバス

入出力装置との互換性を維持するための非同期バスモードと、基本処理装置との高速データ転送を行う同期バスモードを同一ハードウェア上で実現した。4バイト幅×4回の16バイト転送モードを実現するために、ニプルモードを持つ主記憶素子(DRAM)を採用した。

###### (2) ECCのオーバラップ処理

8バイト、16バイトの同期転送モードで主記憶装置へのデータの書込みを行う場合、システムバスから送られてくる4バイトのデータに対してECCビットの生成、データとECCビットの主記憶装置への書込みという二つの処理の終了を待ってから次の4バイトのデータをシステムバスから受け取るという方式では、書込みデータ処理が遅くなる。そこでシステム80Gでは、ECCビットの生成と主記憶装置への書込みをオーバラップ処理することにより、書込み時間の短縮を図った。

###### (3) 1MビットDRAMの採用

拡張実アドレス機能の導入により、最大主記憶容量が32Mバイトまで拡張できるようにした。この主記憶容量の拡大に対応するため、主記憶素子として1MビットDRAMを採用した。

##### 4.2 基本処理装置

###### 4.2.1 高速32ビットVLSIプロセッサ

基本処理装置の性能を強化するために、演算回路部には高速バイポーラ32ビットVLSIプロセッサを採用した。また、演算回路部は二重化し、両方のプロセッサの処理結果を比較することによりデータ処理の信頼性を向上した。比較処理においては比較チェック処理時間が加算されることによるマシンサイクルタイムの低下を防ぐために、プロセッサからの出力データをいったんラッチし、次のマシンサイクルで比較チェックする方式を採用した。こうすることにより、マシンサイクルを低下させることなく演算回路の二重化が実現でき

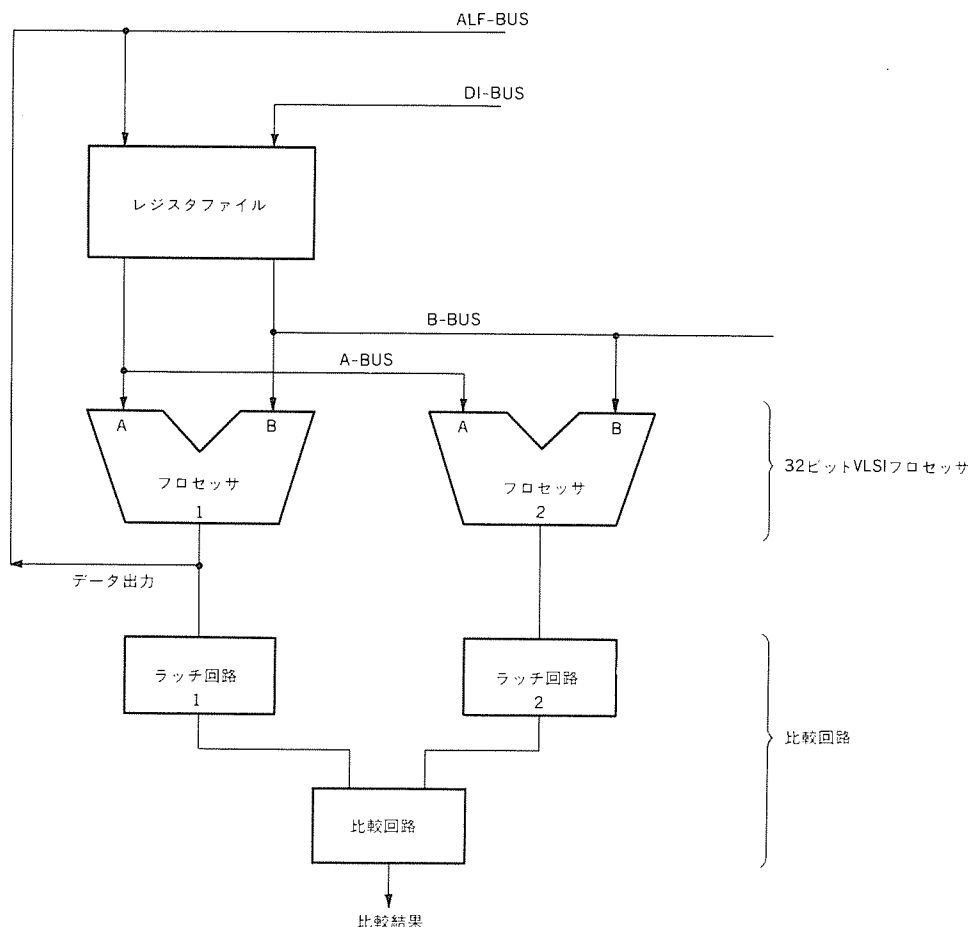


図 3. 演算回路のブロック図

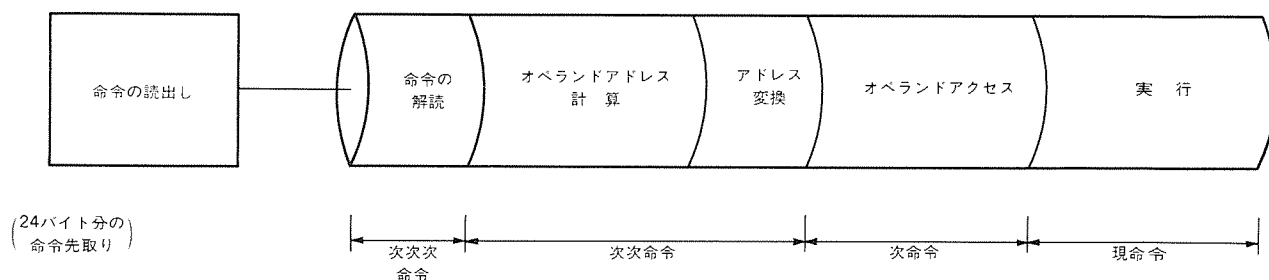


図 4. パイプライン処理の概念図

た。図 3 に演算回路のブロック図を示す。

#### 4.2.2 パイプライン制御

基本処理装置内での命令実行は、命令の読出し、命令の解釈、オペランドアドレス計算、アドレス変換、オペランドアクセス、実行という具合に幾つかのステップに分けて行われる。図 4 にパイプライン処理の概念図を示す。

命令はステップごとに分割され、パイプの中をよどみなく流れるように制御することにより、理想的な命令の組合せにおいては実質的な命令処理時間が最後の実行ステップだけになる。パイプライン制御のポイントは、命令処理をパイプの中にかきよどみなく流すかという点であり、以下にシステム 80G で採った方式について説明する。

表 2. キャッシュメモリ仕様

項 目	命令キャッシュ	オペランドキャッシュ
容量(Kバイト)	16	16
制御方式	ダイレクトマッピング	セットアソシアティブ
セット数	1	4
セット当たりのブロック数	1,024	256
ブロック長(バイト)	16	16
入替え制御	(入替え不要)	LRU方式
ストア制御	フェッチのみ	ストアスルー方式

注 LRU: Least Recency Used

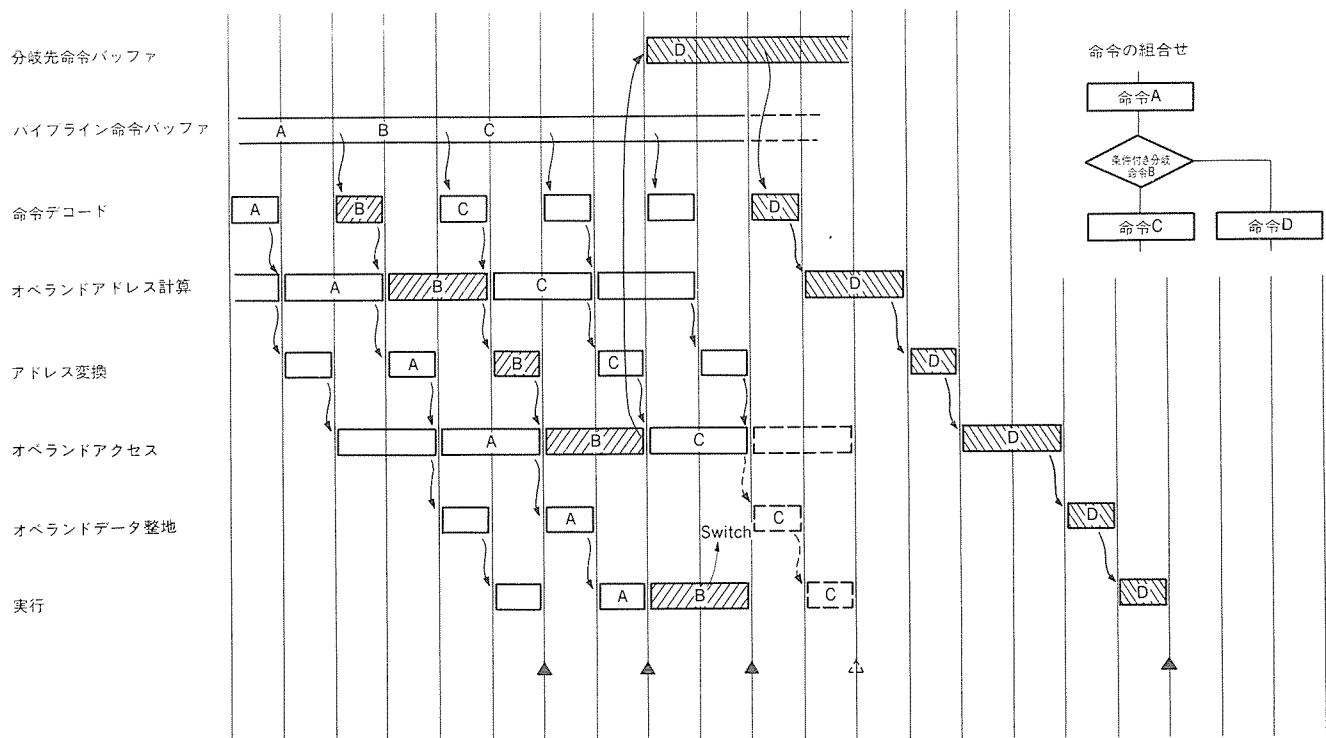


図5. 条件付き分岐命令のパイプライン制御

#### (1) 命令フェッチとオペランドアクセスの競合

命令語とオペランドデータは共に主記憶装置内におかれている。パイプライン制御の場合、命令フェッチとオペランドアクセスの(フェッチ/ストア)が主記憶装置のところで競合する。その結果、命令フェッチに待ちが発生する。これは、キャッシュメモリを持った場合でもキャッシュメモリのところで競合するので同じである。システム80Gではこの問題を解決するために、命令語とオペランドデータについて、それぞれ命令キャッシュとオペランドキャッシュの二つのキャッシュメモリを持った。これにより、命令フェッチは命令キャッシュを、オペランドアクセスはオペランドキャッシュをアクセスするようになり、命令フェッチとオペランドアクセスの競合による命令フェッチ待ちの問題を解決した。

#### (2) パイプライン制御ステージの最適化

例えば、メモリ参照命令が連続的に実行されるような場合を想定すると、先にあげた命令実行のステップを更に細かく分割し(各々をステージと呼ぶ)、1ステージの処理時間を最小にすれば実質的な処理時間を早くすることができる。しかし、これはハードウェア量の増大と、分岐命令などにより命令実行シーケンスが変更された場合の命令フェッチから実行までの時間の延長を招く。この二つの条件、すなわち、ステージ数と1ステージ当たりの処理時間をいかにバランスよく最適化するかがパイプライン制御の効率の良し悪しを決定する。システム80Gでは、ハードウェア量と性能のトレードオフについて検討を重ねた結果、基本的な処理ステージをレジスタレジスタ命令では1ステージ/1マシンサイクルで4ステージ、メモリ参照命令では1ステージ/2マシンサイクルで4ステージとした。これによって目標性能を達成しつつ、パイプライン処理ハードウェアを簡素化した。

#### 4.2.3 キャッシュメモリ

システム80Gではキャッシュメモリのヒット率向上のため、容量

を従来機の2倍の32Kバイトに増した。また、前項で説明したように、パイプライン制御の場合に発生する命令フェッチとオペランドアクセスという2種類のメモリアクセスの競合をなくすために、命令キャッシュとオペランドキャッシュの2種類のキャッシュメモリを装備した。表2にキャッシュメモリの仕様を示す。

入出力装置により、主記憶装置の内容が変更された場合に発生するキャッシュの無効化処理は、命令実行のためのキャッシュメモリへのアクセスと競合し、システム性能を低下させる要因となる。システム80Gではキャッシュ無効化アドレススタック(CIAS)を設け、入出力装置によって主記憶装置の内容が更新されると、そのときの更新アドレスをいったんCIASにスタックしておき、命令実行でキャッシュメモリを使用していないときにCIASから更新アドレスを取り出して、キャッシュの無効化を行うようにした。こうすることにより、キャッシュ無効化処理と命令実行によるキャッシュアクセスの競合をなくして性能の低下を防いだ。

#### 4.2.4 分岐命令処理

通常のプログラムの実行において、分岐命令が占める割合は30%と高く、分岐命令の高速化は命令実行性能の向上に大きな比重を占める。システム80Gでは分岐命令の高速化のために、以下のような処理方式を採用した。

命令デコードステージで条件付き分岐命令が認識されると、分岐条件が成立するかどうかに関係なく、オペランドアドレス計算(分岐先命令アドレス計算)→アドレス変換→オペランドアクセス(分岐命令フェッチ)→分岐先命令バッファへのロード(通常の命令ではオペランドデータ整地)となるようにパイプラインを制御する。このとき、条件付き分岐命令に続く命令が通常のパイプライン制御に従いパイプの中を流れていく。条件付き分岐命令の実行ステージで分岐条件の判定を行うが、分岐すると判定された場合は、パイプライン中の命令をバージして、分岐先命令バッファにロードされてい

る分岐先命令をパイプラインに投入し、引き続き分岐先命令以降の命令が実行されるように制御する。当然のことながら、分岐条件の判定で分岐しないと判定された場合は、パイプライン中の命令が次々と実行ステージに移って行く。以上のように条件付き分岐命令のパイプライン制御で、分岐することを想定した。分岐先命令の先取りと、分岐しないことを想定したパイプラインの処理とを並行して行うことにより、条件付き分岐命令の高速化を実現した。図5に条件付き分岐命令のパイプライン制御を示す。

#### 4.2.5 動的アドレス変換機構

動的アドレス変換機構では、セグメントテーブルとページテーブルを参照して行う2レベルテーブルアドレス変換方式により、論理アドレスから実アドレスへの変換を行っている。

アドレス変換を高速に行うため、テーブルアドレス変換バッファ (TLB) を装備している。システム80GではTLBのヒット率を向上させるために、OSのメモリアロケーション制御やアプリケーションプログラムの特性について評価した結果、TLBを256エントリ×2セットの構成にし、その参照方法については論理アドレスのビット8～19(セグメント番号、ページ番号)の12ビットを使って、ビット8～11とビット13～16(4ビット)、ビット13～15とビット17～19(3ビット)の排他的論理和をとり、結果の7ビットと論理アドレスのビット12を組み合わせた8ビットによって256エントリのTLBを参照するようにした。表3にTLBの構成及び制御方式を示す。

さらに、論理空間の異なるプログラムを多重に走行させた場合、論理空間の切り替わり時に発生するTLBバージを最小限に抑えるため、LRU制御方式による8レベルのセグメントテーブルオリジン(STO)スタックを装備している。図6に動的アドレス変換機構の概念を示す。

#### 4.3 サービスプロセッサ

システム80Gでは基本処理装置から完全に独立した形でサービスプロセッサを実現した。こうすることにより、RAS機能の強化と多様化するシステム運用形態に対する柔軟な対応が可能となった。サービスプロセッサは以下の機能を持つ。

- (1) 電源の投入・切斷、システムの状態表示を行うシステム制御パネル機能
- (2) システムの起動・停止を行うシステム制御機能
- (3) 異常によるシステムハングを監視するシステム監視機能
- (4) 障害情報の格納、システム診断などのシステム保守機能
- (5) あらかじめ定められた時刻に自動的にシステムの電源投入・切斷を行う自動運転支援機能
- (6) 1台のマルチワークステーション(MWS)から複数台のシステムを運転するための遠隔操作支援機能

上記の機能を実行するためのサービスプロセッサと操作員との間

表3. TLBの構成及び制御方式

項 目	内 容
エントリ数	256エントリ
セット数	2セット
入替制御方式	LRU制御方式
論理空間識別制御	3ビットの論理空間識別情報
TLBの参照方法	論理アドレスの上位12ビットを次のようにハッシング制御して8ビットのTLBエントリアドレスを生成する。 12, 8⊕13, 9⊕14, 10⊕15, 11⊕16, 13⊕17, 14⊕18, 15⊕19 (⊕は“Exclusive OR”を示す)

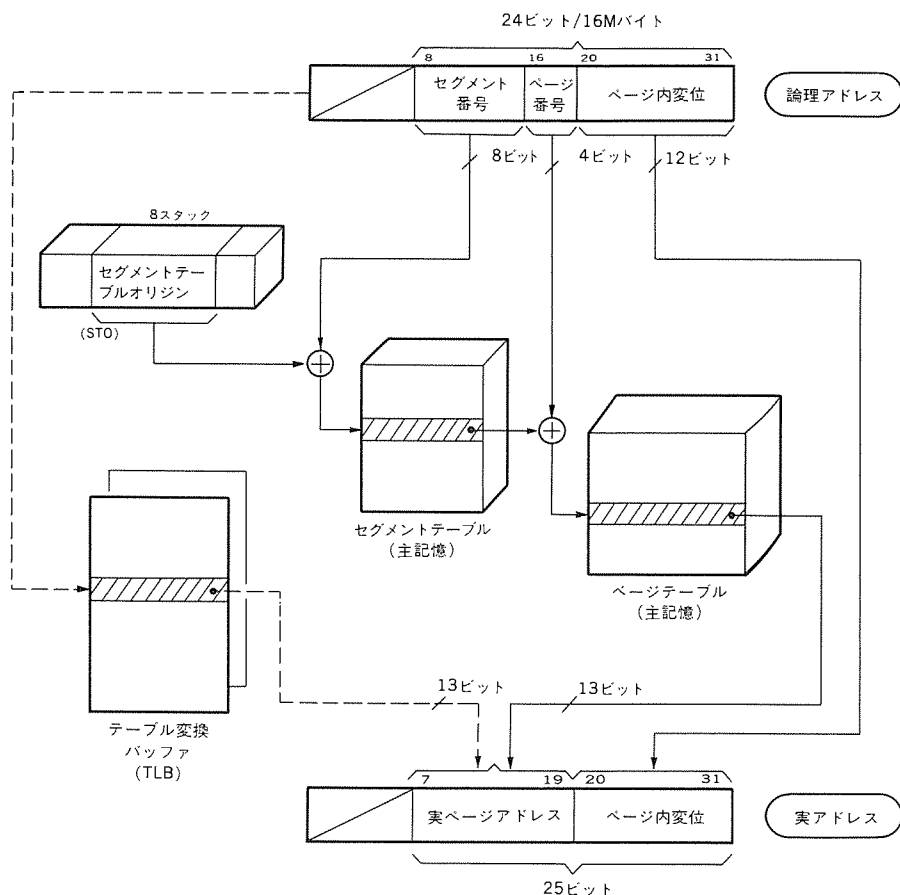


図6. 動的アドレス変換機構の概念

ENTER. =SERVICE FRAME (ADD)	
-PROCESSOR FRAME- C CTRL FRAME A ALT/DISP FRAME 0 BPU 1 MMU	-MICRO DIAG- 0 MICRO DIAG SELECT 0 ALL (NORMAL) 1 ALL (HEAT RUN) 2 MMU 3 BPU 4 ACP
-ERROR FRAME- S SVP LOG INDEX L IMPL ERROR H HEALTH CHECK ERROR	-UTILITY FRAME- Q SYSTEM CONTROL P L-BUS M S-BUS U UTILITY

図7. サービスプロセッサのフレーム例

のコミュニケーションは、主としてコンソール上に表示される“フレーム”と呼ばれるメニュー選択画面を通じて行われる。図7にサービスプロセッサのフレーム例を示す。

## 5. 自動運転機能

オペレータの負荷の軽減とシステムの利用効率向上のために自動運転機能が提供される。自動運転機能には次のものがある。

- (1) 設定時間に自動電源投入／切断
- (2) 遠隔地からの電源投入／切断
- (3) 決められた日時に業務の予約実行

これらの機能はハードウェアとオペレーティングシステム (OS) にバランスよく配分された、それぞれの自動運転支援機能を組み合わせて実現している。システム80Gでは、従来は付加装置として提供されていた自動運転機能をサービスプロセッサの中に積極的に取り込み、自動運転機能導入時のユーザーの費用負担を軽減し、一方では制御ハードウェアの集中と縮小による自動運転システムの信頼性の向上を図った。図8に自動運転の機能概念図を示す。

## 6. RAS機能

システム80Gではソフトウェアのサポートを含めたトータルシステムとしての高信頼性の実現を前提に、ハードウェアによるRAS機能の充実を考えた。以下に主なRAS機能について説明する。

### (1) 自動訂正機構

主記憶装置のデータに1ビット誤りが検出されると、ECC機構によって自動訂正される。2ビット誤りについては完全に検出される。

### (2) 故障検出機能

データバス上で発生する1ビット誤りは完全に検出するという方針で故障検出機能を強化した。このためデータのパリティチェック回路の付加だけでなく、演算回路のようにパリティチェック回路が付けられない部分については、回路を二重化し比較チェックを行った。

### (3) 再試行と再構成

命令の実行中に故障を検出すると、データが保障されている場合には再試行を行う。再試行が失敗した場合、高速浮動小数点演算機構のように経路変更が可能なモジュールについてはそのモジュールを切り離し、以後代替モジュールを使つての処理の実行を可能とした。

### (4) 障害情報のログアウト

電源投入時、又はシステム稼働中に検出された障害は、すべてサービスプロセッサに報告され、サービスプロセッサは障害情報を収集してフレキシブルディスクに格納する。格納された障害情報は操作員からの指示によりコンソール上に編集・表示される。また、システム稼働中の障害は主記憶装置上にも障害情報がログアウトされ、割込みによってオペレーティングシステムへ通知される。オペレーティングシステムはこの障害情報に基づいて回復処理を行う。

### (5) 故障PCAの指摘

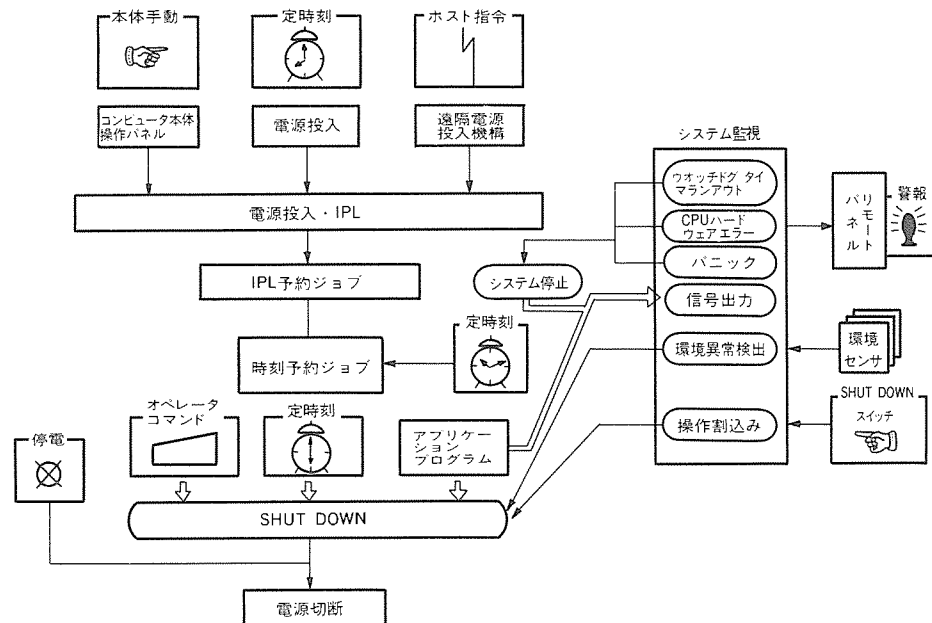


図8. 自動運転の機能概念図

```

::TST-0PT=60.70-
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST40-41)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST42-43)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST44-45)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST46-47)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST48-49)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST51-52)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST53)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST54-56)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST57-58)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST59)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST60)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST61-62)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST63-64)
::MDP (BPU3-A00) HERE. (TEST66-69)
::CMP ERR 002TH WORD
::EXP=F0F0F0F0 MASK=FFFFFFFF
::GSS=F0F070F0
::READ BUF START ADDR=F201
::PA=00 TST=069.03
::SUSPECTED PCA NAMES
XWBPL
::FIRST ERR

::TST-0PT=
    
```

図9. マイクロ診断実施例

マイクロ診断実行中に誤りが検出されると、サービスプロセッサはテスト内容から診断辞書を引いて故障の可能性が高いPCAから順にPCA名称をコンソール上に表示する。また、主記憶装置については故障シンドロームを入力すると不良チップのPCAロケーションと不良ICのロケーションを表示する。図9にマイクロ診断の実施例を示す。

## 7. む す び

以上、《MELCOM 80 GEOCシステム80G》のハードウェアについて概要を説明した。多くの新しいハードウェア技術の採用により、目標どおりの性能、機能を達成した。今後、引き続きフィールドからの信頼性データをもとに、より一層システムの信頼性を高めるべく努力する。さらに、オフィスで働く人々が何の違和感もなく自然に使えるような、性能・機能・操作性・デザインに優れたオフコンの開発を目指して努力していく。

# オフィスコンピュータ オンライントランザクション処理システム

樋口雅宏\*  
遠藤 晃\*

## 1. ま え が き

事務用小型コンピュータに位置付けられるオフィスコンピュータ（以下、オフコンと称す）は、下位方向からは汎用マイクロプロセッサをベースとするパソコン、上位方向からは汎用コンピュータ、横展開に関してはミニコンと三方囲まれた所に位置している（図1）。また、VLSIなどハードウェアの急激な技術革新に伴う32ビット化など新しいアーキテクチャの導入と既存ソフトウェア財産の継承問題とのかっとう（葛藤）が続いており、性能／価格比の向上からオフコン上位機、下位機、横展開への競合も激しくなっている。

一方、これに伴いオフコンを取り巻く市場環境も急激に変化している。従来、事務用小型機としてスタンドアロンでの利用を中心に操作性の良さと性能／価格比の良さを特長として定型的な適用業務システムを構築してきた。最近では、これらの特長をベースとしながらも、リレーショナル データベースや統合OAなど非定型処理への対応、ネットワーク化、分散処理化傾向を強め、また上位・下位方向へのオフコンレンジの拡大が図られてきている。32ビット系オフコンも昭和62年から新シリーズの出荷を開始した《MELCOM 80 GEOCシリーズ》、システム10G、システム30G、システム40G、システム80Gでは、4機種6モデルへと上位・下位方向への拡大が図られている（図2）。

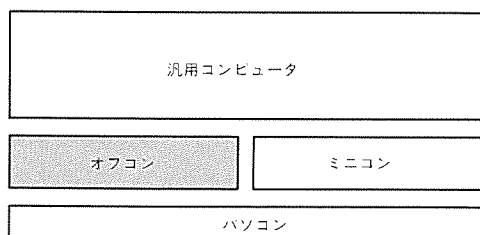


図1. オフコンの位置付け

	最大ディスク容量	最大主記憶	最大ワークステーション数
システム80G (400 <sup>M</sup> バイトタイプ)	400Mバイト×16	32Mバイト	128台
システム40G (320 <sup>M</sup> バイトタイプ)	320Mバイト×12	16Mバイト	64台
システム30G (200 <sup>M</sup> バイトタイプ)	200Mバイト×8	12Mバイト	32台
システム30G (130 <sup>M</sup> バイトタイプ)	130Mバイト×8	12Mバイト	32台
システム10G (92 <sup>M</sup> バイトタイプ)	92Mバイト×3	8Mバイト	8台
システム10G (74 <sup>M</sup> バイトタイプ)	74Mバイト×3	8Mバイト	8台

図2. 《MELCOM 80 GEOCシリーズ》のモデル

また、通信システムにおいても事業所間の、コンピュータや端末を結ぶものとして、既に回線交換系のサービスはオフコンでも利用してきた。最近では蓄積交換によるパケット交換の普及が目覚ましく、当社オフコンでも広域網に対してのDDXパケット交換サービス、構内で高速データ転送を行うLAN (Local Area Network) のサポートを行っている。

本稿は、このようなオフコン上位機と同一ハードウェアアーキテクチャ、同一オペレーティングシステムで動作する端末コントローラとしてのオフコン下位機を通信システムで結び、事務処理オンライン基幹業務として用いられる分散処理型のオンライントランザクションシステムを構成するシステムを中心に、“DPS10トランザクション処理”システムの概要について述べる。

## 2. 実用化の背景

### 2.1 基本的考え方

オフコンにおけるオンライントランザクションシステムの実用化は次のような点に基づいている。

#### 2.1.1. 市場動向

最近のオフコンシステムは、その多くが通信制御装置を経由して他のコンピュータや端末と接続されており、従来のようにスタンドアロンで存在することはほとんどない。そこで、下記に示すサービス展開が重要となりつつある。

#### (1) 広範囲な相互接続サービス

広域又は同一構内に分散されている、多数のワークステーションやコンピュータと通信機能で結合できること。そして、この相互接続は経済的に行われ、しかも高速性と高い信頼性を保つことが要求されている。さらに、接続可能な端末として、各種のOA機器や端末類にも対応できることを求められている。

#### (2) トータルコストの経済性

ネットワークシステムの普及に伴い、通信コストは増大化傾向を強めている。一方、オフコン下位機などの高性能化及び低価格化により、ホスト側の処理を一部分散側で分担できるようになってきた。また、オンライン処理機能についても同様に負荷の分散が可能となった。こうした処理の分散を適切に行うことで通信データ量の大幅削減を図り、通信コストを削減するトータルコストでの経済性が追求されるようになった。

#### (3) 適用業務プログラム開発・保守・運用サービス

計算機利用分野の広がりに伴い、端末を操作する利用者も増加しており、誰にでも分かる簡単な操作を実現し、端末の台数が増加してもホスト側の負荷が大幅に増加しないように実現すること。又は、分散側の運用を容易にして専任の管理者なしで利用できるようにしたいなど省力化の要求がある。また、大規模システムのソフトを開発するよりも分散機能に合わせた小規模システムのソフトを種々開発

して、全体として必要な機能を実現することでシステム開発の軽減が期待される。

### 2.1.2 従来型処理形態の問題点

ワークステーション台数が50台以上同時動作し、かつ、高頻度でデータベースをアクセスし、高応答性が期待される大規模オフコンシステムでは、次のような問題が発生する。このようなシステムでは、オフコンの特長であるマンマシン インターフェース（操作性）の良さを維持しつつ、何らかの処理形態の変革を図って行く必要が生じてきている。

(1) ワークステーション処理（対象通信メディア：LAN，同軸，通信回線）（図3）

従来、オフコンはTSS（Time Sharing System）をベースとしたワークステーション処理と呼ばれる処理形態が一般的であった。このワークステーション処理では、ワークステーションで実行する業務の数と同数のプログラムがワークステーションごとに動作している。したがって、システム全体では多数のプログラム（ワークステーション台数×1台のワークステーションから起動される平均プログラム数）が同時並行的に動作を行なう。そして、一つの適用業務処理プログラムは一般に15～30個のファイルをアクセスすることから、大規模なワークステーション処理になると数千から1万個に近いファイルが同時にオープン（OPEN）されていることになる（共用ファイルのOPENも含む）。これらのうち、内容を更新する共用ファイルについては、更新内容の同時性制御を行う必要があり、レコ

ード単位に排他制御が行われる。このため、共用ファイルに対する更新処理が多く発生するシステムでは、レコードLOCK/UNLOCK処理が膨大に発生する。

また、オフコンの操作性の良さの原点の一つであるワークステーションからの項目入出力処理（例えば、担当者コードを入力すると担当者マスタファイルを検索し、所属・氏名などを表示し、同様に顧客コードを入力すると顧客の住所・会社名を、商品コードを入力すると商品名・単価などを表示することを会話形式で行う処理）も、ワークステーション台数が大幅に増大すると問題になってくる。これはワークステーション処理において、一つのトランザクション生成に要するオフコンとワークステーション間の会話が多くなることによる画面・印刷用データストリーム生成、入出力処理オーバーヘッドが増大し、ホストCPU負荷を圧迫するためである。これらを整理すると次のような点となる。

- 多数のプログラム同時動作による主記憶占有容量の増大
- 多数のファイルが同時にOPENされることによる各種リソースの占有
- 排他制御のためのLOCK/UNLOCK処理オーバーヘッドの増大
- 項目入出力処理によるデータストリーム生成、入出力処理、ファイルアクセス処理の増大

(2) オンラインネットワーク処理

従来、オフコンにおけるコンピュータ間通信での利用は限定的であり、かつ規模も数回線から十数回線程度であった。このため、コンピュータ間での対等型通信（適用業務処理プログラム間通信）は、適用業務システム単位に開発されるのが一般的であった。最近のオフコン上位機では、物理回線数も60回線を超え、オンライン処理を行う適用業務プログラムも多岐に及び、かつ高応答性が期待されるものが多くなってきた。このように増大するオンライン処理プログラムの開発を効率良く行えるよう、システム標準のオンラインパッケージの提供の要求が強くなってきた。

## 2.2 オンライン トランザクション システムの開発方針

前述のような要素から、オフコン トランザクション処理の一般的な開発方針と、同一のハードウェアアーキテクチャ、オペレーティングシステムをもつシングルアーキテクチャ上でのトランザクション処理ホストと端末の関係での開発方針に区別して以下に述べる。

### 2.2.1 トランザクション処理の一般的な開発方針

(1) 適用業務システム

構内及び広域ネットワークにおけるデータエントリ、データ集配信、照会、メッセージ交換など通信システムで構成される適用業務処理システムの実現を経済的かつ容易に行う。

(2) 豊富な端末機器サポート

OA機器の発達に伴い、通信回線などで接続される端末類は多様化してきており、従来からオフコンに接続されているワークステーション以外に、パソコン、ハンディターミナル、POS、CD/ATM、通帳プリンタ、各種計量器、ICカードリーダなどの接続を行

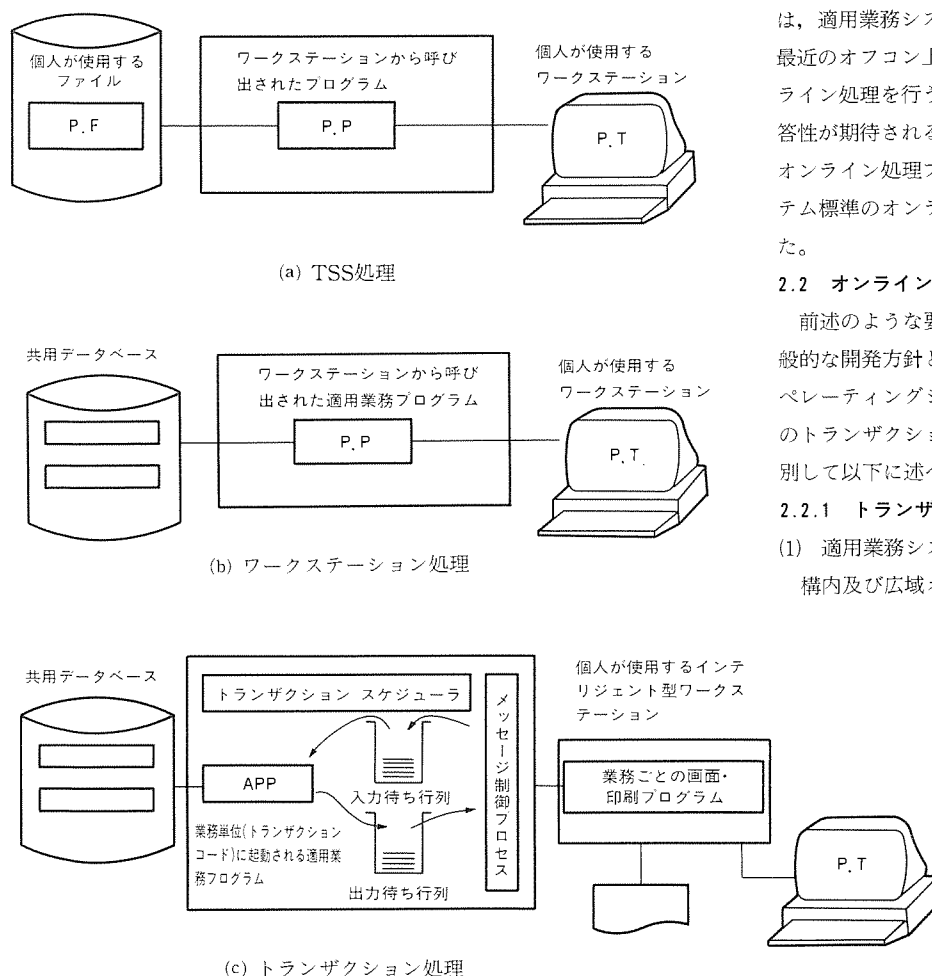


図3. ワークステーションを使用する処理形態



う。

これらの接続については、次の二つの形態を設置する。

●オフコン トランザクション処理に直接通信回線などで接続する形態

●いったんオフコン、パソコンなど別なコンピュータで集線し、これらを介して間接的に接続する方法

### (3) 分散処理の促進

分散処理を利用するには、次の二つのレベルがある。

(a) 画面データの生成又は入力データの妥当性チェックなど、全体の処理の中で独立して実行できる部分を分散するレベル。

(b) トランザクション処理そのものを分散し、端末から発生したトランザクションを、幾つかのコンピュータのトランザクション処理が処理を分担して実行する分散トランザクション処理。

この場合には、処理の完了を確認するコミットメント制御や障害回復などの技術的に解決されなければならない部分も多く、今後の課題もある。実用的な範囲内で徹底した処理や負荷の端末側への分散を図るとともに、今後本格的な分散トランザクションの実現に向け指向していく。

### (4) 高信頼化

従来、オフコンではファイルやリレーショナル データベースの障害時の回復についても確立された手段がなく、適用業務システム側での考慮が必要であった。最近オフコンでもDPS10上にRMS (Recovery Management System)と呼ばれる、ファイルやリレーショナル データベースに対する障害時の回復管理システムの実用化を図った。また、デュアルポート ディスクを用いた二重系システム、複合コンピュータシステムの集中制御機能、ディスクへの二重書きを行うミラーディスクなどの実用化を図ってきており、冗長度構成における高信頼化を実現してきている。今後オンライン トランザクション システムでの障害回復手段の充実を図っていく。

### (5) 高性能化

トランザクション処理で独立して行える処理機能を徹底して端末側へ分散化を図り、ホスト側のトランザクション処理はデータベースサービス (共用データベースの検索・更新を行う業務処理) に徹

する。また、トランザクション処理を高速化するための各種手法を取り入れる。

### 2.2.2 シングルアーキテクチャ上でのトランザクション処理

独立した処理機能を分散するためには、オフコンホスト側、端末側が同一のアーキテクチャで構成されていることが望ましい。これは次のような理由による。

●OSの機能及び適用プログラム実行環境が統一されているため、処理機能の分散が容易に行える。

●ホストと端末側で各種のリソース (プログラム、各種ファイル、定義体、JCLなど) が共通に使用できる。

●開発環境、コンパイラなどが共通に利用できる。

このような利点を生かしながら、各端末側のローカル処理で実行可能なものは、ホスト側で開発したプログラムやデータを分散リレーショナル データベース機能 (DRDB) を使って各サイトへコピーし各サイト側で処理を行う。また、ホスト側で集中管理をしているが、地域ごとに分散した方が効率的なクリーンデータ生成のための参照ファイルなども、DRDB機能を使用し各サイトに最適なデータベースをコピーすることができる。

このように、同一のアーキテクチャ、同一OSのもとで動作するホスト、端末側のシステムを構成することにより、各処理機能単位に最適な分散配置が自由度をもって行えることを指向する。

## 3. “DPS10トランザクション処理” のモデル

以下にオフコンホストと端末側で同一アーキテクチャ、OSをもつトランザクション処理システムのモデルについて述べる。トランザクション処理では、端末から入力されたメッセージにより対応するトランザクション処理が起動され、処理が行われる。図4は“DPS10トランザクション処理”システムのソフトウェア要素を示している。

### 3.1 端末側処理

#### (1) ターミナル インタフェース

端末側のシステムと端末との会話を行う部分である。

#### (2) フィールドバリデーション

オンライン トランザクション処理では、オペレータ主導で入力

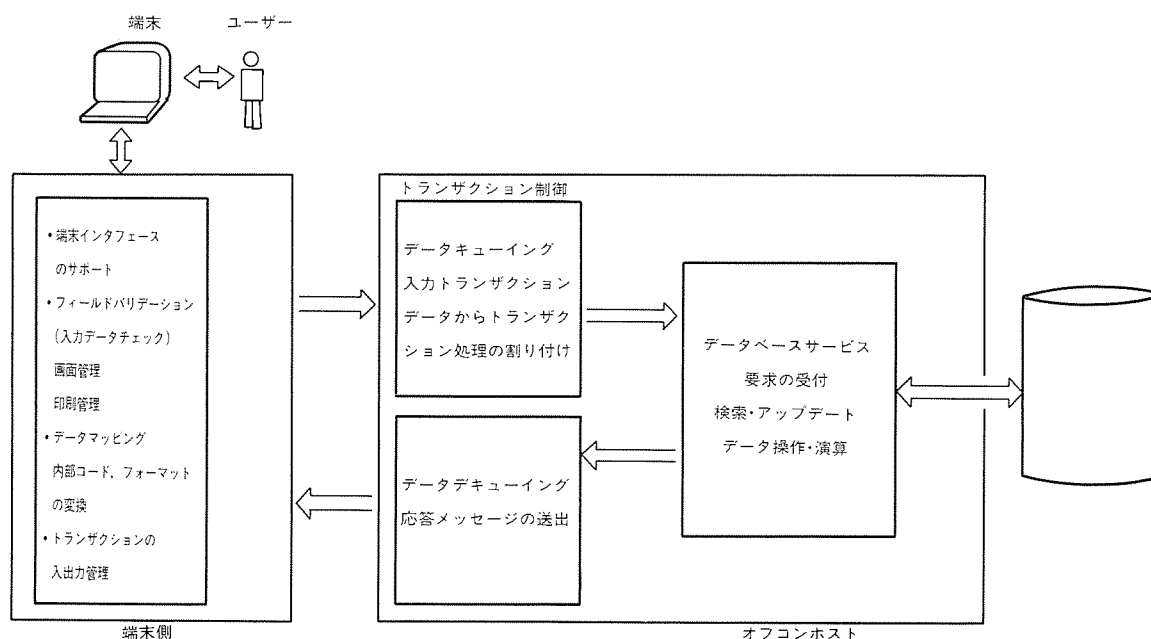


図4. “DPS10トランザクション処理”のソフトウェア要素

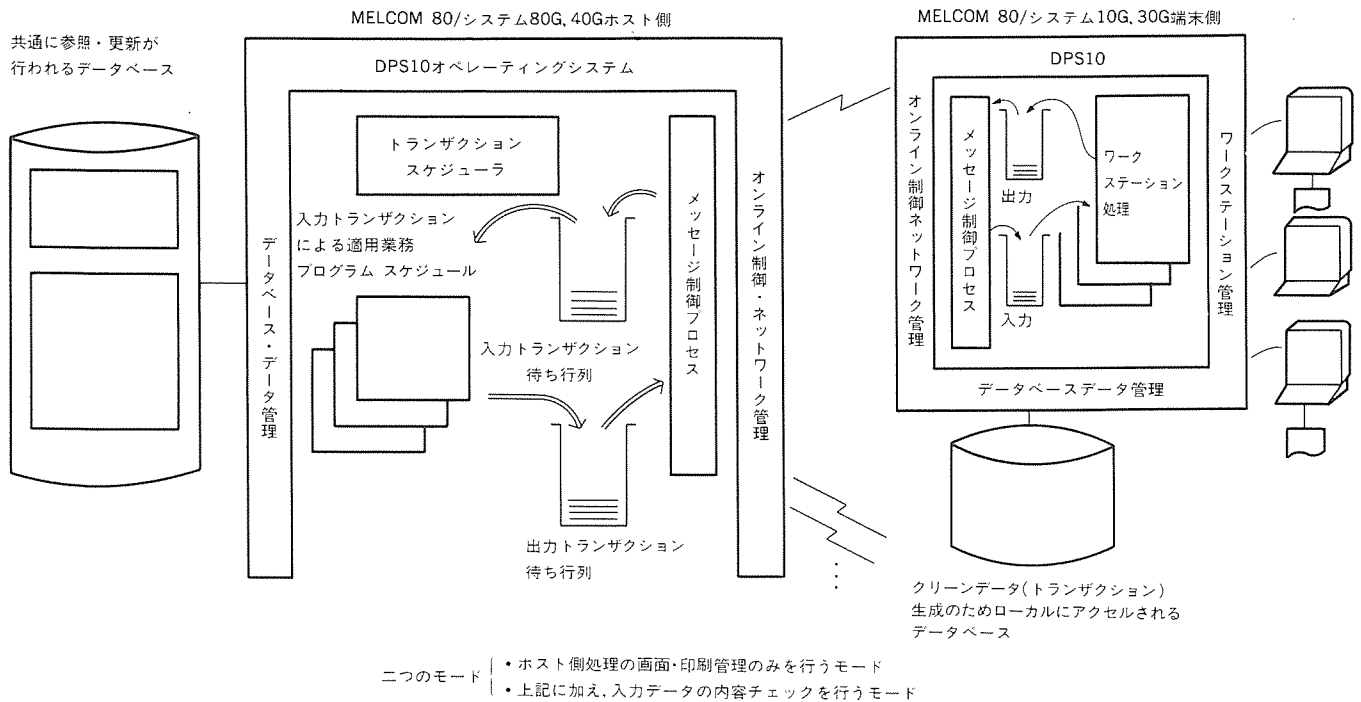


図5. “DPS10トランザクション処理”

行われるため、数値フィールドでない部分に数値を入力したり、パラメータの入力を忘れてしまうようなオペレータの入力誤操作を検知する。また、より一層クリーンデータ化を促進するためには、端末側にローカルデータベースをもち、入力処理で入力されたデータの内容チェックを行うことができる。

### (3) データマッピング

入力データのチェックを行った後、オフコンホスト側のトランザクション処理内容で扱うフォーマットへの変換、トランザクションコードの付加などを行う。

## 3.2 オフコンホスト側処理

### (1) トランザクション制御

トランザクション処理用適用業務処理プログラムのコントロールセンターであり、入力トランザクションの待ち行列への登録、入力トランザクションメッセージの先頭に付加されているトランザクションコードによる適用業務処理プログラムのスケジュール、適用業務処理プログラムからの応答メッセージ出力の待ち行列からの削除と端末側へのデータの送出などを行う(図5)。

### (2) データベースサービス

データベースサービスは、トランザクションコードによりスケジュールされた適用業務処理プログラムにより行われ、共通データベースの参照、更新、データ操作などを行う。

## 3.3 通信路

同一アーキテクチャをもつホストと端末側との接続に用いられる通信路は、ベーシック手順(BSC-C)、DDX回線交換、DDX回線交換、LAN(CSMA/CD 10 Mbps)などが用いられる。このホストと端末側との通信の基本は対等型通信(peer to peer Communication)で構成されている。また、DDXパケット交換については、当社標準ネットワークアーキテクチャであるMNA-P(Multishared Network Architecture-Packet)にて接続される。

## 3.4 高速応答化の手当て

トランザクション処理では、一般にトランザクション単位に適用

業務処理プログラムが起動される。このため、高頻度で発生するトランザクションについては、対応する適用業務処理プログラムを主記憶に常駐化することにより、プログラムロードオーバーヘッドを削減することができる(《MELCOM 80/システム80G》では実記憶容量最大32Mバイトまでサポートしている)。また、ファイルに対するオープン(OPEN)のオーバーヘッドもレスポンスに大きく影響する。そのため、プリオープン機能を利用することにより、オープンに要する処理時間の最小化を図ることができる。トランザクション処理では、1トランザクション受け付け後、適用業務処理プログラムが動作完了し、応答のための出力メッセージ送出までの時間を最短になるよう適用業務システムを設計する必要がある。通常メッセージ送出開始までの時間を数百msで終了することが目標となる。

《MELCOM 80/システム80G》上で比較的軽い適用業務処理プログラムを実行した場合、最大12,000トランザクション/時間が実測されており、一般には適用業務処理システムの内容によっても異なるが4,000~7,000トランザクション/時間程度のスループットが目標となる。

## 4. むすび

以上、同一アーキテクチャで構成されるオフコン オンライン トランザクション処理を中心に概要について述べた。“DPS10トランザクション処理”を利用するユーザーも増加傾向にあり、今後より高い信頼性、分散処理化、プログラム生産性・保守性の向上を図っていく必要がある。また、トランザクション処理については、ISO/TC97/SC21/WG5(特定応用サービス)にて標準化も検討が行われており、分散処理においてもまだ解決されなければならない技術課題も多い。これには、Naming/Addressing、コミットメント制御、障害回復手法、安全性、デッドロック検出などがあり、また言語インタフェースなどの検討も必要となる。これらの技術課題を実用的な範囲で解決しつつ、より高分散化されたトランザクション処理への指向を図っていく。

# オフィスコンピュータにおけるシステム開発支援ツール

富沢研三\* 蔣野栄一\*\*  
馬場和之\* 林 秀昭\*\*\*  
松田和久\*

## 1. ま え が き

オフィスコンピュータ（以下、オフコンと称す）では従来、メーカーやディーラーが主体となってシステム開発を行ってきたが、最近では計算機の専門家でないエンドユーザー自らがシステムを開発する傾向にある。この傾向はパソコンの普及やオフコンの低価格化による影響が大きい。オフコン上にエンドユーザー自らがシステム開発できる環境が整備されてきたことも見逃せない。

《MELCOM 80 GEOCシリーズ》では、エンドユーザーのニーズにこたえるため、だれもが簡単に使える第4世代言語やリレーショナルデータベースなどのシステム開発支援ツールを提供している。

## 2. オフコンにおけるシステム開発支援ツール

エンドユーザーがオフコンを操作し、自分の欲しい情報を得るために使用するツールとしては表1に示すものがある。

### (1) 簡易言語

日次、月次といった定型的に行う基幹業務のプログラムを簡単に作成するためのもので、COBOLと同等の機能を備えていながら非常に生産性が高いといった特長を持っている。

### (2) ファイル管理ユーティリティ

データ（ファイル）を管理するためのツールで、コピー、ソート、マージといった処理を一元的に行うことができる。

### (3) リレーショナル データベースとデュエット

複数のデータファイルを関連づけし、自分の必要とする項目で仮想のファイルを構築するのがGEOCシリーズのリレーショナル データベースである。デュエットは、わざわざプログラムを作成しなくても会話形式で自分の欲しい情報をリレーショナル データベースから取り出したり、突発的な非定型業務をこなすことができる。

### (4) 統合OAソフトウェア

オフコンの大容量ディスクに蓄えられているデータをパソコンや端末のOAソフトで活用したい場合に使用するツールで、文書の作

成、保管、グラフ処理などオフコンとパソコンの機能を統合化するためのものである。

以上のようなエンドユーザーが使用するツールは、簡単な操作で使えることが必ず（須）の条件であり、GEOCシリーズではその条件を満足する製品を提供している。

## 3. 簡易言語プログレスII

オフコンでエンドユーザーがプログラム開発を行うときの言語は、簡易言語が中心となる。GEOCシリーズでは万能簡易言語プログレスIIがあり、簡単なパラメータを記入シート（指示書と呼ばれる）に記入する空白埋込方式（Fill in the Blank方式）の簡易言語である。プログレスIIの主な特長を以下に記す。

### (1) 容易に習得できる

ユーザーの立場に立った設計がされており、短期間の講習を受けるだけで容易にプログラムを作ることができる。

### (2) 生産性が高い

必要な項目だけを指定すればよく、内蔵機能も豊富である。そのためCOBOLに比べて約3～5倍の生産性があり、手軽にプログラムを作ることができる。

### (3) 機能が汎用的である

バッチ処理、インライン処理、オンライン処理のすべてのプログラムを作成できる言語である。プログレスIIを覚えるだけでCOBOLを使わなくてもオフコンを使いこなすことができる。

### (4) 開発支援環境が充実している

```
DATA DIVISION.
FILE SECTION.
FD トライサキ
   BLOCK CONTAINS 20 RECORDS
   RECORD CONTAINS 256 CHARACTERS
   LABEL RECORD IS STANDARD
   VALUE OF FILE-NAME IS 'トライサキ'
   VOLUME-LABEL IS 'VOL001'

01 レコード.
   02 コード PIC X(4).
   02 FILLER PIC X(2).
   02 ナマエ PIC X(20).
   02 FILLER PIC X(230).
```

ファイル形式の指定

レコード形式の指定

表1. システム開発ツールの種類

種 類	用 途	GEOCでの製品名
簡易言語	基幹業務のプログラム開発を行う場合に使用し、簡単にプログラム作成が行える特長を持っている。	プログレスII
ファイル管理ユーティリティ	ユーザーのデータ（ファイル）を管理するユーティリティでソート、マージ、コピーなどの機能がある。プログラム開発時のテストデータ作成時にも使用する。	統合化ファイル管理ユーティリティ UFMGR
リレーショナルデータベースと第4世代言語	会話式で簡単なパラメータを指定し、データベースの検索や報告書作成の非定型業務を行うものである。	デュエット
統合OAシステム	オフコンのデータをパソコンや端末のOAソフトで活用する場合に使用する。	DIATALK/DS

(a) COBOL

入力ファイル指示書

ページ 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

(b) プログレスII

図1. COBOLとプログレスIIのプログラム例

専用のフルスクリーン エディタやデバッガが準備されており、効率良くプログラム開発が行える。プログレスIIは事務処理の基本的な処理パターンを内蔵機能として標準装備しているため、ユーザーはどの機能を使うか選択し、その処理の固有の条件を指定すれば目的のプログラムが完成する。

図1はファイルのデータ定義部分をCOBOLとプログレスIIで作成した場合のプログラム例である。プログレスIIは英語の知識や文法、書式といったものを気にしなくてもプログラムを作ることができる。

#### 4. 統合化ファイル管理ユーティリティUFMGR

プログラムを開発する場合、実際のファイルアクセスを伴うテスト段階では、テストデータの作成やテストラン後の内容確認が必要であるが、これらの作業にかなりの時間がかかっている。その原因として、ファイルを扱うユーティリティ類（コピー、ソート、マージなど）が機能別の単体ユーティリティとして存在していることがあげられる。このため、細部で操作性が異なったり、複合した機能を使う場合にはユーティリティを使わずテスト用のプログラムを作成するなどの作業が必要になる。

GEOCシリーズでは、これらの問題を解決するためにファイル管理の機能、操作の両面から統合化

を図った「統合化ファイル管理ユーティリティUFMGR」が用意されている。UFMGRは、ファイルの生成、ソート、内容の表示や印字などファイルを操作するために必要な機能をすべて包含したプログラムで以下のような特長を持っている。

- (1) 簡単なコマンドを会話形式で指定することでファイル操作に関するすべての処理を行える。
- (2) 複数の操作を同時に指定できる。例えば、順次ファイルから索引ファイルを作成する場合、レコードセレクト、ソート、出力編集などを1回のオペレーションで行える（図2）。
- (3) 会話形式で実行するモードと、あらかじめ用意されたパラメータによる2種類の実行モードがある。パラメータによる実行モードは、繰り返し実行が行われる場合に便利である。
- (4) ファイルの削除、ファイル名の変更、ファイルの一覧表示、スクリーンエディタの呼出しなどファイルを保守するための豊富な制御コマンドが用意されている。

UFMGRの操作は、図2に示すメニューからコマンドを入力することによって行う。図の例では以下に示す処理を指定している。

下

- 順次ファイルSFILEから索引ファイルIFILEを作成する。FG（File Generate）は、ファイルを作成する場合に使用するコマンドである。
- レコードセレクト指定として、8カラム目から2バイトがBBという値のレコードを取り出す。
- 索引ファイルを作る前に、1カラム目から4バイトの項目をキ

図2. UFMGRのメニュー画面

表2. UFMGRのコマンド例

コマンド	機能	ファイル指定			レコード操作指定				処理概念図
		入力1	入力2	出力	セレクト	ソート	出力編集	漢字区切漢字	
ADD	ファイルの追加	●		●	○	○			入力ファイル + 出力ファイル → 出力ファイル 出力ファイルに入力ファイルのデータを追加する
COMPARE	ファイルの内容比較	●	●		○		○		入力1 → 入力2 → 画面表示
DISPLAY	ファイルの内容表示 (表示されたレコードの更新、削除も可)	●			○			△ (漢字位置だけ指定できる)	入力ファイル → 画面表示
EFG	空ファイルの生成			●					0件ファイルの生成 → 空ファイル
FG	ファイルの生成、複製、編集	●		●	○	○	○		入力ファイル → 出力ファイル 入力ファイルをもとに別ファイルを作成
MERGE	マージ	●	●	●	○	● (マージ)	○		入力1 + 入力2 → 出力ファイル キーでマージする
PRINT	ファイルの内容印字	●			○		○		入力ファイル → 内容印字
SUMUP	合計レコード出力	●		●	○	●	○		入力ファイル → 合計レコード 指定された項目の合計計算を行い、キーブレーク時に合計レコードを出力する
XDISPLAY	ファイルの内容の16進表示	●			○			△ (漢字位置だけ指定できる)	入力ファイル → 16進数で表示
XPRINT	ファイルの内容の16進印字	○			○		○		入力ファイル → 16進印字

注：●必須 ○オプション

ーにソートする。

このようにUFMGRは、1回の操作で複数の処理を簡単に指定できる。

UFMGRを使用しない場合には、

- 必要なレコードを選択する。
- ソート処理を行う。
- 索引ファイルを生成する。

というぐあいに、各々単体のユーティリティを順次使用していかなければならない。この方法だと、各ユーティリティの操作をすべて熟知していなければならなかった。

これに対してUFMGRは、表2に

示す統一されたコマンドとパラメータで操作を簡素化し、複合した処理も一括して行うことができる。

## 5. リレーショナル データベースとデュエット

定型業務用に作成された複数のデータファイル（物理ファイル）から、必要な項目を取り出して仮想的なファイル（論理ファイル）を定義し、その定義に従ってデータをアクセスできる機能が、GEOCシリーズのリレーショナル データベースである。論理ファイルは物理ファイル定義に対して選択（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（図3）。

リレーショナル データベースは手軽にデータベース設計が行えることと、習得の容易な照会言語の充実により急速に普及している。つまり、データ構造を定義するだけで、だれもが必要な資料を即座に作成できるようになったためである。

GEOCシリーズでは、このリレーショナル データベースの機能をフルに活用できる第4世代言語としてデュエットがある。デュエットはオフィスで突発的に発生する問合せや報告書の作成などの非定型業務をプログラムの知識のない人でも、その場で即座に解決できることを目指して開発されたものである。このデュエットの特長として以下のことがあげられる（図4）。

### (1) メニュー入力方式

メニュー画面の問合せに答える形式でパラメータを指定するだけで、自分の欲しい資料を直ちに作成することができる。エンドユーザーの判断は、

- 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？
- 結果はどこに出力するか？
- データの加工方法はどうか？

などだけでよい。

### (2) 充実した検索機能

項目の選択やレコード選択、ソート、集計、演算といったデータの加工処理機能を行いながら、大量のデータベースの中から高速に検索処理を行うことができる。検索結果はワークステーションやプリンタ、ファイルへと出力できる。

### (3) データベースの更新機能

データベースを新規に作成したり、更新することができ、更新機能では、レコードの更新・追加・削除といった処理を行うことができる。

### (4) 処理のカatalog化

オフィスコンピュータにおけるシステム開発支援ツール・富沢・馬場・松田・蔭野・林

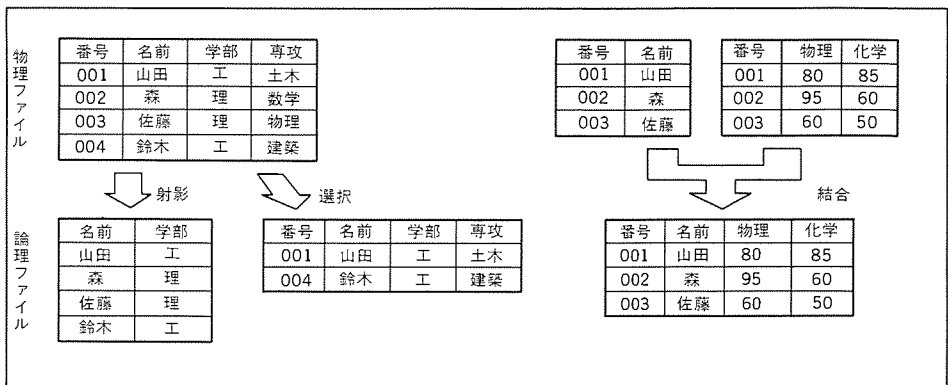


図3. リレーショナル データベースの機能

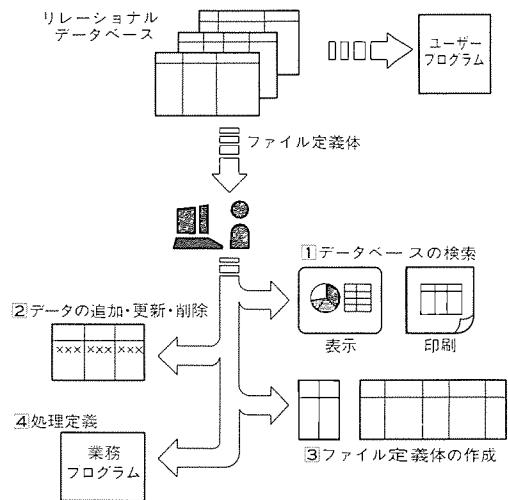


図4. デュエットの概要

部門別別子リテ2001年度実績表									
項目名	前年度	前年度(上)	前年度(下)	前年度(下)	実績見込	上	下	上	下
工作外注費	L1 *	0	0	0	0				
設計外注費	L2 *	0	0	0	0				
ソフト外注費	L3 *	0	0	0	0				
その他外注費	L4 *	0	0	0	0				
間接系諸委託費	L5 *	1,320	0	1,320	0				
小計 *		1,320	0	1,320	0				
出張費	M1	9,330	6,158	9,330	10,558				
交通費	M2	13,630	15,690	13,630	16,575				
海外旅費	M3 *	0	0	0	0				
会議費	M4	800	185	800	278				
交際費	M5	400	271	400	152				
事務用消耗品費	M6	14,000	14,089	14,089	10,104				
通信費	M7	24,700	28,875	24,700	49,685				
研修教育経費	M8	1,340	1,255	1,340	957				
印刷費その他複製	M9	2,000	3,008	2,000	4,436				
社内使用ソフト外注費	N1 *	0	0	0	0				
社内機械計算費(間接)	N2 *	0	0	0	0				
社内機械計算費(直接)	N3 *	0	0	0	0				
社内機械計算費	N4 *	0	0	0	0				
小計 *	N5	9,140	12,822	7,980	3,276				
固定資産償却費	P1 *	75,360	84,352	71,040	96,915				
賃借料	P2 *	4,523	4,702	4,594	4,702				
保管委託料	P3 *	0	0	0	0				
固定資産税等	P4 *	1,351	1,304	905	1,292				
火災保険料等	P5 *	172	191	6	6				
建物構築物修繕費	P6 *	2,804	2,927	2,142	8,647				
機械装置修繕費	P7 *	0	54	0	0				
その他修繕費	P8 *	4,817	2,813	4,715	5,951				
工事費等	P9 *	0	377	0	0				
小計 *		20,782	19,014	19,490	24,768				

図5. デュエットによる帳票出力例

一度行った操作手順を登録（カタログ）することにより、繰り返し業務の実行を行える。このため、簡単な定型業務もデュエットだけで対応することが可能である。

某社の経理部では、オフコンを使ったことのない経理部員が、デュエットだけでシステム開発を行っている。図5に示すような帳票をデュエットで出力し、予算管理、損益管理、見積り業務などの作業を機械化している。

## 6. 統合OAシステム《DIATALK/DS》

統合OAシステムとは、ワークステーションとホスト計算機をマ

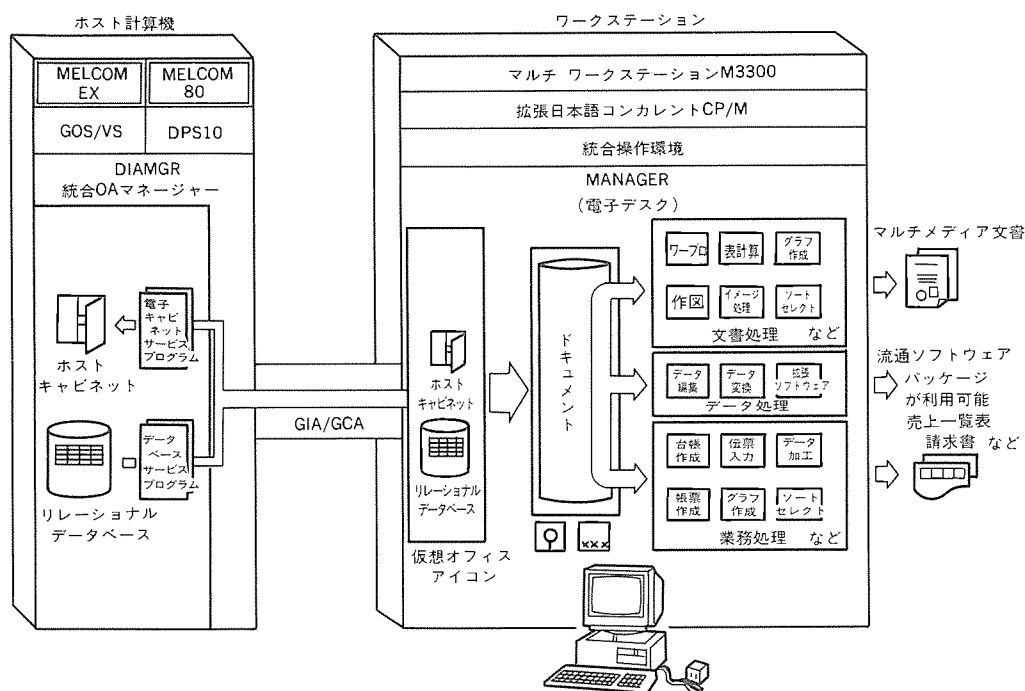


図6. 《DIATALK/DS》の動作概念

マイクロメインフレームリンク (MML) 技術によって有機的に結合し、ワークステーションの画面から企業内のオフィスワークを効率良く支援するエンドユーザー向けシステムOA製品である。

《DIATALK/DS》はワークステーションとして三菱マルチワークステーションM3300シリーズ、ホスト計算機としては《MELCOM EXシリーズ》又は《MELCOM 80 GEOCシリーズ》でサポートされている製品であり、主な機能は、①電子ディスクサービス、②電子キャビネットサービス、③データベースサービス、④文書処理サービス、⑤データ処理サービス、⑥業務処理サービスである(図6)。

オフィスに設置されているキャビネットの役割を実現する電子キャビネットやリレーショナルデータベースの上に蓄積されたデータをワークステーションのOA機能で加工して文書やグラフ作成したりすることが簡単にできる。主な特長は次のとおりである。

#### (1) 電子デスクを中心にオフィスの基本業務と操作を統合

ワークステーションの画面上にオフィスの作業環境を電子デスクとして表示しており、電子デスクを中心にしてオフィスの基本業務をいながらに行えるようになっている。オフィスの基本業務であるワープロ、表計算、グラフ作成、作図、イメージ処理、データ編集、データ変換、データ加工、伝票入力、帳票作成などの作業は、文書処理・データ処理・業務処理の三つに統合されている。また、各機能の操作は、マウス(簡易入力指示装置)でアイコン(作業用絵文字)を選択する方式で統一されている(図7)。

#### (2) 当社機種間の相互運用性を実現

ワークステーションからみて、ホスト計算機の機種を意識することなく運用できる。これは、ホスト計算機とワークステーション間のデータ及び文書の交換については、統合OA交換規約GIA/GCAで統一されているためである。ホスト計算機がEXシリーズであっても、GEOCシリーズであってもワークステーションでは同じ操作で運用できる。

#### (3) 徹底して処理の分散、機能の分散を実現

ホスト計算機は電子キャビネットやリレーショナルデータベース

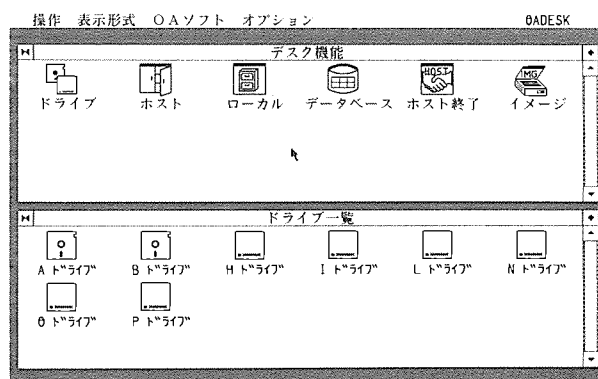


図7. 電子デスクのウインドウ

スなどの資源の管理を一括して行うサーバ機能として実現されている。ワークステーションは各種サービス機能の操作を一括して行い、ホスト計算機上の大容量ディスクに蓄えられている文書やリレーショナルデータベースのデータの取り出しなどを要求するリクエスト機能として実現されている。ホスト計算機の大容量ディスクでデータを一元的に管理し、ワークステーションでそのデータを取り出し、各種OAパッケージで加工・編集しマルチメディア文書などを作成する。このように、ホスト計算機とワークステーションのそれぞれの特長を最大限に活用するため、処理や機能の分散が徹底して行われている。

## 7. む す び

オフコンは、だれでもが簡単に使えるコンピュータとして企業のOA化の中核機器に位置付けられる。その理由は大量のデータの中から自分の欲しい情報を抽出し、自分の好きな形に加工するといったことを簡単にできる環境が完備しているからである。

今後もユーザーフレンドリーな製品を開発し、オフコンをより身近な道具として活用できるものに仕上げていく所存である。

# オフィスコンピュータ二重系システム

大江信宏\*  
山永康昌\*  
篠原秀直\*

## 1. ま え が き

事務処理分野において、小回りが効き、操作性の良いコンピュータとして発展してきたオフィスコンピュータ(以下オフコンと称す)も、ハードウェアの高性能化、ネットワーク機能や分散処理機能の充実などに伴い、最近では大規模化が進み多種多様の処理をこなすようになってきた。このように、システム規模が大きくなるにつれ、システムの障害が与える利用者への影響は重大になるため、今まで以上にシステムの高信頼性が要求されるようになってきた。

ここで述べる《MELCOM 80 GEOCシリーズ》システム80Gによるオフコン二重系システムは、このようなニーズにこたえるもので、ディスク装置のデュアルポート接続やシステム制御機構などの組合せによって、信頼性が高くかつ運用面でも工夫の施されたシステムを実現することができる。

以下、オフコン二重系システムを実現する技術、その運用方式、応用システム例を紹介し、更に今後の高信頼化技術についても紹介する。

## 2. 二重系システムのねらい

オフコンシステムの使用形態は業種によって多種多様であるが、特に金融やサービス業では、24時間フル稼働でシステムをまったく停止せずに使うという形態も多くなってきている。このようなシステムにおいては、システムに障害が発生しダウンしてしまったり、長時間復旧しない状態が続くことは企業損益に影響を与えるばかりでなく、社会的にも大きな問題となり得る。

オフコン二重系システムのねらいは、システムを二重化しておくことにより一方の系に障害が発生しても、もう一方の系に切り替えて運転を続けることによりシステムをほとんど停止しなくて済むようにすることである。

## 3. 二重系システムの実現方法

システムを二重化する場合に、障害発生箇所とその影響の度合い及び故障率に応じて、二重化する構成要素が決まってくる。一般

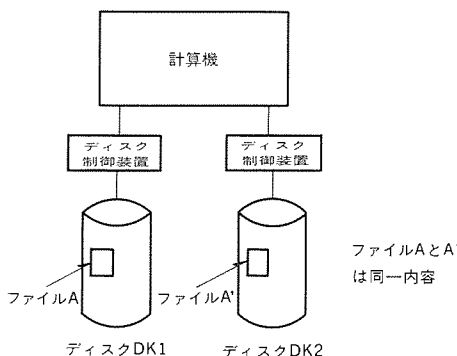


図1. ディスク装置の二重化の概念図

に次のようなものが二重化の対象となる。ここでは、ディスク装置と計算機の二重化について述べる。

- ディスク装置
- 計算機（中央処理装置、主記憶装置、各制御装置）
- 通信回線
- 電源（分電盤）
- 空調機

### 3.1 ディスク装置の二重化

ディスク装置を二重化する目的は、1台のディスクに障害が発生しても、もう1台のディスクで業務を続行できるようにすることである。そのために、業務ファイルを2台のディスクにそれぞれ持ち、業務プログラムは通常そのファイルを両方とも更新し、同じ内容になるようにしておく。そして、1台のディスクが障害のため使えなくなっても、もう1台のディスクにあるファイルを使って業務を続行する。図1にその概念図を、図2に業務プログラムの流れ図を示す。ディスク装置復旧後は、正常なディスクのファイルを復旧したディスクへ複写し、再び二重系運転に戻す必要がある。

### 3.2 計算機の二重化

計算機を二重化する目的は、一つには2台の計算機に同じ仕事を行わせ、その処理結果を比較しながら処理を進める形態で、処理の信頼性を目的とするケースと、もう一つは2台の計算機の内1台を運転系としてオンライン処理等を行い、もう1台が待機系としてバッチ処理等を行って、運転系がダウンしても待機系に切り替えてシステムの運転を続ける形態で、システム運転の信頼性を目的とするケースの二つがある。一般に、前者をデュアルシステム、後者をデュプレックスシステムという。オフコン二重系システムは、どちらかという後者である。ただし、オンライン処理の負荷の多いシステムや、オンライン処理で更新されたデータに基づいてバッチ処理を行う場合などには、2台の計算機両方を運転系として、オンライン処理の端末を半分ずつ分けて処理した方が負荷が分散できるた

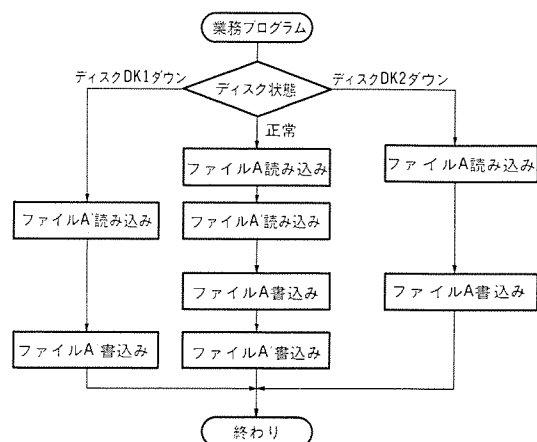
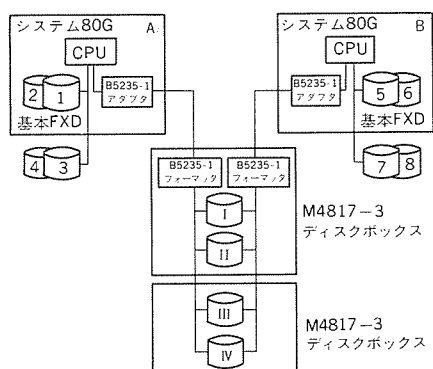


図2. ディスク装置二重化時の業務プログラム流れ図



注 ① I～IVのFXD(固定ディスク)がデュアルポートディスクとして使用される。  
② 基本FXD(1～8)とデュアルポートFXD(I～IV)は同一FXDである。(M6840-1)

図3. デュアルポートシステムの構成図

表1. デュアルポートディスクコマンド一覧

番号	コマンド	機能	備考
1	RSV	デュアルポートディスクをリザーブ	
2	REL	デュアルポートディスクをリリース	
3	FRSV	デュアルポートディスクを強制リザーブ	
4	PUR	デュアルポートディスクに対するサスペンド中の要求をキャンセル	
5	RST	デュアルポートディスクに対するシステムの制御テーブルをリセット	保守コマンド
6	STS	指定されたデュアルポートディスクに対するS/Wトレースを出力	保守コマンド
7	TRC	指定されたデュアルポートディスクに対するH/Wトレースを出力	保守コマンド

め有効であり、そうした運用を実施しているシステムもある。この場合、一方の計算機が運転不可能になった場合、もう一方の計算機にダウンした計算機の端末をつなぎ替え、1台の計算機で全端末からの業務を実行する。

ディスク装置については、片方の系がダウンしたときにもう一方の系に速やかにつなぎ替えられる機構が必要であり、デュアルポートディスク機構がシステム80Gには用意されている。

### 3.3 デュアルポートディスク機構

デュアルポートディスクとは、2台の計算機に共通に接続されるディスク装置を、どちらの計算機からでも参照や更新を可能にした機構である。ハードウェア構成図を図3に示す。デュアルポートディスク装置に対するアクセスは、計算機からそのディスクに対するアクセス権を獲得すること（リザーブ）により行える。いったんリザーブしたら、通常のディスク装置と同様に自由に読み書きができる。アクセス権を解放（リリース）すると、もう一方の計算機からのリザーブが可能になる。また、リザーブしたまま計算機がダウンすると、もう一方の計算機からのリザーブができなくなるため強制リザーブの機能がある。DPS10ではデュアルポートディスク装置のサポート機能として、コマンドとライブラリを提供しており、ジョブコマンドの中や業務プログラムから容易にこのディスク装置に対する制御ができるようになっている。表1にコマンドの一覧を示す。

## 4. 二重系システムの運用方式

### 4.1 システム監視・制御機能

オフコン二重系システムを運用するためには2台の計算機システムの稼働状態やエラー発生状況を常に監視し、障害発生時の切り替え、再立ち上げなどの制御を行う必要がある。このための機構がシステム制御機構である。システム制御機構はマルチワークステーションM3300シリーズで実現され、システム80Gのサービスプロセッサ（SVP）に接続される。また、システム制御機構は同時に2台のシステム80Gと接続でき、さらに通信回線を介して遠隔地の監視センター計算機と接続することにより、遠隔地からも二重系システムの監視・制御が行える。システム制御機構の機能は表2のとおりである。図4にシステム制御機構を含めた二重系システムハードウェア構成の例を示す。

### 4.2 障害発生時の運用

ディスク装置を二重化し、デュアルポートディスク機構を使って計算機を二重化したシステムにおける障害発生時の運用例を以下に述べる。

#### (1) ディスク装置の障害時の運用

業務ファイルは通常2台のディスクに二重書きしているが、システム監視・制御機能によりディスクの障害を検出すると、オペレータがシステム監視・制御機能を用いて、業務プログラムをいったん終了させ、1台のディスクのみの運転（シングルファイル運転）を指示して再起動することにより、継続運転することが可能となる。ディスク障害復旧後は、システム回復プログラムをいったん動作させ業務ファイルの複写後、2台のディスクでの運転に戻る。

#### (2) 計算機障害時の運用

計算機で異常が発生し、中央処理装置のダウン、システムディスクのダウンなどにより片方の系のシステム80Gが動かせなくなった場合、システム監視・制御機能を用いてダウンした系をリセットし、もう一方の系に回線をつなぎ替える。ディスクについては、図5のように、それぞれの系用にファイルを二重にもっておき（図5におけるA1とA2、B1とB2）、この内のA2とB2は、片方のシステム80Gがダウンしたときに残った系につなぎ替える。そうして、残った系を再立ち上げし片系システムとして業務を続行する。

### 4.3 遠隔監視・制御の運用機能

二重系システムを遠隔地から監視するために、監視センター計算機と二重系システム間を次の二系統で接続することによって、遠隔監視・制御を実現し、二重系システム側の無人運転を図ることができる。

●システム制御機構をして介して回線で接続する。

表2. システム制御機構の機能

番号	機能項目	内容
1	システムのステータス問合せ	マシンチェック、ウォッチドグタイマなどハードウェアでセットされるステータス。パニック、ディスクエラーなどソフトウェアでセットされるステータス
2	メモリ内容読み取り	ログエリアのリード、OSテーブルのリード
3	CPU制御レジスタ読み取り	CPU内の各レジスタのリード
4	稼働状況セット	項番1のステータス問合せのための情報をセット
5	システムを停止させる	CPUを止める
6	システムを再開させる	CPUにリスタート割込みを発生
7	システムのIMPL(イニシャルマイクログラム・ロード)を行う	CPUパネルのIMPLボタンの機能
8	電源オフ	システム制御プロセッサを除く、システムの電源をオフする
9	CPUに外部割込みを発生させる	外部割込み発生(システム切替えのトリガ等に使用できる)



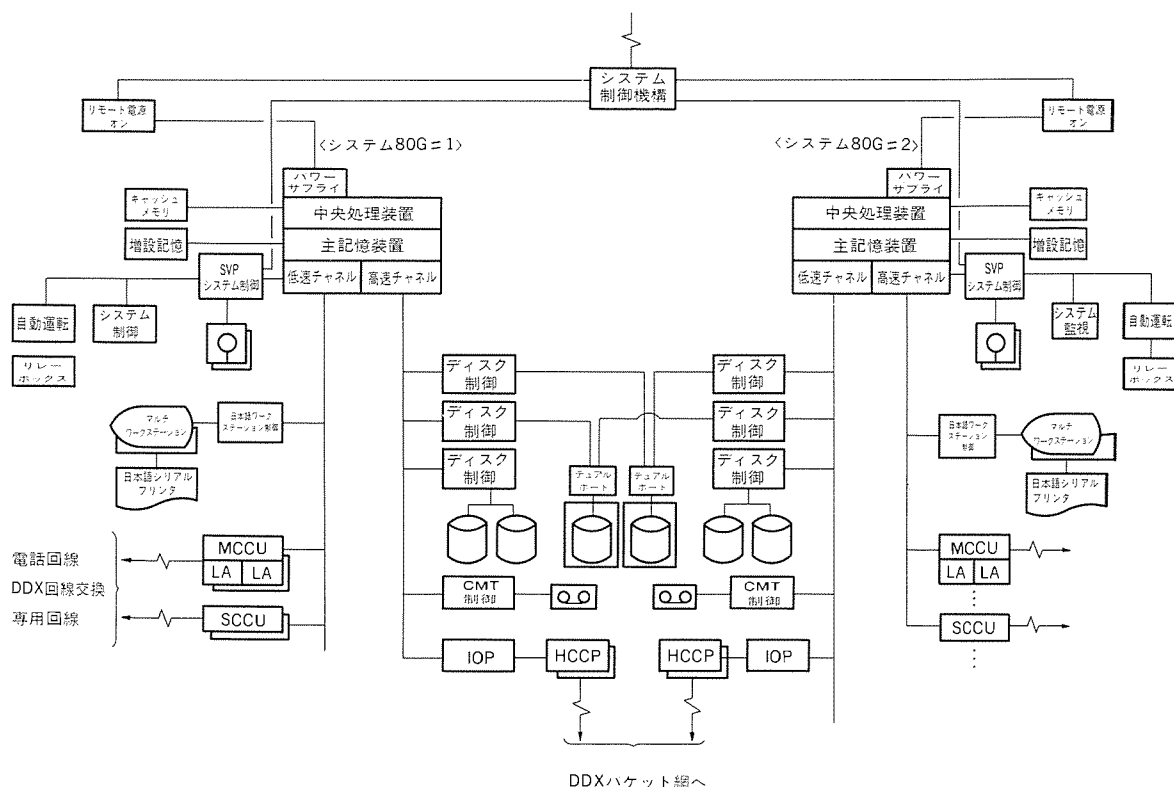


図4. 二重系システムハードウェアの構成例

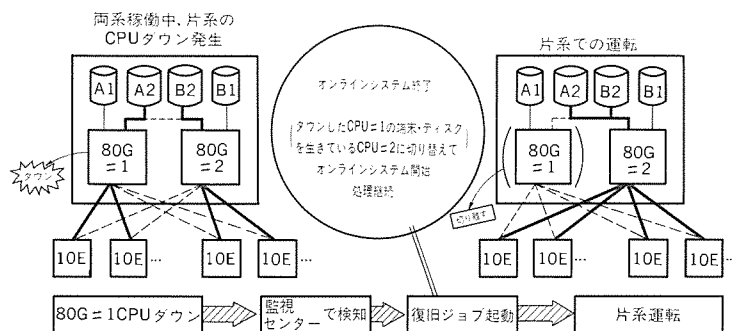


図5. 障害発生時の流れ (CPUダウンの場合)

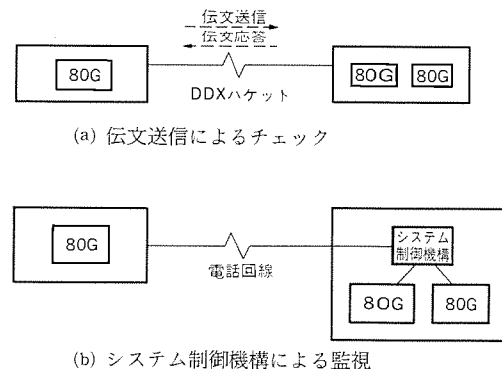


図7. 稼働状況監視

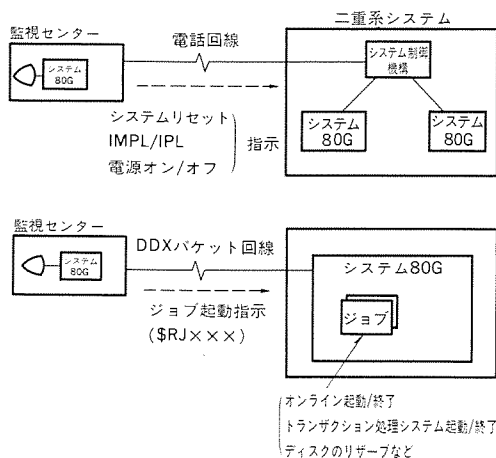


図6. リモートオンライン開始・終了機能

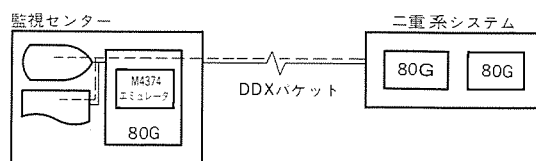


図8. リモートワークステーション機能

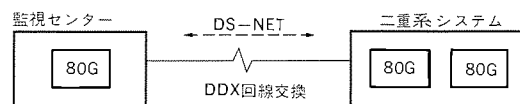


図9. DS-NETの利用

●二重系システムの各計算機と監視センター計算機間を回線で接続する。  
これにより、次のような監視・制御機能が可能となる。

オフィスコンピュータ二重系システム・大江・山永・篠原

(1) リモートオンライン開始機能

監視センターのワークステーションから、二重系システムの各計算機に対して、システムリセット、IMPL (イニシャル マイクロプ

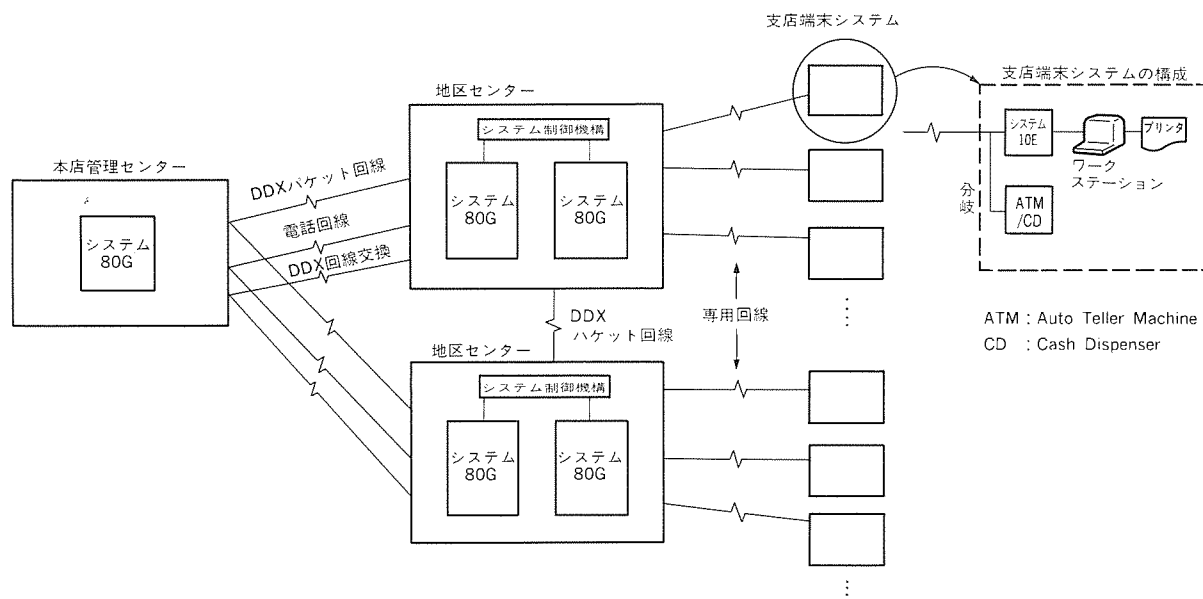


図10. 応用システムネットワークの概略図

ログラムロード)、オンラインシステムの開始などの指示を行うことができる。また、このとき二重系システムに対する片系システム運転やシングルファイル運転などを指示することが可能であり、二重系システムでの障害発生時に、監視センターからの復旧作業が可能である(図6)。

#### (2) リモートオンライン終了機能

監視センターのワークステーションから、二重系システムの各計算機に対して、オンラインシステムの終了、システムリセット、電源切断などの指示を行うことができる(図6)。

#### (3) 二重系システム稼働状況監視機能

これは、監視センターの計算機から、二重系システムの稼働状況を常時表示し監視する機能である。稼働状況は監視センターから二重系システムに対して定時間間隔でステータスを採取する方法と、異常発生時に二重系システムのシステム制御機構から監視センターに異常報告を上げる方法が考えられる(図7)。

#### (4) リモートワークステーション機能

これは、監視センターのワークステーションを二重系システムのリモートワークステーションとして接続する機能である。この機能を使うことで、二重系システムのDPS10のオペレータコマンドを実行し、稼働状況を見ることができる(図8)。

#### (5) DS-NET機能

ダイナミックサポートネットワークシステム(DS-NET)は、遠隔保守サービス機能であり、監視センターと二重系システム間をこの機能で結ぶと、運用ログの採取、プログラムの保守などが容易に行える(図9)。

### 5. 応用システム例

以上、述べてきた二重系システムの応用例を紹介する。

このシステムはシステム80G 2台が二重系システムとして、全国各地の地区センターに分散設置され、各支店端末システムとして、システム10Eがネットワーク接続された大規模ネットワークシステムである。地区センター間も当社MNA-P(Multi Shared Network Architecture)で接続されている。本店管理センターでは、各地区セ

ンターを遠隔監視・制御し、地区センターでの24時間無人運転を実現している。システムの形態は、端末システムからのオンライントランザクション処理である。図10にこのシステムの全体ネットワーク概略図を示す。

### 6. オフコン高信頼化システムの今後の方向

本稿では、二重系システムを中心に、デュアルポートディスクやシステム制御機構など、従来のオフコンではなかった新しい技術について紹介した。このほか、高信頼化システムを実現する手段として、今後、次のような技術もシステムに取り入れられていくことになるだろう。

#### (1) データベースの回復を行う回復管理システム(RMS: Recovery Management System)

業務プログラム異常、システムダウン、ディスク障害に対して、データベースの整合性を保証する機能である。

#### (2) トランザクション処理システムによるトランザクション/メッセージのリカバリー

#### (3) ミラーディスク

本稿では、ディスクの二重化として業務プログラムによるファイルの二重書きによる方法を示したが、これをもっと本格的に行い、オペレーティングシステム側でディスクの二重書きを行い、ディスク障害からのリカバリーを行う機能である。

### 7. むすび

以上、オフコン二重系システムの機能と運用方式について述べた。LSIの発達によるオフィスコンピュータの高性能化、ディスクの大容量化、ネットワークの多様化などにより、大規模なシステムが増えていくとともに、信頼性に対するニーズも今まで以上に高まっている。今後、高信頼化技術をシステムに取り入れていくことによって、オフィスコンピュータフォールトトレラントシステムをより強化していくことが、大規模化、高度化する利用形態に対応したオフィスコンピュータの重要な課題である。

# 超高压送電線保護用PCM電流差動リレー装置

松崎秀彦\* 部 千鶴男\* 服部俊樹\*\* 松永完三\*\* 中川欣之\*\*

## 1. ま え が き

超高压送電線保護リレー装置は、保護系統の重要さと、その動作責務から高信頼性が要求され、また近年の送電線の大容量化・多端子化に伴う保護の困難さから、高感度・高機能化が求められている。こうした要求を踏まえ、保護リレー装置にマイクロプロセッサを適用したデジタル型保護リレーシステムの開発と実用化を進めてきたが、送電線保護に関しては電流差動リレー方式が主流であり、情報伝送システムの制約により、アナログ型を適用していた。つまり、電流差動リレー方式は、各電気所の電流瞬時値を互いに伝送し、差動演算を行うため伝送情報量が多く、従来はFM(周波数変調)方式により、音声4chを用いて伝送していた<sup>(1)</sup>。

しかし、最近の情報伝送技術の進歩により、FDM(周波数分割多重)方式からTDM(時分割多重)方式へ、伝送系全体が変遷しつつあり、またOPGW(光ファイバ複合架空地線)の導入により光伝送も系統保護分野への適用が可能となってきた。このような情勢の下で、PCM(パルス符号変調)方式による電流瞬時値伝送を用いた全デジタル型電流差動リレーの開発を進めてきたが、フィールド試験による性能検証も完了し<sup>(2)</sup>、このほど実用第1号機を九州電力(株)川内火力線に納入したので、その仕様の概略を紹介する。

## 2. 全デジタル型電流差動リレーの構成

### 2.1 サンプル同期機能

PCM伝送を用いた電流差動リレーを、マイクロプロセッサによるデジタル演算型で構成した場合、対向電気所間において、電流データをA/D(アナログ→デジタル)変換するためのサンプリングタイミングは、全く同一時刻でなければ差動演算結果に誤差を生ずることとなる<sup>(3)</sup>。このために、サンプリングタイミングの同期制御を行う必要があるが、この同期制御を通信機器(信端)側に組み込む方式と、リレー装置に内蔵させる方式とがある。

図1に同期機能を信端側に組み込んだシステム図を、図2にリレー側に内蔵させたシステム図を示す。信端側で同期制御を行う場合、信端からのサンプリング同期信号により電気角30°ごとに電流瞬時

値をサンプリングし、A/D変換したデータを一定のタイミングで信端側に送出する。ここで、サンプリング同期信号はデータ送受のタイミングをもつかさどるため非常に重要な信号となっている。また、リレーと信端との接続は光ファイバを用いて、耐ノイズ性能を向上させている。一方、リレー側に同期制御を内蔵する場合は、伝送制御専用回路とマイクロプロセッサでサンプリング同期の制御とデータ送受信制御を行う。この場合、伝送系との信号の受渡し条件は一般的なバイポーラ信号渡しとなっているため、標準の多重化装置(CR-MUX等)によりTDM伝送系と直接接続が可能である。また、FDM伝送系に対しても、P/F(PCM→FDM)変換器によりG帯(音声12ch相当)に接続できる。通信側とのインタフェース条件

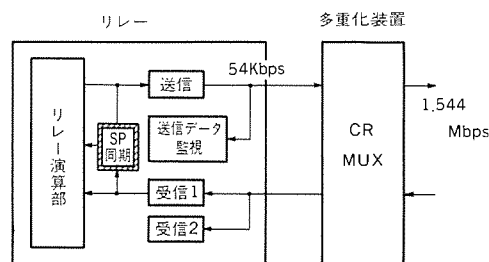


図2. PCM電流差動リレーシステム (リレー側同期)

表1. 電気結合方式の仕様

		仕 様
信 号 速 度		54Kbps±8bps
符 号 形 式		AMI (RZバイポーラ)
負荷インピーダンス		110Ω抵抗
振 幅	マークパルス ("1")	3.0±0.5V
	スペース ("0")	0±0.1V
パ ル ス 幅		9.26μs±10%
波 形 形		CCITT波形規格等

注 AMI: Alternative Mark Inversion

表2. 光結合方式の仕様

		仕 様
光 変 調 方 式		光強度変調
符 号 化 形 式		CMI
伝 送 速 度		54Kbps±8bps
発 光 素 子		LED
発 光 波 長		0.85±0.05μm
出 力 レ ベ ル		-18~-22dBm
受 光 素 子		PINフォトダイオード
入 力 レ ベ ル		-18~-32dBm
光ファイバケーブル		GI 50/125
コ ネ ク タ		FC/PCコネクタ
伝 送 品 質		自局折返しにて5分間誤りがないこと
光 送 出 波 形 (モニタ)	半値幅	9.26μs±10% (all "0")
	半値幅	18.52μs±10% (all "1")

注 CMI: Coded Mark Inversion

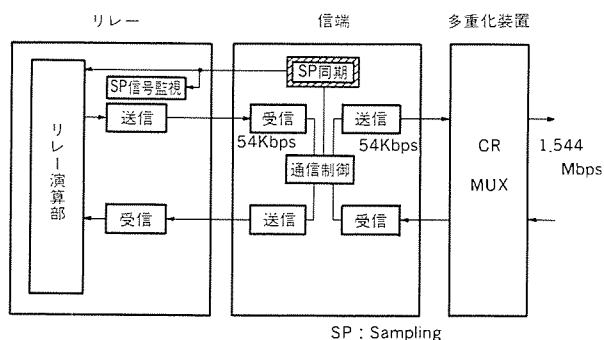


図1. PCM電流差動リレーシステム (信端側同期)

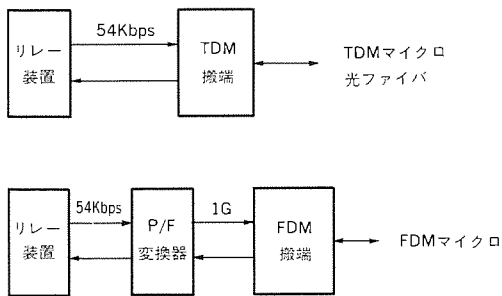


図3. 伝送系とリレーとの接続例

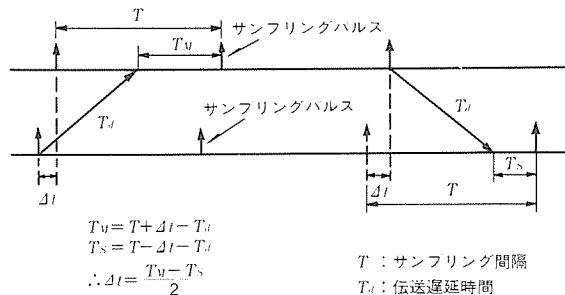


図4. サンプル同期制御の原理

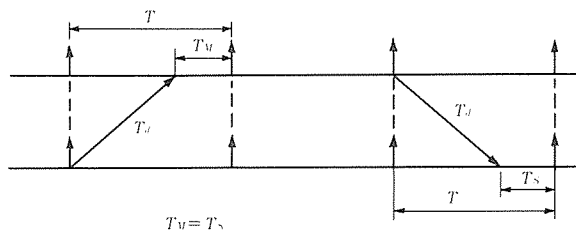


図5. サンプル同期成立状態

を表1に示す。リレー側同期のシステムでも光信号による受渡しは可能であり、その場合のインタフェース条件は表2に示すとおりである。伝送系との接続を図3に示す。

## 2.2 サンプル同期制御の原理

図2のシステムにおけるサンプル同期制御の方法を図4により説明する。図において、両電気所のサンプリング タイミングは $\Delta t$ だけずれている。このタイミングずれ時間 $\Delta t$ を計測するために次のような処理を行う。

子局からサンプリング タイミングと同期してデータを伝送し、親局ではデータ受信時から次のサンプリング タイミングまでの時間( $T_u$ )を計測し、この計測データを子局へ伝送する。子局も同様に親局からのデータ受信時から、次のサンプリング タイミングまでの時間( $T_s$ )を計測する。この計測データ $T_u$ 、 $T_s$ の差により $\Delta t$ が求まり、 $\Delta t \rightarrow 0$ となるように子局のサンプリング タイミングを制御することにより、サンプル同期が実現できる。両電気所のサンプル同期が成立している様子を図5に示す。

## 2.3 データフォーマット

データ伝送速度が54Kbpsであり、サンプリング間隔が電気角 $30^\circ$ であることから、伝送データの1フレームは75ビット(60Hz系)で構成される。データフォーマットの例を図6に示す。電圧情報、制御情報、SAフラグ、SP同期用時間データなどは高速伝送の必要がないため、1サイクル当たり1～4回の低速伝送となっている。データの誤り検出は巡回符号検定を用いており、巡回符号(CRC)生成

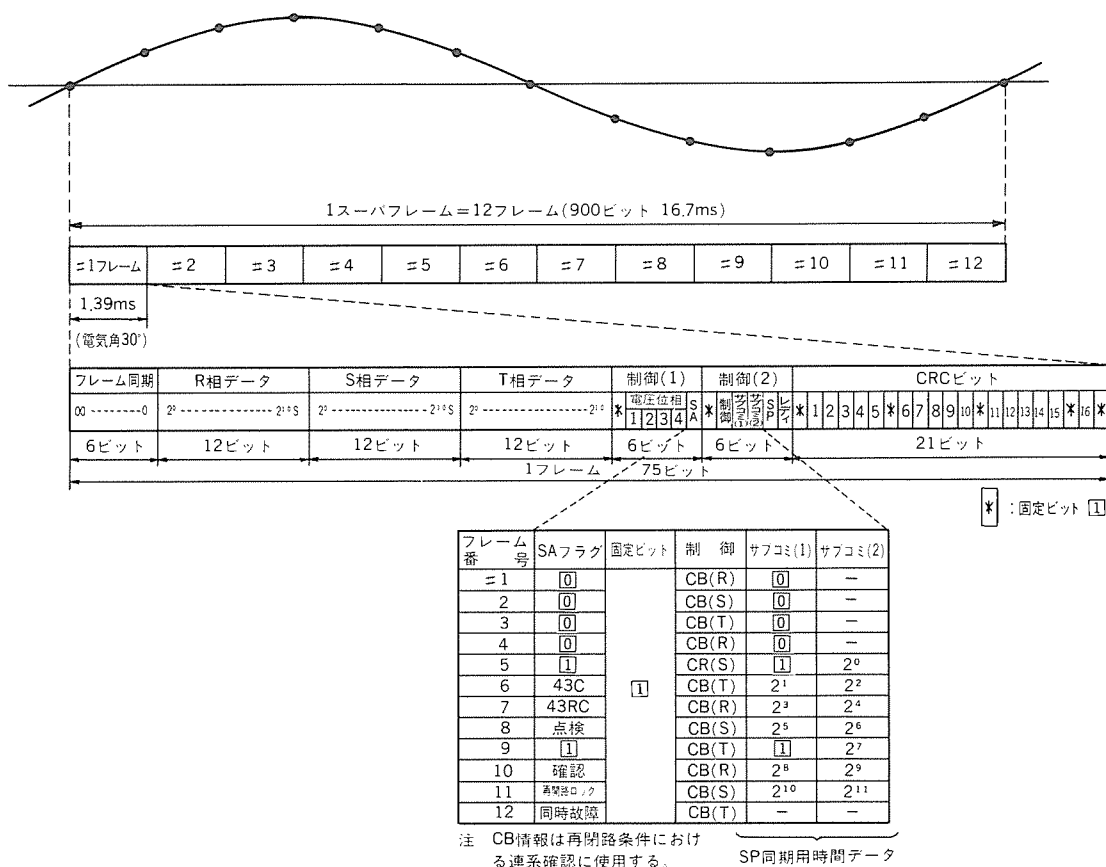


図6. 伝送データフォーマット例 (60Hz系)

多項式は、CCITT勧告V.41準拠の16次( $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ )を採用している。

## 2.4 送受信回路監視

図1のシステムでは、信端に送受信データの検出機能があり、データの誤りが発生した場合、不具合箇所が通信側かリレー側かを判定することができるが、図2のシステムでは、その判定が困難となる。そこで、送信データ及び受信データの誤りを検出する別回路を設置し、リレー側送信回路不良、受信回路不良を判定可能とした。

## 3. 電流差動リレーの特性と性能

### 3.1 リレー特性

デジタル電流差動リレーは、各端子電流のベクトル和( $|\Sigma I|$ )を動作量、スカラー和( $\Sigma |I|$ )を抑制量とし、判定式は次式としている。

$$|\Sigma I| - \eta_1 \Sigma |I| > k_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$|\Sigma I| - \eta_2 \Sigma |I| > k_2 \dots\dots\dots (2)$$

ここに  $\eta_1, \eta_2, k_1, k_2$  : 定数

リレー出力は式(1)及び式(2)が成立したときに出力される。式(1)は小電流域特性であり、検出感度向上のため抑制係数を小さくし、大電流域特性式(2)はCT飽和などの誤差対策として抑制係数を大きくしている。比率特性を流入-流出表現で表すと図7となる。

また、大容量地中送電線の区間内充電電流による差動電流はリレ

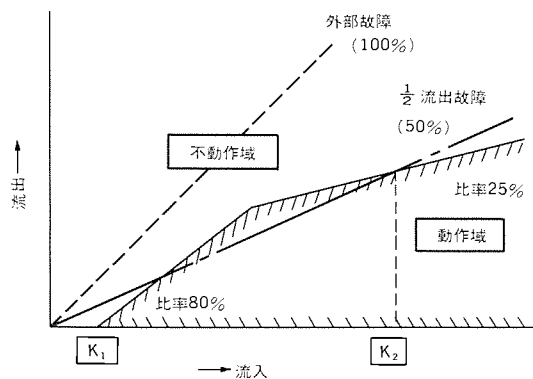


図7. 比率特性

ー誤動作の原因となるため、従来リレーでは動作感度を低下させて対処していたが、デジタル型では充電電流を補償することにより、感度低下を防止している。補償方法としては、各端子で差動演算後自端電圧による100%補償を行うこととし、外部故障時の補償誤差を考慮して、動作量・抑制量の両方に補正項を追加する。

$$|\Sigma I - C \frac{dV}{dt}| - \eta \Sigma (|I| + C \cdot |\frac{dV}{dt}|) > k \dots\dots\dots (3)$$

ここにC: 全区間充電容量, V: 端子電圧

ここで、端子電圧の微分値を求める必要があるが、過渡応動に対する応答性を配慮し、1サンプル前のデータのみを使用する式(4)を適用した。

$$\frac{dV_{(0)}}{dt} = \lambda V_{(0)} - \mu V_{(-1)} \dots\dots\dots (4)$$

$V_{(0)}$ は現在時刻のデータ、 $V_{(-1)}$ は1サンプル前のデータを表し $\lambda, \mu$ は定数である。

### 3.2 情報伝送データ監視

伝送路の不良により伝送データが誤った場合、そのままりレー演算に用いると不要応動する可能性がある。これを防止するために、相手端から受信したデータについて表3に示すチェックを実施する。また、各監視項目の発生部位と検出部及び表示部を表4に示す。

表3. 情報伝送データ監視

項目	内容
S P 同期不良	各端子のサンプリング同期が20 $\mu$ s以上ずれた場合
(データ不良)	(信端のあるシステムの場合、信端にてデータ検定実施)
S A フラグチェック	SAフラグのパターンチェック不良が連続した場合 (1スーパフレームごと)
C R C チェック	リレーの受信データにCRCエラーが発生した場合
固定ビットチェック	リレーの受信データに固定ビットエラーが発生した場合
フレーム同期チェック	リレーの受信データにフレーム同期パターン不良が連続した場合

注 SP: Sampling  
SA: Sampling Address  
CRC: Cyclic Redundancy Check

表4. 監視項目と監視範囲

	リレー装置	通信装置
ブロック図	入力部 → 処理部 → 送受信	信端 ← 搬端
リレー装置常時監視	⊙ (リレー不良)	
通信部	⊙ (データ不良)	⊙ (データ検定不良)
不良	⊙ (SAフラグ不良)	
	⊙ (CRC検定不良)	
	⊙ (固定ビット不良)	
	⊙ (フレーム同期不良)	

⊙:不良検出部 → :監視範囲  
○:不良表示部 --- :不良フラグ伝送

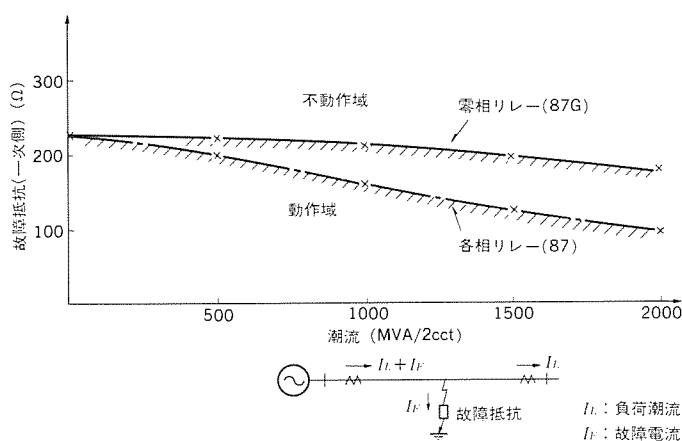


図8. 地絡故障の検出感度

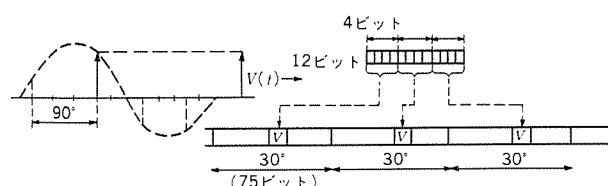
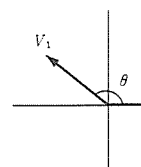


図9. 脱調検出の概要



\$V\_1\$: 自端電圧  
\$V\_2\$: 相手端電圧

図10. PCM電流差動リレー装置の構成例

#### 4. 付加機能

電流差動リレーをデジタル型で構成したため、差動リレー以外の次のような機能が、ほとんどハードウェアを追加せずに実現できる。

- (a) 微地絡検出機能
- (b) 脱調検出機能
- (c) 遮断器不動作対策機能
- (d) 高速多相・中速三相再閉路機能

ここでは (a), (b)について説明する。

##### 4.1 微地絡検出機能

地絡故障の検出感度は図8に示すように、負荷潮流が大きくなると低下する傾向にある。これは、図7の比率特性によるものであり、解決方法として、潮流の影響を受けない零相電流による差動リレーを構成する。零相電流は自端、相手端の各相電流を加え合わせることで得られるため、一切ハードウェアの追加を必要とせずに構成できる。

##### 4.2 脱調検出機能

送電線の両端電気所間の位相差角が一定以上となると脱調となり、系統全体に大きな影響を及ぼす。よって脱調はできるだけ早期に検出し、系統を分離する必要がある。従来の脱調検出は自端における電流、電圧によりインピーダンスを求める方法であったが、今回は両電気所の電圧瞬時値を比較して検出する方法を採用し、判定をより正確なものとしている。電圧瞬時値は90°ごとにサンプルし、12ビットのデジタル値に変換した後、30°ごとに4ビットずつ相手端へ伝送する。受信端では自端電圧と相手端電圧の位相差角を検出し、脱調を判定する。動作の概略を図9に示す。

#### 5. 装置構成

サンプリング同期制御をリレー側で行う図2のシステムの装置構成例を図10に示す。4章追加機能(a)～(d)及び自動点検機能を実装し、幅700mm×高さ2,300mm×奥行450mmの盤一面で構成できる。

#### 6. むすび

系統保護上の諸問題を解決するために、種々の機能を追加しながらも、保護装置としての信頼度を向上させる手段として、マイクロプロセッサ応用のデジタルリレーは非常に有効であり、各方面に適用実績が増えつつある。また架空地線や電力ケーブルに光ファイバを内蔵する技術も実用化され、伝送系のデジタル化が加速されていくものと考えられる。

このような動向に対応して、ここに紹介した超高压送電線保護用PCM電流差動リレーのほか、低位系統への適用を考慮した多端子電流差動リレーなどの開発及び研究を進めており、デジタルリレーの適用拡大を図っている。

#### 参考文献

- (1) 鈴木ほか：FM電流差動キャリアリレー装置，三菱電機技報，55，No.9（昭56）
- (2) 畑田ほか：OPGWを使用したPCMデジタル電流差動リレーのフィールドテスト結果，昭和62年電気学会全国大会，No.1358
- (3) 東ほか：光PCM伝送による電流差動保護システム，昭和58年電気学会全国大会，No.1218

# 東京電力(株)納め系統周波数上昇防止リレーシステム

鈴木 守\* 前田隆文\* 合田忠弘\*\* 中村正則\*\* 長澤 宏\*\*

## 1. ま え が き

電力系統において、万一系統事故などに伴う負荷脱落が生じると、供給力が過剰となって系統周波数が上昇する。従来、このような周波数上昇に対しては、電源の調速機が動作して自動的に出力が抑制

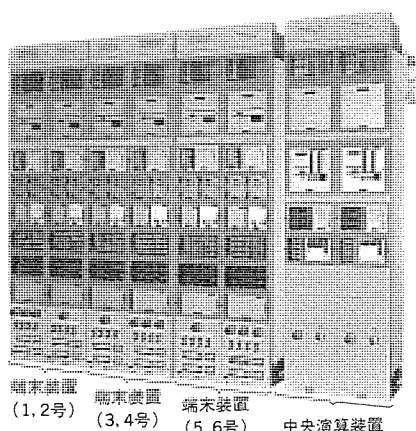


図1. 系統周波数上昇防止リレーシステムの外観

されるので特別な対策を講じる必要がなかった。しかしながら、近年、負荷率の低下並びに原子力電源比率の増加に伴い、効率運用のため深夜最低出力運転する火力電源が増加し、周波数上昇時安定運転を継続できない場合も考えられること、系統事故が過酷な場合、調速機が動作しても一時的に周波数が規定値を超えることがあり、万一の場合一部の電源が停止することも考えられることなどから、供給力不足による更に広範囲な供給支障に至ることも配慮することが必要になってきた。

このたび完成した東京電力(株)五井及び広野火力発電所納め、周波数上昇防止リレーシステム(図1)は、系統周波数の上昇度合に応じて、自動的に適正量の発電機を選択遮断することによって周波数の上昇を抑制し、系統事故の波及拡大防止を図るものである。以下にシステムの概要と特長を述べる。

## 2. システム概要

### 2.1 周波数上昇防止リレーシステムの遮断方式

電源遮断量(系統全体でのトータル目標遮断量)は、系統容量の変動、電源の出力配分の変動、及び想定される負荷脱落量を考慮し必要量を確保しなければならない。このため、系統内の複数発電

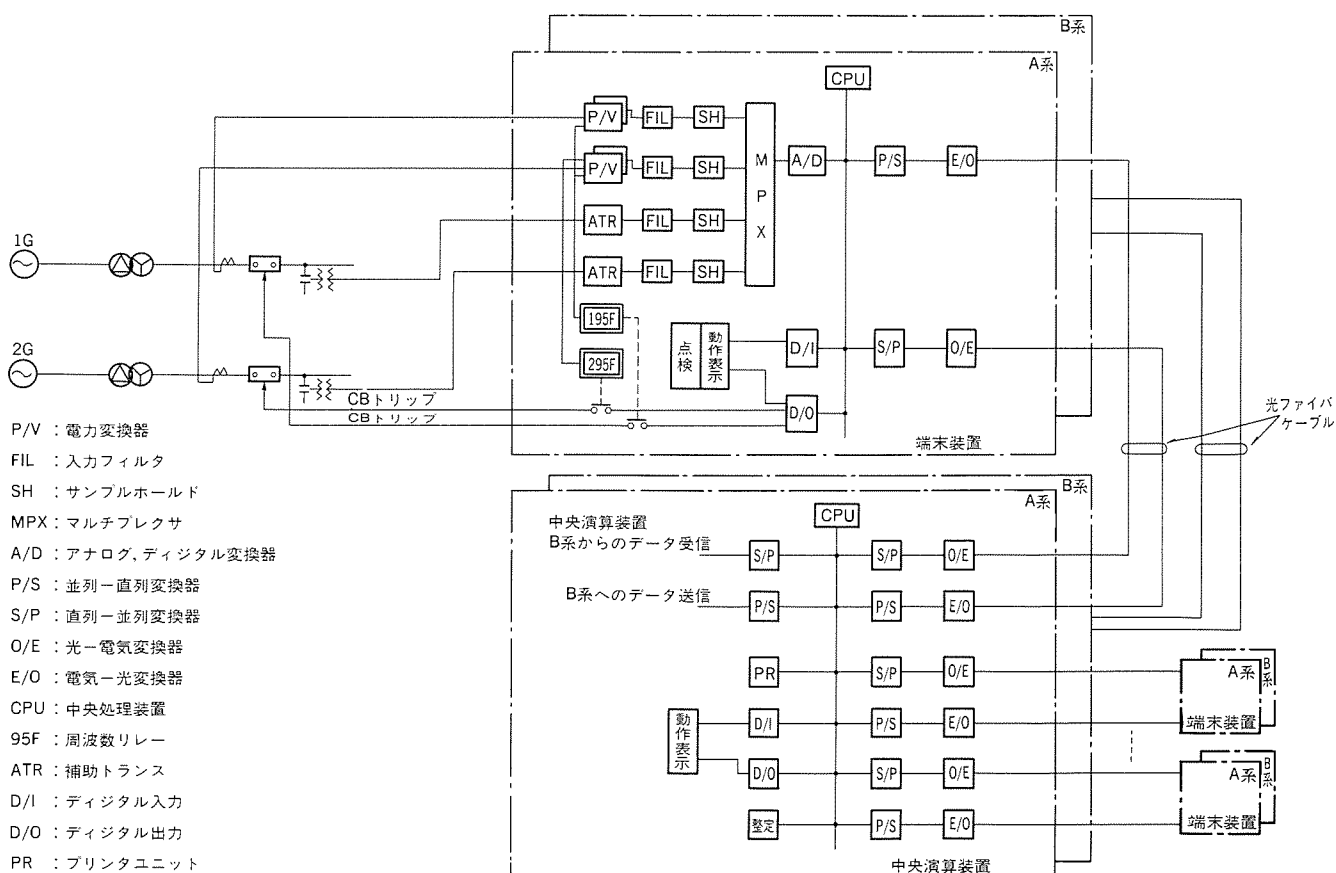


図2. 中央演算装置-端末装置のシステム構成図

所にこのシステムを設置し、各々に目標遮断量を設定して、あらかじめ発電機遮断の組合せを選択しておく。周波数上昇時には各発電所に設置されたこの装置が動作し、発電機を遮断することにより、系統でのトータルの目標遮断量相当を遮断し、周波数上昇の抑制を図る。

各発電所における目標遮断量の設定と遮断方式は、以下のようになる。

この装置の周波数要素としては、周波数が急激に上昇する場合動作する要素(周波数上昇率要素)、周波数上昇が継続する場合や周波数上昇率要素が動作した後もなお周波数が高いレベルで継続する場合に動作する要素(周波数限時要素)がある。各々の要素に対して目標遮断量を別個に設定できる方式となっている。周波数の上昇率要素は各発電所において高速に動作し、目標遮断量に相当する発電機を同時に遮断する。

一方、周波数限時要素は各発電所ごとに設定された時限で周波数上昇の継続を検出して動作し、目標遮断量に相当する発電機を順次遮断する。

2.2 システム構成

このシステムは図2に示すとおり、中央演算装置と端末装置及び中央演算装置と各端末装置間を接続する光ファイバケーブルで構成されている。これらは完全に2系列化(A系列、B系列)されている。

端末装置は発電機2台分を実装しており、発電機の出力値を算出する変換器、電圧瞬時値を入力する入力トランスユニット、系統事故検出及び自動監視を行う演算ユニット、中央演算装置からのトリップ指令を出力するサイリスタトリップユニット、事故検出要素の

表1. 中央演算装置の機能

機 能			内 容
周波数演算	周波数の算出		各端末装置からの電圧瞬時データをもとに周波数を算出する。
	限時要素	95L(低整定)	周波数が低レベルの整定要素を超えたことを検出する。
		95H(高整定)	周波数が高レベルの整定要素を超えたことを検出する。
	瞬時要素	95D (上昇率条件)	95D2 整定によって決まる $f_1$ から $f_2$ の間を一定時間内に上昇したことを検出する。
			95D1 電圧低下ロック解除時 $f_1$ を超えていた場合その後の上昇率 $\frac{df}{dt}$ が一定の範囲内にあることを検出する。
	周波数要素ロック条件		系統事故による電圧低下時、各周波数要素のロックを行う。
	$\frac{df}{dt}$ 急峻ロック		脱調などによる周波数の急峻変化を検出し各周波数要素のロックを行う。
	95Hトリップロック		95H要素の動作時、周波数が下降中の場合は、95H要素をロックする。
	伝送不良ロック		伝送系が不良の場合、各周波数要素のロックを行う。
	最適発電機選択演算	95L,95H要素の最適発電機選択演算	
95D要素の最適発電機選択演算		発電機の運用状態、95Dの目標遮断量、及び選択条件を満足する遮断発電機の組合せを演算する。	
A系,B系の合わせ込み演算		A系の最適発電機選択演算の結果とB系のそれを比較し、合わせ込みを実施し、過剰遮断を防止する。	
常時監視	制御部監視		バリチ、不正アドレス、不正命令、ウォッチドグタイム、チェックサム、整定値チェックを行う。
	伝送部監視		伝送データのCRC、ビット不良、キャリア断などのチェックを行い、プリンタに印字出力する。
	電源部監視		電源装置の過電流過電圧、不足電圧を検出する。

過周波リレーなどから構成されている。

中央演算装置は端末装置から伝送される電圧瞬時値、発電機出力値をもとに周波数演算、発電機最適選択演算を行う演算ユニット、動作状況を記録するプリンタなどから構成されている。さらに、端末・中央演算装置は各々、ハードウェアの不良部位などを表示する表示ユニットを具備している。

2.3 システムの機能

中央演算装置及び端末装置の機能は表1、表2に示す。以下にこの装置の基本となる機能の概略を述べる。

2.3.1 周波数要素

周波数要素は限時要素95L(低整定)、95H(高整定)、上昇率条件95Dの3要素を備えている。95D要素は周波数 $f_1$ から $f_2$ (いずれも整定値)まで上昇する時間 $t$ が $T$ (整定値)以下の条件で動作する要素である。系統事故中は後述のように周波数要素はロックされるため事故が除去された時点で $f_1$ を超えている場合は、これとほぼ等価な下式の条件が成立するとき、動作する要素を備えている。

$$\frac{f_1 - f}{c} > \frac{\Delta f}{\Delta t} > \frac{f_1 - f}{c}$$

$f_1 \cdot f_1$ : 負荷脱落量によって決まる値  
 $c$ : 負荷脱落曲線の時定数  
 $\frac{\Delta f}{\Delta t}$ : 周波数変化率演算結果  
 $f$ : 系統事故除去後の周波数

表2. 端末装置の機能

機 能		内 容
系統事故	系統事故・復帰検出	各発電機の電圧値を用い,27要素により系統事故・復帰検出を行い,中央演算装置へ検出の有無を送信する。
	計測・制御	A/D, D/I情報の入力 トリップ出力 中央演算装置から,トリップ指令を受信し発電機のトリップを行う。
点検	トリップロックチェック	点検開始/終了時トリップロック サイリスタのON/OFFチェックを行う。
	事故検出(FD)リレーチェック	事故検出リレー(95F)の動作/復帰チェックを行う。
	トリップサイリスタチェック	トリップサイリスタのON/OFFチェックを行う。
常時監視	入力部監視	Vバリッド, A/D精度, D/I入力情報, P/V変換のチェックを行う。
	制御部監視	バリチ, 不正アドレス, 不正命令, ウォッチドグタイム, プログラムサム, 整定値チェックを行う。
	出力部監視	トリップサイリスタ, トリップロック サイリスタの監視, 事故検出リレー(95F)の異常監視を行う。
	伝送部監視	伝送データのCRC, ビット不良, キャリア断などのチェックを行う。
	電源部監視	電源装置の過電流, 過電圧, 不足電圧を検出する。

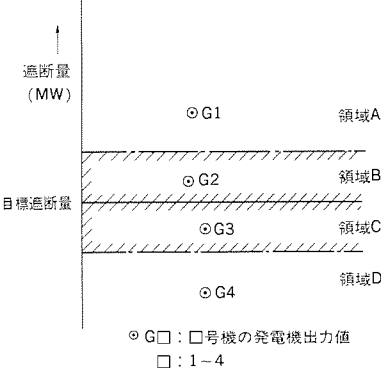


図3. 最適発電機選択演算



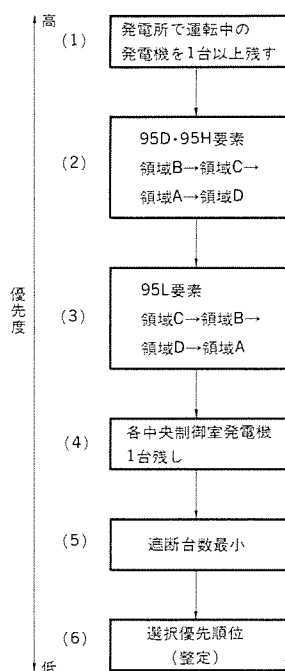


図 4．最適発電機選択演算フロー

### 2.3.2 最適発電機選択演算

遮断発電機を選択に当たっては、電源の出力配分の変動にかかわらず、このシステムの機能を確保するため発電所ごとに設定した目標遮断量に近い組合せとする必要があるが、一定の目標遮断量（95D目標遮断量、95H/L目標遮断量）の範囲内であれば、保護性能にほとんど差異はないので遮断後の復旧時間短縮、対応の容易性などの優先条件を考慮した選択方式とした。まず、図3に示すように、目標遮断量を中心としてA、B、C、D、四つの領域に区分し、各領域内に属する発電機の組合せを演算する。この組合せをもとに、図4に示すようなフローで発電機を選択する。発電所の全停を避けるため同図(1)の条件を確認した後、95D、95H要素は“多めの遮断量”を考慮しブロック(2)に示す領域の順位で選択する。一方、95L要素は“少なめの遮断量”を考慮しブロック(3)に示す領域の順位で選択する。(2)、(3)で選択した領域内に二つ以上の組合せがある場合は、更に(4)、(5)、(6)の優先順位に従って選択する。この演算は5sec周期ごとに実施されるため、常に発電機出力値と現在の運用条件に応じた最適な発電機選択が行われる。

### 2.3.3 不要動作防止機能

このシステムは全系統的な周波数上昇と類似した系統からの阻害要因による不要動作を防止するため、表3に示す対策を講じている。以下に概略を述べる。

- (1) 系統事故時の周波数上昇は系統全体の需給不均衡ではなく、事故除去後には自然に抑制されることなどを考慮し、電圧低下条件下で演算をロックし、事故除去後の周波数により正しく動作判定を行うようにしている。
- (2) 電力動揺・脱調時は周波数が負荷脱落時と比べて急峻に上昇する特徴を捕え、演算をロックする対策を行っている。
- (3) 発電所内の一部の発電機のみが本系統から分離され系統単独となった場合は、本系統側の周波数により動作判定を行うよう考慮している。
- (4) 系統事故の発生・除去、系統操作などに伴い発生する高調波は、

表 3．不要動作防止対策

	系統からの阻害要因	対 策
1	系統事故中の一時的な周波数上昇	事故検出中は、周波数要素をロックする。
2	電力動揺・脱調	周波数の急峻な変化を検出し、周波数要素をロックする。
3	系統単独時の一時的な周波数上昇	各端末装置の周波数値を比較し、系統側の周波数と単独系の周波数上昇を判別し周波数要素をロックする。
4	系統側の高調波による電圧波形のひずみ	アナログフィルタ、デジタルフィルタを設ける。
5	系統事故の発生、除去、負荷、遮断、電源遮断などに伴う電圧位相の急変	周波数検出要素の動作照合、復帰照合を行う。

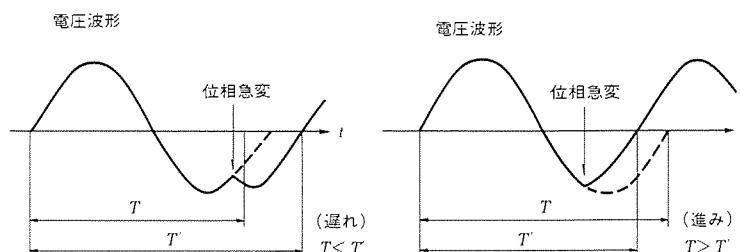


図 5．位相急変時の現象

アナログフィルタ及びデジタルフィルタを設けることにより除去されている。

(5) 系統事故等起因し、系統電圧の位相急変が生じると、図5に示すように、一時的に周期が変化したり波形ひずみなどが発生する。位相が遅れ方向に急変した場合は、一時的に周波数を低く見る。また、位相が進み方向に急変した場合は一時的に周波数を高く見るが、いずれの場合も動作照合・復帰照合を行うことにより対策を講じている。

## 3. システムの特長

### 3.1 周波数検出演算

このシステムは周波数の上昇率要素を始め、高精度な周波数検出を必要とする。今回、端末装置から伝送される30°サンプリングの電圧瞬時値を用いて周波数を算出することにより、精度±0.03Hz以下、動作時間110ms以内（95L、H要素、入力変化率5Hz/sec時）を実現した。

### 3.2 2系列化と過剰遮断防止対策

システムの信頼性を向上させるため、図6に示すようにトリップルートに至るまで完全2系列OR構成を採用している。通常は2系列で運用し、片系不良時は正常な系にて運用する方式としている。

一方、2系列（A、B系）の運用に対して、ハードウェアが完全に独立のため演算誤差などにより、周波数上昇時にA、B系が異なった発電機を選択し遮断する可能性がある。そのため下記の対策を行っ

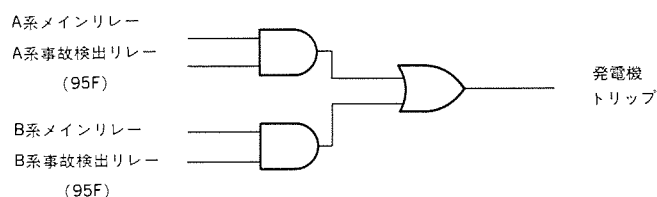


図 6．トリップルートのブロック図

表 4 . 光伝送系の概略仕様

項目	仕様
伝送方式	サイクリック伝送方式
伝送速度	54Kbps
伝送符号	RZ符号方式
データ検定方式	CRC検定, 固定ビットほか
送信レベル	-14~-16dBm
受信レベル	-14~-26dBm
ファイバ材質	石英ファイバ(GI50/125)
減衰量	3dB/km以下

1/600(1.67ms), 90ビット						
第0ワード	第1ワード	第2ワード	第3ワード	第4ワード	第5ワード	第6ワード
13ビット	13ビット	13ビット	13ビット	13ビット	13ビット	12ビット
同期ワード	V <sub>1</sub> (1G用)	V <sub>2</sub> (2G用)	W <sub>1</sub> (1G用)	W <sub>2</sub> (2G用)	ON, OFF	CRC

V<sub>1</sub> : 1号電圧瞬時値  
V<sub>2</sub> : 2号電圧瞬時値  
W<sub>1</sub> : 1号発電機出力値  
W<sub>2</sub> : 2号発電機出力値  
ON, OFF : 2値情報  
CRC : CRC検定ビット

図 7 . 伝送フォーマット

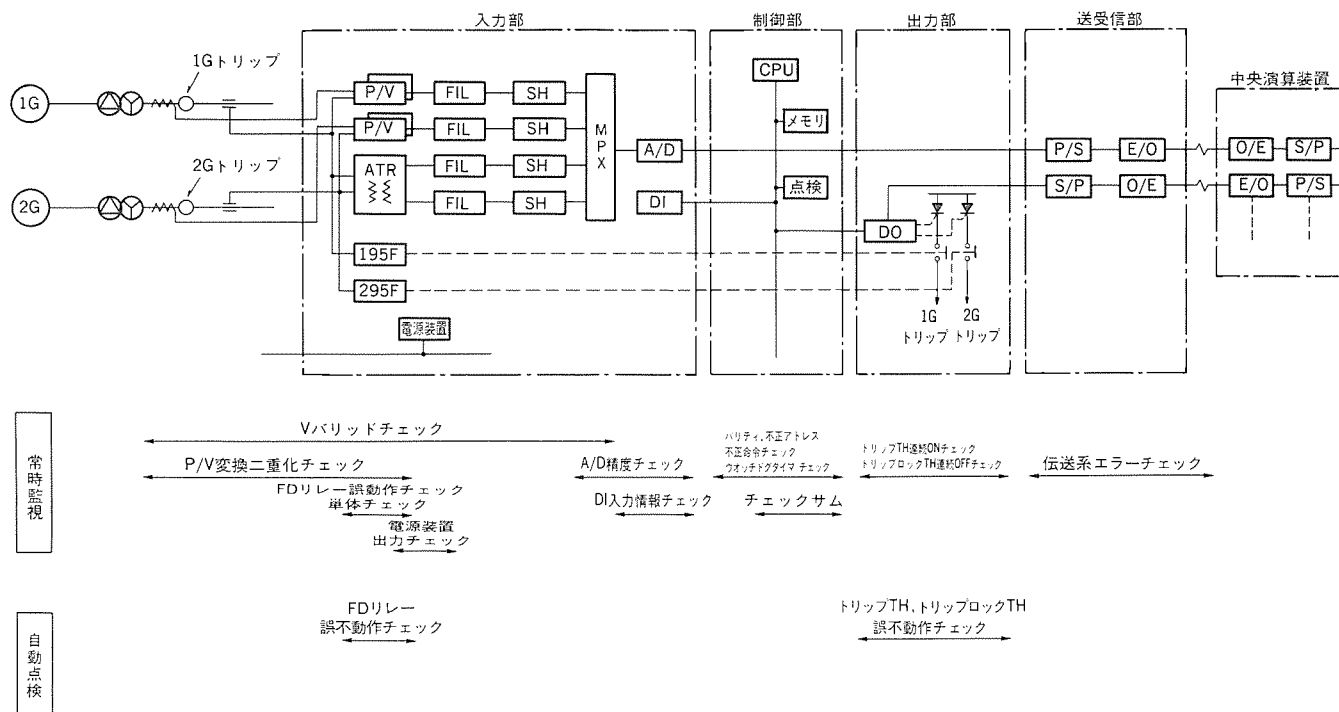


図 8 . 端末装置の自動監視範囲

ている。

- (1) A系, B系の発電機最適演算結果を相互に送受し結果の合わせ込みを行い, 一致していることを確認する。
- (2) A系, B系, 各々に対して, 95D, 95H, の要素が動作したとき, 動作した周波数要素を相互に送受し動作限界値付近における過剰遮断を防止する。

以上の対策を行うことにより, いかなる場合もA, B系で異なる発電機にトリップ信号が出力されることがないように考慮している。なお, A, B系間の伝送不良が発生したときは, A系の演算結果を用いるようにしている。

### 3.3 PCM光・伝送系

中央演算装置—端末装置間, は, 誤り検出能力の高いパルス符号変調 (PCM) 方式を採用している。さらに, 光ファイバケーブルを用い電磁誘導雑音の影響を受けない伝送系を構築した。光伝送系の概略仕様を表 4, 端末装置から中央演算装置への伝送フォーマットの例を図 7 に示す。

### 3.4 自動監視

システムの故障を速やかに発見し, 信頼度の向上と故障修復の迅速化を図るために自動監視機能を設けている。図 8 は端末装置の場

合を示すが, 入力部から送受信部にかけて, できる限り常時監視により不良検出を実施し, 常時監視の盲点となるFDリレー, トリップ回路の誤不動作側のチェックだけは自動点検により不良検出を図っている。

### 3.5 装置の構成

中央演算装置及び端末装置は, 1 系列分を高さ2,300mm×幅350mm×奥行450mmとし, 従来の 1 面分に 2 系列を収納して省スペースを図っている。

また, 端末装置は 1 台で発電機 2 台分を制御可能であり, 発電機の増設に対しては端末装置の増設で対応できるよう考慮されている。

## 4. む す び

以上, 周波数上昇防止リレーシステムの概要と特長について述べた。

今後とも, 電力系統の巨大化・複雑化に対応するため, この装置のようなデジタル技術を駆使した高性能・高信頼度保護リレーシステムの重要性がますます高まるものと確信している。

最後にこのシステムの開発に当たり, 多大な御尽力をいただいた関係各位に深く感謝する次第である。

# スクロール真空ポンプ

森下悦生\* 木藤良善久\*\* 菅波拓也\*\*\* 山本作衛+ 西田光博+

## 1. ま え が き

半導体素子、デバイス、新素材、核融合といった先端技術分野において、真空はキーテクノロジーの役割を担っている。これら利用分野の拡大に伴って、真空を形成するための真空ポンプに対するニーズも多様化してきている。なかでも、油回転真空ポンプは大気圧から中低真空までの圧力領域で使用される最も代表的なポンプであり、市場では性能の向上とともに、低振動・低騒音化、小型軽量化、メンテナンスの容易化などが要請されている。

油回転ポンプの方式としては、従来ロータリベーン形が普及しているが、当社では、このような市場の要請にこたえるために回転式スクロール形の油回転真空ポンプを開発した。

スクロール形には、一方の渦巻状羽根車を固定し、他方が揺動運動する揺動式と、二つの渦巻状羽根車が共に同じ方向に回転する回転式とがある。揺動式のものは、空調機や冷凍機の冷媒圧縮機として既に普及している<sup>(1)</sup>。しかし、真空ポンプへのスクロール形の適用は少なく、わずかに揺動式のものが一例<sup>(2),(3)</sup>あるのみで、今回開発した回転式スクロール形の真空ポンプは世界に例を見ないものである。

スクロール形はロータリベーン形に比べて、①シール性が良い、②振動、騒音が小さい、③構造が簡単で部品点数が少ない、などの優れた特長をもっている。さらに、回転式スクロール形は揺動式に比べて、シールが著しく容易である。我々は、このような回転式スクロール形の優れた特長を実現できる可能性に着目して、到達真空度が高く、低振動、低騒音で、小型軽量の油回転真空ポンプの開発に成功した。

本稿では、回転式スクロール形真空ポンプの原理と特長、構造の検討内容及び性能試験結果の概要について紹介する。

## 2. 回転式スクロール形の原理と特長

### 2.1 排気原理

図1に円のインボリュート曲線で型成されているスクロール羽根車の形状を示す。回転中心をずらした2個のスクロール羽根車を対

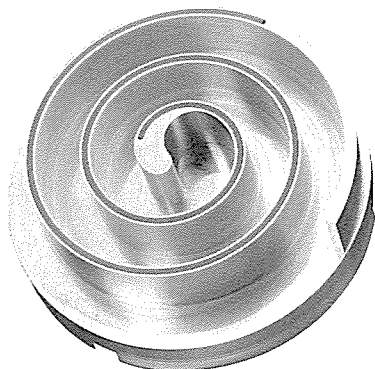


図1. スクロール羽根車の形状

向させて組み合わせ、三日月状の圧縮室を対称に形成する。図2は組み合わせたスクロール羽根車の断面で、回転角に伴う圧縮室の容積変化の過程を示す。二つの羽根車はオルダム継手を介して結合され、位相を維持しつつ同じ方向に回転する。回転角が0°のときに最外周部に形成された圧縮室①は、回転角が90°、180°、270°、0°と進むにつれて、順次その容積を減じていき、圧縮室②、③、④を経て圧縮室⑤となる。更に羽根車が1回転すると圧縮室⑥となり、中心部に設けた吐出口とつながる。回転角が更に進むと、圧縮室⑥はその容積を減じていき、吐出口からガスを排気する。図3の回転角0°のときに圧縮室①と対称の位置に形成された圧縮室のガスも全く同様の圧縮、排気過程が行われる。

### 2.2 特長

回転式スクロール形のこの原理に基づく特長を、ロータリベーン形及び揺動式スクロール形と比較して以下に説明する。

(1) ロータリベーン形は図3に示すように、回転子と2枚のしゅう動翼とからなり、しゅう動翼はスプリングでケースに圧着させられている。このような構造のために、圧縮されたガスが低圧側へ漏れる流路の構成は図4のようになる。主な漏れ流路は、しゅう動翼の先端及び側面のすきまと回転子半径方向のすきまで、特に後者は吐出室と吸入室の間のすきまなので、圧力差が大きくガスが漏れやすくなる。

これに対して、スクロール形では圧縮室が直段に並ぶ多段（図5では3室）の構造となり、漏れ流路の構成は図5のようになる。渦巻先端の軸方向すきま、及び渦巻側面の半径方向すきまは、それぞれ隣接する圧縮室間のすきまであり、圧力の高い圧縮吐出室と真空室が直接つながる漏れ流路はない。このように、スクロール形は、吐出ガスと吸入ガスの間を多段でシールしていることになるので、

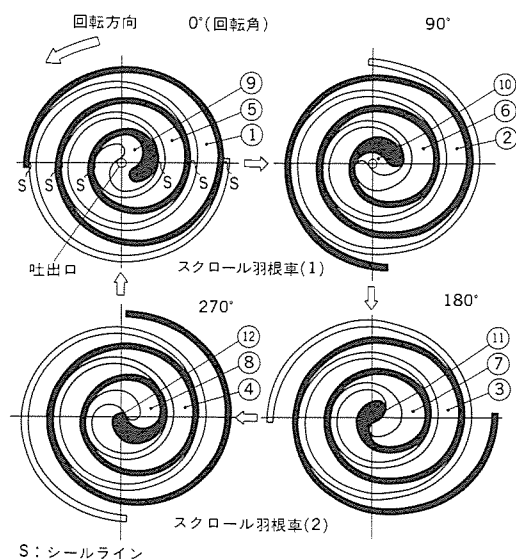


図2. 回転式スクロール形の動作原理

ロータリベーン形に比べてシール性が優れている。

(2) ロータリベーン形では、ベーン先端はケーシング内周面と高速でしゅう動する。これに対し、回転式スクロール形では、羽根車は高速で回転するが、両スクロール間の相対速度は小さく、スクロール先端、側面におけるしゅう動速度は同容量のロータリベーン形の約1/7となり、ポンプの信頼性、寿命の面で有利となる。

(3) スクロール形では3回転で吸入、圧縮、吐出行程を完了する。さらに、これらの行程が位相をずらせて同時に進行する。このため、1回転で行程を完了するロータリベーン形に比べて、ガス圧に伴う荷重やトルク変動が小さく、これらに起因する振動、騒音が小さくなる。

(4) 揺動式スクロール形では、羽根間のシール位置及びシール方向は空間に対して回転する<sup>(4)</sup>。これに対し、回転式では図3に示すように、シール点(S)は一列に並び、シール方向は空間に対して不動である<sup>(4)</sup>。このため、外部からシール方向に加える押付力を調整すれば、揺動式の場合に比してシールが著しく容易である。

### 3. 真空ポンプの構造

油回転真空ポンプは、ガスを吸入、圧縮、排気する圧縮機と基本的に同じ原理で作動する。しかし、真空ポンプを圧縮機とみなせば、圧縮比は極端に大きなものに相当し、また到達圧力に達するとガスが流れない、など圧縮機とは異なった様相を呈し、圧縮機をそのまま

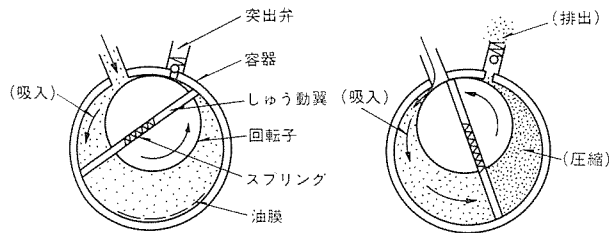


図3. ロータリベーン形の動作原理

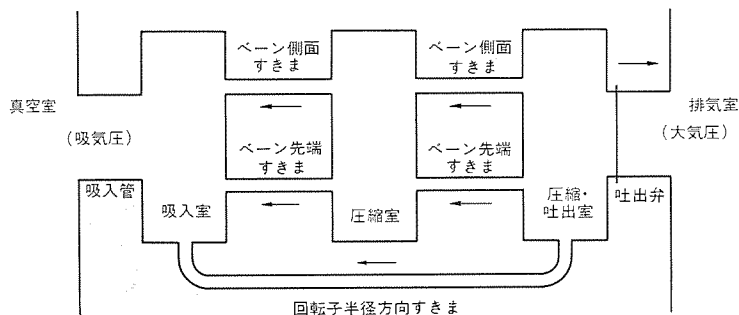


図4. ロータリベーン形の漏れ流路

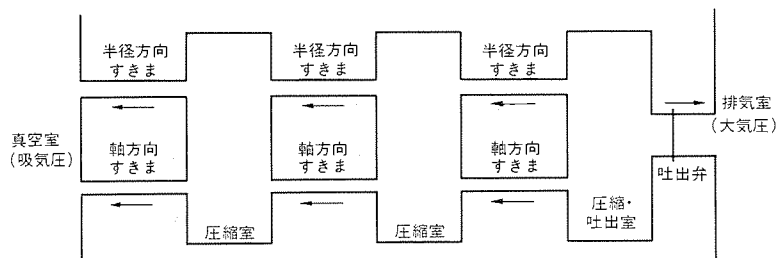


図5. スクロール形の漏れ流路

ま真空ポンプに適用しても十分な性能（到達圧力）は得られない。このため、スクロール形圧縮機を開発した技術に加えて、真空ポンプとしての種々の技術的な改良を行った。以下に、今回開発した回転式スクロール形真空ポンプの構造と代表的な改良点を示す。

#### 3.1 構造概略

設計排気速度200 l/minの回転式スクロール形真空ポンプの外観、及び構造をそれぞれ図6、図7に示す。ポンプは縦置型で、モータ部とポンプ本体部により構成され、ポンプ本体部は排気室と真空室の上下2層構造になっている。モータは0.4kWの4極誘導モータで、軸継手を介して駆動スクロールと連結されている。駆動スクロールには2本のアームが、従動スクロールには2個の爪が固定されており、オルダム継手を介して両スクロールが結合されている（図9参照）。このオルダム継手によって、両スクロール間の位相を維持するとともに、従動スクロールに回転トルクを伝達している。

吸気口から真空室へ流入したガスは、渦巻体の間に形成される圧縮室に閉じこめられ、圧縮された後、駆動スクロールの軸に設けられた排出路を通して排気室に至り、排気口から大気へ排出される。

真空室と大気圧状態の排気室をシールするために、駆動軸にオイルシールが設けられている。さらに、排気室にためられている油が外部へ漏れるのを防ぐために、排気室上部の駆動軸にもオイルシールが設けられている。

#### 3.2 構造検討

##### 3.2.1 渦巻形状

真空ポンプの到達圧力は、ポンプの吸入ガス量と、吸気側へ漏れるガス量がバランスした状態で決定される。油回転ポンプは容積型であるため、吸入ガスの体積は一定である。したがって、到達圧力を低くするためには、吸気側へ漏れるガス量を小さく抑えることが必要である。

図2に示すように、排気行程の終わりの状態（回転角270°）から回転角が更に進むと、トップクリアランス部は圧縮室⑨となつがり、残っていたガスは再膨張する。再膨張ガスの量が多いほど、吸気側

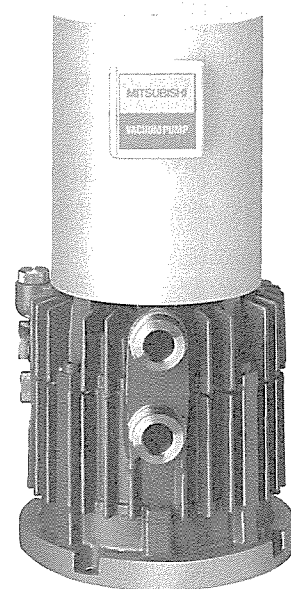


図6. 回転式スクロール形真空ポンプの外観

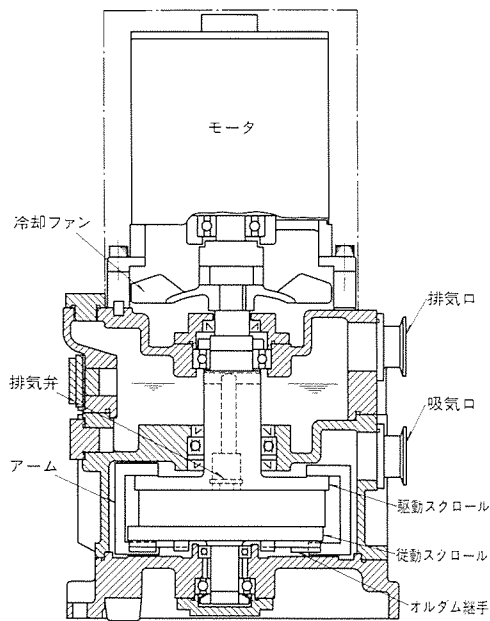


図7. 回転式スクロール形真空ポンプの構造図

へ漏れるガス量が増大するので、この量の減少を図るために、渦巻の先端形状を円弧で形成するようにした。

円のインボリュートをを用いた渦巻形状において、渦巻中心部の内周及び先端を円弧に接続した状態を図8に示す。次式に示す条件を満足する円弧を採用することにより、二つの渦巻内周先端部は絶えず他方の渦巻内周先端部に接することになり、排気行程の終わりのトップクリアランスを零にすることができる<sup>(4)</sup>。

$$Rs = a \left\{ \alpha - \frac{\beta}{2} + \frac{1}{2(\pi - \beta)} \right\} \quad \text{.....(1)}$$

$$Rl = a \left\{ (\pi - \alpha) - \frac{\beta}{2} + \frac{1}{2(\pi - \beta)} \right\} \quad \text{.....(2)}$$

$$l = a \sqrt{\left\{ \frac{\pi}{2} - \frac{\beta}{2} - \frac{1}{2(\pi - \beta)} \right\}^2 + 1} \quad \text{.....(3)}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta - \tan^{-1} \left\{ \frac{\pi}{2} - \frac{\beta}{2} - \frac{1}{2(\pi - \beta)} \right\} \quad \text{.....(4)}$$

ここに  $a$  : 基礎円の半径

$l$  : 2円中心間距離

$R$  : 円弧の半径

このように、零トップクリアランスの渦巻き形状にするとともに、排気弁と渦巻先端部の間に形成される空間が小さくなるように排気弁を設けることによって、再膨脹ガス量を少なくし、到達真空度を改善した。

### 3.2.2 すきまシール

スクロール形では、渦巻体どうしの相対速度が小さいため、機械的シールを用いることが容易であり、軸方向、半径方向のすきまを有効にシールできる。

そこで、軸方向すきまに対しては、テフロン系しゅう動材料を両方の渦巻先端部に固定するとともに、軸方向の押付力がほぼ零となるように組立調整を行い、最小のすきまを維持している。

半径方向のすきまに対しては、シール点、シール方向が空間に対して固定されるので、一方のスクロール羽根車にシール方向（半径方向）の力が加わるように組立調整を行い、二つの渦巻体が常にシール点で接触状態を保つようにしている。

### 3.2.3 油循環流路

スクロール真空ポンプ・森下・木藤良・菅波・山本・西田

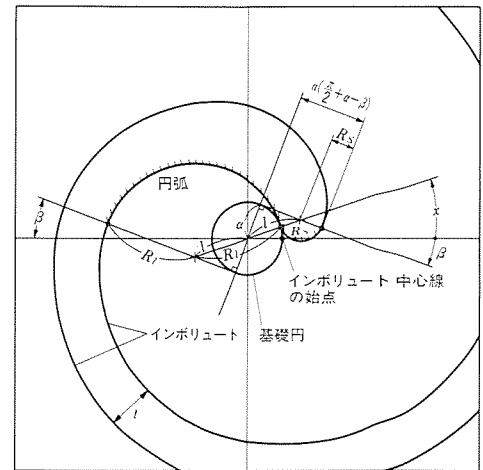


図8. 渦巻先端形状

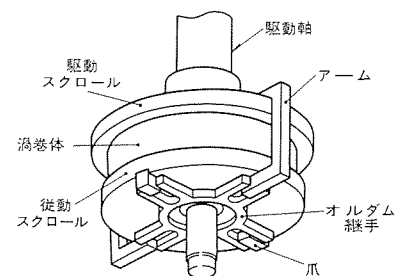


図9. オルダム継手の構成

高真空では、吸入されたガスが排気行程の最終段階に至っても、体積が非常に小さいため、排気弁を持ち上げて排出することができず再膨脹するので、吸気側に漏れるガス量が増大する原因となる。

このため、排気室と真空室の間のフランジ、及び駆動スクロールの軸に油の流路を設け、排気側の油を渦巻中心部の圧縮室に供給できる構造にした。さらに、停止時に油が真空室へ流入するのを防ぐために、油循環流路の入口部に逆流防止機構を設けた。

### 3.2.4 継手構造

回転式スクロール形における継手構造については、例えば米国特許<sup>(5)</sup>に考案例が示されている。この中では、オルダム継手が渦巻体の外周に設置されているが、この形式ではオルダム継手自身の外径及び質量が大きくなり、慣性力の影響が小さくない。

このため、図9に示すように、オルダム継手を従動スクロールの背面に収納できる構造を採用し、オルダム継手の軽量化を図った。この結果、オルダム継手の慣性力に起因する振動が低減された。

## 4. 性能試験結果

油循環流路の直径と、到達圧力の実測結果を図10に示す。圧縮室に供給される油の量は到達真空度に大きく影響し、適正な量を供給することによって高い到達真空度を維持できることがわかる。この結果をもとにして、油循環流路を最適化した回転式スクロール形真空ポンプとロータリベーン形真空ポンプ（他社）の性能を比較したものを図11に示す。到達圧力は  $1 \times 10^{-4}$  Torr と大幅に向上しており、また  $10^{-4}$  Torr 台の吸気圧に対する排気速度も大きく、優れた排気性能を得ることができた。

その他の性能・仕様を、同じ設計排気速度のロータリベーン形ボ

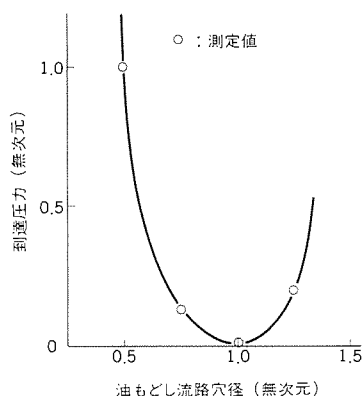


図10. 油循環流路穴径と到達圧力の関係

ンプ（三菱電機製，新開発）と比較して表1に示す。

振動計を半径方向に取り付けて，振動振幅を測定した結果，ポンプ最下端部で最大となり，両振幅の実測値は $30\mu\text{m}$ であった。ポンプの上部ほど振動は小さく，モータ部ではポンプ最下端部の約1/2である。

騒音は，無響室内にポンプを設置し，騒音計をポンプから1m，床面から25cm離して測定した。その結果，A特性の場合，4方向の平均値は60dBであった。

振動，騒音ともに小さく，低振動，低騒音を特長としている三菱電機製ロータリベーン形と同程度以上の静粛性を得ることができた。

また，一連の改良検討の結果，重量は12%，設置面積は40%低減しており，一層の小型軽量化，省スペース化が達成された。さらに，部品点数はほぼ半分と少なく，分解・組立ての容易な機構であることと合わせて，メンテナンス性の向上が図られている。

## 5. む す び

スクロール形冷媒圧縮機の技術ベースの上に，回転式スクロール形の特長に着目して，真空ポンプとしての検討を行った。この回転式スクロール形真空ポンプの特長を下記にまとめる。

- (1) すきまのシール方法が容易な回転式を採用し，零トップクリアランスとなる渦巻先端形状を採用するとともに，油循環流路の最適化を図ったこと，などにより到達真空度が高い。
- (2) ガス圧に伴う荷重やトルクの変動が小さく，またオルダム継手の軽量化や，羽根車のバランスの精密化，などにより低振動，低騒音である。
- (3) スcroll形的基本的な特長として機構が簡単で，部品点数も少ないため，メンテナンス性が良く，更に小型・軽量である。
- (4) ポンプを縦置型としたことにより，従来のものに比べて設置面積が大幅に少なく，省スペースである。

今回，開発に成功した回転式スクロール形真空ポンプは，真空ポ

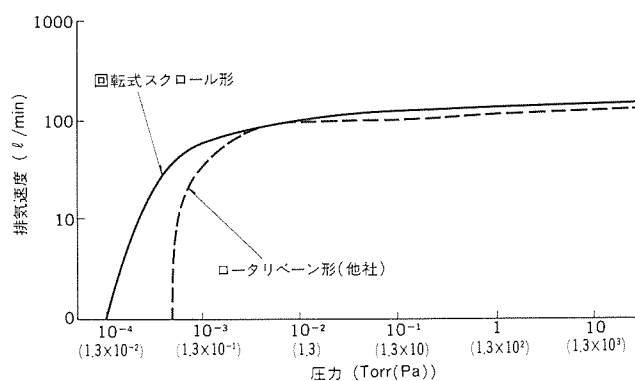


図11. 回転式スクロール形とロータリベーン形（他社）の排気性能の比較

表1. スcroll形とロータリベーン形（三菱電機製）  
ポンプの性能・仕様の比較

形式 性能・仕様	回転式スクロール形ポンプ	ロータリベーン形ポンプ (当社)
設計排気速度 ( $\ell/\text{min}$ )	200	200
到達圧力 (Torr)	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$
製品重量 (kg)	23	26
設置面積 ( $\text{cm}^2$ )	415	710
振動 (両振幅 $\mu\text{m}$ )	30	60
騒音 (ホン(A))	60	60
部品点数	96	139

ンプの方式として，多くの長所を持っており，中低真空用の新しい油回転真空ポンプとして広く利用されることを願うものである。

## 参 考 文 献

- (1) 森下，ほか：スクロール圧縮機，三菱電機技報，58，No. 5，（昭59）
- (2) Don O. Coffin : A tritium-compatible high-vacuum pumping system, J.Vac. Sci. Technol., 20(4), April, P.1126(1982)
- (3) Paul Vulliez : Completely dry and fluid-tight vacuum pumps, US.P. 3,802,809(1974-4-9)
- (4) 森下ほか：スクロール真空ポンプの研究，流体力学・流体機械講演会，日本機械学会（昭62-11）
- (5) Young, N.O., et al. : Scroll-type positive fluid displacement apparatus, US.P. 3,884,599(1975-5-20)

# 日英機械翻訳システム

太細 孝\* 鈴木克志\* 清原良三\* 丸山冬樹\*\* 吉武 淳\*\*

## 1. ま え が き

人工知能用ワークステーションである《MELCOM PSI I》上で日英機械翻訳システムを過去2年間にわたり開発してきたが、今回新しいモデルである《MELCOM PSI II》上にシステムを移すとともに、翻訳の質及び性能を向上させたので、その概要について述べる。

国内の翻訳需要は増加の一途をたどる一方であり、これに対して経験の豊富な優れた翻訳者はその数が不足している。この状態に対処するため、あるレベル以上の翻訳の質を確保し、多量の翻訳処理をコンピュータに行わせるシステムの実用化が期待されている。これは、翻訳作業というものをトータルで見て効率を上げるという考え方に基づくものである。《MELCOM PSI II》上の日英機械翻訳システム《MELTRAN J/E》はこのような市場ニーズにこたえるために開発が続けられてきている。

## 2. 《MELCOM PSI II》の概要

《MELCOM PSI II》は、通商産業省が新世代コンピュータ技術開発機構 (ICOT) という研究機関を設立して推進している第五世代コンピュータ プロジェクトの中間成果物を当社が製品化した人工知能用ワークステーションである。当社は先にもPSIの製品化に成功しているが、PSI IIはそれを更に高性能化、高機能化、小型化したものである。

まず、性能の面では毎秒33万回の高速推論を行い、最大80Mバイトの主記憶容量を持っている。機能の面ではビットマップディスプレイ、マルチウインドウ、マウス、日本語処理機能など高い操作性を提供している。これらの性能、機能を1MビットDRAMなど最新のVLSI技術を用いて、デスクサイドというコンパクトなサイズに収めた。

プログラミング言語としてESP (Extended Self-contained Prolog) という、人間の持つ知識を記述しやすく、モジュール性にも優れたものを提供している。さらに、スクリーンエディタ、デバッガ、ライブラリアンなど統合化されたプログラミングツールにより、知識情報処理システムの開発が効率的に行える環境になっている。

ESPはその正式名称から分かるように、自然言語処理に適した言語Prologをベースにしており、《MELTRAN J/E》はこの言語の特

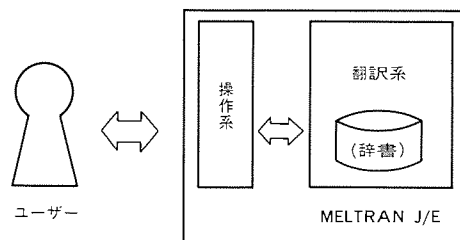


図1. 《MELTRAN J/E》の構成

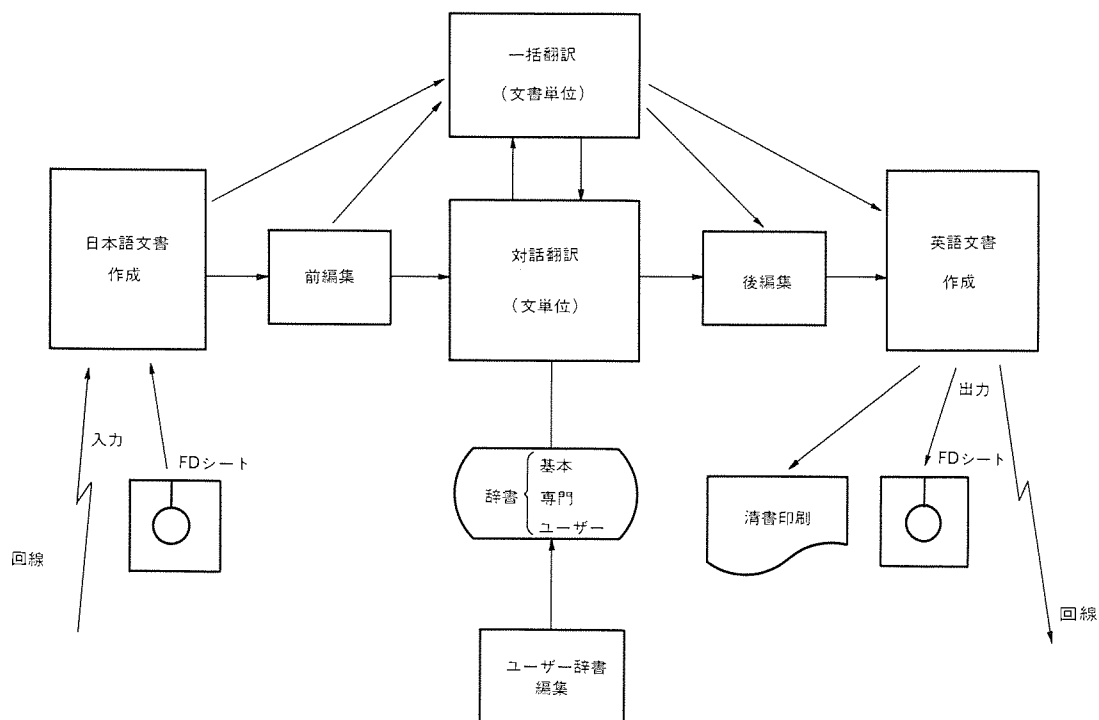


図2. 《MELTRAN J/E》の主な機能

質と、やはり既に述べたPSI IIの性能、機能、ソフトウェアの開発環境を十分に生かしつつ、開発が行われてきた。

### 3. 《MELTRAN J/E》の特徴

《MELTRAN J/E》は図1のように操作系と翻訳系とから成っている。操作系は文書の作成・前編集→翻訳→文書の後編集という一連の翻訳作業を支援する様々な機能を提供する。翻訳系はその名のとおり翻訳を行うシステムの心臓部分である。《MELTRAN J/E》の主な機能を箇条書きに列挙すると、

- (1) 一文ずつ翻訳を行う対話翻訳
  - (2) 一つの文書をまとめて翻訳する一括翻訳
  - (3) 文書の清書機能
  - (4) 日本語と英語の対応する文を並べて印刷する対訳印字機能
  - (5) PSI IIのマルチプロセス、マルチウインドウ機能を生かした、複数個の翻訳作業、編集作業、ウインドウ間の文書の切り換えが並行してできる機能
- などとなる(図2)。

次に翻訳品質について《MELTRAN J/E》の特長を箇条書きに列挙すると、

- (1) 「～すべきだ。」「～しなければならない。」など日本語の助詞・助動詞の組合わせによって生ずる意味の違いにきめ細かく対応
  - (2) 意味情報を利用した英語の前置詞の訳し分け
  - (3) やはり意味情報を利用した、同一の日本語の動詞から異なる英語の動詞への訳し分け(具体的な内容は5章に詳述)
- などとなる。また、翻訳速度は1時間に10,000語以上とワークステーション上の翻訳システムとしてトップクラスのものであり、正に高速に推論を行う人工知能用ワークステーションにふさわしいものになっている。

### 4. 翻訳方式と開発環境

この章では《MELTRAN J/E》の翻訳方式について述べたあと、システムを開発する上で必要となる開発環境の構成と特徴について述べる。

#### 4.1 翻訳アルゴリズムの概要

図3に翻訳アルゴリズムの概要を示す。アルゴリズムは、解析処理、変換処理及び生成処理の3種類に大別できる。

##### 4.1.1 解析処理

解析処理の目的は、日本語の入力文を解析して、文の内部構造を作成することにある。入力文は、漢字やひらがな、数字、記号など、様々な字種を含むので、まず字句解析を行う。続いて、文節内解析フェーズで、文節内の構文を記述した拡張文脈自由ルールに基づき、形態素解析を行いながら文節の構造を解析する。この形態素解析は、入力文と辞書中の単語見出しとのマッチングをとり、活用語尾変化

を考慮しながら、入力文から単語を切り出していく処理のことを指す。文節内解析の結果、入力文は図4のように、文節のリストに変換される。下線は一つの文節を示す。

続いて、重文処理フェーズでは、この文節のリストをスキャンして、文と文の区切りの候補となる場所を見つける。この例では、「こめて」と「彼女を」の間が候補となる。この結果を受けて、構文解析処理フェーズでは、文の構文を記述した拡張文脈自由ルールに基づき、文全体の構文を解析する。同時に、ルールに付加された構造作成記述に従い、日本語の内部構造を作成する。内部構造の例を図5に示す。

さらに、意味解析フェーズでは、ノード間の意味関係(格関係)を求める。このとき、主題処理により主語の省略が補われることもある。格関係の解析は、必ず(須)格と任意格の2種類に分けて行われる。前者は「動作主が食物を食べる」というような形式の枠組み(格フレーム)を利用して、名詞と述語との間の係受けを扱う。後者はそれ以外の係受けを扱う。

##### 4.1.2 変換処理

変換処理の目的は、日本語の内部構造を英語の内部構造に変換することにある。そのために訳語選択処理と構造変換処理を行う。訳語選択処理は日本語のノードを英語のノードに変換する。一般には、日本語の一語に対して英語の幾つかの語が対応し、適切な訳語を特定するのが難しい。したがって、適当に1語を選び、あとはユーザーのポストエディットに委ねることになる。しかし、特によく用いられる語については、辞書中に訳語選択ルールを与えておき、他の語との関係を考慮して、適切な訳語を選ぶようにしている。この訳語選択の手法については5章で述べる。

訳語が選択されたあと、構造変換処理が行われる。構造変換処理は、日英の言語構造の形の差を吸収するために行う。例えば、「彼が愛した猫」と「彼が辞めた場合」は、日本語では共に埋込み文(文中に埋め込まれた別の文のこと)の連帯修飾であるが、英語では、一方は関係節「the cat which he loved」になり、他方は副詞的従

彼は、親愛をこめて彼女を見た。  
→ [彼は、親愛を、こめて、彼女を、見た。]

図4. 文節のリスト例

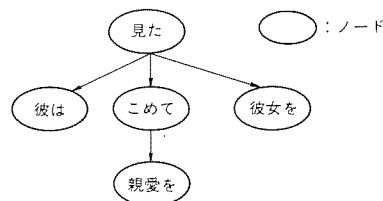


図5. 文の内部構造(日本語)

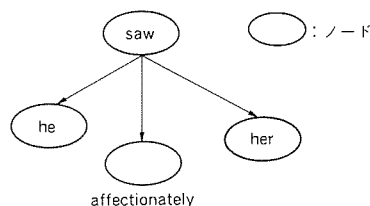


図6. 文の内部構造(英語)

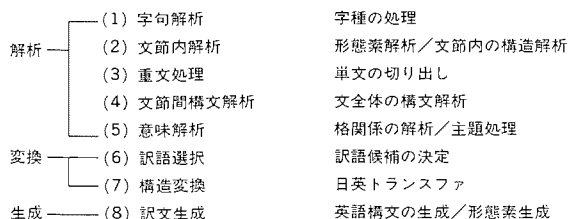


図3. 翻訳アルゴリズム



属節「if he resigned」になって内部構造も異なる。したがって、それぞれのケースに応じて内部構造を変形する必要がある。先の例では、後述する訳語選択処理を受けて、「親愛をこめて」という文が「affectionately」という副詞に変換され、図6の内部構造が作成される。

#### 4.1.3 生成処理

最後に、生成処理では英語の内部構造をなぞりながら英文を生成する。この際、英語の構文を記述した拡張文脈自由ルールが用いられる。なぞりはトップ・ダウンに親ノードから子ノードへと順に行われ、その過程で正しい語順や語形が選択される。先の例文では、「He saw her affectionately」が得られる。

#### 4.2 開発環境

前節で述べた翻訳アルゴリズム

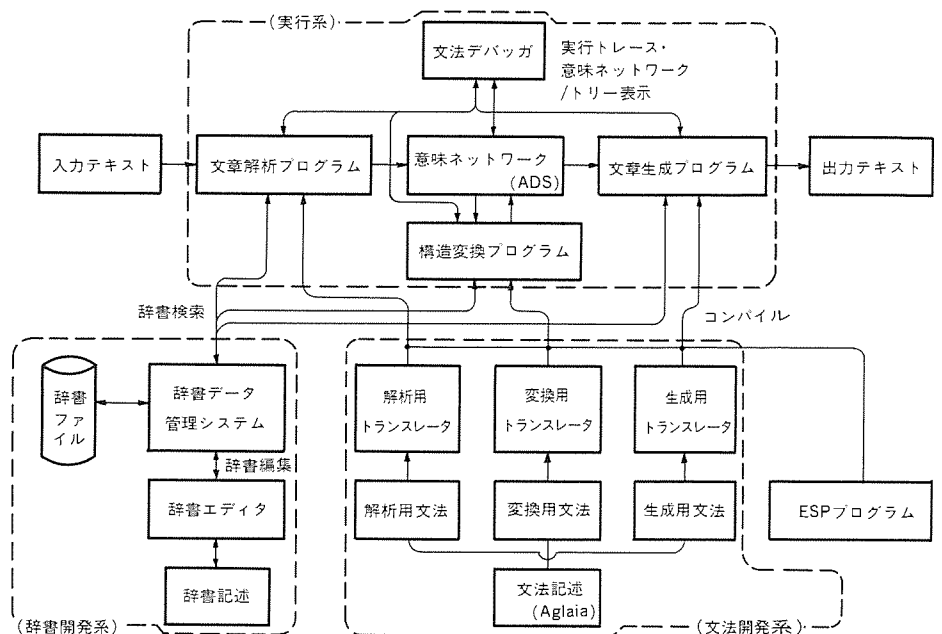
ムは、多くのヒューリスティクスの集積にほかならない。自然言語は多種多様な文を要素とする無限集合であり、明確な定義が困難であるため、プログラムの設計時に完全なアルゴリズムを確定することができない。したがって、機械翻訳システムでは、システムをオープン・エンドにし、拡張可能であるように設計する必要がある。そして、ヒューリスティクスの追加・改良と、テスト及び不具合の発見、という過程を繰り返すことにより、翻訳性能を向上させ得るようになる必要がある。《MELTRAN J/E》では、文法記述言語と辞書システムを備えた開発環境を用意することにより、この要請に対処している。構成を図7に示す<sup>(4)</sup>。

##### 4.2.1 文法記述言語

文法記述言語は、翻訳アルゴリズムをルール形式で簡潔に記述できるようにするための問題向言語である。文法記述言語で書かれた文法ルールは、トランスレータにより実行プログラムに変換される。したがって、実行プログラムを直接記述する場合に必要となるであろう複雑なデータ構造や制御構造の記述の負担が軽減され、翻訳アルゴリズムの拡張が容易になっている。しかも、解析用・変換用・生成用の3種類の言語を用意しているので、各フェーズの処理の性質に適したルール形式になっており、文法ルールが簡潔に書ける。

解析用と生成用の言語は、拡張文脈自由文法と呼ばれる形式を持つ。これは、「文は名詞句と動詞句から成る」という知識を「sentence → noun-phrase, verb-phrase」という文脈自由型のルールで表現した上に、「名詞句と動詞句は数・人称・性が一致しなければならない」といった種々の制約条件を付加できるようにした形式である。この形式は、自然言語の文法記述に適した形式であることが確認されており、我々は更に内部構造の作成・操作手続き記述が付加できるようにして、記述能力を高めている。解析用ルールの例を図8に示す。

また、変換用の文法記述言語は、パターンマッチに基づき、内部構造のある一部と照合を行ったあと、それを書き換えていくようなル



Aglaia: A Grammar description LAngeage for thal IA

図7. 開発環境

```
sen #1->
np #2,
vp #1,
1 2: auxcat-> Auxcat,
2: auxword-> Auxword,
get_syn(Auxcat, Auxword, Syn),
@ 2-> 1,
2-> 1: syn <= Syn!
```

図8. 解析用ルール

```
rule(dseml, 66) :-
pat(var(V1, 1)),
!,
0:
0: cat => verb,
rule(verb_default_set, {b, 351}),
pat(var(V0, 0)),
0: cltype => 1: cltype,
0: tense => 1: tense,
0: clpat => 8, % v+to+do
1: cltype => ftcl,
1-> 0+1,
0-1: syn => objl,
(pat((var(V1, 1) => var(V2, 2))),
1-2: syn -> subj,
!,
@ 0-2,
0-2: syn => subj
@ 1-2:
true).
```

ノード0の生成  
beginの設定  
for to clauseの設定  
ノード0の挿入  
リンクの生成  
リンクの削除  
主語ノード2の探索

図9. 変換用ルール

ールの集合から成る。ルールは、互いに他のルールを呼ぶことも一般的に起こる。変換用ルールの例を図9に示す。

##### 4.2.2. 辞書システム

辞書は、機械翻訳システムにおいて最も重要な役割の一つである。辞書には解析・変換・生成の各処理で利用される様々な情報が格納されており、その内容は翻訳の質を大きく左右するからである。単語に対してどのような情報が必要であるか、あらかじめ完全に規定することが不可能なため、辞書も、文法ルールと同様に改良の積み

重ねを経て完成度を高めていかなければならない。実用システムでは、規模が5万語以上に達するため、開発には多くの工数が必要である。

《MELTRAN J/E》では、辞書データ管理システムと辞書エディタを用意することにより、辞書の開発を効率化している。辞書データ管理システムは、次の機能を持っている<sup>(2)</sup>。

- (1) 複数種類(和英、英語、専門分野、固有名詞、ユーザーの各辞書)の大規模辞書ファイル管理
- (2) ESP (Prolog) の任意の項が格納可能
- (3) 最長一致法検索に適したバッファリング機構による高速検索

特に(2)の機能により、任意の情報が追加可能であり、拡張性が保証されている。さらに、辞書エディタの利用により、辞書の内部構造を知らなくても、ウインドウを通してメニュー形式で編集を行うことができる。

#### 4.2.3 ESP

文法ルールで記述することが難しいような翻訳アルゴリズムのある部分は《MELCOM PSI》のシステム記述言語ESPで直接書かれている。また、文法ルールの実行コードもESPである。《MELTRAN J/E》は、ESPの次の機能を有効に利用しているため、高性能かつ高拡張性を持ったシステムになっている。

- (1) 非決定性機能を利用して、文法ルールであいまいな処理が書ける。
- (2) 構文解析機能を利用して高速に構文解析が行える。
- (3) オブジェクト指向である点を利用して、文法ルールにモジュール性が得られている(したがって変更拡張が容易)。

### 5. 訳し分け手法

適切な訳語を選択することは、機械翻訳の最大の課題の一つである<sup>(3)</sup>。この章では、我々が採用している訳し分け手法について述べる。

#### 5.1 共起関係に基づく訳し分け

人間の翻訳では、訳語の選択が様々な要因に影響を受けて行われているものと考えられる。一つは、他の語との共起に依存する訳し分けであり、「play tennis → テニスをする」、「play piano → ピアノを弾く」の例に見られる。もう一つは、微妙なニュアンスの違いによる訳し分けであり、例えば、「he died」→「彼は死んだ／亡くなった」のようなものである。

現在の機械翻訳技術では、前者のうちの一部のみを扱うことができる。先の例においては、「楽器ならば弾く、スポーツならばする」というヒューリスティクスを用いることになる。このヒューリスティクスは、「楽器にはピアノ、フルート、バイオリン、…がある」という概念間の上位下位関係に着目している。共起関係に着目した訳し分けは、このほかにも考えることができる。例えば、「風邪を引く → catch a cold」のような例は、概念間の階層とは無縁であり、言

語習慣として特定の言い回しが定着したものと考えられる。

《MELTRAN J/E》では、これら2種類の訳し分けを扱っている。すなわち、概念間の上位下位関係に着目した訳し分けルールを動詞辞書に、言語習慣に基づく訳し分けルールを名詞辞書に、それぞれ与えることができるようにしている。前者のルールでは、共起する名詞の意味分類コード、後者のルールでは、共起する任意の語をそれぞれ訳語とともに指定する。例えば、「愛情」という名詞には、「こめる」という動詞と共起した場合に訳語として「affectionately」を用いる、というルールを与える。これにより、4章で述べた例文が正しく訳せるようになる。

#### 5.2 訳し分けに伴う構造変換

訳語選択は、必ずしも日本語の1語に対して英語の1語が対応するケースばかりではない。上記の例では、日本語の2語が英語の1語になっており、同様の例は「砂の多い」→「sandy」のように数多い。また、その逆もあり、一般に、日本語のn語と英語のn語とが対応する可能性がある。したがって、構造変換処理において、ノードの削除などを行う必要が生じる。さらに、品詞も日英間で対応しないことが多いため、変換ルールはいろいろなケースを考慮して記述されている。

#### 5.3 その他の訳し分け

上位下位関係以外の概念間の関係に基づいて訳し分けが可能なケースが考えられ、概念体系の整理と合わせて、今後の課題となっている。

### 6. む す び

《MELTRAN J/E》では既に述べたように、訳語選択のアルゴリズムを盛り込んでいるが、今後更に適用する単語の数を増し、市場ニーズに応じられるものにする予定である。そのために、より多くの単語に対する分析を行うとともに、概念体系の整理をする計画である。また、様々な翻訳分野に対応するために、分野別辞書の開発も計画されている。

《MELTRAN J/E》は翻訳速度が1時間に10,000語以上と、ワークステーション上の翻訳システムとしてはトップクラスにある。また、翻訳の質に関して言えば、特定の分野向けにシステムのカスタマイズができるなど、ユーザーニーズに対応できるものとなっている。

### 参 考 文 献

- (1) 鈴木ほか：MELCOM PSI上の自然言語処理開発支援環境について、情報処理学会第34回全国大会(1987)
- (2) 伍井ほか：MELCOM PSIにおける辞書検索アルゴリズムの一検討、情報処理学会第35回全国大会(1987)
- (3) 辻井：辞書の構成と機械翻訳、情報処理、26 No.10(1985)

# 4 MビットマスクROMのシリーズ化と漢字キャラクタジェネレータ

金子正秀\* 松尾龍一\* 安東 亮\* 小山利弘\*

## 1. ま え が き

最先端技術の結集といえる半導体デバイス、なかでもMOS (Metal Oxide Semiconductor) メモリは、高速化・高集積化・低消費電力化の進展スピードが著しく速く、特に高集積化は1年で1.5~2倍近くなっている。この急激な高集積化のなかでマスクROM (Mask Programmable Read Only Memory) は常に最先端を歩み続けており、昭和61年から4 Mビット時代に突入した。

また、近年、OA (Office Automation) 化が普及するに伴い、日本語情報処理システムの発展も著しく、これらシステムに不可欠な漢字キャラクタジェネレータ用メモリとして、フロッピーディスクなどに比べて、はるかに高速でコンパクトである大容量マスクROMの需要が急増している。

筆者らは、昭和62年5月に“超大容量4 MビットマスクROM”について本誌 (Vol.61, No.5, p.69 昭62) で紹介したが、今回、従来の40ピンDIP (Dual Inline Package) M5M23C400-×××に加えて、同一のチップを用いてパッケージ外形を変えた64ピンQFP (Quad Flat Package) M5M23C400-×××FPと、一部の回路設計を変更して8ビット出力タイプとした32ピンDIP M5M23C401-×××Pの2種類を開発した。

さらに、40ピンDIP M5M23C400-×××Pに日本工業規格で定められた情報交換用漢文字符号系 (JIS C 6226) に準拠した漢字フォントを搭載させた漢字キャラクタジェネレータ2機種も開発した。これら4機種について、その開発の背景、製品の概要、今後の動向などについて述べる (型名中×××は、ROMの内容によって割り当てられる3けたの10進数である)。

## 2. 開発の背景

### (1) マスクROMの製品動向

従来EPROMでプログラムを開発し、量産時のコスト低減のため

マスクROMに置き換えるのが一般的であった。このために、マスクROMは同容量のEPROMとピン接続に互換性が要求された。しかしながら、最近のシステムでは小型化、薄型化する傾向が進んできており、例えばワープロ等のOA機器では据置タイプから持ち運びができるハンディタイプへ移行しつつある。これらに使用される半導体デバイスもシステムに合わせてパッケージ外形の多様化が進んでおり、4 MビットマスクROMでも強い要求がある。図1にROMの容量別市場動向を示す。

今回、当社では32ピンDIPと64ピンQFPの2機種を開発した。32ピンDIPは従来の40ピンDIPに比べて占有面積で80%程度になり、特に8ビット出力しか必要のないシステムのユーザーにとって有効である。また、64ピンQFPはシステムの薄型化に有効であり、特にICカード、ワープロなどの薄型ハンディタイプにおいては不可欠なパッケージといっても過言ではない。これら2機種は、小型化、薄型化の要求に十分こたえられるものである。

### (2) 漢字キャラクタジェネレータ

日本語情報処理システムにおいて、漢字キャラクタジェネレータは不可欠であることは前にも述べたが、実際に漢字フォントをユーザーで開発しようとする、その開発費用や開発期間がかかり、コストが高くなってしまう。また、現在市販されている最大容量の漢字キャラクタジェネレータは1 Mビットクラスであり、この1 MビットマスクROMでシステムを構成したとき、24×24ドットJIS第1, 第2水準で計6個、16×16ドットJIS第1, 第2水準で計2個の合計8個必要となり、占有面積が大きく1チップ化の要求が強かった。

## 3. 4 MビットマスクROMの特長

### (1) M5M23C400-×××FPの製品概要

今回開発した64ピンQFP M5M23C400-×××FPは既に量産中である4 MビットマスクROM 40ピンDIP M5M23C400-×××P

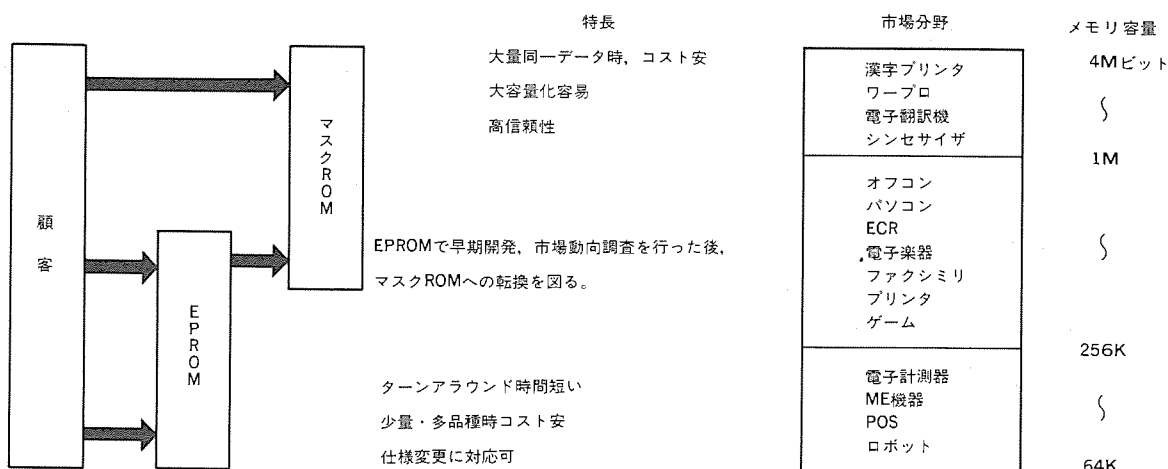


図1. ROMの容量別市場動向

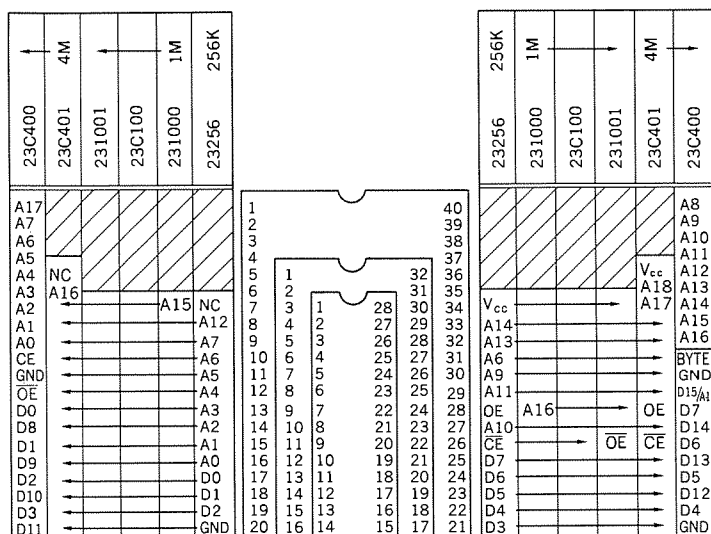


図 2. 当社256K～4MビットマスクROMのピン接続図

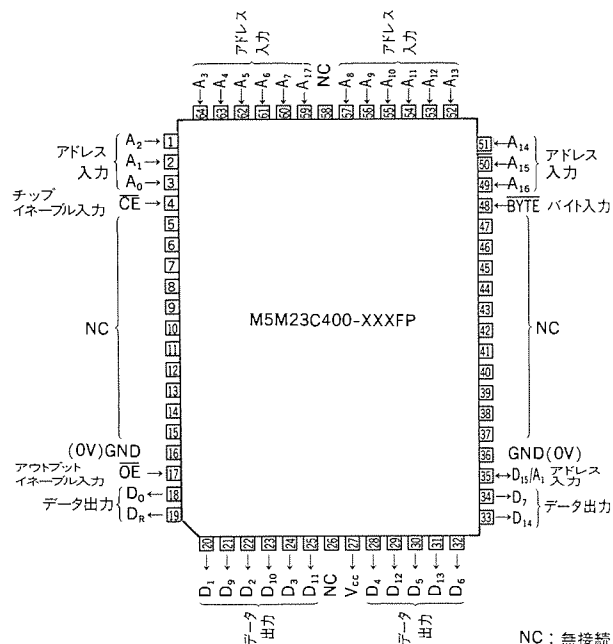


図 3. ピン接続図

表 1. 4MマスクROMの特長

	M5M23C400-XXXXFP	M5M23C401-XXXXP	M5M23C400-XXXXP
構 成	256K×16ビット 512K×8ビット	512K×8ビット	256K×16ビット 512K×8ビット
プロセス	CMOS		
回 路	完全スタチック		
電源電圧	5V±10%		
アクセスタイム	200ns max		
消費電力	150mW max		
電力スタンバイ時	5mW max		
入出力電圧	TTLコンパチブル		
パッケージ	64ピンQFP	32ピンDIP	40ピンDIP

と同一のチップを用いてパッケージ外形を変えたものである。M5M23C400-XXXXFPの主な特長は表1のとおりである。パッケージの厚さは2.59mmと薄く、高集積なシステムに適している。図3にピン接続図、図4に外形図を示す。

#### (2) M5M23C401-XXXXPの製品概要

同じく今回開発した32ピンDIP M5M23C401-XXXXPは従来の40ピンDIP M5M23C400-XXXXPが16ビット／8ビット切替可能なのに対して、8ビット出力専用機として一部の回路設計を変更して、32ピンDIPに搭載したもので表1に主な特長を示す。8ビット出力専用機として回路の簡略化を行いアクセス200nsという高速アクセスが実現でき、またパッケージ外形を32ピンDIPとし、ピン接続を1MビットEPROM M5M27C101Kと互換性を持たせ、高性能化を図っている。

### 4. 漢字キャラクタジェネレータ

今回、開発した漢字キャラクタジェネレータは既に量産中である高速超大容量の4MビットマスクROM M5M23C400-XXXXPに24×24ドットのJIS C 6234に準拠した漢字フォント(以下、JISフォントと呼ぶ)と16×16ドットのJIS C 6226に準拠した当社オリジナルの漢字フォント(以下、オリジナルフォントと呼ぶ)を搭載させたものである。表1にM5M23C400-XXXXPの特長を示す。アクセスタイムは200nsと高速であり、消費電力はCMOSプロセスを用いて

5mW(待機時: max)と少なく、従来の漢字キャラクタジェネレータに比べて一段と高性能となっている。

#### (1) 主な特長

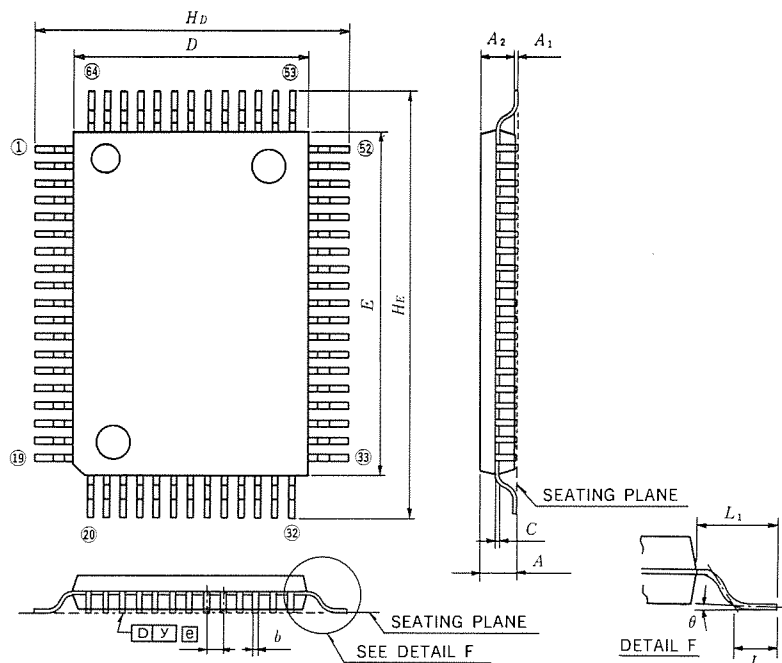
今回、開発した漢字キャラクタジェネレータ2機種の主な特長は表2のとおりである。走査方式はロースキャン(横方向走査)方式でCRTディスプレイに適した高速動作(最大アクセスタイム200ns)である。出力モードは16ビット出力／8ビット出力が切替可能で、BYTE入力端子に“H”／“L”の電圧を加えることにより自動的に切り替わる。

#### (2) 漢字表示例と読出し方法

M5M23C400-051, 052Pは4MビットマスクROM各1個でロースキャン方式による24×24ドットのJISフォント及び16×16ドット(レターサイズは16×15ドット)のオリジナルフォントを出力する。24×24ドットJISフォント及び16×16ドット(オリジナルフォント)の漢字表示例を図5に示す。図形文字のアドレス割付けはA17～A6によって文字を決定する。A5～A1によって文字のフォントを表現する。24×24ドットのJISフォントを読み出す場合、8ビット出力モードではA0, A-1が(0, 0)(0, 1)(1, 0)で3分割しているの、A5, A4, A3, A2, A1を(0, 0, 0, 0, 0)～(1, 0, 1, 1, 1)にスキャンさせることでデータ端子(D7～D0)にフォントデータが出力される。また、A0, A-1が(1, 1)の領域に(0, 1)の領域と同一のフォントデータが重複しているので、これを用いて16ビット出力モードで12ビット×2回、又は16ビット×2回読出しができる。この機能により16ビットマイコンに対応でき、高速処理が可能である。

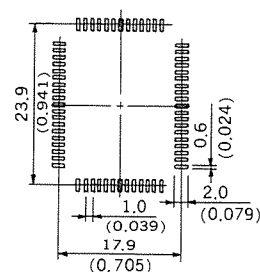
次に16×16ドットのオリジナルフォントを読み出す場合、8ビット出力ではA-1で文字を縦に2分割しているので、A5, A4, A3, A2, A1, A0を(1, 1, 0, 0, 0, 0)～(1, 1, 1, 1, 1, 1)にスキャンさせることで、フォントデータが出力される。また、16ビット出力モードで用いる場合は、A5～A0のみをスキャンさせることで出力される。

#### (3) JIS符号表とROMアドレスの関係



Unit : mm(inch)  
Scale : 1/1

Symbol	Dimension in Millimeters			Dimension in Inches		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	—	—	2.59	—	—	0.102
A <sub>1</sub>	0	—	—	0	—	—
A <sub>2</sub>	—	2.15	—	—	0.085	—
b	0.3	0.35	0.45	0.012	0.014	0.018
c	0.13	0.15	0.2	0.005	0.006	0.008
D	13.85	14.0	14.15	0.545	0.551	0.557
E	19.85	20.0	20.15	0.781	0.787	0.793
8	—	1.0	—	—	0.039	—
H <sub>D</sub>	18.9	19.2	19.5	0.744	0.756	0.768
H <sub>E</sub>	24.9	25.2	25.5	0.980	0.992	1.004
L <sub>1</sub>	—	2.6	—	—	0.102	—
L	1.14	1.34	1.54	0.045	0.053	0.061
γ	—	—	(0.15)	—	—	(0.006)
θ	0°	—	10°	0°	—	10°



Recommended Mount Pad

図 4. 外形図

表 2. M5M23C400-051P, 052Pの特長

		M5M23C400-051P	M5M23C400-052P
収容文字総数		7,084字	6,776字
収容	24×24 ドット	● JIS非漢字文字577字 (縦書き用53字を含む)	● JIS第2水準漢字文字 3,388字を内蔵
	JIS フォント	● JIS第1水準漢字文字 2,965字を内蔵	
内容	16×16 ドット	● JIS非漢字文字577字 (縦書き用53字を含む)	● JIS第2水準漢字文字 3,388字を内蔵
	オリジナル フォント	● JIS第1水準漢字文字 2,965字を内蔵	
走査方式		ロースキャン (横方向) 方式	
アクセスタイム		200ns max	

図 6 に JIS 符号表と ROM アドレスの概略を示す。 JIS 符号表では、第 1 バイト (b11～b17) と第 2 バイト (b21～b27) という定義でなされたマトリクス空間に文字の指定を行っている。また、ROM の文字決定アドレス (A17～A 6) と JIS 符号表の第 1 バイト、第 2 バイト

とを対応させて、非漢字・漢字第 1、第 2 水準の割付けを行っている。ここで、JIS 符号表の空白部分を有効活用するために、JIS 符号表と文字決定アドレス間で一定の規則に従った変換を行っている。表 3 に JIS 符号表 JIS C 6226 と ROM アドレスの相対関係を示す。JIS 符号表によって文字の指定を行う場合は表 3 のようなコード変換をする必要がある。

## 5. 今後の動向

近年、マスク ROM の用途は大容量化に伴って、広範囲になってきている。現在、漢字キャラクタジェネレータとしては、4 Mビットマスク ROM が製品化されている。しかし、4 Mビットでも 24×24 ドットマトリクス字形の場合、JIS 第 1、第 2 水準を表現するのに 2 チップ必要とする。このため、今後は 1 チップ化を目指し、更に大容量のマスク ROM が要望される。また、字体は高精度化のためにレーザープリンタなどが用いられ、32 ドット又はそれ以上の多ドットへ移行していくと思われる。今後マスク ROM は、8 M、16 M とより大容量化に伴い、音声合成用メモリや高度化した娯楽用画像・プログラ

表 3. JIS C 6226のコードとROMアドレスの相対関係

(1)漢字文字部 (b17,b16,b15) = (0,1,1), (1,0,0)

JIS	第1バイト							第2バイト						
C 6226-1983	b17	b16	b15	b14	b13	b12	b11	b27	b26	b25	b24	b23	b22	b21
ROM ADDRESS	A17			A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6

(2)非漢字文字部 (b17,b16,b15) = (0,1,0)

JIS	第1バイト							第2バイト						
C 6226-1983	b17	b16	b15	b14	b13	b12	b11	b27	b26	b25	b24	b23	b22	b21
ROM ADDRESS					A15	A14	A13	A17	A16	A10	A9	A8	A7	A6

(1)漢字第1部 (b17,b16,b15) = (1,0,1), (1,1,0)

JIS	第1バイト							第2バイト						
C 6226-1983	b17	b16	b15	b14	b13	b12	b11	b27	b26	b25	b24	b23	b22	b21
ROM ADDRESS		A17		A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6

(2)漢字第2部 (b17,b16,b15) = (1,1,1)

JIS	第1バイト							第2バイト						
C 6226-1983	b17	b16	b15	b14	b13	b12	b11	b27	b26	b25	b24	b23	b22	b21
ROM ADDRESS					A15	A14	A13	A17	A16	A10	A9	A8	A7	A6

ムメモリなど、多様化した要求に高速化、高機能化で対応するものと予想される。

## 6. む す び

当初、マイクロプロセッサの固定メモリとしてマスクROMは発展してきたが、近年、国内での日本語情報処理システムの急速な発達に伴って、その端末装置に不可欠な漢字キャラクタジェネレータ用メモリとして注目を浴びてきた。

今回、現在量産中の4 MマスクROM M5M23C400-×××Pに加えて、同一のチップを用いてパッケージ外形を変えた64ピンQFP M5M23C400-×××FPと、一部の回路設計を変えて8ビット出力タイプとした32ピンDIP M5M23C401-×××Pの2機種、そしてM5M23C400-×××Pに24×24ドットJISフォントと16×16ドットオリジナルフォントを搭載させた漢字キャラクタジェネレータ2機種を開発した。

これらを用いることにより、従来装置に比べて、はるかに高速度・コンパクト・低価格であるシステムの実現が可能になる。

## 参 考 文 献

- (1) 松尾ほか：漢字キャラクタジェネレータ用大容量マスクROM、三菱電機技報、59, No.10(昭60-10)
- (2) 辻田ほか：4 MビットマスクROM MN234001, National Technical Report, 32, No.1 (1986-2)
- (3) 松尾ほか：超大容量4 MビットマスクROM、三菱電機技報、61, No.5 (昭62-5)

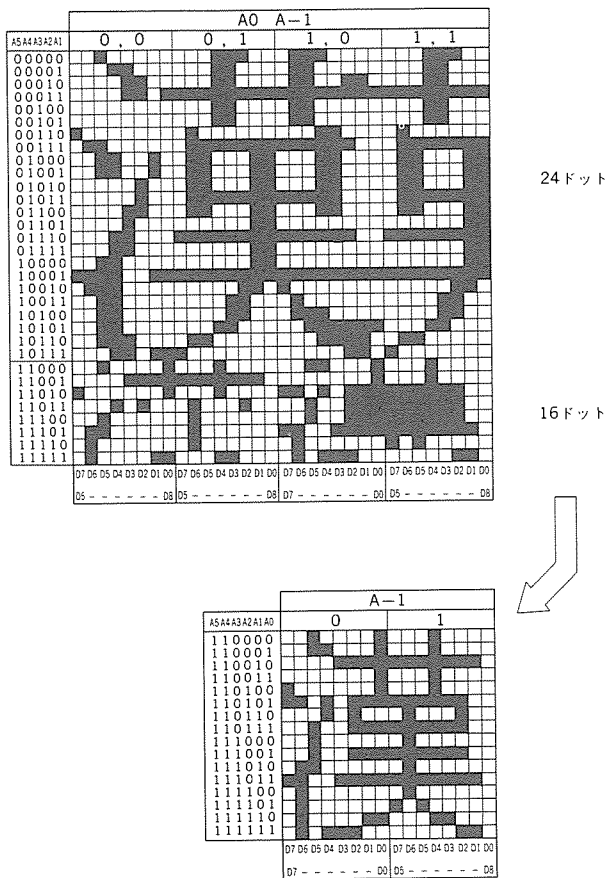


図 5. M5M23C400-051, 052P漢字表示例

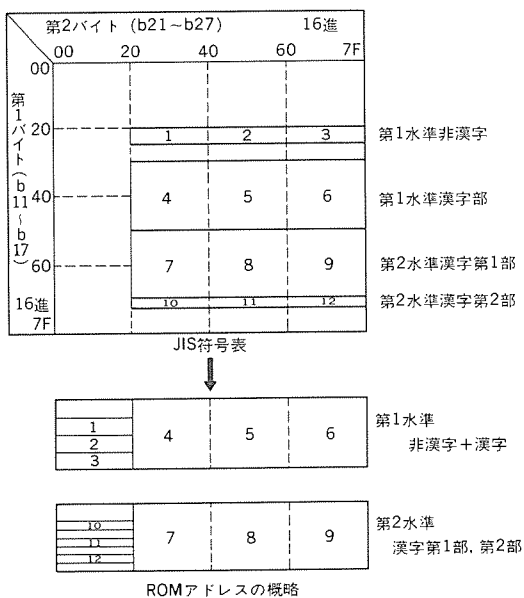


図 6. JIS符号表とROMアドレスの概略

# 512×512 IRCSD撮像装置

瀬戸俊樹\* 石垣隆司\* 清田浩之\* 木股雅章\*\*

## 1. ま え が き

赤外線は言うまでもなく、波長領域でいうと可視光と電波との間に位置する電磁波の一種である。赤外線は、可視光に対しては昼夜を問わない運用性という点で、また、電波に対しては高空間分解能という点で勝っている。物体は、自身の温度や放射率に応じた強さの電磁波を放射しているが、常温付近の物体からの放射スペクトルは赤外領域が圧倒的に強い。物体からのこの放射赤外線を検出することにより、夜間でも照明なしで撮像可能であり、なおかつ、物体の温度情報をも得ることができるわけである。このような赤外線の、他に見られない特長を生かして、今後、種々の分野において赤外線撮像装置の応用範囲が拡大していくと予想される。

ところで従来の赤外線撮像装置では、1個の赤外線検出素子又はアレー状に配列された素子列を機械的に走査することによって赤外画像を得るFLIR (Forward Looking InfraRed Imaging System) が主流であったが、信頼性、寸法・重量、光学系の複雑さという観点から、不満足な状況であった。

当社では、赤外線検出素子をシリコン基板上に配列し、その基板上の電子回路によって走査を行うCSD (Charge Sweep Device) を用いた赤外線撮像装置を開発した。この装置は温度分解能や空間分解能に優れているばかりでなく、小型・軽量で運用性が良いといった特長を持っている。以下、この装置の構成、性能及び撮像例を紹介する。

## 2. 構 成

### 2.1 全体構成

図1は、今回開発した512×512 IRCSD撮像装置の外観(写真)である。カメラヘッド、信号処理部及びモニタTVから構成されている。図ではレンズとして焦点距離 $f=186\text{mm}$ の望遠レンズをカメラヘッドに装着している。従来の機械的走査方式の撮像装置では、走査光学系やその駆動系などが小型・軽量化に制限を与えていた。この

装置は、撮像素子として二次元配列構造を持つIRCSDを用いており、電子回路走査を行うので、機械的走査機構は全く不要となる。したがって、特にカメラヘッドの小型・軽量化が可能となる。

また、この装置では、赤外線検出素子の冷却にクロードサイクルの冷凍機を使用し、カメラヘッドに内蔵しているため、特別な冷却用の器材も全く不要である。図2は、この装置の機能ブロック図である。

### 2.2 IRCSD<sup>(1)</sup>

この装置で使用しているIRCSDは、機能上、大きく分けて赤外検出部、電荷転送部及び出力部から構成されている。

検出部には、シリサイドショットキーバリア光検出器を用いている。これは、完成度の高いシリコンVLSI製造技術を利用でき、感度均一性が高く、高集積化にも適しているからである。このIRCSDは、水平、垂直ともに512画素を持っており、赤外線検出用の二次元素子として公表されているものの中では、世界最高の画素数が実現されている。また、このIRCSDでは、ショットキーバリアを形成する金属材料として白金シリコン (PtSi) を用いており、波長3～5



図1. 512×512 IRCSD撮像装置

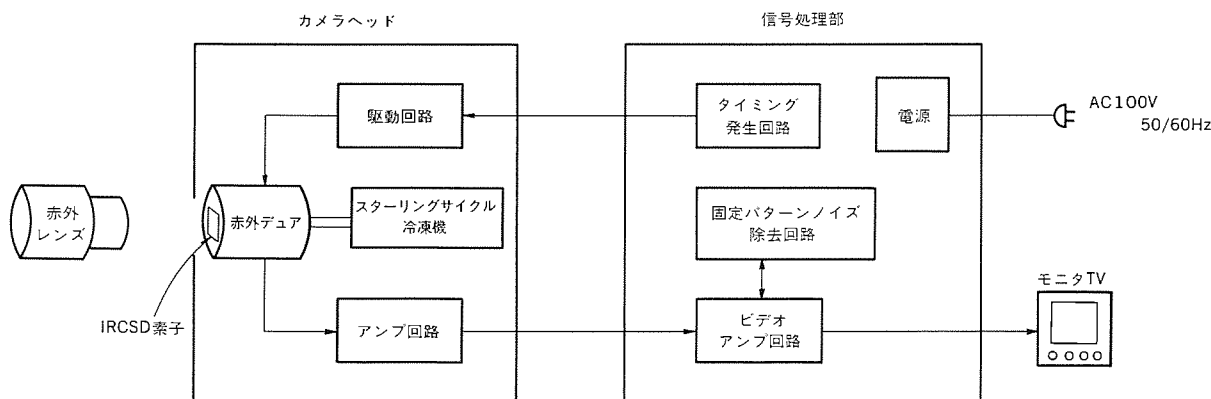


図2. 512×512 IRCSD撮像装置の機能ブロック図

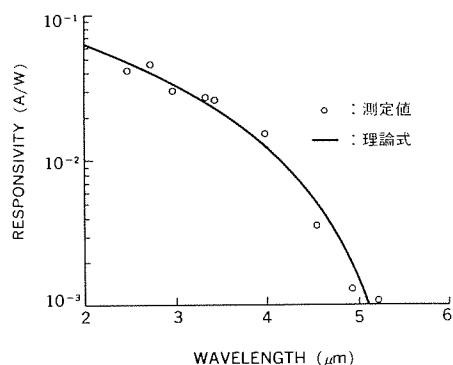


図 3. 512×512 IRCSD分光感度特性

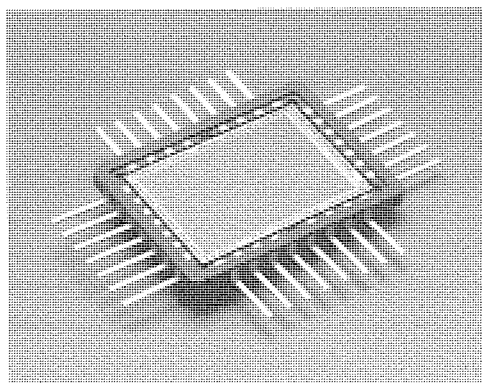


図 4. 512×512 IRCSDの外観

μm帯の赤外線検出が可能である。次の式(1)は感度 $R$  (A/W) の分光特性の理論式、また、図 3 は測定値との比較結果である。

$$R = C_1 \cdot (1 - \lambda \cdot \phi_b / 1.24)^2 \quad \text{.....(1)}$$

ここで、 $C_1$  (1/eV) は量子効率係数、 $\phi_b$  (eV) はショットキーバリア高、 $\lambda$  (μm) は波長である。

二次元素子の電荷転送部には、一般的にインタライン転送CCD (IL-CCD, CCD: Charge Coupled Device) 方式がよく使われている。IL-CCD方式では、1個の検出器に対して1個の垂直転送用のポテンシャル井戸を持ち、いわゆるバケツリレー方式で垂直及び水平方向に電荷を転送している。これに対してこの装置のIRCSDでは、水平方向の電荷転送については従来どおりであるが、垂直方向の転送には、垂直転送部全体を一つのポテンシャル井戸として動作させるCSD方式を採用している。これによって開口率の向上及び飽和電荷量の増大が実現され、それに伴い、感度の向上や、高温物体撮像時の垂直転送部における電荷あふれ（ブルーミング現象）の抑圧などの効果が生じ、この装置の大きな特長の一つとなっている。

出力部は、各検出器が入射赤外線に応じて出力した信号電荷を電圧に変換して外部回路に接続する電荷-電圧変換アンプから成っている。

IRCSDは、目標を一定時間凝視して入射赤外線量に応じた信号電荷を蓄積する、いわゆる蓄積モードで動作する。蓄積時間は、NTSCテレビ方式の1フィールド時間である1/60秒である。

図 4 は、このIRCSDの外観（写真）である。チップサイズは16 (H) × 12 (V) mm<sup>2</sup>で、裏面に光入射用の窓を設けたセラミックパッケージにマウントされる。

### 2.3 スターリングサイクル冷凍機<sup>(2)</sup>

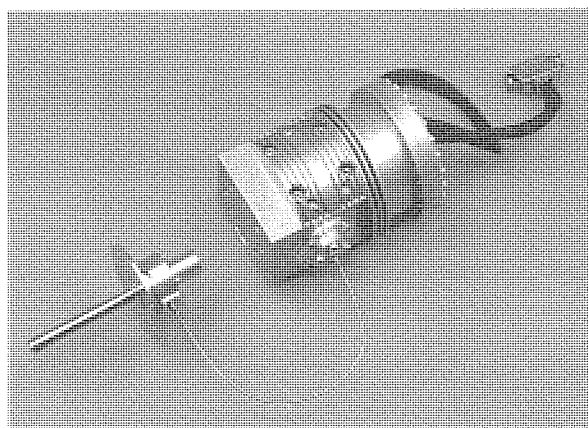


図 5. スターリングサイクル冷凍機の外観

赤外線検出素子は、暗電流を小さくするために、自らの温度を極低温まで、例えばこの装置で使用している白金シリコン ショットキーバリア検出器では77K程度まで、冷却する必要がある。冷却の方法としては、液体窒素を冷媒として直接利用することや、高压ガスのジュールトムソン効果を用いたジュールトムソン クーラーを使用することなどが考えられるが、液体窒素の補充や高压ガスボンベの取扱いなどの点で運用性が悪い。

この装置では、検出器の冷却にクローズサイクルのスターリングサイクル冷凍機を採用している。このため、液体窒素や高压ガスの補充なしに長時間連続撮像が可能となっている。

図 5 は、この装置で使用しているスターリングサイクル冷凍機である。この冷凍機は、コールドフィンガとコンプレッサとを分離したスプリット方式を採用している。この方式には、コンプレッサの機械的振動や発生熱をコールドフィンガ側に伝えない、装置内組込みの自由度が広がる、などの利点がある。

この冷凍機の冷却能力は、77Kにおいて1W、所定の温度までの冷却に要する時間は約10分、消費電力は60W以下である。

### 2.4 信号処理

この装置のIRCSDは、前述のように水平・垂直に512画素、計約26万画素の赤外線検出素子を持つ。シリサイド ショットキーバリア光検出器は、他方式の赤外線検出器に比べて感度の均一性が良いが、それでも感度及び暗電流のばらつきを含めて、各画素からの出力には1～2%程度のばらつきがある。また、レンズなどの光学系によって結像面上の光軸付近と周辺とで入射光量の差が生じる、いわゆるシェーディングが発生し、これによっても各画素からの出力にむらが生じる。撮像画面上に固定して現れるこれらの固定パターンノイズを除去するために、この装置では、この固定パターンをフレームメモリに記憶しておき、撮像データからリアルタイムで減算するという処理を行っている。

固定パターンノイズを除去したデジタル撮像データは、最終的にNTSCに準拠した白黒TV信号に変換され、出力される。

## 3. 性能と撮像例

### 3.1 NETD

赤外線撮像装置の性能を表す量に雑音等価温度差NETD (Noise Equivalent Temperature Difference) がある。NETDとは、“信号対雑音比が1となるような目標と背景の温度差”と定義される。この定義に基づいて、目標から検出素子に入射するエネルギーから



NETDを導出すると、次の式(2)を得る<sup>(3)</sup>。

$$\text{NETD} = \frac{\pi \sqrt{a \cdot b \cdot \Delta f}}{\alpha \cdot \beta \cdot A_0 \cdot \int_0^\infty \frac{\delta W(\lambda, T)}{\delta T} \cdot \tau_0(\lambda) \cdot D^*(\lambda) d\lambda} \dots\dots(2)$$

$$\text{ただし、} D^*(\lambda) = \frac{G \cdot t_s \sqrt{a \cdot b \cdot \Delta f}}{g \cdot V_N} \cdot R(\lambda) \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $a, b$ は検出素子寸法、 $\Delta f$ は等価雑音帯域幅、 $\alpha, \beta$ は画素視野角、 $A_0$ は光学系有効面積、 $W(\lambda, T)$ は放射発散度、 $\tau_0(\lambda)$ は光学系透過率、 $D^*(\lambda)$ は比検出率、 $G$ は素子内アンプの電荷-電圧変換利得、 $t_s$ は蓄積時間、 $g$ は単位電圧、 $V_N$ は素子雑音である。今回開発した512×512 IRCSD撮像装置の諸元を前述の式(1)、式(2)及び式(3)に代入してNETDを求めると、室温300KにおいてNETD=0.11Kとなる。

実際に装置の出力からS/N比を測定してNETDを求めると、NETD=0.15K (300Kにおいて)が実現されているのが分かる。

### 3.2 MRTD

前節のNETDが装置の温度分解能を表す量であるのに対し、最小分解可能温度差MRTD (Minimum Resolvable Temperature Difference)は、装置の空間分解能を表す量といえる。MRTDは、測定用の4 barパターンを撮像したときに、“モニタTV上で4 barが分離して視認できる最小の温度差”と定義される。MRTDは、その定義から光学系や回路系のみならず、モニタTVや人間の視覚の応答特性をも含めたトータルな装置の性能指数である。図6は、この装置のMRTDの測定例である。

図では、一般のFLIRシステムによく用いられるMRTDの次の近似式によって求めた計算値を実線で示している<sup>(4)</sup>。

$$\text{MRTD} = (1.178 \times 10^{-3} e^{12.867p \cdot \alpha} + 3.32p \cdot \alpha + 0.08) \cdot \text{NETD} \dots\dots(4)$$

ここで、 $p$  (cycles/mrad) は空間周波数、 $\alpha$  (mrad) は画素視野角である。

### 3.3 MDTD

前節のMDTDは、装置の空間分解能を表す有用な量であるが、ここで述べる最小検知可能温度差MDTD (Minimum Detectable Temperature Difference) は、さらに実際の運用時に近い状態での性能を表す量といえる。MDTDは、“場所が分かっている正方形の目標の存在がモニタTV上で視認できる最小の温度差”と定義され、次の近似式で表される<sup>(4)</sup>。

$$\text{MDTD} = 2 \cdot \frac{(\Omega + 4 \alpha^2) \cdot \alpha}{\Omega (\Omega + 6 \alpha^2)^{1/2}} \cdot \text{NETD} \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 $\Omega$  (mrad<sup>2</sup>) は目標立体角、 $\alpha$  (mrad) は画素視野角であ

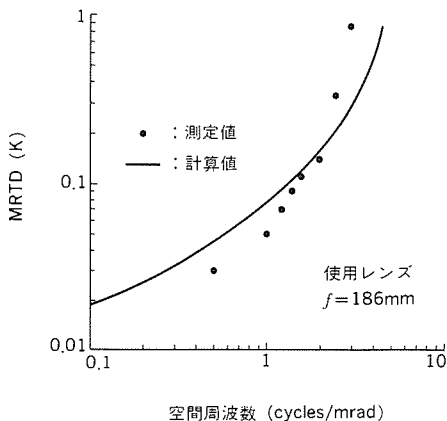


図6. MRTD測定値

る。図7に、測定値と式(5)による計算値を示す。

なお、MRTD、MDTDはともに視覚に依存するので、複数の測定者の測定結果の平均をとっている。

### 3.4 撮像例

図8～図11に、この装置で撮像した赤外面像例を示す。これらの写真ではすべて高温側が白、低温側が黒で表示されている。図8及び図9は、焦点距離 $f=50\text{mm}$ のレンズによる撮像例である。図8では、人の肌や脇の下などが温度が高いことが分かる。眼鏡が黒いのは、ガラスレンズが顔から放射される赤外線透過しないからである。図9は、約100°Cのはんだごての例である。前述したように、IRCSDはIRCCDに比べて転送部での飽和電荷量が大きいため、ブルーミングを起こしにくく、高温のこて先まで明確に判別でき、この装置の大きな特長となっている。図10及び図11は、 $f=186\text{mm}$ のレンズを用いた撮像例である。図10は、距離約300mのアンテナ塔である。階段の手すりやアンテナの脚柱、また、ロープを垂らしている作業者の姿まで確認でき、十分な空間分解能を持っていることが分かる。図11は、距離約3kmの上空の航空機である。肉眼では翼灯が見える程度であるが、この装置で撮像すると4発のプロペラ機であることや、機体最後尾に特異な突起状構造物があることなどが明確

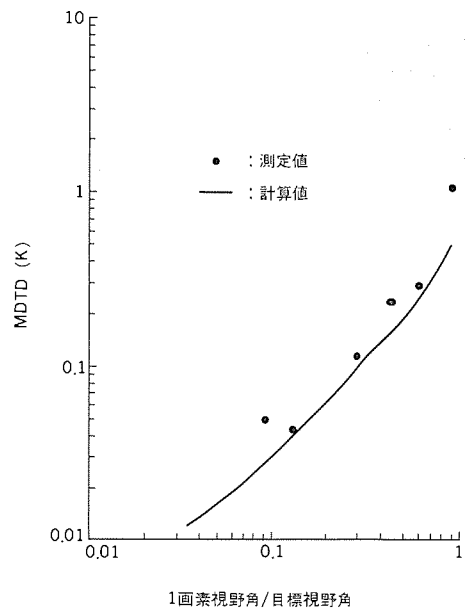


図7. MDTD測定値



図8. 撮像例1：人物（5m）

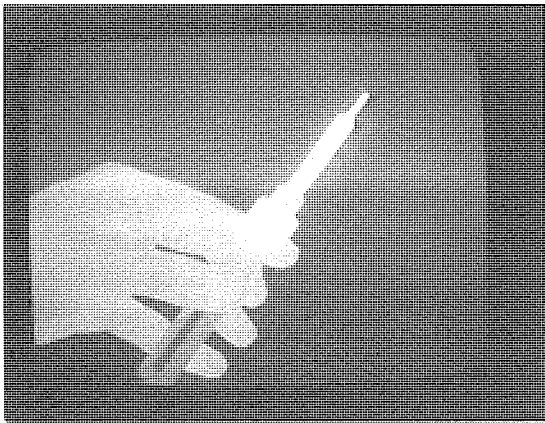


図9. 撮像例2：はんだごて



図11. 撮像例4：航空機（3 km）

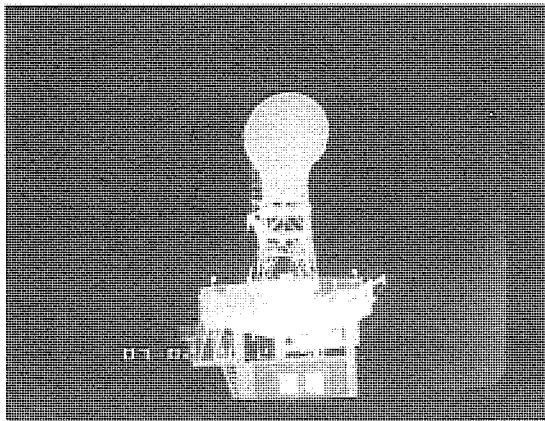


図10. 撮像例3：アンテナ塔（300m）

に分かる。

#### 4. む す び

表1に、今回開発した512×512 IRCSD撮像装置の概略性能をまとめた。前述したように、温度分解能、空間分解能に優れているばかりでなく、特別な冷却用器材の不要なクロード冷凍機使用という点からも、現在使用されている同種の赤外線撮像装置と比較して、多くの利点を持っているといえる。また、機械的走査機構が不要なので、装置の小型・軽量化という点でも大きな期待が寄せられている。

#### 参 考 文 献

(1) 木股ほか：テレビジョン学会技術報告，11，No.4（1987）

表1. 512×512 IRCSD撮像装置の概略性能

画素数	512（水平）×512（垂直）
開口率	39%
赤外検出器	PtSiショットキーバリア
検出波長帯	3～5μm帯
電荷蓄積時間	1/60秒
冷却方式	スターリングサイクル冷凍機
冷却時間	約10分
視野	4°（水平）×3°（垂直）
出力方式	NTSCに準拠した白黒TV信号
雑音等価温度差（NETD）	0.15K以下 （室温300K， $f=186\text{mm}$ レンズ使用時）
その他の機能	白黒反転，階調強調，画素欠陥補正
寸法・重量（mm）	カメラヘッド 166（W）×302（D）×140（H），5.5kg
	信号処理部 390（W）×564（D）×264（H），18kg
消費電力	300VA以下 （スターリングサイクル冷凍機を含む）

(2) 数本ほか：三菱電気技報，60，No.12 1986（昭61）

(3) J.M.Lloyd：Thermal Imaging Systems, Plenum Press Corp.（1979）

(4) Paul M.Moser：Mathematical Model of FLIR Performance, Naval Air Development Center（1972）

# 電波ホログラフィによる45m電波望遠鏡の鏡面精度測定

石黒正人\* 森田耕一郎\*\* 林 左絵子\*\*\* 増田剛徳+ 蛭子井 貴++ 別段信一+++

## 1. ま え が き

東京天文台野辺山宇宙電波観測所の45m電波望遠鏡<sup>(1)</sup>では、観測する波長がミリ波帯からサブミリ波帯へと進むにつれ、高い角度分解能と高い感度を実現するために、指向精度と鏡面精度のより一層の向上が要求されている。この大口径アンテナの鏡面精度を向上させるには、従来から用いられてきた光学的な測距測角法で得られる測定精度よりも更に高い精度の鏡面測定技術の開発が必要である。45m電波望遠鏡の鏡面測定では、レーザ測距測角儀を使用して、鏡面精度200 $\mu$ m rmsを達成している<sup>(2)</sup>。しかし、その主鏡面を構成しているパネル単体の精度が600枚の平均値で60 $\mu$ m rmsであることから、アンテナ全体の鏡面精度を決める主な要因は、鏡面測定の精度及び鏡面パネルの設定精度であることが明らかとなった。

一方、高精度の鏡面測定法として、最近、電波ホログラフィ法が注目されてきた<sup>(3)</sup>。これは、アンテナの電界放射パターン<sup>(4)</sup>の測定値からアンテナの開口面の位相分布を求め、それから鏡面精度を求める方法である。そこで、45m電波望遠鏡の鏡面測定においても、測定精度の向上を目的として、人工衛星の電波を利用した電波ホログラフィ法<sup>(4)</sup>の測定システムを開発した。この測定法を用いて45m電波望遠鏡の鏡面を測定し、主反射鏡パネルをこの測定データに基づいて調整した結果、約150 $\mu$ m rmsの鏡面精度を得た。この論文では、開発した測定システムの概要、データ処理及び測定結果について報告する。

## 2. 測定の原理と測定システム

### 2.1 測定の原理

一般にアンテナの電界放射パターンはその開口面の電界分布のフーリエ変換で表せることが知られている<sup>(5)</sup>。したがって、被測定アンテナの二次元電界放射パターン $E(\theta, \phi)$ を測定し、その二次元フーリエ変換から開口面上の電界分布 $F(X, Y)$ を求めることができる。

$$F(X, Y) = \iint E(\theta, \phi) \exp[-j2\pi(X\theta + Y\phi)] d\theta d\phi \cdots (1)$$

この電界分布 $F(X, Y)$ の振幅成分から開口照度分布が、また、位相成分から一次放射器系の位相パターンによるものを除去して鏡面誤差分布がそれぞれ得られる。これが電波ホログラフィによる鏡面精度測定法の原理である。この測定法におけるデータサンプリングの角度間隔 $(\Delta\theta)$ の条件及び放射パターンの測定角度範囲(スキャンの角度幅、 $\Theta$ )と開口面上の空間分解能の関係は次式で与えられる。

$$\Delta\theta \leq \sin^{-1}(\lambda/D) \cdots (2)$$

$$\Theta_x, y \geq \sin^{-1}(\lambda/\Delta X, \Delta Y) \cdots (3)$$

ここで、 $D$ は被測定アンテナの最大寸法、 $\lambda$ は自由空間波長、 $\Delta X, \Delta Y$ は空間分解能である。

一方、二次元放射パターンの測定から得られた開口面の位相成分の中には、鏡面誤差のほかに、①一次放射器系の位相パターンの測定誤差、アンテナの構造物による散乱波による誤差など、②指向精度、受信機の位相ドリフト、アイソレーション、受信雑音など測定装置に起因するもの<sup>(6)</sup>、③電波源の周波数・偏波・信号強度の変動、大気による位相のゆらぎ<sup>(6)</sup>、地上からの反射など到来波に起因する誤差が含まれる。さらに、理論的な誤差として、④測定角度範囲の打ち切り、アンテナ開口エッジからの回折波などによるものがある。したがって、これらの測定誤差をできるだけ少なくするような測定

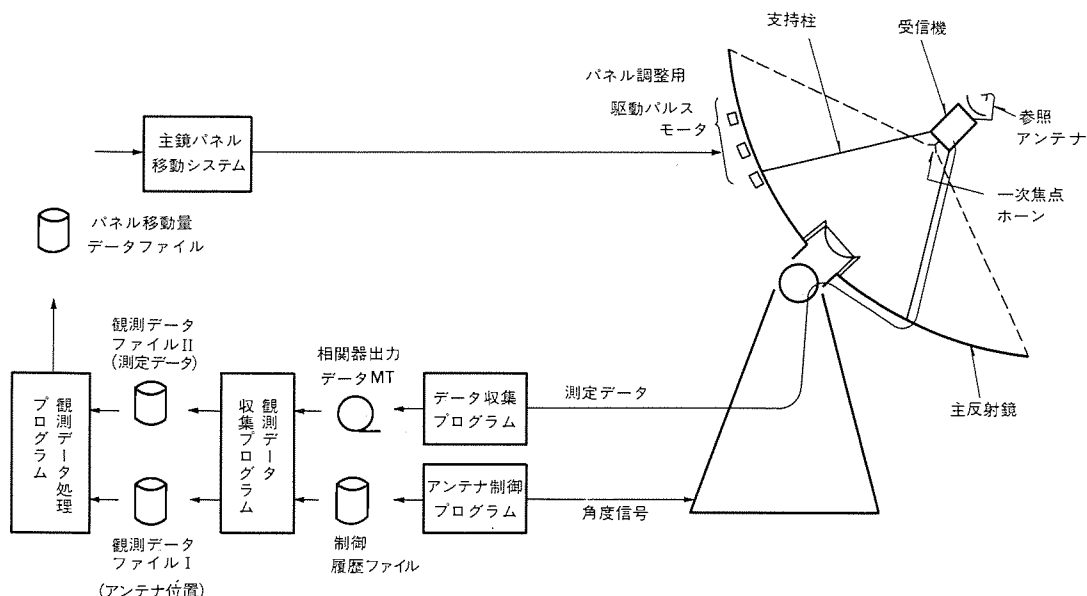


図1. 電波ホログラフィ測定システムの構成

\*東京大学東京天文台(理博) \*\*同天文台 \*\*\*Joint Astronomy Centre, U. K. (理博)

+三菱電機(株)通信機製作所 ++同情報電子研究所 +++同通信機製作所(工博)

システムを構成した。

## 2.2 測定システム

二次元放射パターンは、遠方の送信源からの電波を受信して測定する。振幅及び位相パターンを測定するには、位相の基準となる参照アンテナが必要である。送信源としては、①十分遠方の地上に置かれた送信設備、②天空の電波源、③人工衛星のビーコン電波、などが考えられる。今回の測定では、以下の利点により通信衛星CS-2a, bからの19.45GHzのビーコン電波を用いた。

- (1) ビーコン電波が強いため、小口径の参照アンテナでも十分なS/N比が得られる。
- (2) アンテナの仰角が測定中ほぼ一定であるため、指向誤差や重力変形の影響を小さく抑えることができる。
- (3) アンテナの仰角が約50°であり、大気による位相のゆらぎの影響も小さく、鏡面調整を行うアンテナ仰角として適している。
- (4) 測定周波数の波長が15.4mmであるので、位相測定誤差1°が鏡面誤差に換算して21 $\mu$ mに相当する。位相の測定精度を1〜2°にすれば、目的とするミリ波用アンテナの鏡面精度測定が可能である。

この測定システムの構成を図1に示す。45m電波望遠鏡は8〜120

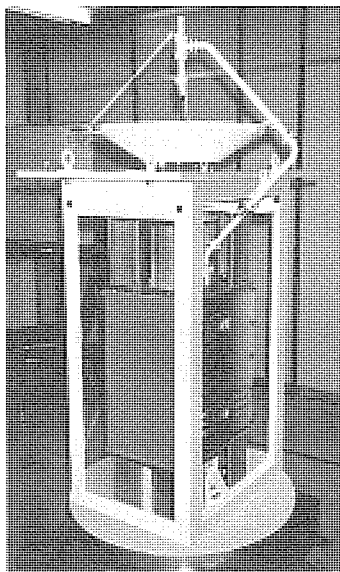


図2. 参照アンテナ（直径45cm）及び受信機

GHzの広い周波数帯域で使用するクーデ焦点型のアンテナ<sup>(1)</sup>であるが、この測定では主反射鏡が回転パラボラであることを利用して、一次放射器系の位相パターンが精度良く測定できるチョークホーンをその一次焦点位置に設け、パラボラアンテナとして使用した。

また、一次焦点付近には図2の写真に示す45cmの参照アンテナ及び2チャンネル相関受信機<sup>(6)</sup>を設置して、測定系の位相誤差を少なくするようにした。この受信機システム（図3）では、被測定アンテナの一次焦点ホーン及び参照アンテナでの受信波が、周波数変換の後FFT相関器で相関処理され、それぞれの自己相関及び相互相関（複素）が出力される。基本的な測定量は、相互相関の振幅・位相、すなわち、参照アンテナを基準とする被測定アンテナの電界の振幅・位相である。これらのデータは、図1のように計算機に伝送され、観測データ収集プログラムにより、観測データファイルIIとして出力される。一方、アンテナの位置情報は、アンテナ制御プログラムによって、CS-2衛星の位置データとこの衛星を中心とした図4に示す格子状のスカンデータとから作成され、観測データファイルIとして保存される。

CS-2衛星は、1日に最大0.1°の範囲で緩やかに動いているため、追尾する必要がある。この測定では、通信・放送衛星機構君津衛星管制センターの協力によって得られた1時間ごとの軌道予測データを直線補間して秒単位のデータを作り、アンテナを駆動している。

ここで作成された観測データファイルI（アンテナの位置）とファイルII（相関器出力データ）のデータは、次章で述べるソフトウェアによって処理される。この観測データ処理プログラムの出力は、主反射鏡パネルの誤差データであり、693個のパネル調整用駆動パルスモータを駆動するデータとなる。

## 3. 観測データの処理

### 3.1 データ処理の流れ

図5に観測データ処理のフローチャートを示す。この処理プログラムでは、入力データとして2章で述べた観測データファイルI、IIのほかに、放射パターン処理プログラムと開口面補正プログラムで入力する参照アンテナの放射パターン特性、一次焦点ホーンの放射パターン特性及びメインビーム特性のデータが必要となる。参照アンテナと一次焦点ホーンの特性データには、実測した二次元の振幅・位相特性を最もよくフィットする曲面で置換したものを用いた。

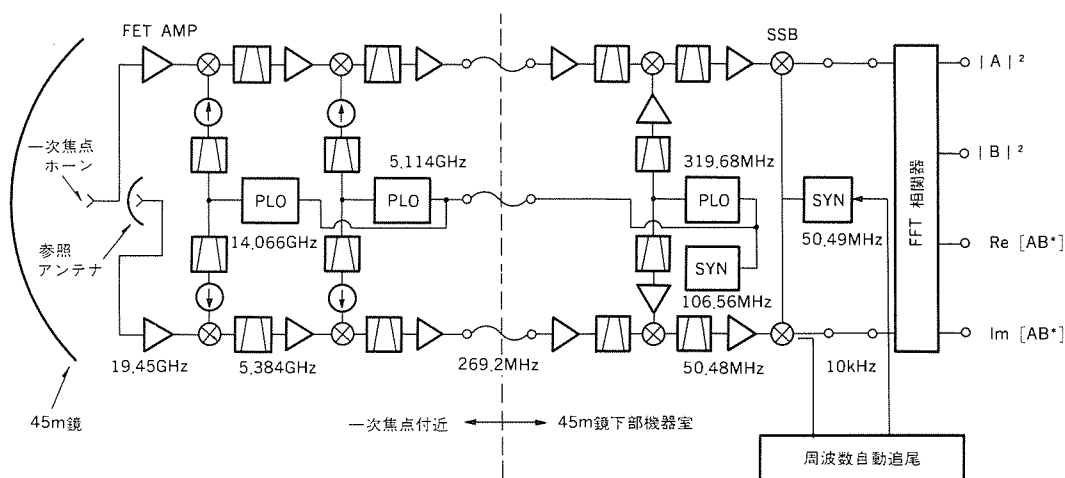


図3. 電波ホログラフィ用受信機システム

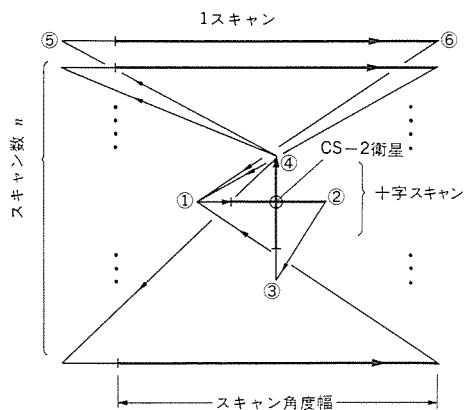


図4. アンテナのスキャン方法

メインビームデータは、図6に示すような近軸パターンであり、受信信号の変動を補正するために必要である。

処理の流れは、初めに観測データを編集し、放射パターンを求める。次に、このデータをフーリエ変換して開口面の電界分布を求め、各種の補正を行う。得られた位相分布を鏡面パネル調整点位置での誤差量に換算して、修正すべきパネル移動量を求める。

### 3.2 データ処理の概要

#### 3.2.1 データ編集プログラム

観測データファイルIには時系列のアンテナ位置のデータが入っている。また、観測データファイルIIには、測定データとポインティングのための十字スキャンデータが時系列で交互に入っている。このプログラムでは、観測データファイルIと同ファイルIIを編集して、アンテナ位置情報の付いた測定データと十字スキャンデータのファイルを作成する。

#### 3.2.2 放射パターン処理プログラム

アンテナ位置情報の付いた測定データから電界パターンを求める。このとき、次のような処理を行う。

##### (1) ポインティング誤差の推定

十字スキャンのデータを読み込んで二次元のガウスビームの形状を最小自乗法で求め、Az, EL方向のポインティング誤差を求める。このデータは次項の補正に使用される。

##### (2) レベル変動補正及び利得・位相ドリフトの補正

バックエンドの出力は、受信機系の利得変化やCS-2衛星のスピンによる電波のレベル変動の影響を受ける。このスピンによるレベル変動は、各測定点において相互相関出力を参照アンテナの自己相関出力で割れば補正できる。一方、受信機系利得・位相の短期変動を極力抑えており、受信機利得が十字スキャンの間で少しずつドリフトするのを補正する程度でよい。各測定点での利得は、ポインティング誤差とメインビームデータから推定され、電界放射パターン測定の際の1スキャンごとに行う十字スキャンの前後のデータの比較で得られた利得変動量を直線補間して求めている。

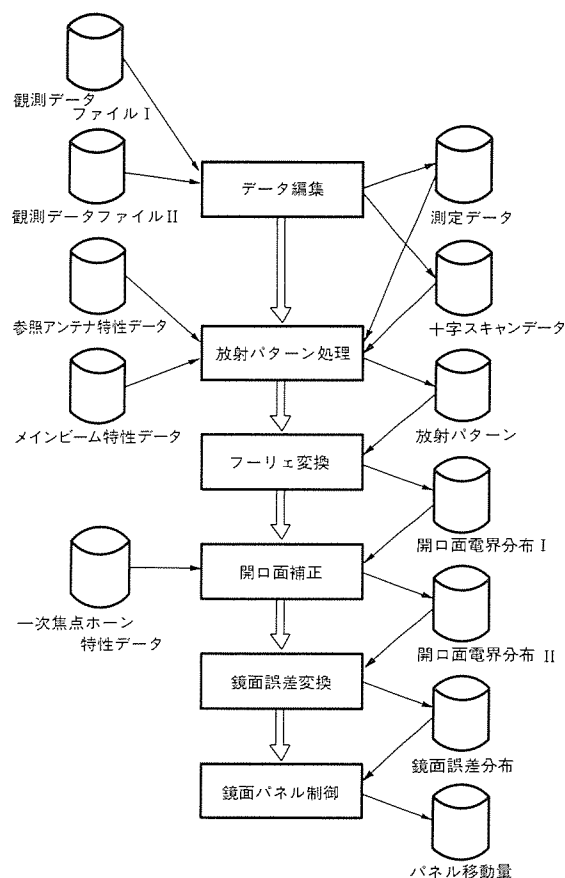


図5. 観測データ処理の流れ

OCT17 21:20

OCT30 20:41

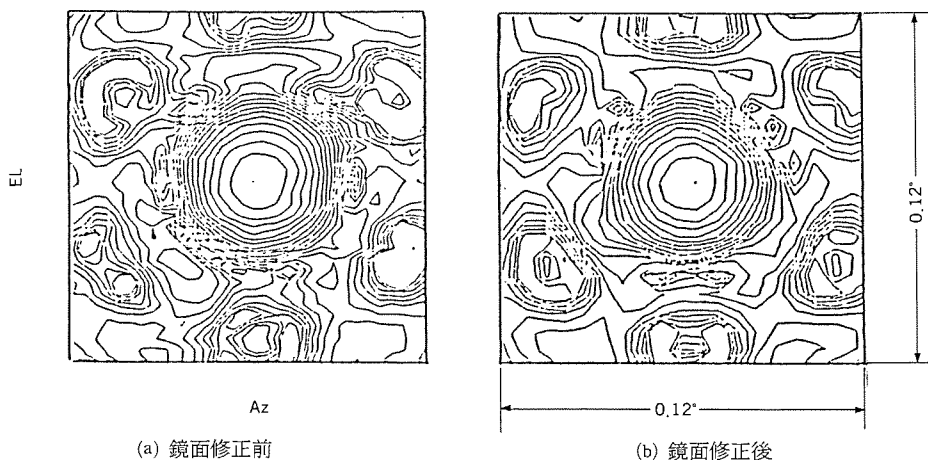


図6. 45mアンテナ鏡の近軸パターン (周波数19.45GHz)

##### (3) 参照アンテナ指向性の補正

被測定アンテナだけの放射パターンを得るには、参照アンテナの放射パターンを取り除く必要がある。また、実際のスキャンの際に生じる参照アンテナと被測定アンテナの位相中心の間の光路差は図7のように変化する。したがって、この光路差による位相差も補正する。

#### 3.2.3 フーリエ変換プログラム

放射パターンをフーリエ変換して開口面の電界分布を求める。フーリエ変換には、高速フーリエ変換プログラム (FFT) を使用し

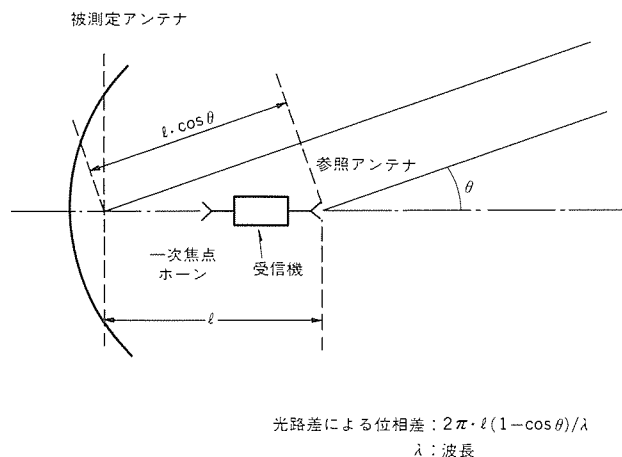


図7. アンテナのスキャンによる被測定アンテナと参照アンテナとの間の光路差の変化

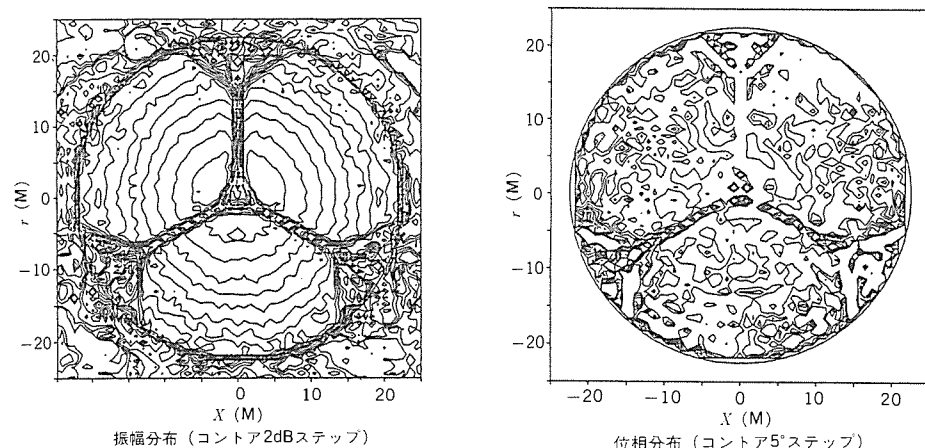
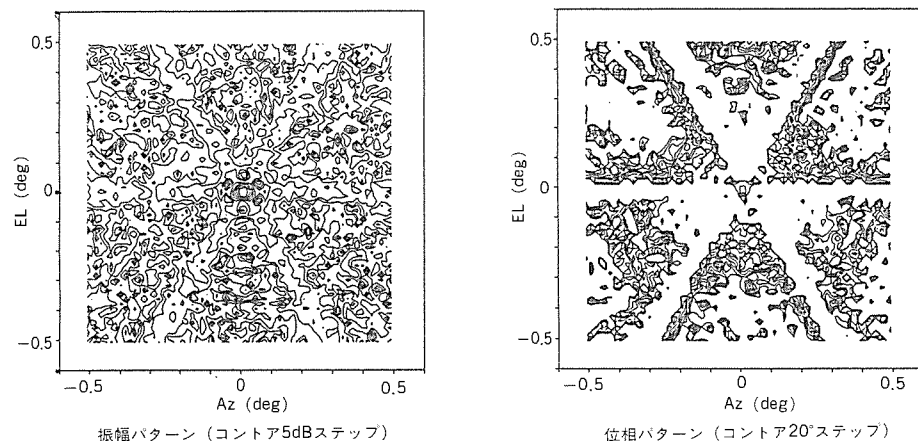


図8. 電界放射パターンと開口面の電界分布の測定例 (スキャン数:  $n=64 \times 64$ )

た。測定した放射パターンと得られた開口面の電界分布の一例を図8に示す。

### 3.2.4 開口面補正プログラム

#### (1) 一次焦点ホーン特性の補正

測定データから作られた一次焦点ホーン特性データを読み込んで、前項で得られた開口面の電界分布の中に含まれる一次焦点ホーン特性(振幅・位相)を取り除く。

#### (2) 一次焦点ホーン設定誤差の補正

一次焦点ホーンの設定に誤差があると開口面の位相分布に緩やかなひずみが生じる。まず、鏡軸と直交する面内の設定誤差を補正するために、位相データを最小自乗法で平面にフィッティングし、一次傾斜成分を取り除く。次に、得られた位相分布に回転放物面を最もよくフィットさせて鏡軸方向の設定誤差を補正する。なお、このアンテナはホモロジー構造であり、三次元的な焦点合わせを行っている<sup>(7)</sup>。

### 3.2.5 鏡面誤差変換プログラム

#### (1) 光路差変換

開口面の位相成分を使用電波の波長を用いて光路差( $l$ )に換算する。

#### (2) 鏡面パネル調整点上の誤差の推定

(1)項で求めた鏡面誤差データから、副鏡やステイによるブロッキング領域を除いた有効範囲のデータのみを選び出す。鏡面パネル調整点が格子状に並んでいないため、調整点の誤差データは、その周囲の有効データから距離による重みを付けて求めた。このようにして得られたアンテナ開口面での誤差( $d$ )から、主鏡鏡面法線方向の誤差( $\delta$ )を次式から求める。

$$\delta = d / (2 \cos(\psi/2)) \quad \cdots (4)$$

ここで、 $\psi$ は一次焦点から各パネル調整点に向かう光線と主反射鏡の鏡軸とのなす角度である。

### 3.2.6 鏡面パネル制御プログラム

パネル調整点の誤差データをパルスモータの駆動パルス数(1パルス約 $10\mu\text{m}$ )に変換して、鏡面パネル移動データファイルにターゲット番号とともに出力する。

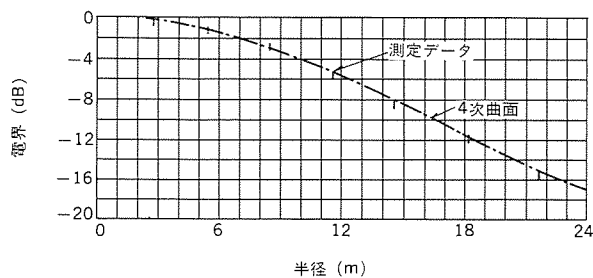
## 4. 測定結果

### 4.1 測定条件

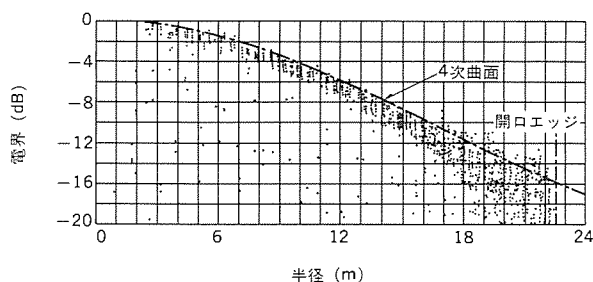
ホログラフィ測定を開始する前には、十字スキャンを繰り返し行い、Az, EL方向の放射パターンを求めて、ポインティングと一次焦点ホーンの設定を行う。次に衛星を連続追尾し、受信機系の入力信

号レベル及び周波数の微調整を行い、ホログラフィ測定のためのスキャンパラメータの設定を行う。

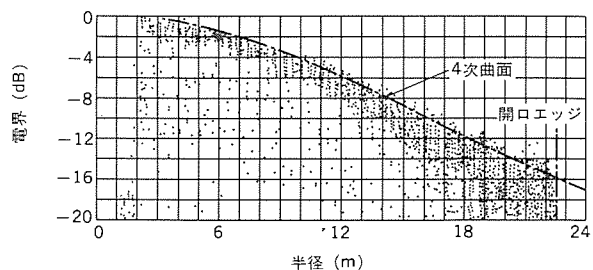
測定したスキャンの数( $n$ )は、 $n=64$ 及び $128$ の2種類で、スキャンの角度幅は、それぞれ約 $1^\circ$ 及び $2^\circ$ である。また、1スキャンでのデ



(a) 一次焦点ホーンの測定パターンと4次曲面パターン  
(スペースアッテネーションファクターを加えたもの)



(b) 1°×1°スキャン (観測点64×64)



(c) 2°×2°スキャン (観測点128×128)

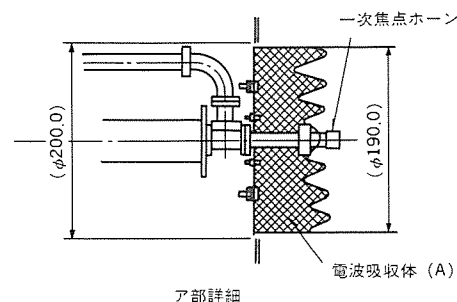
図9. 開口面における振幅の半径方向分布

ータサンプル数はそれぞれ64及び128である。このとき、開口面上の空間分解能は、それぞれ86cm及び43cmとなる。測定時間は、64×64 (4,096点) の測定で1時間50分、128×128 (16,384点) の測定で4時間46分、また、計算機によるデータ処理の時間は約30分から1時間程度で、測定結果をすぐに知ることができる。

測定の実験条件としては、ポインティング誤差を小さく抑えるために大気の流れが安定する真夜中で、無風状態のときが望ましい。

## 4.2 開口分布

ホログラフィ測定で求めた開口面の電界分布から一次焦点ホーンの特性を確実に除くため、電波暗室内でホーンの振幅・位相パターンを測定した。ホーンを水平な回転台に乗せて水平回転させるとともに、ホーン軸の周りに10°ピッチで回転させて、振幅・位相パターンを測定し、放射状の二次元パターンを得た。測定データのばらつき誤差は、振幅0.29dB rms、位相0.74°rmsであった。開口分布の補正に用いた一次焦点ホーンの特性格データは、振幅、位相とも半径方向分布に4次関数をフィットさせたときのパターンである。位相測定データとフィットさせたパターンとの差を、鏡面誤差に換算すると18μm rmsとなる。この一次焦点ホーンの測定値及び4次曲面をフィットさせたときのデータにスペースアッテネーションファクター(最大-3.5dB)をそれぞれ加えた振幅の半径方向分布を図9(a)に示す。一方、ホログラフィ測定で得られた振幅分布は、スキャン



ア部詳細

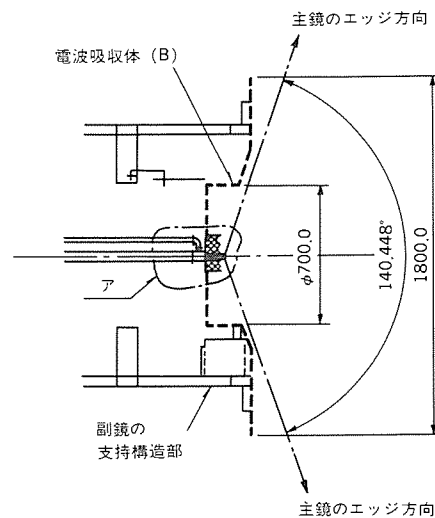


図10. 一次焦点ホーン周辺の構造

幅1°×1°及び2°×2°のいずれの測定データも図9の(b)及び(c)にそれぞれ示すように、そのピークエンベロープが一次焦点ホーンの測定値にフィットさせた4次曲面パターンとよく一致している。測定点における振幅のばらつきは、一次焦点ホーン周辺の構造物からの散乱、雑音、ポインティング誤差などによるものと考えられ、振幅分布のレベルが低いほど大きい。

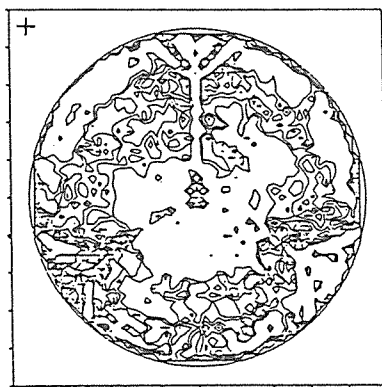
このばらつきが不要散乱波の干渉によるものと仮定すると、その幅から約-22dBの散乱波が開口分布に影響を与えていることになる。図9において振幅が大きく落ちている測定点は、副鏡及びその支持柱によってブロッキングされている部分に対応する。

不要散乱波の影響を確認するために、図10に示すように一次焦点ホーンの周囲に電波吸収体を装着して実験を行った。実験は、①ホーンに電波吸収体(A) (ピラミッド形) を装着した場合と、②更に副鏡の支持構造部を覆うように電波吸収体(B) (傘形状のゴムフェライト材) を装着した場合で行った。電波吸収体を付けない場合と比較して、振幅分布の測定値のばらつき幅は電波吸収体の装着によって小さくなるが、条件②の場合には、電波吸収体(B)による反射で開口面上にリング状の振幅・位相分布の乱れが大きくなる<sup>(8)</sup>。

## 4.3 鏡面精度

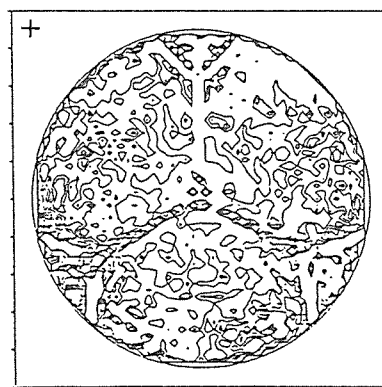
測定データの再現性は天候に左右されることが多く、特に風によるポインティング誤差、大気による振幅・位相の変動の影響が大きい。鏡面精度の測定は、1985年10月に25回、1986年8月に38回行ったが、この期間での測定データの再現性は、おおよそ60~90μmであった。

1985年の実験においては、 $n=64$  (空間分解能86cm) の測定で鏡面測定と鏡面修正のイテレーションを3回行った結果、図11に示すように、修正前234μm rmsの鏡面誤差 ( $\sigma$ ) が149μm rmsに向上した。



コントア0.1mmステップ  
 $\sigma = 234 \mu\text{m rms}$   
 $\sigma_w = 207 \mu\text{m rms}$

(a) 鏡面修正前



コントア0.1mmステップ  
 $\sigma = 149 \mu\text{m rms}$   
 $\sigma_w = 125 \mu\text{m rms}$

(b) 鏡面修正後

( $\sigma$ : 最もよくフィットする回転放物面からのずれのrms値)  
( $\sigma_w$ : 照度分布で重み付けしたrms値)

図11. 鏡面修正前後の鏡面誤差分布

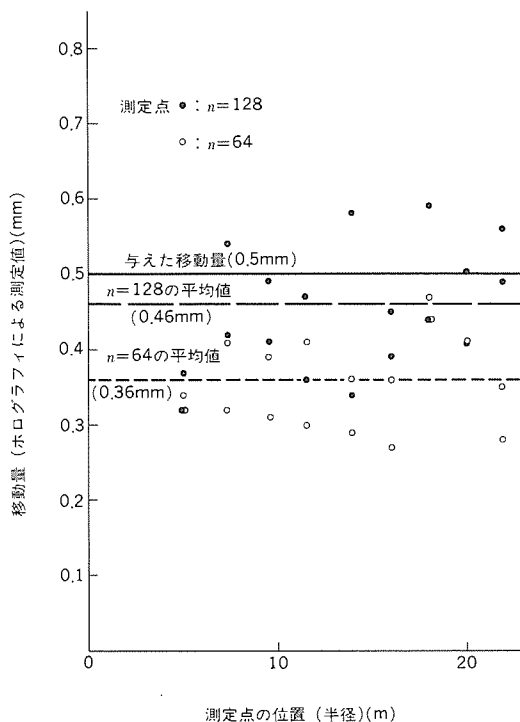


図12. 鏡面パネル移動 (0.5mm) に対するホログラフィによる測定値 (空間分解能比較)

また、照度分布で重み付けした鏡面誤差 ( $\sigma_w$ )  $207 \mu\text{m rms}$  は  $125 \mu\text{m rms}$  になった。鏡面修正前後の45mアンテナの19.45GHzの近軸パターンを比較すると、図6に示すようにサイドローブの形に改善がみられ、これも鏡面精度の向上を裏付けている。1986年には更に4回の鏡面修正を行ったが、最もよい鏡面誤差データは、 $64 \times 64$ の測定では、 $\sigma = 131 \mu\text{m rms}$ ,  $\sigma_w = 118 \mu\text{m rms}$ , また、 $128 \times 128$ の測定では、 $\sigma = 162 \mu\text{m rms}$ ,  $\sigma_w = 145 \mu\text{m rms}$ であった。

ホログラフィ測定における空間分解能と変位量を確認するために、

パネルを1列だけ0.5mmずらして、スキャン数  $n=64$  と  $128$  の測定を行った。図12は、ホログラフィ測定で求めた各パネル支持点の変位量をプロットしたものである。これによると、 $n=128$  (空間分解能43cm) の場合にはパネル1列の平均値が0.46mmで与えた変位量とほぼ一致するが、 $n=64$  (空間分解能86cm) の場合には測定値が小さく (0.36mm) になっている。すなわち、空間分解能が低いほど見掛け上良い鏡面精度として測定されることが分かった。

## 5. む す び

45m電波望遠鏡の鏡面精度を向上させる目的で、静止衛星 (CS-2) の電波を利用した電波ホログラフィ鏡面測定システムを開発した。2年間にわたって鏡面調整を行った結果、当初  $200 \mu\text{m rms}$  付近であった鏡面精度を  $150 \mu\text{m rms}$  程度にまで向上させることができた。更に精度を向上させるためには、ポインティング精度の向上、散乱波の低減などが必要と考える。

最後に御指導を賜った故田中春夫教授、赤羽賢司教授 (現富山大学教授) をはじめとする東京大学東京天文台及び東洋大学の方々、並びにこの装置の開発に携わっていただいた関係各位に深謝する。

なお、この研究は文部省試験研究 (課題番号60840001) の援助で実施したものである<sup>(9)</sup>。

## 参 考 文 献

- (1) K.Akabane, K.Tsukada, S.Betsudan: 45m Radio Telescope and 10m 5-Element Synthesis Telescope, IEEE Tokyo Section 21, p.106 (1982)
- (2) N.Kaifu: Nobeyama 45-M Telescope, Proceeding of International Symposium on Millimeter and Submillimeter Wave Radio Astronomy, Granada, p.5 (1984)
- (3) C.E.Mayer, et al: Electromagnetic Measurements of Large Reflector Antennas, IEEE Trans, IM-32, 1, p.102 (1983)
- (4) 石黒ほか: 人工衛星電波を利用したホログラフィ鏡面測定装置の開発, 日本天文学会1985年秋季年会 (昭60-10)
- (5) S.Silver: Microwave antenna theory and design, p.174, McGraw-Hill Book co. (1949)
- (6) 石黒ほか: 電波ホログラフィ法による高精度鏡面装置の開発, 信学技報, A・P87-28 (1987-6)
- (7) 森本ほか: 大型アンテナのホモロジー設計, 三菱電機技報, 56, No.7 (昭57)
- (8) 石黒ほか: 電波ホログラフィ法を用いた鏡面精度測定に及ぼす開口照度分布の影響, 信学技報, A・P87 (1987-6)
- (9) 石黒ほか: 人工衛星電波による大型アンテナ鏡面測定法の開発 (研究課題番号60840001), 昭和61年度科学研究費補助金試験研究 (1)研究成果報告書 (1987)



# 中国鉄道部納め 6 K型4,800kW交流電気機関車

藤井秀一\* 植田幸雄\*\* 青山 隆\*\* 関根康祐\*\* 赤川英爾\*\*

## 1. ま え が き

中華人民共和国では、近代化の進展に伴い、鉄道輸送力増強のために既存線の電化、複線化や石炭積出し港と接続する新線の建設が着々と進んでいる。隴海線は、中国内陸部の河南省の鄭州から陝西省の宝鶏までの約680kmを結んでいる。この内、鄭州から三門峡西間は、既に電化工事が完成しており、引き続き西安を経由して宝鶏までが工事中である。電化の完成に伴って、中国国産の韶山形並びに、輸入電気機関車を導入することとなり、昭和61年の4月に、三菱電機㈱と川崎重工業㈱並びに住友商事㈱が共同で80両の4,800kW交流電気機関車を受注した。全体システム並びに電気機器の設計・製作は三菱電機㈱が、台車並びに車体・ぎ装は川崎重工業㈱が担当した。昭和62年の7月末には第1号機関車を納入し、営業運転に使用中である。

以下に、この機関車の概要について報告する。

## 2. 機関車の主要諸元と性能

機関車の主要諸元を表1に、外観写真を図1に示す。この機関車の車体の上部は、グレイッシュホワイト、下部はディープグリーンに塗り分けられており、前面には中国鉄道部の紋章が取り付けられている。

機関車の力行性能曲線は図2に、発電ブレーキ曲線は図3に示すとおりである。この機関車は、4,000tonの石炭列車をけん引して、6‰の上りこう配を48km/hの速度で走行することができる。また、6‰より大きな上りこう配では、重連運転することになっている。客車けん引にも適用でき、将来、歯車比を変更することによって、120km/hの走行も可能である。

表1. 機関車の主要諸元

1	電気方式	交流25kv, 単相50Hz
2	軌間	1,435mm
3	用途	貨車並びに、客車けん引
4	軸配置	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub>
5	運転整備重量	138t $\pm 3\%$
6	軸重	23t $\pm 3\%$
7	車輪径	1,250mm (新製時)
8	歯車比	74/17=4.35
9	機関車性能	連続定格出力 4,800kW 連続定格速度 48km/h 連続定格引張力 355kN 最大起動引張力 485kN (0~2.5km/h時) 最大電気ブレーキ力 320kN (15km/h時) 最高速度 100km/h
10	機関車主要寸法	最大長 22,200mm (連結面間) 最大幅 3,100mm パンタ折り畳み高 4,570mm



図1. 機関車の外観

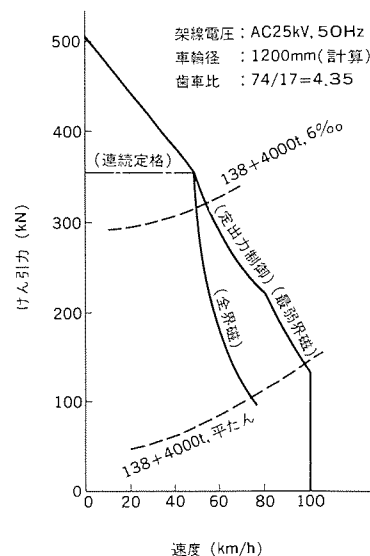


図2. 力行性能曲線

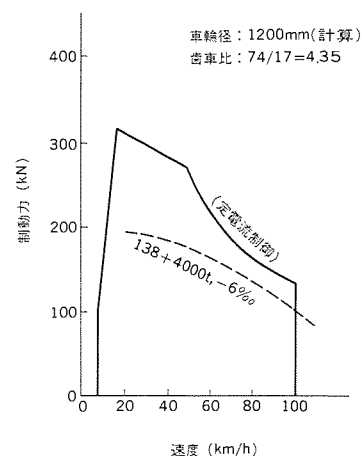


図3. 発電ブレーキ性能曲線

### 3. 機関車の特長

この機関車は次のとおり種々の特長を持っている。

#### (1) PHAI-16制御方式

16ビット マイクロコンピュータを用いたデジタル制御を採用して、高力率 (High Power-factor)、低高調波電流 (Low Harmonics)、高粘着 (High Adhesion) などの制御性能を大幅に改善 (Improvement) した。定速度運転や定電圧運転機能のほか、多様な制御機能を持っている。

#### (2) Z型低引張棒方式台車

ED75型を始め、交流電気機関車に豊富な実績のあるZ型低引張棒方式を、両端台車及び中間台車に適用しているので台車内の軸重移動の防止によって粘着性能の向上を図っている。

#### (3) C種絶縁800kW主電動機

三菱電機(株)固有技術である電着マイカ (ED-Mica) 絶縁によるC種絶縁システムの全面的採用によって、大幅な小型・軽量化並びに、高信頼性を達成した。また、主電動機の支持装置は、釣り掛け方式であるが、ころ軸受を使用して保守回帰の延長を図っている。

#### (4) 慣性分離式エアフィルタ

この機関車は主に石炭列車をけん引することと、中国特有の黄砂対策のために、主電動機・主整流器並びに主変圧器の冷却系統に慣性分離式エアフィルタを全面的に採用して保守の簡易化を行った。

#### (5) 故障表示と記憶

運転中の機器の動作監視、並びに万一、故障が発生した場合の表示や処置方法の指示を行うために、運転台にLED式ディスプレイを設けている。また、故障内容の記憶や再現も可能である。なお、重連運転時には故障データの直列伝送を行って、前位機関車の運転台で後位機関車の詳細な故障内容を把握することができる。

### 4. 主回路と制御方式

#### 4.1 主回路構成

力行時の主回路構成は図4に示すとおり、主電動機3台単位で構成してある。万一、回路故障が発生した場合の開放運転が容易に行える。主変圧器の二次側は、それぞれのグループごとに、不等3分

割 (電圧比 1 : 1 : 2) しており、サイリスタとダイオードで構成した混合ブリッジが接続されている。主電動機は複巻電動機を使用しており、電機子回路は空転を抑制するよう全並列接続している。電機子用整流器の連続位相制御により、主電動機の電圧並びに電流を制御する。また、分巻界磁巻線は3台直列接続とし、界磁用整流器によって分巻界磁電流を連続的に制御する。したがって、幅広い界磁制御が可能である。さらに、主変圧器二次側巻線の一部に設けた力率補償回路の働きによって、力行時並びに発電ブレーキ時に、変圧器一次側の力率を0.9以上に維持することができる。力率補償回路は三次共振型とし、コンデンサリアクトル及び抵抗器で構成し、

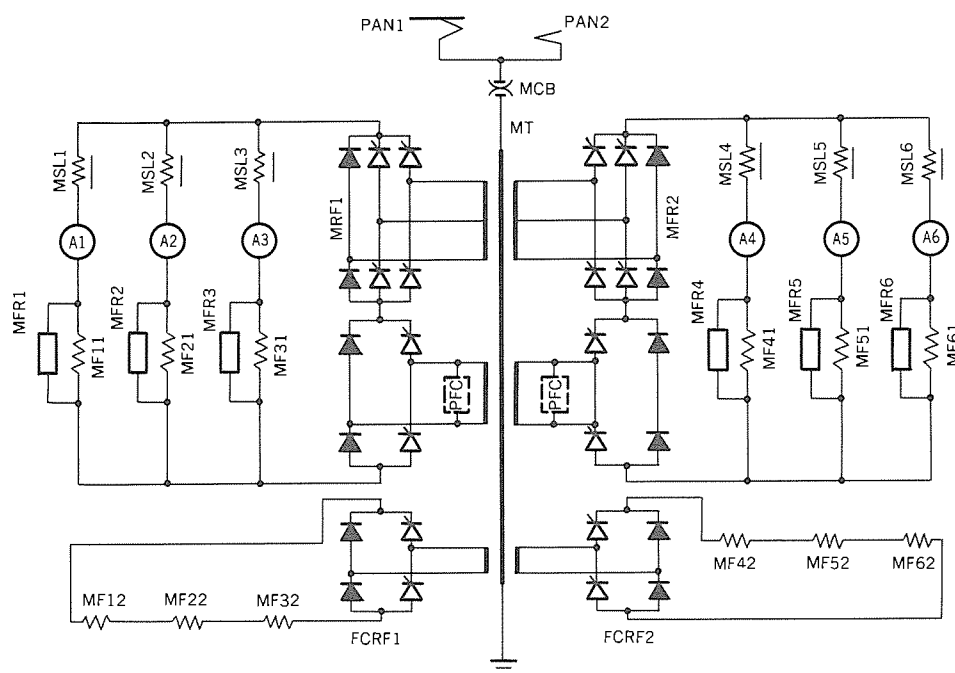


図4. 主回路構成図 (力行)

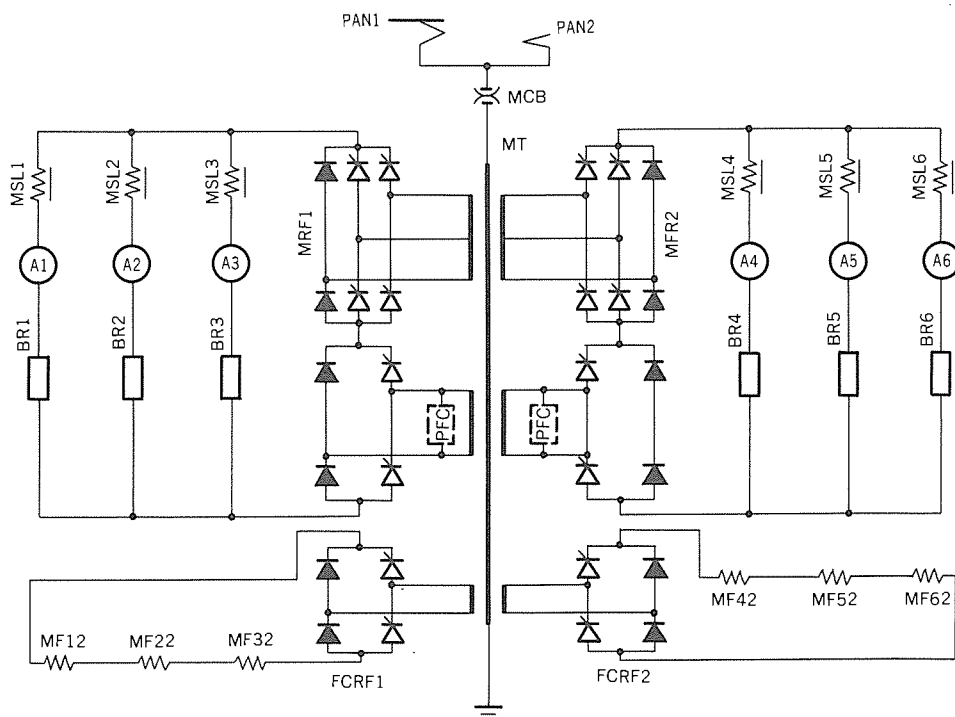


図5. 主回路構成図 (発電ブレーキ)

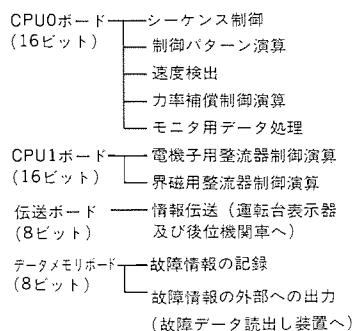


図 6. 制御機能分担図

その補償容量は1,800kVAである。

発電ブレーキ時の主回路構成は図 5 に示すとおり、力行時と比べて、主電動機の直巻巻線を切り放した上、ブレーキ抵抗器が主電動機と直列に接続される。高速度域では分巻界磁電流を制御し、低速度域では電機子用整流器の位相制御も併用して、所定の制動力を得るようにしている。発電ブレーキは抑速制動並びに停止制動に適用できる。また、停止制動時には、発電ブレーキが失効すると自動的に空気ブレーキが作用する。

## 4.2 制御システム

### 4.2.1 制御機能

16ビット マイクロコンピュータを用いたデジタル制御を採用しており、多様な制御機能を持っている。主な機能の詳細は以下に示すとおりである。

#### (1) 定速度運転制御

機関車の速度が主幹制御器から指令される速度になるように、力行・惰行・発電ブレーキを自動的に制御する。指令速度は5km/hきざみで最高運転速度100km/hまでの合計20ノッチとした。重連運転時は前位機関車にて速度演算を行って、その結果（力行・制動指令や電流指令値など）を後位機関車に伝送し、機関車相互間の電流不平衡の抑制を図っている。

#### (2) 定電圧運転制御

この制御は交流電気機関車に標準的に採用されているもので、架線電圧や負荷電流の変動に影響されず、主整流器の出力電圧を主幹制御器のノッチに対応して一定とするものである。空転再粘着特性の改善に効果があるので、こう配起動時などによく使用される。

#### (3) 力率補償制御

主変圧器一次側で検出した電圧並びに電流から無効電力量を演算し、その量に応じてコンデンサバンクの投入・開放制御を行って広範囲な高力率運転を保証する。コンデンサバンクは、各群に2バンクずつ合計4バンク設けてあり、きめ細かな制御が可能である。また、個別に制御される2群間の協調を図って過補償になることを防止している。

#### (4) 高粘着制御

粘着性能を最大限に発揮するために、軸重移動補償制御を行っている。軸重移動量に見合って、進行方向の前位側電動機の加速電流を小さく、後位側電動機の加速電流が大きくなるように制御する。

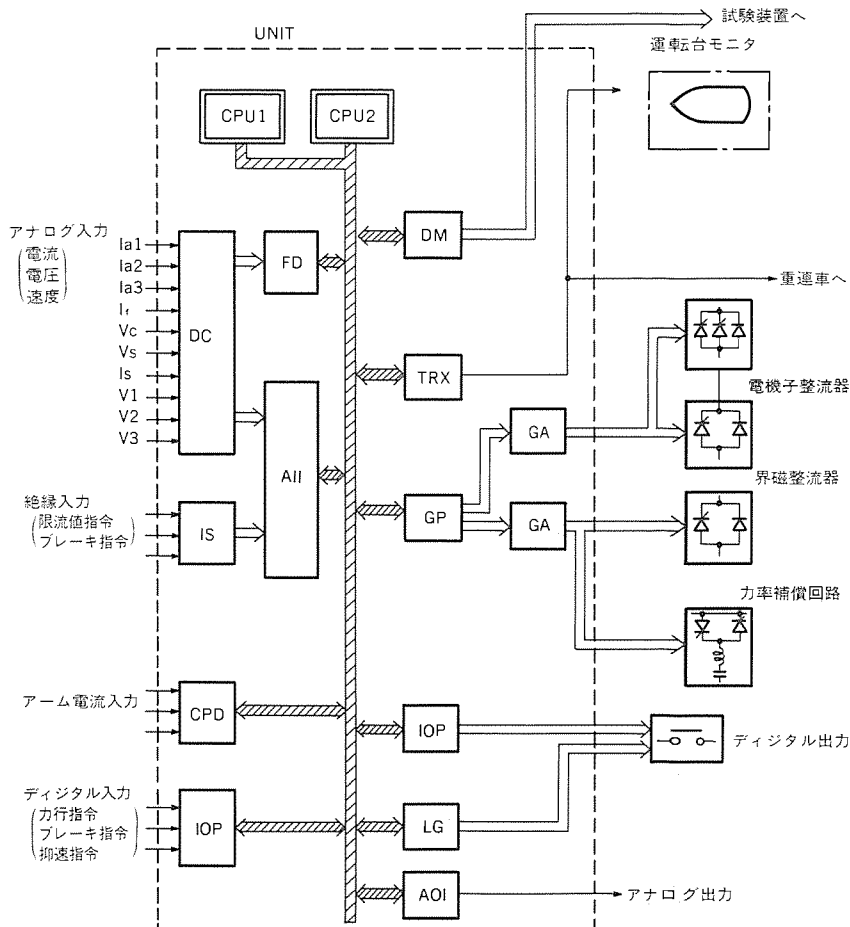


図 7. PHAI-16 ハードウェア構成図

また、各車軸の回転数を検出し、空転や滑走時には速度差又は加減速度に従って、電流パターンの絞り込み制御や自動撒砂を行う。なお、車輪径差による制御への影響をなくすために、惰行中には車輪径の自動補正演算を行うようにしている。

### 4.2.2 制御回路構成

PHAI-16制御部は主回路と同様に、主電動機3台単位で各群を構成している。両群間では互いに制御に必要な情報や故障データを交換しており、万一、片群が故障した場合でも残りの正常側で運転を継続できるようにして冗長度を高くしてある。

高速かつ高精度な制御演算を効率良く行うために、2枚のCPUボードで分散処理している。各CPUボードの機能分担を図6に、ハード構成を図7に示す。特に、高速応答が要求されるゲートパルス作成部及び保護論理部は、デジタルICから成るディスクリート回路構成としている。また、汎用パソコンを利用した故障データ読出し装置を接続することによって、故障前後の各部電圧・電流の詳細波形を知ることができるので、故障解析や補修に役立つ。

## 5. 補助回路方式

補助電源は、実績の豊富な回轉誘導型相変換機を用いた単相・三相変換方式を採用している。補助回轉機が多く、電源容量が大きいことと、万一、故障時の一群開放運転が可能のように、130kVA相変換機を2台装備している。補助回轉機は次のとおりである。

- 主電動機送風機 2台
- 主変圧器・主整流器用送風機 2台

● 慣性分離フィルタ用集じん送風機	4 台
● ブレーキ抵抗器用送風機	2 台
● 主変圧器用油ポンプ	1 台
● 空気圧縮機	2 台
● 運転室用空気調和装置	2 台
● 補助空気圧縮機	1 台

## 6. 機 械 部 分

### 6.1 運転室

長距離運転に適するように、全幅の運転台に主幹制御器、ブレーキ弁、各種計器やスイッチ類が機能的に配置されている。図8は1端側の運転台を示す。運転士の視野を広くするため広い正面窓とし、



図8. 運転台

窓ガラスは曇り防止のため電熱式合わせガラスとし、温度制御をしている。運転室内の快適性を重視して広い床面積と冷暖房装置を備え、防音構造にしている。例えば、床構造は二重の防音材を備えており、騒音の遮断に配慮している。また、運転中お茶が飲めるよう湯沸し用ホットプレートも備えている。

屋根上に強力な前照灯を備え、雨や霧のない夜間であれば、800m先の人を運転士が視認できる。

### 6.2 機械室

機械室の機器配置は図9に示す。主変圧器を中心に主要機器は、ほぼ点対称の配置となっている。中央部は高压機器室となっており、安全のため通電中は入口戸を不用意に開けないように鎖錠装置を備えている。機器冷却用電動送風機や電動圧縮機は両端寄りに配置されている。機械室の機器は安全のため、穴あき板にて囲われている。主回路電流が最大940Aと大きいので、電線が放熱しやすいように配慮した配線ぎ装となっている。

機械室内の機器は重量が大きいので、すべて天井クレーンで出し入れができるように屋根に広い開口を設け、3分割のボルト締めを取り外し屋根でふさいでいる。

### 6.3 車体構造

車体は箱形の一体溶接構造で、外板は耐候性鋼板、はり（梁）と骨組は主に一般構造用形鋼にて造られている。車体強度は2,450kNの車端圧縮荷重、1,965kNの車端引張荷重に耐えるようになっている。また、運転時に万一、異常な荷重が連結器に作用した場合、台枠が破壊するのを防ぐため、1,960～2,352kNの圧縮荷重で、1,470kN～1,862kNの引張荷重にて連結器を取り付けているボルトが切断する過荷重保護の設計を採用している。

中間台車の横動ころ装置のしゅう動部すり板には高マンガン鋼を

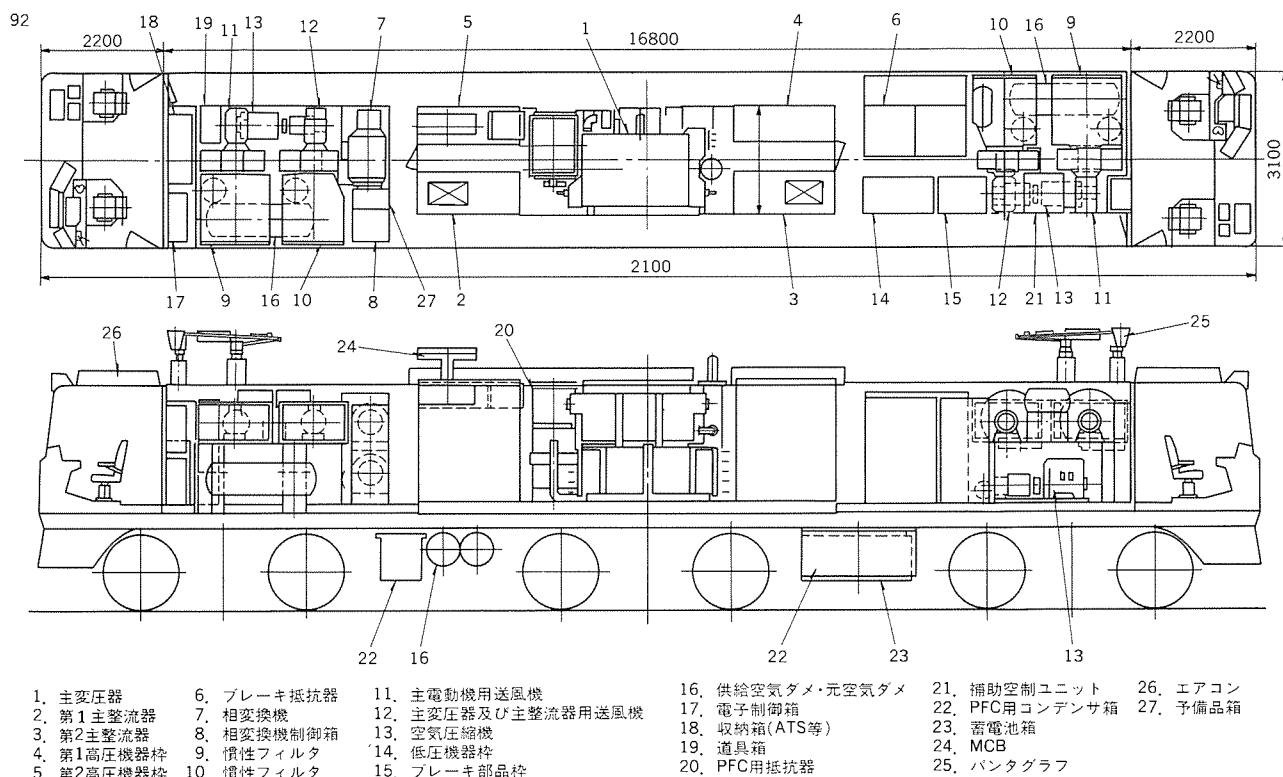


図9. 機械室配置図

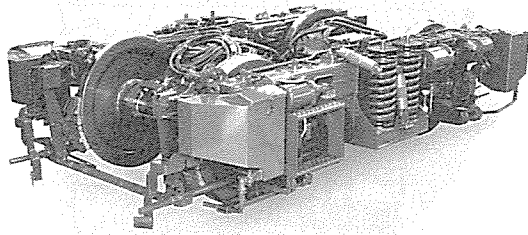


図10. 両端台車

使用し、摩耗を減らしている。

#### 6.4 台車

マクラばねにより車体荷重を直接支持するボルスタレス方式の台車で、両端台車と中間台車の2種類がある。中間台車には曲線通過時の大きな横変位を許容するためのころ装置を設けているが、基本的には両台車は同じ構造であり、部品の共通化を図っている。

車体・台車間のけん引力は、引張棒とリンクを組み合わせたZ型低引張棒機構によって伝達される。両端台車はけん引力の着点点がレール面上にあるようにし、また中間台車は同着点点がレール面から適切な高さとなるようにしてあり、軸重移動の抑制・補償をして機関車全体としての粘着性能を高めている。

軸ばね装置はコイルばねとその両端に配置した筒形軸箱モリゴムにより構成し、前後・左右も弾性支持してしゅう動部分をなくし、これにより走行性能の劣化防止を図っている。台車枠は端ばりのないH形全鋼板溶接構造である。ブレーキ装置は1軸当たり2個のブレーキシリンダを配した両抱きの踏面ブレーキ方式で、自動すきま調整器を設けている。また、両端台車の1軸と中間台車の2軸に対し、運転室から操作できる駐車ブレーキ用ばねシリンダを設けている。

砂箱と砂まき器を各車輪に設けて起動時の空転を防止し、また両端台車の先頭車輪には塗油器を設けて車輪フランジの摩耗低減を図っている。両端台車の外観写真を図10に示す。

### 7. 主要電気機器

#### 7.1 主電動機

主電動機の仕様を表2、外観を図11に示す。この電動機は、通風・熱解析、強度解析や整流解析など最新の設計技術を駆使して最適設計を行った。さらに、C種絶縁や放熱特性の優れた電着マイカ絶縁を採用して、従来に比べて10%以上の小型・軽量化を実現した。また、支持装置にはころ軸受を、さらに主電動機には、密封構造軸受を採用して保守回帰の延長を図っている。また、主電動機の着脱が、台車の上部並びに下部方向からも可能な構造になっている。さらに、ギャディメッシング装置も持っている。

#### 7.2 主変圧器及びリアクトル

主変圧器の仕様を表3、外観を図12に示す。主変圧器は外鉄型であり、2群に分割した二次巻線に対応して、一次巻線を並列接続することにより、主回路の2群相互間の影響を少なくしている。さらに、同一タンク内に6台の主平滑リアクトルと4台の力率補償制御リアクトルも内蔵している。主平滑リアクトルは2台を同一鉄心で構成しているが、万一、片側を開放したときにもインダクタンスの減少が小さくなるような特殊な構造を採用している。また、温度

表2. 主電動機の定格仕様

型名	: MB-530-AVR
形式	: 脈流複巻補極付き
連続定格	:
出力	800kW
電圧	925V
電流	940A
回転数	930rpm
極数	: 6極
冷却方式	: 強制風冷

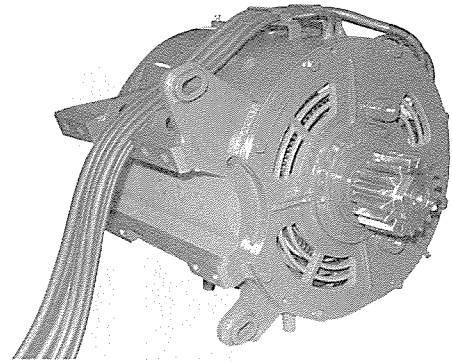


図11. 主電動機

表3. 主変圧器の定格仕様

方式	: 単相, 50Hz, 連続定格, 送油風冷式
容量	: 7,316/6,770/126/420kVA
電圧	: 25,000/ (600+300×2) ×2/300×2/400V
電流	: 293/2,820/210/1,050A

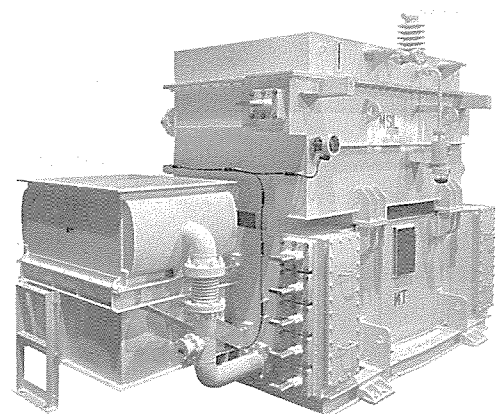


図12. 主変圧器

計などの部品は、側面に配置してあるので保守点検が容易である。

#### 7.3 主整流器

主整流器の仕様を表4、外観を図13に示す。主整流器は主電動機3台当たり1箱構成とし、電機子及び他励界磁制御用混合ブリッジ

表 4. 主整流器の定格仕様

連続定格出力：	(電機子用)	(界磁用)
	2,610kW	25kW
定格直流電圧：	925V	120V
定格直流電流：	2,820A	210A
素子構成：		
(サイリスタ)	2,700V, 1,500A 1S3P2A1U 1S3P4A1U	1,400V, 400A 1S1P2A1U
(ダイオード)	2,700V, 3,500A 1S2P2A2U	1,400V, 600A 1S1P2A1U
冷却方式：	強制風冷	

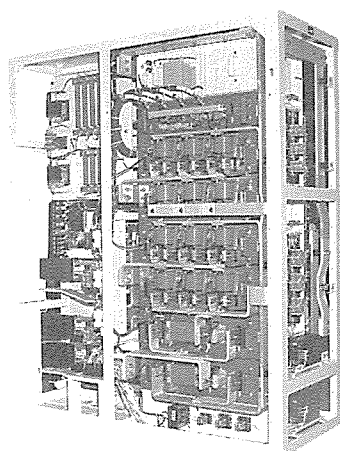


図13. 主整流器

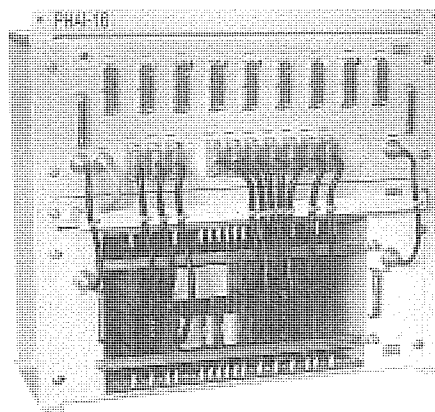


図14. PHAI-16 電子制御箱

や力率補償制御用サイリスタの半導体スタックのほか、交流フィルタ及び保護ヒューズを収納している。交流フィルタは、非直線抵抗素子 (ZNR) の使用によって小型・軽量化を行った。

#### 7.4 高圧機器箱

高圧機器箱は2箱で構成しており、第1高圧機器箱には主電動機用電空接触器、界磁接触器、逆転器、力行制動転換器や直流変流器などを収納している。

第2高圧機器箱には、補助回路用接触器、主電動機開放器や切替スイッチなどを収納している。また、上部には界磁分路抵抗器を取り付けている。

#### 7.5 電子制御箱及び故障表示器

電子制御箱は、マイクロプロセッサユニット、インタフェースユニット及び冷却ファンユニットから構成されている。保守点検が容易なように、接続ケーブルや動作表示用LEDなどは前面に配置されている。外観を図14に示す。

故障表示器は運転士用と副運転士用の2台を各運転台に設けている。前者は主要な故障表示のほか、定速度又は定電圧指令ノッチが表示される。後者は詳細な故障表示ができる。いずれも中国語で表示されるので、運転・取扱いが容易である。

### 8. 空気ブレーキ

この機関車には、電気ブレーキ付き26-L型空気ブレーキを採用しており、2台の空気圧縮機、AD7-T型除湿装置、大容量空気だめなどから構成される。各運転台には、26CA型ブレーキ弁があり、自動ブレーキ及び直通ブレーキを作用させることができる。自弁による電空併用ブレーキのほか、過込め、ブレーキ管の自動圧力保持や自動空気補給機能などを持っている。また、ブレーキ管圧力はけん引する列車に従って、5又は6 barに調整することができる。車端にはブレーキ管、元空気だめ釣合管、シリンダ釣合管の3本の引通し管を設けている。

### 9. む す び

昭和62年7月末に第1号機関車が中国洛陽機関区に到着し、本線試運転も無事終えて営業運転に投入されている。残りの機関車も続々と搬入されており、80両すべての機関車は63年3月までに納入される。中国では電気機関車の需要がひっ迫しており、日本から納入した6K型機関車も4,000tonの長大列車をけん引して、連日、中国大陸を力強く走行しており、中国における鉄道輸送の近代化の一翼を担えるものと信じている。

最後に、この機関車の開発、設計、製作にあたり、御指導並びに御協力をいただいた中国鉄道部をはじめ、関係各位に対して厚く謝意を表する次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 赤川ほか：16ビットCPUを応用した交流電気機関車制御装置，昭和62年電気学会全国大会
- (2) 植田ほか：中国向け4,800kW交流電気機関車，車両技術(1987-10)
- (3) 古田ほか：中国鉄道部納め6K型4,800kW交流電気機関車，電気車の科学 (1987-12)

# 新型《ムーブマスター EX RV-M1》のダイナミクス シミュレーション

寺内常雄\* 西村隆朗\* 青木良明\* 増田隆広\*\*

## 1. ま え が き

ロボットの需要は、第2次産業分野を中心に着実な伸びをみせている。従来は、自動車関連分野での溶接、塗装、重量物のハンドリングを中心とした導入が目立ったが、近年では半導体・電子機器関連などハイテク産業分野での導入が増加している。また、製造分野を離れ、教育や研究補助、商業用にロボットを適用する機会も増えている。しかし、量的にみれば、まだ十分とはいえない。

ロボットの大幅な導入を阻害している要因に経済性がある。特に小型ロボットの領域では、従来、人が行っていた作業を代替するため、人間の柔軟性に対応する機能と、賃金に相当するコストが導入の判断要素となっている。しかし、高機能化と低価格化は、ロボットを設計するうえでは、二律背反する要求であり、これを解決することが、ロボットの普及を促進する課題となっている。

こうした背景にあって、当社では、低価格の小型垂直多関節ロボット《ムーブマスターシリーズ》を昭和56年から製造・販売している。今回、高まる強い高機能化と低価格ニーズにこたえ、新型《ムーブマスター EX RV-M1》(以下、RV-M1と称す)を開発した。開発にあたり、従来の二律背反する課題を解決し、試作期間と試作コストの低減を図り、設計目標を達成するために、CAEを基本設計段階から積極的に活用した。本稿では、開発したRV-M1の紹介と開発経緯及び使用したロボット用ダイナミクス シミュレーションシステムを中心に述べる。

## 2. RV-M1

### 2.1 開発のねらい

RV-M1は、5自由度を持つ小型垂直多関節ロボットである。《ムーブマスターシリーズ》は、昭和56年にステッピングモータ駆動式の実験用マイクロロボットRM-101を発売、昭和58年には、更に性能の向上を図ったDCサーボモータ駆動式のRM-501にモデルチェンジした。しかし、最近では小型ロボットの製造分野への導入が

増加し、RM-501の機能・性能の向上、特に高速化、位置決め精度の向上、長寿命化などの要望が高まっている。こうした市場ニーズにこたえ、更に新分野への適用を拡大するねらいとして、RM-501をグレードアップしたRV-M1の開発を計画した。図1に開発したRV-M1の外観を示す。

### 2.2 特 長

RV-M1の特長は次のとおりである。

#### (1) 小型・軽量で使いやすい

手軽に持ち運びができるとともに、装置への組み込みが容易にできるようアーム及び主要構造部品は、構造解析により小型化、軽量化、高剛性化を図っている。

#### (2) 高速・高精度

アームなど可動部要素部品の軽量化、高速メカニズム設計、駆動伝達系・モータ配置の工夫に併せ、シミュレーションによるモータ容量、サーボ定数の最適化を行い、高速・高精度化を図っている。

#### (3) ロボット言語の充実

ロボット言語にパレタイズ命令などを追加し、合計63言語(従来34言語)と強化するとともに、ソフトウェアを充実して、ロボットの位置をパソコンで把握できるようにするなど、パソコンとの親和性を高め、より使いやすさを追求している。

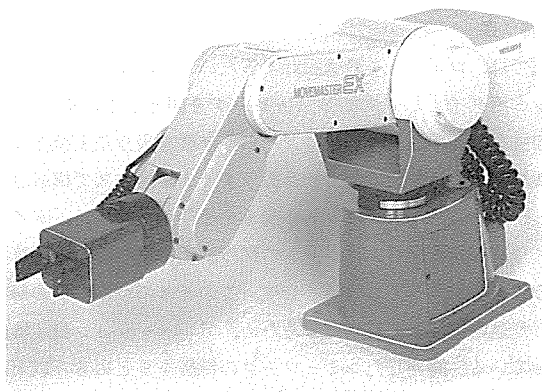


図1. RV-M1の外観

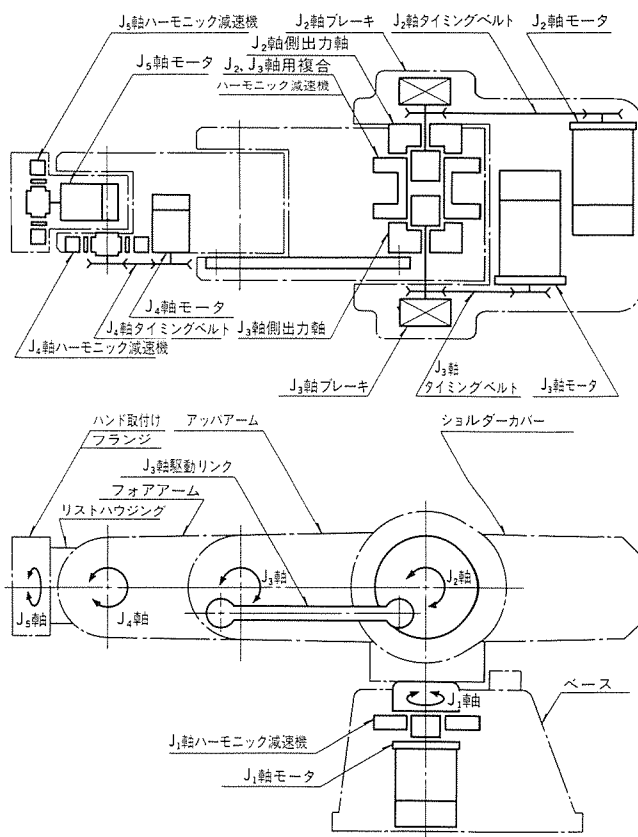


図2. RV-M1 マニピュレータの概略構造

(4) 新分野への進出を考慮したデザイン

従来の《ムーブマスター》のイメージを継承しながら、クリーン

表 1. 《ムーブマスターシリーズ》の仕様・特長比較

項 目		仕 様		
形 式		RM-101	RM-501	RV-M1
構 造		5自由度 垂直多関節型		
動作範囲 (最大速度) (°)	ウエスト(J <sub>1</sub> )軸	240	300(50°/s)	300(120°/s)
	ショルダ(J <sub>2</sub> )軸	150	130(50°/s)	130( 72°/s)
	エルボ(J <sub>3</sub> )軸	120	90(50°/s)	110(108°/s)
	リストピッチ(J <sub>4</sub> )軸	±90	±90(90°/s)	±90(100°/s)
	リストロール(J <sub>5</sub> )軸	±180	±180(90°/s)	±180(162°/s)
アーム長さ (mm)	アップアーム	200	220	250
	フォアアーム	150	160	160
可搬重量(kg)		0.5	1.2	1.2
最大合成速度(mm/s)		400	400	1,000
位置繰返精度(mm)		±0.3～±1.0	±0.5	±0.3
駆動方式		ステッピングモータ駆動	DCサーボモータによる電気サーボ駆動	DCサーボモータによる電気サーボ駆動
本体重量(kg)		約10	約27	約19
構成部品の特長		・アーム、ベース、カバー類は板金構成	・アーム、ベース、カバー類は板金及び一部機械加工部品	・アルミダイカストアーム、アルミ鋳物ベース、射出成形樹脂カバー、及びリスト部にはアルミロストワックス部品を使用

表 2. RV-M1 用ドライブユニットの仕様

項 目	仕 様
教 示 方 式	プログラミング言語方式(63種)、 *MDI(パソコン使用)方式
制 御 方 式	DCサーボモータによるPTP位置制御方式
制 御 軸 数	5軸(+オプション1軸)
位 置 検 出	パルスエンコーダ方式
原 点 出 し	リミットスイッチ及びパルスエンコーダによる (Z相検知方式)
補 間 機 能	関節補間、直線補間
速 度 設 定	10段階(最高1,000mm/s)
ポ ジ シ ョ ン 点 数	629点(8Kバイト)
プ ロ グ ラ ム ス テ ッ プ 数	2,048ステップ(16Kバイト)
記 憶 手 段	内蔵EPROMライターによるEPROM化、又は バッテリーによるスタティックRAM記憶保持方式 (但しバッテリーはオプション、約2年間保持)
位 置 教 示 手 段	ティーチングボックス(オプション) 又はパソコン
プ ロ グ ラ ム 作 成 手 段	パソコン
外 部 入 出 力	汎用入出力各8点(各16点タイプも用意) 汎用入出力同期信号(STB,BUSY,ACK,RDY) 専用入出力 なし (各3点付きも用意) なお、外部入出力用電源はユーザー用意のこと (DC12～24V)
イ ン タ フ ェ ー ス	パラレル(セントロニクス準拠) 各1 シリアル(RS-232C準拠)
非 常 停 止	コントローラ前面スイッチ、ティーチングボッ クス スイッチ及び後面端子台(B接点端子)に よる
ハ ン ド 制 御	電動ハンド、又はエアハンド(ACソレノイド使用)
ブ レ ー キ 制 御	J <sub>2</sub> 軸(ショルダ)、J <sub>3</sub> 軸(エルボ)にあり
電 源	AC100V、0.5kVA
周 囲 温 度	5℃から40℃
重 量	約23kgf
外 形 寸 法 (mm)	380(W)×331(D)×246(H)

注：\*MDI：Manual Data Input(数値データ入力)

ルームへの設置、学校・研究室・事務所などでの使用を考慮し、全  
体に柔らかなみのあるデザインにして親しみやすさを強調している。

(5) 寿命・信頼性の向上

アームの軽量化、部品点数の削減、機械加工精度の向上などによ  
り、寿命・信頼性の向上を図っている。

(6) 低価格

5自由度の垂直多関節ロボットとしては類をみない低価格を達成  
しており、ソフトウェア機能を含めたコストパフォーマンスは高く、  
ロボットが高価であるというイメージを払しょくして、手軽に購入  
できるようにしている。

2.3 構造・仕様

図 2 にマニピュレータの概略構造を示す。各軸とも、マニピュレ  
ータに内装されたDCモータ及びハーモニック減速機\* (小バックラ  
ッシの高減速比の弾性歯車を用いた変形遊星歯車機構) で減速駆動  
される。J<sub>2</sub>、J<sub>3</sub>、J<sub>4</sub>軸は、ロボットを小型化するためにタイミングベ  
ルトを使用しモータの位置を変えている。また、J<sub>3</sub>軸はアームを軽量  
化するために、減速機の出力軸からリンクを用い第2アームを駆動  
している。

表 1 に《ムーブマスターシリーズ》の各機種の仕様・特長を示す。  
また、表 2 にRV-M1 用ドライブユニット(コントローラ)の仕様  
を示す。

\* (株)ハーモニックドライブ システムズの商品名

3. ダイナミックス シミュレータ

3.1 ねらい

複雑な系を持つ多自由度のロボットの開発は、メカニズム、ハー  
ドウェア、ソフトウェアをバランス良く設計し、多数のパラメータ  
を適正化することが必要である。しかし、実情は静的モデルにおけ  
る各要素の強度や剛性、諸元値の計算程度までにとどまり、動的挙  
動の評価を事前に実施することはまれである。多くの場合、経験的  
な設計から試作評価を繰り返している。これは、図 3 に示すように、  
ロボットシステムが、軌道生成系、制御系、駆動・伝達系及びアーム  
運動系など、多くのサブシステムで構成され、またアーム運動を  
記述する運動方程式をとってみても、多軸になると極めて複雑にな  
り、手計算が困難なためである。こうした複雑な系では、計算機シ  
ミュレーションが有効である。RV-M1の開発にあたり、多くの厳  
しい設計仕様に対して、計算機上で試作評価を繰り返しながら、各  
要素の選定、パラメータの適正化を実施し、開発日程の短縮と目標  
設定した仕様値を達成するために、ロボット用ダイナミックス シ  
ミュレータを適用した。

3.2 特 長

当社では、ロボットを最適設計するための対話型ツールとして、  
ロボット用ダイナミックス シミュレータを開発している。シミュレ  
ータの主な解析手法は、静的にアームの挙動を扱う正変換と逆変換、  
及び機械システムの力学的挙動を扱うダイナミックスで構成されて  
いる。すなわち、単にロボットの動きを扱うだけでなく、ダイナミ  
ックスや制御を考慮し、ロボットの試作試験の繰り返しを計算機上  
で行うことを意図している。そして、このときのロボットの形状や  
解析した運動の評価を容易にするため、アニメーション表示機能  
を持たせている。開発したシミュレータの特長をまとめると以下の  
とおりである。

(1) 任意の形式のロボットに適用できる汎用性を持っている。



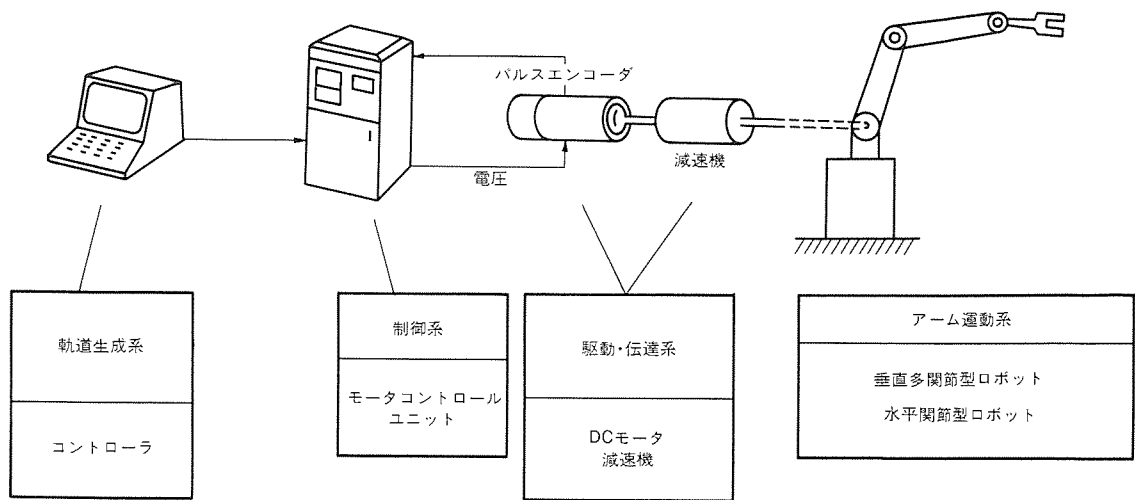


図 3. ロボットシステムの構成

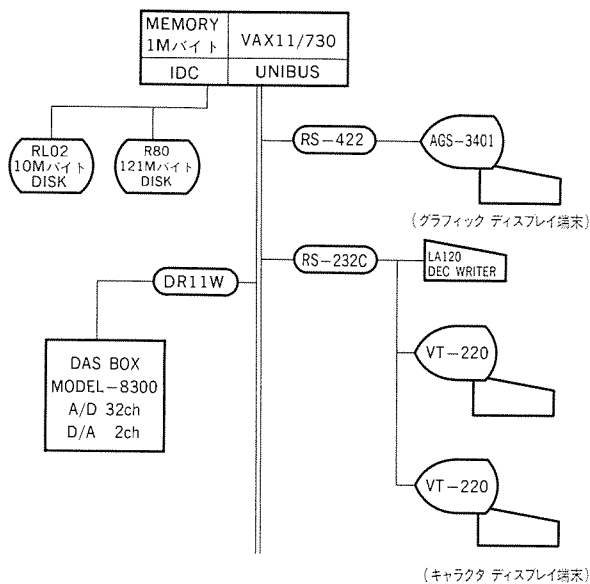


図 4. シミュレータのハードウェア構成

- (2) ロボットシステム全体の総合シミュレーションができる。
- (3) 解析・実験結果のアニメーション表示ができる。
- (4) アップル法(加速度エネルギーを用いた運動方程式を解く方法)によるダイナミックスの表現をしている。

### 3.3 ハードウェア構成

シミュレータのハードウェア構成を図 4 に示す。ホストコンピュータは VAX11/730 で、これに 1 M バイトの主記憶メモリ、121 M バイトのハードディスク、及び 10 M バイトのカートリッジディスクを備えている。グラフィック ディスプレイは、AGS-3401 で、これを用いてアニメーション表示を行う。表示の高速化を図るため、RS-422 を介してホストコンピュータと接続している。さらに、3 台の端末とユニバス DR-11W を介して A/D、D/A 変換ボードを備えた DAS-BOX を接続している。DAS-BOX は、開発中のロボットコントローラのデバッグ(コントローラの電圧の入力とロボットの運動アニメーションの出力)や実験データの取り込みに用いている。

### 3.4 ソフトウェア構成

シミュレータのプログラム構成を図 5 に示す。ロボット設計への利用の手順は以下のとおりである。

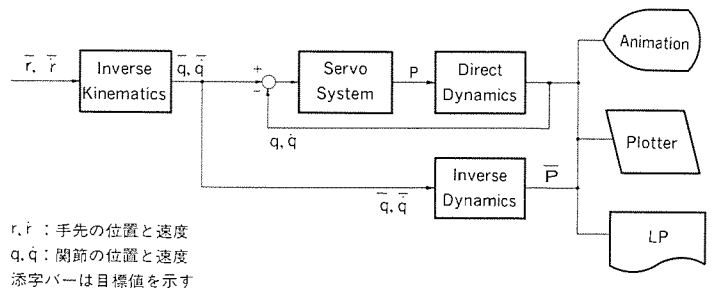


図 5. シミュレータのソフトウェア構成

ロボットの設計仕様値が、手先の可動範囲や最高速度で与えられる。これを Inverse Kinematics (逆変換) プログラムにより、関節の運動に変換する。その後、シミュレータの利用の流れは、以下の二つに大別される。

まず、Inverse Dynamics (逆動力学) プログラムによって、アームに所定の運動をさせるために必要な駆動モータの動力やトルクを求める。この値をもとに、モータや減速機を選定を行う。次いで、選定したモータや減速機の仕様、及びアーム諸元を入力し、Direct Dynamics (順動力学) プログラムを用いて制御系を含む総合的な運動シミュレーションを行い、ロボットの応答性や停止後の振動などを評価する。すなわち、ロボットシステムの計算機上での試作試験にあたる。解析した結果のアニメーションを見ながらパラメータを変更してシミュレーションを繰り返し、最適設計パラメータを求める。

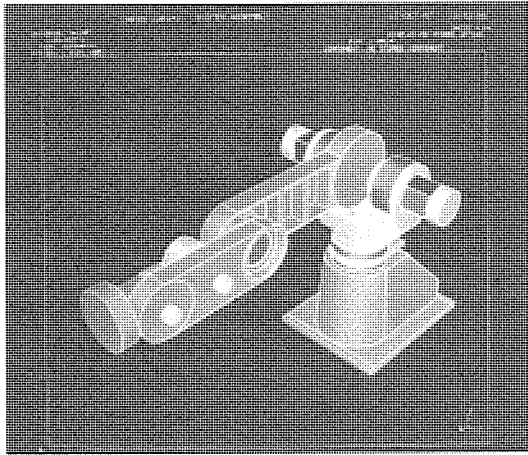
## 4. RV-M1 の開発シミュレーション

### 4.1 手順

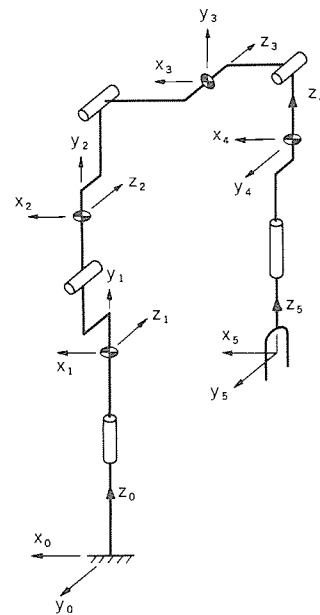
RV-M1 の開発及びダイナミックス シミュレーションの適用は、以下の手順で進めた。

- (1) モデル機の製作
- (2) モデル機による性能評価とシミュレーションとの比較
- (3) シミュレーションのパラメータスタディによる改良点の抽出
- (4) 上記の結果を生かした量産機設計とシミュレーション評価
- (5) 量産機の製作

ここでは、上記の(1)、(2)、(3)特に(2)、(3)を中心に述べる。



(a) “CAEDS”出力



(b) 力学モデル

図 6. モデル機の外観と力学モデル

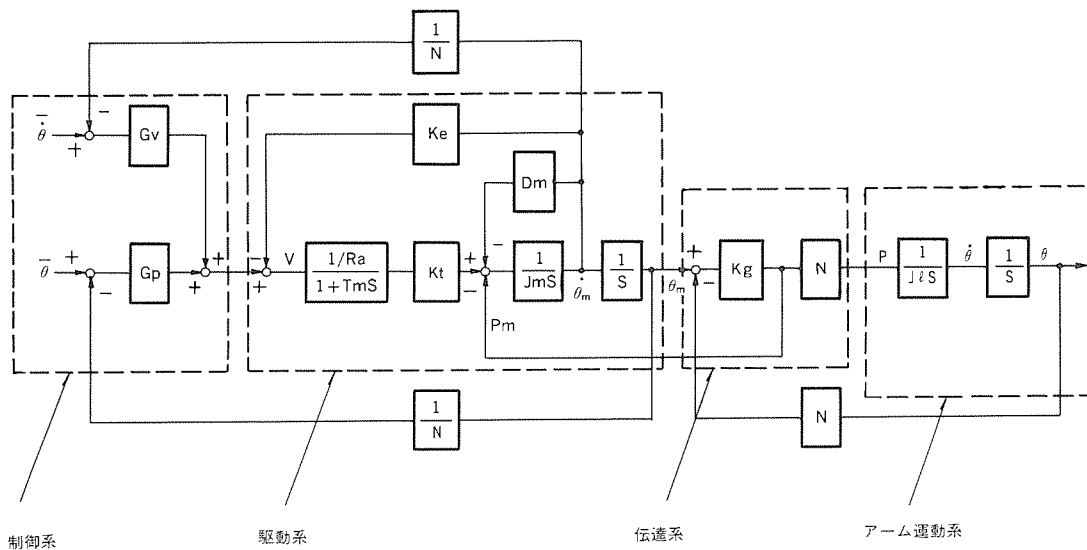


図 7. ロボットシステムのブロック線図

#### 4.2 モデル機の製作

設計仕様に基づきモデル機を製作する。モデル機の製作は、ロボットの基本メカニズム、コントローラを含むサブ系の基礎評価及びシミュレータ自身の評価と改良を目的としている。モデル機では、 $J_2$ 軸及び $J_3$ 軸はハーモニック減速機にモータを直結する構造とし、タイミングベルトは使用していない。また、アームの重力バランスをとるため、ねじりばねを $J_2$ 軸の関節部に内装している。図 6 にモデル機の外観 (図はIBM社の提供するCAEソフトウェア“CAEDS”の出力図) と力学モデルを示す。今回、マニピュレータの外観イメージをつかむとともに慣性モーメント等の諸元を求めるため“CAEDS”を利用した。“CAEDS”の解析モデルから、シミュレーションに必要なアーム形状にかかわる諸元である各リンクの質量、慣性モーメント、重心などを求めた。

シミュレーションでは、上記のアーム運動系諸元をはじめ、制御系、運動系、及び動力伝達系を含むロボットシステム全体の特性を考慮したアームの運動挙動を対象としている。このためのブロック

線図を図 7 に示す。

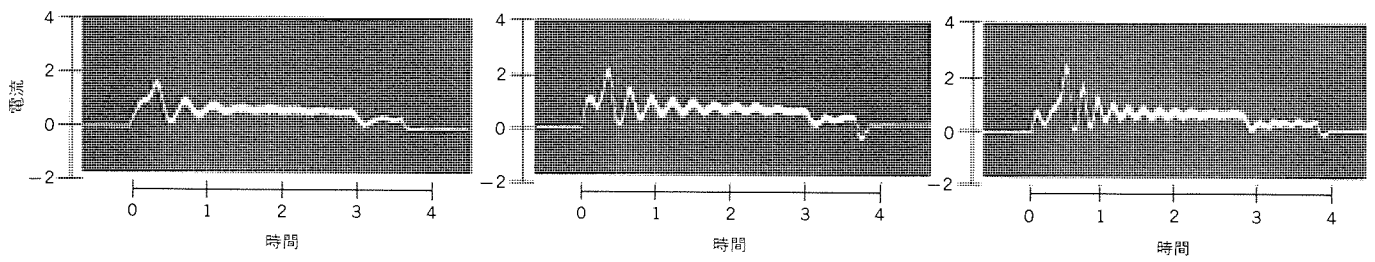
なお、実際のモデル機でも構造解析を含めて、設計段階でシミュレーションを行い、結果を反映させながら製作を進めている。

#### 4.3 モデル機評価とシミュレーションとの比較

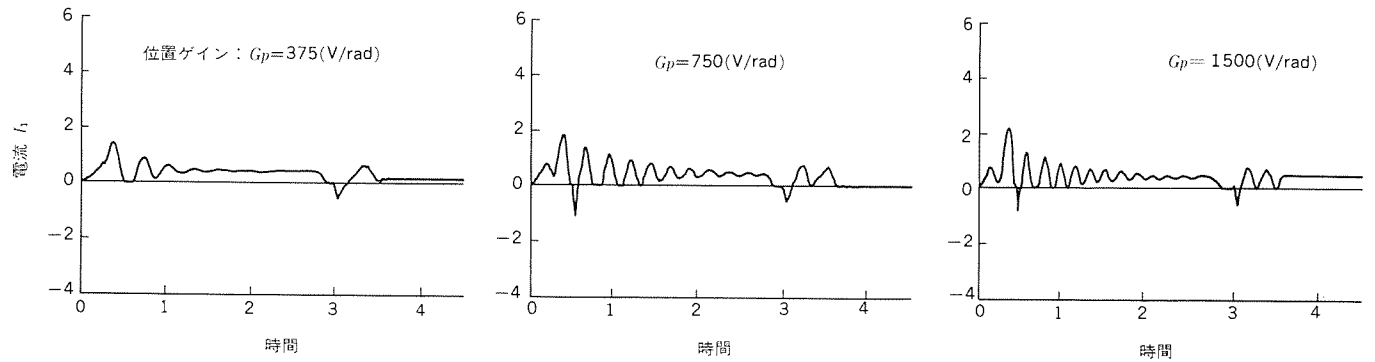
通常のシミュレーションでは線型の特性を仮定し、関節部の摩擦も無視している。しかし、これらの仮定の下でのシミュレーションでは、実際のロボットの挙動を定量的に予測することは困難である。モデル機の評価の結果、以下に示す非線型特性を考慮することにより、両者は定性的にも定量的にも極めてよく一致し、実際のロボットの挙動を忠実にシミュレートできることが明らかになった。

- (1) ドライブユニットの出力電圧の飽和
- (2) ドループ 1 パルス目のオフセット電圧
- (3) 関節部の摩擦トルク
- (4) ハーモニック減速機のトルク変位の非線型性

製作したモデル機の実験結果とシミュレーション結果を比較する。図 8 に示す運動パターンは、アームを伸長させた状態 (図 6 (a)) で

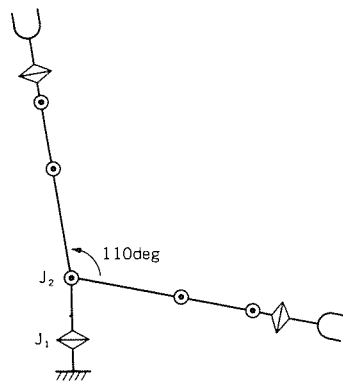


(a) 実験結果

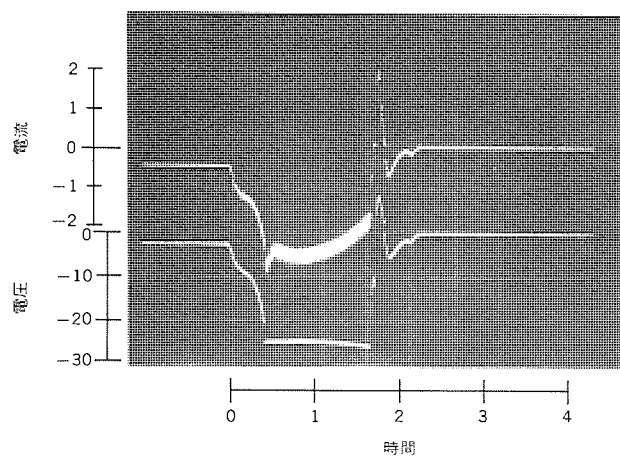
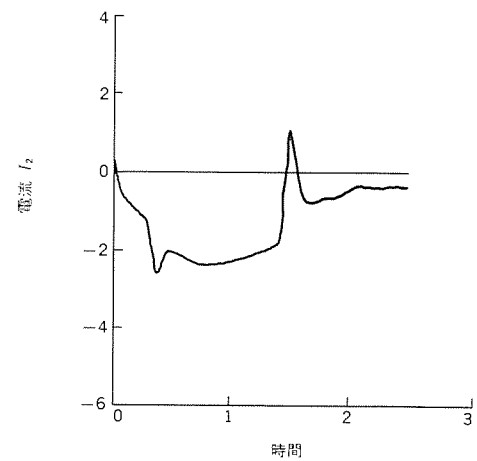


(b) シミュレーション結果

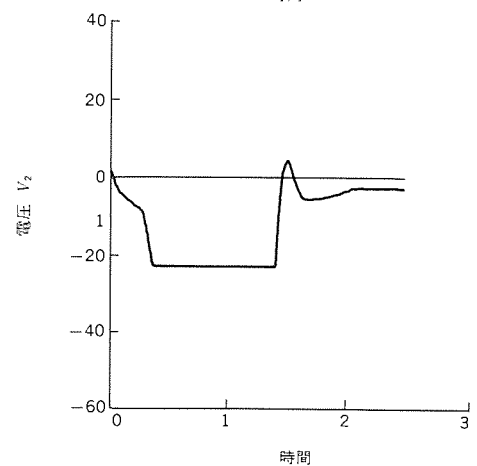
図 8.  $J_1$  軸旋回時の実験とシミュレーション (モデル機)



(a) 運転パターン

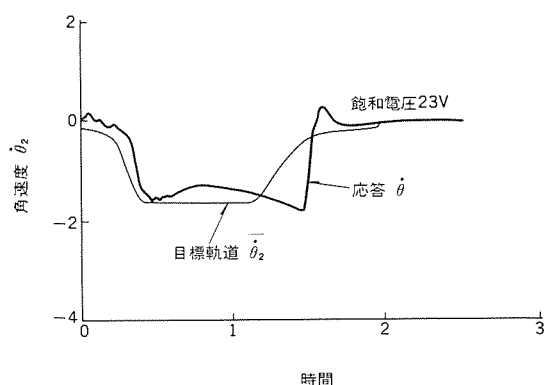


(b) 実験結果

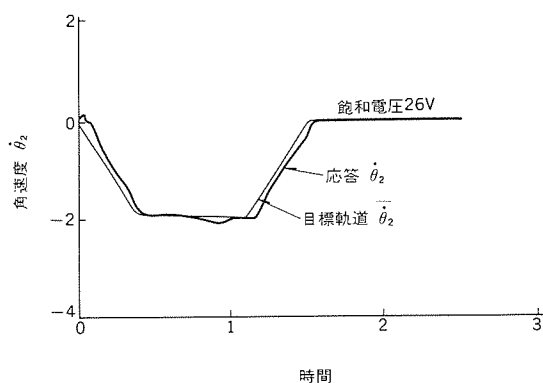


(c) シミュレーション結果

図 9.  $J_2$  軸振り上げ時の実験とシミュレーション (モデル機)



(a) 22W DCサーボモータ



(b) 30W DCサーボモータ

図10. 改良のためのパラメータスタディの例

$J_1$ 軸を150°回転させる運動である。このときの実験結果とシミュレーション結果を比較して図8に示す。位置ゲインが、375, 750, 1,500 (V/rad) の3とおりのパラメータについて両者を比較している。図から、①実験とシミュレーションがきわめてよく一致すること、及び②制御系の位置ゲインを小さくするほど残留振動が少なく、静定時間が短くなることが分かる。

#### 4.4 改良のためのパラメータスタディ

図9では同図(a)の運動パターンで示すように、 $J_2$ 軸を仕様値の最高速度で110°振り上げたときの実験結果とシミュレーション結果を比較している。実験とシミュレーションは、よく一致しており、停止前に電流・電圧の逆転現象が認められる。後述のように $J_2$ 軸の角速度にも、この逆転現象が発生し、停止前に不自然な振動が認められた。

この問題を解決するためにパラメータスタディを行った。解決策として、①加減速時間や加減速パターンの変更、②摩擦の減少、③ドライブユニットの飽和電圧の増大、④モータ容量の増大、⑤減速比の変更などについて検討した。

ここでは、これらの対策のうち、比較的效果が大きく、製品設計に採用したドライブユニットの飽和電圧とモータ容量の増大を行ったときのシミュレーションをモデル機のそれと比較して図10に示す。同図(a)がモデル機の目標速度と応答である。停止前に逆転現象が認められる。(b)は飽和電圧を3V上昇させて26Vにするとともに、モータ容量を30Wとしたときの結果である。この場合、逆行現象がなくなり、応答が大幅に改善されていることが分かる。

#### 4.5 量産機設計

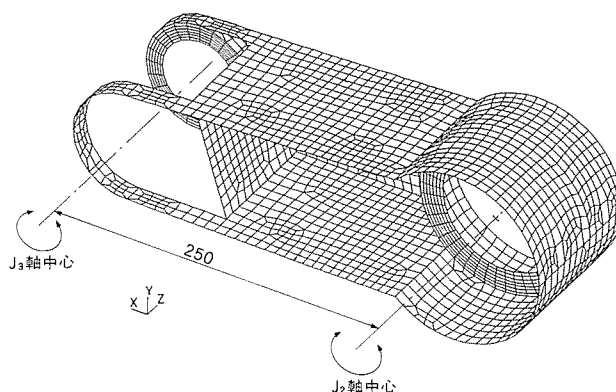


図11. アップアーム（第1アーム）の形状及び要素分割

量産機RV-M1設計にあたっては、モデル機のシミュレーションの結果から改良を加えた項目のほか、外観・性能・製造などの面でも多くの改善及び変更を盛り込んだ。モデル機との主な変更点は次のとおりである。

- (1) ドライブユニットのモータ飽和電圧を23Vから26Vにする。
- (2)  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$ 軸のモータ容量を22Wから30Wにする。
- (3) モータ容量の変更により、ばねによる重力補償が不要となったため、 $J_2$ 及び $J_3$ 軸用ねじりばねを廃止する。
- (4) 非通電時のアーム落下防止を確実にするため、 $J_2$ 及び $J_3$ 軸にはブレーキを内装する。
- (5) 外観を重視する観点から、 $J_2$ 及び $J_3$ 軸は、タイミングベルトを使用し、モータ位置を変更するとともに、アーム及びカバーは型成形とし、曲線形状部を多用する。

#### 4.6 量産機シミュレーションとアーム構造解析

量産機の基本設計が終了した時点で、再度シミュレーションを行い、改良点が十分反映されたか、また動作が設計予想どおりかなどの確認をした。アームなど主要部品は、構造解析ソフトウェア“NASTRAN”を使用し、徹底的な軽量化と剛性向上を図った。図11はアップアーム（第1アーム）の解析例であり、肉厚の決定、補強リブの位置などを検討している。

#### 4.7 量産機 RV-M1

ダイナミクス シミュレーションを適用し、最終的に得られた製品の的外観・特長・仕様は、2章で述べたとおりである。量産機の評価の結果では、極めて実機とシミュレーションが一致しており、設計目標どりの性能を量産機で獲得することができた。

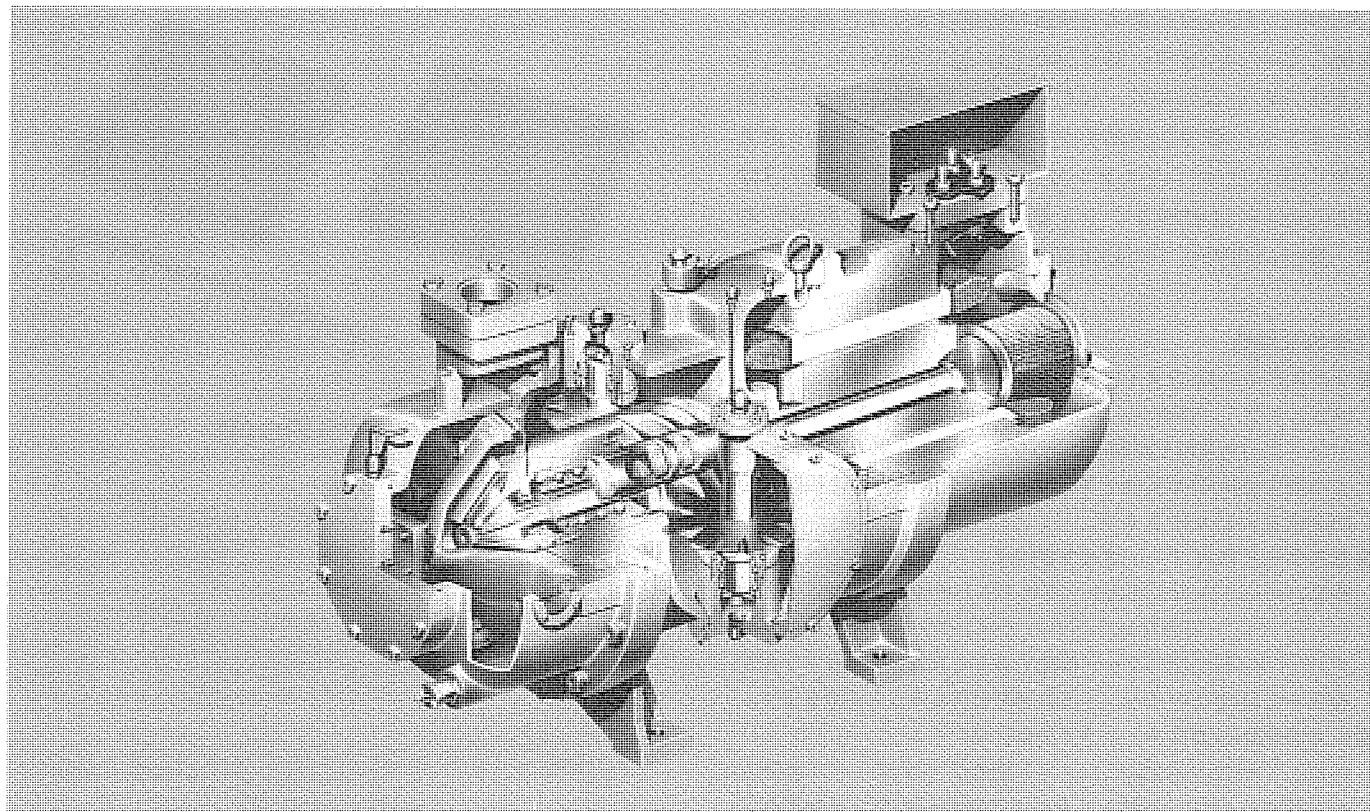
## 5. む す び

5自由度の小型垂直多関節型ロボットRV-M1の開発にあたり、基本設計の段階から、ダイナミクス シミュレータを使用し、各要素の選定・評価を行った。ダイナミクス シミュレータの使用は、ロボットの高機能化、性能の向上と短期間の開発に対して有効であった。今後、更に強まるロボットの機能・性能の向上、低価格化など厳しい要求に対して、シミュレータの改良を加えながら、ニーズにこたえた次世代のロボットを開発する予定である。

## 参 考 文 献

- (1) 増田ほか：日本ロボット学会誌，3，No.3，25（昭59）
- (2) 増田ほか：日本ロボット学会誌，4，No.1，9（昭60）

# スポットライト 三菱シングルスクリュー圧縮機



このたび三菱電機では、冷凍・空調分野で初めて液冷媒インジェクション方式を採用した半密閉形シングルスクリュー圧縮機CXシリーズ(30~75kW/5機種)を開発、製品化しました。冷媒圧縮機は、冷凍・空調機器の中で最もエネルギー消費が高く、心臓部であるため高効率、高信頼性が要求されます。このCXシリーズは、レシプロ圧縮機に比べて性能を向上させ、小形化、軽量化したほか、大幅な振動・騒音の低減を実現した全く新しい形式の冷媒圧縮機です。この高い性能、耐久性が認識され空調用途をはじめ電力業界では、地中埋設線の冷却設備に、食品業界でも冷却・冷凍・冷蔵装置として採用されています。

## 特長

- 従来形スクリュー圧縮機(油インジェクション)と比較してのメリット
- 油分離器・油冷却器・油ポンプなどの付属装置が一切不要
- 吐出ガス温度は凝縮圧力の飽和温度なので熱変形、潤滑油劣化がなく高凝縮温度の運転が可能
- レシプロ圧縮機と比較してのメリット
- 部品点数が少なく、吸込弁・吐出弁がないので耐久性に優れている
- 軸受を除けば金属接触がなく、メカロスが小さいので高効率

## 仕様

形 名		CX-13	CX-14	CX-15	CX-16	CX-17
形 式		半密閉形シングルスクリュー圧縮機				
回転数 (r.p.m)		2950/3540				
押しのけ量 (m³/hr)		131.9/158.2	159.7/191.7	187.6/225.2	241.2/289.4	295.5/354.6
法定冷凍トン		15.5/18.6	18.8/22.6	22.1/26.5	28.4/34.0	34.8/41.7
冷媒		R-22				
容量制御 (%)		100-60-20 (始動時のみ)				
インジェクション方式		冷媒液インジェクション				
エコノマイザー装置		遠心式気液分離器内蔵式				
電 動 機	形式	3相、2極誘導電動機				
	呼称出力 (kW)	30	37	45	60	75
	始動方式	A-△方式				
	周波数 (Hz)	50/60				
	電圧 (V)	200/220				
	絶縁方式	B種				
潤滑方式		差圧給油方式				
冷凍機油	種 類	スニソ 4GS				
	封入量 (ℓ)	3.0	3.5			
オイルヒータ (W)		100				
外形寸法	幅 (mm)	880	964	1000	1145	1145
	奥 行 (mm)	400	410	440	545	545
	高さ (mm)	536	536	566	636	636
製品重量 (kg)		350	415	450	600	630
保護装置	モータ巻線保護サーモ					
	吐出ガス過熱防止サーモ					
	油面レベルスイッチ					

# オリジナル16ビットマイクロコンピュータ

## スポットライト 《自動車エンジン制御用マイコン》

「自動車」「FA」など産業用機器の制御はますます高速かつ複雑になっています。M37790STJ/M37790SJは、これらの要求に応えるために、16ビット並列処理中央演算処理装置とタイマ/カウンタ系を中心とする強力なイベント出力制御に適したマイクロコンピュータです。M37790STJはM37790SJを自動車エンジン制御用に強化した製品であり、機能は同等ですが動作周囲温度が広がっています。

### 代表的な機能

#### ●リアルタイム出力タイマ — タイマA1～8

16ビットタイマ8本が、プリセット可能な4ビットシリアルイベント出力×8相を駆動します。ワンショット出力/連続波出力の動作選択等が可能です。またイベント出力の位相関係を制御することができます。

#### ●カスケードタイマ — タイマB1～4

外部クロック入力/外部トリガスタート可能な16ビットタイマが、プリセット可能な4ビットシリアルイベント出力を駆動します。タイマ2本をカスケード接続することにより、多重トリガが発生する環境下のイベント出力制御を行なうことができます。

#### ●入力信号計測タイマ — タイマC1～3

16ビットカウンタ3本がイベント回数/インターバル時間などを計測します。外部トリガによる計測～カウンタ初期化の連続的実行などの複合機能も備えています。

#### ●フリーランタイマ — タイマD

時間長をプリセット可能な定周期割り込みを発生する単機能タイマです。タスク切換などに使用します。

#### ●専用パルス幅変調器 — PWM1～3

周期可変の高速出力/周期固定の相補出力の動作選択が可能な専用パルス幅変調器です。いずれの場合も直流出力を行なうことができます。

#### ●A-D変換器

入力8チャンネル、10ビット分解能のアナログ-デジタル変換を行ないます。

M37790STJ/M37790SJは直接接続可能な大容量ASICメモリM6M72561-×××J(OTP-ROM32KB、RAM2KB、拡張ポート他をワンチップ集積)がサポートされています。M37790STJ/M37790SJ+M6M72561-×××Jはシステムの拡張性、システム部品点数の削減、C言語によるソフトウェア開発などの観点において多くのユーザーのニーズを満足することでしょう。

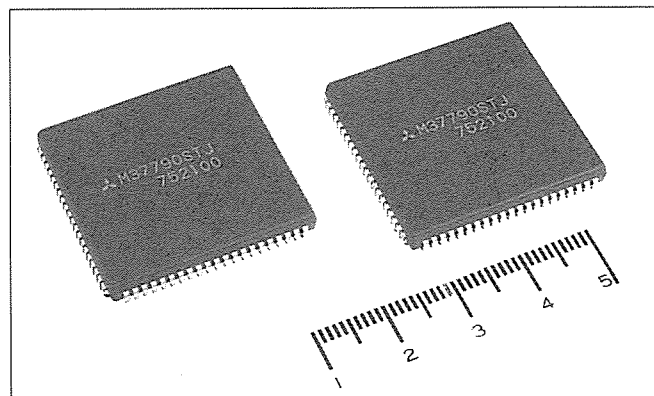
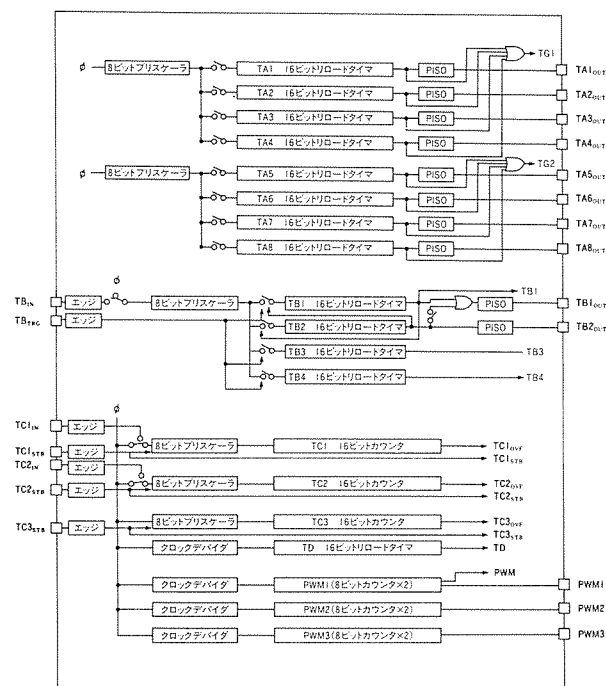
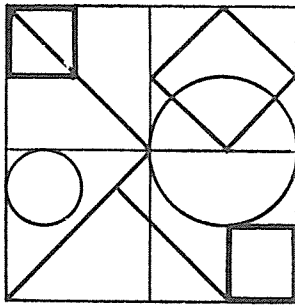


図1 M37790STJ/SJのタイマ系ブロック図



### 性能概要

項目	性能
基本命令数	103
命令実行時間	500ns (最短命令、クロック周波数8MHz)
メモリ	ROM/RAM外付け
入出力ポート	P4～P6 8ビット×3
	P3 4ビット×1
	P7 5ビット×1
アナログ入力ポート	P8 8ビット×1
16ビットタイマ	リアルタイム出力タイマ 16ビット×8
	カスケードタイマ 16ビット×4
	入力信号計測タイマ 16ビット×3
	フリーランタイマ 16ビット×1
PWM	8ビット×3
A-D変換器	10ビット×1(8チャンネル)
シリアルI/O	(UART、またはクロック同期形)×1
監視タイマ	12ビット×1
割り込み	20要因 マスク要因は各要因ごとにレベル0～7までの割り込み優先レベルが設定可能
クロック発生回路	内蔵(セラミック共振子、または水晶共振子外付け)
電源電圧	5V±10%
消費電力	TBD
動作周囲温度	M37790SJ -20～75℃
	M37790STJ -40～85℃
素子構造	CMOS高性能シリコンゲート
パッケージ	84ピンPLCC



# 特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

## 鎖錠装置 (特許 1237056号)

発明者 大井 正弘

この発明は、箱体の開口部に設けられた扉が“開”の状態ではハンドルを回転することができないようにし、ハンドルのかぎが抜けないように構成した鎖錠装置に関するものである。

すなわち、図1～図4に示すように、ハンドル軸(4)の端部に固着された板状の掛金(8)に、ハンドル軸(4)の回転範囲に対応した弧状の貫通孔(9)と、この貫通孔(9)の一方の端部に拡大貫通孔(10)を形成する。また、掛金(8)と扉(1)との間に設けられた嵌合装置(11)の嵌分部材(12)には掛金(8)の拡大貫通孔(10)にのみ嵌合され得る嵌合部(15)を設ける。さ

らに、箱体(2)内部に設けられた突起体(16)には嵌合部材(13)に当接し得るとともに拡大貫通孔(10)にのみ挿通し得る係合部(17)と、この係合部(17)に連設され弧状の貫通孔(9)に挿通され得る挿通部(18)を形成する。

以上のように構成されているため、扉(1)が開放状態にあるときは、嵌合装置(11)の嵌合部(15)が拡大貫通孔(10)に嵌合し、ハンドル軸(4)の回転が不能となり、ハンドル(3)の位置がGから回転することがなく、かぎ(7)を抜き取ることができない。

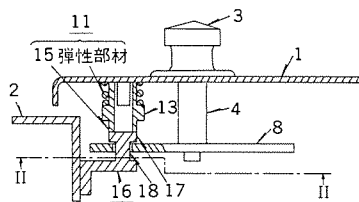


図1. (“閉”状態)

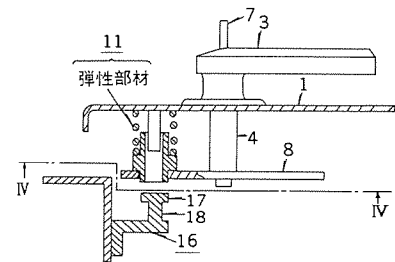


図3. (“開”状態)

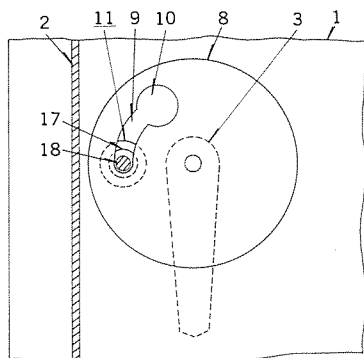


図2. (“閉”状態)

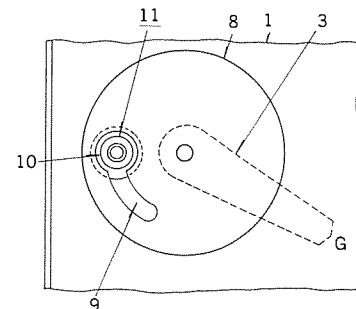


図4. (“開”状態)

## 電波吸収体 (登録実用新案 第1386190号)

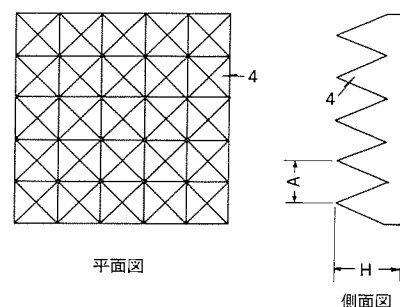
考案者 佐藤 実, 阿部 紘士

この考案は、マイクロ波帯、準ミリ波帯の電波吸収体の改良に関するものである。

すなわち、図に示すように、四角錐を同一平面に連続して多数配列した電波吸収体を、カーボン粉末を混合したエチレンプロピレンゴムを加熱加圧成形することにより形成した。そして、エチレンプロピレンゴムに対するカーボン粉末の含有量を、 $\tan \delta$ が0.25以上、比誘電率が10～20とし、良好な電波吸収特性を得るようにした。また、四角錐の高さHを使用周波数の波長の0.5～5倍、かつその配列の間隔Aを上記四角錐の高さHの0.2～1倍とし、電波吸収体の特性を損なうことなく軽量化を図った。

以上のような本考案の電波吸収体によれば、耐候性が良好で、屋外使用の場合でも長寿命を持ち、反射係数特性が超広帯域にわたり

良好である。また、軽量かつ可撓性が良好で、器物への取付が容易であるため、屋外使用のアンテナ及びレーダ装置の不要放射防止などに最適である。



平面図

側面図

## 接続端子 (登録実用新案 第1596737号)

考案者 山下 弘志

この考案は、例えば制御回路に接続される逆流防止用ダイオード、又はフライホイールダイオードなどの素子を備えた接続端子に関するものである。

すなわち、図に示すように上部を半開した絶縁筒(9)と、この前後端内に嵌挿された金属筒(8a)、(8b)から接続端子(7)を構成する。このような接続端子(7)にダイオード(1)を接続する場合、絶縁筒(9)の半開部から位置決め用突起(10)を案内としてダイオード(1)を挿入し、そのリードの一方をねじ締付舌部を備えた金属筒部(8a)に圧着し、また他方を金属筒部(8b)に圧着し、接続電線(4)と接続する。このため、従来に比べて本考案のものは端子台がなく、接続端子が接続用の圧着端子と端子台の機能を持ち、ダイオードを保持し、接続電線と一体となって接続される。特に、サージ防止等の目的で素子を回路に挿入する場合、必要とする回路の近くに、直接的に素子を挿入できるので、素子の機能を従来のものより十分に発揮することができる。

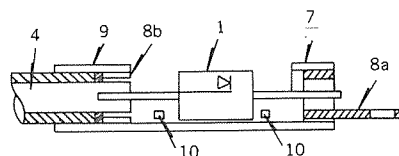


図1. (側断面図)

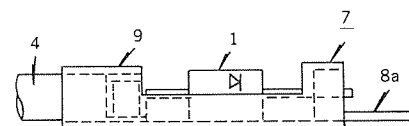


図2. (側面図)

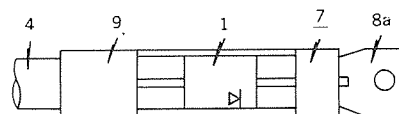


図3. (平面図)

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol. 62 No. 6 パワーエレクトロニクス特集

### 特集論文

- パワーエレクトロニクス特集に寄せて
- インバータ技術の歩みと最近の技術動向
- 高周波GTOシリーズの特性と応用
- 新シリーズコンパクト低騒音化CVCF《MELUPS-8400》
- アクティブフィルタとその応用
- オールデジタル汎用インバータFR-Zシリーズ
- 工作機用全デジタルインテリジェントサーボ及び主軸駆動
- ミシン駆動用ACサーボ装置《リミサーボX》
- アダプティブコントロールインバータ
- サイクロコンバータ誘導電動機駆動システム

### ●誘導加熱用電流型トランジスタインバータ

### 普通論文

- オーストラリア ニューサウスウェルズ州鉄道納め4象限チョップ制御電車用電機品
- 大画面高画質カラーテレビ“CZシリーズ”
- 換気扇自動運転シリーズ
- 高速リレーショナルデータベースマシンHDM
- “三菱マルチワークステーションM3300シリーズ”モデルM3307
- 1MビットCMOSスタティックRAM
- 空気吸込み式ロケットの推力解析

### 三菱電機技報編集委員

委員長	鶴田 敬二
委員	峯松 雅登
〃	目次 善孝
〃	堀切 賢治
〃	高橋 宏次
〃	村田 豪
〃	藤井 学
〃	郷 鉄夫
〃	高橋 誠一
〃	田中 輝一郎
〃	柳下 和夫
幹事	長崎 忠一
5月号特集担当	鈴木 正高
〃	沢井 善彦

### 三菱電機技報62巻5号

(無断転載を禁ず)

昭和63年5月22日 印刷  
昭和63年5月25日 発行

編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	東京都新宿区榎町7 大日本印刷株式会社
発行所	東京都港区新橋六丁目4番地9号(〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel.(03) 437局2338
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目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700円送料別(年間予約は送料共9,100円)



# 三菱ハンディイメージスキャナ スポットライト MHシリーズ



簡単な入力操作で、高速・高分解能。  
OAをはじめ、幅広い分野で活用できます。

## 特長

### ●読取り幅は、128mm、130mm、216mmのなかから選べます。

多様なニーズに対応でき、本格的なOAにも威力を発揮します。  
MH130A形は、ハンディタイプでは業界最大の400ドット/inch・130mmの読取り幅をもち、MH216A形なら一気にA4サイズ幅も読取れます。

### ●最高64階調の実現により、原稿に忠実な再現が可能です。

写真など中間調の原稿もクリアに読取れる64階調を実現しました。さらに濃淡調整ボリュームにより、濃い原稿から淡い原稿まで広い範囲での読取りが可能です。(MH130A形)

### ●操作しやすい、小形・軽量・コンパクト設計です。

読取りたい部分を見ながら手で走査するだけで、必要な情報だけを的確にとりだせ、イメージ情報の編集も簡単に行えます。

### ●高速読取りで、イメージ情報編集を対話処理で行えます。

128mm×200mmの原稿を約3秒(8ドット/mm)で読取れます。専用コントローラでパソコンやワープロに接続すれば、瞬時にディスプレイ表示でき、対話処理が可能になります。

### ●用途にあわせて、分解能を選べます。

全機種とも高分解能な密着イメージセンサを採用。MH130A形は200/400(ドット/inch)切替えも可能です。



## 仕様

機種名	MH128A形		MH130A形	MH216A形
項目				
読み取り方式	密着イメージセンサ			
読み取り幅(mm)	128	130	216	
副走査方向	左から右	上から下		
副走査 タイミング検知	ロータリーエンコーダ			
読み取り分解能	8 (ドット/mm)	200/400 (ドット/inch)	8 (ドット/mm)	
読み取り速度 (秒/200秒mm)	約3	約3(200ドット/inch) 約6(400ドット/inch)	約5.5	
階調	2値/16階調 (ディザ法)	2値/64階調 (ディザ法)	2値/16階調 (ディザ法)	
ドロップアウトカラー	赤色			
光源	LEDロッドアレー(赤)			
原稿紙質	新聞紙以上			
インタフェース	専用(シリアル転送)			
温湿度条件 (動作時)	10～35℃ 20～80%			
所要電源	+12V400mA + 5V300mA	+12V400mA + 5V300mA	+12V500mA + 5V300mA	
外形寸法 (mm)	45W×56H×178D	45W×56H×178D	45W×56H×262D	
重量 (g)	約400	約400	約600	
ケーブル長 (mm)	1.5m			