

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.58 No.2

デジタル通信特集

デジタル通信特集

目次

特集論文

- 三菱ローカルエリアネットワーク《MELNET R32》…………… 1
中塚茂雄・井手口哲夫・岡村 繁・矢野哲雄・新保泰夫
- 光スターネットワークによる電子メールシステム…………… 6
水野忠則・勝山光太郎・坂 一幸・伊東 尚・北山忠義
- キャプテン端末装置…………… 10
富田 悟・野沢俊治・伊藤正也・岩田修司・西川秀一・鷺尾捷平
- 《MELCOM-COSMOシリーズ》における新データ網(DDX)サポートシステム… 15
新沢 誠・瀬戸秀輝・嵯峨公一・吉田 稔
- 短・中距離用小形光デジタルリンク…………… 19
金城益夫・近藤澄夫・中村一郎

普通論文

- 高速大容量サイリスタモータ《MELDRIVE》…………… 23
柏野栄三・小鍛治 稔・村井幸雄・福盛 久・池見克二
- 低慣性誘導電動機の高速応答制御…………… 27
杉本英彦・玉井伸三・矢野昌雄・佐藤健二
- M4870大容量固定ディスク装置…………… 32
浜 敬三・坂井英明・藤田 隆・吉田茂正・佐藤 正
- 小形大容量固定ディスク装置用ヘッド位置決め機構…………… 37
山本 哲・船井 潔・標 博雄・山田伸二郎・湯田坂一利
- パターン方式文字多重放送受信用LSI…………… 41
小林 洋・須田眞二・柴崎 武・中尾佳生
- 高性能256KビットダイナミックMOS RAM…………… 46
藤島一康・尾崎英之・佐藤真一・長友正男・下西和博
- 原子力プラントにおける新形中央制御盤(ACR)《MEDIC-2000》…………… 50
谷 衛・高橋勝彦・榊田征也・阪上武温・南 秀行・小田橋正寿・須山 勉
- 業務用ゴルフ練習器GL-1000形…………… 56
小川幸治・堤 孝夫・安田佳則・田口博識

特許と新案…………… 61,62

ブロック伝送方式

たたみ込み巡回符号受信方式

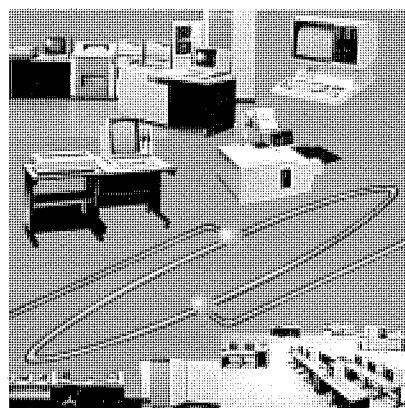
スポットライト

- テレビプリンタ内蔵カラーテレビ…………… 22
- スチームオープンレンジRO-3000…………… 60
- 三菱オフィスターミナルM5000…………… (表3)

表紙

三菱高速光リング形ローカルエリアネットワーク《MELNET R32》

《MELNET R32》は、光ファイバケーブルを利用した高速・大容量のリング形32Mビット/秒のローカルエリアネットワークであり、最大6144端末を接続できる汎用性の高い大規模交換形ネットワークである。オフィス、工場、研究施設など、種々の構内環境における多様な通信形態に柔軟に対応でき、信頼性、保守性、運用性の確保もされている。



アブストラクト

三菱ローカルエリアネットワーク《MELNET R32》

中塚茂雄・井手口哲夫・岡村 繁・矢野哲雄・新保泰夫

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P1～5

事業所における情報通信システムを高度化し、OA、FA、LA化を推進するために、データ、画像、音声などの情報メディアを統合して通信できる《MELNET R32》を開発した。

本稿では、このシステムの開発のねらいと特長、ネットワーク構成と機能、多重化と交換方式、交換サービス及び保守運転方式について述べる。更に、総合生産性の向上を図るために、当社の大規模工場において建設中の構内ネットワークについて紹介する。

短・中距離用小形光デジタルリンク

金城益夫・近藤澄夫・中村一郎

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P19～21

光デジタルリンクは、光ファイバを用いてデジタル信号を伝送するものである。今回、HICの採用により小形で低価格の光デジタルリンクを開発、製品化した。

ここでは、プラスチックファイバを用いて50mのデータ伝送を行うもの、石英ファイバを用いて5kmのデータ伝送を行うもの、この2種類の光デジタルリンクの構成、性能について述べる。

光スターネットワークによる電子メールシステム

水野忠則・勝山光太郎・坂 一幸・伊東 尚・北山忠義

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P6～9

オフィスオートメーション (OA) システムを構築するための基本技術であるローカルエリアネットワーク (LAN) として、光通信技術を活用し、中小規模のオフィスを対象とした光スターネットワークを開発した。このネットワークに、データ (パソコン) とイメージ (ファクシミリ) の両者を処理できる通信ソフトウェアを開発して、OAシステムの基本機能である電子メールを実現した。電子メールでは一般文書に加え、稟議文書の配信を可能としている。

高速大容量サイリスタモータ《MELDRIVE》

柏野栄三・小鍛治稔・村井幸雄・福盛 久・池見克二

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P23～26

高速大容量サイリスタモータは、高速大容量コンプレッサ、を高効率、高性能に可変速するために開発された。この装置は、最新のパワー／マイクロエレクトロニクス技術の採用と、高速大容量同期電動機に対する技術開発により実現したもので、従来の機械式駆動装置に比べ、高効率、保守点検が容易などの特長をもっている。

本稿では、高速大容量化するに当たり、設計上、新たに開発採用した技術を中心に、高速大容量サイリスタモータの概要を紹介する。

キャプテン 端末装置

富田 悟・野沢俊治・伊藤正也・岩田修司・西川秀一・鷲尾捷平

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P10～14

キャプテンシステムは、家庭用テレビ受像機と公衆電話網を結びつけて、文字や図形を伝達する新しい情報システムであり、情報センターと端末装置間の対話的な利用型態が特徴である。現在、東京都内を中心に実験サービスが行われているが、この実験サービス仕様に準拠した利用者端末装置を開発した。

本稿ではこの端末装置の概要を述べるとともに、複数の画面メモリを利用して情報検索をより効率的にする特長機能を紹介する。

低慣性誘導電動機の高速応答制御

杉本英彦・玉井伸三・矢野昌雄・佐藤健二

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P27～31

NC工作機械などのサーボシステムの高性能化・ブラシレス化に対応するため、低慣性誘導電動機及びその高速応答制御法を開発した。この論文では、3.7kW、2,000rpmのサーボモータとしては、従来の高級直流サーボモータをしのぐ7,600s⁻²のトルクイナーシャ比をもつ誘導電動機の構造、その誘導電動機を安定に高速応答制御するために開発した制御方式などについて述べる。この制御方式により、2,000rad/sの周波数応答をもつ速度制御系を実現できた。

《MELCOM-COSMOシリーズ》における新データ網(DDX) サポートシステム

新沢 誠・瀬戸秀輝・嵯峨公一・吉田 稔

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P15～18

計算機システムの利用形態として、従来、特定回線、公衆回線を用いてオンラインシステムを実現していた。一方、新データ網(DDX)の経済性、効率性及びサービス地域の拡大などにより、これを積極的に活用しようとする企業が最近増加している。

本稿では、《MELCOM-COSMOシリーズ》におけるDDXサポート方式とその特長、システム例について紹介する。

M4870大容量固定ディスク装置

浜 敬三・坂井英明・藤田 隆・吉田茂正・佐藤 正

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P32～36

中・大規模オフィスコンピュータ及びスーパーミニコンピュータなどの外部記憶装置として開発したM4870固定ディスク装置は、小形、高速・高精度位置決め(平均シーク時間20ms)、251Mバイトの大容量を実現している。本稿では2相サーボパターン方式とロータリアクチュエータによる高速・高精度位置決め技術、超軽量磁気ヘッドと高性能8インチ円板を採用した情報記録再生系による高記録密度実現技術などを中心にその概要を述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 19~21 (1984)

Small Digital Links for Short- and Medium-Range Optical-Fiber Transmission

by Masuo Kinjo, Sumio Kondo & Ichiro Nakamura

Optical digital links are used to transmit digital signals over an optical fiber. The hybrid integrated circuit (HIC) optical digital link developed and marketed by Mitsubishi Electric achieves small size and low cost. The description in the article includes the configuration and performance of two types of optical digital links for data transmission using a 50m plastic fiber and a 5km quartz fiber.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 1~5 (1984)

MELNET R32: A Local-Area Network

by Shigeo Nakatsuka, Tetsuo Ideguchi, Shigeru Okamura, Tetsuo Yano & Yasuo Shimpo

Mitsubishi Electric recently developed the MELNET R32 as an integrated information-communication system that handles both data and audiovisual material. This network enables greater sophistication in information-communication systems, and assists in the implementation of the automation of procedures in offices, factories, and laboratories. The article describes the development objectives and the resulting system, its features, the network configuration and capabilities, time-division multiplexing, the switching system, switching service, and the maintenance/operation system. The article also introduces a network currently being implemented in a large-scale Mitsubishi Electric works to improve overall productivity.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 23~26 (1984)

MELDRIVE Systems for Large-Capacity Converter-Fed Synchronous Motors

by Eizo Kashino, Minoru Kokaji, Yukio Murai, Hisashi Fukumori & Katsuji Ikemi

Mitsubishi MELDRIVE thyristor drive systems are intended for high-efficiency, high-performance variable-speed motor control typically with high-speed large-capacity compressors. Using the Corporation's latest power and microelectronic knowhow and the technology developed for high-speed, large-capacity synchronous motors, MELDRIVE thyristor control has important advantages over conventional mechanical drive systems in efficiency and simplified maintenance and inspection. The article introduces these systems, with special reference to the new technology adopted to meet the needs for higher speeds and larger capacities.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 6~9 (1984)

An Electronic Mail System Incorporated in an Optical Star Network

by Tadanori Mizuno, Kotaro Katsuyama, Kazuyuki Ban, Sho Ito & Tadayoshi Kitayama

An optical star network has been newly developed as a local area network (LAN) for small-to-medium-scale offices. The network uses optical-communications technology and provides the technological basis for office automation systems. It features communications software that processes data from personal computers and images from facsimile equipment, constituting an electronic mail system, one of the basic essential capabilities for office automation. The electronic mail system handles a variety of documents including intraoffice memorandums.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 27~31 (1984)

A Fast-Response System for Low-Inertia Induction Motors

by Hidehiko Sugimoto, Shinzo Tamai, Masao Yano & Kenji Sato

To meet the demand for high-performance brushless servo systems in numerically controlled machine tools, Mitsubishi Electric has developed a low-inertia induction motor and a corresponding fast-response control method. The 3.7kW, 2,000rpm servo motor provides a torque-inertia ratio of $7,600\text{s}^{-2}$, superior to conventional upgraded DC servo motors. The article introduces the construction of the motor and the control system, developed specially for stable, high-speed motor-response control, achieving a system frequency response of 2,000rad/s.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 10~14 (1984)

A CAPTAIN Terminal

by Satoru Tomita, Toshiharu Nozawa, Masaya Ito, Shuji Iwata, Shuichi Nishikawa & Shohei Washio

The CAPTAIN system is a new information system that displays graphics and characters on private TV sets transmitted over public telephone lines. The system enables each user to use a terminal to obtain interactively any desired information from an information center. A user terminal has been developed to meet the demand for the experimental services that are provided by the CAPTAIN system already implemented in Tokyo. The article introduces this user terminal and its capability to use multi-screen memories for improved information retrieval.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 32~36 (1984)

The M4870 Large-Capacity Fixed-Disk Drive

by Keizo Hama, Hideaki Sakai, Takashi Fujita, Shigemasa Yoshida & Tadashi Sato

The M4870 fixed-disk drive has been developed as a file memory for medium-to-large-scale office computers and super-minicomputers. This compact disk drive provides high-speed, high-precision head positioning (average seek time 20ms) and a large capacity of 251MB. The description in the article includes the quadrature servo system and rotary actuator for high-speed, high-precision head positioning, and high-density recording over the read/write channel using an ultralight magnetic head and advanced 8-inch Winchester disk.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 15~18 (1984)

A New Data-Network (DDX) Support System for the MELCOM-COSMO Series of Industrial Computers

by Makoto Shinzawa, Hideki Seto, Koichi Saga & Minoru Yoshida

Both nonswitched and switched lines have been used for conventional computer on-line systems. However, there is an increasing demand from many companies for improvements in the cost factor, efficiency, and service offered by the latest digital data exchanges (DDX). The article describes the DDX support system, features, and application examples for the MELCOM-COSMO series of industrial computers.

アブストラクト

小形大容量固定ディスク装置用ヘッド位置決め機構

山本 哲・船井 潔・標 博雄・山田伸二郎・湯田坂一利

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P37～40

小形大容量固定ディスク装置用のロータリアクセス方式ヘッド位置決め機構を開発した。本稿では、はじめに有限要素法による振動解析を行い、ハウジングの形状を最適化すれば、ヘッドの位置決め制御に影響を与える機械共振の数を削減できることを示す。次に、この結果をもとに3自由度の解析モデルを作り、第1次の共振周波数を上げるための検討を行い、その設計法を明らかにする。その結果、共振周波数が2kHz以上の位置決め機構を開発できた。

原子力プラントにおける新形中央制御盤(ACR)《MEDIC-2000》

谷 衛・高橋勝彦・柗田征也・阪上武温・南 秀行・小田橋正寿・須山 勉

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P50～55

原子力発電所は、大形化、複雑化に伴い、中央監視制御の規模も増大し、ますますプラント運転の信頼性、稼働率の向上及び運転員の負担軽減が要求されている。

これに対して、電力5社、三菱重工業(株)、三菱原子力工業(株)、三菱電機(株)が共同で、新形中央制御盤の研究開発を行い、所期の成果を得ることができた。ここに、人間工学的評価及びシミュレータによる実時間検証に焦点をあてて紹介する。

パターン方式文字多重放送受信用LSI

小林 洋・須田眞二・柴崎 武・中尾佳生

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P41～45

我が国における文字多重放送は、昭和47年度から審議が進められ、昭和57年3月に「文字放送(パターン伝送方式)」の最終答申がなされ、昭和58年10月からNHKで実用化放送が開始された。この文字多重放送の実用化に先んじて、当社ではソニー(株)と共同で、文字多重放送受信システムのLSI化に着手し、システムの中心部をなすデータ処理用LSI M50145SPと表示制御用LSI M50146SPの開発及び量産化に成功した。

業務用ゴルフ練習器GL-1000形

小川幸治・堤 孝夫・安田佳則・田口博識

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P56～59

昭和57年3月に発売して好評を博している家庭用ゴルフ練習器GL-500形の高級モデルとして開発した業務用ゴルフ練習器GL-1000形のソフト、ハードについて述べる。本機は、クラブデータのほか、赤外線を用いてボールデータも測定できる最高級モデルで、主用途は、ゴルフショップ、ゴルフ練習場、プロゴルファーなどを対象としているものである。

高性能256KビットダイナミックMOS RAM

藤島一康・尾崎英之・佐藤真一・長友正男・下西和博

三菱電機技報 Vol.58・No.2・P46～49

当社が開発を進めてきた256KダイナミックRAMを紹介する。このメモリは、ポリサイド(ポリSi+MoSi₂)をワード線、アルミをビット線に用いた折返しビット線構成を採用している。ページモード機能付きとニブルモード機能付きがアルミ工程で切り換えられる構成になっており、4行4列のレーザ方式の冗長ビットをもっている。そして、40nsのCASアクセスタイムと、20nsのニブルアクセスタイムが実現されている。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 50~55 (1984)

An Advanced Control Room for Nuclear-Power Plants

by Mamoru Tani, Katsuhiko Takahashi, Masuda Yukiya, Takeharu Sakaue, Hideyuki Minami, Shoju Odahashi & Tsutomu Suyama

Larger-scale, more sophisticated nuclear-power plants have increased the scale of the associated central monitoring and control equipment, and call for higher reliability and availability of plant operations, as well as easier operation.

Five electric-power companies, Mitsubishi Heavy Industries, Mitsubishi Atomic Power Industry, and Mitsubishi Electric have successfully researched and developed an advanced control room for nuclear-power plants. The article introduces the control room, especially from the viewpoint of human-engineering evaluation and real-time validation by a simulator.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 37~40 (1984)

A Head Positioner for Large-Capacity Fixed-Disk Drives

by Tetsu Yamamoto, Kiyoshi Funai, Hiroo Shimegi, Shinjiro Yamada & Kazutoshi Yudasaka

Mitsubishi Electric has developed a rotary head positioner for compact, large-capacity fixed-disk drives. The article first mentions the use of vibration analysis by the finite-element method to optimize the drive-housing shape so as to reduce the mechanical resonances that influence head-positioning control. The article also describes an analysis model with three degrees of freedom completed as a result of the analysis, the improvement in resonance frequency, and a practical design for the positioner. This novel head positioner provides a resonance frequency above 2kHz.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 56~59 (1984)

The Model GL-1000 Golf Trainer for Commercial Use

by Koji Ogawa, Takao Tsutsumi, Yoshinori Yasuda & Hiroaki Taguchi

Model GL-1000 is a commercial version of the Model GL-500 which has been widely accepted as a home golf trainer since sales began in March 1982. The GL-1000 can provide club data and measure ball data using infrared rays. The GL-1000 is intended for use in golf shops and golf-practice grounds, as well as by professional golfers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 41~45 (1984)

LSIs for Japanese Teletext by Pattern Format

by Hiroshi Kobayashi, Shinji Suda, Takeshi Shibasaki & Yoshio Nakao

Deliberations on a Japanese teletext system began in 1972. The final report on the pattern format was submitted in March 1982 and experimental teletext broadcasting services have been operated by NHK (Japan Broadcasting Corporation) since October 1983 to establish a practical system.

Before the experimental broadcasting service began, Sony Corporation and Mitsubishi Electric started joint development of LSIs for the teletext system, and succeeded in developing and mass-producing two types: the M50145SP data-acquisition processor, for performing a central function of the system, and the M50146SP display controller.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 2, pp. 46~49 (1984)

A High-Performance 256K-Bit Dynamic MOS RAM

by Kazuyasu Fujishima, Hideyuki Ozaki, Shin'ichi Sato, Masao Nagatomo & Kazuhiro Shimotori

The article introduces the Mitsubishi 256K-bit dynamic RAM. This new memory has word wires made from polycide (polysilicon + molybdenum disulfide) and aluminum bit wires, forming a folded bit-wire configuration. The memory allows selection from page-mode and nibble-mode capabilities, thanks to the aluminum process, and provides laser-system redundancy bits in 4 rows \times 4 columns. This dynamic MOS RAM provides a CAS access time of 40ns and a nibble access time of 20ns.

三菱ローカルエリアネットワーク《MELNET R32》

中 塚 茂 雄*・井 手 口 哲 夫*・岡 村 繁**・矢 野 哲 雄**・新 保 泰 夫***

1. ま え が き

OA 化、FA 化の進展に伴い、複雑化、大量化する構内における情報処理と通信を統合化し、業務の効率向上を図ることが要求されている。このため、分散した計算機や端末を有機的に結合するローカルエリアネットワーク(LAN)が注目されている。

当社は、これまでプロセス制御用データウェイ《MDWS シリーズ》〔1〕、及びローカル計算機ネットワーク《MELCOM LOOP シリーズ》〔2〕の開発を通じて、LAN の基礎技術を培ってきた。

我々は、社内のある大規模工場内の、オフィス及び製造現場における活動と情報処理の現状と将来を分析し、更に先に述べた動向と技術の進展を踏まえて、今後の OA 化、FA 化推進における基盤構造となり得る LAN の検討と開発を進めてきた。その成果に基づき、小規模ネットワークから階層構成の大規模ネットワークまで、用途、規模に応じたシステム構成が可能な《MELNET シリーズ》を提供する。

本稿では、《MELNET シリーズ》開発のねらい、及びこのシリーズの最上位機種として開発した《MELNET R 32》の構成と方式について説明し、更に工場、オフィスにおける総合生産性の向上を図るために、当社の大規模工場に建設中の構内総合情報システムについて紹介する。

2. 開発のねらい

従来、事務部門、技術部門及び製造部門などのオンライン情報処理化においては、それぞれ個別にシステムが導入され各システム対応に端末の設置、運用管理、回線の布設などが行われたために、システムの異なる端末相互間の通信や、ソフトウェアなどの資源共有ができなかった。また、OA や FA の実現を目指して、事務部門や設計部門における定型的業務の効率化、意思決定あるいは創造的業務の支援、若しくは製造部門における生産ラインの FMS (フレキシブルマニュファクチャリングシステム) 化などによる総合生産性の向上が重要な課題となっている。

そのために、現状の構内ネットワークの延長でシステムの拡大を図ると通信コストの増大とネットワークの複雑化を招くだけでなく、各種のメディアを含む新しい情報通信ニーズに対応できないことから、次の要件を満足する LAN が必要とされる。

- ・任意の各種情報機器間で双方向の通信が可能である。
- ・データ端末と非データ端末 (FAX などの画像、電話) が同一伝送路上で通信が可能である。
- ・情報量の増加に対処でき、高速・大容量伝送が可能である。
- ・柔軟性、拡張性に富み、かつ経済性、運用性が優れている。

《MELNET シリーズ》は、以上のような問題点を解決し、要求を満足するために、デジタル通信技術及び交換技術に基づいた交換形の情報ネットワークにより、OA、FA における情報の多様化、通信処理の高度化に対応できる通信機能を提供する。この《MELNET シリーズ》は、図 1. の構成概念図に示すように、高速リングである《ME

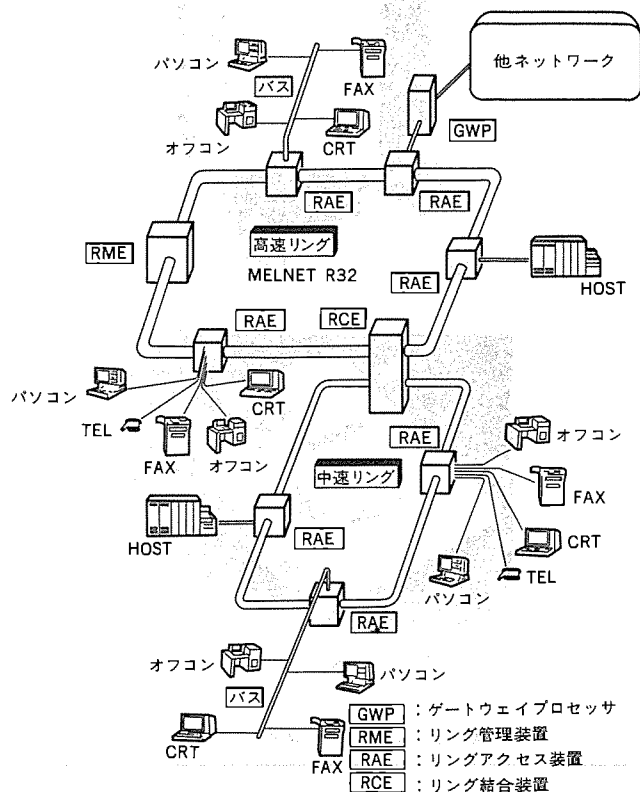


図 1. 《MELNET シリーズ》によるローカルエリアネットワークの構成概念

NET R 32》、中速リング及び低速バスから構成され、事業所の規模・設置条件に最適なネットワーク形態を選択できる。

次に《MELNET シリーズ》の主な特長を述べる。

- (1) 高速リング、中速リング、バスからなる階層ネットワークにより、利用者のシステム規模に適した小規模システムから大規模システムまでの拡張性をもつ。
- (2) 回線交換とパケット交換を同一伝送路上に収容する複合交換方式により、接続する端末のトラフィック特性及びインタフェース条件などに適合した回線交換、あるいはパケット交換サービスを選択できるため、ネットワークの効率的利用ができる。
- (3) データ通信、音声通信、静止画像通信の統合化により、計算機、電話、ファクシミリなど各種メディアの端末を LAN に接続できる。

3. 《MELNET R 32》の構成機器

《MELNET R 32》の主な構成機器とその機能は、次のとおりである。

(1) リング管理装置 RME

RME は、ネットワークの運転管理と保守機能、及び RAE 相互間の中継交換処理機能をもっており、回線交換において、最大 6,144 台の端末が接続されたネットワークを集中管理することができる《MELNET R 32》の中央装置である。

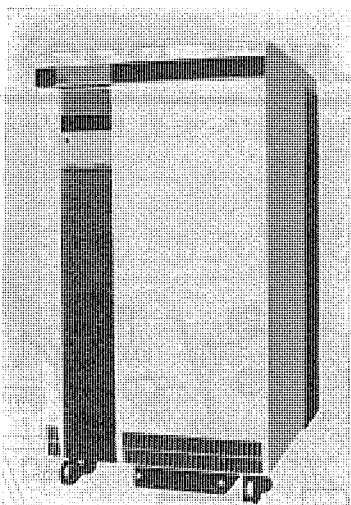


図 2. リングアクセス 装置 RAE3

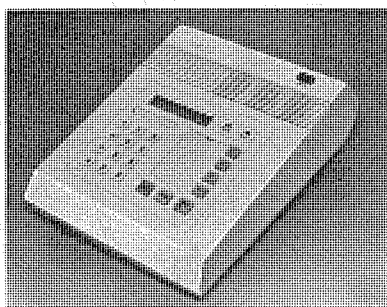


図 3. 端末 アダプタ TA

表 1. 《MELNET R 32》の仕様

項 目	諸 元
伝 送 媒 体	光ファイバ (石英ガラス系 GI 形)
伝 送 速 度	32.064 Mb/s
交 換 方 式	回線交換 (TDMA/DA) パケット交換 (トークン・バッシング)
変 調 方 式	ベースバンド/光強度変調
ノード間距離	最大 2 km
リング総延長	最大 128 km
ノード数	最大 64
1ノード当り接続可能端末数	最大 96 (回線交換) 最大 32 (パケット交換)
ネットワーク全体接続可能端末数	最大 6,144 (回線交換) 最大 2,048 (パケット交換)
端 末 イン タ フ ェ ース	汎用端末インタフェース 0.3~48 Kb/s V シリーズ V. 24, V. 35 X シリーズ X. 20, X. 21 高速端末インタフェース 1.5M/6.3 Mb/s 音声インタフェース 0.3~3.4 kHz
広域ネットワークとの接続	GWP (ゲートウェイプロセッサ) による
送 れ る 情 報 の 種 類	データ, 画像 (FAX を含む), 音声

(2) リングアクセス 装置 RAE3 (図 2.)

RAE3 は、96 台までの端末を回線交換で LAN に接続することができ、ダイヤル 信号制御機能と時分割多重通話路 スイッチ により、LAN 内の端末相互の交換接続を行う。

(3) 端末 アダプタ TA (図 3.)

端末と リングアクセス 装置間に設けられる アダプタ であり、ダイヤル 機能、自動着信機能をもつ。自動ダイヤル 機能のない端末のために、テンキーによる手動ダイヤル と、加入者があらかじめ相手番号を登録しておき、1 回の キー 操作で呼出しができるワンタッチダイヤルの機能を備えている。また、計算機を LAN に接続するために、集合形端末アダプタを提供する。

なお、《MELNET R 32》と中速リングとを接続するには、リング結合装置 RCE を用いる。《MELNET R 32》の主な仕様を表 1. に示す。

4. 多重化と交換方式

4.1 多重化方式

データ、静止画、音声などメディアの異なる通信を統合化し、また今後の通信量増大に対処するために、32.064 Mb/s (メガビット/秒) の光ファイバ伝送系を用い、この上に図 4. に示す多重化方式を採用した。このフレーム内の通信スロット (64 Kb/s) を基本として、低速非同期端末から高速同期端末、画像及び音声端末までを収容できる。

4.2 回線交換方式

回線交換機能は、ダイヤル 接続の手順により、エンドツウエンドに物理リンクとしてのデジタル伝送路を設定するものである。その接続完了後は、情報の内容及び形式に制約されることのない通信を端末間で行うことができるため、メディアの異なる情報の多元接続が可能である。また、既に各種の伝送制御手順、符号形式による端末を用いたシステムが存在している場合には、これらを LAN に容易に収容できる回線交換機能が必ず (須) である。

回線交換における情報の流れを、図 5. を用いて説明する。リングアクセス装置 RAE3 には、複数の加入者線が収容されており、同一 RAE3 内にある端末間の交換接続は、内蔵する時分割多重通話路スイッチ SPM 内でローカルに行われる。一方、異なる RAE3 に所属する端末相互間の交換 (中継交換と呼ぶ) では、この SPM とスロットアクセス部 SA により、高速リングを介して呼接続が行われる。この RME と RAE3 間の呼制御情報の受け渡しは、接続制御用スロット

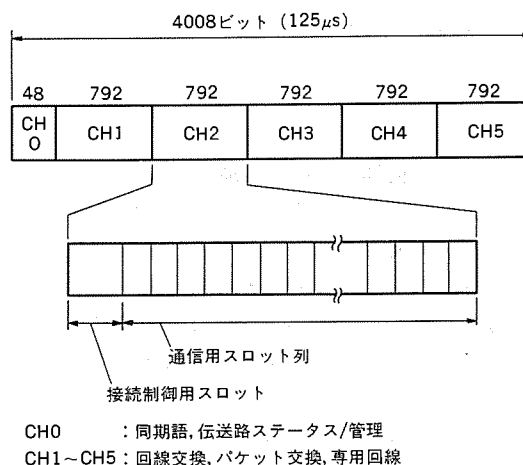


図 4. 高速リングの多重化信号形式

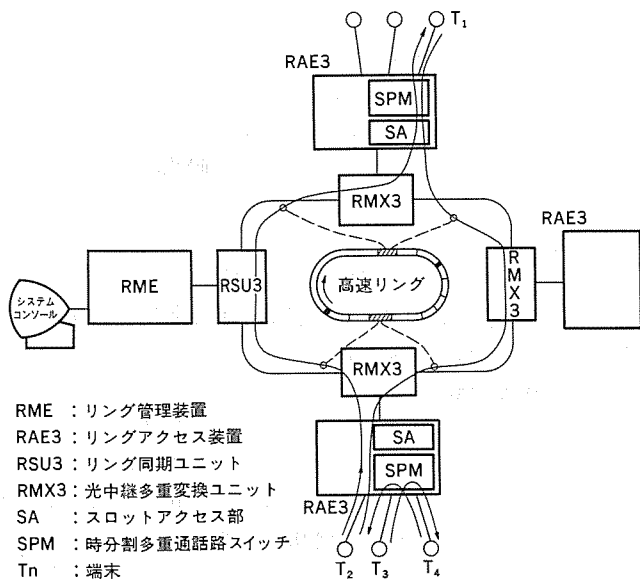


図 5. 回線交換における信号の流れ

トにより行われる。

このように、交換の時分割多重スイッチ機能と通信スロットのアクセス機能、同一RAE3内にある端末間の交換機能を各RAE3にもたせ、通信スロットの割当て、中継交換管理機能、ネットワークの運転管理機能をRMEに設ける分散形交換方式を採用することによって、システムの性能向上、局所障害時のアベイラビリティ向上を図っている。

4.3 パケット交換

パケット交換は、TSS 端末などの平均トラフィック量は少ないが、保留時間の長い多数の端末を共通の伝送路を使用して、相互接続するのに適している。《MELNET R 32》では、回線交換とパケット交換の混在を可能にして、回線交換のサービスを低下させることなく、更に多くの端末を接続することができる。このパケット交換形の端末は、今後増加してくるものと思われる。

パケット交換サービスでは、フレーム中の単一又は複数のチャネルを用いて、トークンパッシング法によるアクセスを行う。そのデータリンクコントロールは、IEEE プロジェクト 802 で審議中のプロトコルに準拠した分散制御方式を採用している。

5. 交換処理と保守・運転管理

5.1 交換処理

交換処理は、RAE3 による局内交換と RME による中継交換を可能とする分散交換方式に基づいており、その機能は図 6. に示す階層構造で表される。このシステムでは、分散交換のための制御信号方式は CCITT 勧告の共通線信号方式に準拠している。

《MELNET》が提供する交換サービスには、代表番号接続、短縮番号、ダイレクトコール、接続状況表示、相手通知、特別番号などの機能があり、表 2. にその機能

概要を示す。

このシステムに接続される加入者端末を識別するための加入者番号は、回線交換サービスにおいては標準 4 けたであり、物理位置に依存しない論理的な番号体系となっている。したがって、端末の移動

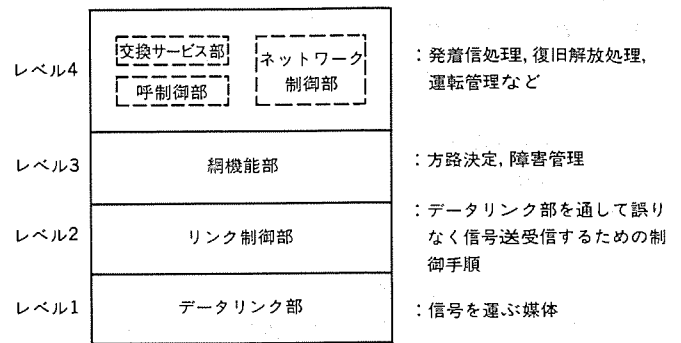


図 6. 交換処理の階層構造

表 2. 交換サービス

主要項目	機能概要
代表番号接続	複数の加入者線に対して一つの代表番号を定め、その内の話中でない加入者線に自動的に接続する。
短縮番号	あらかじめ登録された 2 けたの番号により相手側と接続する。システム固有の固定短縮番号と各加入者端末ごとの可変短縮番号がある。
ダイレクトコール	ダイヤリングすることなく発呼するのみで、あらかじめ登録している相手と接続する。
相手通知	接続時、相手端末の加入者番号を通知する。
特別番号	特別な役割りを担っている部所を、通常より短い番号で呼び出す。例えば、保安警備 (110 番)

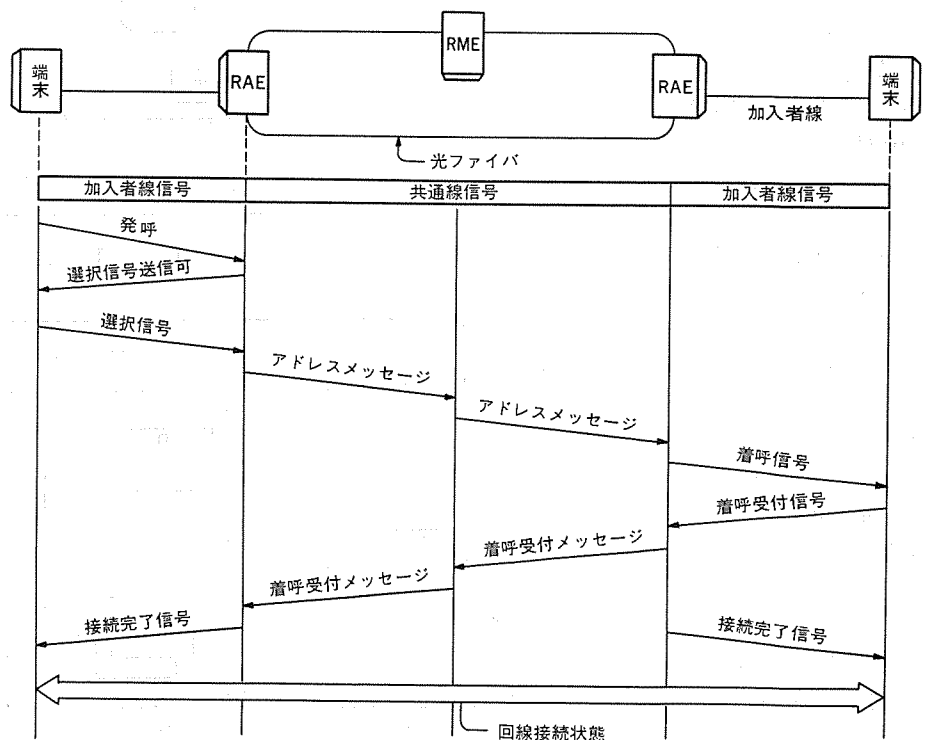


図 7. 回線交換の接続シーケンス

によってその端末の加入者番号を必ずしも変更する必要はなく、今までの番号を使用することができる。実際には、加入者番号を RME 又は RAE3 における呼処理過程で端末の位置を示す物理アドレスに変換する。図 7. に RME を経由する回線交換の接続シーケンス例を示す。

5.2 保守・運転管理

この交換システムを正常に運用するために、次に示す管理機能がある。

(1) 運転状態管理

全系及び各 RAE3 の運転状態（交換可／交換不可、呼の有無など）の監視と制御を行う。

(2) リング伝送路系の管理と RAS 機能

RME は、リング伝送路系の状況及び状態変化の監視制御を行い、リング伝送路の障害又は RAE3 の障害発生時、リング伝送路の二重化構成により待機系への切替、バイパス、ループバックなどの縮退を自動的にを行い、交換処理を継続する。

(3) ネットワーク管理

交換処理を遂行する上で必要な共通線信号リンク、加入者線、通信スロットなどのネットワーク資源の動作状態の管理を行う。

(4) 保守サービス

システム管理者は、LAN の利用状況の管理、加入者情報の管理、システムデータベースの管理、ネットワークの診断などを、RME のコンソールから集中して行うことができる。

6. 《MELNET》による構内総合情報システムの実現

当社では、大規模工場における総合生産性の向上を目指して、《MELNET シリーズ》を中心とした構内総合情報システムを構築中である。このシステムの目的は、情報処理と通信が融合一体化した新しい情報システムを構築することにより、事務部門・設計部門・生産部門などにおける業務の効率化と統合化を図り、高生産性を実現してゆくことである。

6.1 構内総合情報システムの構想

システムの概念図を図 8. に示す。

(1) LAN による各種機器及び情報資源の有効利用

構内各所に配置された端末機・ローカルプロセッサあるいは大形計算機間が自由に通信できるため、端末機や計算機の有効活用が図れ、例えば CAD 情報と生産管理情報をシステム間で相互利用することが容易となる。

(2) 電子メールシステム

パソコンやワードプロセッサで作成した文書や伝票をリアルタイムに伝達するために、電子メール装置として LAN に OA プロセッサを接続することにより、

情報伝達の迅速化・省力化を図る。

(3) 図面・技術資料保管検索システム

図面や技術資料をイメージデータにより、オンライン入力して保管システムの電子ファイルに蓄積しておき、設計部門、現場端末からオンライン検索、コピーの要求を行うことにより、検索の即時化、保管の省スペース化を図る。

(4) 広域ネットワークとの結合

ゲートウェイプロセッサを介して DDX などの広域ネットワークと接続し、LAN 内の情報機器と、顧客、金融機関、関連会社及び他事業所の計算機、端末との通信を可能とする。

6.2 大規模構内ネットワーク

当社伊丹地区では、《MELNET R32》により 2 製作所（伊丹製作所、通信機製作所）4 研究所（中央研究所、応用機器研究所、生産技術研究所、材料研究所）を結ぶ LAN を建設中であり、昭和 59 年 4 月からサービスを開始する。図 9. に概要図を示す。

当ネットワークでは、構内総合情報システムの実現を目指して今後種々の新システムを展開してゆく。ここでは、代表的な二例を紹介する。

(1) 電子伝票システム

OA プロセッサ《MELCOM 80 モデル 500》とパソコンとを LAN に接続して、その電子メール機能を利用することにより、次の機能を持つ電子伝票システムを実現する。

(a) 伝票の作成編集

伝票種別に対応した形式がパソコン画面に表示され、利用者が必要項目を入力する。この際、生産管理用計算機にあらかじめ登録されている情報を伝票上へ自動表示したり、入力項目のチェックが可能である。

(b) 伝票の送信

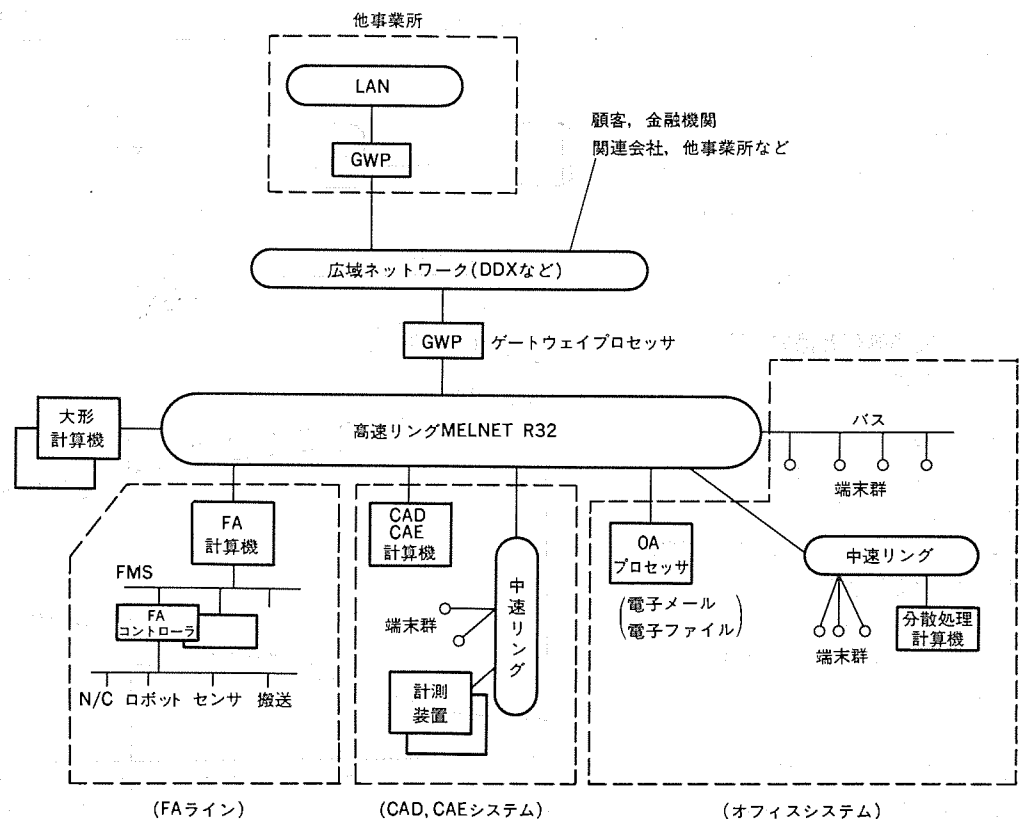


図 8. 構内総合情報システムの概念図

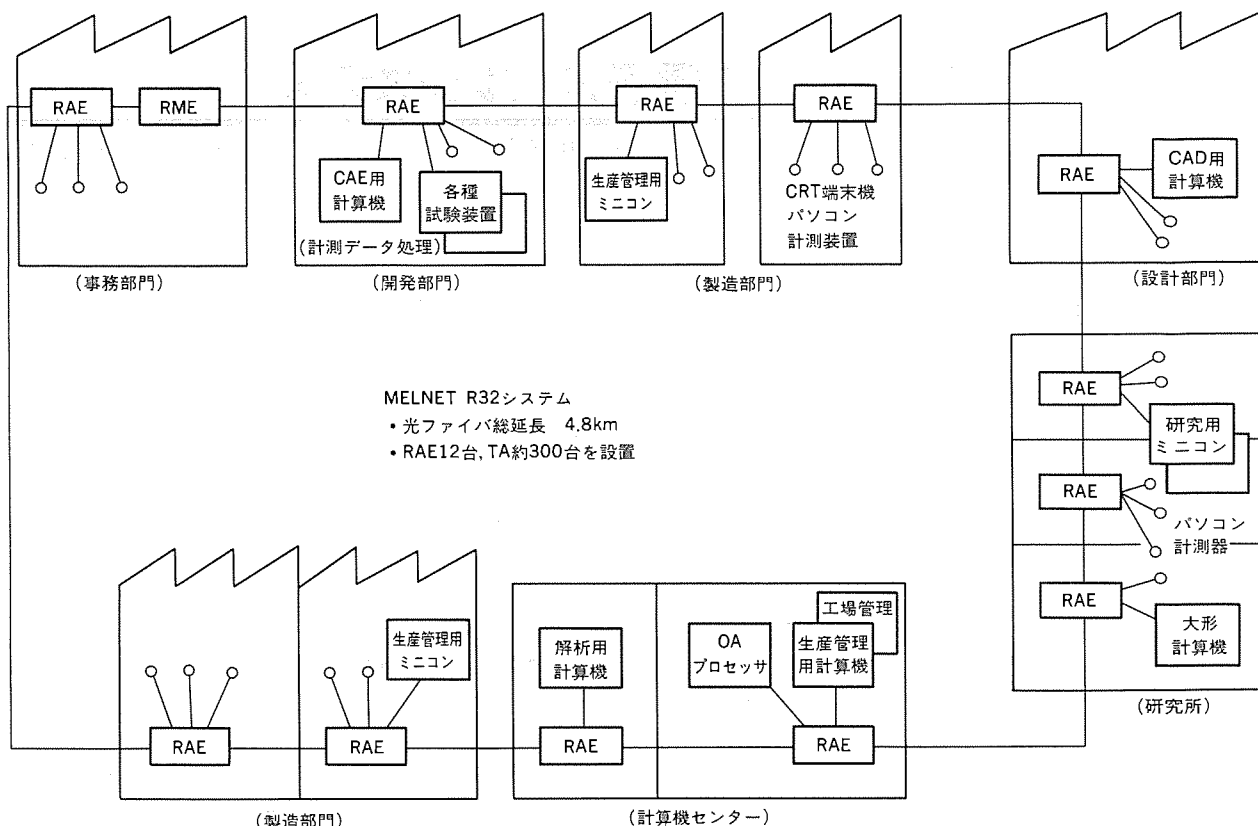


図 9. 当社伊丹地区 LAN の概要図

作成した伝票を指定あて先に送信する。この際、同報、回付などの指定が可能である。また、あて先の一つに生産管理用計算機を指定することにより、伝票の内容が生産管理システムへも入力される。

(c) 伝票の受信

画面に表示された到着受信メッセージ一覧から、必要な伝票を選択してOAプロセッサから受信する。

(d) 伝票のファイリング

電子ファイル機能により受信した伝票を、OAプロセッサ又はパソコンのディスク上にファイリングができる。このような電子伝票システムにより、従来部門ごとに人手で行っていた伝票の仕分け、保管、管理資料作成などがオンライン処理可能となる。

(2) 製品開発 CAE (Computer Aided Engineering) システム

解析用計算機、CAD用計算機、計測データ処理用計算機、各種試験装置、端末機を LAN に接続し次のシステムを実現する。

(a) 機構解析・構造解析 オンラインシステム

1 台の端末機から CAD 用計算機と解析用計算機をダイヤルにより切り換えて使用することにより、製品の設計図面作成と設計過程の解析計算を一連の作業としてオンラインで行う。

(b) 計測データ処理システム

各種試験装置からの計測データを、オンラインで計測データ処理用計算機に収集し、処理を行うと共に解析用計算機の解析結果との照合を行う。

7. む す び

本稿では、三菱ローカルエリアネットワーク《MELNET シリーズ》の開発のねらいについて述べ、その最上位機種である《MELNET R 32》の通信機能、交換方式などについてその成果を述べた。また、この LAN を用いて当社の大規模事業所に建設中の構内総合情報システムの概要と、そこで展開するアプリケーションの一端を紹介した。

《MELNET R 32》は、オフィス、工場における総合生産性を向上させるため、そこにおける情報通信の迅速化、大量化、メディアの多様化、高度化に大きく寄与できる構内ネットワークとして、今後多くの事業所を支えて行くものと考えている。更に我々は、このシリーズのサービス機能拡大と、より使いやすさを追求し、外部のネットワークや、遠隔地の LAN との結合など多くの課題の解決に取り組んでいる。

参 考 文 献

- (1) 村木ほか：《MELCOM 350-50》工業用計算機における分散システムの構成技術、三菱電機技報、55、No. 11 (昭 56)
- (2) 石坂ほか：計算機間通信における高性能光ループシステム、三菱電機技報、54、No. 9 (昭 54)
- (3) 石坂ほか：ローカルエリアネットワーク MELNET における分散交換、情報処理学会ローカルエリアネットワークシンポジウム予稿集、pp. 99～105 (昭 58-9)

光スターネットワークによる電子メールシステム

水野 忠 則 *・勝山光太郎*・坂 一 幸*・伊 東 尚*・北 山 忠 義*

1. ま え が き

オフィスオートメーション(OA)は、パソコン、ファクシミリ、ワードプロセッサといった単体機器の利用から、それらを相互に接続したネットワークシステムへの展開が急速に進みつつある。また、扱う情報も従来の数値データに加えて、文字・図形・画像・音声など多様なメディアが対象となり、これらを統合化したより高度なシステムの必要性が高まってきた。

このような動向を踏まえ、我々はOAシステムを構築するための基本技術であるローカルエリアネットワーク(LAN)として、光通信技術を活用し、中小規模のオフィスを対象とした光スターネットワークを開発し、このネットワークにデータ(パソコン)とイメージ(ファクシミリ)の両者を処理できる通信ソフトウェアを実装して、オフィス業務の中で最も基本的である文書伝達機能を提供する電子メールシステムを実現した。

ここでは、このシステムのシステム構成、電子メールの機能、通信ソフトウェアの構造、通信プロトコル及び光伝送系について述べる。

2. システム構成

このシステムは図1.に示すように、光スターネットワーク上に各種端末を展開することによって、電子メール機能を実現している。システム構成要素の各機能を以下に示す。

2.1 光スターネットワークの構成要素

(1) 光スターカプラ

複数の入出力端子(ポート)を持ち、任意の一つの端子から入力された光信号を均等に分配してすべての端子に出力する。

(2) 光送受信器

光信号と電気信号の変換及び信号レベルによる衝突の検出を行う。通信アダプタとのインターフェースは、イーサネット仕様⁽¹⁾のデータリンクコントローラを直接接続できるようになっている。

(3) 通信アダプタ

各種の端末をネットワークに接続可能とするために、ネットワークアクセス及び文書交換に必要な手順を実行する。接続インターフェースとしては、

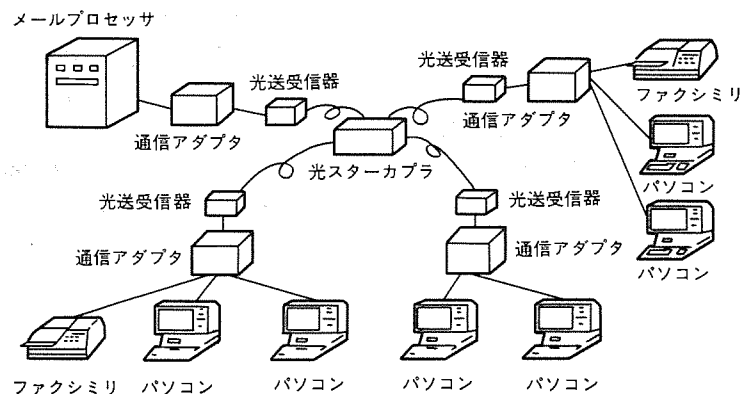


図1. 電子メールシステム構成

RS 232 C, GPIB, パラレルインターフェースを備えている。

2.2 接続端末

(1) メールプロセッサ

利用者単位のメールボックスを管理し、電子メールサービスのうち蓄積交換形のサービスを提供する。

(2) パソコン

電子メールサービスを利用するための、使い勝手のよいマンマシンインターフェースを提供する。また、文書通信プロトコルを実行しコードタイプのメール情報を送受信する。

(3) ファクシミリ

計算機インターフェースを持つ高解像度のファクシミリにより、イメージタイプのメール情報を送受信する。

なお、このネットワークは光ファイバ伝送系を採用しているが、同軸用の送受信機(イーサネット仕様⁽¹⁾)の採用により、光ファイバケーブルのみならず、同軸ケーブルも利用可能である。

3. 電子メールサービス

3.1 特 長

このシステムで提供される電子メールサービスは次の特長をもつ。

(1) パソコンから入力されるコード情報のメールと、ファクシミリから入力されるイメージ情報のメールを扱うことができる。

(2) メールを送信形式には、発信者から受信者へ送られる通常の普通メールのほかに、オフィスでの利用を考慮し、複数の人に回覧し認証を得ることのできるりん(稟)議メールを実現した。稟議メールは、受信者の回覧順が登録されている稟議順序リストに従って回覧され、各受信者は、稟議メールに対しコメントを付加できる。図2.に稟議メールの流れを例で示す。

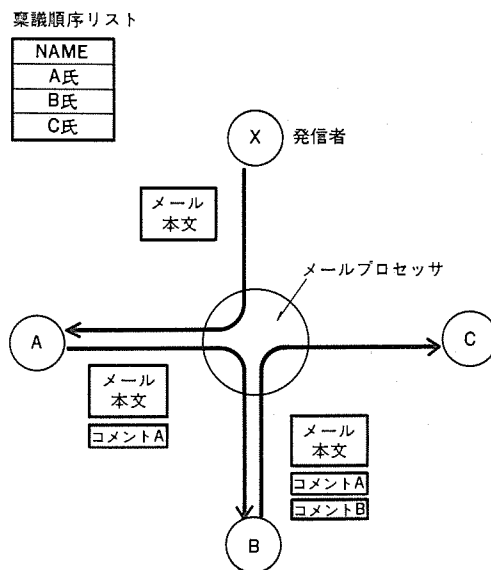


図2. 稟議メールの流れ

3.2 サービス種別

このシステムで提供されるサービスには次のものがある。

(1) 送信

パソコン又はファクシミリから入力されたメールを送信する。

(2) 受信

受信者のメールボックスに入っているメールのうち、指定したメールを受信する。稟議メールの場合は、コメントを付加して次の人へ回覧する。

(3) 検索

指定された条件のメールを検索し、そのリストを表示する。検索の条件には次の五つがある。

- (a) 自分あてのすべてのメールの表示
- (b) 特定発信者からのメールの表示
- (c) 特定日時(その日、以前、以降)のメールの表示
- (d) 特定発信者で、特定日時(その日、以前、以降)のメールの表示
- (e) 自分が送信したすべてのメールの表示

(4) 削除

指定された条件のメールを削除する。削除の条件はメール番号(その番号、以下、以上)である。

(5) 直接送信

メールプロセッサを介さずに、パソコン間、またファクシミリ間でメールの送受信を行う。

(6) 利用案内

電子メールサービスの使い方に関する情報をユーザーに提供する。

4. ユーザーインタフェース

このシステムでは、ユーザー端末にパソコン《MULTI 16》を採用し、次の点を特長とする操作性の良いユーザーインタフェースを実現している。

(1) 機能別に領域を分割した画面表示

パソコンの画面を機能別に三つの領域に分割し、使用操作性を増している。

- (a) ワーク領域：メールの作成、メールの表示及びパラメータ入力に使用
- (b) 制御領域：メールのタイトル、ページ及びエラーメッセージの表示に使用
- (c) メモ領域：ユーザーが自己のメモのために使用

(2) 表記入形式によるパラメータ入力

パラメータは、画面に示される表に従って入力する表記入形式を採用している。また、多く使用される値をあらかじめ設定・表示したり、

選択	モード	使用端末名	ユーザー名	パスワード
		5		
1送信		名前パスワード		
2受信				
3問合せ				
4削除				
5受信待ち				
6終了				
7使用説明				
キー：TAB…移動 リターン…実行				
MEMO： off				

ワーク領域 (20行)

制御領域 (4行)

メモ領域 (1行)

図 3. 電子メール画面

特殊キー(タブ、リターン、キャンセル)の使用により、キー操作を減少し、容易な入力を可能としている。図 3. に三つの領域に分割したパソコンの画面の表示例を示す。

5. 通信プロトコル

このシステムのプロトコルは、表 1. に示すように ISO (国際標準化機構) のシステム間相互接続参照モデル⁽³⁾に準拠して構築されている。

アプリケーション層とプレゼンテーション層は、このシステムでは電子メールを遂行するためのプロトコルを実装しているが、今後応用形態の拡大に伴い、各種プロトコルが実装される。

セッション層とトランスポート層は、OAの主要な応用形態の一つであり、ISO及びCCITT(国際電信電話諮問委員会)の標準に沿った文書交換用のプロトコルであるテレックス規約(S.62及びS.70)を実装している。

S.62(エンドツーエンドの制御手順)は、セッションとドキュメントの二つの制御を規定しており、セッション制御は片方向のデータ伝送、半二重両方向のデータ伝送及び全二重両方向のデータ伝送の三つのモードにより、論理的な通信路の制御を行っている。ドキュメント制御は、ページ番号の採用による同期制御、誤り回復制御及びウィンドー制御を遂行している。

S.70(網に独立な基本トランスポートサービス)は会話する二つの端末に対し、使用する網にかかわらず、両者間に透過的(トランスパレント)で、かつ高信頼度のエンドツーエンドのデータ転送手段を規定している。

ネットワーク層は、データ転送確認を行う確認応答方式と、応答を必要としない非応答方式の二つの手順を実装している。確認応答方式は交互ビットプロトコル(1ビットを交互にオン・オフさせることによって確認を得るプロトコル)を採用した。また、アドレスの多重化機能も実装している。データリンク層と物理層は、IEEE 802委員会における標準化動向⁽²⁾に沿った構成をとっており、論理リンク制御及びCSMA/CD(衝突検出機構付きキャリア検知多重アクセス)方式を実装している。なお、論理リンク制御手順としては、確認機能をもたないクラスIを採用している。

なお、これらプロトコルは、アプリケーション層及びプレゼンテーション層は電子メールのみならず、各種の応用形態で展開可能とするため、ユーザー端末又はサービスプロセッサ側にもたせることとした。また、セッション

表 1. 通信機能の階層構成と実装

OSI モデル	本システムの構成	実装
アプリケーション層	アプリケーションプロセス	ユーザー端末 又は サービスプロセッサ
プレゼンテーション層		
セッション層	S.62 エンドツーエンドの制御 (ドキュメント制御、セッション制御)	
トランスポート層	S.70 トランスポート手順	
ネットワーク層	LAN 用簡易形、応答及び非応答方式、 アドレス多重化機能	通信アダプタ
データリンク層	論理リンク制御 IEEE 802 クラス I 手順 メディアアクセス制御 フレームの送受信	
物理層	CSMA/CD 信号の送受信	光送受信器

ン層以下の各層は、通信システムとして共通的に用いられるため、通信アダプタにもたせることとした。

6. ソフトウェア構造

6.1 メールプロセッサ

メールプロセッサはミニコン《MELCOM70》を用い、オペレーティングシステムとしてUOSを採用している。このメールプロセッサは、このシステムで提供される電子メールサービスのうち、蓄積形の機能である送信、受信、検索及び削除の機能を実現している。

図4.にメールプロセッサのソフトウェア構造を示す。各プログラムの機能の概要は次のとおりである。

(1) バス制御プログラム

複数の利用者からのサービス要求を多重処理するために、メールプロセッサと通信アダプタ間に論理多重バスを設定し制御する。また、通信アダプタから受信するメールデータを1ページ単位に組み立てたり、逆に1ページのメールデータを通信アダプタ間での転送単位に分割して送信する。

(2) メール処理プログラム

利用者からの要求により、送信、受信、検索、削除の各サービスを提供する。また、利用者単位のメールボックスの管理及びメールデータを格納するディスクファイルのエリア管理を行う。

6.2 通信アダプタ

通信アダプタは、インテル社製ボードiSBC 86/12 A-05を用い、オペレーティングシステムとして、iRMX 86を採用している。図5.に通信アダプタのソフトウェア構造を、また表2.にそのモジュール概要を示す。

6.3 パソコン

パソコンは《MULTI 16》を用い、オペレーティングシステムとして日本語CP/Mを採用した。

パソコンにおけるソフトウェアは、大別してローカルな手続きをするものと、通信アダプタとパソコン間の通信手順を遂行するものからなる。記述言語として、前者はMBASIC プラス I、後者はMBASIC プラス I とASM 86 (アセンブラ)を使用してプログラムを作成した。

(1) ローカルな手続き

電子メールの各機能を実行するため必要なパラメータの入力を指示する画面を表示し、キーボードから入力されたパラメータを通信手順に従ってセットする。パラメータの入力は、表形式(表の枠中に必要なデータを入力する)で行う。また、通信手順によって得られた受信メール、検索結果などを画面に表示する。

(2) 通信アダプタとパソコン間の通信手順

各機能の実行に必要な手順を、RS-232 C (特殊コードをデリミタとして使用) インタフェースを介して行う。

7. 光ファイバ伝送系

光ファイバ伝送系は、光スターカプラ及び光送受信器からなるスター状の伝送系である。以下、これら装置の概要を示す。

7.1 光スターカプラ

光スターカプラの機能は、任意の入力端子より入力された光信号をすべての出力端子に均等に分配することである。その構成方式は、受動形又は能動形、及び透過形又は反射形に分けられる。ここでは、能動素子を含まないことによる信頼性と、光送受信器内に分岐を必要としない簡便性から、受動形で透過形のものとした。この光ス

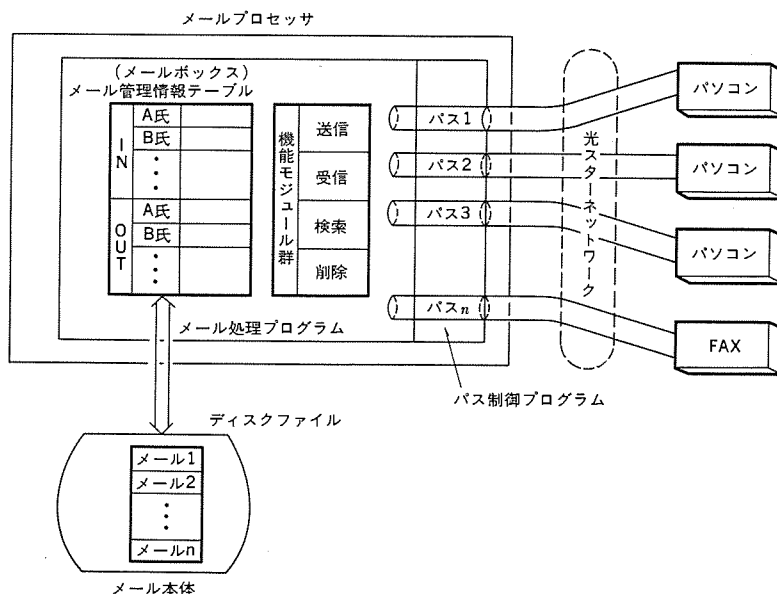


図4. メールプロセッサのソフトウェア構造

表2. 通信アダプタのモジュール機能

モジュール名	概 略 機 能
OACP	スケジューラ OACP 内の NCP, TSD のデータの受渡し, プログラムの実行順序の制御を行う。
	NCP ネットワーク層のプロトコルを実装している。
	TSD トランスポート層, セッション層のプロトコルを実装している。
GPIB	GPIB インタフェースを介して接続される MELCOM 70 との間のデータの入出力を行う。
MTH (多端末制御)	RS 232-C を介して接続される MULTI 16 との間のデータの入出力を行う。
FAX	パラレル インタフェースを介して接続されるファクシミリ ME LFAS 850-C との間のデータの入出力を行う。
MMX	イーサネットドライバとのインタフェースをとるモジュールでイーサネットからのデータを受信し, OACP に渡す役割をする。
Timer	プロトコルのタイムアウトイベントを知るために, 一定間隔で OACP を起動する。

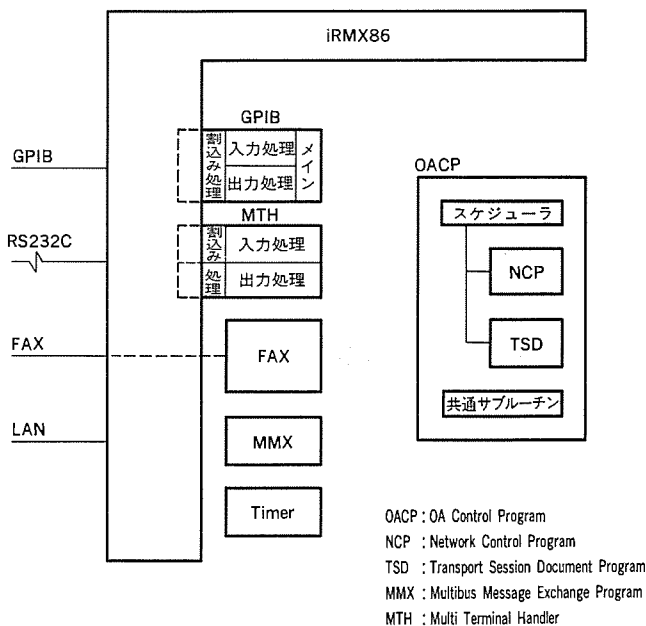


図5. 通信アダプタのソフトウェア構造

OACP : OA Control Program
NCP : Network Control Program
TSD : Transport Session Document Program
MMX : Multibus Message Exchange Program
MTH : Multi Terminal Handler

表 3. 光 スターカプラ の性能

方 式	ミキサとして大口径光ファイバを用いた受動・透過形光スターカプラ
入出力端子数	32×32
過剰損失 (dB)	7.2
分配ばらつき (dB)	±0.8
接 続 法	前面パネル取付けの FC 形光コネクタによる
適 合 フ ァ イ バ	コア径 80 μm のグレーデッドインデックス又はステップインデックス光ファイバ
寸 法 (mm)	430(幅)×150(高さ)×75(奥行)
重 量 (kg)	3.4

ーカプラは、入力部、出力部、及びミキサ部で構成されている。入出力部は、外部光回路との接続を行うための光コネクタと、この光コネクタとミキサ部をつなぐ複数の光ファイバを結束した光ファイババンドによりなっている。

この光スターカプラは次の特長をもっている。

- (1) 低損失である。
- (2) 分配されたパワーの均一性が高い。
- (3) 温度変化や振動に対して性能が安定している。
- (4) 外部光回路との接続を前面パネルに取り付けた FC 形光コネクタによって行うことができ、アクセスリティに優れている。
- (5) 小形軽量である。

(1)から(3)までの特長は、ミキサとして信号光に対して高い透明性と、優れた機械的可靠度を持つ大口径光ファイバを用いたことによる。(4)と(5)は実装上の特長である。表 3. に光スターカプラの性能を示す。

7.2 光送受信器

光スターネットワークの通信制御方式は、CSMA/CD 方式を採用している。CSMA/CD 方式においては、光送受信器として、①バースト光信号の送受信が行えること、②バースト光信号の送信中に光ファイバ伝送路上で、他ノードのバースト光信号と衝突した場合に、これを検出することが要求される。また、③32ポート光スターカプラを用いて光伝送路を構成するために、送受間許容損失の大きな光送受信器が必要である。

表 4. に光送受信器の主要諸元を示す。発光素子として LED を用い、受光素子としては Si-APD を固定利得で動作させ、高感度でかつ安定にバースト光信号を送受信する。送受間許容損失は 36.8 dB である。受信光信号レベルの異なるバーストに対しても、12 dB の

表 4. 光送受信器主要諸元

伝 送 速 度 (Mb/s)	10
伝 送 路 符 号	Biphase code
発 光 素 子	GaAlAs-LED (0.85 μm)
光 出 力 (dBm)	-2 (peak)
(コア径 80 μm ステップインデックスファイバ)	
受 光 素 子	Si-APD
最 小 受 光 電 力 (dBm)	-38.8 (peak)
(符号誤り率=10 ⁻⁹)	
符 号 ひ ず み (%)	±13
ダイナミックレンジ (dB)	12
検出可能最小信号レベル差 (dB)	5

範囲でバーストの受信が可能である。バースト光信号の衝突は、光信号レベルを監視し、自局送信中に自局信号に対する受信レベルを越えることを検出する方式を用いている。検出可能な自局信号に対する衝突信号レベル差は 5 dB である。

ここに述べた光送受信器を用いることにより、32 ポートの光スターカプラを中心に半径 1 km 以内に 32 のノードを設置することができる。

8. む す び

光スターネットワークは、初期コストが安価、同軸に比べ布線がしやすい、任意の端末間で直接通信が可能などの特長を持っており、ここでは光スターネットワーク上に試作した電子メールシステムについて報告した。

OA システムとして、より使いやすい形とするためには、電子メールサービスのほかに、文書処理、電子会議、フォーム処理など各種のサービス追加が必要であり、今後拡充していく必要がある。また、光スターネットワークの諸元が現在 32 ポート、10 Mb/s (メガビット/秒) であるが、今後この値を増加させ、より大規模なオフィスにも展開可能としていきたい。

参 考 文 献

- (1) DEC, Intel, Xerox : The Ethernet (1980-10)
- (2) IEEE : IEEE Project 802 LOCAL AREA NETWORK STANDARD Draft D (1982-11)
- (3) ISO : Information processing systems—Open systems interconnection—Basic reference model, DIS 7498 (1982)

キャプテン端末装置

富田 悟*・野沢俊治*・伊藤正也*・岩田修司*・西川秀一*・鷺尾捷平*

1. ま え が き

キャプテン (CAPTAIN[®]) システムは、一般家庭に広く普及している電話機とテレビ受像機を結びつけた経済的で便利な画像情報システムであり、情報の受け手である利用者が能動的にリクエストすることによって必要な文字図形情報を得るという新しいタイプの情報メディアである。このシステムは昭和54年12月から郵政省、日本電信電話公社及び(財)キャプテンシステム開発研究所によって東京都内を中心に実用化レベルに近い実験サービスが続けられており、昭和59年11月にはいよいよ商用サービスが開始される見通しである。

当社では昭和58年に日本通信技術(株)との契約に基づく技術指導を得て、上記実験サービス仕様に準拠したキャプテン利用者端末及び実験用キャプテンセンターを開発したので、その概要を述べる。

2. 利用者端末と実験用キャプテンセンターの仕様と構成

2.1 利用者端末

開発した利用者端末は、キャプテン・アダプタ、テレビ受像機、及びリモコンキーパッドで構成されるいわゆるアダプタ形利用者端末である。図1.にその外観を示す。

2.1.1 利用者端末の仕様

利用者端末の主な仕様を表1.に示す。端末は利用者がキーパッドから入力したリクエスト情報を情報センターに送信し、またセンターからの画像情報を受信してテレビジョン映像に変換するものであるから、ほとんどが双方向の通信機能と画像表示機能に関するものである。

双方向の情報通信はモデムを介してデジタル符号によって行われる。会話形情報検索というシステム基本機能の性質から、センターから端末方向の通信速度の方が圧倒的に速い。また画像情報は、ライン単位(順次方式)や小矩形ブロック単位(逐次方式)の画素パターンとして伝送されるが、データ圧縮などによりその効率向上が図られている。

表示されるべき画像は、横248×縦204の画素からなるカラー静止画で、これが8×12画素のサブブロックに分割されている。そしてサブブロック単位で2種類の表示色が選択でき、画素ごとにそのどちらかをとるかが指定される。表示色には8種類の色相と2種類の輝度の組合せがとれるほか、フラッシングも可能であり、色彩と部分的な動きにより効果的な画面表示ができる。

2.1.2 利用者端末の構成

開発した利用者端末は、機能的には図2.に示すように、回線制御部、端末制御部、映像信号処理部の三つのブロックから構成される。以下、各ブロックの内容と特長を述べる。

(1) 回線制御部

利用者端末は回線接続装置(LCU)を通して電話回線と接続され、接続時の回線には、情報センターから利用者端末への下り信号(画像情報)と、利用者端末から情報センターへの上り信号(リクエスト情

注 ※Character And Pattern Telephone Access Information Network System

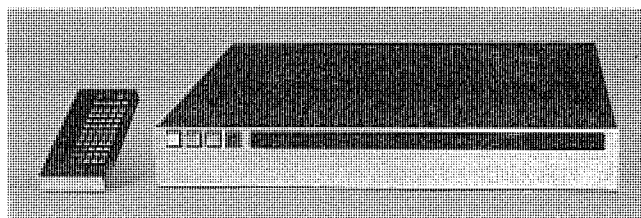


図1. 利用者端末の外観

表1. 利用者端末の主な仕様

通 信 方 式		全	二	重
伝 送	変調方式	(センター→端末)	2相PM-VSB方式	(端末→センター)
	同期方式	フレーム同期		周波数変調方式(FSK)
	周波数	キャリア 2,650 Hz		調歩同期
	信号レベル	入力 -10~44 dBm		420±30 Hz
表 示	誤り制御方式	ハミングチェック		出力 -5~20 dBm
	データ圧縮	一次元ランレングス符号		パリティチェック
表 示	画 像 メ モ リ	表示領域 248×204画素(×4) (4画面同時表示可能) パターン情報 1ビット/画素 色 情報 4ビット/サブブロック		
	表 示 色	8色相(赤、緑、青、黄、シアン、マゼンタ、白、黒) 2輝度(全輝度/半輝度) サブブロック単位に2色選択 画面/ヘッダの背景色指定 2相2色フラッシング		
	表 示 文 字 数	標準文字 最大120字(15列×8行) 中形文字 最大240字(30列×8行) 小形文字 最大480字(30列×16行)		
	表 示 機 能	固定表示/縦スクロール表示 順次方式/逐次方式 前画面消去/部分書き直し		
	表 示 出 力	RGB信号………R, G, B, Y, S _V TTLレベル 複合映像信号………1 V _{p-p} (75Ω), NTSC準拠 RF信号………1 CH/2 CH		
そ の 他	キ ー パ ッ ド	赤外線リモコン, 59キー		
	音 出 力	キー入力音, ブザー鳴動		
	ハ ー ド コ ピ ー 出 力	キャプテン用ハードコピー装置接続可能		
	電 源	AC 100 V		

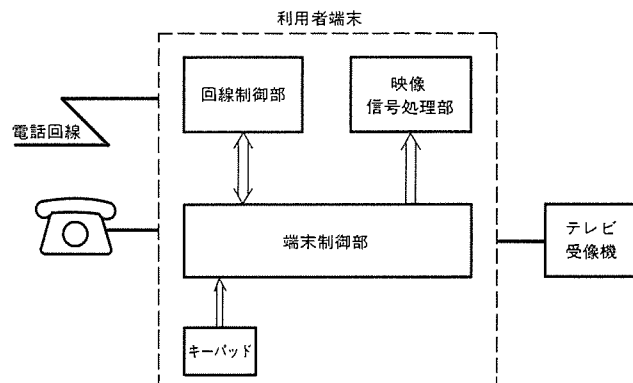


図2. 利用者端末の構成

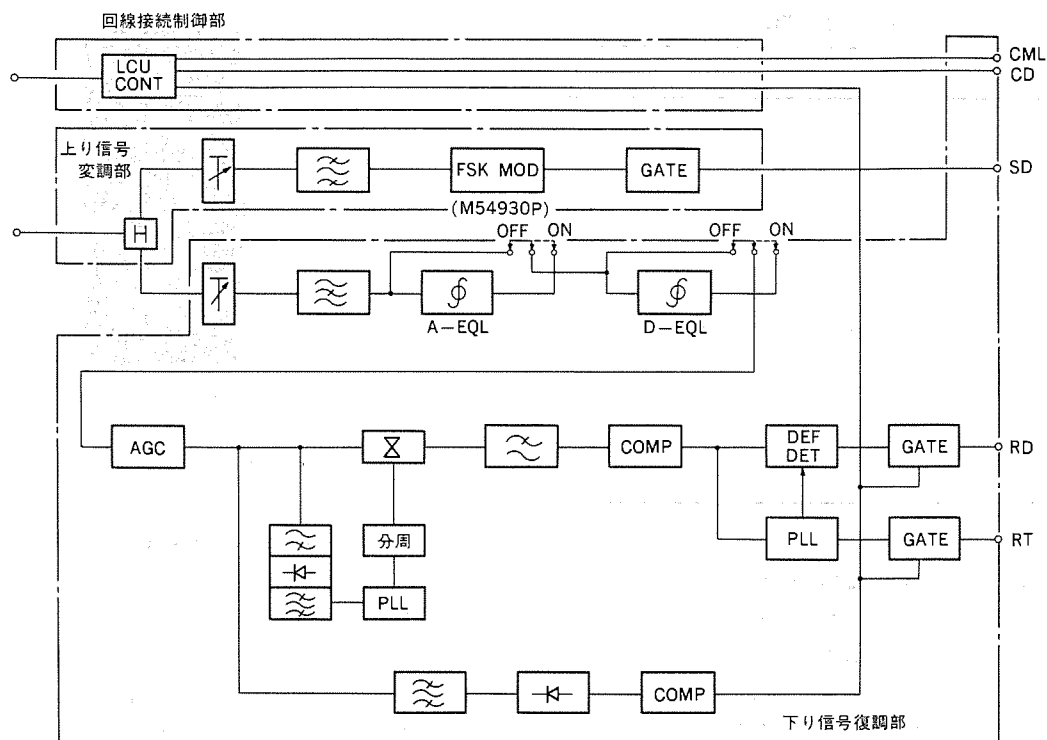


図 3. 回線制御部のブロック図

報)が、双方向に同時に伝送される必要がある。回線制御部は、このような回線とのインタフェース部であり、LCUを制御する回線接続制御部と、周波数分割全二重通信方式を可能とする変復調処理を行うモデル部から構成される(図 3. 参照)。

(a) 回線接続制御部: 電話回線と電話機、あるいは利用者端末との接続の切換、回線接続保持などの制御を行う。

(b) モデム部: 上り信号に対する変調部と、下り信号に対する復調部がある。変調部では、キーボードからの入力に対応する上り信号を伝送速度 75 b/s(ビット/秒)で周波数変調して出力する。変調器として当社の低速モデム用 LSI (M 54930 P) が用いられている。復調部では、回線から受信したキャリア周波数 2,650 Hz の残留側波帯 2 相差分位相変調 (2 相 PM-VSB) 信号を復調して、3,200 b/s の受信データを端末制御部へ出力する。この変調方式は、電話帯域を有効に利用でき、伝送品質が良く、回路規模が小さくできる特長を持つものである。

モデム部の仕様を前掲の表 1. に示す。この利用者端末では、復調部に搬送 1 リンクの振幅等化器、及び遅延等化器を備え、回線の伝送特性に応じて位相、振幅補正がかけられ通信品質を高めるよう配慮している。復調部の搬送ランダム符号に対する誤り率は、対向回線で S/N が 17 dB のとき、 10^{-6} 程度得られている。

(2) 端末制御部

端末制御部は、回線制御部を介して情報センターから送られてくる画像情報を受信し、解読処理をして映像信号処理部に出力したり、キーボードで入力されたリクエスト情報を回線制御部に出力する。また、端末の動作状態をランプやブザー音にて表示するなどの機能も持っている。これらの機能のほとんどは、8 ビットのマイクロプロセッサによる

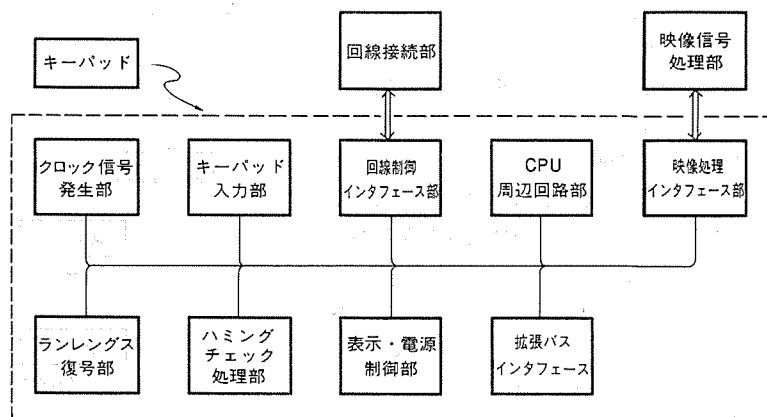


図 4. 端末制御部のブロック図

ソフトウェア処理で実現しているが、ランレングス復号やハミングチェックのようにソフトウェア処理では、処理時間が問題となる場合には補助的なハードウェアを付加している。

端末制御部のハードウェア構成は、図 4. に示すように 9 種類のブロックよりなる。以下、ブロックの内容について述べる。

(a) クロック発生部: 8 ビットマイクロプロセッサに必要なクロック信号や、回線制御部での上り信号伝送に必要な 75 Hz の信号を発生している。

(b) キーボード入力部: キーボードより送られてくる赤外線信号 (搬送波周波数 38 kHz) を受光素子で受信し、デジタル信号に変換して内部バスに送出する。

キーボードは表 2. に示すように、109 項目の命令を送信する必要があるが、形状、操作性を考慮して「英数/カ+」キーにシフト機能を持たせることにより、操作キーの数を 59 に削減している。図 5. にキーボードの外観を示す。

(c) 回線制御インタフェース部: 回線制御部から受信データを取

表 2. 操作項目の数と種類

項 目			数
グラフィックキー	数	字	10
	英	字	26
	カ	ナ	46
	記	号	15
機 能 キ ー			7 (記憶, 後退, 取消し, 停止/再開, 了解, #)
そ の 他			4 (一字取消し, コピー, 英数/カナ, 終了)
電 源 キ ー			1
合 計			109

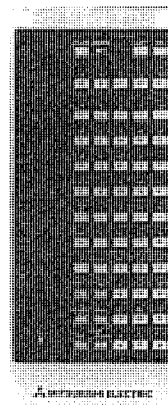


図 5. キーパッドの外観

込み, また リクエスト 情報を回線制御部に出力する。

(d) CPU 周辺回路部: 8ビットマイクロプロセッサ, 2 Kバイト RAM, 12Kバイト ROM, 割込み コントローラ などから構成される。

(e) 画像メモリインタフェース部: 映像信号処理部に対し, 画素パターンや色の情報を表示位置情報と共に与えるほか, スクロール表示や4画面表示など, 各種の表示制御情報を出力する。

(f) ランレングス復号部: ラインパターン的一次元ランレングス符号の復号を行う部分で, 符号の木構造をテーブル化したROMの内容を参照して復号化する方式をとっている。

(g) ハミングチェック処理部: 画像情報のうち, 主な制御情報は, (8, 4)ハミング符号による誤り制御がなされている。この受信に際して1ビット誤り訂正, 2ビット誤り検出の処理をテーブル化したROM内容を参照する方式により実現している。

(h) 表示・電源制御部: 端末の主電源のオン・オフ, 電源やハードコピーの状態表示用ランプの点灯, アダプタに接続されているテレビ受像機の電源投入検出の処理を行っている。

(i) 拡張バスインタフェース部: メモリ, I/Oの拡張や, 保守点検の容易性を考慮してアドレス, データバスの信号やコマンド信号をパッファを通して基板外部に取り出せるようにしている。

端末制御部のファームウェアは, 図 6. に示すように機能別のタスクに分割されており, それらが

高速リアルタイムモニタのもとで優先度にしたがってタスクスケジューリングされて動作する。割込みはハードウェアによる外部割込みが4系統あり, 多重割込みを許すことによって応答性を高めている。

端末制御ブロックはLCU, 表示ランプ, 主電源の制御を行う。通信機能ブロックは受信データのデコードを, 画像メモリ管理ブロックは画像メモリへの書き込み, 及び後述の4画面メモリの管理を行う。キーイン対応ブロックはキーパッドからの入力に対する応答処理を行う。この端末では4画面表示や端末での画面記憶を行うためのコマンドもキーパッドから入力するので, キー入力をそのままセンターに送出せず, コマンド

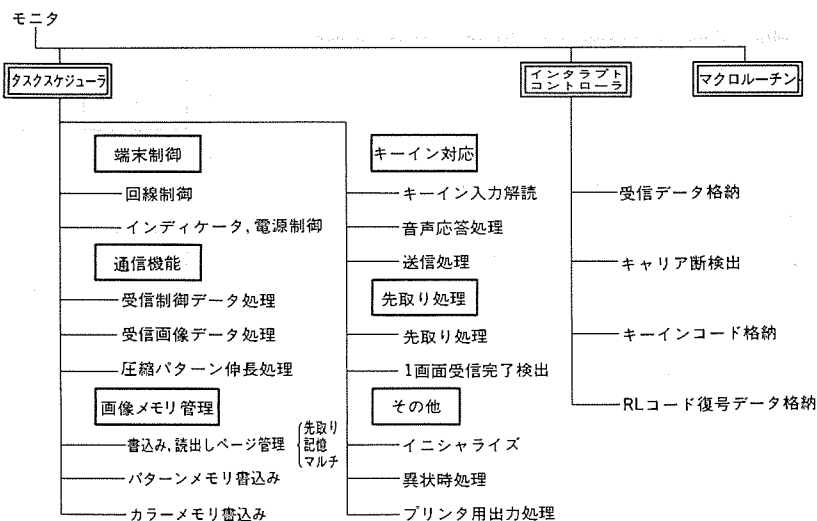


図 6. 利用者端末のプログラム構成

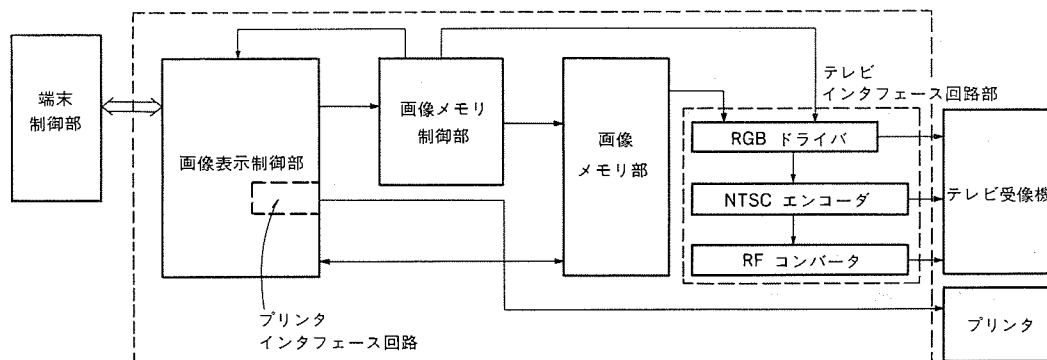


図 7. 映像信号処理部のブロック図

解析を行ってから送出している。先取り処理ブロックは先取り画面の自動受信を行う。

この端末では以上のような機能を持ったタスクがマルチタスク形式で同時に動作するので、モニタはタスクスイッチングの高速性を追求した独自のものを開発し、また内部に受信データ用のバッファを設けて通信速度に追従できるようにしている。

(3) 映像信号処理部

映像信号処理部は画像メモリを中心とする部分で、端末制御部から与えられる画像情報を用いてテレビ受像機に表示するための映像信号を生成するインタフェース機能を持つ。またキャプテン用ハードコピー装置へのインタフェースも行う。この処理部は図7.のブロック図に示すように構成されている。

(a) 画像表示制御部： インタラプト処理を主とするマイクロプロセッサと、ROM、RAM、シリアルポート、パラレルポートからなり端末制御部からの画面メモリ書込みや表示制御などのコマンドを解釈し、画像メモリ制御部に必要な信号出力を行う。また映像信号処理部の動作状態を示す信号を端末制御部に出力する。更に端末制御部からのコピー要求に応じて、シリアルポートを用いてハードコピー装置（プリンタ）を駆動する。

(b) 画像メモリ制御部： 基本クロック信号（57.2727 MHz）を発生し、これからテレビジョン用の水平・垂直同期信号やNTSC信号に必要なカラーサブキャリア、カラーバーストゲート信号を生成する。また画像メモリへの書込みパルスや読出しアドレスをテレビ表示用タイミングに合わせて発生し、更に表示色に関する選択・フラッシング・全/半輝度制御などの処理も行う。

(c) 画像メモリ部： 画面のパターン情報と色情報を記憶する部分で、この端末では、特に4画面分が記憶できる容量を持たせており（例えばパターン情報用に64K DRAMを4個使用している）、メモリチップ配列を工夫して、テレビ画面上に4画面のうち任意の1画面を表示（248×204画素）したり、4画面を同時表示（496×408画素）することが可能である。

(d) テレビインタフェース回路部： 画像メモリからのTTLレベル出力信号を変換して、RGB信号、NTSC信号及びRF信号を生成し、テレビ受像機へ出力する。

2.1.3 特長

この利用者端末では、画像メモリに4画面分の情報記憶容量を持たせ、キャプテンシステムにおける情報検索をより効率に行えるようにしている。

(1) 画面先取り機能

キャプテンシステムでは、音声帯域で画像情報を伝送するため、1画面を受信し表示するのに数秒必要である。つまり、利用者が次の画面をリクエストした場合、その待ち時間は1画面の所要伝送時間にほぼ等しい。この端末では、画像メモリの四つのメモリバンク（それぞれ1画面分の容量をもつ）の中に未使用のものがあれば自動的にリクエストを出して次画面を受信し、端末内に蓄積する。したがって実際に利用者が次画面をリクエストした場合には、即時に次画面表示が可能であり、見かけ上受信待ち時間が解消されることになる。

図8.に画面先取り方式の概念を示す。この図のように四つのメモリバンクが循環使用を原則とし

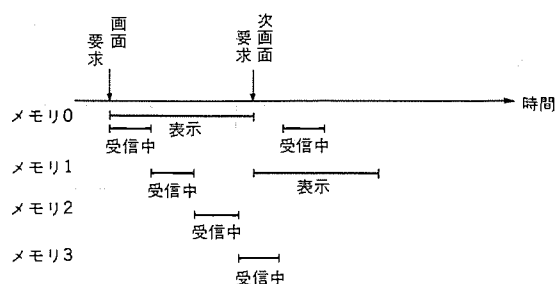


図 8. 画面先取り方式の概念

ながら、受信・表示・一時記憶などに使い分けられる。

(2) 4画面同時表示機能

画像メモリの四つのメモリバンクに蓄積されている画面を、同時に表示する機能であり、テレビ受像機の表示画面を4分割して表示する。このために各メモリバンクから通常の倍速でデータを読み出している。この機能は連続する情報画面の観察や複数の情報画面の比較の際に極めて有用である。

2.2 実験用キャプテンセンター

利用者端末の機能試験を目的として開発された実験用キャプテンセンター（以下、センターと称する）の概要を以下に述べる。

センターは①画像作成処理、②画像データ変換処理、③通信制御処理の三つの基本処理機能をもつ。図9.に、これらの機能により端末試験に必要な画像情報が作られる流れを示す。

(1) 画像作成処理

このセンターにおけるキャプテン画像の作成手順を図10.に示す。キャプテン画像は簡単な図形と文字とから構成されるが、このセンターでは簡単な図形はファクシミリを用いてA4判原稿を画素密度1ドット/mm²で読み取ることにより、また文字はキーボードから文字コードをキーインすることにより入力する。このファクシミリ画像と文字画像は独立に入力し、合成処理により一つの2値画像とした後、ライトペンを用いたサブブロック単位の色付け操作を行ってカラー画像を得る。更に画像中に逐次表示させたい部分があれば、ライトペンによりその部分を指定して逐次パターンを作成する。このように作成された画像は、番号を付与して画像ファイルに蓄積される。

(2) 画像データ変換処理

画像ファイルに記憶されている画像にデータ圧縮やパケット化の処理

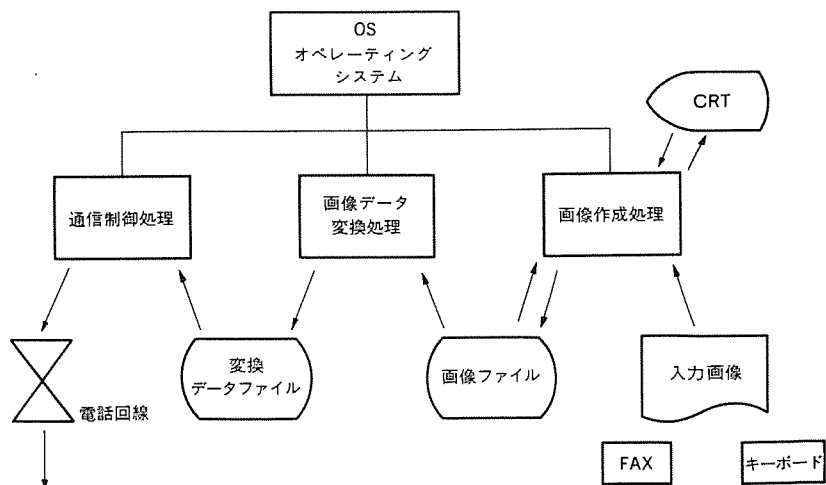


図 9. 実験用キャプテンセンターの機能図

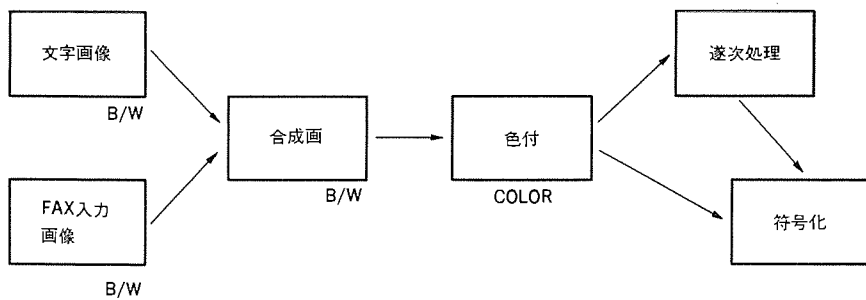


図 10. キャプテン 画像の作成手順

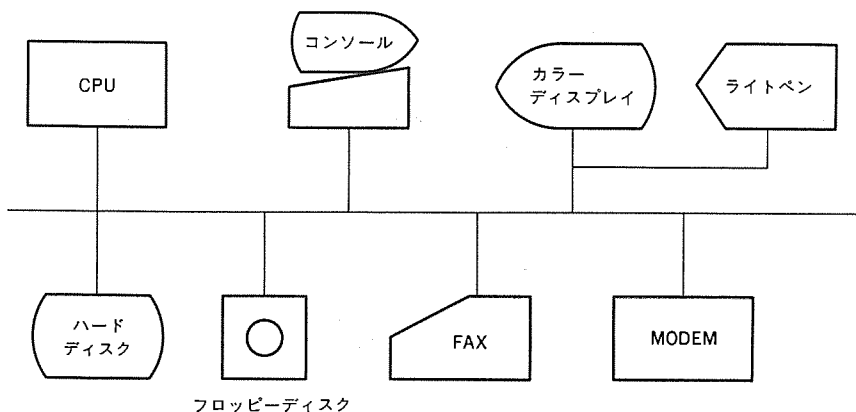


図 11. 実験用 キャプテンセンター の構成

を施し、キャプテン用の伝送符号に変換する。すなわち、ラインパターン
の一次元ラインレンス符号化、色情報や逐次パターンのパケット化、パ
ターンデータのスクランブル、零挿入などの処理を行い、その結果を画面番
号と共に変換データファイルに登録蓄積する。

(3) 通信制御処理

端末との間で双方向通信を行い、指定された画面番号の画像情報
(変換データ)を電話回線に送出したり、画面番号の記憶、前ページ
／次ページ、停止／再開等の機能キーに対応する制御などを行う。

センターで上記の機能を実現するために使用しているハードウェアの

構成を図 11. に示す。8ビットの CPU をもつ
マイクロコンピュータを中心とするシステムである。
ハードディスクは、10 M バイトの容量をもち画像
情報の記憶に用いる。データ変換されたキャ
プテン画像は、通常 3 K バイト程度であるのでハ
ードディスクには 3,000 枚以上の画像情報が蓄積
できる。そのほかに図形入力用のファクシミリ、
色付け操作用のライトペンとカラーディスプレイ、通
信用のモデムなどが結合されている。

センターのソフトウェアの開発にあたっては、
リアルタイム性が必要なのは、通信制御処理の部
分だけであることと、各処理のための専用ハ
ードウェアを作るのは、設計、製作、調整に時
間を要することから、通信制御処理以外の部
分についてはソフトウェアで各処理の実現を図
っている。これに伴い、ソフトウェア開発の生
産性の改善と汎用性を考慮して、①階層化構
造を取り入れ、各プログラムルーチンが独立に利
用できるようにしている。②ソフトウェアで実
現している部分と、ハードウェア処理にかかわ
る部分を分離し、サブルーチン化している。③
ソフトウェアの処理時間の短縮のために、アセン
ブラと Basic の中間的なライブラリを開発し利用
している。

3. む す び

キャプテンは国際的にはビデオテキストと呼ばれるシステムの一つであって、
CCITT 勧告 F. 300 にも表現されているように、今後は情報検索に
とどまらず広汎なサービスを提供して情報化社会の中核的システムに
も成り得る将来性をもったシステムである。当社としても今回の利用
者端末の開発を契機に、更に関連技術の開発を進めこのシステムの発
展に寄与することができるよう努力してゆきたい。

(昭和 58-11-30 受付)

《MELCOM-COSMOシリーズ》における 新データ網(DDX)サポートシステム

新 沢 誠*・瀬 戸 秀 輝*・嵯 峨 公 一*・吉 田 稔*

1. ま え が き

従来の広域ネットワークシステムは、特定回線や公衆回線を利用して構築していた。一方、新データ網(DDX)のサービス地域の拡大や網サービス機能の拡張などを背景に、企業の合理化及び効率化を図るためにDDX網の活用を推進する利用者が年々増加している。

本稿では、図1.に示す《MELCOM-COSMOシリーズ》におけるDDXパケット網の下記の二つのサポート形態について紹介する。

(1) パケット形態端末(PT)として開発された日本語ワークステーションシステムのサポート

(2) 《MELCOM-COSMOシリーズ》間でのリモートステーションサービス(IRSS)

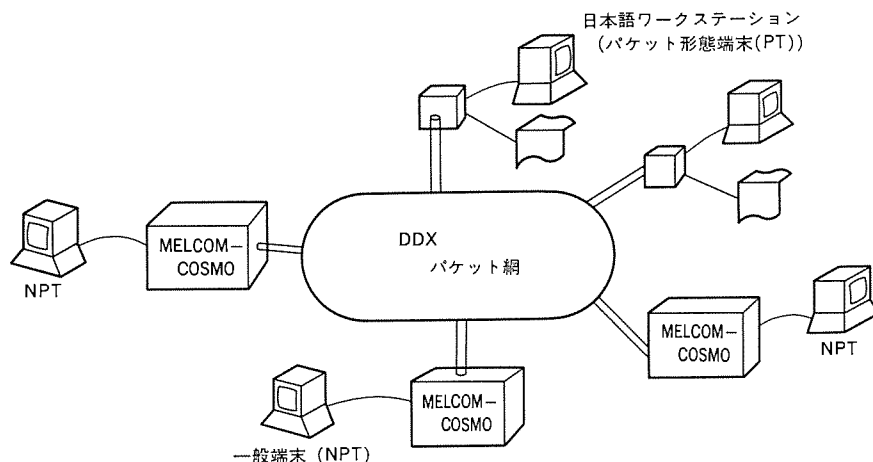


図1. 《MELCOM-COSMOシリーズ》のDDX網サポート形態

2. 特 長

《MELCOM-COSMOシリーズ》でのDDX網サポート上の特長は、次のとおりである。

(1) 既存オンラインシステムのDDX網利用への容易な移行
ソフトウェアでは、利用者及びシステムプログラムのモニタインタフェースを従来の回線と整合を取って実現しているため、既存プログラムを何ら変更することなくDDX網を利用できる。またハードウェアでは、《MELCOM-COSMOシリーズ》及び日本語ワークステーションともに従来システムの一部の回線制御カードに機能追加することで網に加入することができる。

(2) DDX網サービス地域への柔軟な対応

網への加入条件として、X/Vインタフェースの両方の機能をハードウェアでサポートしているので、利用者はDDX網のサービス状況に応じた加入ができる。

(3) DDX網利用端末の多様化への対応

DDX網への加入方法として直接日本語ワークステーションをパケット形態端末(Packet Terminal: PT)として接続することも、《MEL-

COM-COSMOシリーズ》を経由して、既存のBP-1端末(三菱電機固有制御手順)やBSC端末などの各種一般端末(Non Packet Terminal: NPT)をDDX網へ接続することもできる。《MELCOM-COSMOシリーズ》をこの形態で利用すると、更に処理機能の分散が可能となり、今後のシステム機能の拡張が図られる。

(4) 通信ソフトウェアのモジュール化

ネットワークシステムでの伝送制御手順(プロトコル)は、現在国内・外で標準化作業が進められている段階であり、仕様の決定に対して柔軟に対応するためにソフトウェアのモジュール化が図られている。

3. システム構成

3.1 ハードウェア

DDXパケット網への接続構成を図2.に示す。この図に示す通信制御装置(ICP)は計算機内蔵形であり、小規模でもコスト/パフォーマンスの高いシステムを構築可能である。1台で最大50回線まで接続可能であり、システム規模に応じて4台まで増設可能である。

DDX網への接続インタフェース仕様を表1.に示す。パケット網とはHDLC制御手順で接続される。HDLC手順においてはICPはフレーム同期の確立、解放及び「0」ビットの挿入、削除処理が行われる。フレームの送受信確認及びデータの流量制御はプログラムで行われる。

3.2 ソフトウェア

《MELCOM-COSMOシリーズ》でのDDXパケット網サポートのモジュール構成を図3.に示す。各モジュール間はキューインタフェースで実現されており、機能の変更、拡張に容易に対応可能なように設計している。以下に各モジュールの機能について示す。

(1) データリンクモジュール

このモジュールは、HDLC手順に従ってパケット網との間でフレームデータの通信処理を行う。上位モジュールには1本のデータリンクパスを提供し、このパスの設定、解放及びこのパスを通しての情報フレームの送受信サービスを行う。

(2) ネットワークモジュール

このモジュールはX.25手順に従ってパケット網との間で論理チャネルご

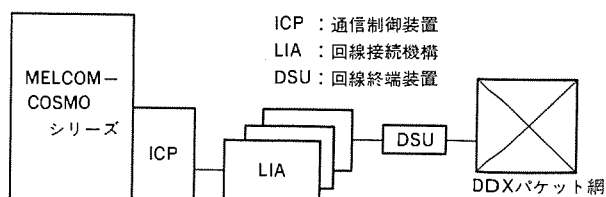


図2. DDX網接続構成

表 1. DDX 網接続インタフェース仕様

形 名	B 7821	
機 器 名	回線接続機	
適 用 回 線	回線交換網	パケット交換網
通 信 方 式	半二重/全二重	同 左
同 期 方 式	調歩式/同期式/フレーム同期式	フレーム同期式
符 号 単 位 数	8 単位	同 左
通 信 速 度	200 b/s, 300 b/s, 1,200 b/s, 2,400b/s, 4,800b/s, 9,600b/s, 48 K b/s	2,400b/s, 4,800b/s, 9,600b/s, 48 K b/s
接 続 形 態	PNP-1100	
(1) 物理的条件	ISO 標準 IS 4903	同左又は JIS C 6361
(2) 電気的条件	CCITT 勧告 V. 11	同左又は V. 28
(3) 接続回路動作	CCITT 勧告 X. 20, X. 21	同左又は V. 24
(4) 制御手順	Basic, BSC, HDLC, COC	CCITT 勧告 X. 25

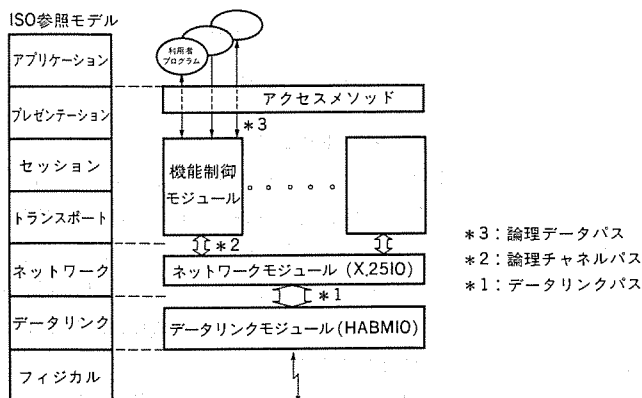


図 3. ソフトウェアモジュール構成

とのパケットデータの通信処理を行う。上位モジュールに対して複数の論理チャネルバスを提供し、データパケットの送受信サービスを行う。

(3) 機能制御・モジュール

このモジュールは、利用者プログラムに対して相手利用者プログラム、あるいは端末操作員との間で論理データの通信機能を提供する。ISO (国際標準化機構) の参照モデルと対比すると、トランスポート、セッション及びプレゼンテーションレイヤの機能を包含した形で実現している。

4. サポート形態

4.1 日本語ワークステーションシステム

日本語ワークステーションは《MELCOM-COSMO シリーズ》をホスト計算機として、容易に日本語情報処理を利用できるシステムである。従来、遠隔地の日本語ワークステーションは特定回線を用い、BSCポーリング手順によって通信していたが、DDXパケット網の普及に伴い、このサポートを実現した。

(1) サポート機能

従来の利用者インタフェースを踏襲しているため、プログラムインタフェースとワークステーション（端末：CRT、プリンタ）操作は、接続形態（特定回線、DDXパケット網など）を全く意識する必要はない。したがって、従来と同様に、以下の機能を利用できる。

- (a) TSS 機能
- (b) オンライントランザクション 機能
- (c) 日本語端末 サポート 機能

(b)では、TIMS(Transaction Information Management System),

CIMS(Customer's Information Management System) を、(c)では WSS(Work Station System) などが利用可能である。

(2) 実現方法

《MELCOM-COSMO シリーズ》はホスト計算機として、DDXパケット網を経由し、クラスタ形コントローラ（以後、コントローラと呼ぶ）と通信する。コントローラは日本語ワークステーションの入出力、状態を管理する。このコントローラは《MELCOM-COSMO シリーズ》同様、パケット形態端末 (PT) として、DDXパケット網に加入する。

このサポートシステムは、コントローラ下の端末のデータを管理する機能制御のモジュール（図 3. 参照）で実現している。

この機能制御モジュールは次の機能を提供している。

(a) 各端末ごとの動作を管理する。論理チャネルの接続後、コントローラ下の各端末との論理データバスの接続・切断を管理する。また、端末ごとの状態変化（ハードウェアエラー、データストリーム異常、プリンタ紙切れなど）を上位の利用者プログラムに伝える。

(b) 端末の画面管理を行う。利用者は、端末画面のレイアウトなどの管理を自ら行うことも、システムの提供する画面管理機能を利用することもできる。後者の場合、機能制御モジュールがこれを行う。

(c) 外字処理を行う。端末ごとに保持している漢字フォントデータ中にない漢字コード（外字コード）の出力要求があった場合、ホスト計算機中のフォントデータファイルを検索し、端末へ送信する。

(3) データ形式

機能制御モジュールで使用されるメッセージの形式を図 4. に示す。これらのメッセージはデータパケットとして送受信される。

(a) 論理データバス番号

コントローラ下の端末を識別する番号である。

(b) メッセージ ID

メッセージの種類を表す。メッセージの種類を表 2. に示す。

(c) データ

データ部にはメッセージIDに従って各種情報が含まれる。

各メッセージは、その送信要求発生時にのみ送信され、従来のようなポーリングデータ、セレクトイングデータは送信されない。このように機能制御レベルは、パケットのもつ料金の従量制という特長を生かした手順になっている。

(4) システム例

図 5. に日本語ワークステーションシステムを全国各地に配置し、物流オンライン業務を行っている例を示す。

4.2 リモートステーションサービス (IRSS)

これは《MELCOM-COSMO シリーズ》を DDXパケット網を介し、複数台接続可能なネットワークシステムである。ステーション《MELCOM-COSMO シリーズ》間には一つの論理チャネルで接続され、複数のプログラムの同時並行的なデータ伝送が可能である。これにより利用者は、データ伝送路の有効利用、各種端末の多目的利用及び応用プログラムの共用など IRSSネットワーク内の資源を有効に利用することができる。

(1) サポート機能

サポート機能を図 6. に示す。



図 4. 日本語ワークステーションシステム機能制御モジュールメッセージ形式

表 2. 日本語ワークステーションシステムでのメッセージの種類と内容

メ ッ セ ー ジ	内 容
コマンドメッセージ (CMD)	端末への出力データ
レスポンスメッセージ (RSP)	端末からの入力データ
端末状態メッセージ (STS)	端末状態 (プリンタ紙切れ, 外字発生など) の通知
接続要求メッセージ (CRQ)	論理データベースの接続要求
通番リセット要求メッセージ (CEN)	コマンド, レスポンスの通番リセット要求
通番リセット完了メッセージ (CEC)	コマンド, レスポンスの通番リセット完了通知
再送要求メッセージ (CUD)	メッセージ再送要求
処理完了メッセージ (ACK)	端末での処理完了の通知 (特に CMD で要求された場合のみ)
切断メッセージ (CDC)	端末が論理的に LOCK されている場合など, 通信続行不能の通知

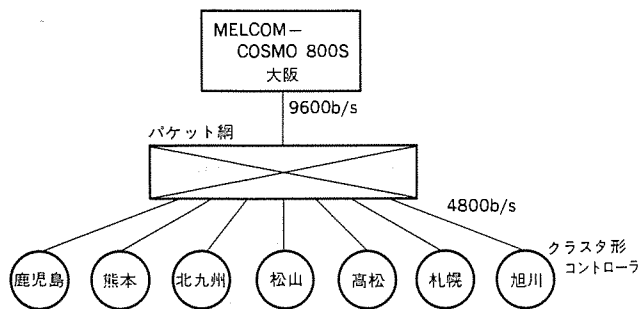


図 5. 日本語ワークステーションサポート例

(a) TSS 機能

各ステーションに接続している各種端末から、ネットワーク内の任意のホスト計算機の TSS が利用できる。

(b) RJE 機能

ネットワーク内のステーション間で相互にリモートバッチサービスが利用できる。

(c) プログラム間通信

ネットワーク内のプログラム間でメッセージの通信ができる。

(d) オンライントランザクション機能

各ステーションの端末利用者は、ネットワーク内のステーションが持つトランザクション処理システムのサービスが利用できる。更にトランザクション処理システム間での相互サービスも可能である。

(e) ファイル転送

ステーション間でファイル転送を行うことができる。

(2) 実現方式

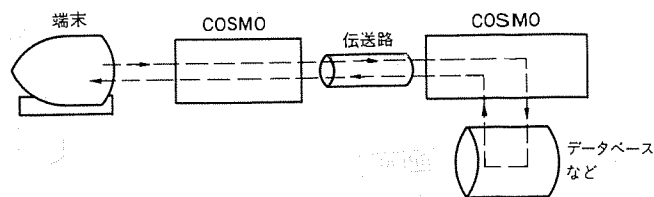
一つの論理チャネルを多種の利用形態で同時に利用可能とするため、複数の独立した論理データベースを割り付けている。各応用プログラムは、この論理データベースを使ってデータ伝送を行うことができる。データのパケット化に際しては図 7. に示すように、個々の論理データベースからのデータを一まとめ (ブロック化) にしている。これにより少量のデータであっても効率よくパケット化され、パケット量 (料金) の削減が図れる。

(3) メッセージの種類

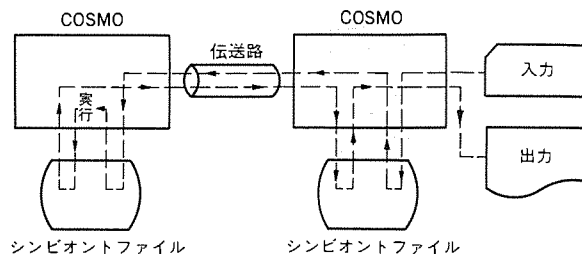
DDX パケット網を流れるメッセージは、利用者メッセージとシステム・メッセージがある。

(a) 利用者メッセージ

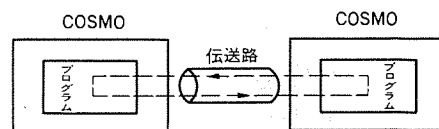
このメッセージは論理データベースからのデータにあて先や長さ、属性



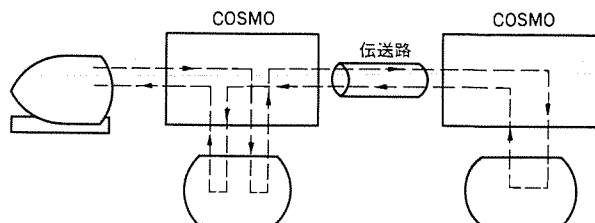
(a) TSS 機能



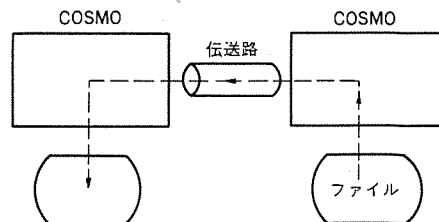
(b) RJE 機能



(c) プログラム間通信



(d) オンライントランザクション機能



(e) ファイル転送

図 6. IRSS のサポート機能

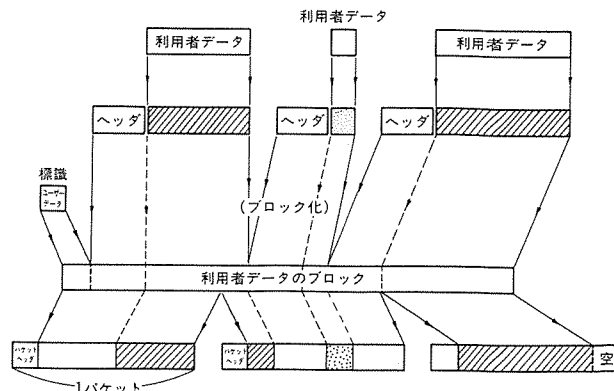


図 7. IRSS の利用者データのブロック化

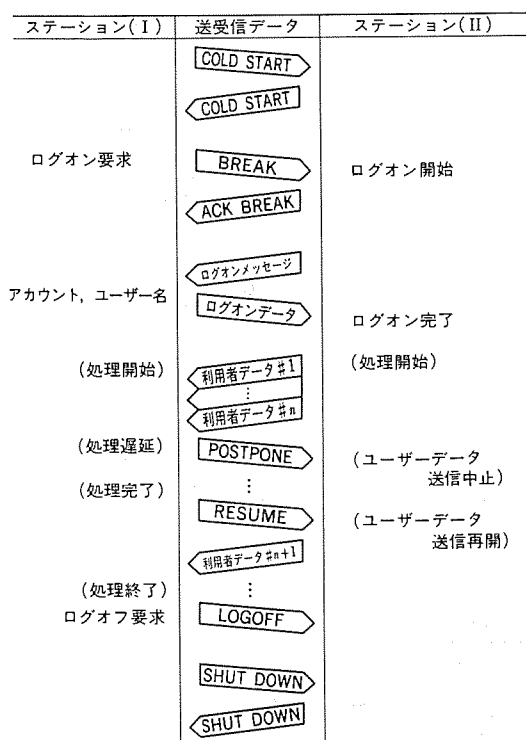


図 8. IRSS のメッセージの流れ

表 3. IRSS のシステムメッセージの種類と内容

メッセージ種別	内 容
COLD START	ステーションの開始、接続相手の活性化
SHUT DOWN	ステーションの停止
BREAK	割込信号
BREAK-II	割込信号 (論理データベースの形式を含む)
4 BREAKS	プログラムステップの強制終了
ACK BREAK	BREAK-I, BREAK-II, 4 BREAKS に対する肯定応答
NAK BREAK	BREAK-I, BREAK-II, 4 BREAKS に対する否定応答
LOGOFF	ログオフ信号
POSTPONE	送信一時停止
RESUME	送信再開

を含んだヘッダを付加したものである。

(b) システムメッセージ

システムメッセージを表 3. に示す。これらにより IRSS の開始と停止、論理データベースの流量制御、非同期割込みなどの制御が行われる。

これら 2 種のメッセージを相互に送受信することにより、図 6. に示したサービスが行われる。図 8. に TSS 処理のデータ通信例を示す。

- ・ COLD START メッセージを交信することにより、ステーションの活性化を行う。
- ・ ログオンメッセージの交信により、TSS が利用可能となる。

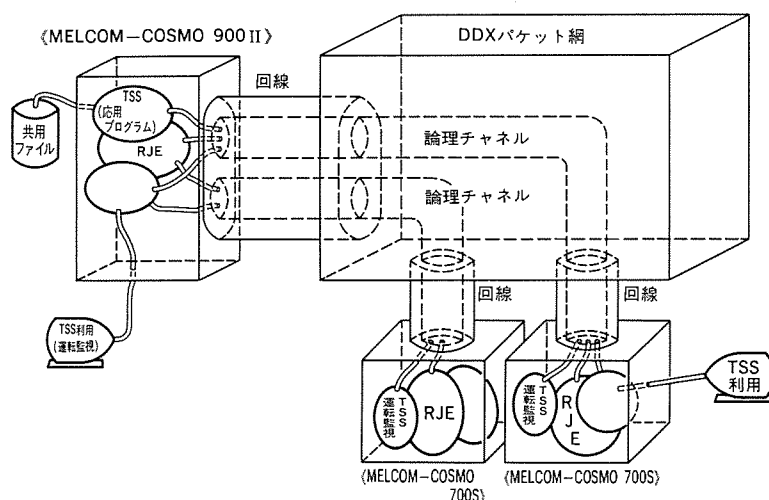


図 9. リモートステーションサービスのサポート例

- ・ 通信相手からのデータの処理が滞り一定量以上のデータが蓄積されると、POSTPONEメッセージを送りデータ送信を停止させる。
- ・ 蓄積されたデータが処理されると、RESUMEメッセージを送り送信抑止を解除する。
- ・ 相手ステーションのTSSサービスを終了するには、LOGOFFメッセージを送る。
- ・ SHUT DOWNメッセージを交信し、IRSSを停止させる。

リモートステーションシステムの例を図 9. に示す。このシステムでは、《MELCOM-COSMO 700 S》に接続している端末から《MELCOM-COSMO 900 II》のTSS、RJEのサービスを利用する。これによりプログラム及びデータは、《MELCOM-COSMO 900 II》に存在すればよい。また《MELCOM-COSMO 900 II》では、運転状況を監視するため、各《MELCOM-COSMO 700 S》のTSS機能を利用している。

このようにこのシステムでは、ネットワーク内でプログラムとデータなどの資源の共有化を図ると共に、運転管理を一つのステーションで集中的に行っている。

5. む す び

以上、《MELCOM-COSMO シリーズ》における DDX 網サポート形態について紹介した。開発に当たっては、ISO の OSI (Open Systems Interconnection) や CCITT (国際電信電話諮問委員会) 及び郵政省推奨告示 CCNP (コンピュータコミュニケーションネットワークプロトコル) などの国内・外のネットワークプロトコルの標準化の動向を参考にして進めた。しかしオンラインシステムで使用するにはまだ仕様が固まっていないのが現状であり、一部当社独自のプロトコルを規定して実現している。今後は、上記関連機関の標準化の動向に合わせた機能拡張を実現し、高度情報化社会への柔軟な対応に努めていく所存である。

短・中距離用小形光デジタルリンク

金城 益夫*・近藤 澄夫*・中村 一郎**

1. ま え が き

現在、各分野でデジタルデータの伝送を光ファイバを用いて行う光通信システムの実用化が進んでおり、そのための多くのデジタル光送受信器の開発が行われている⁽¹⁾⁽²⁾。特に、最近、光ファイバの耐電磁誘導性、絶縁性に着目し、構内の機器接続、機器内配線などを目的として、数m～数kmの伝送距離で伝送速度が、比較的低速(数Mb/s(メガビット/秒)程度)の非同期データ伝送を行うための小形で低価格の光デジタルリンクの製品化の要求が強くなってきた。

今回、このような用途を対象にし、次の特長をもつ光デジタルリンクを開発・製品化した。

- (1) 受信器のダイナミックレンジが広く、使用する際の感度調整が不要である。
- (2) TTLインタフェースを持ち、TTL-ICと同一基板上に実装可能である。
- (3) 単一5V電源で動作する。
- (4) 伝送する符号形式に制約がない。

ここでは、これまで開発・製品化した、プラスチックファイバを用いて50mのデータ伝送を行うもの、石英ファイバを用いて5kmのデータ伝送を行うもの、この2種類の光デジタルリンクについて、その構成、性能について述べる。

2. プラスチックファイバ用光デジタルリンク

2.1 構 成

プラスチックファイバは、光が伝搬する部分であるコア径が約1mmであり、石英ファイバに比べて数十倍大きい。そのため、光源との結合が容易であり、低価格の光源が使用でき、かつ接続用光コネクタの方法精度も石英ファイバ用に比べて緩やかでよく、光コネクタの組立も容易である。また、ファイバ自体も低価格である。ただし、伝送損失の最小となる波長0.5～0.7 μ mにおいても約300dB/kmの損失があるため、用途は短距離の伝送に限られる。したがって、プラスチックファイバを用いたデータ伝送は、伝送距離は数十mでよいが、伝送路に電磁誘導雑音に強いことや絶縁性が要求される用途に適している。伝送速度は、1Mb/s以下で非同期のデータ伝送を行うことが多い。

このような条件で使用される光デジタルリンクには、①小形、低価格であること、②使用する際の感度調整などが不要であること、③伝送する符号に制約がないこと、などが要求される。小形、低価格にするには、部品点数が少なく調整のいらない回路とする必要がある。使用する際の調整を無くすためには、受信器の光受信電力のダイナミックレンジが大きいことが必要である。伝送符号の制約を受けないようにするには、直流信号から伝送できることが必要である。これらを満たす有力な手段として、入力信号を符号化する方法がある。非同期信号を符号化する方法はいくつかあるが、伝送速度が1Mb/s(NRZ)以下と低速であるため、ここでは図1.(a)に示すように、入力信号が高レベルになったときのみパルス列を発生させる方法を採

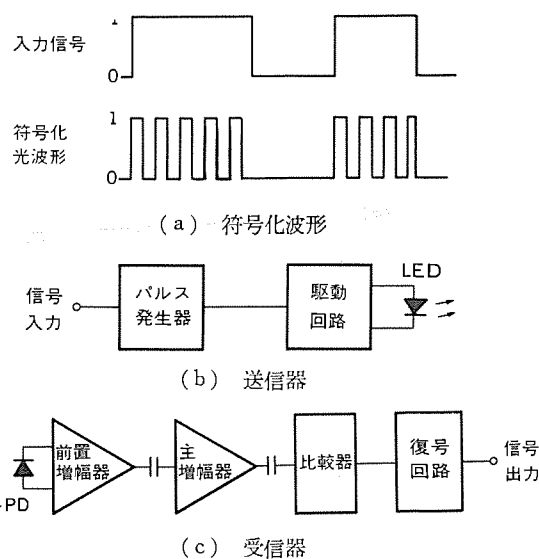


図 1. 符号化波形とブロック図

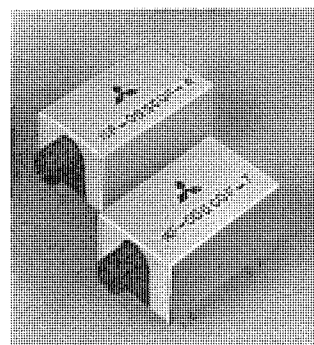


図 2. プラスチックファイバ用光デジタルリンクの外観

用した。この方法は、受信器でパルス列の有無を検出するだけなので、受信機の増幅器の出力信号がはずんでいても再生パルスにはほとんど影響を与えない。したがって、自動利得制御(AGC)回路や自動しきい値制御(ATC)回路を使用しない簡単な回路でも、実用上十分な光受信電力のダイナミックレンジが確保できる。

このデジタルリンクのブロック図を図1.に示す。送信器は入力信号が高レベルのときのみパルス列を発生するパルス発生器と、駆動回路及び発光素子からなる。伝送路はプラスチックファイバを想定しているので、伝送損失の波長特性を考慮して光源には発光波長0.66 μ mの発光ダイオード(LED)を選んだ。受信器は、増幅器、比較器及び復号回路からなる。受光素子にはシリコンフォトダイオード(PIN-PD)を使用している。増幅器は交流結合しているため温度安定性に優れている。また、AGC回路、ATC回路を使用していないので、急激な光受信電力の変化に対しても安定に動作する。回路はセラミック基板上にHICとして構成し、パッケージに収納している。電源は単一5Vである。図2.に外観を示す。

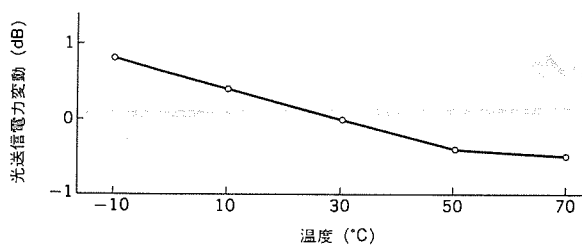


図 3. 光送信電力の温度変動

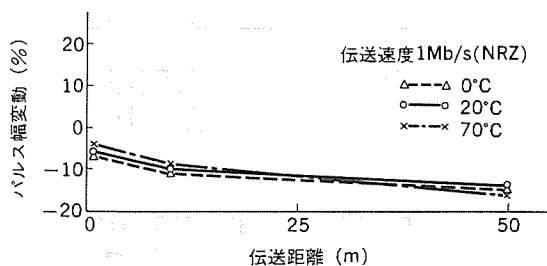


図 4. 伝送距離とパルス幅変動

表 1. プラスチックファイバ用光デジタルリンクの主要性能

項 目	送 信 器	受 信 器
伝 送 速 度	DC~1 Mb/s (NRZ)	
光 送 信 電 力 (dBm)	-8	—
光 受 信 範 囲 (dBm)	—	-7~-28
伝 送 距 離 (m)	50 以上 (EH 4001 使用) *	
符 号 誤 り 率	10^{-9} 以下	
パルス幅変動 (%)	20 以下	
電 源 電 圧	$5V \pm 5\%$	
使 用 温 度 (°C)	0~70	
外 形 寸 法 (mm) (W×D×H)	17×24×12**	

注 * EH 4001 (プラスチックファイバ): 三菱レーヨン製

** 突起部を除く

2. 2 性 能

送信器の入力に 1 Mb/s(NRZ) の信号を印加したときの光送信電力は、プラスチックファイバ EH-4001 (三菱レーヨン製) を使用したとき -8 dBm である。図 3. に光送信電力の温度特性を示す。0~70°C の温度範囲に対して、光送受信電力の変動は約 1 dB に収まっている。

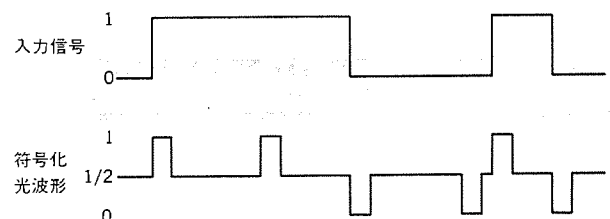
伝送速度 1 Mb/s(NRZ) の信号を、送信器からプラスチックファイバ EH-4001 を介して受信器へパルス信号を送達させたとき、送信器の入力パルス幅に対する受信器の出力パルス幅の変動を図 4. に示す。伝送距離 50 m 以下でのパルス幅変動は 15% 以下であった。また、温度 0~70°C、電源電圧変動 $5V \pm 5\%$ の範囲においてもパルス幅変動は 18% 以下であり、目標値を確保できた。更に、伝送距離 50 m 以下での符号誤り率も 10^{-9} 以下であった。

この光デジタルリンクの主要性能を表 1. に示す。プラスチックファイバ EH-4001 を使用したとき、50m 以下の伝送距離で DC~1 Mb/s (NRZ) の任意符号が伝送可能である。

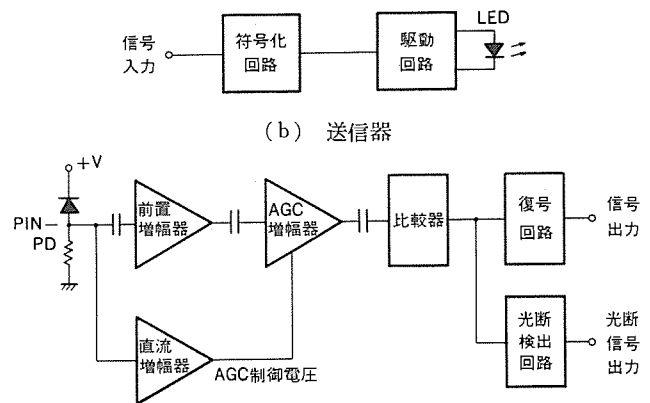
3. 石英ファイバ用光デジタルリンク⁽³⁾

3. 1 構 成

石英ファイバはプラスチックファイバに比べて伝送損失が小さく、0.8 μm 帯での伝送損失は 3 dB/km 程度である。このため、石英ファイバは数 km の距離のデータ伝送に使用され、これに使用する光デジタル



(a) 符号化波形



(c) 受信器

図 5. 符号化波形とブロック図

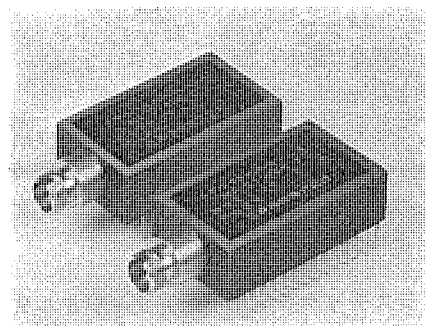


図 6. 石英ファイバ用光デジタルリンクの外観

リンクはプラスチックファイバ用に要求される事項に加え、更に最小光受信電力が低くとれること、光受信電力のダイナミックレンジが広くとれることが要求される。

ここでは図 5. (a) に示すように、非同期信号が伝送可能で AGC が容易な 3 値符号化法を採用した。この 3 値符号化法は、入力電気信号の立上りで正のパルスを、立下りで負のパルスを発生し、一定期間以上入力電気信号の極性が反転しない場合は、直前に発生したパルスと同極性のパルス (リフレッシュパルス) を発生する方法である⁽⁴⁾。光で 3 値符号を実現すると、光が出ない場合、光出力がピーク値の半分の場合、光出力がピークの場合の 3 段階になる。符号化パルスが無い場合は、ピーク値の半分の光が常にでていることになる。信号伝送速度は最大 2 Mb/s(NRZ) を目標にした。

このデジタルリンクのブロック図を図 5. に示す。送信器は入力信号の高低に応じてパルスを発生するパルス発生器と、パルス合成器からなる符号化回路、駆動回路及び発光素子からなる。発光素子は発光波長が 0.8 μm 帯の LED である。受信器は PIN-PD、前置増幅器、AGC 増幅器、比較器、復号回路及び光断検出回路からなる。このデジタルリンクの送信器からは常に光が出ているので、受信光電力の変化に対して増幅器の出力振幅を一定にする AGC 回路は、回路構成を簡単にするため受光素子の出力に現れる光受信電力の平均値に

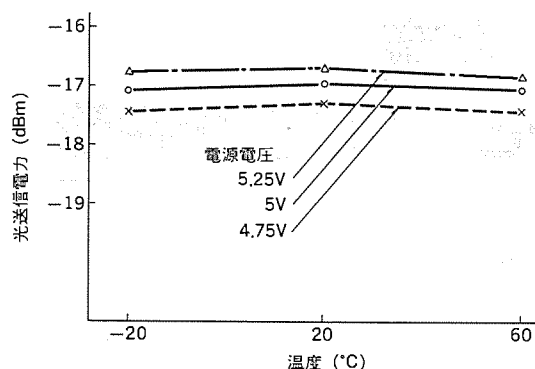


図 7. 光送信電力

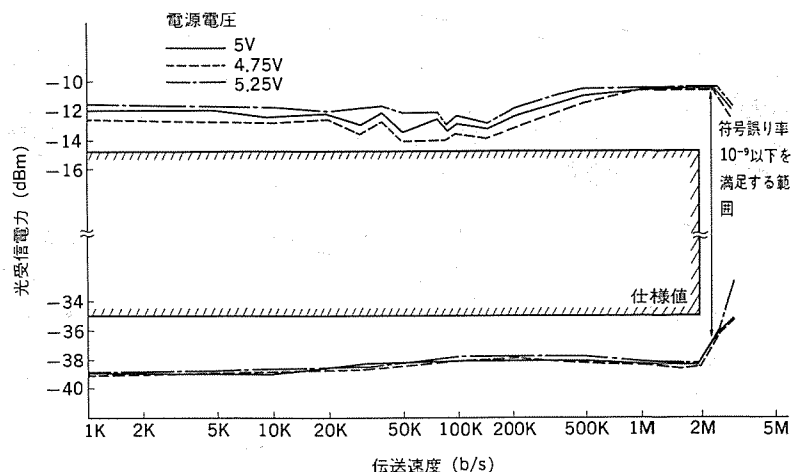


図 8. 受信範囲

表 2. 石英ファイバ用光デジタルリンクの主要性能

項 目	送 信 器	受 信 器
伝 送 速 度	DC~2 Mb/s (NRZ)	
光 送 信 電 力 (dBm)	-18*	—
光 受 信 範 囲 (dBm)	—	-15~-35
符 号 誤 り 率	10 ⁻⁹ 以下	
パルス幅変動 (%)	20 以下	
電 源	5 V±5%	
使 用 温 度 (°C)	-20~+60	
外 形 寸 法 (W×D×H) (mm)	22×40×11**	

注 * コア径 50 μm, NA=のグレーデッドインデックスファイバを使用したとき。

** 突起部を除く

比例した電圧で増幅度を制御する開ループ AGC を採用した。増幅器は交流結合されている。増幅された信号は、波形整形回路と復号回路により元のデジタル信号に復号される。また、波形整形出力パルスの有無により、光信号の有無を検出する光断検出回路が備わっている。回路はセラミック基板上に HIC として構成し、パッケージに収納している。外観を図 6. に示す。

3.2 性 能

送信器の入力に 2 Mb/s (NRZ), マーク率 1/2 の信号を印加したときの光送信電力は、コア径 50 μm, NA=0.2 の GI ファイバに対して -18 dBm 以上である。温度 -20~+60°C, 電源電圧変動 5 V±5% に対する光送信電力の変動を図 7. に示す。温度による変動は 0.2 dB 以下であり温度安定性が良い。電源電圧による影響は、4.75 V での光送信電力が 5 V に対して 0.35 dB 低下するのみである。

図 8. に、符号誤り率 10⁻⁹ を満足する最大光受信電力と、最小光受信電力の伝送速度による変化を示す。伝送速度 500 Kb/s 以下で最大光受信電力が小さくなっているのは、符号化波形を受信器で受信した場合の直流分変動が大きくなるためである。伝送速度 10 Kb/s 以下では、光受信レベルの伝送速度依存性はほとんどない。温

度による影響は、-20~+60°C の温度範囲で最小光受信電力が 0.5 dB 増加するのみである。受信波形のパルス幅変動は 15% 以下とすることができた。

このデジタルリンクの主要性能を表 2. に示す。送受間レベル差が 17 dB あるので、伝送損失 3 dB/km の光ファイバを使用すれば約 5 km 以上の伝送が可能である。

4. む す び

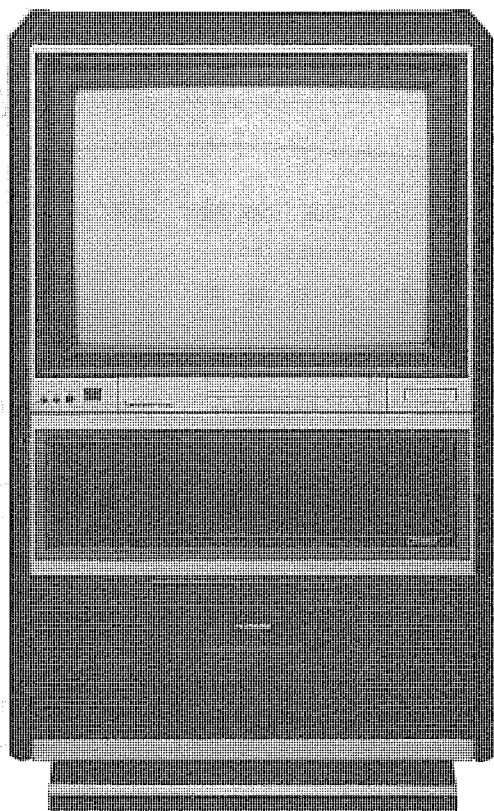
以上、開発、製品化した光デジタルリンクの構成と性能について述べた。この光デジタルリンクの開発においては、特に小形化、低価格化を目標にし、その結果、大きさ、価格とも従来品の数分の一に低減できた。

今後の課題としては、より一層の小形化、低価格化を図るためにモノリシック IC 化を行う必要がある。また、このような光デジタルリンクに合わせるために、光コネクタの小形化、低価格化を一層進めて行きたいと考える。

参 考 文 献

- (1) 近藤ほか：光ファイバ伝送用部品の製品化，三菱電機技報，55, No. 3, P. 175 (昭 56)
- (2) 北山ほか：デジタル光送受信器 MF-DS シリーズ，三菱電機技報，55, No. 3, P. 180 (昭 56)
- (3) 中村，近藤：HIC 化デジタル光送信／受信モジュール，昭和 58 年度電子通信学会総合全国大会，2203
- (4) W. W. BROWN et al : System and circuit consideration for integrated industrial fiber optics data links, IEEE trans. COM. Vol. COM-24, No. 7 (1978-7)

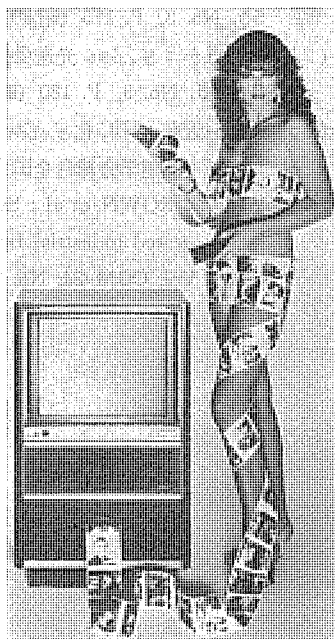
テレビプリンター内蔵 三菱カラーテレビ 21C675P形



VTRやビデオディスク、それにパソコン・文字多重放送など放送の多様化が急速に進んでいます。これらの情報のなかでハードコピーとして記録しておきたいものが増大しています。このような時代的ニーズにお応えして新登場したのが、感熱式デジタルテレビプリンター内蔵三菱カラーテレビ

(21C675P)です。テレビ画面をその場で鮮明にプリントすることができます。

また、テレビのAV端子・VTRと接続することにより、ハードコピーが可能なテレビプリンターSCT-P50形を昨年12月上旬に新発売しました。



特長

〈プリンター部〉

●映像メモリング機能

(1)音の静かなサーマルプリンター(感熱式)が、1コマ(100×84mm)を15秒で高速プリントします。

(2)テレビ画像を16段階の明度差に分けて写しだす高解像度(280×234ドット)のプリンターです。

(3)コントラストは濃・中・淡の3段階に切換えてきます。

●使いやすさを追求した諸機能を装備

(1)文字や数字のプリントに便利な白黒画像反転機能つきです。

(2)パソコンからのプリント時などに便利な上下画像反転機能つきです。

(3)同じ画像が同時に何枚でも必要なだけプリントできる複数コピー機能つきです。

●経済的なプリント

プリント用紙は25mロールの特殊感熱紙。1ロールで220画面がプリントでき、1枚当りのコストは3.6円です。

〈カラーテレビ部〉

●21形・角形平面ブラウン管の採用

(1)20形の大きさで画面は21形の広さ。四スミが直角に近い角形。見やすいワイドな平面ブラウン管です。

(2)三菱ブルーHF管とクシ形フィルターの採用により高忠実色ハイコントラストな鮮明画像です。

●ニューメディアに対応するAV端子

(1)VTR・ビデオディスク・ビデオカメラとの接続に便利なテレビ出力端子・ビデオ入力端子つきです。

(2)文字多重アダプタが接続できる21Pマルチ入力端子つきです。

●画面表示

画面にチャンネル・音量・TV/VTR入力切換え・音声切換えなどをデジタルサイン(4色)で表示します。

●2ウェイ4スピーカーの音声多重内蔵

仕様

電 源	AC100V 50/60Hz
消 費 電 力	139W
音 声 出 力	5W+5W
ア ン テ ナ	VHF75Ω不平衡型、UHF200Ω平衡型
ブラウン管の大きさ	幅41.2cm×高さ31.1cm
ス ピ ー カ ー	10cm丸形 2個、3.5cm丸形 2個
映 像 入 力	1.0V _{PP} 75Ω(同期負極性)
映 像 出 力	1.0V _{PP} 75Ω(同期負極性)
音 声 入 力	150mVrms ハイインピーダンス(標準)
音 声 出 力	150mVrms ローインピーダンス (400Hz 30%変調時)
マルチ入力端子	角形21P
文字多重プリント入力端子	丸形8P
外 形 寸 法	幅57cm×高さ90.3cm×奥行51cm
重 量	51.5kg

高速大容量サイリスタモータ《MELDRIVE》

柏野 栄三*・小鍛 治稔**・村井 幸雄**・福盛 久**・池見 克二**

1. ま え が き

高速大容量サイリスタモータ《MELDRIVE》は、石油化学プラント、ガス圧送ステーションなどに使用される高速大容量コンプレッサ、ブロワなどの可変速駆動用として、最新のエレクトロニクス技術と電動機技術のもとに開発した可変速駆動装置である。高速大容量コンプレッサ、ブロワは、従来、機械式駆動装置により駆動されているケースが多かったが、機械式駆動装置は、効率が低い、保守が必要、据付けに手間がかかるなどの難点があり、他の駆動方式の実用化が待たれていた。この高速大容量サイリスタモータ《MELDRIVE》は、機械式駆動装置にとって代るものであり、次の特長をもっている。

- (1) システムとして高効率であり、ランニングコストが安価である。
- (2) 可変速による最適動作点が選べ、省エネルギー運転が可能である。
- (3) 機械駆動方式に比べて消耗部品がなく、保守点検が容易である。
- (4) 高速大容量電動機が製作可能でギヤが不要である。
- (5) 機械駆動方式に比べて軽量であるため、据付けスペース、基礎構造、据付け工事などで有利である。
- (6) 防爆区域などの雰囲気にも容易に適用が可能である。

高速大容量サイリスタモータ《MELDRIVE》の適用範囲を図1.に示す。

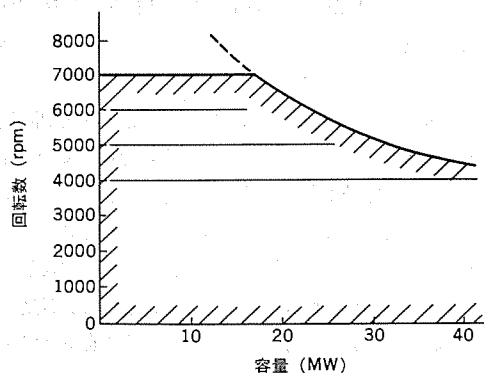


図 1. サイリスタモータ 適用範囲

2. サイリスタモータ概要

高速大容量サイリスタモータは、図2.に示すように、遮断器、入力変圧器、変換装置、同期電動機から構成される。主要機器の概要は次のとおりである。

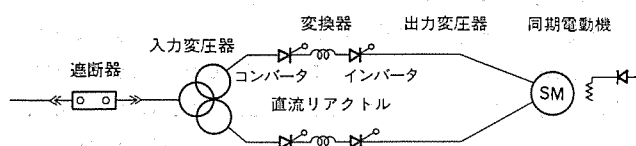


図 2. システム 構成

(1) 変換装置

変換装置はトルクリプル及び電源高調波を低減させるため、2対のコンバータ、インバータにより12相構成としている。制御回路には、マイクロコンピュータを用いた完全デジタル制御を採用して、高精度、高性能制御を可能としている。

(2) 同期電動機

同期電動機は変換装置による高速運転を考慮して、次のような基本方針を採用した。

- (a) 高速運転時の遠心力に耐えるため、円筒形回転子の採用
 - (b) トルクリプルを低減するため、固定子に2巻線方式の採用
- 同期電動機の励磁方式は保守性を考慮して、ブラシレス方式を採用した。

3. サイリスタモータの原理

サイリスタモータは、同期電動機と他励インバータを組み合わせた可変速システムである。その基本回路を図3.に示す。コンバータにより、商用周波数の交流電源から直流電流を得て、その直流電流をインバータにより任意の周波数の交流電流に変換して同期電動機を駆動する。インバータは他励インバータであり、転流補助回路を必要としないため、基本的にはコンバータと同一回路構成である。インバータの転流のエネルギーは、同期電動機から供給する。

他励インバータは同期電動機を可変速運転するため、次のような条件を必要とする。

- (1) 電動機は進み位相で運転できること。
- (2) インバータの周波数は、電動機電圧(速度)と同期していること。

(1)の条件は、図4.から明らかなように転流が行われる時点で、ターンオフされるサイリスタが逆バイアスになる条件と同じであり、これは、電動機が同期電動機であることから容易に実現できる。

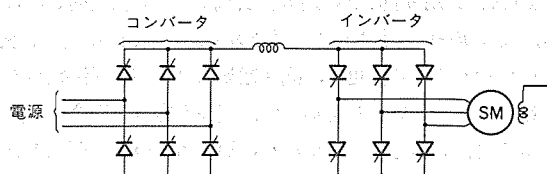
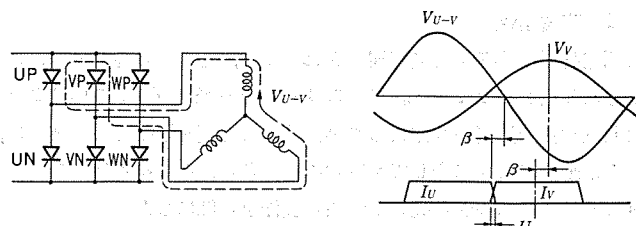


図 3. サイリスタモータ 基本回路



注 V_{U-V} 、 V_V は 150° の位相差のある正弦波で、かつ、 V_{U-V} は V_V の $\sqrt{3}$ 倍の大きさである。

図 4. UP→VP の転流

(2)の条件は、各転流ごとに電圧と電流の位相関係を満足させるために必要な条件である。この同期をとるために、電動機の回転子に直結した分配器(回転子位置検出装置)や電動機誘起電圧波形が利用される。

出力側のケーブルや電動機巻線の利用率を良くするためには、出力力率を上げ、出力kVAはできるだけ小さくすることが望ましい。したがって、出力力率角に相当するインバータの進み角 β は、転流のための必要最小限の値とする。

モータの速度は、コンバータとインバータの直流電圧の相関関係によって決定される。インバータの直流側電圧は、 $-\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_M \cdot \cos(\pi - \beta)$ で求められる(V_M :電動機の誘起電圧)。電動機の電圧/周波数(速度)が一定であれば、電動機速度 ω を使って $V_M = K_\omega \cdot \omega$ で表される(K_ω :比例定数)。一方、コンバータの直流出力電圧は、 $\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_S \cdot \cos \alpha_c$ で与えられる(V_S :電源電圧、 α_c :コンバータの点弧遅れ角)。これから、

$$\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_S \cdot \cos \alpha_c = -\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot K_\omega \cdot \omega \cdot \cos(\pi - \beta) + \Delta V \dots (1)$$

但し、 ΔV :回路インピーダンスによる電圧ドロップ

となり、 ΔV を無視すると、

$$\omega = \frac{V_S}{K_\omega} \cdot \frac{1}{\cos \beta} \cdot \cos \alpha_c \dots (2)$$

となる。通常、 $\cos \alpha_c$ 以外は一定となるので、速度は α_c によって決まることになる。なお、インバータの周波数は、電動機の速度に合った周波数に、独立に、制御する。

電動機のトルク T は、 $T = P/\omega$ により決まる。ここで、損失を無視すれば、 P は電動機入力、すなわちインバータ入力電力であるから、トルクは、

$$T = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot K_\omega \cdot \omega \cdot \cos \beta \cdot I_D / \omega = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot K_\omega \cdot \cos \beta \cdot I_D \dots (3)$$

但し、 I_D :直流電流

となる。通常、 I_D 以外は一定となるので、トルクは直流電流に比例する。この直流電流の大きさは、コンバータ出力電圧とインバータ側の入力電圧との間に存在する偏差電圧 ΔV と回路インピーダンスにより決まる。したがって、直流電流の制御も主として、コンバータの点弧遅れ角 α_c の操作によって行われる。

高速大容量の用途に対して、変換装置は12相構成として多重化している。インバータ用サイリスタの逆バイアス時間は、12相変換装置の場合、 $30^\circ - u$ 、又は $\beta - u$ の小さい方の値となる。このため、逆バイアス時間は一般に短くなる。更に、高速運転による高い周波数特性を考慮しなければならない。したがって、高速大容量の用途には、高耐圧、大電流で、しかもターンオフタイムの短いサイリスタが要求される。

4. 同期電動機

4.1 高信頼性

同期電動機は高速で可変速運転されるため、その信頼性の確保には十分な配慮が必要である。当社の2極タービン発電機、あるいは2極同期電動機の豊富な製作実績に裏付けされた高速回転機設計技術は、この電動機の計画に際しても有効に適用され、あらゆる使用条件に対して極めて信頼性の高い電動機の製作を可能にした。

以下にこの電動機の開発に適用した主要解析手法、あるいは実験手法とそれらの結果の概要を紹介する。

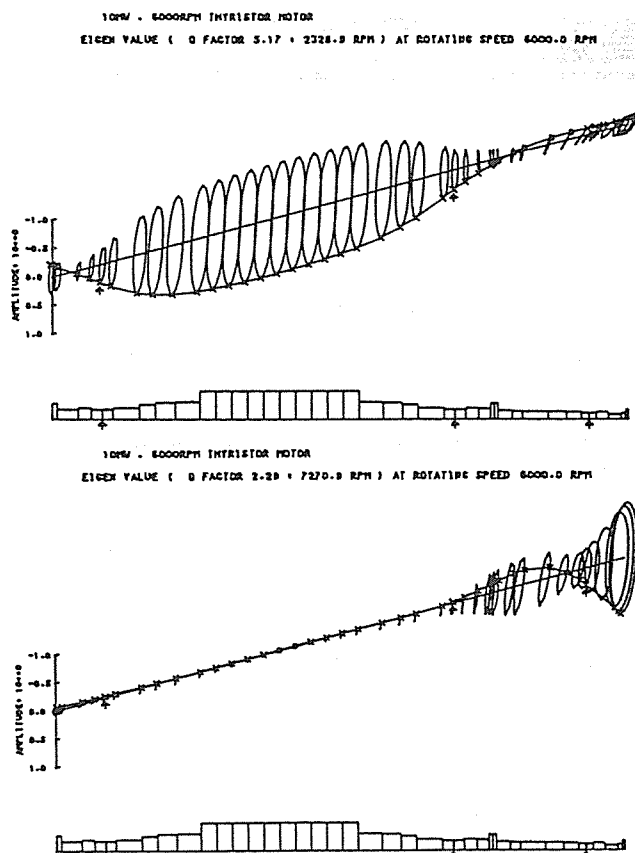


図 5. 横振動解析例(モード図)

4.1.1 振動解析

可変速制御による広範囲な運転回転数全域にわたって有害な振動の発生を回避しなければならず、また高速回転時の軸受油膜の安定性も確保しなければならない。これらの検討は複素固有値横振動解析プログラムを用いて実施した。共振倍率を考慮した危険速度は高精度に予測され、軸系の設計へフィードバックすることができた。図5.は横振動モードの出力例を示す。

モデルテストと油膜特性解析の結果、軸受は電動機の使用回転数に応じてスリーブタイプとティルティングパッドタイプを使い分けることとした。サイリスタ変換装置から電源が供給されるため、トルクリプルによる軸系のねじり振動の解析も可変速電動機では重要な検討項目である。当社では、サイリスタ始動の2極同期電動機を多数製作納入しており、FMテレメータによる実機の軸挙動測定結果と解析結果が良く一致することを確認している。ポンプ、コンプレッサなどの被駆動機を含めた軸系での解析により、適切な安全率をもった設計が可能である。

4.1.2 強度検討

高速同期電動機は増速ギヤ、流体継手などを介さずに被駆動機に直結されるため、全体構成の簡素化など種々の利点をもっている。しかし、最高回転数は従来の2極機の定格速度をはるかに越えるため、回転子各部の強度検討は最重要項目である。

今回開発した10MW、6,000rpmのプロトタイプ機の主要部分の遠心力は、従来の2極同期機の100MW級のものに相当する。使用する強度部材は厳重な品質管理の下に製造され、強度解析は三次元有限要素法構造解析プログラムなどにより実施した。またこれを検証するために、各種材料での実体疲労試験を行った。これらの結果、大容量タービン発電機などに従来から使用されている高強度材料を本機にも適用することにより、新材料採用のリスクを解消して十分な

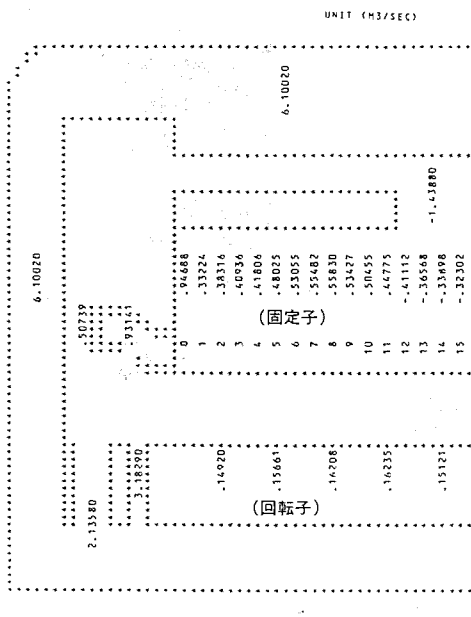


図 6. 通風解析例

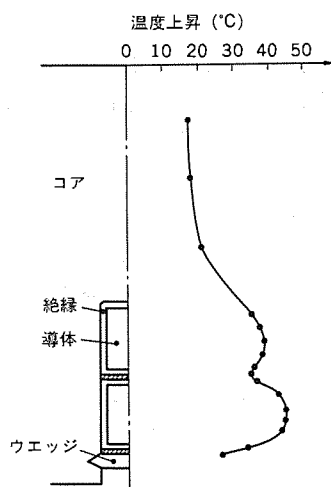


図 7. 固定子 コイル 温度解析例

安全率を確保した設計が可能となった。

4. 2 高効率化

プラントの経済性を考慮して高効率化の検討を詳細に行った。電磁気的損失としては、電源波形のひずみに起因する高調波損失、高調波電流及び磁束に起因する渦流損及びヒステリシス損、機械的損失としては高速回転による風損、摩擦損などが高速可変速電動機に特有のものである。これらの損失低減のため電機子導体素線の細分化、低損失薄板鉄心材料の採用、磁気回路周辺への非磁性材料の多用化、及び通風回路の最適化などを図った。また、高速回転時の風損を精度良く推定するため開発に先立ち、5,000 kW 級の発電機回転子による高速回転試験を実施し解析値との良い一致を得た。

電動機内の各回転数での通風、熱解析は、回転子と固定子を組み合わせることで詳細に通風熱回路網を模擬した総合解析プログラムにより実施した。これを目視確認するためプラスチックモデルを水中内で回転させ、流れの可視化試験も併せて実施した。図 6. は通風解析結果の出力例、図 7. は固定子 コイル の温度分布の解析結果を示す。

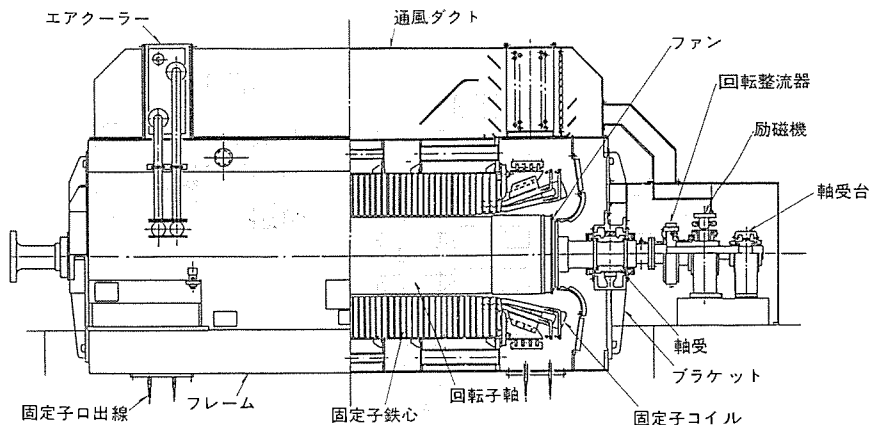


図 8. 構造断面図

4. 3 構造の特長

通風方式は空気冷却器搭載全閉内冷形を標準とし、防爆地域での使用、低騒音化などに考慮を払った。固定子はトルクリップを低減させるため 2 巻線方式を採用した。回転子は単一鋼塊から削り出された 2 極円筒形とし、リテニングリングには非磁性材を使用した。励磁機は、巻線形誘導発電機による完全ブラシレス逆相励磁方式を採用し、回転整流器との併用で低速回転での励磁供給を可能としている。図 8. に構造断面図を示す。

5. 変換装置

5. 1 変換装置の構成

変換装置は、コンバータ、直流リアクトル、インバータ、及び制御装置で構成する。変換装置の基本回路構成を図 9. に示す。コンバータ、インバータは、1 アームごとに閉鎖盤に収納した列盤構成としている。1 アームの回路構成を図 10. に示す。

変換装置は保守性を考慮して、一次風冷・二次水冷方式を標準としている。設置場所の雰囲気、電磁的ノイズなど、種々の環境条件

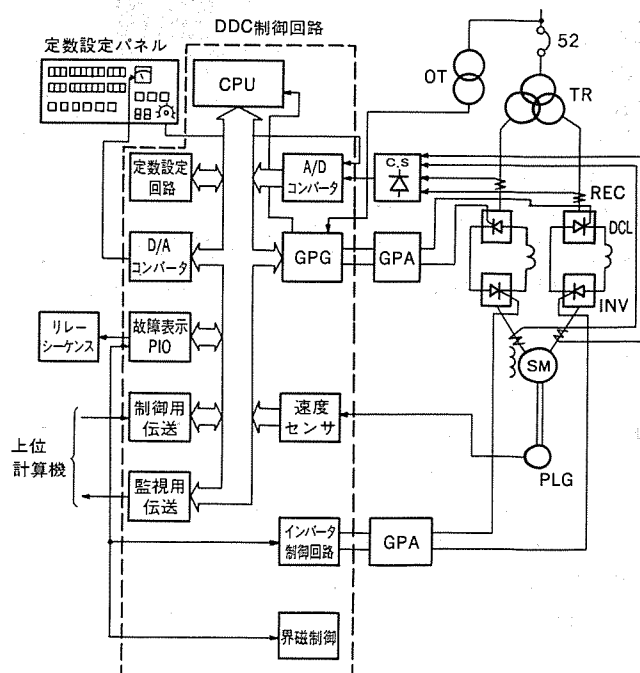


図 9. サイリスタモータ変換装置の構成

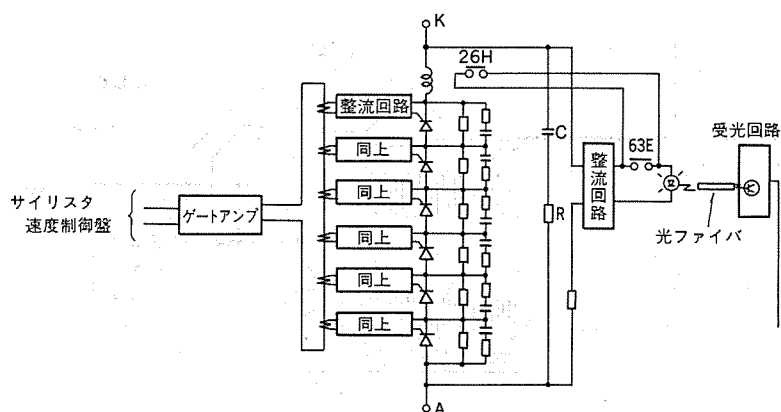


図 10. 整流回路 1アームの構成

表 1. サイリスタモータ用変換設備の形式

機器名称	形式		設置環境により選択する形式
	標準形式		
入力変圧器	油入自冷式		油入風冷 油入水冷
直流リアクトル	空 心 油入自冷式		乾式風冷, 乾式水冷 SF ₆ ガス絶縁ガス冷却(二次水冷)
サイリスタ 変換装置	サイリスタ素子	圧 接 形	光伝送電気点弧方式
	点弧方式	パルストランス 電気点弧方式	光直接点弧方式
	冷却方式	循環風冷 二次水冷方式	風冷排風方式 純水冷却(二次水冷又は風冷方式) フロン沸騰冷却(二次風冷又は水冷方式) SF ₆ ガス絶縁・ガス冷却方式(二次風冷方式)

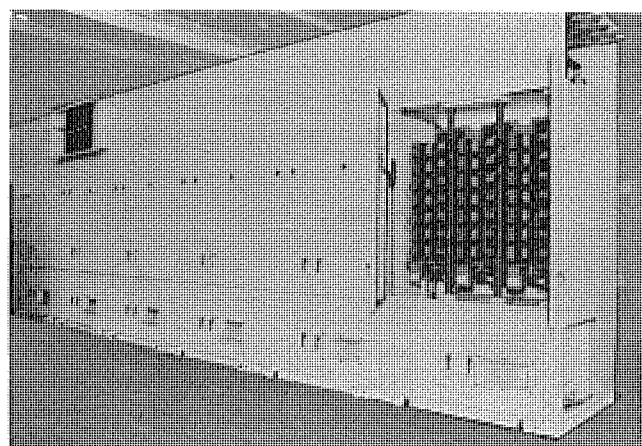


図 11. 18 MW, 16 kV サイリスタモータ用変換器の外観

を考慮して表 1. に示す形式を準備している。

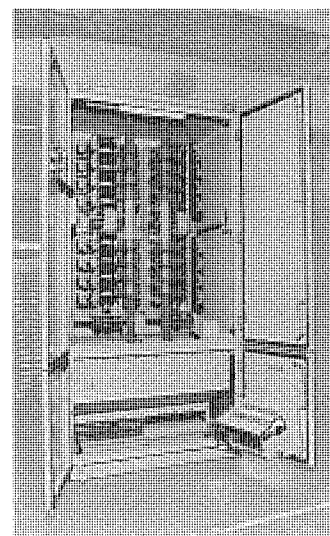
変換装置の速度制御装置は、16ビットマイクロコンピュータによる DDC 制御装置 (Direct Digital Control : DDC) を開発することにより速度精度・信頼性・保守性の向上を図った。これにより、上位計算機とリンクして、保護監視・計装制御の集中化が容易にできる。

5.2 変換装置の構造

変換装置の外観及び内部構造を図 11., 図 12. に示す。変換装置は、高圧・大電流であるので、電氣的及び構造的に多くの考慮を払っており、次の特長をもっている。

(1) 主回路には露出充電部がない。

図 12. 23 MW, 13.8 kV サイリスタモータ用変換器の内部構造



(2) 前後面扉を開くことにより、収納部品の目視点検及び回路チェックが可能である。

(3) 扉インタロックを解除すれば、試運転中に前面扉を開放して、部品の動作チェックが可能である。

5.2.1 冷却方式

冷却方式は、一次循環風冷・二次水冷方式を標準としている。冷却風の経路は、盤下部送風機→前面通路→サイリスタスタック(素子冷却)→絶縁風胴→後面通路→盤下部水冷再冷却(発生損失を盤外へ排出)→盤下部送風機のルートで循環させている。冷却風が盤外に排風しないため、電気室には空調設備を設置する必要がない。

5.2.2 サイリスタ素子

サイリスタ素子は、高耐圧 2.5~6 kV, 大電流 1~3 kA で、ターンオフタイムの短い素子を採用した。これにより変換装置は、コンパクトに構成され、信頼性が高められている。

5.2.3 サイリスタスタック

直列に接続されたサイリスタ素子・冷却片・絶縁構造物・圧接部品により構成したサイリスタスタックは、素子ごとの交換が容易に行える構造としている。サイリスタスタックは、ガラス繊維強化エポキシ樹脂成形絶縁風胴により、高電位側と絶縁すると同時に通風路を確保している。

5.2.4 サイリスタ素子の点弧方法

速度制御盤からの点弧パルスは、盤下部に設置したゲートアンプにより、複数個のサイリスタ素子を点弧できるように増幅される。増幅された点弧パルスは、コンデンサブッシング形高圧パルス変成器により高電圧の主回路と絶縁されており、複数個のサイリスタ素子を同時に点弧する。

5.2.5 変換装置の保護及び監視信号

サイリスタ素子の逆電圧などの監視及び保護信号の高電圧主回路で発生した信号は、光ファイバ伝送方式により、主回路と絶縁されて監視盤に伝送される。

6. む す び

パワー/マイクロエレクトロニクス技術の進歩により、半導体変換装置は、性能的にも、効率的にも、また信頼性においても大きく向上している。

当社は、このパワー/マイクロエレクトロニクス技術と電動機技術を結びつけ、ユーザー各位の各種の御要求に添えるよう、サイリスタモータの性能向上に、更に鋭意努力する所存である。本稿がユーザー各位の御計画の一助になれば幸いである。

低慣性誘導電動機の高速応答制御

杉本 英彦*・玉井 伸三*・矢野 昌雄*・佐藤 健二**

1. ま え が き

高級 サーボシステム には従来低慣性直流 サーボモータ が使用されてきた。機械時定数が数 ms 以下の特殊構造の直流 サーボモータ が開発され、1,000 rad/s 以上の高速応答が必要とされる用途に実用されてきた。

一方、構造が簡単で堅ろうな誘導電動機もベクトル 制御によって高速応答が得られるようになってきた。そこで、慣性 モーメント が標準 かつ形誘導電動機の 1/5 程度の低慣性かつ形誘導電動機を開発するとともに、新しく開発した誘導電動機の線形制御法により、応答速度 2,000 rad/s の高級 サーボシステム を開発したので紹介する。

このサーボシステム は誘導電動機を採用しているので、フラッシュオーバー や永久磁石の減磁の問題がなく、最大 トルク/定格 トルク を大きくとれるなどの特長をもっている。

2. 制御原理と伝達特性

高速応答制御するためには、誘導電動機の伝達特性を一定励磁の他励直流電動機のように線形にする必要がある。そこで、まず誘導電動機の伝達特性を線形にするための制御原理及びその伝達特性について述べる⁽¹⁾。

2.1 誘導電動機の状態方程式

誘導電動機の状態方程式は、角周波数 ω で回転する d^e - q^e 座標上では式(1)で表される⁽²⁾。

$$P \begin{bmatrix} i_{d^e s} \\ i_{q^e s} \\ \lambda_{d^e r} \\ \lambda_{q^e r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_s/\sigma L_s - R_r(1-\sigma)/\sigma L_r & -\omega & & \\ & MR_r/L_r & * & \\ & 0 & \omega & MR_r/\sigma L_s L_r^2 \\ * & -R_s/\sigma L_s - R_r(1-\sigma)/\sigma L_r & -p\omega_r M/\sigma L_s L_r & * \\ & 0 & -R_r/L_r & -(\omega - p\omega_r) \\ & MR_r/L_r & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{d^e s} \\ i_{q^e s} \\ \lambda_{d^e r} \\ \lambda_{q^e r} \end{bmatrix} + 1/\sigma L_s \begin{bmatrix} v_{d^e s} \\ v_{q^e s} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、

R_s, R_r : 一次及び二次巻線抵抗 (一次換算)

L_s, L_r, M : 一次、二次巻線の自己インダクタンス及び相互インダクタンス (一次換算)

p : 極対数

ω_r : 回転子角速度 (機械系から見たもの)

$v_{d^e s}, v_{q^e s}$: d^e 及び q^e 軸一次電圧

$i_{d^e s}, i_{q^e s}$: d^e 及び q^e 軸一次電流

$\lambda_{d^e r}, \lambda_{q^e r}$: d^e 及び q^e 軸二次巻線磁束鎖交数

$P=d/dt$: 微分演算子

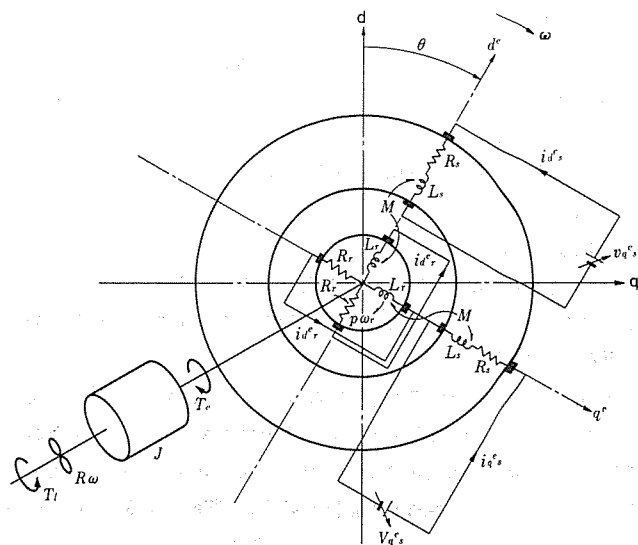


図 1. d^e, q^e 座標で示した誘導電動機の等価回路

式(1)は、その係数行列の要素 a_{ij} ($i=1\sim 4, j=1\sim 4$) の中で、 $i+j$ が奇数となる要素だけに ω 及び ω_r が含まれている。したがって、 d^e 軸状態変数 ($i_{d^e s}$ と $\lambda_{d^e r}$) あるいは q^e 軸状態変数 ($i_{q^e s}$ と $\lambda_{q^e r}$) のいずれか一方を一定にするように制御すれば式(1)は線形になる。そこで d^e 軸状態変数 ($i_{d^e s}$ と $\lambda_{d^e r}$) を一定に制御するものとする。式(1)で表される誘導電動機の等価回路を図 1. に示す。

2.2 線形制御法

式(1)の 3, 4 行目を書き換えると式(2)が得られる。

$$P \begin{bmatrix} \lambda_{d^e r} \\ \lambda_{q^e r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_r/L_r & \omega - p\omega_r \\ -(\omega - p\omega_r) & -R_r/L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_{d^e r} \\ \lambda_{q^e r} \end{bmatrix} + MR_r/L_r \begin{bmatrix} i_{d^e s} \\ i_{q^e s} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)は $i_{d^e s}$ と $i_{q^e s}$ を入力変数とする状態方程式である。その 1 行目の式において、入力変数 $i_{d^e s}$ が一定であるとき $\lambda_{d^e r}$ が一定であるためには、 $(\omega - p\omega_r)\lambda_{q^e r}$ もまた一定でなければならない。ところで、 $\omega - p\omega_r$ は $d^e q^e$ 軸の回転子に対するすべり角周波数 $p\omega_s$ であり、誘導電動機の負荷状態を考えると零を含む正負の値をとる。したがって、 $\lambda_{q^e r}$ は式(3)を満足しなければならない。

$$\lambda_{q^e r} = 0 \quad (3)$$

このとき、 $i_{d^e s}$ が式(4)を満足すると、式(5)、式(6)が成立する。

$$i_{d^e s} = I_{d^e s}^* \text{ (指令値, 一定)} \quad (4)$$

$$\lambda_{d^e r} = MI_{d^e s}^* \quad (5)$$

$$\omega - p\omega_r = p\omega_s = (R_r/L_r) (i_{q^e s}/I_{d^e s}^*) \quad (6)$$

では、どのような制御をすれば、式(3)、式(4)が満足されるかについて述べよう。式(1)の、1, 3 及び 4 行目は、 $i_{q^e s}$ を観測し、 $p\omega_s$ を式(6)のように与えることにすると、式(7)になる。

$$P \begin{bmatrix} i_{d's} - I_{d's}^* \\ \lambda_{d'r} - M I_{d's}^* \\ \lambda_{q'r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_s/\sigma L_s - R_r(1-\sigma)/\sigma L_r & MR_r/L_r & 0 \\ MR_r/\sigma L_s L_r^2 & p\omega_r M/\sigma L_s L_r & i_{d's} - I_{d's}^* \\ -R_r/L_r & R_r i_{q's}/L_r I_{d's}^* & \lambda_{d'r} - M I_{d's}^* \\ -R_r i_{q's}/L_r I_{d's}^* & -R_r/L_r & \lambda_{q'r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{d's} - I_{d's}^* \\ \lambda_{d'r} - M I_{d's}^* \\ \lambda_{q'r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (v_{d's} - R_s I_{d's}^* + \omega \sigma L_s i_{q's})/\sigma L_s \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

式(7)の入力は $v_{d's}$ を式(8)のように与えることによって零にすることができる。

$$v_{d's} = R_s I_{d's}^* - \omega \sigma L_s i_{q's} + K(I_{d's}^* - i_{d's}) \quad (8)$$

ここで、

K : 比例定数

式(8)の右辺の第3項は式(7)の入力を零とするためだけに必要な項であるが、式(7)で表される制御系の安定性を高めるために必要な項である。

結局、式(7)の三つの状態変数、 $i_{d's} - I_{d's}^*$ 、 $\lambda_{d'r} - M I_{d's}^*$ 及び $\lambda_{q'r}$ は $v_{d's}$ を式(8)で与えることによりすべて零になる。すなわち、式(3)～式(5)が満足される。したがって、 $p\omega_s$ を式(6)、 $v_{d's}$ を式(8)で与えることが誘導電動機を線形に制御できる条件である(ほかにもその条件はあるがここでは省略する)。

2.3 ブロック線図と伝達関数

式(3)～式(5)が満足されると、式(1)の2行目は式(6)の関係を代入することにより、式(9)のようになる。

$$P i_{q's} = -(R_s/\sigma L_s + R_r/\sigma L_r) i_{q's} - I_{d's}^* p\omega_r/\sigma + v_{q's}/\sigma L_s \quad (9)$$

一方、式(1)の出力方程式は式(10)で表されるが、式(3)～式(5)が満足されると式(11)のようになる。

$$T_e = pM(i_{q's}\lambda_{d'r} - i_{d'r}\lambda_{q'r})/L_r \quad (10)$$

$$= pM^2 I_{d's}^* i_{q's}/L_r \quad (11)$$

ここで、

T_e : 発生トルク

また、誘導電動機の運動方程式は式(12)で表されるが、式(11)の関係を代入すると式(13)のようになる。

$$p\omega_r = -R_\omega \omega_r/J + (T_e - T_l)/J \quad (12)$$

$$= -R_\omega \omega_r/J + pM^2 I_{d's}^* i_{q's}/L_r J - T_l/J \quad (13)$$

ここで、

R_ω : 誘導電動機と負荷の回転制動係数

J : 誘導電動機と負荷の慣性モーメント

T_l : 負荷トルク

式(9)及び式(13)を整理すると、式(14)に示す状態方程式が得られる。

$$P \begin{bmatrix} i_{q's} \\ \omega_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_s/\sigma L_s - R_r/\sigma L_r & -pI_{d's}^*/\sigma \\ pM^2 I_{d's}^*/L_r J & -R_\omega/J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{q's} \\ \omega_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{q's}/\sigma L_s \\ -T_l/J \end{bmatrix} \quad (14)$$

式(14)は線形制御したときの電気系及び機械系を含めた誘導電動機の状態方程式である。

図2. は式(14)から得られるブロック線図である。これを一定励磁の他励直流電動機のブロック線図と比較すると、図2. のブロックAは他励直流電動機の電機子巻線インピーダンスに、ブロックBはトルク定数

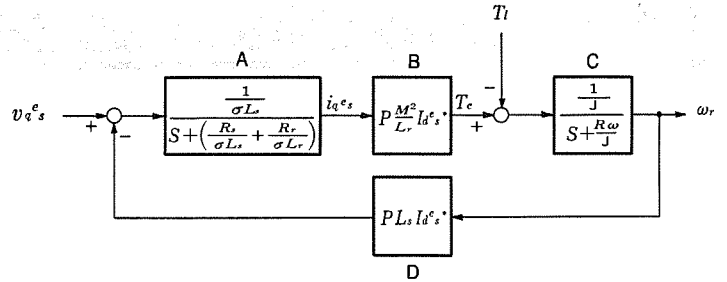


図2. 線形制御された誘導電動機のブロック線図

に、ブロックCは回転制動係数及び慣性モーメントに、そしてブロックDは誘起電圧定数にそれぞれ対応し、全く同じブロック構成になっている。したがって、線形制御された誘導電動機は、一定励磁の他励直流電動機と同等な特性を示す。

図2. から $v_{q's}$ を入力、 ω_r を出力とする閉ループ伝達関数 W が得られる。それを式(15)に示す。

$$W = \frac{\omega_r}{v_{q's}} = \frac{1}{pL_s I_{d's}^*} \frac{\omega_n^2}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2} \quad (15)$$

ただし、

$$\omega_n = pM I_{d's}^* / \sqrt{\sigma L_r J} \quad (16)$$

$$\zeta = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\sigma L_r J}}{pM I_{d's}^*} \left(\frac{R_s}{\sigma L_s} + \frac{R_r}{\sigma L_r} \right) \quad (17)$$

R_ω : 小さいものとして無視

このように、線形制御された誘導電動機の閉ループ伝達関数は二次形である。

2.4 電気時定数と機械時定数

線形制御された誘導電動機は一定励磁の直流電動機と同様、電気時定数及び機械時定数を定義できる。

電気時定数 T_E は回転子を拘束して q^e 軸一次電圧 $v_{q's}$ をステップ状に印加したとき、 q^e 軸一次電流 $i_{q's}$ が最終値の63.2%になるに要する時間であり、式(14)の1行目を $\omega_r = 0$ として解くことにより得られ、式(18)で表される。

$$T_E = 1/(R_s/\sigma L_s + R_r/\sigma L_r) \quad (18)$$

機械時定数 T_M は q^e 軸一次電圧 $v_{q's}$ をステップ状に印加し無負荷起動したとき、回転子角速度 ω_r が最終値の63.2%になるに要する時間であり、式(14)を $T_l = 0$ として解くことにより得られ、式(19)で表される。ただし、直流電動機の場合にならって $\sigma = 0$ 、 $T_l = 0$ とする。

$$T_M = \frac{(R_s/L_s + R_r/L_r) L_r J}{(pM I_{d's}^*)^2} \quad (19)$$

3. 制御構成

2章で述べた制御原理に基づいて誘導電動機の制御系を構成すると図3. のようになる。図中、ブロックAは式(20)及び式(21)によって誘導電動機の一次電流及び一次電圧指令を座標変換する部分である。

$$\begin{bmatrix} i_{d's} \\ i_{q's} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{3/2} & 0 \\ \sqrt{1/2} & \sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$\begin{bmatrix} v_{u's} \\ v_{v's} \\ v_{w's} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2/3} & 0 \\ -\sqrt{1/6} & \sqrt{1/2} \\ -\sqrt{1/6} & -\sqrt{1/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{d's}^* \\ v_{q's}^* \end{bmatrix} \quad (21)$$

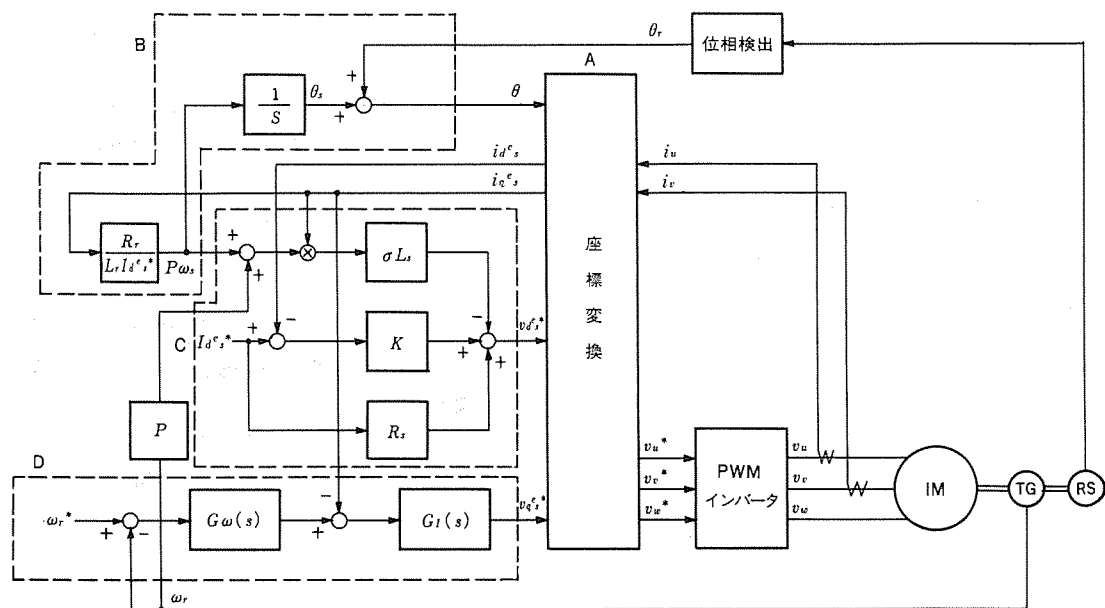


図 3. 誘導電動機の線形制御回路の構成

また、ブロック B は式(6)によってすべり角周波数 $p\omega_s$ を与え、それを積分したものに回転子位相 (電気角) θ_r を加え、 u 相一次巻線に対する d^e 軸の位相 θ を与える部分、ブロック C は式(8)によって d^e 軸一次電圧指令 v_d^{e*} を与える部分、そしてブロック D は一定励磁の直流電動機の数値制御及び電機子電流制御と同様、誘導電動機の数値制御及び q^e 軸一次電流を制御する部分である。ブロック D の出力は q^e 軸一次電圧指令 v_q^{e*} である。

なお、パルス幅変調 (PWM) インバータは出力電圧を三相一次電圧指令 v_u^*, v_v^*, v_w^* に一致するように制御する。

4. 低慣性誘導電動機の開発とその仕様

今回開発した低慣性かご形誘導電動機は、大容量高級サーボシステムに使用するモータの AC 化をねらったものである。サーボモータとしては比較的大きい定格出力 3.7 kW、定格回転速度 2,000 rpm のものである。図 4. は外観写真である。

低慣性誘導電動機の開発にあたって留意した主な点を挙げる。

(1) 回転子の D/L (D : 直径, L : 長さ) の小さい設計

モータの発生トルクは D^2L に比例する。一方、慣性モーメントは D^4L に比例する。したがって、発生トルクが等しければ、慣性モーメントは D^2 に比例する。今回開発したものの D は標準かご形誘導電動機の D の 1/2 程度に選んでいる。

(2) 冷却の強化

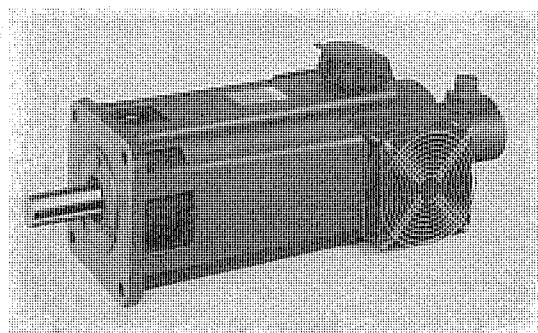


図 4. 低慣性誘導電動機の外観

表 1. 誘導電動機の仕様及び定数

定 格 出 力 P_o^R (kW)	3.7
定 格 回 転 数 N_r^R (rpm)	2,000
R_s (Ω)	0.0355
R_r (Ω)	0.2535
L_s (H)	0.00646
L_r (H)	0.00639
M (H)	0.00592
σ	0.151
p	2
J (kgm ²)	0.002315
I_d^{e*} (A)	33.9
T_E (ms)	3.34
T_M (ms)	4.15
定格トルクイナーシャ比 T_e^R/J (s ⁻²)	7,600
加 速 定 数 (s)	0.0274
パ ワ ー レ ー ト Q (kW/s)	135

D^2L はモータの冷却を良くすることにより小さくすることができる。今回開発したものはフレムレス構造にするとともに、鉄心内部に強制通風することにより冷却を強化しており、標準かご形誘導電動機の D^2L に比べて 1/2 程度になっている。ただし、この中には磁束密度を上げた効果も含まれている。

(3) その他

回転子軸を太くしてモータの剛性を上げたり、冷却風を負荷軸側から吸うことにより機械に温風を当てないなどの配慮をしている。

表 1. に仕様及び定数を示す。電気時定数 $T_E=3.34$ ms, 機械時定数 $T_M=4.15$ ms は高級サーボモータとして満足できる値である。また、定格トルクイナーシャ比 $T_e^R/J=7,600$ s⁻², パワーレート $Q=135$ kW/s

は同程度の出力、回転速度の高級直流サーボモータに比べて十分満足できる値である。

なお、この低慣性誘導電動機は速度検出器としてブラシレスコペネータ、位置検出器としてレゾルバを備えている。

5. 設計例と実験結果

3章で述べた制御構成で、4章で紹介した誘導電動機を駆動し、速度制御システムを設計した。ここでは、設計値と実験値を比較することにより、線形制御の妥当性及び低慣性誘導電動機を用いたサーボシステムの有効性を確認する。

5.1 制御系の設計

誘導電動機は速度制御及び q^e 軸一次電流制御には、一般によく使用されているPI制御を用い、速度制御の応答速度は2,000 rad/s、電流制御の応答速度は6,000 rad/sとして設計した。一般に電流制御は速度制御の10倍程度の速さが必要であると言われているが、今回使用したPWMインバータのキャリア周波数(3 kHz)の制約上6,000 rad/sとした。また、ボード線図によって2,000 rad/sの点で十分な位相余裕があることも確認した。

図5はこのシステムにおける制御系のブロック線図である。速度、 q^e 軸一次電流の検出値にフィルタを入れてフィードバックしているため、

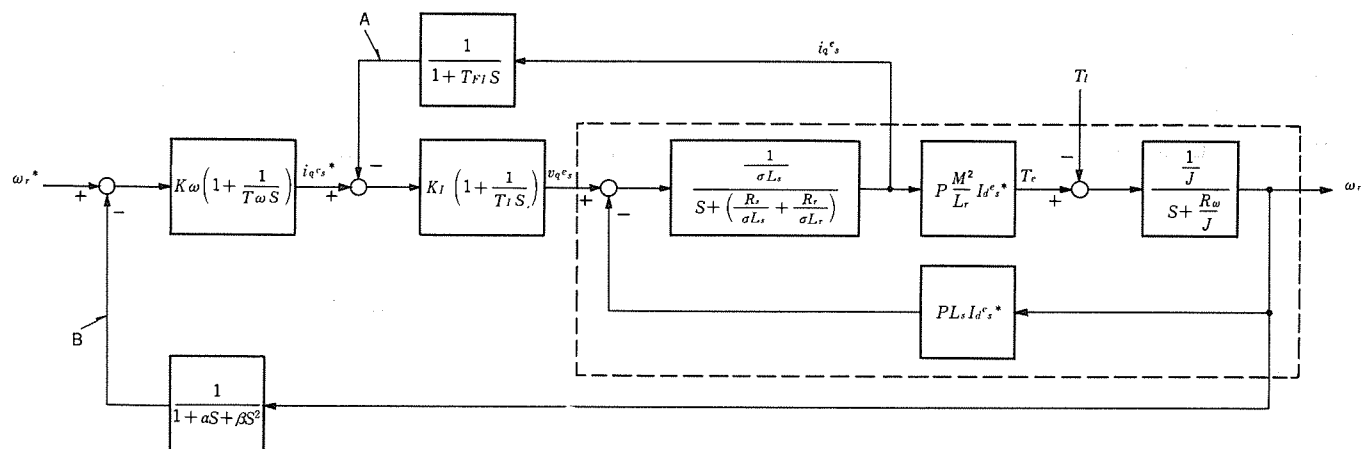


図 5. 誘導電動機速度制御系のブロック線図

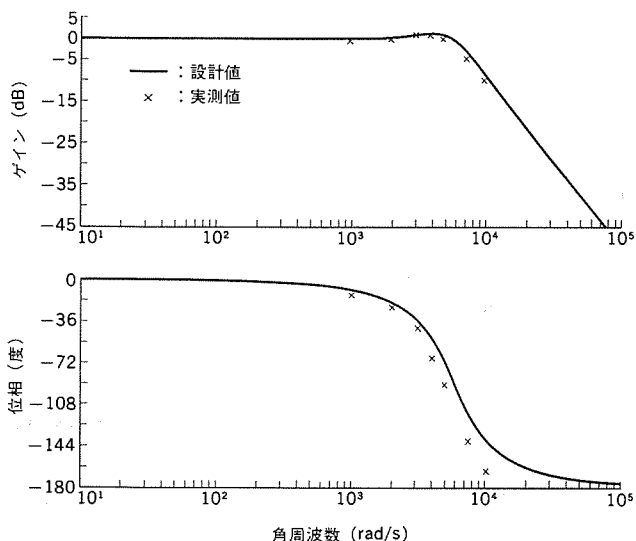


図 6. q^e 軸一次電流制御系のボード線図

フィルタの影響を考慮に入れて速度制御、電流制御のPIの定数を決定し、上記した応答速度を得るために次のように設定した。

$$G_\omega = K_\omega(1 + 1/T_\omega S) = 14.1(1 + 1/0.033 S) \quad (22)$$

$$G_I = K_I(1 + 1/T_I S) = 6.0(1 + 1/0.01 S) \quad (23)$$

なお、電流、速度のフィルタは次式のように選んだ。

$$\frac{1}{1 + T_{FI} S} = \frac{1}{1 + 1.8 \times 10^{-4} S} \quad (24)$$

$$\frac{1}{1 + \alpha S + \beta S^2} = \frac{1}{1 + 2.18 \times 10^{-4} S + 1.02 \times 10^{-8} S^2} \quad (25)$$

上記定数を用いた場合の制御系のボード線図を図6., 図7.に示す。図6.は q^e 軸電流指令 $i_{q^e}^*$ を入力、フィルタを通した後の q^e 軸電流(図5.のA点)を出力とした場合、図7.は速度指令 ω_r^* を入力とし、フィルタを通した後の速度(図5.のB点)を出力とした場合のボード線図である。

それぞれの図の実線が計算値であるが、両図ともに二次系の特性を示し、多少のオーバーシュート系である。

5.2 実験結果

図6., 図7.の×印は、それぞれ電流制御、速度制御をした場合の実測値である。図より、設計値とほぼ一致していることがわかる。

また図8., 図9.は、それぞれ目標応答周波数における電流指令

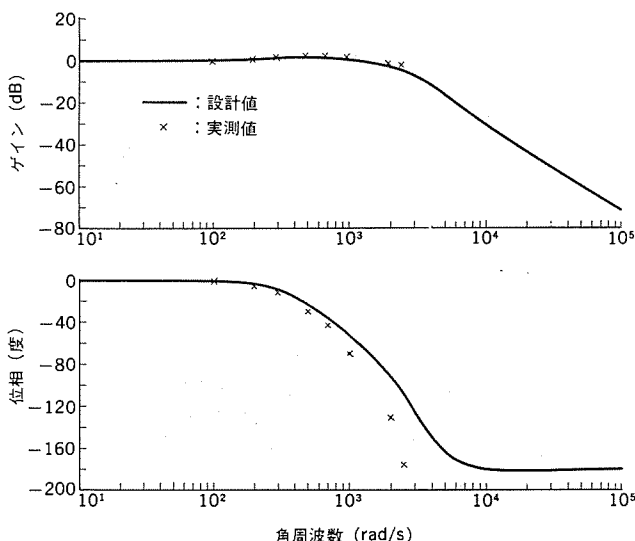


図 7. 速度制御系のボード線図

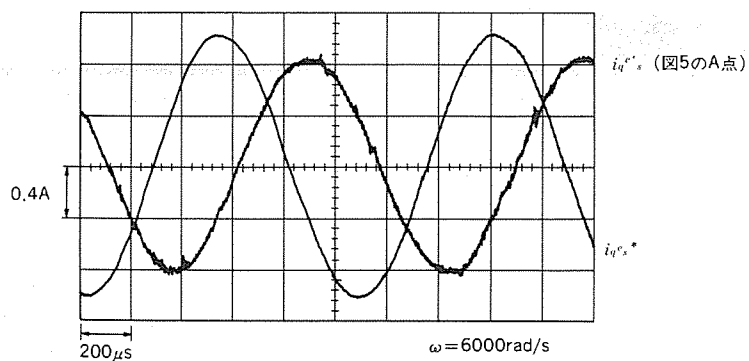


図 8. q 軸一次電流指令と q 軸一次電流の周波数応答波形

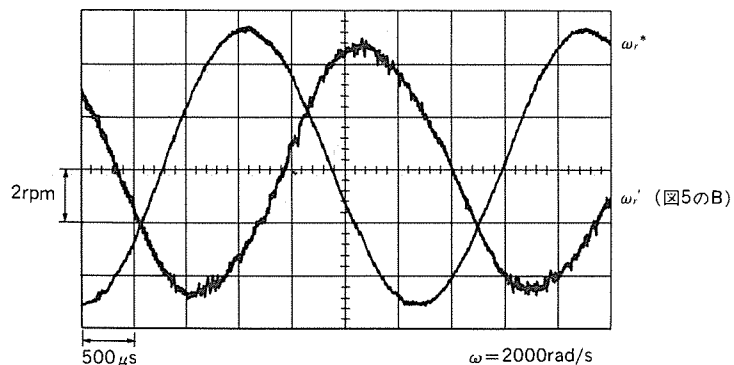


図 9. 速度指令と速度の周波数応答波形

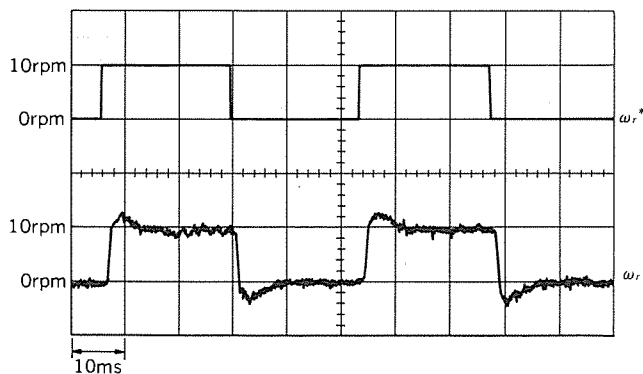


図 10. 速度のステップ 応答波形

i_{qs}^* と電流 i_{qs} (図 5. の A 点), 速度指令 ω_r^* と速度 ω_r (図 5. の B 点) の波形図である。電流及び速度の波形の観測はフィルタの後で行っているため、実際の電流及び速度の位相の遅れはこの波形図よりも小さい。図より、設計通りの電流制御 6,000 rad/s, 速度制御 2,000 rad/s が実現されていることがわかる。

図 10. は, 速度指令 ω_r^* が 0 rpm と 10 rpm との間でステップ的に上昇, 下降を繰返したときの速度の応答波形である。図より, 約 5 ms で整定していることがわかる。

6. む す び

以上に述べたように, この論文で紹介した制御方式によれば, 誘導電動機を一定励磁の他励直流電動機のように扱うことができる。導き出した線形状態方程式やブロック線図に基づいて設計した周波数応答特性と実験結果はほぼ一致し, 過渡状態においてもこの制御方式が有効であることを示している。

誘導電動機を一定励磁の他励直流電動機のように扱うことができるので, 新しく開発した低慣性誘導電動機を安定に高速応答制御することが可能で, 3.7 kW, 2,000 rpm, トルクイナーシャ比 7,600 s⁻² の誘導電動機で 2,000 rad/s の周波数応答をもつ速度制御系を実現することができた。このことはこの制御方式及び低慣性誘導電動機が高級サーボシステムとして実用できることを示している。

今後このサーボシステムを更に充実させるとともに, 需要家各位の御指導と御協力を得ながら, 最適なシステムの実現を目指したいと考えている。

参 考 文 献

- (1) H. SUGIMOTO, E. OHNO : THEORY AND CHARACTERISTICS OF A NEW INDUCTION MOTOR DRIVE SYSTEM HAVING LINEAR TRANSFER FUNCTION, IPEC-TOKYO, VOL. 1, p. 462 (1983)
- (2) 宮入 : エネルギー 変換工学入門, 下, p. 239 (昭 40)

M4870大容量固定ディスク装置

浜 敬三*・坂井英明*・藤田 隆*・吉田茂正**・佐藤 正**

1. ま え が き

情報処理システムの進展に伴い、中・大規模オフィスコンピュータ及びスーパーミニコンピュータが取扱うデータ量は著しく増大を遂げており、高速かつ大容量な外部記憶装置の選択が重要となってきた。併せてこれらの分野は、小形、高信頼度、省電力を要求している。こうした市場動向に先駆け当社は既に8インチ円板を用いたM2860固定ディスク装置(21~85 Mバイト)⁽¹⁾を昭和56年度より発売しているが、M4870は8インチディスクとしては業界でもトップクラスの記憶容量(251 Mバイト)とアクセススピード(20+8.47 ms)及び記録密度(10,000 BPI(bits/inch), 1,000 TPI (tracks/inch))を達成した製品であり、広汎な応用分野への適用が可能である。

本稿ではこの装置の特長、仕様及び開発技術の要点を述べる。

2. 特 長

この装置の特長は次のとおりである。

- (1) 最大251 Mバイト(アンフォーマット時)の記憶容量をもっている。
- (2) 平均回転待時間8.47 ms, 平均ショック時間20 msの高速アクセス性能を実現している。
- (3) 定評・実績あるウインチスタ技術による高信頼性をもっている。
- (4) DC電源, 冷却ファン及び防振ゴムを内蔵し, 装置導入上の負担を軽減している。
- (5) 装置外形を216mm(W)×259 mm(H)×745 mm(D)と小形化することに成功し, 19インチラックに並列2台実装可能としている。
- (6) 高性能ロータリアクチュエータ及び2相サーボパターン方式採用により, 小形・高速にして高精度(トラックピッチ25.4 μm)な磁気ヘッド位置決め系を実現している。
- (7) (超軽量ミニウインチスタスライダ+IBM 3370タイプサスペンション)の組合せによる磁気ヘッドと高性能8インチ円板により, 線記録密度10,000 BPIを実現している。
- (8) ビルトイン方式のDCブラシレスモータを使用したダイレクトスピンドル機構の採用により, 高精度を実現し信頼性に優れている。
- (9) 14インチディスク装置で世界の主流を占めるSMDインタフェース(デュアルアクセス機能の追加可能)に独自のRAS機能を付け加え, システムの構成に応じたインタフェースとしている。
- (10) 9.67 Mb/s(メガビット/秒)の高速度データ転送が可能である。
- (11) 5年間又は20,000時間のいずれか早く到達した時点まで無保守・無点検を可能とする高信頼度設計となっている。
- (12) 全体を小形化することにより, アクセス時間, 回転待ち時間が早いにもかかわらず, 消費電力は従来の14インチ固定ディスクに比べ1/2以下である。

3. 仕様と装置概要

この装置の各性能諸元を表1.に, その外観を図1.に, また構成概要図を図2.に示す。

この装置の前面にはフロントパネル及び操作スイッチがあり, 上部にはトップカバーがある。トップカバーの下にはプリント回路板2枚からなる情報記録再生用のデータ回路がある。フロントパネルより見て左側面には位置決め制御・ダイレクトドライブモータ制御用のサーボ回路, インタフェース回路からなる2枚のプリント回路板, また右側面にはパワーレギュレータ回路, サーボパワーアンプ回路, モータパワーアンプ回路で構成するパワー回路のプリント回路板がある。以上, 主要な電気回路は機能別に5枚で

表1. 性能諸元

項 目	諸 元
最大記憶容量 (Unformat時)	251.4 面 容 量 (Mバイト) 20.95 トラック容量 (バイト/TK) 20,480
円 板	円 板 枚 数 (枚) 8 記憶可能面数 (面) 12 シリンダ数 (シリンダ) 1,023+1 CE 総トラック数 (トラック) 12,276+12 CE
磁気ヘッド	R/Wヘッド数 (本) 12 サーボヘッド数 (本) 1
記録方式	方 式 MFM 最大ビット密度 (bpi) 10,000 トラック密度 (tpi) 1,000 データ転送速度 (Mb/s) 9.67 (MB/s) 1.209
処理時間	シーク時間 { 最小 (ms) 平均 (ms) 最大 (ms) 円板回転数 (rpm) 平均回転待時間 (ms) 4 20 37 3,544 8.47
外形寸法 重 量	幅×高×奥行 (mm) 216×259×745 重 量 (kg) 40
電 源	AC 90~132 V 5 A(max 8 A)
信 頼 性	回復可能エラーレート 回復不可能エラーレート シークエラーレート MTBF (h) MTTR (h) 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻¹³ 10 ⁻⁷ 10,000 0.5
環境条件	動作時温度 (°C) 動作時湿度 (% RH) 10~40 20~80
インタフェース	SMD

注 特に指定のない場合は公称値

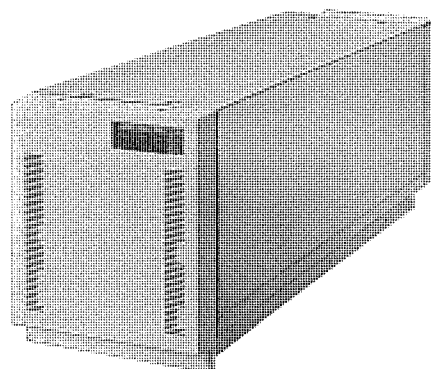


図1. M4870 大容量固定ディスク装置の外観

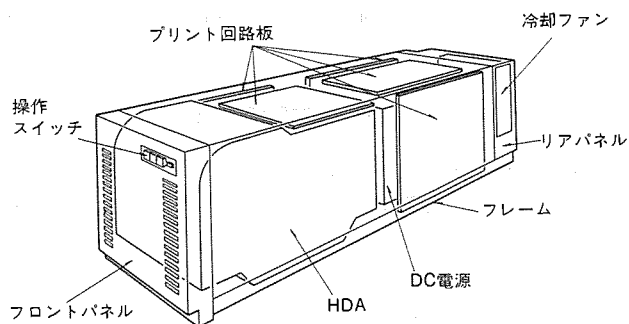


図 2. 構成概要図

構成している。

駆動部本体は、HDA (Head Disk Assembly) と呼ぶ密閉構造容器、DC 電源、冷却ファンを搭載したリアパネル及びこれらを配置支持するフレームで構成する。

HDA 内には直径 210 mm の円板 8 枚を取り付けたビルトイン形の DC ブラシレスモータに直結したスピンドルがあり、毎分 3,544 回転する。サーボヘッド及びデータヘッドはロータリアクチュエータのアーム先端に位置し、それぞれ円板の各面に対応し位置決め系を構成する。円板面 16 の内、最外面 2 面と円板 Assy 中央部に位置するサーボヘッドの背面は使用していない。磁気ヘッドの浮上量は約 $0.35\ \mu\text{m}$ と微少なため、HDA は完全防じん(塵)密閉構造をとっており、特にスピンドル回転軸受のオイルミスト防止用磁性流体シール、HDA 内外の気圧差を平衡させる呼吸フィルタ、そして内部空気循環機構など完璧な防塵対策をとっている。

この種の装置は、磁気ヘッドが潤滑剤を塗布した円板上で動作するコンタクトスタートストップ形であるため、円板停止時に外部から振動・衝撃を受けた場合、データ破壊を起こす危険性が予想される。M 4870 は HDA をフレームから防振足で浮かせると共に、電源断あるいは操作パネルのスイッチ入力により円板回転が停止する際は、アクチュエータ回転軸に設けたばねによって磁気ヘッド群をランディングゾーンに戻し、データゾーンでのコンタクトスタートストップを防止することで信頼性を高めている。更に装置の選搬、輸送時対応としてアクチュエータショッピングクラブ機構を装備しており、アクチュエータの不用意な回転運動に備えている。

以下機構部、ヘッド位置決め系、情報記録再生系などについて 8 インチ固定ディスク装置 M 4870 の技術的ポイントを述べる。

4. 機 構 部

4.1 円板回転機構

回転系は寿命、信頼性を考慮した DC ブラシレスモータを、アルミ鋳物のベースに直結ビルトイン方式としたインナロータ方式を採用している。回転停止時のブレーキは機械的な機構(例えばブレーキパッド)とせず、モータ巻線を短絡する方式である。このスピンドルモータは、この装置のかなめとなり位置決め精度、振動、ヘッド浮動安定性などすべての基準となるものであり、超精密回転体である。

この装置は 1,000 TPI、という従来の約 2 倍のトラック密度であるため、サーボ位置決め方式であっても円板のラジアル振れが直接位置決め精度に影響する。特にサーボ制御系の制御範囲を表すクロスオーバー周波数付近より高域の振れ成分は、サーボ系の帰還によって安定化することは無理で、むしろ不安定要因となり、場合によっては発振現象を呈する。またアキシャル振れは、ヘッドの浮動安定性に影響し、

読出し波形のモジュレーションの要因ともなる。このようなことから、軸振れを数 μm 以下という超精密加工の極限に抑える必要がある。

上に述べた位置決め精度に影響を与えるラジアル振れは、繰返し性のある成分と非繰返し性の成分に分けられるが、M 4870 は円板を交換しない固定ディスクであるため、繰返し成分は余程大きくない値である限り問題とならない。技術的課題は専ら非繰返し成分をサブミクロンのオーダーに追い込むことと、環境温度変化に対して、サーボ円板位置とデータ円板位置の繰返し振れの相対的変動を同じくサブミクロンとすることにあった。このため材質の違いから発生する熱膨脹による予圧側軸受外輪とハウジング間に大きなすき間が発生しないように、軸受と同等の線膨脹係数をもつスリーブをハウジングに銑込んだ。更にこのスリーブの内径寸法公差は厳しく、温度管理下で加工を行った。

円板回転機構部の構造図を図 3. に示し、この構造の要点を繰返す。

- (1) ビルトイン方式にして構成部品を少なくすることに成功した。
- (2) ハウジングに軸受けと同等のスリーブを銑込むことにより、軸受の「がた」をなくし、環境温度変化に対する軸振れ発生要因を少なくした。

なお、回転部は部品単体及び組立体で二面バランスとりを行い、スピンドルの基本周波数の振れを小さくするばかりでなく、ベースの振動を小さく抑えている。

4.2 防塵・冷却機構

この装置はコンタクトスタートストップ方式であり、更に高記録密度を達成するため、磁気ヘッドの浮上量は約 $0.35\ \mu\text{m}$ と微少である。微細なじんあい(塵埃)の混入であってもヘッドクラッシュの要因となる。したがって、この装置の HDA は完全防塵密閉構造をとっている。図 4. に密閉構造の概略を示す。外気が流入するおそれのある経路として、HDA カバーとベースのシール部、各 부품のねじ締結部が考えられるが、HDA カバーとベースは金属面間結合による高剛性フランジ構造を採用し、フランジの一部分にチャネルを形成し Oリングシールを用い密封性を高めた。更にスピンドル及びアクチュエータに用いている軸受からグリスが飛散する可能性があるが、回転数 3,544 rpm と高いスピンドルには磁性流体シールを軸受の上段に設置し、揺動運動をするアクチュエータには、特殊なグリスを管理注入したシールタイプ軸受を採用することでグリスの飛散を防止している。

また、円板が回転しだすと円板の遠心力で外周の空気圧が高くな

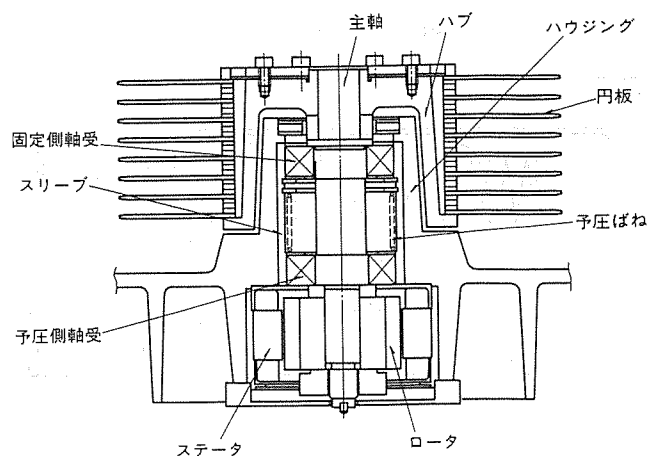


図 3. 円板回転機構部

り中心部は低くなる。そこで円板中心部にあたるカバー上に呼吸フィルタを設けて、圧力差発生時に呼吸作用をさせ、HDA 内外気圧差を吸収している。このことにより、仮にリークが発生した場合であっても、空気流は呼吸フィルタ→HDA 内部→リーク箇所→外気という経路をとり、HDA 内に汚れた外気は流入しない。

一方、円板回転時の各円板の熱膨脹を均一にすることが、1,000 TPI を実現するために必要である。この装置では図 5. に示すように、垂直面内で回転する各円板間に内周から外周へと流れる空気流を生じさせる中央吹き出し構造の採用、更には熱源の一つであるアクチュエータコイルからの熱放射を防ぐ熱シールド板、及びスピンドル端からの熱放散を防ぐ断熱シートの採用を実施した。こうすることにより、円板間温度差を 0.35°C 以内に抑えた。また、循環空気流は円板の高速回転による圧力差を利用しているため、ブロウを必要とせず省電力化に寄与している。なお、循環経路内には、循環空気の流れを落とさないように設計された低圧力損失タイプのエアフィルタを設け、HDA 内部で発生した塵埃、及び呼吸フィルタを透過した塵埃をろ過する機能的配慮をしている。

リアパネル上の冷却ファンは、装置全体を効果的に冷却するよう設計

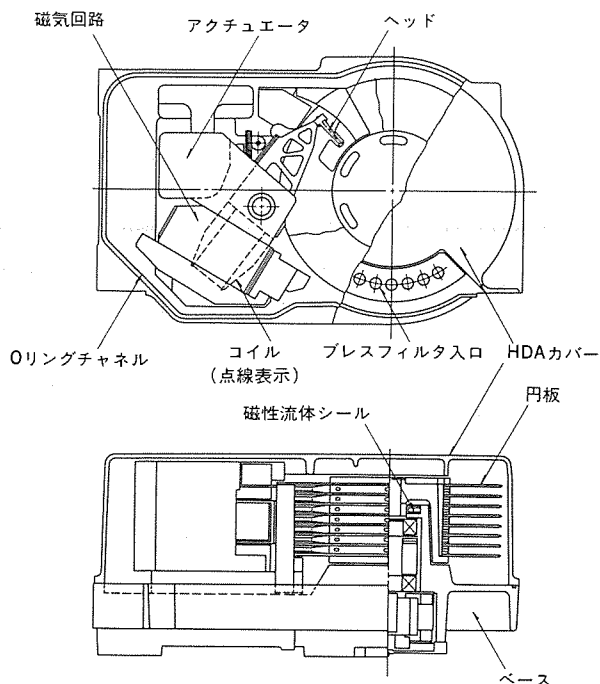


図 4. 密閉構造の概略図

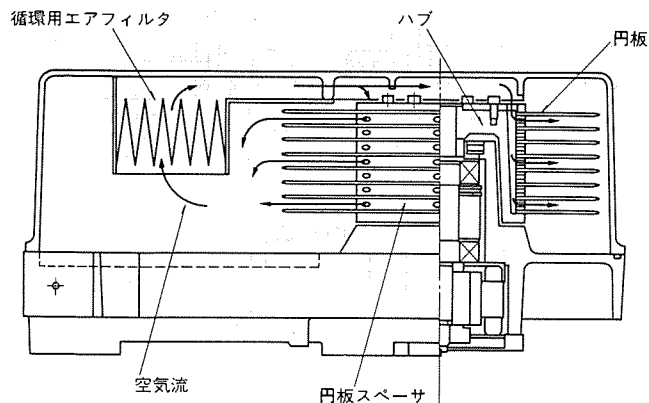


図 5. エア循環機構

された軸流ファンであり、150φの大形を採用したことにより装置信頼性の向上に役立っている。

5. ヘッド位置決め系

ヘッド位置決め系のブロック図を図 6. に、この装置で採用したロータリアクチュエータ機構を図 7. に示す。磁気ディスク装置のヘッド位置決め方式には、リニアアクセス方式とロータリアクセス方式の二つの方式がある。いずれの方式も一長一短があるが、この装置では機構が小形にできる点、及び位置決め系の軸受部の摩擦・摩擦が極めて小さい点を重視し、小形・省電力に適したロータリアクセス方式を採用した。この方式は当社では既に M 2883 固定ディスク装置⁽²⁾⁽³⁾以来実績のある方式であるが、今回はムビングコイル形ロータリアクチュエータタイプを採用し、M 4870 に適した高速・高精度位置決め機構として開発・製品化した。

本稿では M 4870 のヘッド位置決め制御系について、その技術ポイントを述べることにし、位置決め機構であるロータリアクチュエータについては、本誌の別論文 P. 37「小形大容量固定ディスク装置用ヘッド位置決め機構」に詳しく説明しているので参照願いたい。

この装置では、高トラック密度(単位 TPI) 実現に必要な不可欠なサーボ面を用いたクローズドループ方式を採用している。実際には、磁気ヘッドを高速・高精度に位置決めする制御系は、ヘッドを目標トラックに高速度で移動させる速度制御系と、ヘッドを目標トラックに高精度で追従させる追従制御系とで構成する。図 6. に示すようにサーボ面上にあらかじめ書込まれているサーボトラック情報をサーボヘッドにて読み取った位置信号をもとに、速度あるいは位置信号をロータリアクチュ

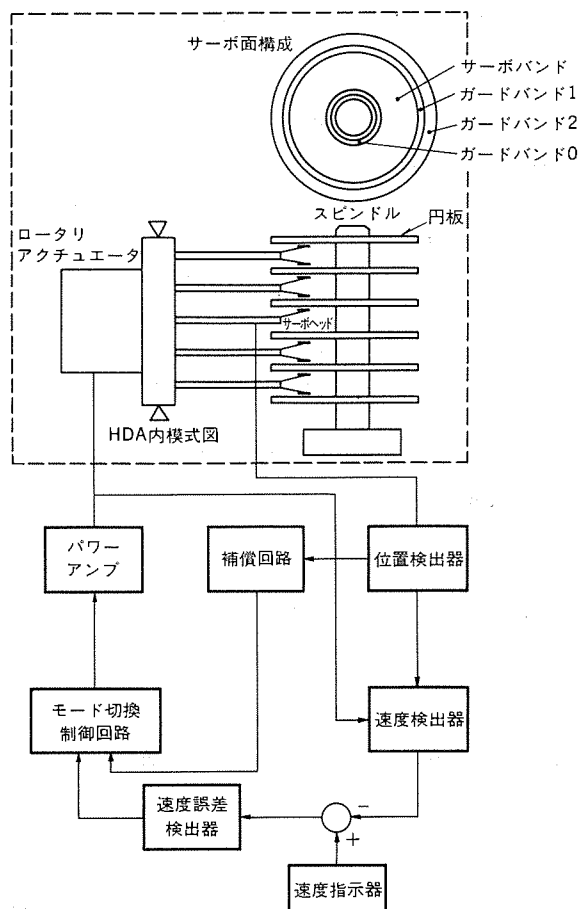


図 6. 位置決め系ブロック図

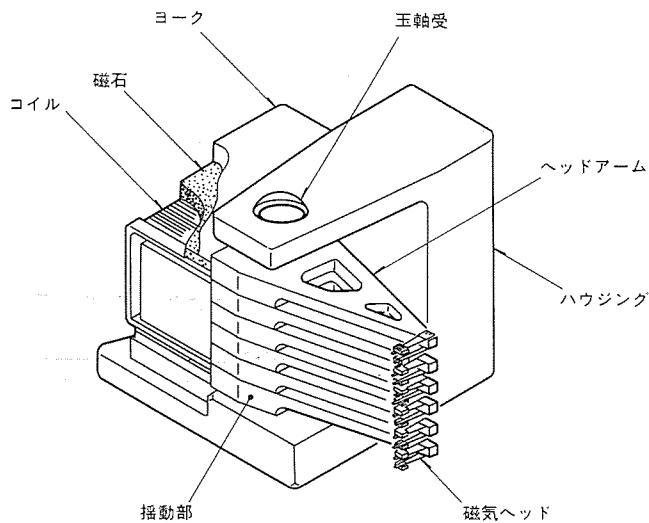


図 7. ロータリアクチュエータ 機構

エータへフィードバックする クローズドループ 制御である。

M 4870 装置ではサーボパターンとして 2 相サーボパターンと呼ばれる方式を採用した。この方式の特長は、サーボヘッドコア幅をデータヘッドコア幅の約 2 倍にできることであり、次のような利点をもっている。

- (1) サーボヘッドコア幅が広いため、媒体 (円板) 欠陥の影響を受けにくい。
- (2) 波形対称性に優れた 2 相位置信号によりサーボ面全域にわたって変位と信号の線形性が保てるため、位置信号を微分して得られる速度信号は正確な値を得ることが可能となる。

実際のサーボパターンは、2 相モディファイドダイビット (Modified Di-Bit) と呼ぶ異なるタイミングで磁化反転されたトラックで構成しており、読出し信号を時分割処理することによりヘッドの現在位置を知ることができる。

この装置に適用した追従制御系の技術的特長について以下に述べる。追従制御系は、高追従性、高スティフネス (単位長さ当りの変位に対する復元力)、高速応答が実現できるよう設計目標を定めた。これらは、アクチュエータの機械共振周波数 (この装置では約 2 kHz) などの機構系の影響を抜きにして設計はできないが、ここでは追従制御におけるサーボループの設計について触れる。

ヘッドが目標トラックから約 1/2 トラック手前に到達すると、速度制御系から追従制御系にモードが切り換わり、位置信号の出力が零になるよう制御される。M 4870 では、この過渡状態の時間を短縮するため、この区間で位置信号を目標とした速度制御を行い、セトリング時間を 2 ms 以内に収めた。また追従制御時のループ内に補償回路を挿入することにより、高追従性能、高スティフネスを達成した。具体的には、十分なサーボ帯域 (この装置ではクロスオーバー周波数 400 Hz) を安定に確保するためのリードラグフィルタの挿入、低域でのゲインを持ち上げ、スティフネスを大きくするためのラグリードフィルタの導入である。後者は、装置実装形態における

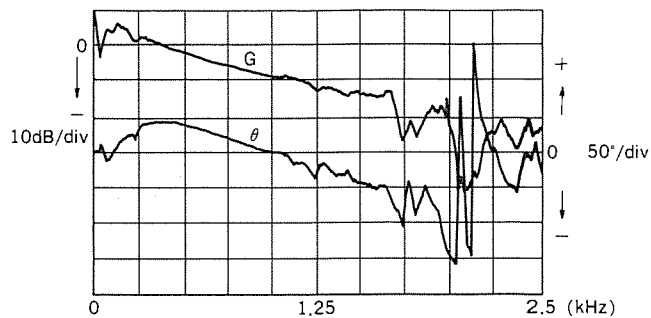


図 8. 追従制御時の開ループ伝達特性

傾斜の影響及び前述したリトラクト動作用ばね力、ヘッドから信号を取り出す FPC (Flexible Printed Circuit) などのアクチュエータ偏位力の影響を取り除く効果をもっている。この装置では、全温度変動範囲にての位置決め精度を $3\mu\text{m}$ 以内とすることに成功した。

追従制御時の開ループ伝達特性を図 8. に示す。位相余裕は 40° ゲイン余裕は 8 dB であり、十分安定な制御系となっている。

6. 情報記録再生系

情報記録再生系は、情報の記録媒体である (磁気) 円板、記録再生を行う磁気ヘッド及び変復調回路から構成し、装置外部とのデータの授受はすべて NRZ (Non Return to Zero) モードで行うためディスク制御装置 (コントローラ) の負担を軽減し、顧客の導入の便宜を図っている。

図 9. に記録再生系のブロック図を示す。記録は変調回路により NRZ 信号から変調方式として最も実績のある MFM (Modified Frequency Modulation) 信号に変換するとともに記録補償 (Write Pre-Compensation) を実施している。記録電流は円板内周で 35 mA、外周で 40 mA に設定し、全体を 4 段階切換とすることにより、それぞれの記録範囲にて最適な分解能と重ね書き特性が発揮できるような使用法を行った。

磁気ヘッドは高記録密度 (10,000 BPI, 1,000 TPI) に適した性能を実現する形状・構造を採用した。図 10. に磁気ヘッドを示す。このヘッドの特長は次のとおり。

- (1) スライダを従来のものより小形化 (M 2860 のそれに比べ体積で約 1/2) することにより、狭トラック密度に対応し低浮上量を安定

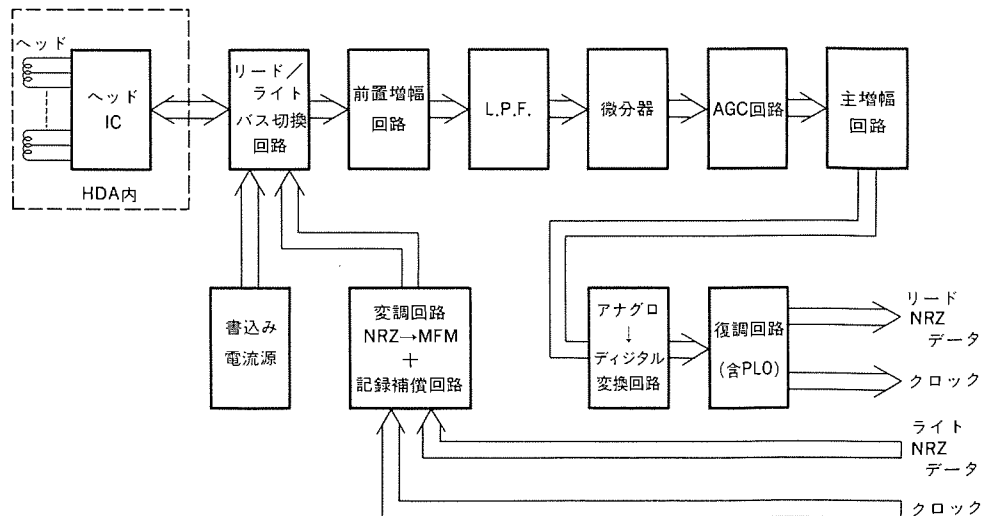


図 9. 記録再生系ブロック図

に得ることが可能となった。

(2) サスペンションを IBM 3370 装置にて実用化されたタイプと同タイプとしたことにより、浮上量のヘッドアーム取付依存性が著しく減少するとともに、円板に対する追従性を増大することができた。

(3) 磁気回路の小形化により低インダクタンス化が可能となり、併せて狭ギャップ化により高ビット密度を達成することができた。

磁気ヘッドと組み合わせる円板は、磁性膜厚約 $0.6\mu\text{m}$ 、保磁力約 430Oe 、残留磁化約 $1,200\text{Gauss}$ の薄膜化・高配向がなされた高性能媒体であり、装置仕様を十分に満足する再生出力と塗膜強度の確保及び媒体雑音・媒体欠陥の低減が図られている。

再生系は、上述した磁気ヘッドから得られる 1mV 前後の微小再生出力をヘッドアーム上の専用リニア IC で増幅し、ひずみや劣化なしに主増幅回路系に伝達し、ピーク検出の後ディジタル化された信号は高性能 PLL (Phase Locked Loop) 回路により位相弁別され、クロック信号とデータ信号に復調される。データ信号は NRZ 信号に変換され出力される。AGC 回路は、磁気ヘッド・円板の組合せに起因する再生信号振幅のばらつき、記録媒体の内外周で生じる振幅差、更には塗膜の不均一な厚みや浮上量変動に起因するモジュレーションなどを吸収して、アナログ回路のダイナミックレンジ圧縮の機能を持たせている。

7. インタフェース

8 インチ固定ディスク装置は、従来の 14 インチディスク装置とフレキシブルディスク装置の影響を色濃く反映する 5 インチディスク装置との谷間を埋める位置にあるため、インタフェース方式の決定には難しい側面を持っている。当社は、M 4870 装置の性能及び応用分野を勘案し、14 インチディスク装置で世界の主流を占める SMD インタフェースを採用した。併せて高信頼度システムに不可欠なシステム間ファイル共有、障害発生時のファイル切換に必要なデュアルアクセス機能の装備、及び障害発生時の復旧時間の短縮を図るためのステータス表示機能の装備を実現して

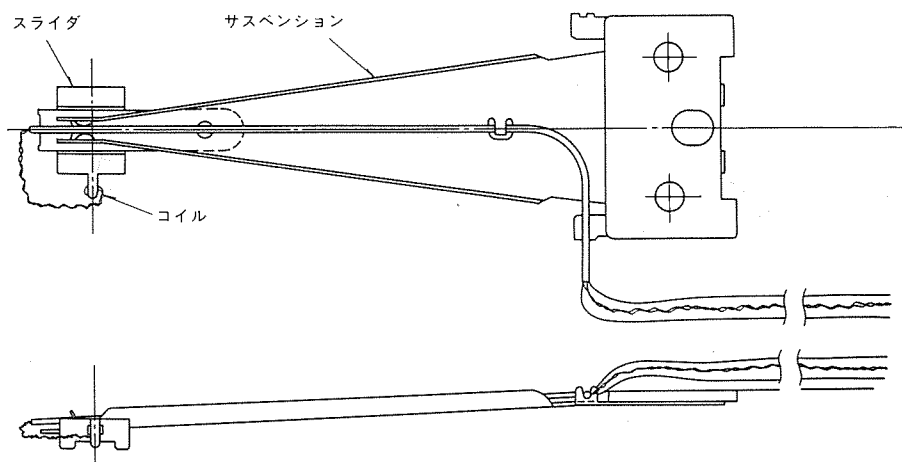


図 10. 磁気ヘッド

いる。

8. むすび

M 4870 大容量固定ディスク装置は、以上のような構成からなっており、小形大容量、高速、高信頼性を実現している点、今後ますます拡大・多様化する市場の需要にこたえていくものである。

一層の高記録密度の達成に向けて薄膜技術を応用した磁気ヘッド・円板の採用は時間の問題であり、高速・高精度位置決め技術の研究開発も多方面で検討されている現在、当社としても市場の要請に先んじた大容量化、高速化技術を鋭意研究開発中である。

(昭和 58-11-30 受付)

参考文献

- (1) 深尾ほか：M 2860 小形固定ディスク装置，三菱電機技報，56，No. 2 (昭 57)
- (2) 角田ほか：端末システム用磁気記憶装置，三菱電機技報，52，No. 8 (昭 53)
- (3) 角田ほか：M 2884 密閉形固定ディスク装置，三菱電機技報，54，No. 4 (昭 55)

小形大容量固定ディスク装置用ヘッド位置決め機構

山本 哲*・船井 潔*・標 博雄*・山田伸二郎**・湯田坂一利**

1. ま え が き

近年、磁気ディスク装置の分野では、小さな外形寸法で、従来の大形ディスク装置並みの記憶容量をもつ、小形大容量固定ディスク装置の需要が高まってきた。このような装置においては、1本のトラックに記録できる信号量（線記録密度）を増すだけでなく、単位幅当りのトラックの本数（トラック密度）を大幅に増さなければならない。トラック密度は磁気ヘッドの位置決め精度によって決まり、高速で回転する磁気ディスク上のトラックに、磁気ヘッドを高精度に位置決めするには、位置決め制御（追従制御）系の追従帯域を上げる必要がある。一方、追従帯域はヘッド位置決め機構の機械共振周波数によりその上限が決められている。そこで、このような小形大容量固定ディスク装置を実現するには、機械共振周波数の高いヘッド位置決め機構を開発することが最も重要な課題になる。

一般に、ヘッド位置決め機構には、リニアアクセス方式とロータリアクセス方式の二方式がある。機械共振周波数を高くしやすいという点では、直線移動を行うリニアアクセス方式が有利であり、従来、大形大容量ディスク装置に広く用いられてきた。しかし、この方式には、外形寸法が大きいという欠点がある。一方、ロータリアクセス方式は、小形化には適しているが、振動現象が複雑で、機械共振周波数を上げにくいという問題がある。

このたび、当社で開発した「M 4870 大容量固定ディスク装置」⁽¹⁾では、装置の小形化を最優先に考え、ロータリアクセス方式のヘッド位置決め機構を採用することになった。また、この装置に要求されるトラック密度は1インチ当り1,000トラックで、1 μ m以下の位置決め精度が必要であり、これを実現するには位置決め機構の機械共振周波数を2kHz程度にしなければならない。

ロータリアクセス方式のヘッド位置決め機構の振動については、従来、柿崎らの報告⁽²⁾⁽³⁾があるが、M 4870の場合には装置の大きさを小さくするため、ハウジング外形をできるだけ小さくする必要があり、ハウジングの振動を考慮し、その形状を最適化するための検討が必要となった。

この研究では、まずはじめにハウジングと揺動部で生じる振動を有限要素法で解析し、ハウジングの形状を最適化することにより、位置決めに影響を与える、磁気ヘッドの移動方向の振動モードの数を三つに削減できることを示す。次に、この三つの振動を3自由度の単純な振動系でモデル化し、各パラメータの影響を検討して、機械共振周波数を2kHz以上にするための設計法を明らかにする。最後に、この設計法をもとに開発したヘッド位置決め機構の性能を示す。

2. ヘッド位置決め機構の構造

図1に、ロータリアクセス方式のヘッド位置決め機構の構造を示す。この機構は、上下の玉軸受で支持された揺動部、玉軸受を保持するハウジング、揺動部に回転トルクを与えるリニアモータとからなっている。リニアモータはボイスコイル方式で、E字形の磁気回路と箱形のコイルと

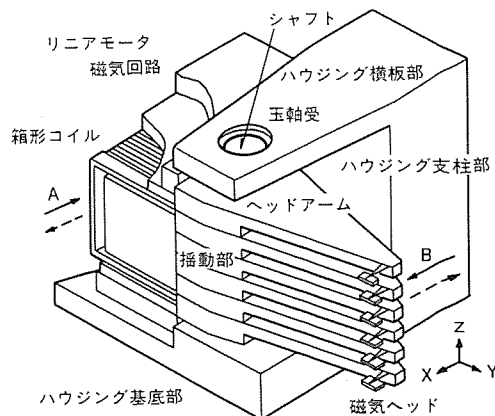


図1. ヘッド位置決め機構の構造

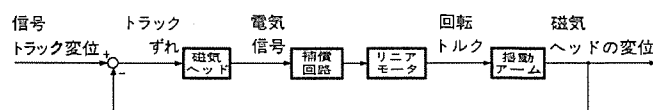


図2. 位置決め制御系のブロック線図

からなっている。ハウジングはコの字形をしており、横板部、支柱部、基部とからなっており、基部でディスク装置本体にねじ止めする。揺動部はその中心にシャフトがあり、これにリニアモータの箱形コイルと、磁気ヘッドを取り付けた複数本のヘッドアームを取り付けている。

この機構において、リニアモータの箱形コイルに電流を流すと、この部分に、図中のA方向の力が発生し、磁気ヘッドを矢印B方向（磁気ディスクの半径方向）に移動させて、磁気ディスク上の目標トラックに位置決めするようになっている。なお、以後の説明では磁気ヘッドの移動方向をシーク方向と呼び、x軸とし、y軸、z軸は図中に示すように決める。

図2.に位置決め制御（追従制御）系のブロック線図を示す。この制御では、磁気ディスク上にあらかじめ記録された位置信号を磁気ヘッドで読み出し、目標トラックとの位置ずれをリニアモータにフィードバックして、磁気ヘッドを位置決めする。このような制御系では、ヘッド位置決め機構の機械共振周波数が低いと制御系の追従帯域を上げることができなくなり、高精度の位置決めができなくなる。この制御系の動作を計算機でシミュレーションし、位置決め精度と機械共振周波数の関係を検討した。その結果、1 μ mの位置決め精度を得るためには、機械共振周波数を2kHz程度にしておけばよいことが明らかになった。そこで、これを目標値としてヘッド位置決め機構を開発した。

3. 有限要素法による振動解析

位置決め制御に影響を与える振動は、磁気ヘッドの位置決め方向、すなわちシーク方向（x軸方向）の振動であり、これは次のように分類できる。

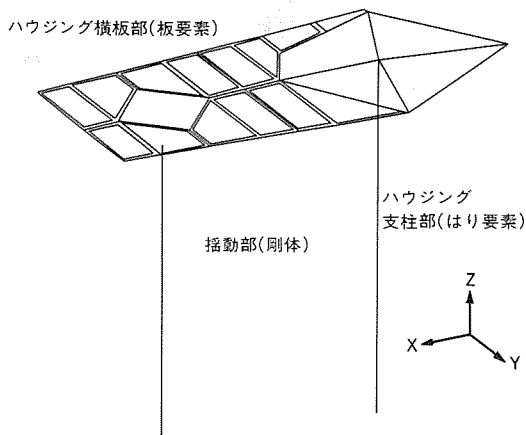


図 3. 有限要素モデル

- { 玉軸受とハウジングの弾性変形による揺動部の振動
- { 揺動部自身の弾性変形による振動
 - { ヘッドアームの振動
 - { リニアモータのコイルの振動

このうち、揺動部自身の弾性変形による振動については、ヘッドアーム及びコイルの振動を有限要素法により解析し、その形状を最適化するとともに、CFRP(カーボン繊維強化プラスチック)などの比剛性(ヤング率/密度)の高い材料を採用することにより、共振周波数を2.3 kHz以上にした。

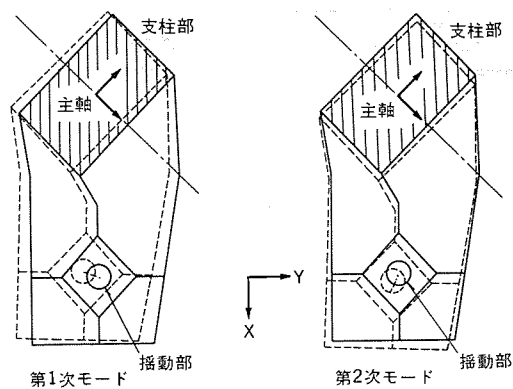
本稿では、ディスク装置の小形化に関係のある、玉軸受とハウジングの弾性変形によって生じる揺動部の振動について詳しく述べる。まず、この章では有限要素法による解析から、ハウジング支柱部の形状を最適化することにより、シーク方向の振動モードの数を三つに削減できることを示す。次章以降では、この結果をもとに作成した3自由度の解析モデルにより、その設計法を検討する。

玉軸受とハウジングの弾性変形によって生じる揺動部の振動を有限要素法により解析した。その有限要素モデルを図3.に示す。このモデルでは、玉軸受をばね要素、ハウジング支柱部をはり要素、ハウジング横板部を板要素でモデル化した。揺動部は、先に述べたように、それ自身の共振周波数が2.3 kHz以上と高いため、剛体の棒としてモデル化し、その重心に揺動部全体の質量と慣性モーメントを与えた。この有限要素モデルを用いて解析した結果、シーク方向の振動は次の四つの振動が連成して生じることがわかった。

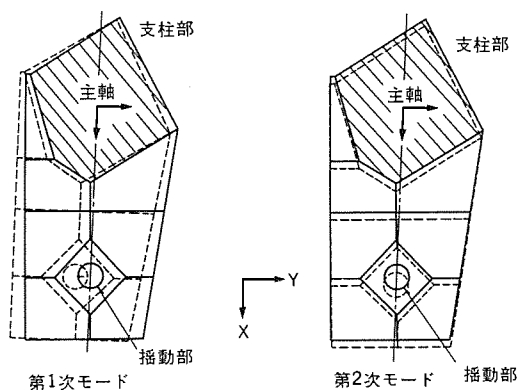
- ・玉軸受の弾性変形によって生じる、揺動部のx軸方向の並進振動及びy軸回りの回転振動
- ・ハウジング支柱部の1次曲げ振動(2方向)

これらの連成振動については次章で詳しく述べることにし、ここでは、ハウジング支柱部が二つの1次曲げ振動モードをもち、それらが共にシーク方向の振動成分をもっていることについて検討する。

一般に、はりには互いに直交する2本の主軸をもち、それぞれの主軸方向に曲がる振動モードをもっている。ハウジング支柱部の場合は、これに横板部と揺動部が取り付けられており、その影響により振動方向が主軸の方向からずれる。しかし、横板部と揺動部を支柱部の主軸の方向に取り付けると、振動方向は主軸の方向に一致するものと考えられる。更に、この方向をシーク方向に一致させると、支柱部及び揺動部の振動モードはシーク方向のものと、それに直交するy軸方向のものとに分離できるものと思われる。このことを確かめるために、揺動部を主軸の方向に取り付け、その方向をシーク方向と



(a) 支柱部の主軸の方向とシーク方向が一致しない場合



(b) 支柱部の主軸の方向とシーク方向が一致している場合

図 4. 振動モードの比較

一致させた場合と、揺動部を主軸の方向からずらして取り付け、主軸の方向もシーク方向とずらした場合とについて、振動モードを図3.に示す有限要素モデルで計算した。その結果を図4.に示す。

この図では、(a)が主軸の方向とシーク方向が一致しない場合、(b)が一致している場合である。また、これらの図はハウジングの上から見た図で、斜線部が支柱部を、矢印が主軸の方向を表し、振動モードは破線で示している。これらの図より、主軸の方向がシーク方向と一致しない場合には、第1次モードと第2次モードで共にシーク方向の振動成分が現れているが、主軸の方向とシーク方向が一致している場合には、第1次モードの中にシーク方向の振動成分がほとんどなくなり、このモードが位置決めに影響しなくなることがわかる。

以上のことから、揺動部をハウジング支柱部の主軸の方向に取り付け、その方向をシーク方向に一致させることにより、シーク方向の振動成分を含む共振の数を四つから三つに削減できることがわかった。

4. 3自由度モデルによる振動解析

4.1 解析モデル

前章の検討結果から、ヘッド位置決め機構のシーク方向の振動は3自由度の振動系でモデル化できることがわかる。図5.にその解析モデルを示す。この図は図1.のy軸方向から見たもので、揺動部は質量 M_r 、慣性モーメント I_y の剛体の棒で、上下の玉軸受はそれぞれのばね定数が K_u 、 K_l のばねでモデル化した。ハウジングの支柱部の振動はせん断変形を伴うはりの1次曲げ振動をモデル化し、1自由度の振動系で表した。そのばね定数 K_h と質量 M_h は、はりの1次の曲げ共振周波数の式から次のように求まる。

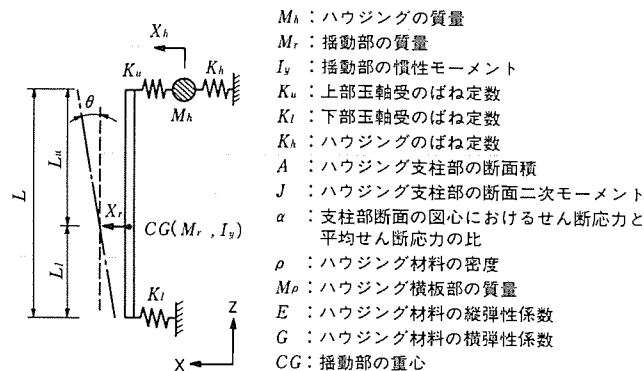


図 5. ヘッド位置決め機構の解析モデル

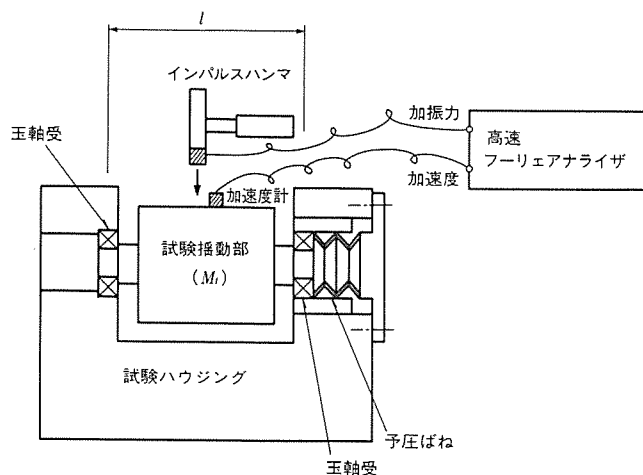


図 6. 玉軸受のばね定数の測定方法

$$K_h = 1 / \left(\frac{\alpha}{GA} - \frac{L^2}{3EJ} \right) \cdot L \quad (1)$$

$$M_h = (\rho A L / 4.12) + M_p \quad (2)$$

次に、図 5. のモデルから導いた振動方程式を示す。

$$M\ddot{x} + Kx = 0 \quad (3)$$

ここで、

$$M = \begin{bmatrix} M_h & 0 & 0 \\ 0 & M_r & 0 \\ 0 & 0 & I_y \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} K_h + K_u & -K_u & -K_u L_u \\ -K_u & K_u + K_l & K_u L_u - K_l L_l \\ -K_u L_u & K_u L_u - K_l L_l & K_u L_u^2 + K_l L_l^2 \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} X_h \\ X_r \\ \theta \end{bmatrix} \quad (4)$$

この式をヤコビ法で固有値解析して、振動モードと共振周波数を求める。

4.2 玉軸受のばね定数の測定

玉軸受のばね定数を除いた他のすべての定数は、図面寸法と材料定数とから計算で求める。玉軸受のばね定数は玉径や玉数及び予圧によって変り、その値を求める計算式も報告されている⁽⁴⁾。しかし、取付条件などの違いによって微妙に変化するため、専用の測定装置を作って実測した。図 6. に測定装置と測定ブロック図を示す。この方法は、ハンマで試験揺動部をインパルス加振し、そのときの加振力と試験揺動部の加速度を測定して、試験揺動部の共振周波数を求め、次式からばね定数を求める方法である⁽²⁾。

$$K_u = K_l = M_r (2\pi f)^2 / 2 \quad (5)$$

ここで、 f : 共振周波数 (Hz)

表 1. 実験機の定数

M_h : 0.357 (kg)	K_u : 3.25×10^7 (N/m)
M_r : 0.53 (kg)	K_l : 3.25×10^7 (N/m)
I_y : 3.71×10^{-4} (kgm ²)	L_u : 0.0407 (m)
K_h : 1.05×10^8 (N/m)	L_l : 0.0407 (m)

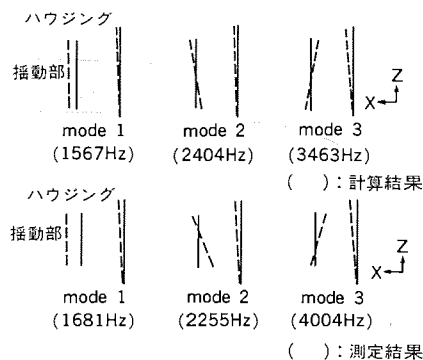


図 7. 振動モードと共振周波数

M_r : 試験揺動部の質量

この方法により、実際にヘッド位置決め機構に取り付けられているときと同じ状態での玉軸受のばね定数が測定できる。

4.3 モデルの妥当性

表 1. に試作したヘッド位置決め機構の実験機の定数を示す。この実験機の振動モードと共振周波数を、実験によるモデル解析⁽⁵⁾により測定した。その結果を、前節の解析モデルによる計算結果と合わせて図 7. に示す。この図より、第 1 次の共振は主に揺動部の並進運動が中心になっており、第 2 次、第 3 次の共振はそれぞれ揺動部の回転と、ハウジング支柱部の曲げが中心になっていることがわかる。また、計算結果と測定結果とがよく一致し、このモデルがヘッド位置決め機構のショック方向の振動をよく表していることがわかる。

5. 検 討

5.1 各パラメータの影響

前章の解析モデルを用いて、最も周波数の低い、第 1 次の共振周波数を上げるための検討を行う。図 7. に示すように、第 1 次の振動モードでは揺動部が大きく振動している。そこで、揺動部を支持する玉軸受と、玉軸受を保持するハウジングについて、それらのばね定数

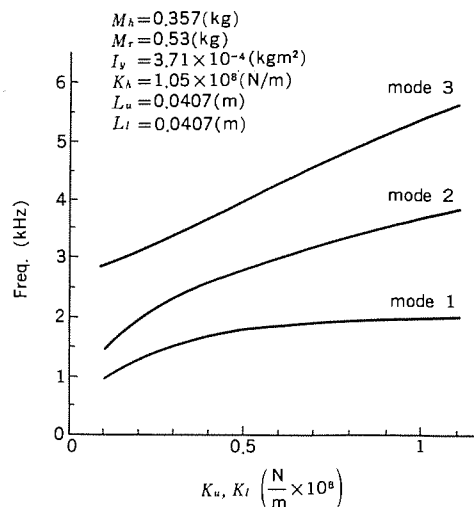


図 8. 玉軸受のばね定数と共振周波数の関係

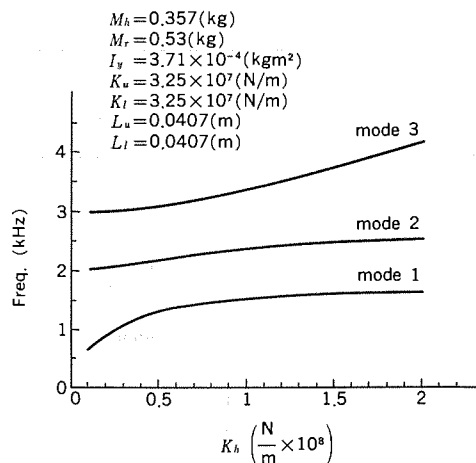


図 9. ハウジングのばね定数と共振周波数の関係

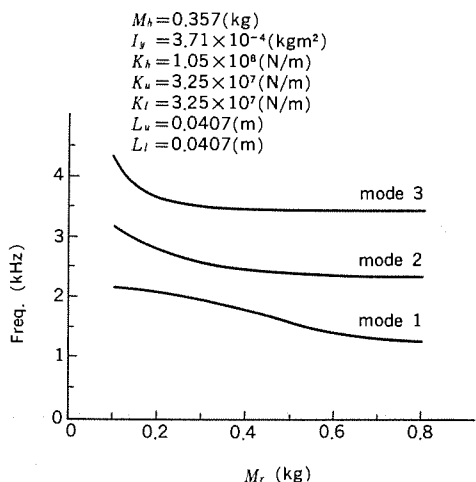


図 10. 揺動部の質量と共振周波数の関係

の影響を調べる。図 8. に玉軸受のばね定数 K_u , K_l と共振周波数の関係を示す。この図から、玉軸受のばね定数を大きくすると、第 1 次の共振周波数が上がるが、ある値以上に大きくしてもそれ以上共振周波数が上がらなくなることがわかる。図 9. にハウジングのばね定数 K_h と共振周波数の関係を示す。この図より、ハウジングのばね定数についても、図 8. と同様にある値以上になると共振周波数が上がらなくなることがわかる。これは揺動部の上端が玉軸受のばねとハウジングのばねを直列結合したばね系で支持されているため、一方のばね定数だけを大きくしても、他方のばね定数が小さければ、全体のばね定数は小さくなり共振周波数が上がらないためである。

また、第 1 次の振動モードは揺動部の並進運動である。そこで、この共振周波数を上げる他の方法として、揺動部の質量を小さくすることが考えられる。図 10. に揺動部の質量 M_r と共振周波数の関係を示す。この図より、揺動部を軽量化することも有効な手段であることが確認できる。

これらのことより、第 1 次の共振周波数を目標値以上にするための設計法として、次のような方法が考えられる。

- (1) まず、揺動部をできるだけ軽量化する。
- (2) 次に、ハウジングのばね定数を無限大と仮定して、必要な玉軸受のばね定数を求め、その値を実現できる玉軸受を選定する。
- (3) 最後に、共振周波数が目標値に達する最小のばね定数を求め、ハウジング支柱部の寸法を決める。

表 2. 試作機の定数

$M_h : 0.418(\text{kg})$	$K_u : 4.5 \times 10^7(\text{N/m})$
$M_r : 0.387(\text{kg})$	$K_l : 4.5 \times 10^7(\text{N/m})$
$I_y : 3.17 \times 10^{-4}(\text{kgm}^2)$	$L_u : 0.0407(\text{m})$
$K_h : 1.78 \times 10^8(\text{N/m})$	$L_l : 0.0407(\text{m})$

表 3. 試作機の共振周波数

モード	計算結果 (Hz)	測定結果 (Hz)
1	2,159	2,012
2	3,067	2,765
3	4,155	4,497

5. 2 試作機の性能

前節の結果をもとに、M 4870 大容量固定ディスク装置に用いるヘッド位置決め機構を設計した。この試作機では、まず揺動部に 3 章で述べたように、CFRP などの軽くて剛性の高い材料を採用し、その質量を軽量化した。玉軸受については、必要なばね定数を前節に示した方法で求め、4. 2 節に示した測定法で各種の玉軸受のばね定数を測定して、仕様に合うものを選定した。ハウジング支柱部については、第 1 次の共振周波数が 2 kHz を越えるのに必要な最小限度のばね定数を求め、式(1)、式(2)を用いて支柱部の高さや断面形状を決めた。表 2. に、このようにして決めた各定数の値を示す。表 3. に、この設計値を用いて製作した試作機の共振周波数の計算結果と測定結果を示す。表 3. から、試作機の機械共振周波数は目標の 2 kHz に達しており、M 4870 用のヘッド位置決め機構として仕様を満たすものが開発できたことを示している。

6. む す び

この報告では、ヘッド位置決め機構の振動を有限要素モデルと 3 自由度の解析モデルにより検討し、次の結論を得た。

- (1) 揺動部を、ハウジング支柱部の主軸の方向に取り付け、その方向をヨーク方向（磁気ヘッドの移動方向）に一致させることにより、位置決めに影響を与える、ヨーク方向の振動成分を含む振動モードの数を三つに削減することができる。
- (2) 最も低い、第 1 次の共振周波数は、揺動部を軽量化し、玉軸受とハウジング支柱部のばね定数を大きくすることにより高くできる。
- (3) ハウジング支柱部のばねと玉軸受のばねは直列結合されているため、はじめに目標の機械共振周波数を越えるのに必要なばね定数をもった玉軸受を決め、次に共振周波数が目標値に達する最小寸法のハウジング支柱部を設計すればよい。

以上の結論をもとに、機械共振周波数が 2 kHz を越えるヘッド位置決め機構を開発した。この機構は小形で大容量の固定ディスク装置 M 4870 に用いられ、1 インチ 当り 1,000 ドラックという非常に高密度の記録を実現した。

今後は、この技術を更に発展させ、次期の磁気ディスク装置や光ディスク装置のためのヘッド位置決め機構を開発する所存である。

参 考 文 献

- (1) 浜ほか：三菱電機技報，58，No. 2，p. 32（昭 59）
- (2) 柿崎ほか：機講論，810-13（昭 56）
- (3) 柿崎ほか：機講論，820-16（昭 57）
- (4) 五十嵐ほか：転がり軸受工学，養賢堂（昭 50）
- (5) 大久保：機械のモータルナリシス，中央大学出版（昭 57）

パターン方式文字多重放送受信用LSI

小林 洋*・須田 眞二*・柴崎 武*・中尾 佳生*

1. ま え が き

我が国における文字多重放送は、昭和47年度から電波技術審議会にて審議が進められ、昭和57年3月に「文字放送(パターン伝送方式)」の最終答申がなされ、昭和58年10月からNHKで実用化放送が開始された。

この文字多重放送の実用化に先んじて、当社ではソニー(株)と共同で、文字多重放送受信システムのLSI化に着手し、システムの中心部をなすデータ処理用LSI M 50145 SP及び表示制御用LSI M 50146 SPの開発及び量産化に成功した。

ここでは、文字多重放送の概要、文字多重放送受信システム、データ処理用LSI M 50145 SPと表示制御用LSI M 50146 SPの機能及び特長について述べる。

2. 文字多重放送の概要

電波技術審議会の答申の中で、文字多重放送は「文字や図形で構成された画像情報をデジタルデータ信号の形でテレビジョン放送電波に多重して伝送し、受信側ではこれをデコーダでテレビジョン映像信号に変更して、テレビジョン受像機で表示する放送」と説明されている。更に、この方式では、文字信号を垂直帰線消去期間に時分割で多重し、パターン伝送方式を採用していることが特徴づけられている。以下、答申に基づいてこの文字多重放送の概略について説明する。

2.1 表示モード

文字・図形の表示モードは次の5モードである。

(1) 全面固定表示

受像管上の全表示区画に文字放送画面が静止して表示されるモード。

(2) スーパー固定表示

テレビジョン画像にスーパーして文字画面が静止して表示されるモード。

(3) 字幕表示

テレビジョン番組と同期してスーパー表示されるモード。

(4) 1行横スクロール表示
受像管上で、1行の文章が右から左に移動しながら表示されるモード。

(5) 全面縦スクロール表示
ページヘッダ部を除く全表示区画に表示される文字・図形を適当な速度で上方に順次移動していくモード。

2.2 画面の構成

図1.に示すように、1画面を構成する画素数は248

(横)×204(縦)であり、1画素の横幅は水平走査周期の1/364すなわち175 ns、縦幅は走査線2本分である。1画面を構成する色ブロック数は31(横)×17(縦)であり、色ブロックを構成する画素数は8(横)×12(縦)である。ただし、第1段の色ブロックはページヘッダ用である。

2.3 表示機能

画面の表示機能は着色、明滅及び隠し文字(コンシール)の3種類である。色の表示は文字・図形色、文字・図形背景色、ラスタ背景色及びページヘッダ背景色の4種類であり、色の種類は赤、緑、青、シアン、マゼンダ、黄、白及び黒の8色である。

2.4 データパケット

図2.に示すようにデータパケットは、6バイトのヘッダ部と31バイトの情報データ部からなり、ヘッダ部は同期符号と制御符号で構成され、情報データ部はパターンデータ、制御符号で構成される。データパケットは次の6種類がある。

(1) ページ制御パケット(PCP)

番組番号、表示制御などページ全体にかかわる制御パケット。

(2) 色符号パケット(CCP-A, CCP-B)

色ブロックごとの着色、明滅、コンシールなどを指定する色符号を伝送するデータパケットで、A, Bの2種類がある。

(3) パターンデータパケット(PDP)

文字・図形パターンを横走査して得られる2値デジタルデータを伝送するデータパケット。

(4) 横スクロールデータパケット(HDP)

横スクロール表示する1行の文字・図形パターンを縦走査して得られる2値デジタルデータ群及び制御符号を伝送するデータパケット。

(5) 番組索引パケット(PIP)

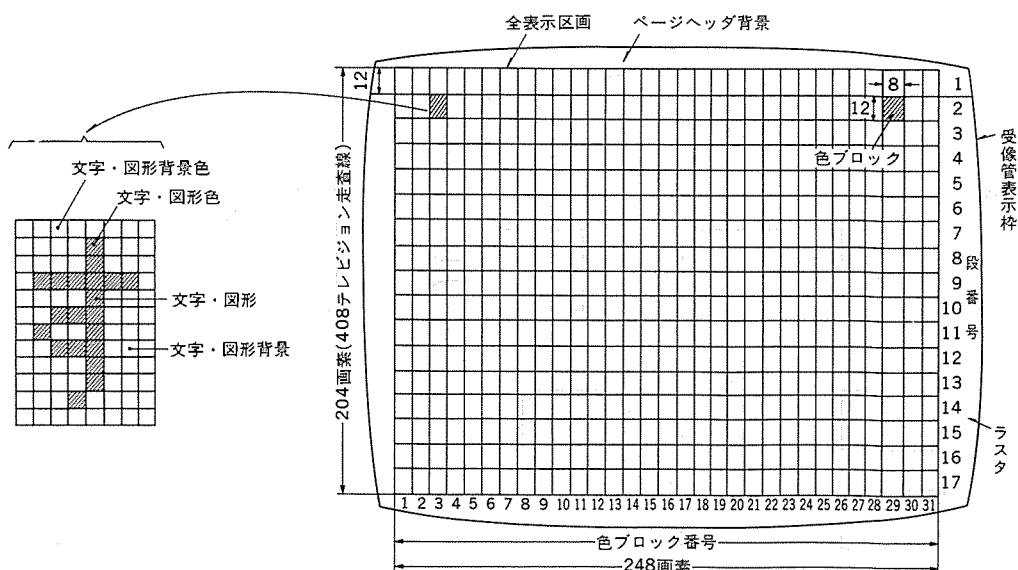


図1. 文字多重放送の全表示区画

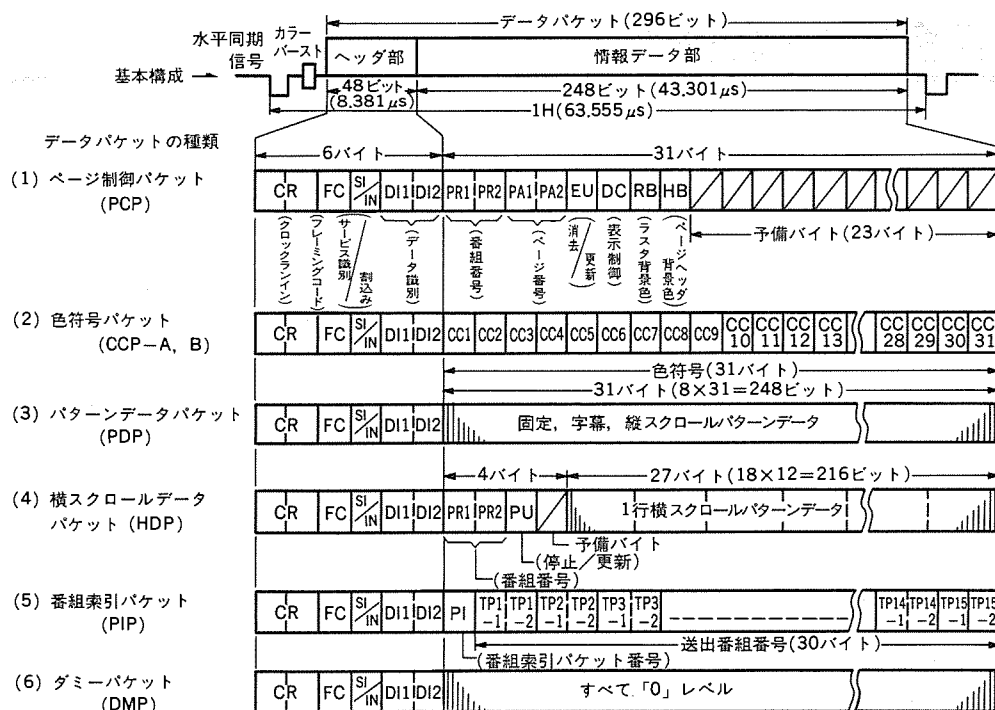


図 2. データパケットの構成

送出中の文字放送番組の番組番号を伝送するデータパケット。

(6) ダミーパケット (DMP)

重畳区間に放送用データパケットを伝送できないときに送出するデータパケット。

2.5 クロック周波数

デジタルデータ信号のクロック周波数は $364 \times f_H$ 、すなわち $8/5 \times f_{sc}$ であり、伝送ビットレートは 5.727272 Mb/s (メガビット/秒) となる。ここで、 f_H は水平同期パルスの周波数、 f_{sc} は色副搬送波の周波数である。

3. 文字多重放送受信システム

文字多重放送受信機の構成概要を図 3. に示す。点線より上の部分は従来のテレビ受像機であり、下の部分が文字多重放送受信に必要な部分である。

文字多重放送受信システム（以下、デコーダ部と称す）の主な機能は垂直帰線期間に逐次伝送されてくる文字信号の中から、キーボードあるいはリモコンで指定されたページに関係した信号を選出し、所定の

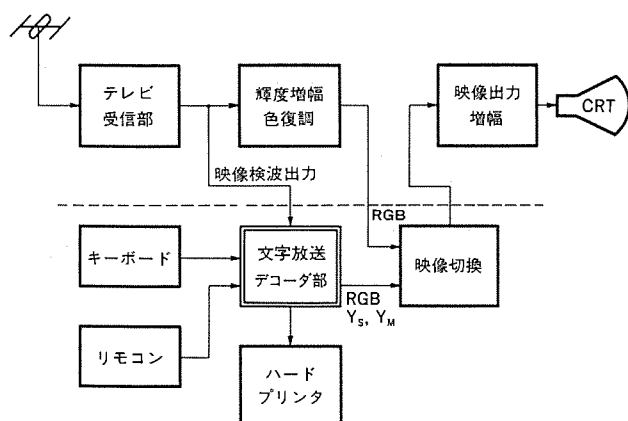


図 3. 文字多重放送受信機の構成

表示モードに従って、ビデオ RAM に書き込み、これをテレビ受像機のフィールド周期で所定の表示モードに対応して繰返し読み出し、テレビ受像機に文字・図形情報を映し出すことである。

デコーダ部の構成は図 4. に示すように、ビデオ信号入力インターフェース部、データ処理部、表示制御部及びシステム制御部から成り立っている。

ビデオ信号入力インターフェース部では、ビデオ信号の 10~21 H に入っている文字信号と信号読み込みクロックをデータ処理部に伝送する。データ処理部では送られてきた文字信号からフレミングコードを検出し、フレミングコードが検出されると、フレミングコードを含め、それ以降のデータをバッファ RAM に書き込む。シ

ステム制御部ではバッファ RAM に書き込まれたデータを読み出し、そのデータの種別及び内容に応じて処理を行う。また、キーボードあるいはリモコンから入力されるページ選択などの情報により、システム全体の制御を行う。表示制御部では、システム制御部から送られてくる、あるいはデータ処理部から DMA 転送されてくる表示データ（パターンデータ、色情報データなど）をビデオ RAM に書き込み、そのデータを表示モードに従ってフィールドごとに読み出し、テレビ画面上に表示する。

ここで紹介するデータ処理用 LSI M 50145 SP 及び表示制御 LSI M 50146 SP を用いたデコーダ部の構成例は図 4. に示すとおりである。ここでは、バッファ RAM として、2K 語 × 8 ビットのスタティック RAM M 58725 P、ビデオ RAM として 64 KDRAM M 5K 4164 8 個を用いている。

4. データ処理用 LSI M 50145 SP

4.1 概要

M 50145 SP はデータ処理用 LSI で、図 5. のブロック図に示すようにタイミング回路、シフトレジスタ、フレミングコード検出回路、シリアル/パラレル

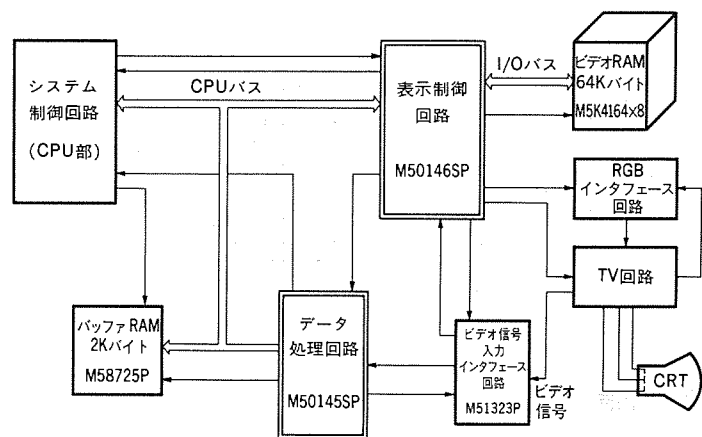


図 4. 文字多重放送受信システム（デコーダ部）の構成例

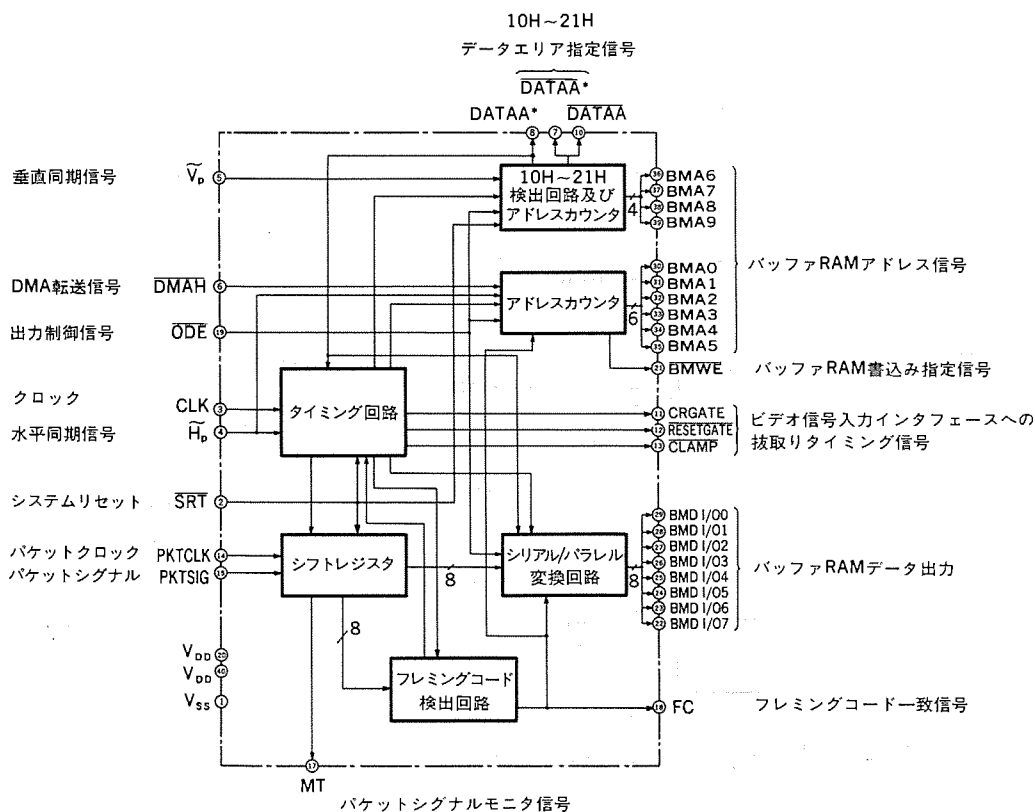


図 5. データ処理用 LSI M 50145 SP のブロック図

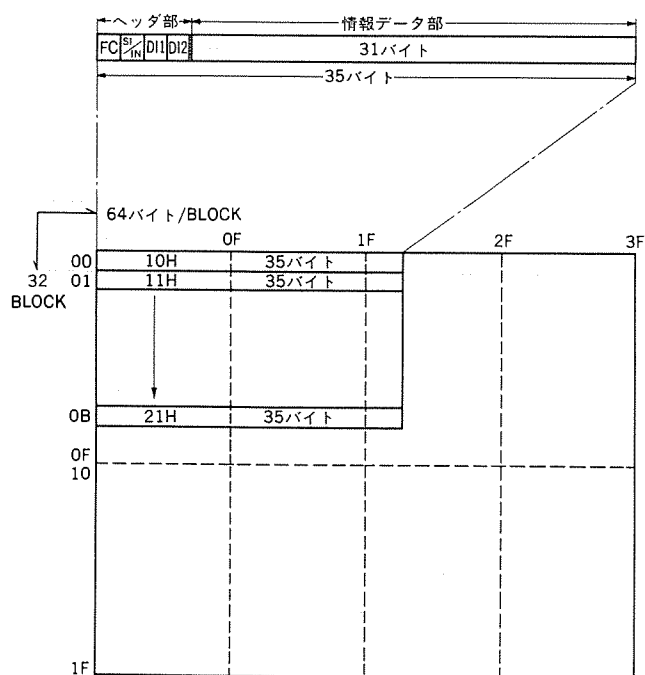


図 6. バッファ RAM への割付け

変換回路、アドレスカウンタ及び 10H~21H 検出回路から成り立っており、40 ピンシュリク形デュアルインラインプラスチックモールドパッケージに収められている。

M 50145 SP の主な機能は、① フレミングコードの検出、② データの 8 ビットごとのシリアル/パラレル変換、③ バッファ RAM への書き込み、④ バッファ RAM からビデオ RAM へのデータの DRA 転送、⑤ 文字信号の入っている 10H~21H 区間の判定、⑥ 文字信号抜き取りタイミングの発生である。

4.2 フレミングコード検出
フレミングコードは 8 ビットで構成しており、「11100101」のコードを用いている。フレミングコード検出回路では、フレミングコード 8 ビットのうち 7 ビット以上が一致したとき、一致パルスが発生させる。

なお、誤動作を避けるため、フレミングコードの検出は 10H~21H の間のみ行われる。

4.3 バッファ RAM への書き込み

フレミングコードが検出されると、フレミングコードを含んだそれ以降のデータを 8 ビットごとに、シリアル/パラレル変換し、バッファ RAM に書き込む。書き込まれるデータは、クロックライン 2 バイトを除くヘッダ部 4 バイト (32 ビット) と情報データ部 31 バイト (248 ビット) の合計 35 バイト (280 ビット) である。

M 50145 SP では図 6. に示すように、10H~21H の各 H に対しバッファ RAM への割付けを行っている。これは将来文字信号が 10H~21H のどの水平走査期間に重畳されても対応できるようにするためである。また、2 K バイトのバッファ RAM のうち残りのメモリエリアは、システム制御部のワーキングメモリとして用いることができる。

5. 表示制御用 LSI M 50146 SP

5.1 概要

M 50146 SP は表示制御用 LSI でビデオ RAM を外付けすることにより、電波技術審議会から答申されているすべての表示モード及び表示機能を行うことができる。その内部ブロックは図 7. に示すように、タイミング回路、垂直同期信号発生回路、インストラクションデコーダ、DRA M アドレス制御回路、DRAM タイミング発生回路、データコントロール回路、表示マトリクス制御回路から成り立っており、52 ピンシュリク形デュアルインラインプラスチックモールドパッケージに収められている。

5.2 タイミング回路

タイミング回路では、ビデオ信号入力インタフェース部とともにテレビのビデオ信号の水平同期信号と表示クロック (システムクロック) を Phase Locked Loop (PLL) で同期をとっており、スーパー表示における画面の「ちらつき」を少なくしている。

5.3 CPU バスとインストラクションデコーダ

M 50146 SP は 8 ビットの CPU バス (CPUBUS 0~7) を通して、命令を受けることができる。その命令の一覧表を表 1. に示す。また、CPU バスは、他のシステム例えばハードプリンタ制御回路などと接続することが可能である。

5.4 ビデオ RAM の制御

文字多重放送の 1 画面分のパターン情報は (8×31)×(12×17) すなわち 50,592 ビット、色情報は 8×31×17 すなわち 4,216 ビットであり、合計 54,808 ビット必要である。

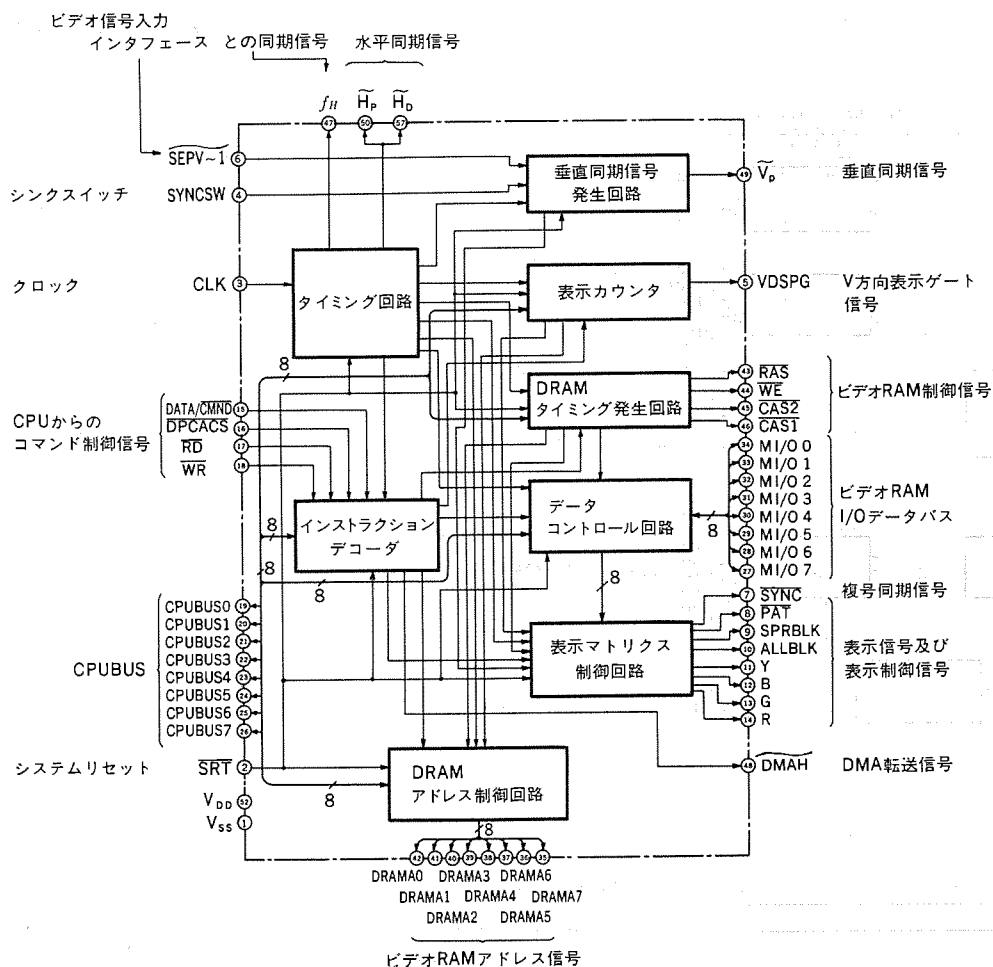


図 7. 表示制御用 LSI M 50146 SP のブロック図

表 1. 表示制御用 LSI M 50146 SP への命令一覧

機 能 名	補 足	コマンドコード M 76543210	入 力 モード		備 考
			RD 又は WR	DATA/CMND	
DMA 転送	バッファ RAM からビデオ RAM へ DMA 転送をする	1 0 * * * * 1/0	WR	CMND	○1 バイト命令 ○* は同時セット可
TEXT 消去	ビデオ RAM の TEXT 消去をする	1 0 * * * * 1/0 *	WR	CMND	
X アドレス RD インクリメント	RD 時, X アドレスがインクリメントする	1 0 * * * 1/0 * *	WR	CMND	
X アドレス WR インクリメント	WR 時, X アドレスがインクリメントする	1 0 * * 1/0 * * *	WR	CMND	
Y アドレス RD インクリメント	RD 時, Y アドレスがインクリメントする	1 0 * 1/0 * * * *	WR	CMND	
Y アドレス WR インクリメント	WR 時, Y アドレスがインクリメントする	1 0 1/0 * * * * *	WR	CMND	○2 バイト命令 コマンドコードセット後 DATA 入力モードで各 コマンドデータをセット する。 ○×は“1”又は“0”のい ずれでも可。
X メモリセレクト	8 画面中 1 画面を選択する	0 0 × × 0 0 0 0	WR	DATA	
Y アドレスセット	Y 方向アドレスをセットする	0 0 × × 0 0 0 1	WR	DATA	
X アドレスセット	X 方向アドレスをセットする	0 0 × × 0 0 1 0	WR	DATA	
PH 表示モードセット	PH 部の表示範囲をセットする	0 0 × × 0 0 1 1	WR	DATA	
MIX 表示モードセット	MIX 表示時の範囲をセットする	0 0 × × 0 1 0 0	WR	DATA	
RB, HB セット	ラスト背景色, ページヘッダ背景色のセットをする	0 0 × × 0 1 0 1	WR	DATA	
表示モードセット	表示モードをセットする	0 0 × × 0 1 1 0	WR	DATD	
DRAM WR セット	ビデオ RAM への書き込み時にセットする	0 0 × × 1 0 0 0	WR	DATA	
DRAM RD セット	ビデオ RAM からの読出し時にセットする	0 0 × × 1 0 0 0	RD	—	

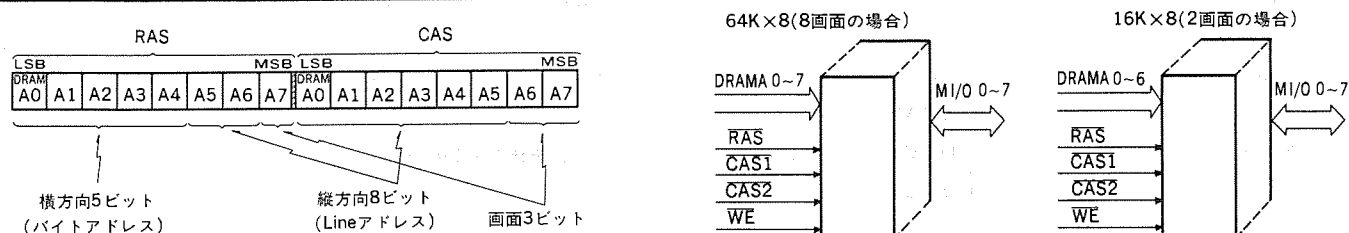


図 8. ビデオ RAM へのアドレスの与え方

M 50146 SP ではビデオ RAM として, 64 K DRAM (例えば M 5 K 4164) 8 個を外付することにより 8 画面分の記憶が可能で, 1 画面を表示に, 残り 7 画面を裏番組メモリに用いることができる。また, 16 K DRAM (例えば M 5 K 4116) 8 個を用いると, 2 画面を記憶でき, 1 画面を表示に, 残り 1 画面を裏番組メモリに用いることができる。

64 K DRAM を用いたときのビデオ RAM へのアドレスの与え方を図 8. に示す。16 K DRAM を用いたときは, ビデオ RAM へのアドレスとして CAS 及び RAS の最上位 1 ビットを除いたそれぞれ 7 ビットを用いる。

64 K DRAM を用いたときの表示画面の切替, すなわち表示画面と裏番組メモリの切替は, RAS の上位 1 ビット, CAS の上位 2 ビットを切り換えることにより一瞬のうちにすることができる。16 K DRAM を用いたときは CAS の上位 1 ビットを切り換えることにより行うことができる。

	パターンアドレス PAT ADD	カラーアドレス COL ADD
1段目(PH)	F4 ~ FF	F3
2段目	00 ~ 0B	E0
3段目	0C ~ 17	E1
4段目	18 ~ 23	E2
5段目	24 ~ 2F	E3
6段目	30 ~ 3B	E4
7段目	3C ~ 47	E5
8段目	48 ~ 53	E6
9段目	54 ~ 5F	E7
10段目	60 ~ 6B	E8
11段目	6C ~ 77	E9
12段目	78 ~ 83	EA
13段目	84 ~ 8F	EB
14段目	90 ~ 9B	EC
15段目	9C ~ A7	ED
16段目	A8 ~ B3	EE
17段目	B4 ~ BF	EF
18(VSCRL用)	CO ~ CB	F0
キャラクタ用	D4 ~ DF	D3

図 9. 1画面中のパターンデータと色情報データのビデオ RAM への割付け

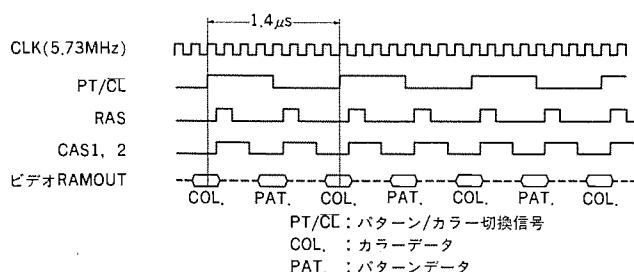


図 10. ビデオ RAM の制御タイミング

1画面中のパターンデータと色情報データの割り振りを図 9. に示す。M 50146 SP では、文字信号以外のコメントなど（例えば「しばらくお待ちください」）の表示用として、空いているメモリ空間を利用している。M 50146 SP では、表示期間中、8ビットの表示の間（約 1.40 μs）に、図 10. に示すタイミングで、色情報データ（8ビット）とパターンデータ（8ビット）を読み出す。

5.5 表示マトリクス制御回路

表示マトリクス制御回路では、ビデオ RAM から読み出されたパターンデータ及び色情報データを処理し、R（赤の出力信号）、G（緑の出力信号）、B（青の出力信号）、Y（輝度制御信号）、SPR BLK（映像信号をハーフランニング状態にする信号）、ALL BLK（映像信号をオールランニング状態にする信号）を出力する。

色情報データは色ブロック単位で指定され、文字・図形色の4ビット及び文字・図形背景色の4ビットの合計8ビットで構成され、ビデオ RAM の指定のアドレスに収められている。

5.6 全面縦スクロール表示と1行横スクロール表示

特殊な表示モードとしては、全面縦スクロール表示と1行横スクロール表示がある。全面縦スクロール表示では、ビデオ RAM への書き込み手順は固定表示とほぼ同じであるが、ビデオ RAM からの読出しは、パターンを1パケット（1ライン分）書き込むごとに、ページヘッダ部を除いた部分の読出しアドレスを一つずつ加算し、表示パターンを1ライン分ずつ上に移動する。これを繰返して、全面縦表示スクロール表示を行う。

1行横スクロール表示では、横スクロールデータパケットの1パケットで1文字（12×18ドット構成：216ビット）が送出される。これをシステム制御部で並べかえ、M 50146 SP を通してビデオ RAM に書き込む。表示は1フィールドごとに1表示クロック（5.73 MHz）ずつ水平表示位置

をずらしていき、1行横スクロールを行わせる。

6. む す び

以上説明してきたように、このたび開発した文字多重放送受信システムは、

- (1) 文字多重放送の表示モード及び表示機能を行うことができる。
- (2) チップ構成が少ない。
- (3) 専用 LSI の部分とマイコン、メモリなどの汎用 LSI の部分に分けたので、仕様に応じてシステム構成を変えることができる。
- (4) DMA 転送によりバッファ RAM からビデオ RAM に高速でデータ転送を行うことができる。
- (5) 表示クロック（システムクロック）は映像信号と PLL で同期をとっているため、画面の「ふらつき」が少ない。
- (6) CPU バスを用いて、ハードプリンタなどの他のシステムとの接続が可能である。

などの特長があり、我が国の文字多重放送の発展に貢献することが期待される。この受信システムを用いて、文字多重放送を受信した例を図 11. に示す。

我が国の文字多重放送は、パターン方式とコード方式の両方の利点を併せもったハイブリッド方式の検討もなされており、近い将来実用化放送が開始される予定である。この方式に対しても、データ処理用 LSI M 50145 SP はそのまま使用でき、表示制御用 LSI M 50146 SP は一部回路変更により対処できるので、現在開発に着手している。

最後に、この LSI を共同で開発に当たって御指導いただいたソニー(株)殿及びその他関係各位に厚く御礼申し上げる。

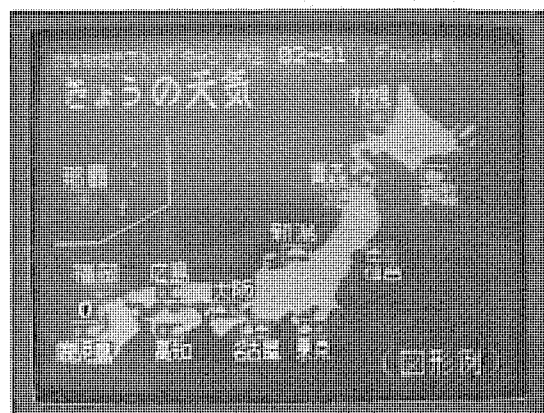
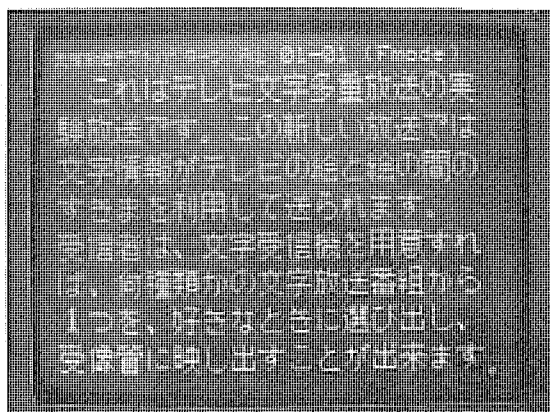


図 11. 文字多重放送受信例

高性能256KビットダイナミックMOS RAM

藤島 一康*・尾崎 英之*・佐藤 真一*・長友 正男**・下西 和博*

1. ま え が き

超 LSI 時代の玄関口と言われた 64 K ダイナミック RAM (64 K(D) RAM) は既に量産化され、電算機メインフレーム、パーソナルコンピュータをはじめ広い分野で実用化されている。しかし、低価格、高密度、高性能メモリに対する市場の要求はとどまるところを知らず、256 K(D) RAM も既に一部市場へ登場してきている。そして、64 K(D) RAM 登場の初期に見られた電源電圧、リフレッシュサイクルなどの混乱は 256 K では見られず、早い時機に標準化が進む様相をみせている。

本稿では、当社が開発を進めてきた高性能 256 K(D) RAM の特長を述べるとともにその電気的性能の紹介を行う。

2. 256 K(D) RAM の設計

64 K(D) RAM の開発当初においては、それまで 16 K(D) RAM で使用されていた 12 V 電源の低電圧化とともに、リフレッシュサイクルを 256 サイクル/4 ms⁽¹⁾、128 サイクル/2 ms⁽²⁾ のどちらにするか、基板バイアスを与えていた 1 番ピンの機能をどうするかなどについて多少の混乱があったが、現在では 5 V 単一電源、128 リフレッシュサイクル/2 ms で 1 番ピンにリフレッシュ機能を持たせたもの⁽³⁾と N. C. (開きピン)としたものが標準化され、量産されている。

しかし、256 K(D) RAM の開発に当たっては、64 K(D) RAM との容易なコンパチビリティを実現する上で自然な流れとして、1 番ピンをアドレスピン A₈ とすることが世界標準として早い時期に認められていた。図 1. に 64 K と 256 K のピン配置を示す。1 番ピンが A₈ ピンになっている以外は全く同一である。一方、機能としては、ページモードに替る高速リードライト機能として、4 ビットを高速にシリアルアクセスするニブルモードという機能が新しく提唱され⁽⁴⁾、標準機能となる可能性が大きかったこともあり、次のような設計指針を立て設計に着手した。

(1) 5 V 単一電源動作 (基板バイアス発生回路内蔵)

(2) 高速動作 最大アクセス時間/サイクル時間

: 120 ns/230 ns

(3) 低消費電力 動作時最大/スタンバイ時最大

: 360 mW/22 mW

(4) 256 リフレッシュサイクル/4 ms (A₀~A₇)

(5) リード、ライト、リードライト、リードモディファイライト動作可能

(6) アルミ工程マスタスライズでページモード機能付きとニブルモード機能付きが実現可能

(7) RAS オンリーリフレッシュ、ヒドンリフレッシュ、CAS ビフォア RAS リフレッシュ可能

(8) 広い動作マージンの確保

(9) レーザプログラム方式冗長構成の採用

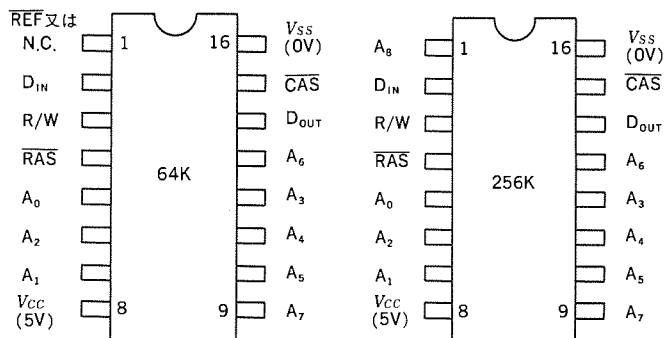


図 1. 64 K と 256 K ダイナミック MOS RAM のピン配置

3. チップの構成

図 2. は開発した 256 K(D) RAM の顕微鏡拡大写真で、その構成図を図 3. に示す。2 μm ルールで設計されており、チップサイズは 4.85 × 9.80 mm²、α線によるソフトウェア対策として 98 μm² の比較的大きいメモセルを採用している。メモセルアレーは、32 K ビットの 8 個のブロックに分割され、ポリサイド (ポリシリコンとモリブデンポリサイドの 2 層構造) で形成されたワード線の信号遅延を低減するために二組の行デコーダが設けられている。

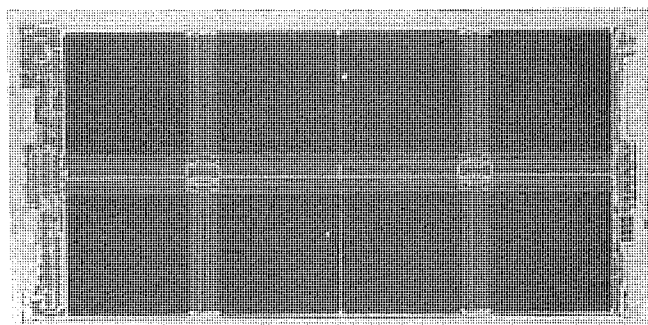


図 2. 256 K ダイナミック MOS RAM の顕微鏡写真

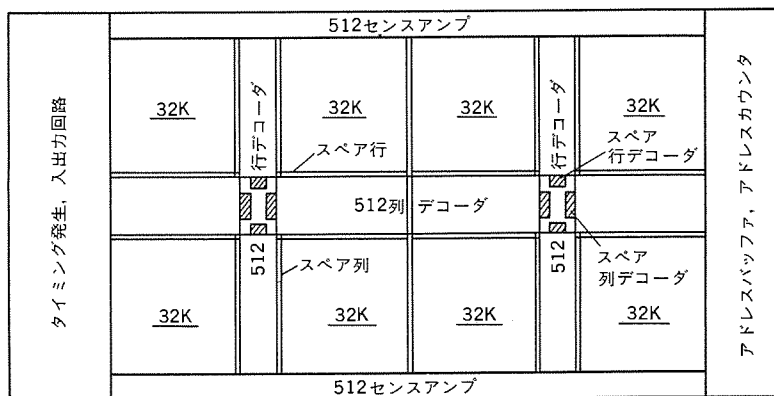


図 3. 256 K ダイナミック MOS RAM のチップ構成

各 32 K のメモリブロックにそれぞれ独立したコントロール回路を持たせ、よくバランスしたメモリ動作を実現した。上下にそれぞれ 512 個、計 1,024 個のセンスアンプ回路が並んでおり、それぞれ 128 ビットのメモリセルが接続され、アルミで形成された 2 本の折り返されたビット線を受け持っている。また、四組の I/O バス線がチップの中央を左右に走る列デコーダにそって走り、四つのプリアンプに接続されてニブルモードの 4 ビットを構成している。更に、チップの右側の周辺回路ブロックには、 $\overline{\text{CAS}}$ 比 RAS リフレッシュが可能のように、リフレッシュアドレスカウンタ回路がレイアウトされている。

4. メモリセルの構成

256 K(D)RAM では、メモリセルサイズの縮小と 1 個のセンスアンプ回路につながるセルの数の増加によって、メモリセルからの信号電圧の減少は避けられず、メモリ動作における種々のノイズに対する対策が必要となる。そこで、雑音に対してバランスした設計が容易な折返しビット線方式を採用し、基板のノイズの影響を軽減する目的でメモリセルのセルプレートに接地電極にしてデカップリングコンデンサの役目を持たせた。更に、メモリセルの容量を増加させるために、64K(D)RAM 以来標準プロセスとして確立している HiC セル構造⁽⁵⁾を採用した。

HiC セル構造は、MOS 容量に加えて PN 接合容量をメモリ容量として利用するもので、このため 15 % の信号電荷の増加を実現している。図 4. にメモリセルの断面図を示す。ワード線には、信号遅延を低減する目的で低抵抗であるポリサイドを使用し、ビット線にはアルミを使用している。

5. ページモードとニブルモード

開発当初より、ページモード機能付きとニブルモード機能付きが共に標準品として使用されることが予想されていたので、当社の 256 K(D)RAM では、アルミ工程のマススライズで両者が切り換えられる設計を行っている。図 5. にタイミング図で示すようにページモードとは、1 回の RAS サイクルで行アドレスを選択した後に列アドレスのみを切り換えてリード、ライトを行う機能で、16 K(D)RAM 以来標準化された機能である。一方、ニブルモードは、1 回の RAS サイクルで $\overline{\text{CAS}}$ をトグルすることで最初に選ばれた 1 ビットに続く 3 ビットの計 4 ビットをシリアルにアクセスする

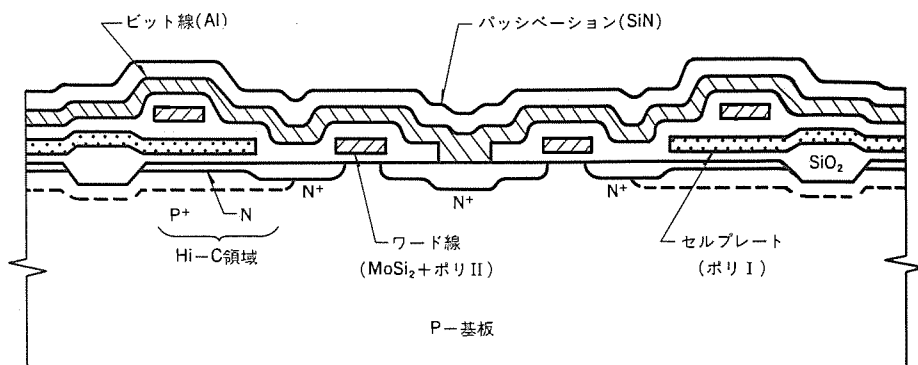
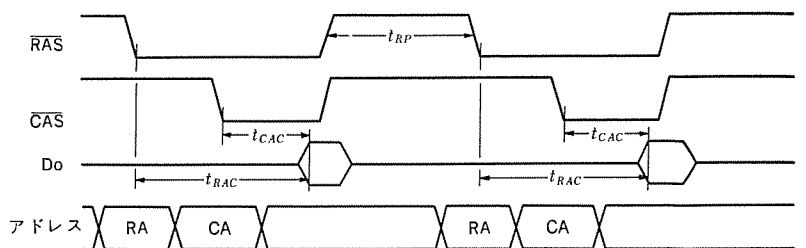
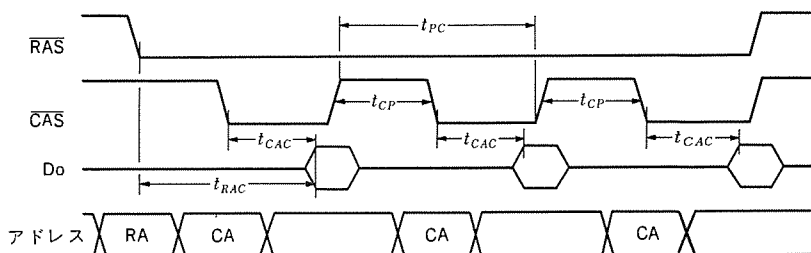


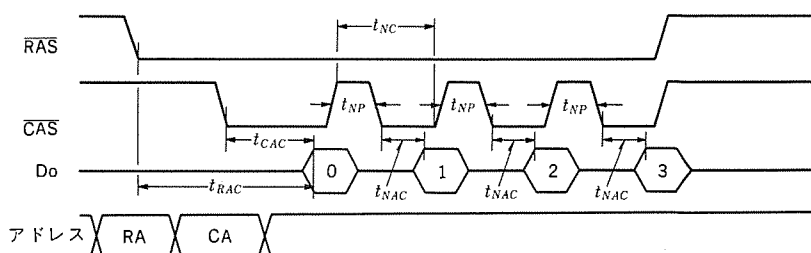
図 4. メモリセルの断面図



(a) ノーマルモード



(b) ページモード



(c) ニブルモード

図 5. 各モードのタイミング図

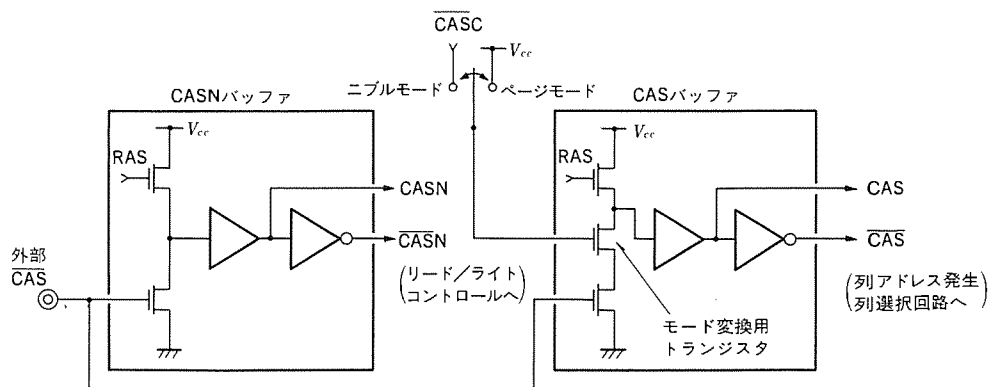


図 6. ページ/ニブルモードの切換回路構成

モードで、最初の行、列アドレスに続くアドレス入力は unnecessary になる。

これらの機能をアルミスタスタライズで実現するために図 6. に示す回路構成を採用した。図に示すように、外部の列アドレスを取込み有効にする回路を活性化する CAS バッファと別に、リード/ライトをコントロールだけの CASN バッファを設けた。CAS バッファの中のモード変換用トランジスタのゲート電極を電源に接続すれば、すべての CAS サイクルで列アドレスが有効になるページモード機能付きになり、電極を $\overline{\text{CASC}}$ 信号（立下りは $\overline{\text{CASN}}$ に同期するが、立上りは $\overline{\text{RAS}}$ に同期する信号）に接続すれば、1 回の RAS サイクルでは新たな列アドレスが取り込まれず、内部のシフトレジスタで選択された 4 ビットがシリアルにリード、ライトされるニブルモード機能付きになる。このように、ページモード機能付きとニブルモード機能付きをアルミ工程で容易に選択できるので市場の要求に柔軟に対応することができる。

256 K(D)RAM から標準機能になろうとするニブルモードでは、列アドレスが不要であり、 $\overline{\text{CAS}}$ からのアクセス時間 t_{NAC} をページモードにおける $\overline{\text{CAS}}$ アクセス時間 t_{CAC} の半分程度にでき、 $\overline{\text{CAS}}$ のプリチャージ時間 t_{NP} も内部のプリチャージすべき回路の数が少ないので大幅に短くすることが可能で、ページモードのサイクルタイムに比べてきわめて短いサイクルタイムで動作できるメリットがある。

6. $\overline{\text{CAS}}$ ビフォア $\overline{\text{RAS}}$ リフレッシュ

ダイナミックメモリは、容量に蓄積された電荷の有無を“1”、“0”情報として記憶するものであるために、メモセルの内容を定期的にリフレッシュする必要がある。このリフレッシュ操作を容易に行えるようにリフレッシュアドレスを自動的に発生するリフレッシュアドレスカウンタをチップ上に集積化した。

図 7. に示すように $\overline{\text{RAS}}$ の立下りエッジより t_{CSR} だけ早く $\overline{\text{CAS}}$ を立ち下げると、メモリチップは自動的に $\overline{\text{CAS}}$ ビフォア $\overline{\text{RAS}}$ リフレッシュサイクルに入り、外部アドレスが禁止されアドレスカウンタの出力がアドレスバッファに伝達され、リフレッシュされる。1 回のリフレッシュサイクル終了後、アドレスカウンタがカウントアップされ次のリフレッシュサイクルに備える。

一方、 $\overline{\text{CAS}}$ の立下りが $\overline{\text{RAS}}$ より遅いノーマルサイクルでは、アドレスカウンタの出力が禁止され外部アドレスがアドレスバッファに伝達されランダムアクセスが可能になる。以上のように、アドレスカウンタをチップ上に集積化し外部アドレスとの切替を $\overline{\text{RAS}}$ 、 $\overline{\text{CAS}}$ のタイミングで行う構成を採っているので、ダイナミックメモリを使いにくいものにしていないリフレッシュ操作が簡単に行えるようになった。

7. 冗長回路構成

今回開発した 256 K(D)RAM は、ウェーハプロセスの歩留りを向上させるために、レーザでプログラムできる 4 行、4 列の冗長ビットを集積化している。図 3. に示すように、メモリは 4 個の 64 K ブロック（上左、上

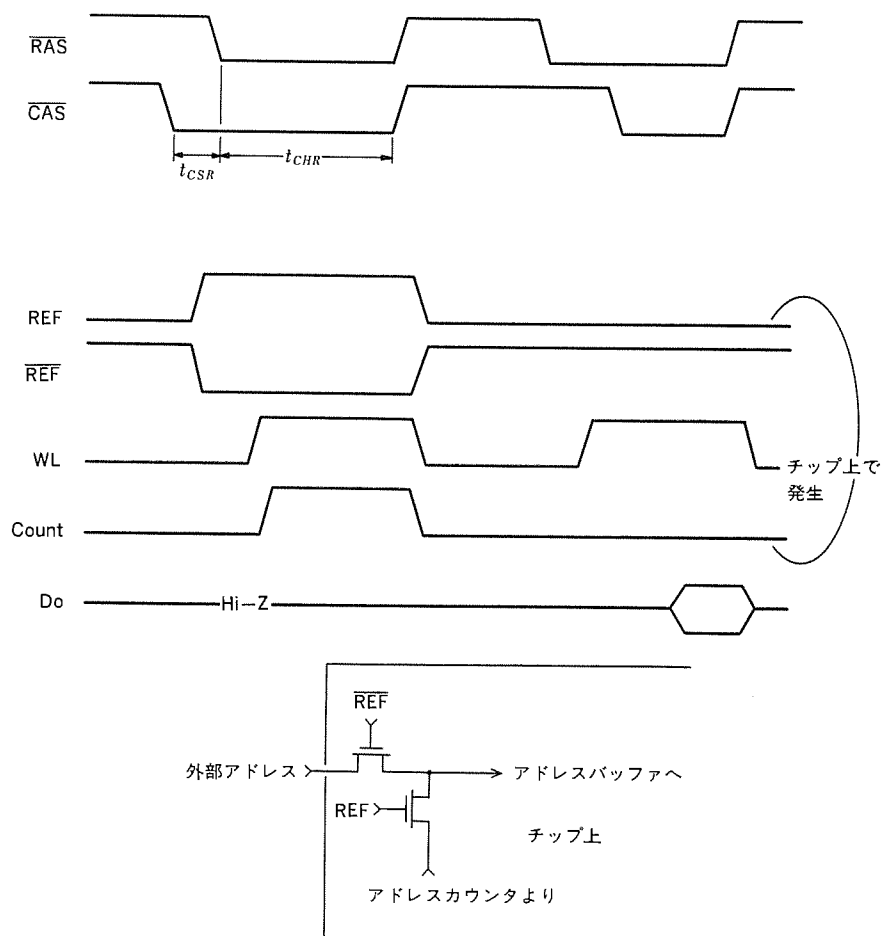


図 7. $\overline{\text{CAS}}$ ビフォア $\overline{\text{RAS}}$ リフレッシュの説明図

右、下左、下右) からなっており、それぞれが 1 本のスペア行をもっている。また、スペア列は左右の 128 K ブロックに 2 本ずつあり、各 2 本のスペアは 128 K ブロックの中の任意の 2 本の列を救済できる構成になっている。スペアデコーダは、行と列のデコーダの交差点にコンパクトにレイアウトされており、冗長回路のチップ全体に占める割合は、1.9 % と小さなものになっている。

図 8. に通常の列デコーダとスペアの列デコーダの回路図を示す。不良の列を非選択にするのは、 $L_1 \sim L_4$ の 4 本のポリサイドのリンクをレーザでブローすることで行う。そして、スペア列デコーダの 14 本のリンクのうち、不良アドレスに対応した 7 本のリンクをブローすることで置換を行う。したがって、1 回の置換でブローされるリンクの数は合計 11 本である。行の置換も同じ要領で実行される。この冗長構成では、メモセルアレーのほかにデコーダ、センスアンプ等での欠陥も救済できるので、置換可能なチップ領域は 75 % 以上になり歩留り向上に大きく貢献している。

8. 256K(D)RAM の特性

図 9. に $V_{CC} = 5 \text{ V}$ 、周囲温度 25°C における出力波形を $\overline{\text{RAS}}$ 、 $\overline{\text{CAS}}$ の波形とともに示す。RAS アクセス時間 (t_{RAC}) 80 ns、 $\overline{\text{CAS}}$ アクセス時間 (t_{CAC}) 40 ns で動作している。

表 1. に 256 K(D)RAM の性能一覧を示す。

9. む す び

以上、 $2 \mu\text{m}$ ルールの設計基準を用いて、約 48 mm^2 のシリコンチップ上に 256 K ビットを集積化したダイナミック RAM の紹介を行ってきた。

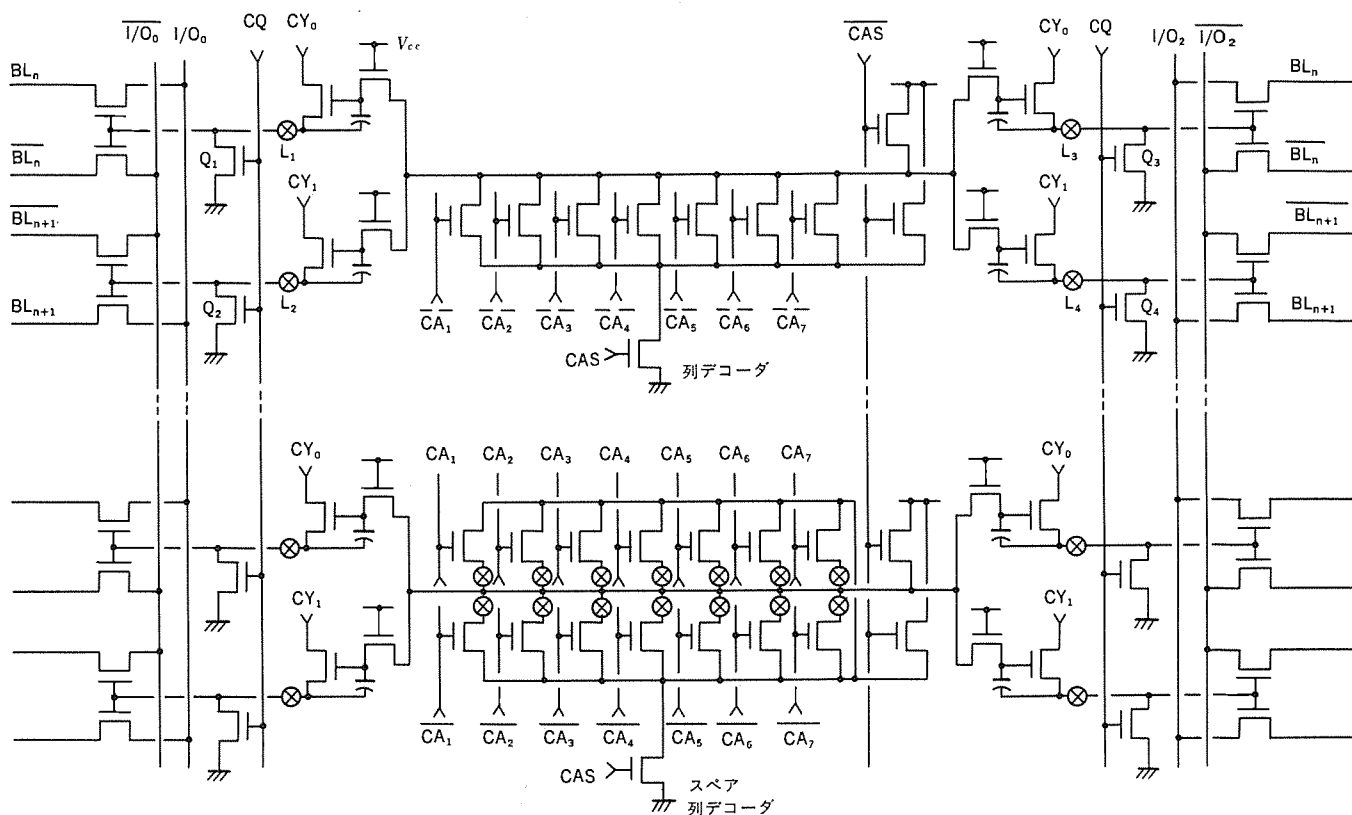


図 8. 列デコーダとスペア列デコーダ

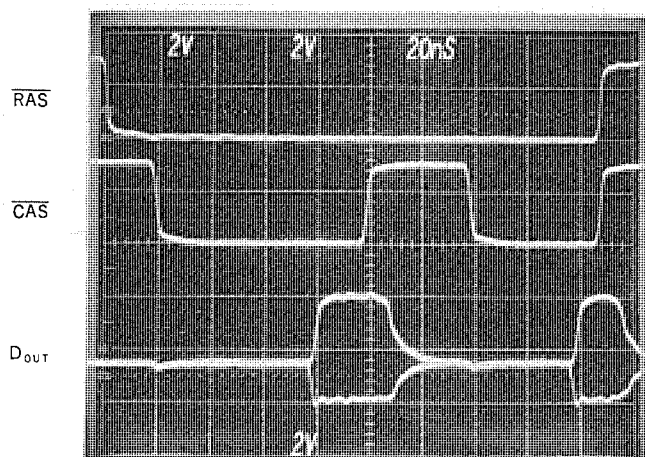


図 9. 256 K ダイナミック MOS RAM の動作波形

超微細加工技術, 新デバイス技術, 高度回路設計技術に加えて, 冗長回路技術の採用によりアクセス時間 120 ns というターゲットに対して広い動作マージンを持ち, 高歩留りの期待できる 256 K(D)RAM が実現できた。現在量産されている 64 K(D)RAM に続いて, 1984~85 年には 256 K(D)RAM の使用量が増大すると考えられており, 世はまさに超 LSI 時代に突入したと言えよう。

表 1. 256 K(D)RAM の性能 ($V_{CC} = 5$ V, 室温)

語 構 成	262,144 語 × 1 ビット
使 用 技 術	2 μ m ルールの NMOS ポリサイド (ポリ Si+MoSi ₂) ゲート
チップサイズ	4.85 mm × 9.80 mm = 47.53 mm ²
セルサイズ	7 μ m × 14 μ m = 98 μ m ²
アクセスタイム	80 ns / 40 ns (RAS / CAS)
サイクルタイム	150 ns
ニブルアクセスタイム	20 ns
ニブルサイクルタイム	50 ns
動作電流	50 mA (サイクルタイム 230 ns)
スタンバイ電流	2 mA
リフレッシュ	256 サイクル / 4 ms
パッケージ	16 ピン 300 ミル DIP

参 考 文 献

- (1) 下西ほか: 三菱電機技報, 53, No. 7, P. 491 (昭 54)
- (2) 谷口ほか: 三菱電機技報, 55, No. 5, P. 368 (昭 56)
- (3) M. Taniguchi et al: IEEE J. Solid-State Circuits, SC-16, P. 492 (1981)
- (4) S. S. Eaton et al: in ISSCC Dig. Tech. Papers, P. 84 (1981)
- (5) M. Yamada et al: in IEEE International Electron Device Meeting Tech. Dig., P. 578 (1980)

原子力プラントにおける新形中央制御盤(ACR) 《MEDIC-2000》

谷 衛*・高橋勝彦**・榎田征也***・阪上武温***・南 秀行***・小田橋正寿†・須山 勉††

1. ま え が き

近年、原子力発電所はユニット容量が増加し、他産業プラントに比べ非常に多くのパラメータが中央に集中化され、かつこれらの相互関連が複雑であることから、中央制御監視の規模も増大している。反面、ますますプラント運転の信頼性、稼働率の向上及び運転員の負担軽減が要求されている。

昭和50年から、三菱重工業(株)、三菱原子力工業(株)、三菱電機(株)は共同で、カラーCRT表示技術と人間工学を活用した中央制御盤の改善に着手した。その後発生したTMI-2事故は、人間工学及び計算機技術の積極的活用による運転監視操作性のより一層の向上の必要性を指摘したものである。

これに対応して、三菱は、ステップバイステップの着実な改善を期して、短期的には運転プラントへCRT表示設備の増設を図るとともに、長期的には将来プラントを目指して、電力会社(北海道電力(株)、関西電力(株)、四国電力(株)、九州電力(株)、日本原子力発電(株))と共同して、新形中央制御盤の研究開発を行った。

2. システムの概要

2.1 システムの開発背景

原子力発電所では、中央集中監視制御方式が採用されており、中央制御室には多くの機能をもつ制御盤を集中化し、これらを有機的に連けいして安全に運転している。

更に、プラント構成機器の数が多く、かつそれら機器の相互関連が複雑であることから、運転監視・制御における情報処理系、すなわち人間-機械のかかわり合いは、他プラントに比べ非常に密度高く行われている面をもっている。

したがって人間系の誤判断・誤操作防止の目的から、情報の集中化・集約化・操作の簡易化・自動化を図ることにより、機械系-人間系のかかわり合いを改善し、プラントの監視性・操作性を向上させることは、プラントの稼働率・安全性の一層の向上につながるものである。これらの実現を目的として、最近急速な技術進歩をとげたCRT技術・計算機技

術を積極的に活用した新しい概念の中央制御盤を開発することとした。

2.2 システム開発方針

従来プラントの運転においては、制御盤上の監視計器を介してプロセス量を監視し、同時にプラント状況を判断して、必要な運転操作を行っている。今回の開発では、監視・操作の向上を図り運転員負担を軽減し、マンマシンインタフェースの強化を図ることを目的とする。図1.に開発目標を示す。

具体的な目標として、次の三つを開発ポイントとし、更に自動化システムの採用を図ることで、これらを有機的かつ合理的に結びつけ、マンマシンインタフェースの改善を可能とした。図2.に開発及び検証ステップを示す。

(1) 事故を含む運転操作性を考慮し、運転モードに応じて機能分

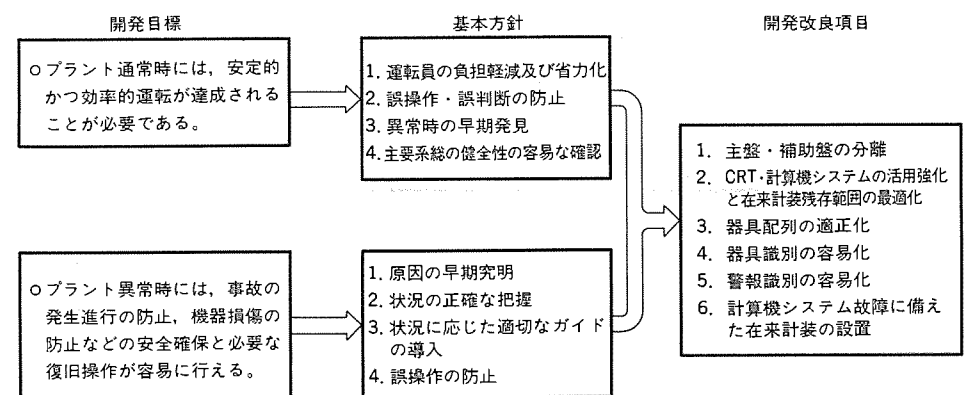


図1. 新形中央制御盤の開発目標

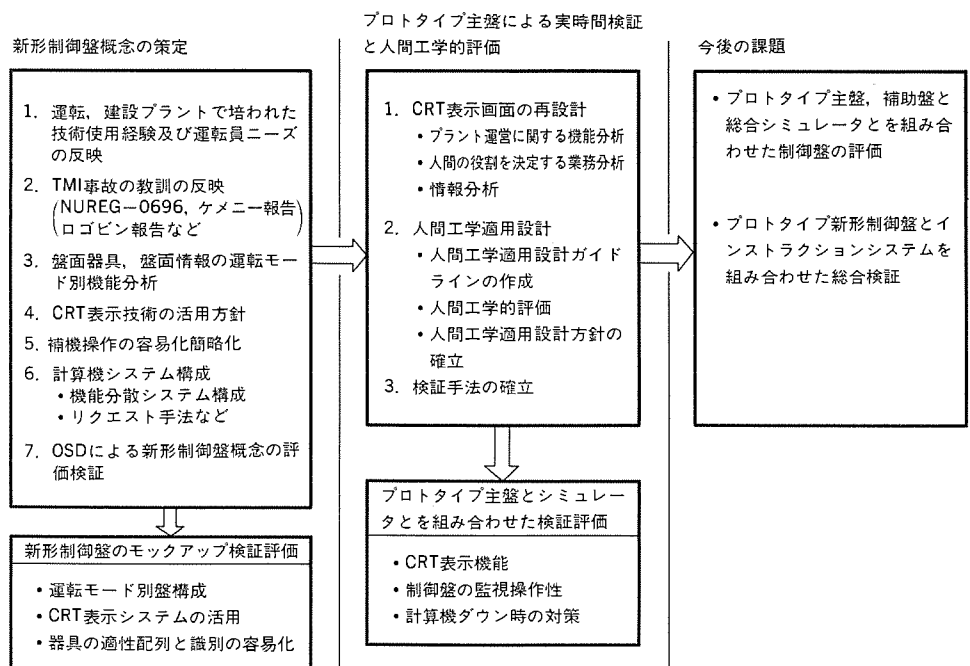
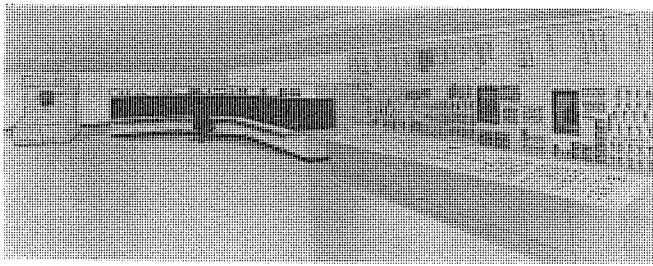


図2. 新形中央制御盤開発ステップ



盤 構 成	運転モードからみた機能	監視・操作頻度と緊急性からみた設置器具
主 盤 (中 央)	一・二次系の温調停止から100%出力までの通常運転時に必要な操作・監視を主体にする。(安全関連の一括手動操作に関するものを含む。)	通常運転時の監視・操作頻度が多く、かつ迅速な対応が要求される一・二次系のもの。
原子炉補助盤 (右)	①一次系の起動前後操作・低頻度操作・試験時操作等を主体にする。 ②ECCSの作動が要求される事故(一次冷却材喪失事故、給水管破断事故、蒸気発生器伝熱管破断事故など)の修復操作並びにその監視を主体にする。	①一次系のうち、通常運転中並びに事故後の操作、監視に迅速な対応や操作を特に要求されないもの。 ②事故後の修復作業及び安全性の確認のため迅速な対応が要求されるもの。
タービン発電機補助盤 (左)	二次系の起動前後操作、低頻度操作、試験時操作等を主体にする。	二次系のうち、通常運転中並びに事故後の操作、監視に迅速な対応や操作を特に要求されないもの。

図 3. 新形中央制御盤概念図

割した中央制御盤の開発(新形中央制御盤の概念図を図3.に示す。)

(2) プラント状態把握のため、計算機技術を有効活用し、判断、予測などの機能の向上のためのCRTを主体とした監視システムの開発
(3) 中央制御盤、CRT表示システムの、プラント運用に関する機能分析、人間と機械の役割分析及び人間工学適用設計

また、これらの設計の妥当性を評価確認するため、以下のことを実施した。

(1) モックアップによる検証・評価
(2) 人間工学評価用チェックリストの作成及びそれによる検証・評価

(3) プラント運転員によるプロトタイプ主盤とプラントシミュレータによる実時間検証・評価

以下に、現在までに得られた成果のうち、特に計算機システム構成及び人間工学/プラントシミュレータによる実時間検証結果について紹介する。

3. 人間工学に基づく設計

新形中央制御盤の開発プロセスの中で、人間工学を適用したことが大きな特色であり、その考え方と手法を述べる。

3.1 人間工学設計範囲の拡大

(1) 従来から一般的とされてきた人間工学の寸法・形状・色・音などの分野(Ergonomic)のほかに、対象とするシステムの複雑化に伴って研究の領域を広げ、今回は人間の判

断や認知形態に関するもの(Cognitive)も設計にとり入れた。

(2) 三菱では電力系統・公共施設などの他分野のシステム設計や製作を通して、マンマシンインタフェースの技術蓄積をもっているが、広い視野での情報収集と開発を行うために、人間工学専門会社を有効活用した。

3.2 制御盤設計への人間工学の適用

(1) き(椅)座姿勢による一人操作も可能な主盤とするため、身体計測値を次の条件下で反映させた。

(a) 監視制御員の計測値(JEM・1980)やその他のデータから、5及び95パーセンタイル値を選択的に適用し、それぞれの寸法を満足する盤形状とすること。

(b) CRTの中心線は座って運転員の通常視線に近づけること。

(c) 主盤の平面図形状は通常時の一人運転を満足させ、原子炉盤は、緊急時の運転員(複数)の移動動線も可能な限り単純化するように考慮すること(図4., 図5.参照)。

(2) プロセス制御の中心となる操作モジュールやランプ、記録計などの形状と盤面配置については、次の条件を検討し適用した。

(a) 操作監視の誤りを少なくする目的で、色彩・操作方向・配置・サイズ・ラベリングなどの人間工学的コーディングを利用すること。

(b) 電力会社の運転実務者や設計者の調査で得たステレオタイプ(典型的に示される定着した人間の行動様式・感覚)を設計に反映すること。

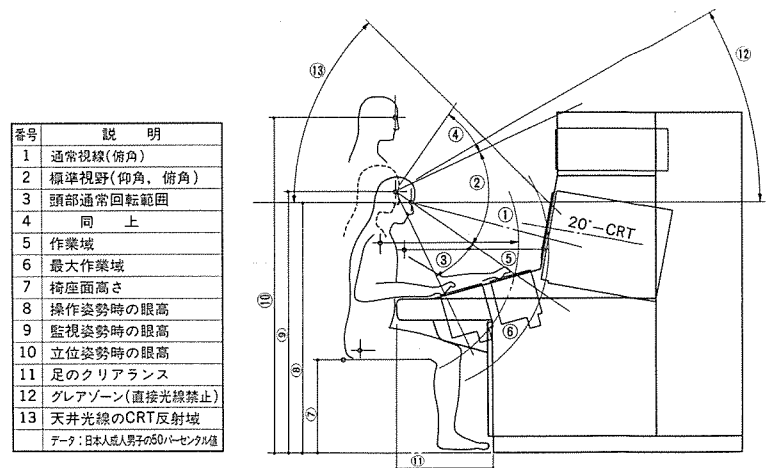


図 4. 人間工学的設計(側面)

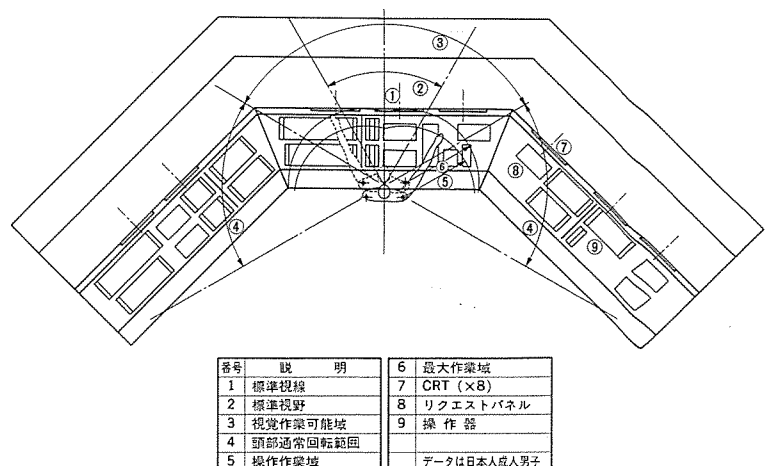


図 5. 人間工学的設計(平面)

(3) 盤面や使用器具の色彩は、視認性と情緒面に与える影響が大きいため、色彩心理学やデザインによる検討結果を設計に反映した。

3.3 CRT表示システムへの人間工学の適用

プラント運転員には、監視→判断→操作→確認の一連の役割が要求されるが、CRT表示システムによる情報の授受を効率高く行うためには、監視機能、判断機能、操作機能、確認機能の各項目に対応した人間工学的検討が必要となる。具体的な検討例の一部と、それを適用した設計の結果について述べる。

(1) プラントの運転状況をわかりやすく表示するために、画面表示要素の選択が重要である。情報の種類に対応して、どのような表示形態が適しているかを表1に示す。

(2) 応答時間が3秒を越えると注意力の低下が考えられるので、

運転員の入力に対応した適切なフィードバックをCRT、又は操作機器に表示することとした。

(3) 情報入力装置の選択に際しては、ハードウェアの特性と同時に入力操作の正確さ、身体計測値の満足度、表示ソフトウェアの容易さなど、マンマシンインタフェース面からも検討して、ランプ付き機能キーが総合的に優れていると評価した。この他に、タッチセンサなどの新しい電子装置も実機検証したが、今後の適用に向け積極的に検討を進める。

(4) リクエストパネルにも、前述の各種の人間工学上の考慮と美的配慮が必要である(図6参照)。これらを適用した設計の結果、ワークスルー検証(現寸大模型を利用して、運転モードを模擬して行う検証手段)でも高い評価が得られ、盤面全体も精度感あるデザインとなった。

表1. 表示形態のガイドライン

* 表示すべき 情報	表 示 形 態					
	棒グラフ 表示	基準値と棒 グラフによる 表示	トレンド グラフ表示	デジタル 値表示	ミミック図又は ブロック図 表示	テキスト (文字) 表示
定量的情報	○			○		
定性的情報	○	○	○			○
チェック情報	○	○				○
状態情報		○			○	○
予測情報			○	○		○
履歴データ			○	○		○
操作手順情報						○

3.4 CRT表示画面の人間工学的設計プロセス

新形中央制御盤では、CRTに表示される画面が監視性を大きく左右するために、人間工学的設計プロセスと、その結果については次のように行った(図7参照)。

(1) 従来からの技術ベースで作成した画面設計基準(I)をもとにして画面を設計し、実際のCRT上に表示した。

(2) 人間工学専門会社のライブラリと情報検索システムを利用し、原子力発電、プロセス制御、マンマシンインタフェース、応用心理学などのキーワードにより人間工学に関する情報を収集した。

(3) 収集された情報に関し、今回のCRT表

示システムに関するものを編集・討議して評価用チェックリストを作成した。

(4) チェックリストにより実画面を評価した。

(5) 摘出された不具合に関し、緊急性、監視性、診断性に与える影響を考慮して不具合度の点数づけをした。

(6) 不具合の解決にあたっては、不具合度の大きいものから着手し、人間工学者、システム設計者、計算機技術者、デザイナーによるトレードオフ(利害の一致しない中から、調和的解決を目的とした最適解の発見手段)の結果、解決策をみいだした。

(7) 解決策を画面設計基準(II)に集約した。この基準に規定されている項目を表2に示す。

(8) 解決策をもとにC

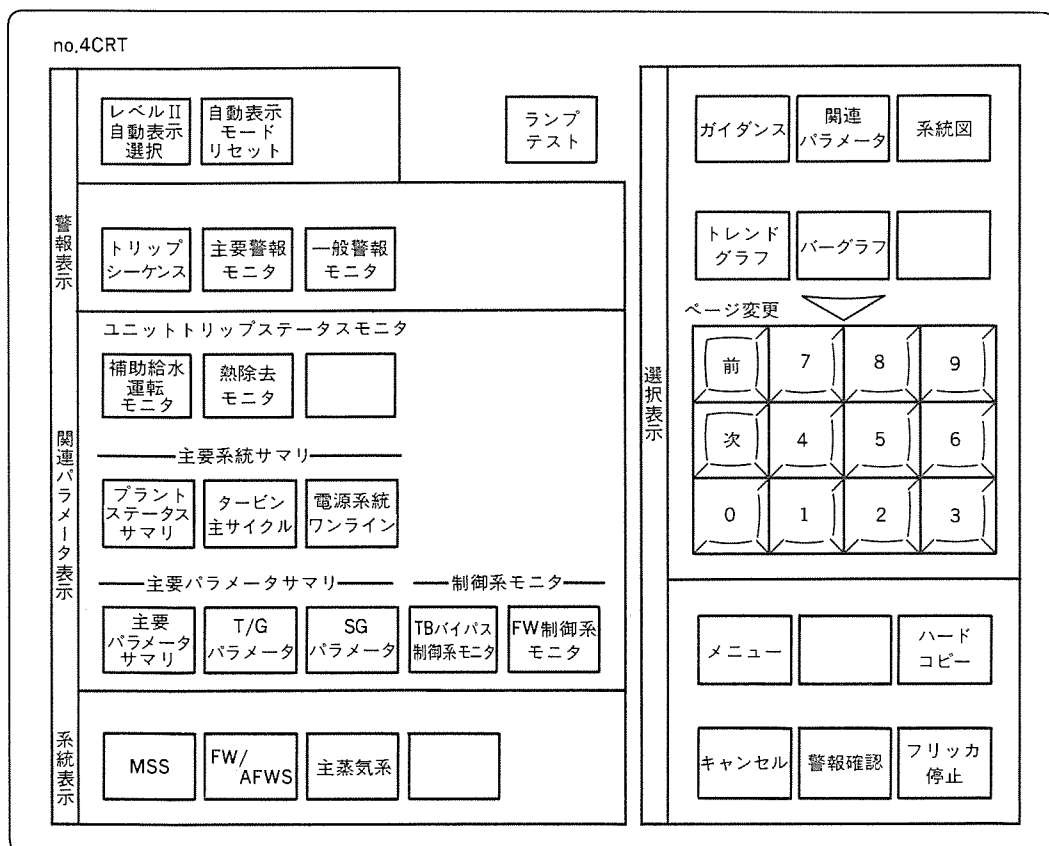


図6. リクエストパネル

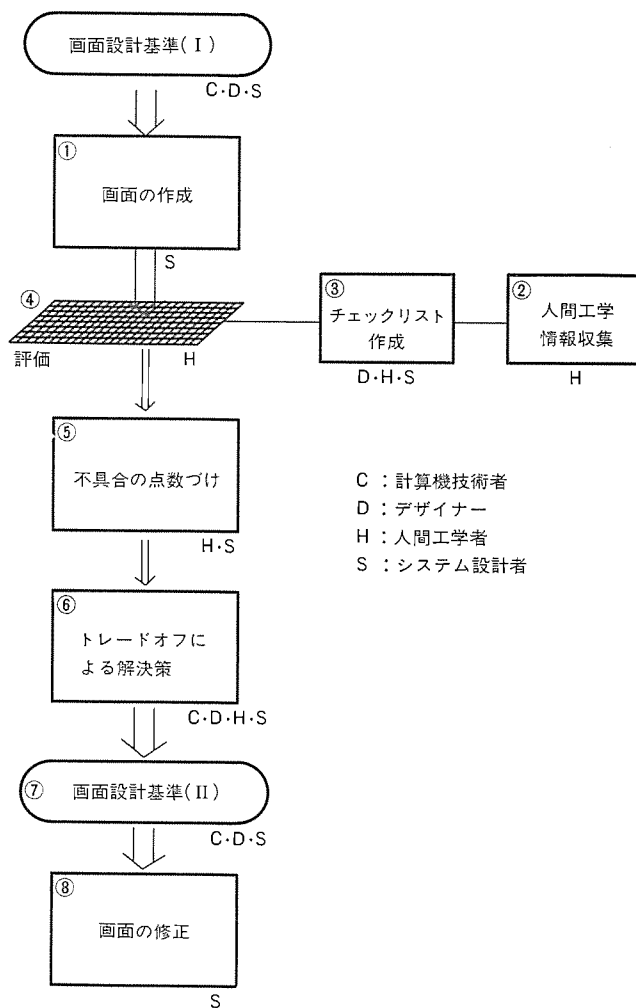


図 7. 画面の人間工学的設計プロセス

表 2. 画面設計基準規定項目

本設計基準は次の項目からなる。

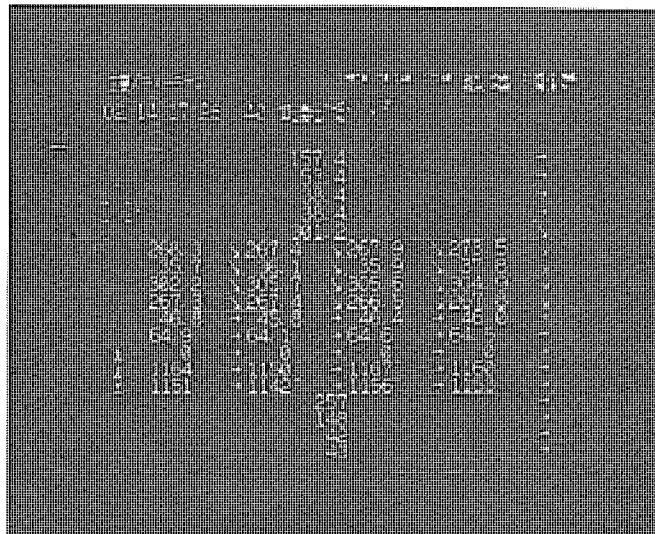
1. CRT ディスプレイのハードウェア	・グラフィックを用いた表示
・輝度及びコントラスト	・系 統 図
・視認距離	・シンボルを用いた表示
・ドットサイズ及びドット数	・色彩の使用
・色彩の表示	・「強調」を用いた表示
・その他の条件	
2. 画面の構成	4. プラント情報の提示方法
・画面のレイアウト	4.1 表示要素の選択
・画面のグループ分け	・情報の提示に対する要求
・表示される情報の量	・表示要素の選択
・画面内の位置の優先	4.2 画面体系に関係する表示機能の選択
3. 表示要素の設計	・フィードバック情報の表示
・文字を用いた表示	・マルチページ情報の表示
・ラベル	・その他の表示機能
・「表」を用いた表示	

RT 画面を修正した。CRT 画面の人間工学的改善例を図 8. に示す。

3. 5 人間工学的設計の総合検証と今後の課題

モックアップなどでも人間工学的な検証・評価は行ってきたが、更に詳細かつ総合的な評価を行うために、プロトタイプ主盤とプラントシミュレータを用いた実時間検証を行った。その結果を次に述べる。

改善前



改善後

改善点

- 1) 画面番号
- 2) 画面タイトル
- 3) 画面タイトルの色
- 4) 表示情報の削減
- 5) 行間隔
- 6) 単位記号表示位置
- 7) 小数点位置の整列

図 8. CRT 画面の改善例

評価の項目	評価点				
	わるい	ややわるい	どちらでもない	ややよい	よい
○作業負担の適正度					
○作業時間の適正度					
○共同作業の適正度					
○肉体的影響					
○精神的影響					

注 ストレス、疲労に関し、全運転員に対するアンケート結果の1人当たりの平均値

図 9. 疲労心理学面評価結果

(1) NUREG-700 から主盤に関する a. 作業空間, b. 制御用機器, c. 表示用デバイス, d. ラベル, e. 盤面取付器具の相互配列, f. 表示装置と操作機器の関連, などについての評価項目を選出し, 評価した結果, 人間工学的に満足されているという評価を得た。

(2) 新形中央制御盤を使用した結果, ストレスや疲労が発生し得るかどうかについてチェックリストを作成し, アンケート方式により評価した。その結果を図 9. に示す。

この結果からは、疲労・心理学面での不具合の指摘は軽微であった。しかしながら、CRT のガラス面に反射する天井照明による眼の疲労については、実機プラントにおける中央制御室の室内照明などの総合インテリアデザインなどで解決できる見通しを得た。以上の評価結果から、現在確立されている人間工学領域では設計上の不具合は除去されたが、ストレス、エラー率などの高次の精神的領域をも含めた人間工学の分野では、まだまだ開発要素が残り、今後更に研究を続け、次元の高いものとするため、人間工学的設計技術の向上に努めたい。

4. 計算機システムの構成

新形中央制御盤に適用する計算機システムは、次の要求を満足するものでなければならない。

(1) 十分な処理能力

従来の国内 PWR プラントにおける計算機の位置づけは、①プラントの性能計算、②データロギング、などであったが、新形中央制御盤では、プラント監視の中心となるために高い処理能力が要求される。

- ・早い実時間応答性
- ・監視周期の短縮
- ・監視範囲の増加（入出力点の増加）

(2) 高いシステムの稼働率

CRT によりプラントの監視・判断・操作結果の確認を行う新形中央制御盤において、高いシステム機能稼働率が要求される。また、計算

機システムでは情報の集中する部分が生じ、例えば中央処理装置（以下、CPU と称す）の故障の場合はその CPU に制御される全機能を喪失する。計算機システムの全体構成の計画にあたっては、単一故障による影響を最小限に抑えるよう考慮する。

(3) 高い保守性

ハードウェア又はソフトウェアの一部機能の保守のために、システム機能の全体を停止するようなことは極力避けなければならない。もし停止を要する機能があるとしても、停止範囲及び期間ができる限り小さくなるようシステム構成上の考慮を払っておく必要がある。

(4) 拡張性

計算機システムの構成については、拡張増設がシステム全体の運用に及ぼす影響を最小に抑えるように拡張性をもったものとする必要がある。

新形中央制御盤に適用する計算機システムは、図 10. に示す機能分散処理構成とし、それらを高速・高応答のデータウェイにより結合したものである。すなわち、複数のプロセッサの並列処理により処理能力の向上を図り、データウェイによる粗な結合とすることによりシステムの保守性・拡張性が得られる。ここで使用するデータウェイは、従来のデータウェイで行われているソフトウェアを介して、データ交換するメッセージ伝送機能のほかにブロードキャスト伝送及びファイル伝送の機能をもたせ、各プロセッサの互いに粗な結合と高速応答性を実現している。

また単一故障によりシステム機能の喪失に至らないように、システムの中核的役割を担うデータウェイ、データ処理計算機、プロセス入出力プロセッサなどは二重化した。CRT の故障に対しては、当該 CRT 画面

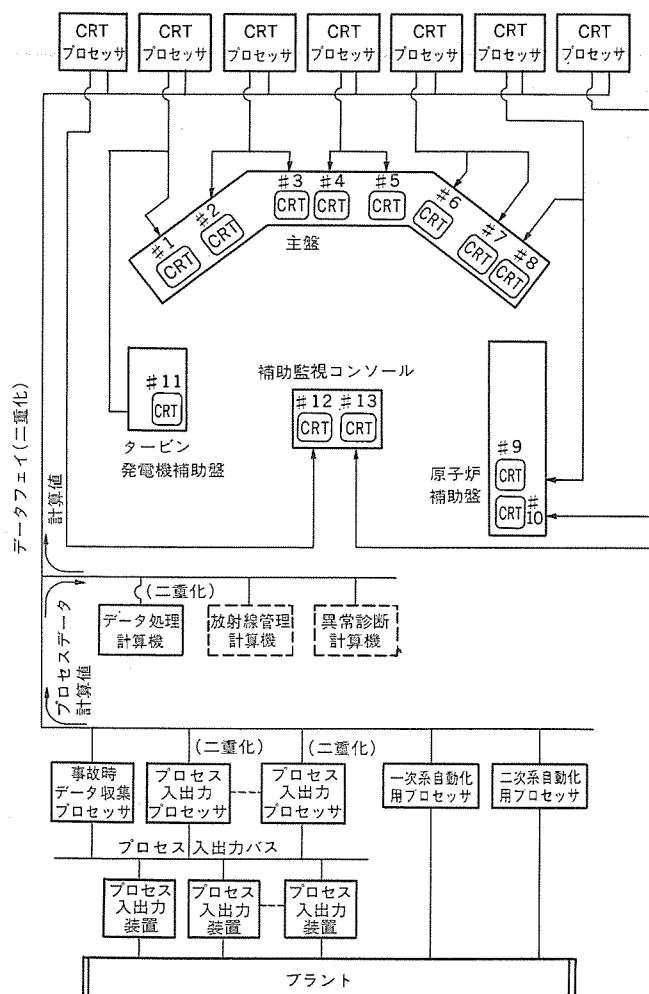


図 10. 計算機システム構成図

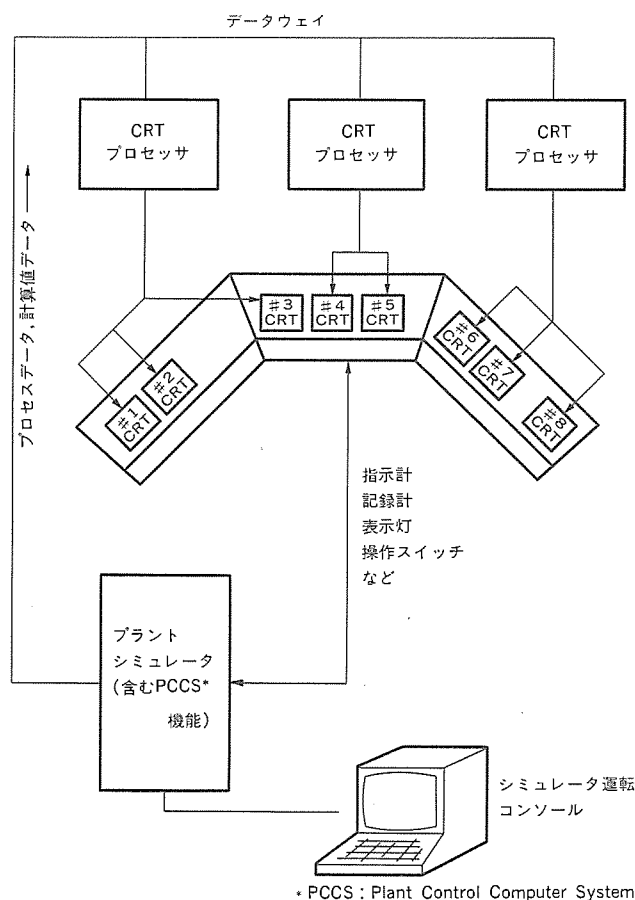


図 11. 主盤プロトタイプ適用計算機システム構成図

* PCCS : Plant Control Computer System

表 3. 検証用計算機 システム 構成主要機器概略仕様

仕 様		
プラントシミュレータ	中央処理装置	MELCOM 350-50/A 2500
	主 メ モ リ	MOS-IC 1,280 K バイト
	補 助 メ モ リ	ディスクバック 50 M バイト×2 台
	プロセス入出力	デジタル入力 288 点
		” 出力 576 点
CRT プロセッサ	中央処理装置	MELCOM 350-50/A 2100
	主 メ モ リ	MOS-IC 384 K バイト
	補 助 メ モ リ	固定ヘッドディスク 1 M バイト
主盤 CRT	機 種	M 2398
	モニタテレビ	20 インチ 7 色
	表示画素数	4,800 画素
データユニット	機 種	MDWS-30 S
	伝 送 路	光ループ
	伝 送 速 度	15.36 Mb/s

を別の CRT プロセッサで駆動される隣接 CRT に表示することにより、単一機器の故障によりプラントの監視不能に陥らないようにした。

このたび新形中央制御盤の主盤部分については、プロトタイプ製作、及びプラントシミュレータとの接続により、CRT を主体とした運転の妥当性をいくつかの運転モードで検証した。図 11. に検証用計算機システムの構成図を示す。検証用システムと実機適用システムの主たる相違点は次のとおりである。

- 構成機器の故障に対するバックアップの考慮をしていない。
- データ処理計算機の機能はプラントシミュレータ及び CRT プロセッサで分担処理した。
- プロセス入出力プロセッサの機能はプラントシミュレータで処理した。

表 3. に検証用計算機システムの構成主要機器概略仕様を示す。

5. シミュレーション検証

5.1 シミュレータ規模

今回の検証は、温態停止→100%出力までの通常運転であることから、事故時対応（原子炉補助盤）となる余熱除去系、安全注入系、原子炉補機冷却系以外の系統についてシミュレータ検証した。なお、二次系のタービン復水系については簡易モデルとした。

5.2 検証方法

検証運転モードについては、温態停止→100%出力の通常運転及び代表的な異常事象（給水関係、プラントトリップ…など）を選出し次の方法で検証した。

- 主盤上の計器は CRT のほかには、ランプ類、コントローラ表示器、電気系関連メータのみとし、他の指示計・記録計は目隠して、

在来計器に代って CRT による運転が可能であることの確認

- 通常時（温態停止→タービン起動→併入→出力上昇）の 1 人運転が可能かどうかの確認

- CRT が全台喪失した場合を想定し、ハードワイヤード計器類のみにより出力減少→温態停止状態への移行が可能であることの確認、また運転操作面の評価を行うため、OSD (Operational Sequence Diagram) データの採取及びビデオカメラにより運転員の動きを採録した。

以上の検証データから以下の項目を評価した。

- CRT 画面に対する評価

画面体系の組立や、それに基づいて提供される情報が、取得や理解に容易な取扱となっているか否かを、チェック基準に従って実時間検証を行い評価した。

- 運転操作面の評価

人間工学、CRT 画面に対する評価項目を総括し、かつ運転面からの評価検証を行うため、運転要領書に従い運転操作性の定量評価を実時間検証で行った。また同時に OSD、ビデオなどにより運転員の動線を分析評価した。

5.3 評価結果

- CRT 画面に対する運転監視面の評価結果

通常時、異常時について CRT による情報によって十分なプラント監視、操作が行われていることから、操作に対応して必要な情報や同時に監視すべき関連情報が CRT から集約した形で提供され、更に主盤上の監視操作範囲の縮小化とも合致して十分な運転が可能であったと評価できる。また、運転員のコメントについても CRT に期待しているものが多く、CRT による情報提供は本質的にニーズに合致したものであり、誤操作・誤判断防止に十分寄与できるという評価を得た。

- 運転操作面の評価結果

実施した代表的な運転モードに対する検証の結果、実施全運転モードについて、在来盤より運転しやすいという評価を得た。特にプラントトリップについては、トリップシーケンス・プラントトリップステータスマニタなどの画面、自動表示などの採用について全員が良好であると評価した。また、OSD による運転員の動線距離を見ても、在来盤に対して動線距離が約半分に縮減された。

6. む す び

以上、原子力発電所向け新形中央制御盤の開発成果の一端を紹介した。

今後、特に異常時/事故時における監視性・操作性の向上につき、設計検証を行うとともに、プラント・機器異常診断ロジックなどを用いた異常診断システムの導入を図る大幅な運転支援システムを目指して努力していく所存である。

この新形中央制御盤の開発にあたり、御指導をいただいている電力会社〔北海道電力(株)殿、関西電力(株)殿、四国電力(株)殿、九州電力(株)殿、日本原子力発電(株)殿〕の関係各位に対し、深く謝意を表す次第である。

業務用ゴルフ練習器GL-1000形

小川 幸治*・堤 孝夫*・安田 佳則*・田口 博識*

1. ま え が き

昭和57年3月に発売以来好評を博しているGL-500形の高級モデルとして開発した業務用マイコンゴルフ練習器GL-1000形について、そのソフト、ハードを記述する。

本機はプロゴルファー 鷹巣氏（鹿野山CC）のゴルフのノウハウを織り込み、GL-500形の磁気センサによるインパクト直前のクラブヘッドの諸情報に加えて、インパクト直後のボールの飛出方向、仰角、初速を赤外線センサによって検出、更にボール初速とヘッドスピードとの比をミート率として演算表示させ、インパクトの効率、すなわちクラブヘッドの運動エネルギーが、いかにボールに伝達されたかが瞬時に確認できるものである。

2. 機能と特長

マイコンゴルフ練習器GL-1000形の外観を図1.に、表示部を図2.に

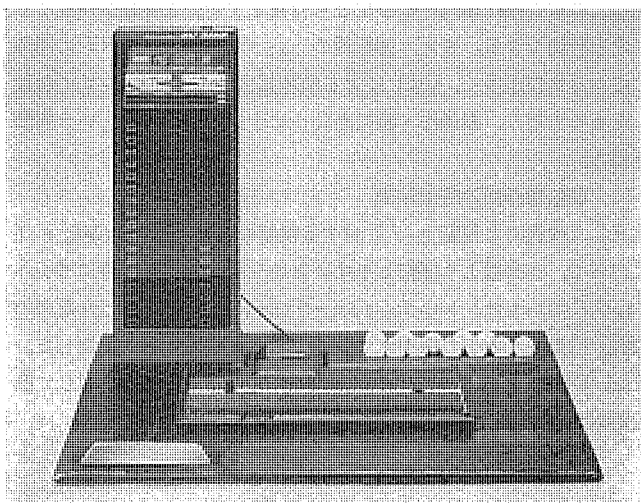


図1. マイコンゴルフ練習器GL-1000形の外観

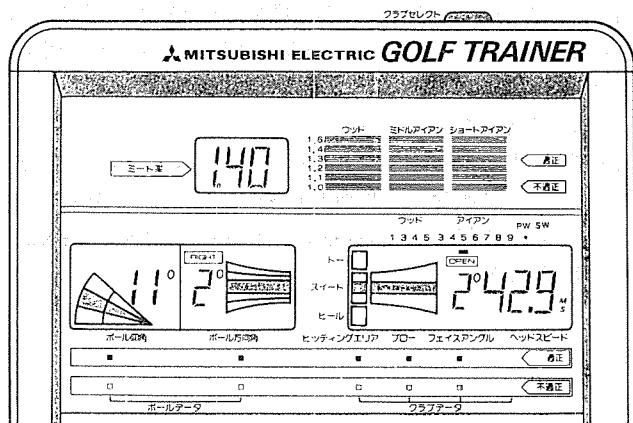


図2. 表示部

示す。検出機能は、磁気センサによるクラブデータ検出機能と、赤外線センサによるボールデータ検出機能とに大別できる。

2.1 クラブデータ処理

クラブデータの検出機能は、昭和57年発売したGL-500形と同様であり、インパクトの直前に配設された4個の磁気センサ上を磁性体であるクラブヘッドが通過することにより、それぞれに発生する誘導起電力の交流波形が示すゼロクロス点及びピーク値の比較演算によってインパクト直前のヘッドスピード、フェース角度、ブロー方向、ヒッティングエリアなどの情報を液晶面に表示するものである。

本機GL-1000形の相違点はヒッティングエリアのスイートをトー寄り、ヒール寄りを加えて3分割しスイート範囲を狭くして上級者が志向するインテンショナルショットの応用にも役立つよう配慮されている点である。なおクラブデータ処理の詳細については、本誌Vol. 56, No. 9「三菱マイコンゴルフ練習器GL-500形」⁽¹⁾を参照されたい。

2.2 ボールデータ処理

ボール飛球線を介して対向する位置に、赤外線発光部と受光素子群とを設けて、ボールが赤外線を遮ることによって生じる受光素子の特性変化から瞬時に位置検出を行い、下記演算表示を実行する。

(1) ボール方向角（左右のブレ角度）の表示

本体のボール検出部を垂直上方から見た図3.において、sはインパクト直前のボール位置、eは飛球線、dは目標（ブレ角0）の飛球線、14, 15は赤外線発光部、11, 12は受光素子群である。このとき幾何学計算により、

$$X = \frac{T_1}{T_1 + T_2} L_1 \quad (1)$$

T_1 : $m_0 - m_1$ 間を通過するに要する時間

T_2 : $m_1 - m_2$ 間を通過するに要する時間

また、 $m_4 - m_5$ 間の距離

$$K = L_2 \tan \theta \quad (2)$$

方向角 α は、

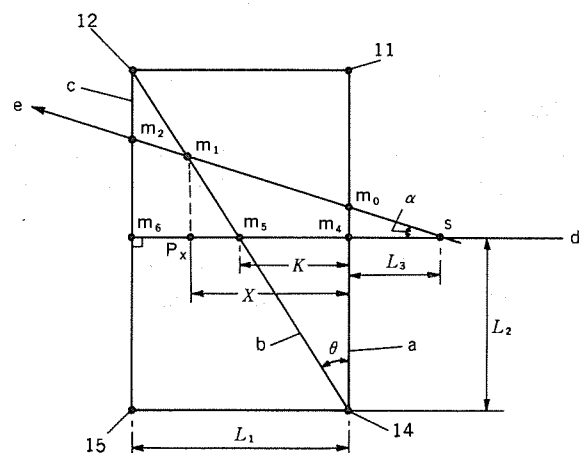


図3. ボール方向角(α)の検出原理

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{L_1 T_1 - L_2 (T_1 + T_2) \tan \theta}{\{L_1 T_1 + L_3 (T_1 + T_2)\} \tan \theta} \right] \dots\dots\dots (3)$$

このとき上記式(1)と式(2)により飛球方向の左右を判別できる。

$K > X \rightarrow$ 左方向

$K < X \rightarrow$ 右方向

測定表示範囲は 0° 左右それぞれ 10° までとしている。

(2) 仰角 (ボールの飛出し高さ角度) の表示

図 4. において,

$$\tan \gamma = \frac{H}{Y} \dots\dots\dots (4)$$

仰角 β は,

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{\cos \alpha \cdot \tan \gamma \{ (L_1 + L_3) \tan \alpha + L_2 \}}{L_1 + L_3} \right] \dots\dots\dots (5)$$

測定表示範囲は 0°~35° までとしている。

(3) ボールスピード、ミート率の表示

図 5. において ボールスピード V は,

$$V = \frac{1}{T_1 + T_2} \cdot \frac{L_1}{\cos \alpha \cdot \cos \beta} \dots\dots\dots (6)$$

本機は式(6)における V とヘッドスピードとの比をとり、ミート率として表示する。表示範囲は 1.00~1.60 までである。

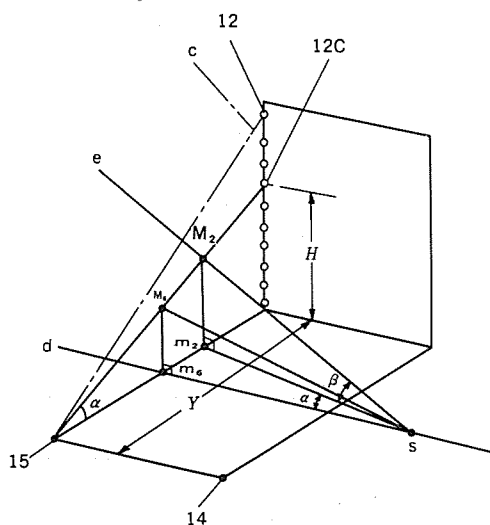


図 4. ボール 仰角 (β) の検出原理

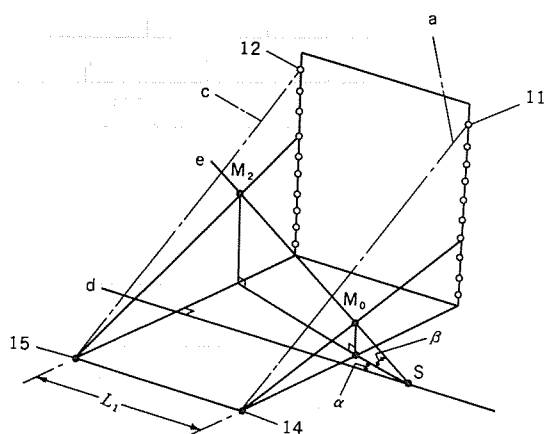


図 5. ボールスピード (V) の検出原理

ミート率 = V / ヘッドスピード

(4) OK ランプの表示

上述のクラブデータのうち、フェース角度、ブロー、ヒッティングエリアにつき、またボールデータのうち、ボール方向角、ボール仰角についてあらかじめ設定された各データの OK 範囲と比較し、適正は青、不適正は赤の LED を表示している。

3. 構成

このゴルフ練習器 GL-1000 形は、図 6. で示す機能ユニット群で構成している。特に留意した点は、極端なミスショットによりボールが本体に当たって、はね返った際の使用者の安全対策と、ショット時に異和感を与えるような心理的圧迫感を極力除去する構造上の配慮である。前者はボールが使用者にはね返らないよう、本体前面側には突起部を形成しないなどの対処、後者については全体の色調を半光沢のブラックとし、発光部のケースをボール載置面 (人工芝) と同等まで低くする事で対処している。

(1) ディスプレイユニット

受光素子、アンプ回路、マイコン、ロジック回路などをもつ CPU 基板、及びバックライトを透光させた液晶表示部を最上部に内蔵、5m の電源コードが接続されており、選搬などを考慮してゴムマットと離脱、また降雨などを考え電源スイッチ、DIN ソケット部は背面凹部内に設けてゴムカバーで覆っている。

(2) ゴムマット

各ユニットを位置決め、ショット時の衝撃を吸収するため合成ゴムで一体成形、また赤外線発光 LED 2 個を内蔵した発光ユニットを組み込んである。

(3) マットベース、マット (人工芝)、ダフリ保護板、磁気センサユニット
クラブデータ検出用のユニット群で、GL-500 形と共通部材に一部ボールの置き場所を固定化するため、人工芝に凹部を形成、精度アップを図っている。ゴムマットのストッパにかん (嵌) 合させて使用する。

電源は AC 100 V に接続、内蔵回路は全シールドを施して耐ラインノイズを強化しており消費電力 30 W、全重量 20 kg である。この機種はこのほかコインタイマー式の GL-1000 C 形、別置モニター用ディスプレイを付属した GL-2000 M の 3 機種の製品系列となっている。

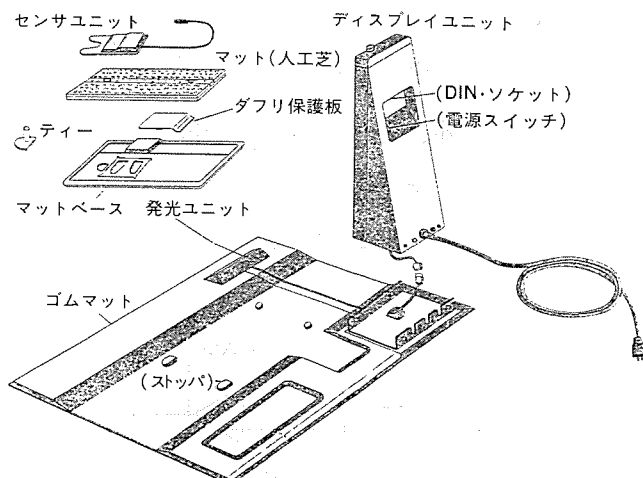


図 6. マイコンゴルフ練習器 GL-1000 形の構成部品

4. システム構成とハードウェア

GL-1000 形のシステム構成を図 7. に示す。システムの電源は AC 100 V を使用し、ユニットとしてはクラブの動きを検出する磁気センサ及び AMP 回路を内蔵したセンサユニットと、ボールの動きを検出するための赤外線発光 LED を組み込んだ発光ユニットと、直流電源装置、ノイズフィルター及び AMP, CPU, ディスプレイの 3 枚の基板を内蔵したディスプレイユニットで構成する。

これらのユニットは、ディスプレイユニットの背面に設けた外部コネクタにより接続して使用する。ここで上記 AMP 基板は赤外線検出センサ、及び光電変換された微小信号を増幅し、デジタル信号に変換する信号処理回路をもち、また CPU 基板はこのシステムの制御機能をもつ 8 ビットのマイクロプロセッサと、一部の機能を分担処理する 2 個の 4 ビットマイコンによるロジック回路からなる。

8 ビットのマイクロプロセッサは当社の M 8085 を使用し、プログラムは 8 K バイトの EP-ROM にもたせてボールデータの各種演算とこのシステム全体のコントロールを行っている。4 ビットマイコンは 2 K バイトのマスコ ROM, 及び 512 ビットの RAM を内蔵した当社の M 58494 を使用し

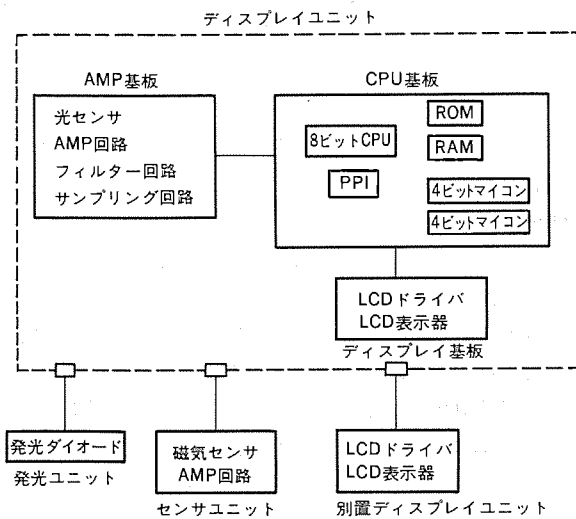


図 7. システム構成図

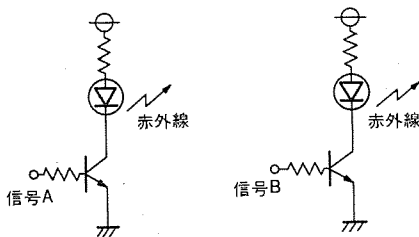


図 8. 発光回路

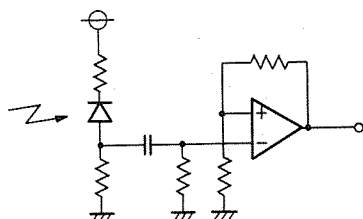


図 9. 受光回路

て、クラブデータに関するすべての処理を行っている。これらにより測定、演算された諸情報は、ディスプレイ基板の液晶及び発光ダイオードに出力され表示を行うものである。

一方、このシステムに採用されている検出系には 2 種類あり、ボールデータの検出には赤外線センサが使用され、クラブデータの検出には磁気センサが使用されている。前述したようにここでは、磁気センサについての説明は割愛し、赤外線の利用について説明する。

赤外線の放射は、放射強度が 20 mW/sr の赤外線発光ダイオード 2 個によって行われ、図 8. の発光回路のように駆動される。検出には、200 ns の高速応答速度をもつ PIN 形フォトダイオードを、前列 7 個と後列 17 個の合計 24 個使用して行っており、図 9. の受光回路で、光電変換され信号が検出される。伝送される光信号は、外乱光の影響を除くためと、2 個の赤外線発光ダイオードから放射された光を弁別する目的のために、位相が 180° ずれた 100 kHz, 1/4 デューティの図 10. に示す光信号波形に変調されている。PIN 形フォトダイオードで変換された信号は、微小な電流信号 (1 μ A) のため、AMP 回路とフィルター回路を通して約 5,000 倍に増幅された後に、A/D 変換回路でデジタル信号に変換される。

デジタル信号は、図 11. の光検出信号に示すとおり、二つの光信号が合成された波形であり、信号の弁別は、サンプリングパルス A, B で行われる。ボールが光を遮断して通過した時には、サンプリング A, B のタイミングでボール検出信号が発生する。図 3. のように m_0 点, m_1 点, m_2 点をボールが通過した時には、図 12. に示すとおり、 m_0 点通過信号, m_1 点通過信号, m_2 点通過信号が得られる。三つの信号より、ボール通過時間 T_1 , T_2 は容易に測定される。クラブヘッドのスピードは、アマチュアで 40 m/s 程度、プロで 50 m/s 程度で最大 60 m/s (216 km/h) までの記録がある。一方、ボールのスピードは、クラブヘッドのスピードの約 1.4 倍であるから、84 m/s (300 km/h) にも達する。

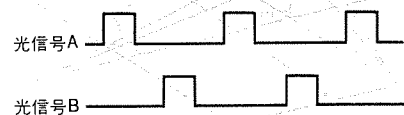


図 10. 光信号波形

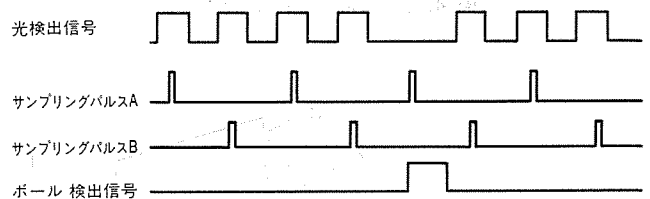


図 11. サンプリングタイムチャート

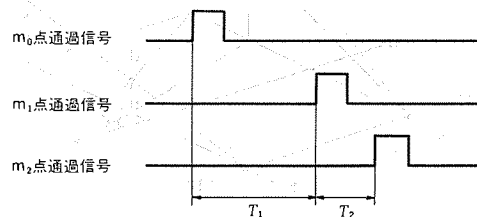


図 12. T_1 , T_2 の測定

このため、 T_1 、 T_2 の時間の測定結果は、一時記憶しておく。また、高さ方向の演算には、ボールが M_2 点を通過したことを検出したセンサを記憶しておき、これを高さデータとする。クラブデータ、及びボールデータの検出があると、プログラムは処理をはじめ、順次記憶されているデータを読み込み演算を行う。演算され、得られた結果は、パリティ回路を介して、液晶ドライバーに転送される。液晶ドライバーは、CMOSのICで、初期状態で転送モード、バイアス方法、駆動方法を設定すれば、それ以降はデータを転送するだけで、目的の条件により液晶をドライブする。使用した液晶はTN液晶で、2個をポジティブタイプの透過形として、1個をネガティブタイプの透過形として使用している。ネガティブタイプの透過形液晶は、黒地に数字だけを明るく浮き出させる目的に使用し、ディスプレイを美しく見やすいものになっている。液晶の駆動方法は、いずれも1/3バイアス、1/4デューティである。

結果の表示は、使用者に見やすいようにディスプレイユニットの上部前面にあるが、使用用途としてゴルフクリニックを考えた場合に、打撃場所から離れた所で、データを見ながら指導していくという使い方も多い。この場合には、別置モニターディスプレイの接続が可能で、20心で長さ10mのケーブルを使用している。ディスプレイユニットからは、本体で表示したと同じデータをラインドライバを介し転送している。別置モニターディスプレイでは、ラインレシーバーによりデータを受信し、液晶ドライバにデータを取り込み、TN形で反射形ポジティブタイプの液晶にて表示を行っている。

5. ソフトウェア

図13. にこのシステムのゼネラルフローを簡単に記す。スタート後に初期設定を行い、KEY入力読み込みルーチンでプログラムは待機している。クラブの検出があった場合には、4ビットのマイクロコンピュータのプログラムが働き、データを読み込み、演算を行い、終了するとデータを出力して一連の動きが終る。

一方ボールの検出があった場合には、8ビットのマイクロプロセッサのプログラムが働き、データを読み込み演算を行う。ボールデータの演算終了後は、クラブデータを4ビットマイクロコンピュータから読み込み、ミート率の算出、スイングの総合判定を行った後に、液晶ドライバにデータを転送して一連の処理が終る。処理が終了すると再びKEY入力読み込みルーチンにもどり、測定可能状態のまま待機している。

6. む す び

GL-500形については昭和58年4月に、一般大衆のスポーツ分野にマイクロコンピュータ技術を導入しスポーツ、レジャー分野にエレクトロニクスの

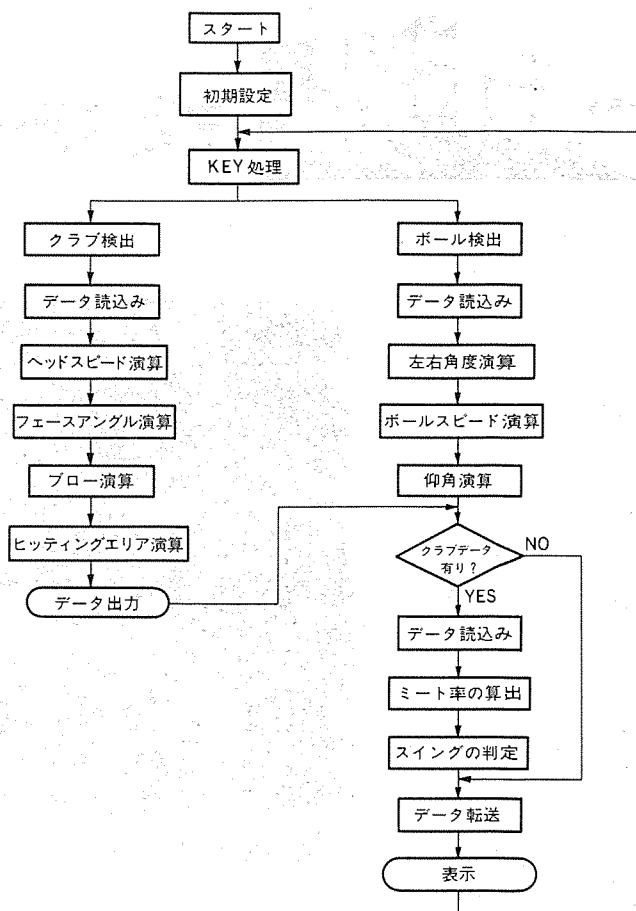


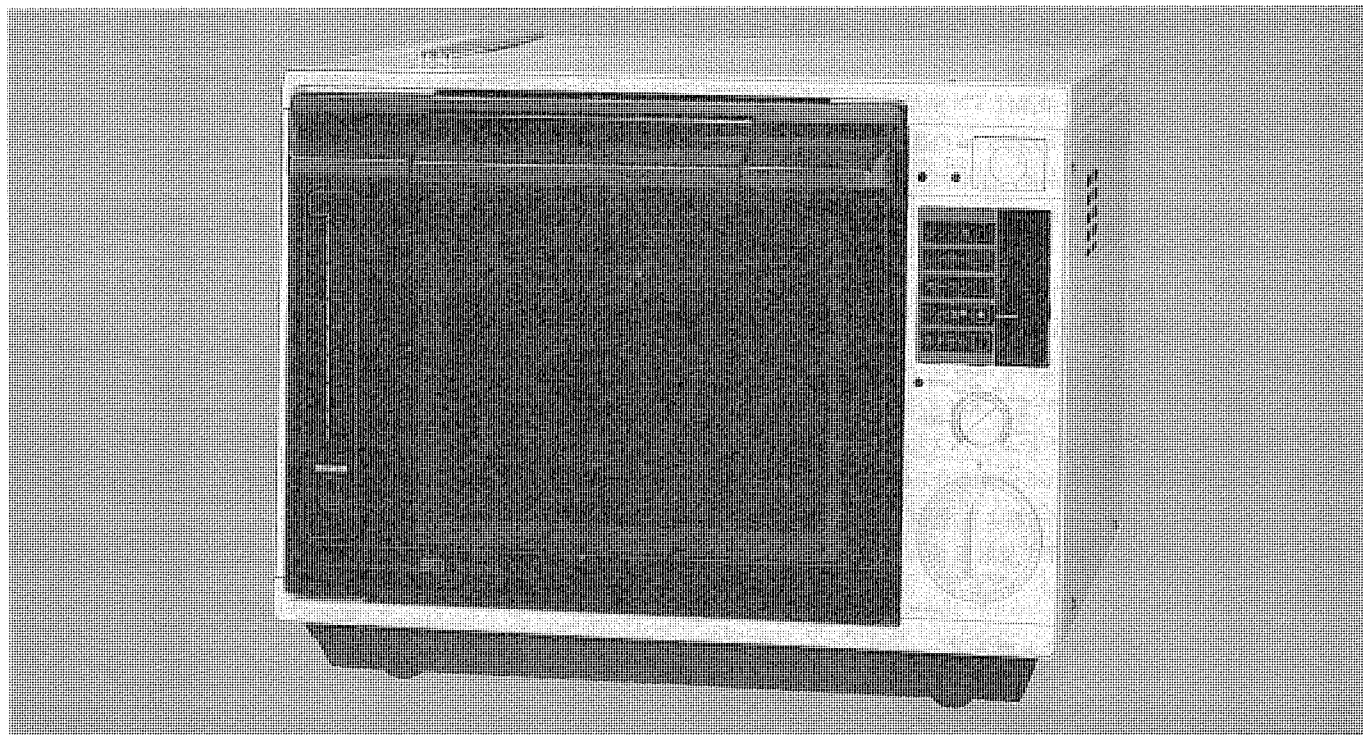
図 13. ゼネラルフロー

浸透していく一つの新しい提示をなした商品として市村賞を受賞、更に JPGA (日本プロゴルフ協会) の認定を受けるなど、発売以来業界に強いインパクトを与えてきた。

今回の開発にあたっては GL-500 形を実際使われた一般ゴルファーや、スポーツ用品メーカーからの様々な商品アイデア、実打データなどを基に仕様検討がなされ、しかも業務用としてはコンパクトに完成し得たことも特徴となっている。今後もゴルフの上達と健康維持、促進を目的とした商品作りに努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 高瀬ほか：三菱マイコンゴルフ練習器 GL-500 形，三菱電機技報，56，No. 9 (昭57)



このたび三菱電機では、加熱時間を大幅に短縮した、RO-3000形スチームオープンレンジを開発しました。

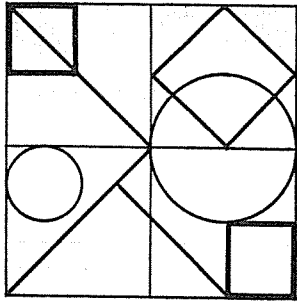
電子レンジ機能とオープン機能との二人三脚で、食品の内部と外部を交互に加熱（コンビ加熱）する新しい加熱方法を採用。調理のスピードアップがはかれ、家事タイムも短くなり、そのぶんの時間を仕事と趣味に…という主婦のニュー・ライフスタイルにマッチしたオープンレンジといえましょう。

特長

- 加熱時間が大幅に短くなり、予熱もいらないコンビ加熱
食品の内部は電子レンジ機能で、外部はオープン機能で、それぞれ1分間に1対11の割合で加熱します。そのためスポンジケーキや肉類の調理では、これまで行なわれていた予熱の手間と時間が省けます。また、内部加熱と外部加熱の相互作用により、従来のオープンのみの加熱に比べて加熱時間を1/2～1/3（当社比）に短かくできます。
- 電気代が節約
調理時間が短縮されたぶん電気代の節約になります。
- ブラックフェースのスマートなデザイン
加熱庫とスチームタンクの収納庫を、ブラックフェースのドアでおおった高級イメージのシンプルなデザインです。
- 加熱庫内は全面四フッカエチレン塗装で、油污れもひと拭き
- 蒸し料理ができる「スチーム発生装置」つき

仕様

レンジ	消費電力	990W			
	高周波出力	500W、200W相当・切換え式			
オープン	消費電力	1,030W			
	ヒーター出力	グリル		オープン	
		上ヒーター	1000W	600W	発酵
下ヒーター	0	400W			
スチーム	消費電力	1,030W			
	給水タンク	1.5ℓ（連続60分使用可）			
制御装置	タイマー	電動式60分タイマー（12分拡大目盛）			
	切換レバー	レンジ強・レンジ弱・オープン・コンビ加熱・スチーム			
	温度調節	発酵（37℃）～250℃・グリル			
寸法	外形	（幅）551×（奥行）441×（高さ）430mm			
	庫内有効	（幅）290×（奥行）330×（高さ）182mm			
重量		29kg			
付 属 品		円形皿……………1個		角形皿……………1個	
		クックネット…1個		取っ手……………1個	
		料理ブック………1冊		取扱説明書…1冊	
		アース棒			
色		アボカドグリーン（G）			
		クリスタルホワイト（W）			



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

ブロック伝送方式 (特許 第 0832864 号)

発明者 山内才胤・田中 智

この発明はデータブロックの誤り制御方式として CRC (Cyclic Redundancy Check) 方式を用いたブロック伝送方式の特にフレーム同期獲得方式に関するものである。通常、サイクリック伝送方式でのフレーム同期は、後続する誤り制御化ブロック符号と同一の誤り制御方式により符号化された特定の同期符号を用いており、従来このフレーム同期符号の検出としては受信側にて、フレーム同期符号に相当するものを用意し、受信直列ビットをビット数に相当するシフトレジスタに導き、この受信符号と前記用意された同期符号との間の符号間距離を計算し、同期符号と検出する方式が用いられていたが、フレーム同期符号検出回路として、独立の回路が必要であった。

この発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、フレーム同期符号検出回路として、データブロック用受信回路中の誤り制御回路の一部であるフィードバックシフトレジスタ (FSR) 回路を併用させるもので、フレーム同期検出回路を特別に必要としないものである。すなわちデータブロック用受信回路中の誤り制御回路のフィードバックシフトレジスタに、

データブロック符号信号の初めに付与されたフレーム同期符号信号を供給して、予め約束されたフレーム同期符号ビット数を受信した時点の誤り制御回路のフィードバックシフトレジスタの内容を調べ、このフィードバックレジスタの内容が割り切れた状態で同期符号の検出を行い、前記割り切れた状態が所定回数連続したことを条件としてフレーム同期獲得とすることを特徴とするブロック伝送方式である。

更には、フィードバックレジスタの内容が割り切れた状態になっていない場合、以後頭ビットを除去し次の入力の1ビットを加えたフレーム同期符号ビット数の割算をフィードバックシフトレジスタに行わせる動作を割り切れるまで継続することを特徴とする上記記載ブロックの伝送方式である。

図1、図2はいずれも特性多項式 $G(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ で生成されたCRC符号を用い、そのフレーム同期符号として0101なる4ビットを $G(X)$ で符号化した20ビットを採用したものであり、図2が先頭ビットの影響の棄却回路を含んだものである。

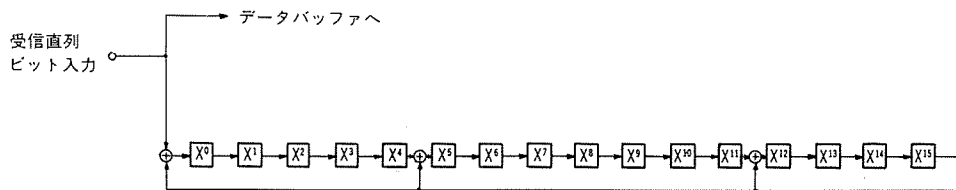


図 1

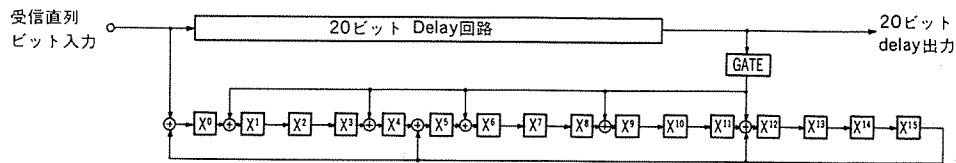


図 2

たたみ込み巡回符号受信方式 (特許 第 1016739 号)

発明者 田中 智・岡村 繁・山根 信吾

この発明はデータ伝送を行なうためのたたみ込み巡回符号受信方式に関するものである。

従来の巡回符号は、各符号ブロックがそれぞれ独立しているため符号化、復号ともに比較的容易であるが語同期に問題があり、特にポ

ーリング伝送方式の場合には同期ずれ見逃し誤り率は伝送路のビット誤り率から2桁程度しか改善されない(特性多項式の次数 $g=6$ の場合)。そこで従来のものをポーリング伝送方式に適用した場合にもその同期ずれ見逃し誤り率を下げるための方法としてブロックたた

み込み符号が考えられる。

従来のブロック符号の場合には、過去のブロックは現在のブロックに無関係であったため、1符号語長前のビットによる演算結果を棄却するだけでgビット以内の先行する同期ずれを訂正することができた。ところがたたみ込み符号の場合にはその検査ビットは先行するmブロックの情報ビットの線形結合として与えられるため、情報ビットと検査ビットとは割算回路への入力の仕方が異なる。従って同期ずれが発生すると単に1符号語長前のビットによる演算結果を打消すように割算回路にフィードバックループを追加するだけでは不十分である。なぜなら仮にjビット先行して同期がスタートすると、情報ビットの最後のjビットは検査ビットとして割算回路に入力されて演算されてしまっているからである。

この発明は上述の問題を解決し、+gビット以内の同期ずれを訂正するため、検査ビットとして割算してしまったgビット前のビットによる演算結果を棄却し、改めて情報ビットとして割算しその剰余を加算するようなフィードバックループを割算回路に追加するようにしたたたみ込み巡回符号受信方式を提供するものである。

図1はこの発明の具体的な実施例を示すたたみ込み巡回符号の伝送フォーマット図、図2は図1で示す伝送フォーマットを信号処理するためのブロック構成図である。なお、図中 $I_0 \sim I_k$ は情報系列、 $C_0 \sim C_k$ は検査系列である。

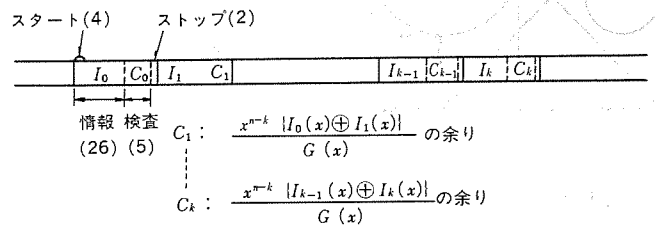


図1

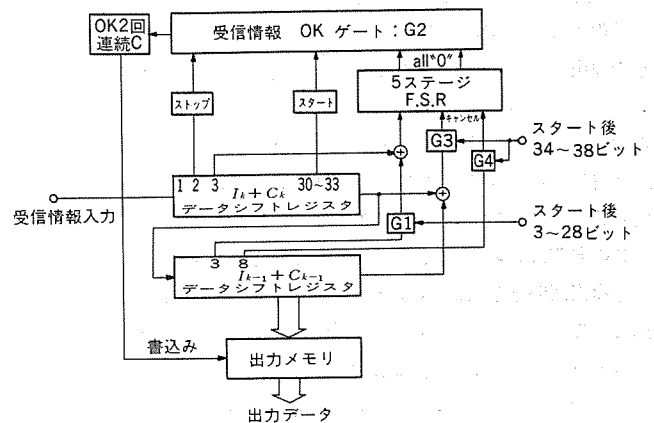


図2

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 58 No. 3

普通論文

- マイクロコンピュータの車両用制御装置への応用
- トランジスタインバータ式小容量無停電電源装置及びマイコンモニタリング装置
- 大阪府納め広域水防情報システム
- 多品質少量生産における表面処理作業の自動化設備
- 帯広中島処理納めオゾンを用いたし尿三次処理装置
- 人工衛星の磁気軸受支持フライホイール

- ストリップ線路ハイブリッド結合形移相器
- 三菱標準図形処理システムⅡ
- 1,500 ゲート ECL ゲートアレー
- ビルディングブロック方式による 16 ビット CPU 用 LSI の設計
- ガス給湯用高負荷バーナ

三菱電機技報編集委員

委員長	馬場 準一	委員	山内 敦
副委員長	岸本 駿二		柳下 昌平
	三浦 宏		櫻井 浩
委員	峯松 雅登		徳山 長
	翠川 祐		柴山 恭一
	佐藤 文彦		酒井 靖夫
	大年 倉像		武富 大児
	井上 通		瀬辺 国昭
	立川 清兵衛		倉橋 浩一郎
	吉田 太郎		小原 英一
	野畑 昭夫		尾形 善弘
	田中 克介	幹事	岡田 俊介
	的場 徹	2号特集担当	太田 堯久
	野村 兼八郎		

三菱電機技報 58 巻 2 号

(無断転載を禁ず) 昭和 59 年 2 月 22 日 印刷
昭和 59 年 2 月 25 日 発行

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



このたび三菱電機では、シングルターミナルシステムからマルチターミナルシステムまで統一アーキテクチャの採用により完全シリーズ化した三菱オフィスターミナルM5000を発売しました。

このM5000は、ターミナル機能、ローカルデータ処理機能、パーソナルコンピュータ機能、そしてワードプロセッサ機能という4機能が同一オペレーティングシステムの上で実現できる本格的な多機能分散処理プロセッサです。

特長

- 統一アーキテクチャの採用により完全シリーズ化を実現
シングルシステムからマルチシステムまで柔軟性のあるネットワークが構築できます。
- 本格マルチプログラミング機能を装備
このターミナルは本格的なマルチプログラミング機能を基本装備しています。また、豊富なOAパッケージ、言語プロセッサ、ユーティリティがそろっています。
- エルゴノミックスデザインの採用

(1)タイプライタキーボードは、傾斜角度6°、15°の2段階調節ができる薄形設計です。

(2)CRTを上下左右に首振りさせることができる専用置台(オプション)が取付け可能です。

(3)机の下に収容できるコンパクトなプロセッサです。

仕様

プロセッサ	16ビットマイクロプロセッサ
OS	MP/M-86™
表示	14"カラー、モノクロ 1920字 24ドット×24ドット JIS第1水準 ROM内蔵 グラフ表示 1120ドット×700ドット
ディスク	5"FD, 8"FD 5"FXD(20MB) 8"FXD
プリンタ	40/70字/秒 日本語プリンタ

※MP/M-86はDigital Research社の商標です。