

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.62 No.7

7
1988

光ディスク特集



光ディスク特集

目 次

特 集 論 文

光ディスク特集に寄せて	1
島田潤一	
光ディスク技術の展望	2
大西良一・宮本紀男	
追記型光ディスク	6
土橋 勝・岡田和夫・公文 潔・広田哲也	
書換え型光磁気ディスク	10
堤 和彦・菅原 宏・渡辺勢夫・山田康一	
光ディスク用高出力レーザ	14
松原博史・斎藤弘之・山脇 健・島 頴洋・隅部久雄	
光ディスク用高性能光ヘッド	18
藤田輝雄・篠田昌久・竹下伸夫・入江 満・小柳公之	
追記型光ディスク装置	22
岡田和夫・服部通宣・小西直行・本吉健郎・山本 哲	
書換え型高性能光記録技術	26
田中邦磨・古川輝雄・伊藤 修・久保高啓・中田正矩	
光ディスクを応用した図面管理システム	30
長島 清・渡辺秀雄・石崎 貴・米本孝二	
光ディスク写真ファーリング装置	34
三好哲夫・坂本哲弥・藤村成男	
マルチ ワークステーションM3300シリーズの光ディスクシステム	38
鹿庭俊彦・吉富洋己・本山信久・藤永隆史	
ミニコンピュータMXシリーズの光ディスク応用システム	44
山下武宏・神尾重幸・阪上直人・斎藤彰男・伊藤隆夫	
汎用コンピュータEXシリーズの光ディスク応用システム	48
横井俊一・越智英敏・石井昌宏・岸 良・島田恵夫	

普 通 論 文

原子力発電所電気設備の最近の技術動向	54
森本義則・木寺信博・尾田憲明	
関西電力㈱赤穂発電所1号タービン発電機用超速応答シレス励磁装置	58
中屋 偉・鈴木一市・田中誠一	
小容量ACサーボモータ《MELSERVO-S0シリーズ》	64
早川益美・平尾繁自・石川嘉男	
国際電信電話㈱納めDC-1形データ伝送交換設備	70
山本篤延・太幡正明・北村春夫・井田幸彦・中村元行	
第2世代1MビットダイナミックCMOS RAM	76
長山安治・宮武秀司・熊野谷正樹・古田 熱・水津克己	
ファクシミリ用サーマルヘッド製造における自動化技術	82
山中隆司・臼井義博・尾崎 裕・坂上義和・小林 廣	
異形部品自動挿入機	86
近藤 誠・橋口直樹・木村敏文・高部克則	

特許と新案

無整流子電動機・複合ウィックヒートパイプの製造方法	91
燃焼器の酸素濃度検知装置	92

ス ポ ッ ツ ラ イ ト

ICOT納めマルチPSIシステム	90
ラインサーマルカラープリンタ	(表3)

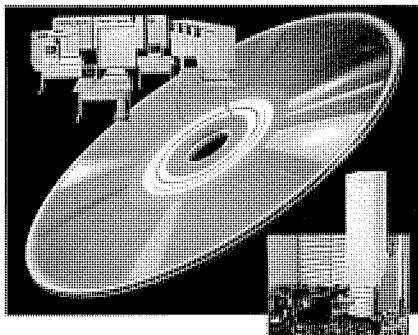
表紙

光ディスク、大容量光ディスク記憶装置、汎用コンピュータの光ディスクシステム

増大するコードデータ・イメージデータの大量保存ファイルとして高品質・大容量の追記型光ディスク（両面ユーザー容量：600メガバイト）を製品化した（写真中央）。

写真右下は光ディスクを内蔵したカートリッジ152枚を格納し、ユーザー容量90ギガバイトのファイルを具現した大容量光ディスク記憶装置である。ホストコンピュータからの指示により格納ラックと光ディスク装置間はカートリッジを自動搬送するオートチェンジャ機構（三軸及び面反転制御）を持っている。

写真左上はMELCOM EXシリーズに大容量光ディスク記憶装置を接続したシステムである。同システムは大容量光ディスク記憶装置を16台接続し、最大1.4テラバイトのファイルの構築ができる。



アブストラクト

光ディスク技術の展望

大西良一・宮本紀男

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P2~5

我が国の光ディスク装置・媒体開発史の中での当社の先駆的役割を回顧し、当社の技術蓄積の特長に触れ、最新技術にそれらが生かされているようす、光ディスクの適性用途分野の現在と将来の展望について述べ、用途開発の方向、ストレージ機器の中での位置付けと今後の光ディスク進化の方向を演繹し、期待される将来技術、その技術的意義と見通し並びに、規格化の動向について述べた。

追記型光ディスク

土橋 勝・岡田和夫・公文 潔・広田哲也

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P6~9

三菱化成㈱と三菱電機㈱は、追記型光ディスクの共同開発を行ってきましたが、昭和63年4月から三菱光ディスクカートリッジ(MW-5M1型)として製品化した。この光ディスクは高速アクセスに適すV形溝と欠陥に強いヘッタ信号フォーマットを持ち、ユーザー記録容量300MB/面、低記録パワー、高C/N比、低欠陥率、かつ長寿命で信頼性の高いことに特長があり、光ディスク装置の高性能化の動向に沿った媒体といえる。

書換え型光磁気ディスク

堤 和彦・菅原 宏・渡辺勢夫・山田康一

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P10~13

書換え可能な光ディスクとして130mm光磁気ディスクの開発を行った。記録磁性膜の二層化とカーエフェクト増大用誘電体膜の最適化により記録再生特性を向上させ、高性能光ディスク装置との組合せによって、短ピット長(1,800rpm, r=30mm, 3.7MHz)においてもC/N比52dBが得られた。記録・消去感度は高く、約8.5mW以下の盤面パワーで使用できる。また、磁界変調方式によるオーバライト特性の検討も行った。

光ディスク用高出力レーザ

松原博史・齊藤弘之・山脇 健・島 顯洋・隈部久雄

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P14~17

光ディスク装置の光源として、AlGaAs系高出力レーザダイオードを開発した。高出力化を実現するために、活性層を端面付近のみ薄膜化して光スポットサイズを拡大するとともに、レーザ端面の反射率を非対称に制御している。開発したレーザは、低しきい値電流、狭放射ビーム角を持ち、発振波長780nm、光出力30mWの条件で、長時間安定に横基本モードで動作し、光ディスク装置用光源として適している。

光ディスク用高性能光ヘッド

藤田輝雄・篠田昌久・竹下伸夫・入江 満・小柳公之

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P18~21

追記型光ディスク及び書換え型光ディスク(光磁気ディスク)装置用に光ヘッドを2機種開発した。これらは、高速アクセス、高速データ転送が要求されるコンピュータ接続用光ディスク装置に搭載されることを目的としたものであり、小型化・軽量化・高剛性化が図られ、光ディスクの高速回転に対応できるレンズアクチュエータと、高い出射パワーを持っている。本稿では、これらヘッドの技術的特長と特性について紹介する。

追記型光ディスク装置

岡田和夫・服部通宣・小西直行・本吉健郎・山本 哲

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P22~25

現在発売している130mm追記型光ディスク装置の特長と、この装置を開発するために新しく取り入れた技術について述べる。光ディスク装置は、記憶容量の大きさ、記録データの長期保存性、耐環境性に優れているという特長を最大限に利用するため、光ヘッド、駆動系、信号処理、装置の構成及び装置の制御に新しい技術を取り入れた。また、応用製品の一つとして、カートリッジを自動交換する大容量光ディスク記憶装置についても述べる。

書換え型高性能光記録技術

田中邦麿・古川輝雄・伊藤 修・久保高啓・中田正矩

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P26~29

情報化社会の進展と共に、小形大容量記憶装置の必要性が増している。その中で光磁気方式の書換え型光ディスク装置は記録媒体の交換できる大容量記憶装置であり、次世代記憶装置として期待されている。光記録技術の内で追記型ディスクも記録再生できる多機能信号処理技術、トラッキング検知器利得などの種々の補正が自動化できるデジタルサーボ技術、平均アクセス時間65msを達成できるトラック計数方式アクセス制御技術について報告した。

光ディスクを応用した図面管理システム

長島 清・渡辺秀雄・石崎 貴・米本孝二

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P30~33

従来、図面はCAD分野を中心に扱われてきた。最近では図面をイメージデータのまま扱うファイリングシステムも注目されているが、ファイリングが主で、そのデータの有効活用という点では不十分であった。本稿では、イメージデータの有効活用を目的とした三菱図面管理システム“GX”について紹介する。

光ディスク写真ファイリング装置

三好哲夫・坂本哲弥・藤村成男

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P34~37

130mm光ディスク使用の写真ファイリング装置を開発、製品化した。この装置は入力部に標準TVカメラを使用し、映像信号を512×512×8ビットの画像としてファイリングものである。仕様は最大72万画面のファイリング容量(大容量光ディスク記憶装置2台使用)、最大11項目の検索タイトル、階調補正機能、ビデオ コピー・プロセッサへのハードコピー出力などとなっており、検索キー入力から表示終了まで5~20秒(直接検索時)と検索速度が速いのが特長である。

マルチ ワークステーションM3300シリーズの光ディスクシステム

鹿庭俊彦・吉富洋己・本山信久・藤永隆史

三菱電機技報 Vol.62・No.7・P38~43

光ディスクは大容量、コンパクト、可搬性のある低価格の記憶媒体である。今回、マルチ ワークステーションM3300シリーズに130mm光ディスクを接続した文書処理システムを開発した。マルチ ワークステーション本来の機能に加え、光ディスクの特性を生かしたイメージ文書の処理・管理機能を実現したものである。システム構成として、スタンドアロン及びLANによる水平分散システムが可能である。本稿ではこれらの技術的概要を報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 22 ~ 25 (1988)

A Write-Once Optical Drive

by Kazuo Okada, Michinobu Hattori, Naoyuki Konishi, Takeo Motoyoshi & Tetsu Yamamoto

The article describes some advanced new technologies adopted in Mitsubishi 130mm write once optical-disk drives. To achieve the best performance with an expanded memory capacity, durability, and environmental tolerance, these technologies are used in the optical head, moving mechanisms, signal-processor, mechanical construction, and the control mechanism. The report mentions, as an application example, an optical library unit equipped with a robotized autochanging mechanism.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 26 ~ 29 (1988)

High-Performance Data-Recording Technology for Rewritable Optical-Disk Memory

by Kunimaro Tanaka, Teruo Furukawa, Osamu Ito, Takahiro Kubo & Masanori Nakada

Magneto-optical disk drives are expected to become leading large-capacity storage devices of the next generation for their rewritability and recording-media exchangeability. The Corporation has developed a multifunctional signal-processing technique that supports data recording on write-once disks, a digital servo technique that automatically compensates for changes in the tracking-sensor signal amplitude and other servo parameters, and an access-control technique of the track-counting type that enables an access time of 65ms.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 30 ~ 33 (1988)

A Drawing-Management Workstation Using Optical Disks

by Kiyoshi Nagashima, Hideo Watanabe, Takashi Ishizaki & Koji Yonemoto

The article reports on the Mitsubishi Model GX drawing-management workstation. Model GX incorporates a variety of functions for processing stored images that are not available in previous filing systems, placing it between CAD systems and conventional image-filing systems. The extra functions enhance the usefulness of the stored data.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 34 ~ 37 (1988)

An Optical-Disk Filing System

by Tetsuo Miyoshi, Tetsuya Sakamoto & Nario Fujimura

The Corporation has developed a commercial photographic-image filing system employing a 130mm optical disk. The user can connect a standard TV camera and store single frames in the form of $512 \times 512 \times 8$ bit images. The system holds a maximum of 720,000 images when two optical-disk storage units are connected, and the images can include twelve types of titles for referencing. Images stored in the system are referenced by a high-speed search function that requires 5~20s from key input to display. Other functions include gradation compensation and an interface to a video copy-processor for hardcopy output.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 38 ~ 43 (1988)

An Optical-Disk-Based Document-Processing System for the M3300 Series Multiworkstations

by Toshihiko Kaniwa, Hiromi Yoshitomi, Nobuhisa Motoyama & Takafumi Fujinaga

Mitsubishi Electric has developed a document-processing system that runs on Mitsubishi M3300 Series multiworkstations and employs a 130mm optical-disk memory. In addition to providing the Series' conventional functions, the system uses high-capacity optical disks to store and process image data. It can operate as a stand-alone unit, or as part of a LAN-based distributed-processing system. The 130mm optical-disk drive was selected for its high capacity, compact dimensions, interchangeable media, suitability for transport, and low price.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 2 ~ 5 (1988)

The Technical Background and Future Prospects of Technology for Optical-Disk Drives and Media

by Ryoichi Onishi & Toshio Miyamoto

The article reviews the pioneering work of Mitsubishi Electric in Japan's optical-disk drive and media development. It covers the salient features of our expertise and their contribution to realizing the most advanced optical-disk drives and media, which are introduced in this special issue.

It also outlines the present and future prospects for the appropriate use of optical-disk drives as well as their status among other magnetic storage media, and speculates on the direction of the evolution of optical-disk drive technology and anticipated optical recording technologies and their impact.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 6 ~ 9 (1988)

A 600MB Write-Once Optical Disk

by Masaru Tsuchihashi, Kazuo Okada, Kiyoshi Kumon & Tetsuya Hirota

Mitsubishi Kasei and Mitsubishi Electric have jointly developed a 600MB write-once optical disk. The disk stores 300MB per side, and features a V-shaped groove that supports high access speeds, a header-signal format that is substantially immune to media defects, low-power write operations, high carrier-to-noise ratio, and long, reliable service. The disk is now being commercially produced for Mitsubishi MW-5M1 optical-disk cartridges.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 10 ~ 13 (1988)

A Rewritable Magneto-Optical Disk

by Kazuhiko Tsutsumi, Hiroshi Sugahara, Isao Watanabe & Koichi Yamada

This 130mm rewritable disk uses a double-layered magnetic film for recording and a dielectric layer for Kerr-effect enhancement. The disk construction supports superior high-density recording characteristics in combination with a high-performance drive. A carrier-to-noise ratio of 52dB was achieved at 3.7MHz recording frequency, 30mm disk radius, and 1,800rpm disk-rotation speed. The write and erase sensitivity of the disk is so high the required on-disk laser power is less than approximately 8.5mW. The overwrite performance of magneto-optical recording was tested using a magnetic-field modulation method.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 14 ~ 17 (1988)

High-Power Laser Diodes for Optical-Disk Systems

by Hiroshi Matsubara, Hiroyuki Saito, Takeshi Yamawaki, Akihiro Shima & Hisao Kumabe

A high-power AlGaAs laser diode has been developed for optical-disk recording. The active layer of the device has been thinned toward the edges to spread the lasing spot, and the mirrors were designed with asymmetrical reflectance characteristics. The laser diode features a low threshold current and a narrow-angle beam. During 30mW optical output at 780nm, the diode exhibits the long-term stability in the fundamental transverse mode required for optical-disk applications.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 18 ~ 21 (1988)

Optical Heads for Optical-Disk Drives

by Teruo Fujita, Masahisa Shinoda, Nobuo Takeshita, Mitsuru Irie & Kimiyuki Koyanagi

Two types of optical heads with rapid data access and a high data rate have been developed for write-once (optical) and rewritable (magneto-optical) disk systems used as auxiliary memories. To allow high disk-rotation speeds, lens actuators with excellent phase and amplitude characteristics are used and optimum laser-power-transmission efficiency was achieved. The heads are compact, light, and highly rigid.

アブストラクト

<p>ミニコンピュータMXシリーズの光ディスク応用システム 山下武宏・神尾重幸・阪上直人・齊藤彰男・伊藤隆夫 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P44~47</p> <p>大量データの蓄積、柔軟で高速な検索、高信頼性の思想のもとにMXシリーズ光ディスクシステムを開発した。</p> <p>この論文ではまずMXシリーズ光ディスクシステムの概要を述べ、さらに応用システム事例としてプラントデータの保管、業務支援システムである発電プラントの運転記録編集装置について紹介する。</p>	<p>国際電信電話(株)納めDC-1形データ伝送交換設備 山本篤延・太幡正明・北村春夫・井田幸彦・中村元行 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P70~75</p> <p>昭和62年7月に国際電信電話㈱に納入したVENUS-Cサービスの中核装置であるDC-1形データ伝送交換設備に関して、アーキテクチャ、ハードウェア構成、ソフトウェア構成及び機能・動作について記載する。このシステムは、国際データ網の閑門局となるもので、処理機能、信頼性、運用性などに特に留意されている。プロトコルはCCITTX.21及びX71を採用し、主要構成要素はすべて二重化構成され、ノンストップを追求したデータ交換機である。</p>
<p>汎用コンピュータEXシリーズの光ディスク応用システム 横井俊一・越智英敏・石井昌宏・岸 良・島田恵夫 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P48~53</p> <p>EXシリーズの光ディスク応用システムは、オートチェンジャ機構付き追記型光ディスク装置をチャネル直結で持続し、最大1.4Tバイトの記憶容量と最大3Mバイト/秒の転送能力を持ち、基本ソフトウェア光ディスクアクセス法を用いて、大容量ファイルシステムを高級言語インタフェースで光ディスク上に構築できることを特長とし、さらに磁気ディスクと光ディスクとを連動させることによりユーザー固有の光ディスク検索システムを構築することができる。</p>	<p>第2世代1MビットダイナミックCMOS RAM 長山安治・宮武秀司・熊野谷正樹・古田 勲・水津克己 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P76~81</p> <p>DRAMに対する市場の高度な要求にこたえるため高性能な第2世代・1MDRAMを開発した。ワード線にA₀と第2ポリシリコンの2層構造を用いたこと、より微細なウェーハプロセス技術や3層ポリシリコン技術の導入によって、アクセス時間、80nsの製品化に成功した。また、低消費電力型のV_{BB}発生回路の導入により、超低スタンバイ電流特性が得られ、バッテリバックアップシステムにも十分適用できる。</p>
<p>原子力発電所電気設備の最近の技術動向 森本義則・木寺信博・尾田憲明 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P54~57</p> <p>全発電量に占める原子力発電の割合の増大に伴って、一層の信頼性・経済性・運転性・保守性に優れたプラントが求められている。原子力発電所の中で重要な役割を担う電気設備についても同様であり、時代のすう勢に適合した最新の技術を取り入れ高度化を図っている。本稿では電気設備の高度化への展開と、最近の原子力発電所に採用又は採用予定の電気設備の技術動向について紹介する。</p>	<p>ファクシミリ用サーマルヘッド製造における自動化技術 中山隆司・臼井義博・尾崎 裕・坂上義和・小林 廣 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P82~85</p> <p>情報化時代の到来とOA化の進展に伴い、ファクシミリの普及は著しいものがあり、そのキーデバイスとしてのサーマルヘッドは生産量がここ数年急増を続けている。ファクシミリの小型軽量化とともに急速に進む高機能化傾向にフレキシブルに対応しつつ、その生産性と品質の向上を実現するために、当社のサーマルヘッド製造ラインに開発導入した自動化技術について、特に検査・試験の自動化を中心に述べる。</p>
<p>関西電力(株)赤穂発電所1号タービン発電機用超速応答レス励磁装置 中屋 健・鈴木一市・田中誠一 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P58~63</p> <p>近年電力系統安定度向上のため、速応型励磁装置が採用されつつある。これに対し、赤穂発電所1号600MWタービン発電機用ブラシレス励磁装置として、国産最初の超速応答レス励磁装置を製作・出荷し、現在商用運転中である。本稿では、超速応答励磁特性及び安定度向上への効果、その構成装置であるMARKIIIブラシレス励磁機及びPSSを含む制御装置の特徴、現地特性試験結果などを記載する。</p>	<p>異形部品自動挿入機 近藤 誠・橋口直樹・木村敏文・高部克則 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P86~89</p> <p>基板実装の全自動化を阻害している異形部品の自挿化の要求にこたえ、長時間無人運転指向の異形部品自動挿入機を開発した。リード整形、自動リトライにより実質挿入率を向上し、部品収納量拡大、空スティック自動廃却により、長時間運転を可能にした。さらに、高密度実装を可能にするため、挿入経路指定などの新機能を織り込んだ。また、光ファイバによるケーブル本数削減、信頼性向上、ソフトウェアのモジュール化による開発及び工事処理の容易化を実現した。</p>
<p>小容量ACサーボモータ《MELSERVO-S0シリーズ》 早川益美・平尾繁自・石川嘉男 三菱電機技報 Vol.62・No.7・P64~69</p> <p>サーボモータの用途拡大、仕様の多様化に対応するため、今回50Wから400Wまでの小容量ACサーボモータとして《MELSERVO-S0シリーズ》を開発・発売した。技術的な特徴として、120°通電く形波PWM駆動方式を採用し、トルクリップル、コギングトルク対策としてサマリウムコバルト系希土類磁石回転子のスキュー着磁方法を開発導入した。ここでは、これら新技術の紹介を中心とその内容を述べる。</p>	

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 70 ~ 75 (1988)

The Development of the DC-1 Switching System for KDD's Circuit-Switched Public Data-Transmission Service

by Atsunobu Yamamoto, Masaaki Tabata, Haruo Kitamura, Sachihiko Ida & Motoyuki Nakamura

The article reports on the DC-1 switching system delivered to KDD, Japan's international telecommunications company, to support the country's VENUS-C circuit-switched public data-transmission service. The system supports CCITT X.21 and X.71 protocols, and principal components are duplicated to resist breakdown. Since the system bridges Japan's domestic communications to international networks, it has been especially designed for high-capacity processing, reliability, and ease of operation.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 76 ~ 81 (1988)

2nd-Generation 1M-Bit Dynamic CMOS RAMs

by Yasuji Nagayama, Hideshi Miyatake, Masaki Kumanoya, Isao Furuta & Katsumi Suizu

These DRAMs achieve an 80nsec access time thanks to a word-line double-layer (Al and second polysilicon) structure, fine-pattern technology for wafer fabrication, and three polysilicon conductive layers. A low-power VBB generator ensures a low standby current, making the new DRAMs suitable for use in battery backup systems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 82 ~ 85 (1988)

Automated-Production Technology for Thermal Print Heads Used in Facsimiles

by Takashi Yamanaka, Yoshihiro Usui, Yutaka Ozaki, Yoshikazu Sakaue & Hiroshi Kobayashi

The article reports on Mitsubishi automated inspection and testing technology used to manufacture thermal print heads for facsimiles. This technology was developed to cope with heavy demand for high-quality multi-functional print heads as the facsimile market continues to expand.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 86 ~ 89 (1988)

An Inserter for Odd-Shape Components

by Makoto Kondo, Naoki Hashiguchi, Katsunori Takabe & Toshifumi Kimura

The Corporation has developed an automatic odd-shape component inserter that eliminates many manual PCB-mounting operations. The inserter includes a lead straightener and automatic retry function that improve the insertion rate. It can hold a large volume of parts and features an vacant-stick disposal function to realize extended unmann operation. A further improvement is an insertion-path specification function that supports high-density mounting. The inserter uses optical-fiber cables that reduce the need for conventional wiring and raise the system's reliability. The control software is modularized, making easy the development and customization of such software.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 44 ~ 47 (1988)

An Optical-Disk-Based Data-Acquisition System for the MX Series Minicomputers

by Takehiro Yamashita, Shigeyuki Kamio, Naoto Sakaue, Akio Satio & Takao Ito

This data-acquisition system exploits the large capacity, high-speed flexible accessing, and high reliability of optical disks. The article introduces the system and describes an application as a data logger and editor for a power plant. The application system stores data and provides administration-support tools.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 48 ~ 53 (1988)

The Optical-Disk Subsystem of the MELCOM EX Series General-Purpose Computers

by Toshikazu Yokoi, Hidetoshi Ochi, Masahiro Ishii, Makoto Kishi & Yasuo Shimada

The optical-disk subsystem of the MELCOM EX Series general-purpose computers consists of a write-once optical-disk drive with an autochange mechanism that connects directly to a channel of the EX Series I/O bus. The subsystem has a maximum capacity of 1.4TB, and a maximum transfer rate of 3MB/s. It also includes a software access-control interface that enables large-capacity file systems to be configured using a high-level language. The optical disk can be run in tandem with a magnetic disk to support user-specific data referencing.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 54 ~ 57 (1988)

Recent Trends in Electrical Equipment for Nuclear Power Stations

by Yoshinori Morimoto, Nobuhiro Kidera & Noriaki Oda

The article reports on advances in electrical equipment used for nuclear power stations, summarizing the state of the art and current technical trends. Nuclear power station electrical equipment is being continually upgraded to raise plant reliability, operability, maintainability, and cost efficiency.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 58 ~ 63 (1988)

A High-Initial-Response Brushless-Excitation System for the Ako Power Station's Unit No. 1 Turbine Generator of The Kansai Electric Power Company

by Sakan Nakaya, Kazuichi Suzuki & Seiichi Tanaka

Mitsubishi Electric has manufactured and delivered Japan's first domestically produced high-initial-response brushless-excitation system (with a Mitsubishi Mark III brushless exciter) to The Kansai Electric Power Company. The system was installed in the 600MW No. 1 Turbine Generator of the Ako Power Station Unit No. 1, and is now in commercial service. The article describes the system and its control unit, which includes a power-station stabilizer, and summarizes the results of on-site testing. High-initial-response excitation systems have been recently introduced in power plants because they raise the stability of power-distribution systems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 7, pp. 64 ~ 69 (1988)

The MELSERVO-S0 Series Compact AC Servo Motors

by Masumi Hayakawa, Shigeji Hirao & Yoshio Ishikawa

Mitsubishi Electric has developed and commercially produced a series of small, multipurpose 50~400W AC servo motors. MELSERVO S0 Series servos feature rectangular-waveform 120° PWM inverter drives, and skew-magnetized rare-earth samarium-cobalt rotors that suppress torque-ripple and cogging torque.

卷頭言

光ディスク特集号に寄せて

工業技術院電子技術総合研究所

電波電子部長

理学博士 島田潤一



“コロンブスの卵”とでもいえるような“裏から読む”という方式の光ディスクの概念がフィリップス社などによって出されたのは15年程前のことであった。瀬踏み状態の何年かはあったが、まずビデオディスクの形で、続いてデジタルオーディオディスクとして実用化した。そして今、数千億円の市場が見込まれるデジタルデータ書き込み用のものが花開こうとしている。

しかし、息をつく間もなく次の課題が待ち受けている。その第一は利用分野の同定である。磁気ディスクとは容量ハイアラキも異なるし、アクセスタイムや転送速度でも差がある。磁気ディスクとどのように棲み分けてゆくかが問題である。書換え可能型については保存性がトレードオフにあることを考慮して用途を同定する必要がある。光ディスクが不得手なオーバライトについてもその要・不要を明確化しておく必要がある。これらは光ディスクの普及のための前提である。

第二にはメディアの選定である。5インチものか3.5インチものかという問題がひかえている。特に書換え可能型については焦眉の急である。実用に向かって先行しているとはいながらピックアップが大きいために転送速度やアクセスタイムの改善に困難が予想される光磁気方式か相転移方式かという問題もある。すばり書換え可能型を使うか完成度の高い追記型を使って擬書き換えを行うかも場合によっては考えなければならない。CDドライブとは別立てのドライブを要するCD-ROMに対して、追記型用ドライブがそのまま使えるO-ROMの可能性をどう見立てるかも未検討事項の一つである。

第三は次の飛躍のための技術開発である。磁気ディスクに比べて劣っている転送速度やアクセスタイムを向上するにはレーザの高出力化とピックアップの小型軽量化が必要

である。記録密度向上のためにはレーザの短波長化が望まれるが、これが高出力化と両立するかという大きな問題もある。

以上は問題の一端であって、まだどんな問題が潜んでいるかもわからない。このような状況にあっては、あらためて現状をあらゆる角度から精視してみる必要がある。この意味で本特集は適切かつ時宜を得たものと言えよう。

私事に涉るが、筆者が光ディスクに興味を持ち始めた昭和49年頃、筆者がまず知遇を得たのは三菱電機(株)の久保高啓、岡田和夫、高宮三郎の諸氏であった。まだ光ディスクの可能性については慎重論が支配的だった当時、珍しくも前向きの意見を持った方々であった。そしてオーディオショナー、エレクトロニクスショナーなどに先陣を切って半導体レーザを使った光ディスク装置を展出したのも三菱電機であった。

このような伝統と実績のある同社の技術がここに総覽に供されるのは誠に意義深く、読者諸兄に資するところ必ずや大なるものと信ずる次第である。

光ディスク技術の展望

大西良一*
宮本紀男*

1. まえがき

再生専用で民生用のCD（コンパクトディスク）並びにVD（ビデオディスク）の実用化開発と製品化において、我が国が果たした草分け的役割は特記すべきものであった。計算機用のコードデータを扱い得る光ディスク装置についても、我が国は、やはり目覚ましい成果を挙げつつあり、世界のトップレベルの製品を完成させている。光ディスク装置・媒体を完成するうえで必要とされる技術分野は広く多岐にわたる。必要技術の主要なものをすべて1社で自己完結的に保有するには、技術的な総合力と多大の開発リソースを要する。言うまでもなく、光ディスク装置・媒体開発の成否を支配するのは、技術的総合力とこの分野における伝統的技術蓄積の有無であり、これらは、開発を成功に導く上で不可欠なインフラストラクチャである。

当社が、我が国の光ディスク装置と媒体関連の技術開発で、先駆的役割を果たしてきたことは、この特集号の巻頭言の中でも触れられているが、この論文では、まず初めに当社における光ディスク装置・媒体開発の歴史について述べ、当社が保有する技術蓄積の一端とその特長について述べる。さらに、追記型並びに書換型光ディスク装置の応用適性と用途開発の方向、各種記憶装置の中での位置付けと光ディスク装置の将来像、今後の発展方向と規格化動向について述べる。

2. 当社における光ディスク装置・媒体開発の歴史

当社は、昭和47年に、オーディオ用並びにビデオ用の再生専用光ディスク装置の開発をスタートし、昭和52年には原盤からレプリカ（複製化）までを確立し、レーザ方式PCMディジタルオーディオディスクを全日本オーディオフェアに出品し、世界で初めてデジタルオーディオディスク（現在のCDに相当）の音を披露し、多くの関係者の注目を集めた。これがその後、我が国のオーディオ界のデジタル化指向とレーザディスクやCDなどへの急速な移行を促すきっかけとなつた⁽¹⁾。

この光ディスク装置は、①デジタルPCM符号化技術、②誤り訂正技術（リードソロモン法）の採用、③直接カッティングによる原盤プロセス技術、④同原盤を用いたレプリカ製作技術を導入し、さらに発展的に、⑤半導体レーザ（レーザダイオードLD）の採用による光再生方式、⑥Scoop法の採用、⑦ヘッドウォブリングサーボ技術、を採用するなど、当時としては初めての革新的技術の数々を盛り込んだものであった。上記の技術の内、Scoop法は、本誌巻頭言を執筆いただいている電子技術総合研究所の島田部長の発明によるものであつて、命名も同部長によるものである。

これらの技術は国内外で発表され^{(2)~(4)}、大きな反響を呼び、その後の光ディスク装置の主要技術として今も重用されている。図1に昭和52年当時の当社ディジタルオーディオ光ディスク装置の外観を示す。当社では、その後も引き続き、光ディスク関連の技術開発は



図1. 我が国初のPCMディジタルオーディオ光ディスク装置

（昭和52年）

続けられ、光ピックアップ、光ヘッドの技術、レーザダイオードの技術、誤り訂正の技術、信号処理技術、サーボ技術、原盤関連の技術、媒体評価技術、評価用装置技術、など光ディスク装置・媒体の開発に必要な主要技術のほとんどを自社内で賄い得るよう、技術の育成と蓄積に心がけてきた^{(5)~(7)}。

この結果、上記主要技術の内、レーザダイオード（LD）などは、昭和52年当時、既にTJS型LDとして斯界のトップ技術であったが、その後も引き続き、光通信、プリンタ、光ディスク装置用など幅広い用途分野でトップクラスの高い評価を得ている。

光ピックアップもCDドライブ用として、業界で初めてシャフト方式アクチュエータを着想し実用化に成功したが、この方式は現在では業界の標準になっており、CD用として既に多数の納入実績をもつていて。この方式はコンピュータ用の光ディスク装置のヘッドにも採用し、この特集号に述べるとおり高性能ヘッドを完成しているが、これなどは技術蓄積を最大限に活用している一例といえる。また、誤り訂正技術も宇宙通信分野を含む広範な適用を前提に技術開発が進められ、いずれの分野でもトップクラスの技術レベルを維持している。

以上、述べたとおり、当社は昭和47年ごろから光ディスク装置開発に必要な主要技術力を培うとともに、これら技術の幾つかは、宇宙、防衛、など異分野の高度な技術ニーズに対応する過程で、更なるレベルアップを図ってきた⁽⁸⁾。これらの主要技術を総合的に結集することによって、初めて高性能な光ディスク装置・媒体を完成できる訳であるが、そのゆえんや技術結集の内容については、この特集号でそれぞれ述べられている。

3. 光ディスク装置の方式分類と当社の選択

光ディスク装置の分類については、多くの解説書に詳しく、かつ一般的に述べられているが、ここではこの特集号の趣旨に沿ってコンピュータ用の光ディスク装置に限定して、その分類と応用用途について述べる。

図2は図式的な大分類の一例を示したものであるが、再生専用型

民生用 追記型又は 書換え型	コンピュータ用書換え型 光ディスク装置 130mm、(90mm) (データROMを含む)
	コンピュータ用追記型 データROM
	コンピュータ用追記型 光ディスク装置 300/200/130(90)mm
民生用再生専用 120mm CD、CD-V CD-I	コンピュータ用再生専用 120mm CD-ROM CD-I

図2. 光ディスク装置の図式的な大分類

光ディスク装置(CD-ROMなど)と追記型光ディスク装置(いってん書き込んだ後は、再生専用で使用し消去できない)と書換え型光ディスク装置(消去・書き込みが可能)に分類される。一般に、再生専用光ディスク(CD-ROM)は、アクセス、データ転送速度などが低速であるのに対し、追記型では、これらが格段に高速化されている。

なお、追記型の特殊型として媒体の一部をROM化し、あらかじめデータを書き込んでおくことにより、このROM化された部分でCD-ROMと類似の機能を、またROM化されていない媒体部分(ユーザー領域)では通常の追記型としての使い方ができる、いわゆる“データROM方式”的追記型光ディスク装置も存在する。この場合、媒体の一部をROM化するには、マスタリングプロセスにより、あらかじめデータを記録した原盤を作り、これで同一ROM内容の媒体多枚を(CD円盤のように)複製(レプリケーション)することができる。このデータROMは、再生専用型よりアクセス、転送速度など格段に高速の読み書きが可能である。

ディスク円盤径(媒体の直径)による分類では、300, 200, 130mmの種類がある。これらのサイズ以外に、90mmの媒体サイズも規格化動向の項で後述するように、今後規格化される見込みである。媒体サイズの違いにより、ディスク装置の大きさも変化する。世界的に普及している130mm(5.25") ウィンチエスター型固定ディスク装置(HDD)並びにフロッピーディスク装置(FDD)に使用されている媒体サイズは130mmであり、この装置の外形寸法としてフルハイとハーフハイの両サイズがある。このサイズは、この種記憶装置の国際標準となっているため、130mm光ディスク装置の外形も、HDD,FDDにあわせた両サイズを踏襲している。

光ディスク装置もこのクラスから規格化され、かつ本格的に普及するものと想定し、当社ではこの130mmクラスの光ディスク装置・媒体の開発に全力を挙げた。このほか、媒体情報面のデータ記録原理又は記録膜材質により、表1のように分類される。すなわち、追記型では、①レーザ光により膜に微小孔(ピット)を形成する方式、②レーザ光で微小バブルを形成するもの、③レーザ光で膜の反射率を変化させるものに大別される。書換え型では、膜材質により、光磁気、相変化、有機色素系に分類される。

また、媒体の基板材質(原盤から多量に複製可能な材質で所要の光学的性質と機械的性質を持ち、この基板の上に膜を形成する)についても幾つかの選択があり、プラスチックス系、ガラス系に大別される。さらに、プラスチックス系は、ポリカーボネート系、ア

表1. 光ディスク媒体の方式別分類

装置の種別	記録原理／方式	基板材質
再生専用型 光ディスク 装置	凹凸位相ピット	プラスチックス系 ポリカーボネート アクリル樹脂 エポキシ樹脂 ガラス系
追記型 光ディスク 装置	微小ピット形成方式 微小バブル形成方式 反射率制御方式	
書換え型 光ディスク 装置	光磁気方式 相変化方式 有機色素系	

注) アンダーラインは当社の選択を示す

リル系、エポキシ系に分類される。

この特集号に紹介される光ディスクは、130mm追記型と130mm書換え型の各々ディスク装置と媒体であり、追記型の媒体はピット形成(穴あけ)方式を採用し、書換え型媒体は光磁気方式を採用している。

特に、追記型ディスクは、その装置機能から長期のデータ保存性が媒体に要求されるものと想定し、データ保存性に基本的に適した穴あけ方式を選択した。この方式は、記録過程が原理的に非可逆であること、並びに前章の当社の開発史でも触れたように直接カッティングによる原盤製作の経験からも、穴あけ方式の良さを認識していたため、開発スタート時点で迷わずこの方式を選択した。また、書換え型については、磁気ディスク並みの消去・記録の繰り返し可能回数が得られ、高い記録再生特性が得られるだけでなく、消し残りなどの心配が全くない消去信頼性の高い、光磁気記録方式を選択した。基板材質としては、ポリカーボネートを採用したが、これは複製(レプリケーション)性能に優れ、量産効果による将来の低価格化がねらえること、耐環境性能に優れ、媒体の長寿命化にも適しているためである。

4. 光ディスク装置・媒体の特長と適用分野

光ディスク装置の特長を表2にまとめて示す。同表のなかで、特に重要な特長は、媒体の可搬性と着脱が容易な点であろう。このことは、媒体の掛け替えが許される用途では、それを自動化することにより(ジュータンボックスのように)、実質的容量を際限なく増大させ、100Gバイト～Tバイト(テラバイト)オーダーの容量が得られるこを意味し、また媒体の可搬性と国際宅急便の活用により、Gバイトレベルのデータを24時間以内に相手先に送ることも可能にする。これなどは、通常の通信手段であれば2～3日の日数とかなり

表2. 光ディスク装置の特長とこれまでの問題指摘事項

特長	これまでの問題指摘事項
①記録密度が大きく、大容量である。ピット当たりの単価が安い。 ②ランダムアクセスに優れている。 ③着脱、掛け替え操作と持ち運びが容易。 ④複製が容易で量産性に富む。 ⑤非接触の記録再生であり、ごみや媒体表面の汚れに強い。 ⑥記録データの長期保存性大。	①アクセス、データ転送速度 書き込み(記録)速度の問題 (固定磁気ディスクより遅い) ②重ね書き(オーバライド)の技術 実用化までに今しばらく時間がかかる ③コードデータの記録に耐えられる ビット誤り率の確保

の通信コストを必要とするのに比べれば、大きなメリットといえる。さらに、データROMのように、多数の複製を容易に製作できる特長と可搬性をいかし、大量データを数千～数万箇所へほぼ同時に届けることができる。

このほか、表2に示すとおり媒体1面当たりの容量が大きく、ピット当たりのコストが安いことや磁気テープ装置とは異なり、ランダムアクセス可能であることなども光ディスク装置のメリットであるが、媒体1面当たりの記憶容量が大きいにもかかわらず、これまで文書ファイルなどに使われている光ディスク装置のアクセス速度やデータ転送速度などは、その容量にふさわしいものではなかった。ちょうど、浴槽とプールでは給排水系統は、それぞれに適した流量、流速を持つべきであるとの同様、光ディスク装置の大容量性の特長をいかすには、アクセス速度とデータ転送速度を格段に向上させるべきであると考え、本誌に紹介される光ディスク装置では、これらを従来の200～300mm径の媒体を用いた装置に比べ、約1けた向上させている。

いったん記録したデータの長期保存性についても、これまでの光ディスク装置・媒体は、コードデータの記録保存性について、ユーザーの信頼を得ているとは、言い難いものであった。この点については、当社媒体の耐環境性を格段に向上させるとともに、同じくディスク装置の誤り訂正符号の復号能力を強化し、訂正時間を大幅に短縮した。この結果、データ転送速度を更に向上させながら、コードデータを十分扱い得るレベルの信頼性を確保できた。ちなみに、媒体の出荷時点の誤り率は、 10^{-6} レベルであるが、これを誤り訂正により 10^{-14} にまで低減できる。これは、磁気ディスク装置の 10^{-12} よりも低く、仮に10年で媒体の誤り率が1けた劣化しても、なお 10^{-13} の信頼性確保ができるこことを意味する。

以上述べたように、従来の光ディスク装置・媒体についての懸念事項は、当社の光ディスク装置・媒体では大幅に改善されているため、これを踏まえて以下の適用分野の考察を行う。

まず、各種メディアへのアクセス（検索）頻度とページ数に換算した情報量の関係を図示すると、図3のようになる。同図はエンドユーザーの視点でファイルニーズの実態をまとめたものである⁽⁹⁾。一般に、全世界の保存情報の90%は紙で保管され、7%がマイクロフィルム、2%が磁気テープであるといわれている。アクセス頻度が

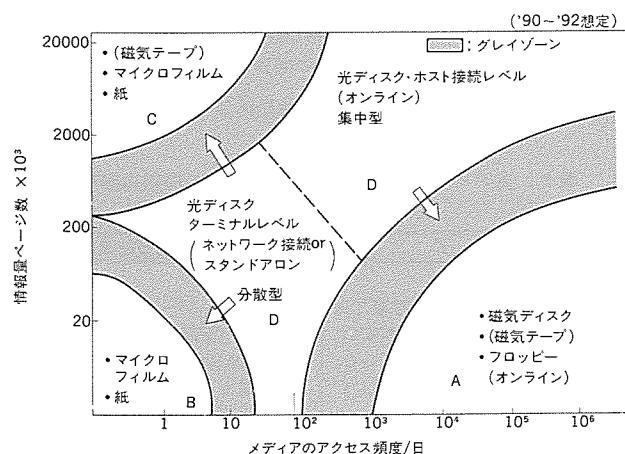


図3. 各種メディアの情報量とそれぞれへのアクセス頻度の関係
(エンドユーザーの視点でまとめたもので、文献(9)に加筆、改訂したもの)

著しく大きく、情報量が中程度の領域Aとアクセス頻度、情報量が共に少ない領域Bと、情報量が非常に大きい反面アクセス頻度は少ない領域Cに分化しており、通常Aはコードデータでの保存であり、読み出しもコードデータで行われる。B, Cは、紙かマイクロフィルムでイメージとして保存され、読み出しあナログで行われる。Cは図書、図庫、Aは各種オンラインシステムが該当する。

一方、今後の一般トレンドとして、ヒューマンインターフェース重視の動向と画像・イメージ情報の増加の必然性、コンピュータが作り出す情報量の増大、とりわけ、イメージ情報は動画表示の比率も増加し、その記録に相当な大容量を要すことや、イメージとコードデータが混在する情報の処理要求が増加すること、ジャーナル的な垂れ流し情報の記録（これまで、際限なく記憶装置の増設をすべきであったため、広範な適用を自己規制気味に制約していたため要求が潜在していた）要求が顕在化することなどが予想される。これらの適用分野では、情報の生成と記録（貯蔵）はコンピュータの処理スピードで行われるが、検索の頻度は中程度であり、図3の中央部Dに対応する。この領域はジャーナルボックス型の適用を含め、光ディスクを適用するに適した領域であり、追記型、書換え型のいずれもが対象となる。他方、ペーパーレス化指向の潮流は、このDの領域からCの方向への適用分野の拡大を促し、AI関連を含む各種データベース量の増大と、今後の光ディスク装置のアクセスと転送速度の更なる向上はDからAへの進出を促す。このDの領域は光ディスクによって切り開かれる新しい分野であって、媒体掛け替えの容易さから容量増大に対する価格面の制約除去の効果とランダムアクセス能力、並びに追記型の場合の記録の保存性など、光ディスク特有の性能に負うところ大である。

また、データの長期保存要求は根強く、また特に書換えを要せず消えではない用途も多く、これらの用途には、追記型は今後も重用され、書換え型とは共存していくものとみられる。この特集号では、図3のDに対応する各用途をねらって開発した応用システムの幾つかを紹介する。

次に、ホストコンピュータからディスク装置を見た場合の各種記憶装置の位置付けを地図状にまとめて図4に示す。ホストから見た記憶装置の良さを示す指標は、アクセス速度と転送速度であって、各領域ごとに要求される総記憶容量を垂線の長さで示し、磁気テープ装置(MT)、磁気ディスク装置(HDD)、フロッピーディスク装置(FDD)それぞれとの対応をも示している。図4にはこれに重畠させて、光ディスク装置の適所領域も示している。追記型がMT代替として、また書換え型はFDD、HDDを代替する方向で役割分担をしていく様子と、光ディスク装置のアクセス、転送速度を更に高速化することにより、磁気記録の上記3方式のそれぞれの特長を光ディスク装置によって兼ねさせることができ、3方式を同時に置換しつつ、適所領域を更に拡大し得ることを示している。

5. 光ディスク装置・媒体に要求される 今後の発展方向と展望

今後の光ディスク装置・媒体の発展方向として、上記考察から演えき(譯)的にいえることは、アクセスと転送速度の一層の向上と、各種磁気記録方式の外部メモリ機能を光ディスク装置で置換するうえで、媒体の互換性確保は不可欠である。もう一つの光ディスク装置進化の方向は、端末装置の一人1台（マスパーソナル）を指向して、装置・媒体の一層の小型化、小径化が要求される。

アクセスと転送速度の向上に関しては、ディスク回転数の増大、

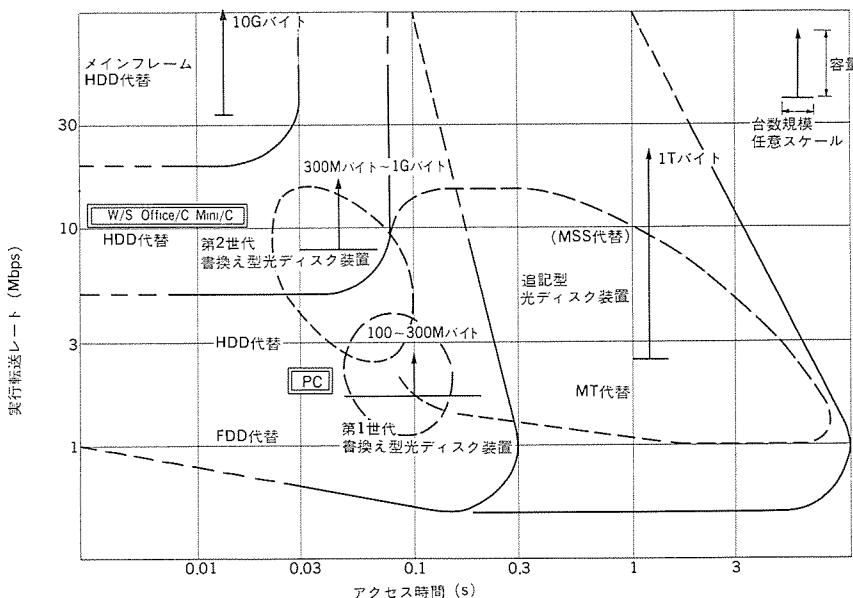


図4. 各種ストレージ機器のアクセスと転送速度の関係と光ディスク装置の適用・適所ゾーン

レーザダイオードの大出力化、ヘッド光学系、光素子の高度集積化などによるヘッドの軽量化が不可欠である。実効転送速度については、データの記録時に第一世代の書換え型光ディスク装置では、記録のためのディスク回転の前の1回転で消去し、記録した次のディスク回転でデータを再生しながら記録状態の確認を行うため、記録時に3回転を要し、高い転送速度が得られない一因となっている。転送速度増大のためにには、オーバーライト（重ね書き）機能、2ビームヘッドにより記録と同時に確認を済ませる方式の開発など、幾つかの切り札的技術も急速に実用可能域に近づきつつある。

もう1世代先の技術としては、レーザダイオードの短波長化、波長可変多重化、アレーレーザダイオードによる複数ピームの形成とそれによる複数トラックのデータ同時記録再生の技術(200Mバイト／秒程度の記録再生も可能)、本格的LSIの導入によるヘッドの超軽量化などが今後の展開方向として予想されている。このほか、メモリLSIの発展も目覚ましく、RAMディスクとして記憶装置群の一角を占めるとともに、RAMディスクと光ディスク装置のキャッシュ的接続が普及していくであろう。

さらに、その先の技術としてはPHB(フォトケミカルホールバーニング)など新しい光記録原理の活用による可動部のない記憶装置が出現するであろう。PHBによれば、現在の光記録密度が 10^8 ビット／ cm^2 であるのに対し、理論上は 10^{12} ビット／ cm^2 が得られる。当社中央研究所の実験的検討によれば⁽¹⁰⁾、既に 10^{10} は得られており、130mmの面積で30Gバイトの容量が単純換算で得られることになる。

光ディスク装置の一層の普及を促すうえで、装置の小型化と媒体互換性は不可欠であり、規格化動向とともに今後を展望してみる。なお、ここでいう規格化とは、媒体とカートリッジの規格を指す。追記型光ディスクの規格化は、130mmを対象に昭和60年5月に開始され、62年10月のワシントン会議で各國の合意が得られ、63年夏には成文化完成し、発効の見込みである。130mm書換え型の規格化は、追記型を踏襲する方向で63年12月完成を目指し審議が続けられている。装置の小型化を指向して、書換え型90mmの規格化も64年10月には完成の見込みである。

6. む す び

この展望では、我が国の光ディスク開発の歴史の中で当社が先駆的役割を果たしたこと、当社の技術蓄積の特長と本誌に特集されているディスク装置・媒体の開発にそれらがいかされている様子、光ディスク装置の応用適性、とりわけ光ディスク装置によって新たに切り開かれる応用分野について概説し、かかる分野を対象にした各種応用システムの幾つかが本誌に紹介されていること、さらに今後の光ディスク関連技術が発展すべき方向と、それらが実現されれば、磁気記録原理の各種ストレージ機器は、統合的に光ディスク装置に置換されていく可能性を秘めているとの筆者らの予想を述べ、さらに次世代、次々世代の技術シーズを概観し、光ディスク関連分野の豊かな将来性についても言及した。

参 考 文 献

- (1) 神尾: O plus E p.40 (1986-4), p.52 (1986-5)
- (2) M. Nakada, T.Kubo : IEEE Transactions on Consumer Electronics, CE-24, No. 3 (1978-8)
- (3) k.Okada, W.Susaki, K.Kime et al: 61st AES Convention No. 1409 (1978) and J of AES 28, No. 6, p. 429 (1980)
- (4) 境、ほか: テレビジョン学会誌(PCM小特集), 33, N. 1 (1979)
- (5) O. Itoh et al: 3rd International Conf. on Optical Mass Storage Proceeding, p. 145 (1985)
- (6) T. Murakami et al: Electronics Letter, 22, 4 - 217 (1986)
- (7) M. Ogawa et al: Optical Memory Symp., p.191 (1986-12)
- (8) T.Inoue et al: 8th Symp. on Information theory (1985-12)
- (9) Rothchild Technology Opportunity Conf. 1986 March Washington: Presentation by Datagraphix
- (10) M. Yoshimura et al: Chemical Physics Letters, 143, No. 4, p.342 (1988-1)

追記型光ディスク

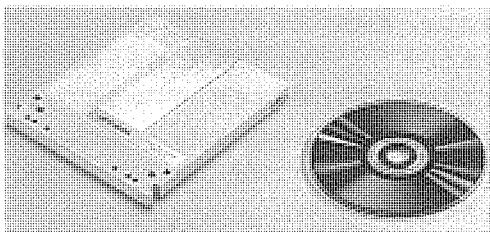
土橋 勝* 広田哲也***
岡田和夫**
公文 潔***

1. まえがき

コンピュータの社会的利用の進化とともに、記録保存すべき情報の種類はコードデータのみでなく、映像や图形などのイメージ情報へも拡大し、かつずれの情報量も急激に増大している。また、記録データの分散管理と集中管理という両面の展開も著しい。これに伴い、外部記録装置の分野では大容量で操作性と可搬性に優れ、かつ安価で不揮発性の記録媒体へのニーズが高まりつつある。

このような背景から、レーザ光学技術と薄膜材料技術とを応用した光ディスクが、記録密度の高さ、データの不揮発性及びビット単価の安さとから注目され、ユーザーがデータを書き込める追記型光ディスクの利用が広がり始めた。

三菱化成㈱と三菱電機㈱は、かねてから130mm追記型光ディスクの共同開発を行ってきたが、昭和62年4月から三菱電機製光ディスク装置とともにサンプル出荷をし、ユーザーの評価を得てきた。こ



(左: 光ディスクカートリッジ、右: 光ディスク)

図1. 三菱光ディスクカートリッジと130mm追記型光ディスク

表1. 三菱光ディスクカートリッジ(MW-5 M1型)の仕様

項目	仕様	
ユーザー記録容量	総記録容量 (Mバイト) セクタ記録容量 (バイト)	300 (片面) 又は600 (両面) 512
フォーマット	ユーザートラック数/片面 トラックピッチ (μm) セクタ数/トラック 案内溝形状 記録位置	18,738 (うち代替トラック20) 1.6 32 (うち代替セクタ1) V字形/スパイラル ランド
記録・再生特性	記録タイプ ミラー面反射率 (%) 最適記録パワー 最内周 (mW) 最外周 (mW) C/N 比 (dB) 再生パワー耐久時間 (h) 欠陥密度 バースト欠陥率	穴あけ 33 ± 3.3 (平行光) 6 ± 0.6 8 ± 0.8 50以上 2以上 (1.2mW/同一トラック) 1×10^{-5} 以下 1×10^{-7} 以下
機械的特性	傾き角度 (m rad) 軸方向流れ 面振れ (mm) 加速度 (m/s^2) 径方向流れ トラック流れ (μm) 加速度 (m/s^2)	4以下 0.34 _(P-P) 以下 20以下 $50_{(P-P)}$ 以下 4以下
寸法重量	カートリッジ寸法 (mm) 重量 (g)	135 × 153 × 11 180 $\phi 15$ (内径), $\phi 130$ (外径), 3.2 (厚さ) 44
光ディスク装置関連事項	クランピング方式 回転制御方式 ディスク回転数 (rpm)	埋込みハブ・マグネットチャック 定角速度(CAV) 1,800

これらの経験を基に品質の改善と安定化を図り、今般、三菱光ディスクカートリッジ (MW-5 M11及びMW-5 M12) を製品化した。

この130mm追記型光ディスクの主な特長は次のとおりである。

- (1) 光ディスク装置の高速アクセスに好適な、V字形案内溝と欠陥に強いヘッド信号フォーマットの採用
- (2) 高感度(低記録パワー), かつ高C/N比(キャリアーノイズ比)とするための、記録膜と下引き層の採用
- (3) バースト欠陥が極めて少なく、かつ推定寿命10年以上の高信頼性

三菱光ディスクカートリッジ (MW-5 M1型) の外観と主な仕様を図1と表1に示すが、この追記型光ディスクは、光ディスク装置における高速アクセス・高信頼性など機器の高性能化の動向に沿ったものであるといえる。以下にその基本的構成と性能を示す。

2. 追記型光ディスクの構成と記録・再生の原理

三菱追記型光ディスクの基本的構成と光ヘッドとの関係を図2に示す。光ディスクはマスタリングで物理フォーマットを書き込んだスタンバから転写・成形したポリカーボネート基板、スパッタにより成膜したテルルーセレン (Te-Se) 合金系記録膜、及び両者の間に介在するふつ化炭素系下引き層とを基本構成としている。

記録・再生は次のように行われる。光ヘッドからの出射光は、基板面から入射し、直径約1.3μmの集光スポットを、ランドを中心とする記録膜上に形成する。光ヘッドはランドの両側に設けられたV字形溝とランド上のヘッド信号ピットとに誘導され、データを記録・再生する。追記型光ディスク装置の信号再生・フォーカス制御・トラッキング制御は、レーザ光がトラック上で反射し、光検知器に戻る光量分布を検出して行われる。一方、記録は半導体レーザのパワーを強め、記録膜を溶融し、ピット(追記データピット)を形成することで行われる。

3. フォーマットと記録容量

三菱追記型光ディスクは表1に示したように、ユーザートラック数18,738/面からなり、このうち内外周に各10トラックの代替トラ

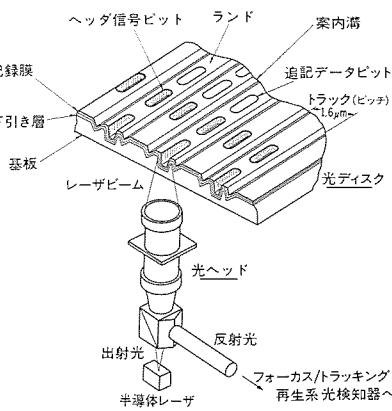


図2. 追記型光ディスクの構成と光ヘッドとの関係

ックを含んでいる。また、1トラックは32セクタからなり、1代替セクタを含んでいる。1セクタは710バイトで、ヘッダ領域(セクタマーク、アドレス、フラグ)・追記データ領域・調整領域(ポストアンブル、ギャップ)から構成されている。セクタマーク及びフラグは、各々セクタの先頭又はデータの有無を示す機能を持っている。このため、欠陥については殊に厳しく管理している。また、アドレスには誤り訂正符号を付け、欠陥に対し著しく強化している。なお、ポストアンブルはデータの復調保証、ギャップは光ディスク装置の回転数の変動や装置間ばらつきによる重ね書き防止の機能を持っていている。

追記データ領域は、ユーザー記録容量512バイトと、パワー調整・各種の同期調整・誤り検出／訂正用符号データなどのチェックと保護のための141バイトとからなる。

以上のフォーマットにより、ユーザー記録容量は300MB／面である。

4. マスタリングとプリフォーマット再生信号

マスタリングは光ディスクの案内溝と物理フォーマットを規定し、光ディスク装置が記録・再生を行うための条件をROMデータとして書き込むプロセスであり、記述すべき情報の内容と品質はディスクと装置の性能を決定付ける。

光ディスク装置は、2分割のフォトダイオードを用いたブッシュ方式を採用し、信号の再生(和信号)とトラッキング制御(差信号)を行っている。また、光ヘッドが目標トラックへ移動するシーク動作は、トラック横断信号の計数に基づいている⁽¹⁾。したがって、マスタリングによって作られる光ディスクのヘッダ信号ピットや溝の再生信号波形の良否は、装置性能を著しく左右する。

マスタリングはレーザリソグラフを応用し、トラックピッチ約1.6μm、溝-ヘッダ信号ピット間の距離約0.3μm、かつ溝深さとピットの深さが大略0.08～0.16μmで異なるなどLSI並みの微細構造をもつ原盤を作製し、これを基に光ディスクの基板成形の型となるスタンパを電鋳するプロセスをいう。

光ディスクのプリフォーマット再生信号特性は、ディスクの溝やヘッダ信号ピットの形状に依存する。このため、三菱電機では回折理論に基づいて、再生信号及びトラッキング誤差信号の強度とこれらの形状・寸法との関係を解析し、ディスクとしての最適なV字形案内溝及びヘッダ信号ピットの寸法を求めるとともに、原盤と光ディスク間のプリフォーマット再生信号及び寸法の変化を実験的に求

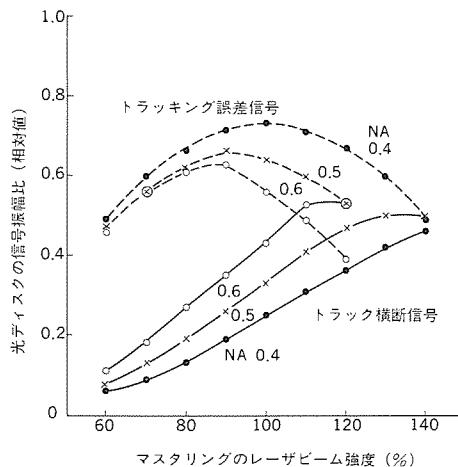


図3. マスタリング条件と光ディスクの信号振幅比

め、製造プロセスの最適化を図った。

マスタリング条件と光ディスクのトラック横断信号やトラッキング誤差信号の振幅比との関係を図3に示した。実際のマスタリングにおいては同図を参考に、ヘッダ信号及び追記信号の劣化を生じない最適条件を設定している。

5. 光ディスク製造プロセスと記録・再生特性

5.1 基板材料と成形

光ディスク用基板材料としては、ガラス及び各種の透明高分子材料が使用されているが、軽量、かつ大量生産ができ安価であることから射出成形用樹脂が汎用されている。基板材料としての重要な特性項目について、各種の射出成形用樹脂を比較した結果⁽²⁾を図4に示したが、ポリカーボネート樹脂のバランスの良さがわかる。

三菱追記型光ディスクもポリカーボネート樹脂を選定し、三菱化成㈱が溶融流動性や含有異物除去など各種の改良を加えた、光ディスク専用グレードを適用している。

光ディスク基板の複屈折は、成形時の分子配向と残留応力を原因とする光学的異方性であるが、その値が大きいと、レーザ反射光の偏光が不完全となり、半導体レーザへの戻り光が増加しレーザノイズの原因となる。したがって、複屈折は極力小さくする必要がある。ポリカーボネート樹脂は、材料としての固有複屈折⁽³⁾や光弾性係数⁽⁴⁾がやや大きいので、成形時の分子配向と残留応力の影響を低減することが重要となる。このため、流動解析や応力解析と成形実験を繰り返すとともに、記録膜の成膜工程又は組立工程などの熱履歴も考慮し、光ディスク段階で最小の複屈折となるよう成形条件を選んだ。図5に130mm追記型光ディスクの複屈折の径方向分布を示したが、三菱電機製品は他社製品に比べても、十分小さな値となっている。

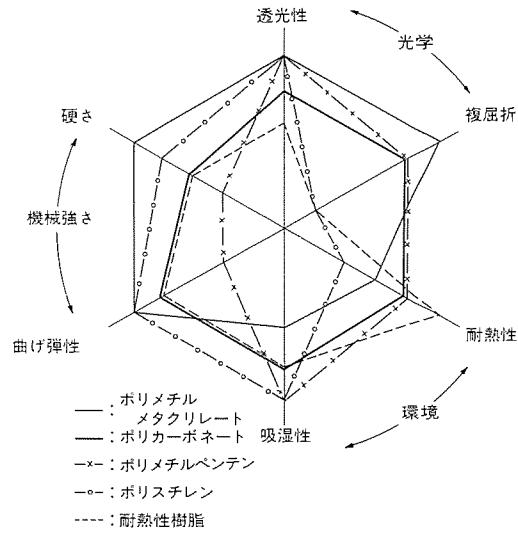


図4. 射出成形用樹脂の特性比較

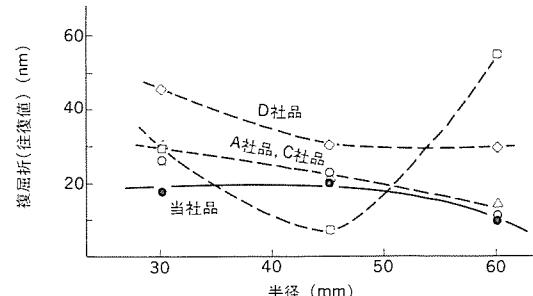


図5. 光ディスクの複屈折の分布

なお、ヘッドや案内溝のプリフォーマット再生信号がディスク全面にわたり、適切な信号強度とその均一性とを保つために、転写率の向上、傾き角度・偏心・反りの低減を図り、光ディスク装置での使用上、問題のない性能となっている。

5.2 記録膜の構成と記録・再生特性

溶融ピットタイプの追記型光ディスクの記録は、ハイパワーの集光スポットを記録膜面に照射し、膜を溶かすと、溶融物が表面張力により周辺に引かれ、微小孔（ピット）を形成することにより行われる。光ディスクの記録・再生特性の中で、特に重要な記録感度・記録しきい値・ C/N 比は、光ヘッドの半導体レーザの出力に依存するが、記録膜に対しては低記録パワーで残さ（渣）のないきれいなピットとスムーズな形のリムを形成し、かつ再生パワーでは劣化しないことが望まれる。このため、記録膜に必要な物理的性質として次の点が挙げられる。

- ①低熱伝導率、②高い光吸収率、③低融点、④溶融液と基板との適度なぬ（濡）れ性

これらの性質を満たす材料として、Te-Se系合金を選び、濡れ性の改善には、低表面エネルギー材料であるふっ化炭素化合物を下引き層として介在させる方法を採用した。下引き層中のふっ素と炭素の存在比(F/C)と濡れ性の指標となる水の接触角、及び記録パワーとの関係を図6⁽⁵⁾に示す。ふっ素量が増加するに従い、接触角は増加し、一方、記録パワーは減少する。また、図7に追記ピットの電子顕微鏡写真（倍率10,000）を示した。ふっ化炭素系下引き層が介在すると、4.5mWの記録パワーで既にきれいなピットを形成しているが、ポリカーボネートのみの基板では、5.5mWでもピットの中心から外周リムに向けて、放射状に残渣が在るのが見られる。

一方、低記録パワー化と相反する特性として、再生パワーに対する耐性にも優れている必要がある。この検討のために、光ディスク装置の最大再生パワーの1.3倍(1.2mW)を同一トラック上に2時間

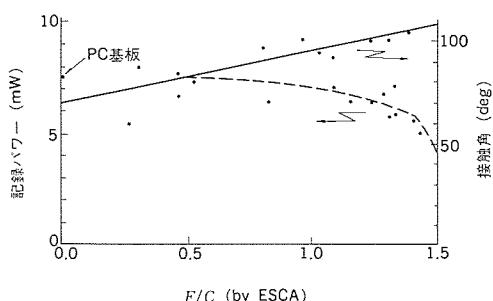
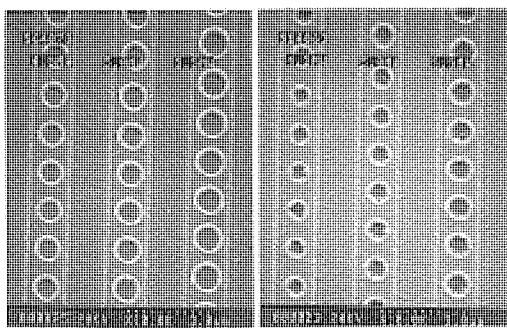


図6. F/C 比と記録パワー及び接触角の関係



（レーザ波長780mm、集光スポット径1.3μm記録周波数3.7MHz、回転数1,800rpm記録位置内径60mm）

図7. ふっ化炭素系下引き層の効果

照射し、記録膜の劣化がない組成範囲を見出した。

以上の検討から、光ディスクには記録膜としてTe-Se系合金を、また基板との間にはふっ化炭素系下引き層を設ける構成を採用した。記録面の構成とともに、それらの厚さや組成の均一性、及びピンホールの有無が記録・再生特性や欠陥率・誤り率に与える影響も著しい。このため、種々のマイクロアナリシスを駆使して、スパッタ工程での組成分布の均質化条件を見出すとともに、反射率分布の均一化、及びピンホール発生原因への対策を図り、成膜条件を確立した。

光ディスクの組立工程は、金属ハブの埋込みと接着作業とからなり、複屈折及び傾き角度・偏心・面振れなどの機械特性への影響が大きいが、設計及び加工上から検討を進めた結果、製品仕様を十分に満たすことを確認している。

以上のプロセスを経て開発された光ディスクの C/N 比と再生信号振幅の記録パワー依存性を図8に示す。内周（径60mm）は5.5mW以上で、外周（径120mm）は7.7mW以上で、 C/N 比が50dBを超え、かつ安定し、一方、再生信号振幅も十分に大きい。これらのデータは、三菱光ディスクが高感度（低パワー記録が可能）・高 C/N 比であることを示している。

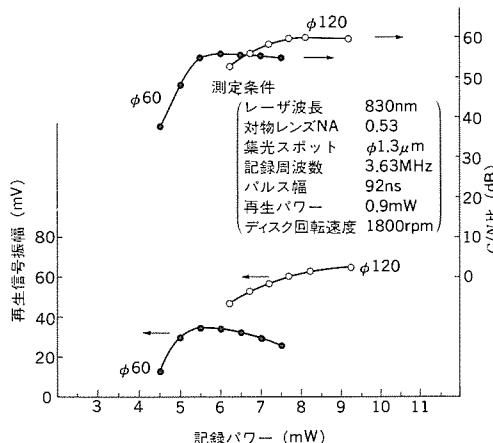


図8. 再生信号振幅及び C/N 比の記録パワー依存性

6. 追記型光ディスクの信頼性と耐久性

6.1 欠陥

三菱光ディスク装置は、データ誤り率を 10^{-4} から 10^{-13} に低減する強力な誤り訂正能力をもち、10ビット未満のランダム欠陥についてもこの機能でカバーできるが、10ビット以上の連続欠陥やその間隔が8ビット未満の近接した欠陥など、すなわちバースト欠陥に対しては訂正能力が低下し、記録容量の低下又はアクセス時間の増加をきたす。このため、原盤から光ディスクまでの全プロセスには、LSI並みの清浄化技術と設備を導入し、また各種の欠陥検出手段を適用し品質向上を図った。その結果、バースト欠陥率は平均 2.5×10^{-8} が得られ、仕様値 1×10^{-7} 以下を達成している。

一方、セクタマーク及びフラグは検査レベルを厳しくし、ランダム欠陥による機能の劣化も防いでいる。

以上のことから、記録容量300MB/面の達成はもとより、代替トラックの使用頻度がほとんどなく、代替セクタの使用頻度も平均5回/面と極めて少ないディスクが得られ、光ディスク装置の誤動作を防ぎ、高速アクセス性能を保つのに好適である。

6.2 加速劣化寿命

光ディスクの劣化因子として、一般に高温多湿下での記録膜の酸化が考えられる。また、Te単体は酸化されやすいが、Se添加により

耐酸化性が向上するという⁽⁶⁾。一般に酸化反応は温度加速性があり、特定の物性が酸化生成物量に依存するならば、アレニウス式を変形した式(1)が成り立つ。式(1)は、従来から電気機器の絶縁寿命の推定に汎用され⁽⁷⁾、また光ディスク標準化委員会でも検討⁽⁸⁾されている。

$$1/t = A \exp(-E/RT) \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここで t : 物性が許容限界値に達する寿命時間(h)

T : 周囲温度(K) A, E, R : 各々定数

三菱光ディスクは、80%RH一定、50～80°Cの条件で温度加速試験を継続中であるが、2,000時間までの主要特性の変化を図9に示した。その変化の傾向は次のとおりである。

- (1) 欠陥密度は、いずれの温度でもほとんど変化しない。
 - (2) C/N 比はやや低下するが、いずれも50dBを確保している。
 - (3) 反射率の低下は他の特性に比べて大きく、寿命推定に使える

光ディスク装置上、反射率の許容減少率を10~12%としたときの寿命推定結果を図10に示す。一般事務所環境の25°C, 80%RHで20年以上、また31°C, 80%RHで10年以上の寿命が推定される。なお、機械特性（面振れ、同加速度、傾き角度など）についても、65°C, 80%

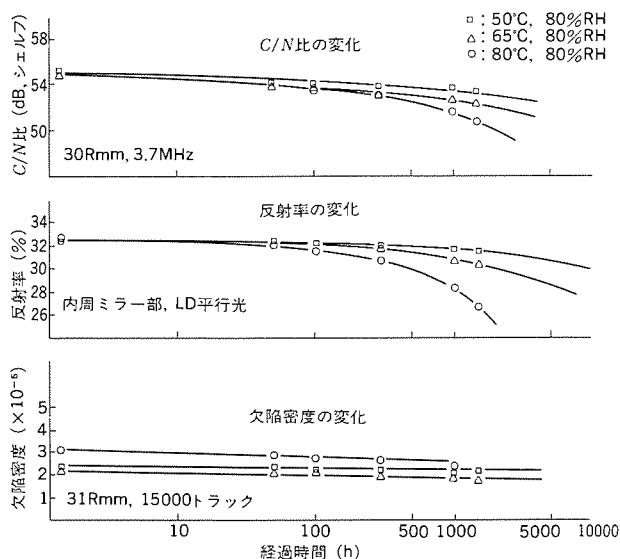


図 9. 温度加速試験結果

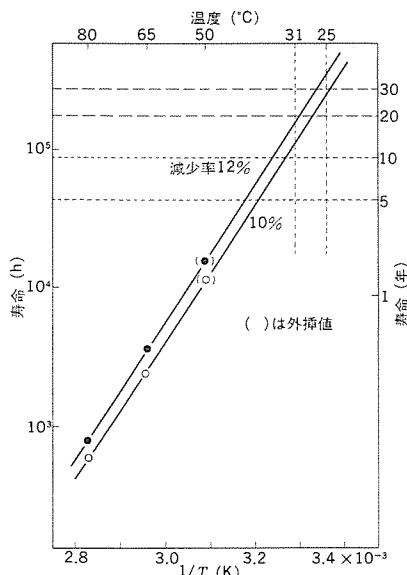


図10. 追記型光ディスクの熱劣化寿命

%RHで試験中であるが、2,000時間後も何らの変化もない。

6.3 耐ヒートサイクル性

光ディスクの環境温度の変化は、輸送時の $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ～ $+60\text{ }^\circ\text{C}$ が最も大きい。ハブを取り付けた光ディスクは、低温での熱収縮で、変形又はクラックの発生が危ぐ（惧）される。このため、低温側を $10\text{ }^\circ\text{C}$ 下げ $-30\text{ }^\circ\text{C}$ 、高温側を $+60\text{ }^\circ\text{C}$ とするヒートサイクル試験を実施した。表2には機械特性の測定結果を示したが、特性の変化はほとんど認められない。また、これらの試料は外観及び室温での記録・再生特性も調べ、変化のないことを確認している。

表2. 機械的性質の耐ヒートサイクル性

項目	試験1		試験2	
	試験前	試験後	試験前	試験後
動的軸方向				
面振れ (μm_{p-p})	31.7	32.0	30.9	30.9
加速度 (m/S^2)	7.3	7.4	8.5	8.6
動的径方向				
トラック振れ (μm_{p-p})	21.2	19.8	19.4	16.5
加速度 (m/S^2)	2.1	2.0	2.1	2.2
傾き角度 ($mrad$)	1.5	2.0	1.5	2.0

注：ヒートサインル条件： $+60^{\circ}\text{C}$ （氮由2.5h） $\rightarrow -30^{\circ}\text{C}$ （氮由2.5h）10サインル

測定溫度：室溫（21~25°C） 脂肪

7. す す び

以上に述べたように、追記型光ディスクカートリッジ(MW-5M1型)は、三菱化成(株)の材料技術・化学分析技術と三菱電機(株)のLSI関連の微細加工技術・光ディスク装置技術などを結集して開発されたが、その特長とするところは次の諸点に要約される。

- (1) CAV(定角速度)回転制御、ランド部記録、512バイト／セクタの記録方式で、ユーザー記録容量300MB／面を達成
 - (2) 高速アクセスに最適なV字形案内溝と欠陥に強いヘッダ信号ブリッジの採用
 - (3) レーザ波長830nm、集光スポット径 $1.3\mu\text{m}$ 、回転速度1,800 rpm、記録周波数3.7MHzの記録条件で、内周記録パワー6mW、外周記録パワー8mWの高感度、かつ50dB以上の高C/N比を達成
 - (4) 1×10^{-7} 以下の低バースト欠陥率、かつ推定寿命10年以上の高信頼性

なお、ISO規格案準拠の130mm追記型光ディスクについても、その開発はほぼ完了している。この場合、物理フォーマット・ハブ・カートリッジケースなどが、規格案に沿って変更されるが、光ディスクの性能はここに示した製品とほぼ同じである。

参 考 文 献

- (1) O.Ito, et al : Proc. Int. Symp. on Optical Memory, Tokyo, p.211(1987). Japanese J.Appl.Phys., 26(1987) Suppl. 26-4, p.211
 - (2) 第1回光ディスク懇談会資料, 昭和60年6月13日
 - (3) 吉岡:プラスチックス, Jul., p.14(1987)
 - (4) 荒川:プラスチックエージ, 30, No. 3, p.100 (1984)
 - (5) 小林:Mitsubishi Chemical R&D Review, 2, No. 1, p.124 (1988)
 - (6) 宮崎ほか:工業材料, 32, No. 8, p.38 (1984)
 - (7) 土橋ほか:三菱電機技報, 54, No. 3, p. 6 (昭55)
 - (8) Y.Okino, Japanese Standard Committee for ODDD : Proc. Int. Symp. on Optical Memory, Tokyo, (1987). Japanese J. Appl. Phys., 26 (1987) Suppl. 26-4, p.43

書換え型光磁気ディスク

堤 和彦* 山田康一**
菅原 宏**
渡辺勢夫**

1. まえがき

現在、光ディスク記録の主体は再生専用及び追記型であり、情報の消去・再記録はできない。これを磁気ディスクと同様に、消去・再記録のできる書換え型とすれば、単位記憶ビット当たりの媒体コストが低廉という特長を利用して、磁気ディスク装置や磁気テープ装置の代替又は新メモリシステムへの適用など光ディスク装置の利用範囲が大きく広がると期待される。書換え型光ディスクとしては光磁気ディスクや相変化ディスクがあるが、この報告は開発の先行している光磁気ディスクに関するものである。

従来、光磁気ディスクは穴明け方式等の追記型ディスクに比べて、 C/N 比が小さいという問題があった。当社では光磁気ディスクをコンピュータ用のコードデータの記憶媒体として製品化するために、記録膜の改良を行い、良好な記録再生特性が得られたので、その結果を報告する。また、次世代の光磁気ディスクとして期待されている、磁界変調方式によるオーバライト（重ね書き）方式の実験も行ったので、その基本的特性についても述べる。

2. 光磁気ディスクの構成

2.1 記録再生原理と媒体構成

光磁気ディスクの記録原理を図1に示す。光磁気記録では記録層として垂直磁化膜が用いられ、その磁化の向きの上下によってデジタル情報が記憶される。あらかじめ、一方向に磁化された垂直磁化膜に逆向きのバイアス磁界を印加しておき、レーザビームで磁化膜を局所的に加熱する。加熱により昇温した部分はキュリー温度 T_c を越して非磁性になり（又は非磁性にならないまでも抗磁力が著しく減少し）、レーザビーム照射が止んで常温まで冷却される間に外部磁界によって磁化方向が逆向きとなる。消去時にはバイアス磁界を反転しておき、レーザビームを連続照射すれば、磁化方向は元の向きに戻る。

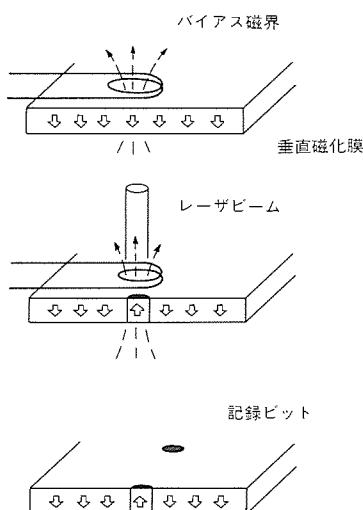


図1. 光磁気ディスクの記録原理

再生原理を図2に示す。直線偏光レーザビームを垂直磁化膜に照射すると、反射光は偏光方向が入射光に対してカーブ軸角 θk だけ回転し、しかもその回転向きは垂直磁化膜の磁化の向きに対応して逆になる。したがって、記録トラックを直線偏光レーザビームで走査しながら、反射光を偏光検光子を通して光検出器に導くことにより、記録情報を検出器受光量の大小として再生できる。なお、光磁気ディスクに記録された信号は、偏光顕微鏡によって観察することができる。

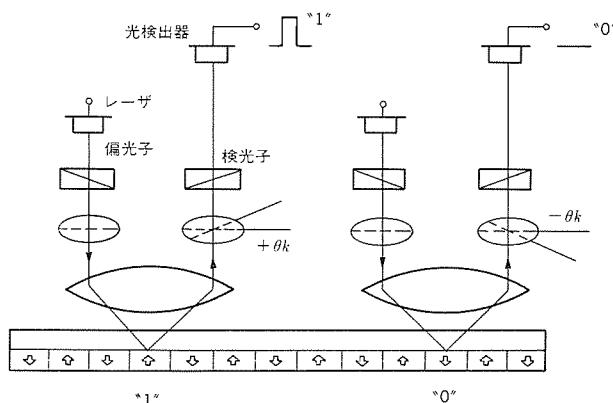


図2. 光磁気記録の再生原理

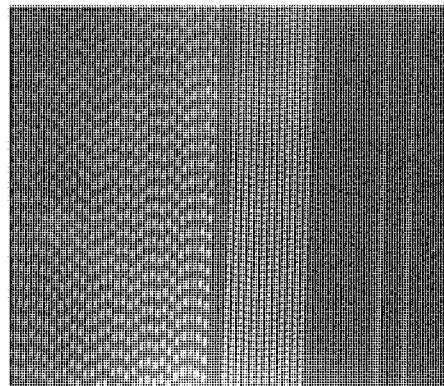


図3. 光磁気ディスクへの記録信号 (偏光顕微鏡写真)
トラックピッチ1.6μm)

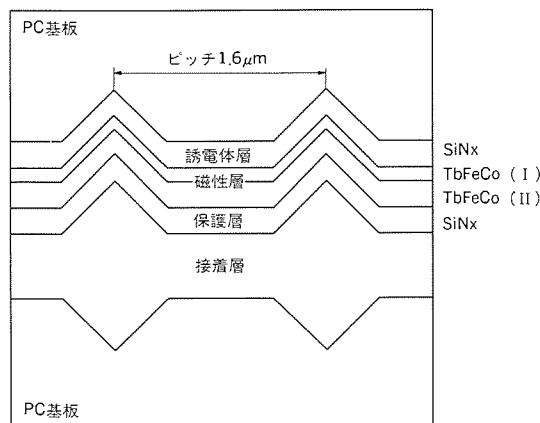


図4. 光磁気ディスク媒体の断面構成

きる。それを図3に示す。

図4は実際の光磁気ディスクの断面構成を表したものである。基板は量産性に優れ、耐候性もあるポリカーボネート(PC)射出成形品を用いた。PC基板と磁性層との間には誘電体層としてSiNx膜が形成されているが、これはカーリング角増大効果及び防食保護効果を意図したものである。磁性層としては、希土類と遷移金属との合金スパッタ膜が用いられ、非晶質のため媒体雑音が小さいという特長を持っている。

2.2 二層磁気記録膜

記録層としての垂直磁化膜に要求される特性は、①再生出力を大きくするためにカーリング角 θ_k が大きい。②記録感度を良くするためにキュリー温度 T_c はあまり高くない。③微小記録ビットを安定に保つために抗磁力 H_c が大きいなどである。光磁気記録用として最初に報告された希土類・遷移金属合金膜はGdCoであるが⁽¹⁾、これは H_c が十分に大きくなり微小記録ビットの安定性に問題があった。次に、 H_c の大きい材料としてTbFeが報告されたが⁽²⁾⁽³⁾、 θ_k が約0.2°と小さい欠点があった。その後、TbFeに第三元素を添加して θ_k の向上を図るという研究が盛んに行われたものの、一般的な傾向として θ_k を大きくすると T_c も上昇し、高再生出力と高記録感度とを両立させるには何らかの工夫が必要であることがわかった⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

そこで当社では、TbFeに第三元素として、Coを添加したTbFeCo膜について組成と特性の関係を詳細に検討した。その結果として、垂直磁気異方性を損なわない範囲でTb量が少なくCo量の多い組成で θ_k が大きく、記録感度も良好になることがわかった。しかしながら、この組成の膜は記録変調ノイズがあり、C/N比が大きくならないという欠点があった。これを改善するために、当社では組成の異なるTbFeCo膜を積層し、膜界面に交換結合を持つTbFeCo交換結合二層磁気記録膜を開発した。すなわち、第一層はTb量が少なくCo量の多いTbFeCo膜として θ_k を大きくし、第二層はCo量が少なく室温で補償組成近傍のTbFeCo膜とし、両層間の交換結合を利用して、記録感度が良好で、かつノイズレベルが低くC/N比の大きい媒体を得ることが可能となった⁽⁶⁾。

交換結合二層膜の光磁気ディスクへの応用は、最初GdFe/TbFeの構成で提案されている⁽⁷⁾。交換結合の強さの指針となる二層間の界面磁壁エネルギー σ_w はGdFe/TbFeでは1~2 erg/cm²の値を持

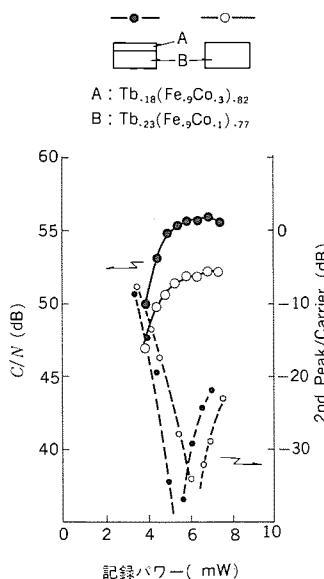


図5. 二層膜媒体と単層膜媒体の比較

っているが、新開発TbFeCo二層膜の σ_w は約5 erg/cm²と大きいため、組成マージンが広く、ディスク面内の一様性や特性再現性などの点で有利と考えられる。

図5にTbFeCo二層膜とこの二層膜の第二層のみを記録層とした場合の記録特性の比較例を示す。二層膜のC/N比は単層膜より大きくなっているが、これは第一層の θ_k が大きいためキャリアレベルが増大したことによる。一方、ノイズレベルは第二層のみの単層膜と同レベルであり、第一層のみの単層膜で現れる変調ノイズが抑制されることがわかった。また、最適記録パワー（2次高調波が最小となる記録パワー）も二層膜の方が小さく、高記録感度になっている。図6に記録時のバイアス磁界とC/N比、キャリアレベル、ノイズレベルの関係を示す。バイアス磁界が200 Oe以上で一定のC/N比が得られており、良好な磁界依存性を持っていることも確認できた。

2.3 誘電体膜

以上のような改良を行っても垂直磁化膜の θ_k は1°に満たない微小なものである。そこで、磁性膜上に適切な誘電体膜を積層すると、光干渉効果により見掛けのカーリング角が増加することが古くから知られている。その具体的構造は図4に示すとおりである。光磁気ディスク用誘電体膜として要求される特性は、①屈折率が大きい、②吸収係数が小さい、③熱伝導度が小さい、④ピンホールが少なく、かつ耐食性が良い、⑤内部応力が小さく、かつ基板との密着力が強いなどがある。これらの要求に合ったものとして、SiNx膜の検討を

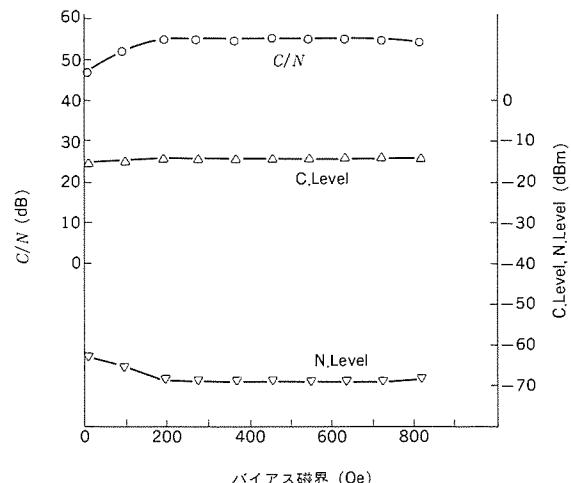


図6. 二層膜媒体のバイアス磁界依存性

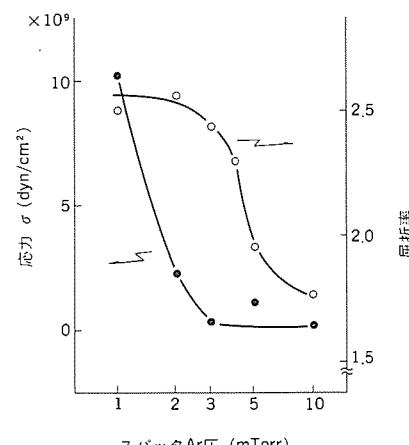


図7. SiNx誘電体膜の応力、屈折率のスパッタ条件の依存性

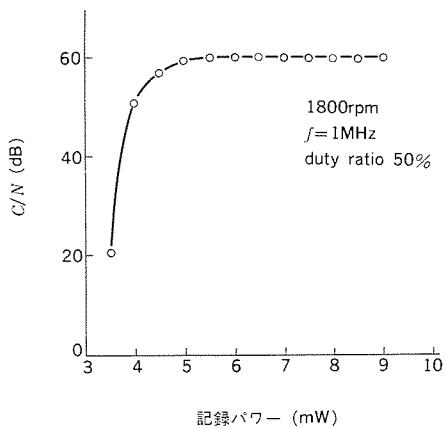


図8. 二層膜媒体の記録特性

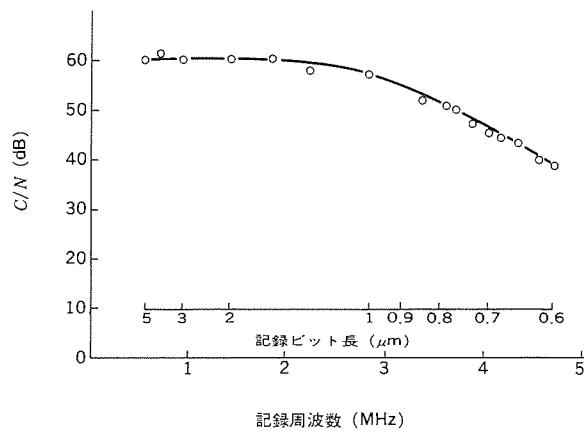


図9. 二層膜ディスクC/N比の周波数依存性

行った。

Si₃N_x膜は、Si₃N_xターゲットを用いたマグネットロンスパッタ法により作成した。Si₃N_x膜の内部応力と波長830nmでの屈折率のスパッタArガス圧依存性を図7に示す。Arガス圧が3mTorrのときに屈折率が大きく、かつ内部応力の小さいSi₃N_x膜が得られる。また、吸収係数もほぼ零に近く、膜厚50nm以上では、ピンホール密度も小さい良好なSi₃N_x膜となることがわかった。このSi₃N_x膜を誘電体層とし、カーリ回転角が最大になるようにその膜厚を最適化したディスクの記録再生特性例を図8に示す。記録ビット長が数μm以上の長ビット長でのC/N比として60dB以上の値が得られた。

さらに、図4に示すように、磁性層上の保護膜として同様の成膜条件でSi₃N_x膜を被覆したディスクについて耐食信頼性の検討を行った。すなわち、ディスクを温度60°C、相対湿度90%の加速劣化環境下に保持し、C/N比の変化を調べた。保持時間3,000時間以上経過後もC/N比の劣化はほとんど見られず、このことから室温環境下での寿命は10年以上と推定できる。

3. 高密度記録再生特性

3.1 ディスク評価装置

高密度記録実験に用いた装置は、光磁気ディスクの特性を評価しながら、ディスクと光磁気ヘッドの双方の最適化を行うことを目的に開発したものである。光磁気ディスクの微小なカーリ回転角による微弱信号を取り出すため、プリアンプの入力段にはFETを用いてノイズレベルを熱雑音の限界まで落としてある。そのため、反射率が10%程度のディスクでも、装置ノイズにほとんど制限されずに測定が可能である。

光磁気ヘッドは、波長780nmの半導体レーザと開口数0.5の対物レンズを使用し、フォーカシングサーボはフーコー法を、トラッキングサーボはピッシュブル法を採用した。光磁気信号検出には同相性のノイズを低減するために、Si-PINによる差動法を用いた。記録消去時のバイアス磁界印加には電磁石を使用し、電流制御により磁界の大きさを調整した。

3.2 記録・再生・消去特性

現在、130mm書換え型光ディスクの国際標準規格(ISO)の検討が光磁気ディスクを対象として進められている。この信号フォーマットは追記型ディスクと同じで、2-7RZ変調方式である。ここでは、当社で開発したTbFeCo二層膜を用いた光磁気ディスクの、2-7RZ変調によるデジタル記録特性について述べる。なお、記録消去時のバイアス磁界は、300 Oeの一定値とし、再生パワーは1.5mW

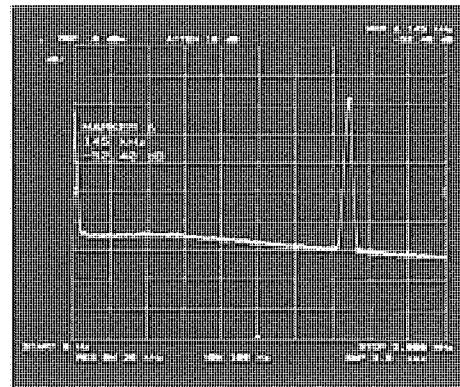
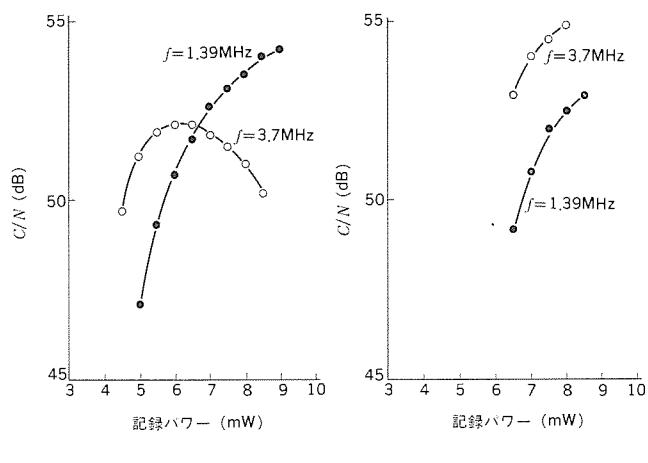


図10. 記録周波数3.7MHzでの再生信号スペクトル

とした。

図9に記録領域の最内周(半径30mm)でのC/N比の記録周波数依存性を示す。記録条件は回転数が1,800rpm、記録パワーは4.5mW、パルス幅は134nsである。記録ビット長0.76μm以上でのC/N比は50dB以上の値が得られており、TbFeCo二層膜ディスクはC/N比が高く、高密度光磁気ディスクを実現するのに適していることがわかった。図10はISO規格での最短ビット長(0.76μm)記録に相当する、半径30mm、周波数3.7MHzという記録条件での再生信号スペクトルの一例である。パルス幅90ns、記録パワー5.5mWの記録条件でC/N比52dBを得た。

図11に記録領域の最内周と最外周(半径60mm)でのC/N比の記録パワー依存性を示す。図12及び図13には、特性評価上、重要な最



(a) 半径30mmパルス幅90ns (b) 半径60mmパルス幅110ns

図11. C/N比の記録パワー依存性

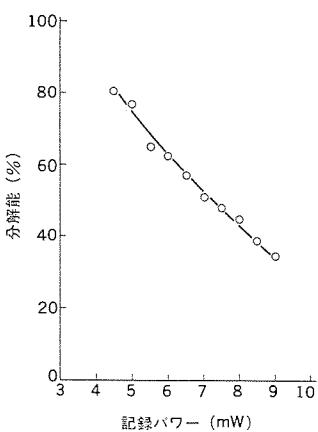


図12. 分解能の記録パワー依存性

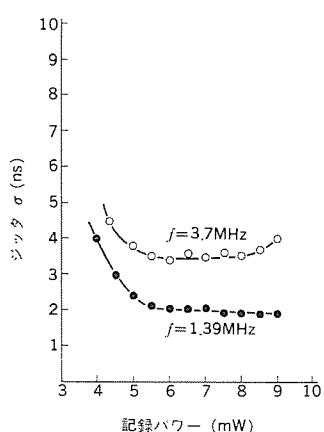


図13. ジッタの記録パワー依存性

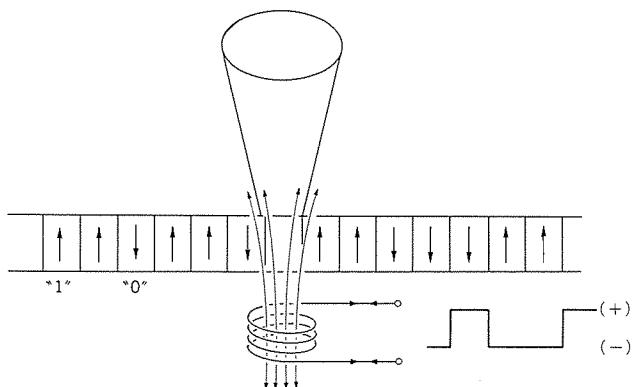


図14. 磁界変調方式の概念図

内周での分解能及びジッタの記録パワー依存性を示す。記録パワーが4.5mW以上でジッタは5 ns以下となり、コンピュータ用コードデータ記録として使用可能な特性領域となる。これらの結果から、130 mmディスクでのユーザー記憶容量は面当たり325Mバイト以上を達成可能であることが確認できた。

半導体レーザに要求される最大パワーは、最外周の消去時に必要なパワーで決定されるので、これについての検討を行った。あらかじめ、良好なC/N比の得られる記録パワーで信号を記録しておき、消去パワーを変えてキャリアレベルの低下を測定したところ、記録パワーと同一の消去パワーで完全に消去できることが確認できた。

4. 磁界変調型オーバライト

以上に述べた記録方式は光変調型であり、外部磁界を一定向きに印加しておき、照射するレーザ光を信号に応じてON/OFFし、ONの位置に“1”的情報を記録していく方式である。この方式では情報を書き換えるために、いったん外部磁界の向きを“0”的情報に反転させ、レーザ光を連続照射する消去手順を経なければならない。したがって、既に記録してある情報に重ねて、直接書き換え情報を記録するいわゆるオーバライトは不可能である。

これに対し、磁界変調型はレーザ光を連続照射しつつ外部磁界の向きを信号に応じて反転することによって記録を行う(図14)。レーザ光によって加熱された領域は、ディスクの回転に伴いレーザ光の照射位置から外れて行く。それについて、この領域の温度は下りし、記録磁性層のキュリー温度を下回った時点での外部磁界の向きに磁

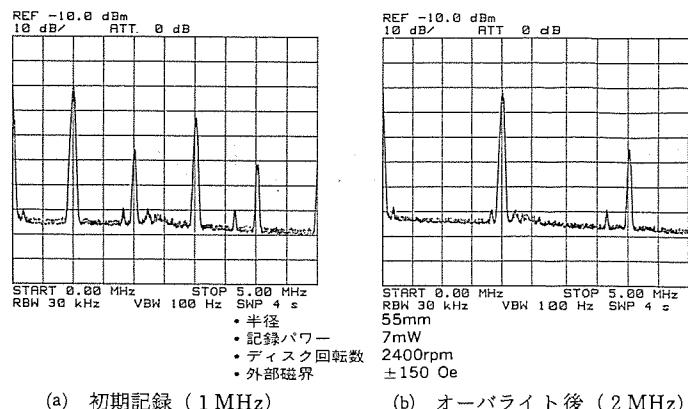


図15. 磁界変調によるオーバライト記録

化される。この方式では、書き換え信号は記録前の磁化方向とは無関係に記録されるため、オーバライトが可能となる。記録されたビットの形状は、光変調記録とは異なり、温度分布の関係から三日月形又はシェブロン形となる。

図15に磁界変調オーバライトした結果を示す。同図(a)は最初に1 MHzで磁界変調記録したときの再生信号スペクトルで、(b)はその上に2 MHzの信号をオーバライトした後の再生信号スペクトルである。記録条件はディスク回転数が2,400rpm、記録パワーが7 mW、外部磁界が±150 Oeである。オーバライト後、1 MHz信号が観測されないことから、オーバライトが完全に行われたと判断できる。C/N比は光変調記録と同程度の50dB以上の値が得られている。

このように光磁気ディスクでも、磁界変調によるオーバライトが原理的に可能である。しかし、実用化のためには単板構造ディスクの耐環境信頼性の向上、印加磁界の高周波化、安定した記録特性を得るための記録磁性層の最適化などが今後の課題となる。

5. むすび

130mm書き換え型光ディスク装置用のディスクとして、TbFeCo二層膜を記録磁性層とする光磁気ディスクを開発し、優れた高密度記録再生特性を得た。これにより、片面325Mバイト以上の記憶容量を持つ光磁気ディスクの実用化が可能となった。

さらに、磁界変調方式によるオーバライトの可能性を検討し、その実用化に向けての開発を進めている。(原稿受付 昭63-4-5)

参考文献

- P.Chaudhari,J.J.Cuomo, and R.J.Gambino : Appl.Phys.Lett. 23, 337 (1973)
- Y.Mimura,N.Imamura, and T.Kobayashi : Jpn.J.Appl.Phys., 15, 933 (1976)
- S.Matsushita,K.Sunago, and Y.Sakurai : Jpn.J.Appl.Phys., 15, 713 (1976)
- 田中, 今村 : 第7回日本応用磁気学会学術講演概要集, 7 pa-6 (昭58-11)
- 内山, 小林 : 電気学会全国大会予稿集, S.3-1 (昭60-4)
- 堤, 藤井ほか : 光メモリシンポジウム'86論文集, 45 (1986)
- 綱島, 辻ほか : 日本応用磁気学会誌, 5, 73 (1981)

光ディスク用高出力レーザ

松原博史* 島 顯洋*
斎藤弘之* 隈部久雄*
山脇 健*

1. まえがき

光ディスクの開発が再生専用型から追記型・書換え型へと発展するのに伴って、光源である半導体レーザに対し、高出力化の要求がますます強くなっている。

再生専用型装置では、あらかじめ記録されたピット上のアルミ反射膜に光を当てその反射光量の変化を検出するため、光出力3mW程度の光源で十分である。一方、追記型や書換え型の場合は、光による熱作用で記録材料に穴をあけたり(追記型)、材料の結晶状態を変化させたりして記録・消去を行う(書換え型)ために、再生専用型の数倍から十倍以上の光出力を必要とする。しかも、光源を高出力にできれば、記録速度やデータ転送速度も速くなり、ディスク媒体も安定なものが使え、光学系の設計も容易になるなど、高性能化、低価格化を一段と進めることができる。これらのことから、光源への高出力化要求がますます強くなっている。

AlGaAs系半導体レーザの最大出力は、最終的には端面破壊(レーザ光出射面の破壊)で制限される。このため、高出力化を実現するには、端面破壊の発生する限界出力を向上させることが重要である。端面破壊は、端面での光密度が限界を越えたときに発生する現象である。これを防ぐには、端面での光スポットを拡大することや、端面での光吸収がない窓構造にすることが有効である。

光スポットサイズの拡大には、活性層を薄膜化する方法がある。これは、活性層の厚さが発光波長よりも薄くなるに従って、活性層内の光が層外にしみだし、活性層内の光密度が低下することを利用するものである。活性層薄膜化によるスポットサイズの拡大は、レーザ構造が簡潔になり、製造に適した方法である。しかし、この方法では、原理的に利得の低下によるしきい値電流の増加、製造上の問題による成長層の不均一、界面の影響などにより短寿命になるな

ど欠点が生じやすい⁽¹⁾。そこで当社では、これらの問題点を解決するために、液相成長法の特性を利用して、しきい値に効くレーザチップ内部の活性層を厚く、端面破壊に効く端面付近を薄くできるT³構造(Thin Tapered Thickness Active Layer)を開発した⁽²⁾⁽³⁾。この構造により、しきい値電流を増やさずに、放射ビームを狭くし、レーザの高出力化を実現することができた。

以下、光ディスク用光源として開発したAlGaAs高出力レーザについて述べる。

2. レーザの高出力化

図1に短波長レーザの応用分野を示す。追記型・書換え型光ディスク用には、光出力30~50mW、発振波長780~830nm帯のレーザが用いられつつある。発振波長は780nmと830nmの両方で開発が進められているのが現状である。

図2にAlGaAs系レーザの破壊限界出力と活性層厚との関係を示す。横軸は活性層厚に対応する垂直方向の放射ビーム角θ₁を示す。この図から分かるとおり、活性層厚が薄くなるに従ってθ₁が狭くなり、限界出力が急速に増加することがわかる。しかし、活性層を一様に薄くすると前記のようにしきい値電流が高くなり、短寿命になることが報告されている。

図3にこの欠点を解決したT³レーザの概念を示す。同図(a)のレーザのように、活性層が一様に厚い(0.1μm程度)と光の多くは活性層内に閉じ込められ、しきい値電流は低くなるが、層内の光密度が高くなる。放射ビーム角は広い。このレーザを高出力動作させると、もともと光密度が高いので容易に破壊限界光密度を越えレーザ端面が破壊する。

一方、同図(b)のように活性層を一様に薄くすると(0.05μm程

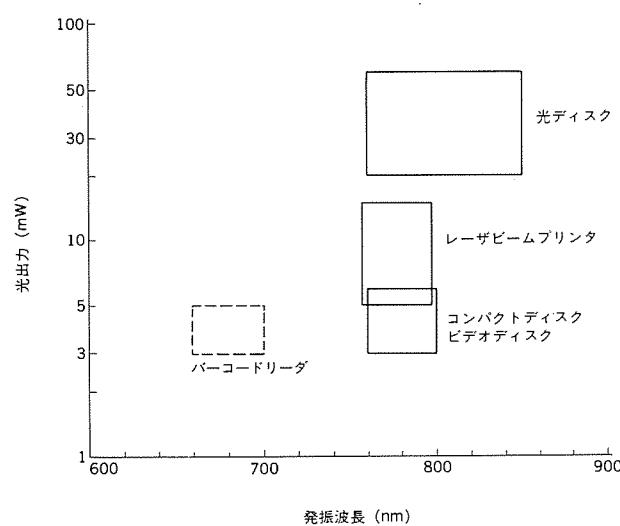


図1. 短波長レーザの応用分野

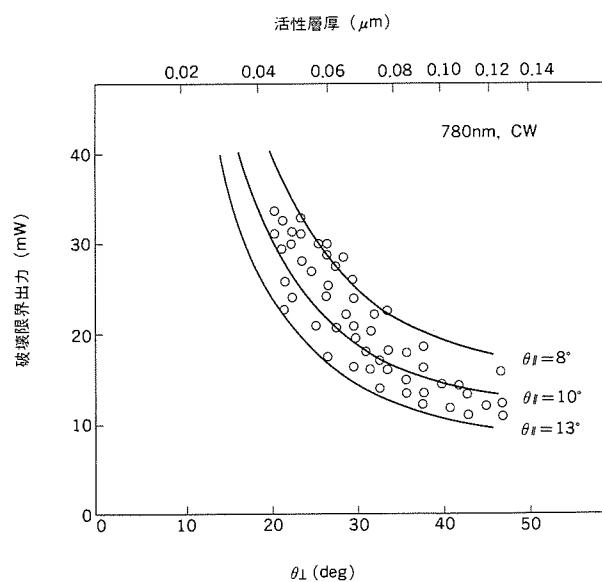
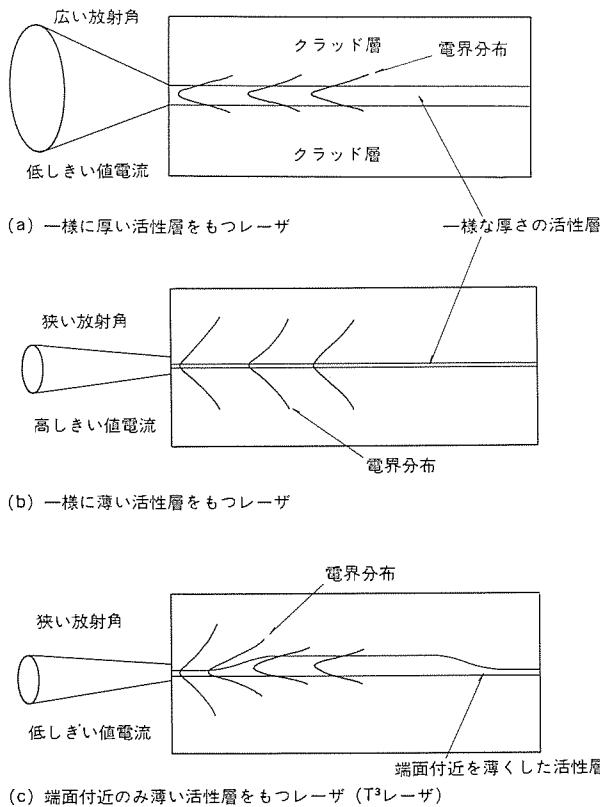


図2. 破壊限界出力と活性層厚の関係

図3. T³レーザの概念

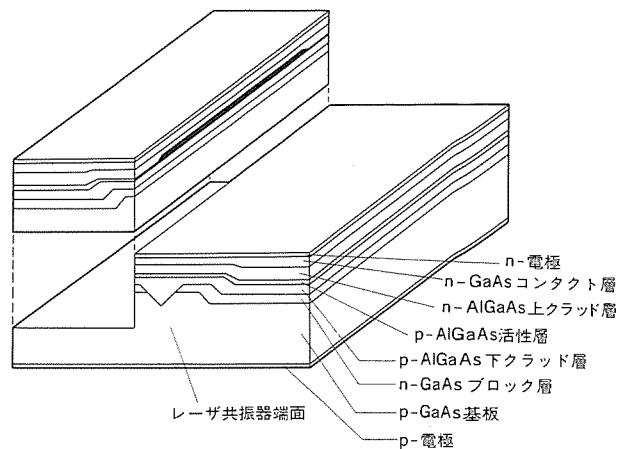
度), 光は活性層外にしみだし, 層内の光密度が下がる。端面破壊を起こす限界出力は向上するが, 光を層内へ閉じ込める効果が低いため, しきい値電流が高くなる。しきい値電流が高くなれば, 高出力動作時の電流が増し, 発熱が増えて信頼性が低下する要因となる。

そこで, 同図(c)のように活性層を一様な厚さにせず, 内部の大部分の活性層は厚く, 端面付近は薄くすることで問題点を解決することができる。すなわち, 内部の大部分の活性層厚が厚いので, しきい値電流は均一に厚い場合とほとんど変わらない。端面付近では光が薄い活性層からクラッド層にしみ出し, 端面付近の活性層内の光密度が低減されるため, 破壊限界光出力が向上し, 高出力動作に適している。

3. レーザの構造

レーザチップの構造を図4に示す。リッジ形成したウェーハ上にダブルヘテロ構造を液相成長法で形成したものである。リッジのある基板上に結晶成長を行うと, リッジの側面では成長が促進されるが, 上面では成長が抑制されるのでリッジ上面の成長膜厚が側面より大幅に薄くなり, 薄い膜が再現性良く得られる。この結晶成長の異方性を利用すると, リッジの幅を変化させることによりリッジ上面の成長膜厚を変化させることができる。レーザ端面付近のリッジ幅を狭く, 中央付近のリッジ幅を広くしてその上にダブルヘテロ成長すると, 活性層はリッジ幅の広い中央付近では比較的厚く, リッジ幅の狭い端面付近では薄くなる。成長条件の検討により, 端面付近と中央付近との活性層厚差を0.01~0.02μm程度に制御している。

電流はn型GaAsブロック層でストライプ状に絞り込まれ, 溝の上の活性層に効率よく注入される。活性層で発光した光は隣接するクラッド層にしみだす。リッジ部では下クラッド層が薄いので, しみだした光はその下のn型GaAsブロック層に吸収され, 光は溝部に閉

図4. T³レーザの構造 (活性層を端面付近のみ薄くしている)

じ込められ, 横モード制御される。

レーザチップの両端面に誘電体膜をコーティングし, 前端面の反射率を下げ, 後端面の反射率を上げて前面からの光出力を増加させている。

4. T³レーザの製作

T³レーザの製作工程のフローを図5に示す。

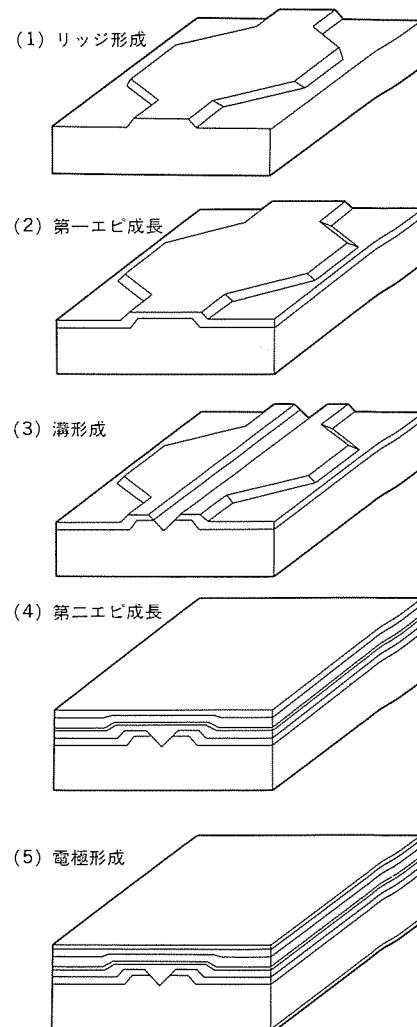


図5. 製作工程フロー

- (1) p型GaAs基板上にエッティングで高さ $2\ \mu\text{m}$ のリッジを形成する。
リッジの幅は端面付近では狭く、中央では広く変化させている。
- (2) 第一エピ成長として、このリッジ基板上にn型GaAsブロック層を成長する。
- (3) 第一エピ成長後のウェーハにエッティングでV溝を形成する。
- (4) このV溝形成ウェーハに上に、液相成長法でp型AlGaAs下クラッド層、AlGaAs活性層、n型AlGaAs上クラッド層、n型GaAsコンタクト層の四層を成長し、ダブルヘテロ構造を形成する（第二エピ成長）。
- (5) ウェーハの両面に電極を形成する。
- (6) リッジの狭い部分でウェーハをへき開後、端面に誘電体をコーティングし、GaAs基板側を上にしてパッケージに組み立てる。

5. T^3 レーザの特性

図6に T^3 レーザの光出力-電流特性の温度特性例を示す。発振波長780nmで、室温でのしきい値電流は約45mA、スロープ効率は約

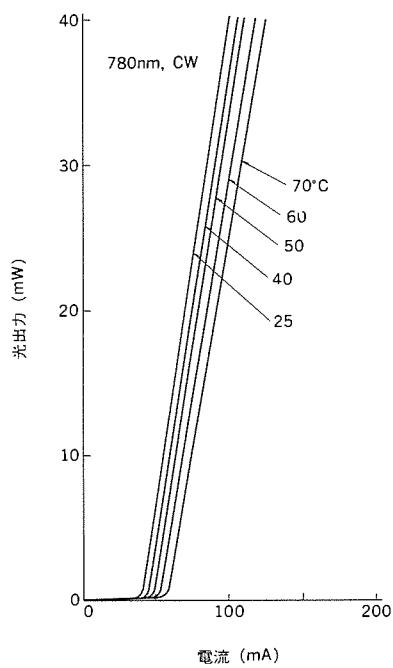


図6. 光出力-電流特性

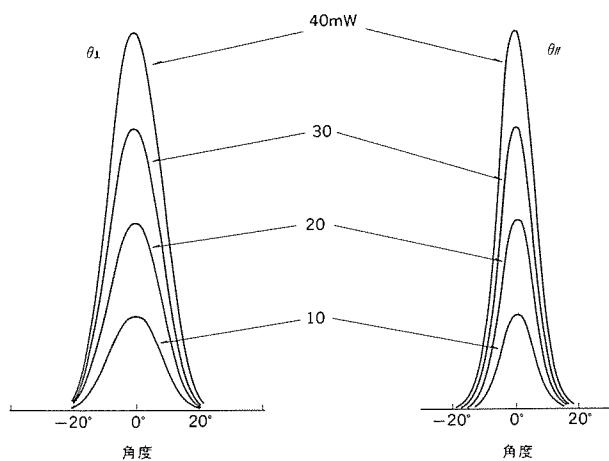


図7. 遠視野像

0.7W/Aである。光出力40mWで60°C以上安定に発振している。特

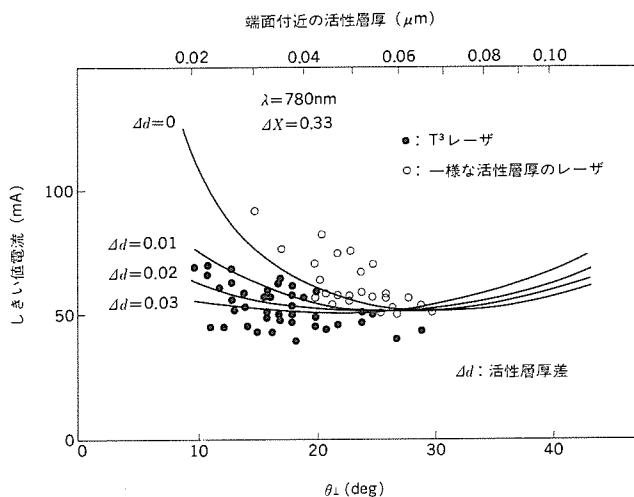


図8. T^3 レーザと従来のレーザ（一様な活性層厚のレーザ）とのしきい値電流-放射ビーム角特性の比較

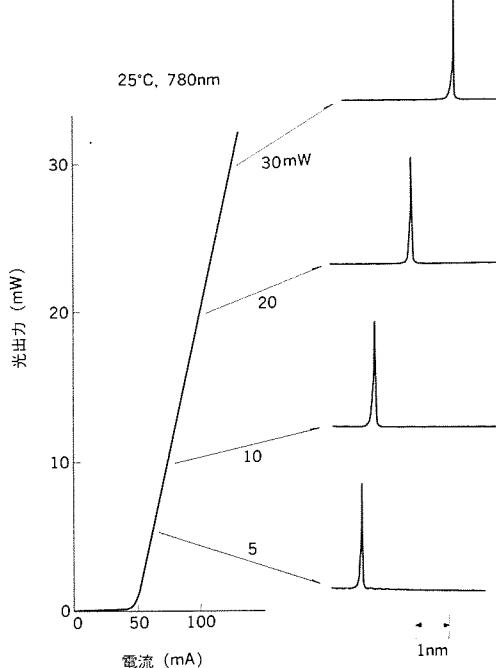


図9. スペクトル

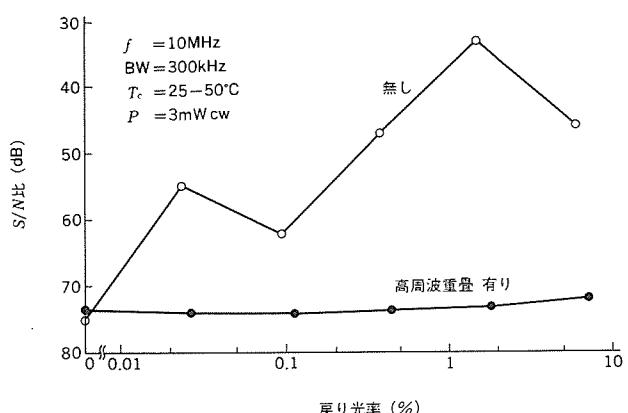


図10. 雑音特性 (S/N 比の戻り光依存性を示す)

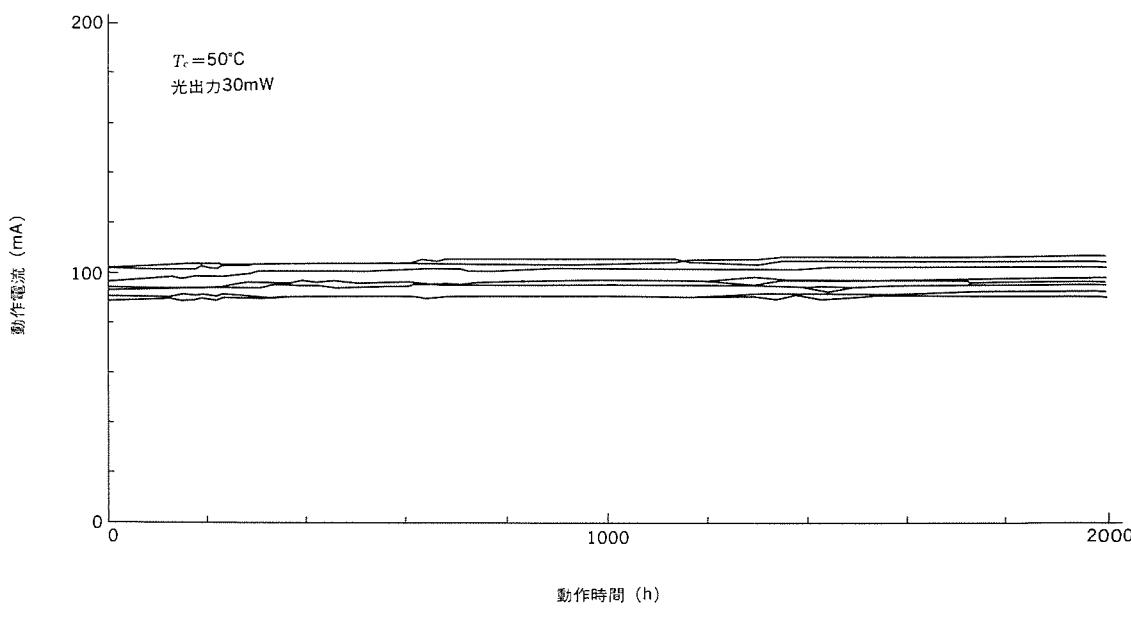


図11. T³レーザの寿命試験の一例

(光出力を30mW一定に保つよう動作させた結果、動作電流の増加が劣化の程度を示す)

性温度は約110Kである。室温での最大破壊限界出力は780nmで、165mWのものも得られている⁽⁴⁾。

図7にT³レーザの遠視野像の光強度分布特性例を示す。遠視野像は光出力の変化に対し安定で、横基本モードで安定に動作している。放射ビームの広がり角は接合に平行方向で約10度、角垂直方向で約22度である(半值全角)。垂直／水平の角度比が小さいので、光学系との高い結合効率が得られる。

図8に垂直方向の放射ビーム角 θ_{\perp} としきい値電流の関係を、従来の活性層厚が一様なレーザと比較して示す。しきい値電流は、T³レーザでは θ_{\perp} が25度以下に狭くなってもほとんど変化しないのに対し、従来のレーザでは急増する。

図9にT³レーザのスペクトルを示す。発振波長は780nmで、光出力5mW以上では単一縦モードを示す。

図10に光出力3mWにおけるS/N比の戻り光に対する変化を示す。測定点はレーザダイオードのケース温度を変化(25~50°C)させたときのS/N比の最小値を示す。戻り光率は全光出力に対するレーザ端面に戻る光量の割合で定義している。十分なS/N比を得るために戻り光率を0.1%以下に抑える必要があるが、光学部品のばらつき、光学系調整のばらつきなどで容易ではない。通常、レーザの駆動電流に高周波電流を重畠して、S/N比を改善する方法が採用されている。図に示すように、高周波重畠すると戻り光に対しS/N比が安定になる。高出力化と低雑音化を両立させるために高周波重畠は不可欠である。

水平方向と垂直方向の最小ビーム径になる位置のずれを非点隔差と呼ぶ。非点隔差は6~7 μm程度である。

図11に寿命試験結果の一例を示す。レーザのケース温度50°C、光出力30mWで連続通電したもので、顕著な動作電流の増加がなく安定に動作している。

6. む す び

光ディスク用高出力レーザとして、発振波長0.78μm、光出力30mWのT³構造レーザを開発した。T³レーザは、低しきい値、狭ビーム、高出力、長寿命で光ディスクの書き込み用光源として適している。

今後、光ディスクを含めた情報処理用半導体レーザの研究開発は、高出力化、発振波長の短波長化、マルチビーム化、更には光学系も含めた集積化の方向に進むと思われる。

情報化社会の進展により、半導体レーザは光情報処理分野におけるキーデバイスとしてますます重要になると思われる。

参 考 文 献

- (1) T. Kajimura et al : Japan J. Appl. Phys., 22, p.325 (1983)
- (2) T. Murakami et al : Electron. Lett., 22, No. 4 , p.217 (1986)
- (3) T. Murakami et al : IEEE, J. Quantum Electron., QE-23, No. 6, p.712 (1987)
- (4) A. Shima et al : Electron. Lett., 23, No.13, p.672 (1987)

光ディスク用高性能光ヘッド

藤田輝雄* 入江 満**
篠田昌久** 小柳公之***
竹下伸夫**

1. まえがき

光ヘッドは半導体レーザの出射光を直径約1.3μmに集光し、この集光スポットをディスク上のトラックに正確に追従し、照射することにより、情報の記録及び再生を行う光ディスク装置のキーパーツである。

光ディスクの応用面では、信号読み出し専用のCD、CD-Vプレーヤーや光学式ビデオディスク プレーヤーが急速に普及している。当社

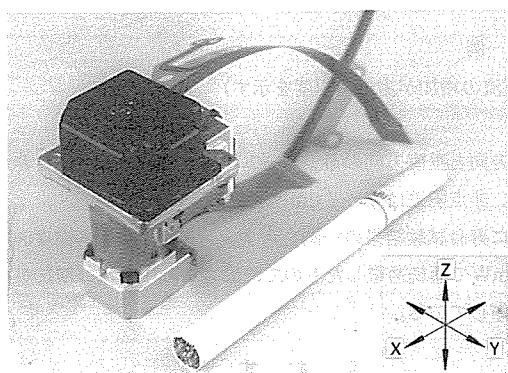


図1. 追記型光ヘッドの外観

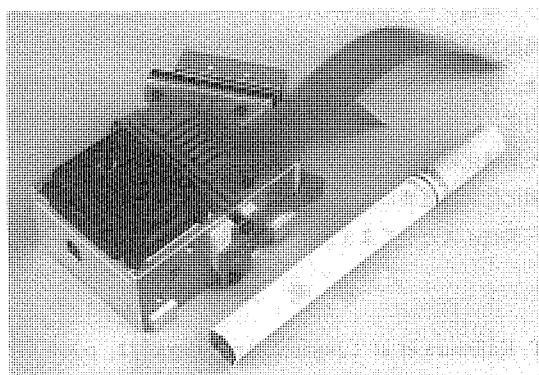


図2. 書換え型光ヘッドの外観

表1. 光ヘッドの主な仕様

項目	追記型光ヘッド	書換え型光ヘッド
型名	MW-5H1	MR-5H1
波長 (nm)	780	780
出射パワー (mW)	8 (パルス)	10 (CW)
対物レンズの開口数	0.5	0.53
ワーキングディスタンス (mm)	1.85	1.6
フェーカスセンサ方式	フーコー法	フーコー法
トラッキングセンサ方式	ブッシュブル法	ブッシュブル法
主信号検知方式	—	差動再生方式
アクチュエータ	軸しゅう動回動方式 (二軸)	軸しゅう動回動方式 (二軸)
外形寸法 (mm)	32(W) × 40(D) × 47(H)	48(W) × 63(D) × 27(H)
重量 (g)	56	82

でもCDやCD-Vプレーヤー用の光ピックアップ⁽¹⁾⁽²⁾を早くから手掛けており、既に数百万個の販売実績をもち豊富な経験と技術の蓄積がある。

今回開発した光ヘッドは、高速データ転送、高速アクセス時間が要求されるコンピュータ用の光ディスク装置を目標としたものである。高速データ転送(高回転数)を実現するためには、書き込みや消去時に大きな出射パワーが求められ、かつ大きい駆動力と高い周波数特性を持ったレンズアクチュエータが必要となる。また、高速アクセス時間を達成するためには、光ヘッドの軽量化・小型化・高剛性化とともに、加速減速や高速移動中も安定動作するアクチュエータの開発が必要となる。図1及び図2に光ヘッドの外形を、表1に主な仕様を示す。

2. 光ヘッドの構成

2.1 追記型光ヘッド⁽³⁾

図3に追記型光ヘッドの光学系の構成を示す。このヘッドの特長は、集光光学系(半導体レーザからコリメータレンズ、対物レンズを経てディスクに至る間)を直線光路とし、開口数(NA)の小さなコリメータレンズで平行光に変換された光ビームを、ビーム整形系を使わずに対物レンズで直接集光した点である。ビーム整形系を省略したことは、集光光学系の簡素化、組立性の向上に役立っており、ビーム放射角が狭く、かつ放射角縦横比の小さな高出力レーザ(当社製、ML6702A)の採用と相まって、130mm追記型光ディスクの記録に必要な8mW(パルス)の出力が安定に得られている。また、ディスクからの反射光をセンサ光学系に導くため、偏光ビームスプリッタを半導体レーザとコリメータレンズ間に配置したことにより、集光光学系の小型化を図っている。

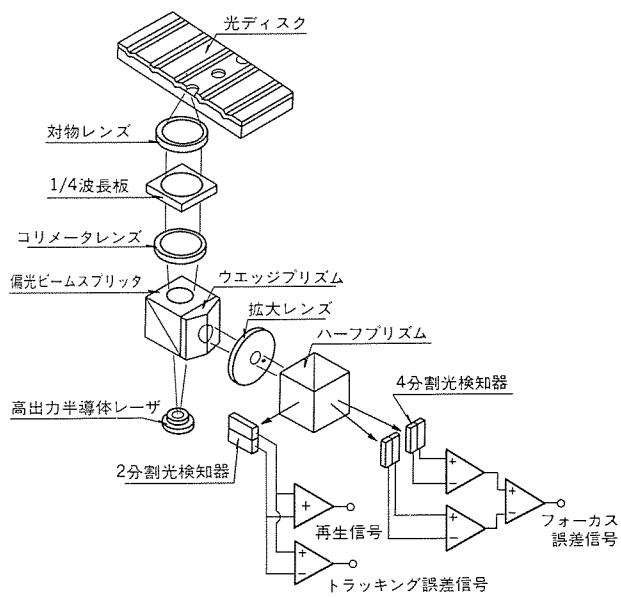


図3. 追記型光ヘッドの光路図

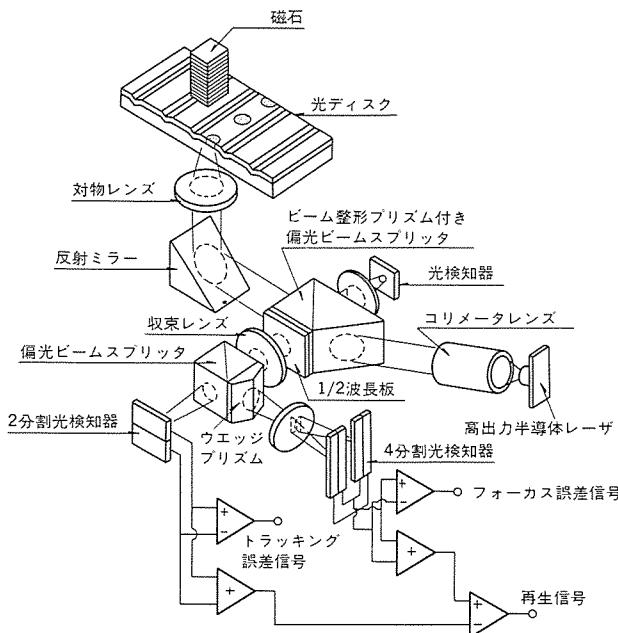


図4. 書換え型光ヘッドの光路図

半導体レーザを用いた光ヘッドでは、ディスクからの戻り光によって誘起されるレーザ雑音の低減が重要な課題である。このヘッドでは偏光ビームスプリッタと $\lambda/4$ 板を用い、ディスクから半導体レーザへの戻り光を十分小さく（1%以下）抑えるよう構成するとともに、半導体レーザの前面反射率も最適化してレーザ雑音を実用上問題のないレベルに抑えている。

一方、機械的な特性として光ヘッドには、①組立時の作業性、量産性を保つつ光学部品を高精度（20~50μm）で組み付けられ、②あらゆる使用環境、例えば高速アクセスを連続して行った場合のリニアモータのコイル発熱などによる光ヘッドの温度上昇のもとでも、この高精度が維持でき、③光ディスク装置に要求される高速アクセス時間を達成するため、小型軽量で高い剛性を持つことが必要である。このような機械的特性を実現するために、光学系を保持するためのヘッドベースは、有限要素法を用いたひずみ解析、振動解析により小型、軽量（表1参照）で高剛性にし、光ヘッドとしては熱伝導解析・熱変形解析などを行い、特性が許容値内に収まるように構成した。

2.2 書換え型（光磁気方式）光ヘッド

書換え型光ヘッドは、先に開発された追記型光ヘッドの構成を基本に設計・開発を行った（図4）。以下では、追記型光ヘッドとの相違点について述べる。

追記型光ヘッドにおいては、ディスクからの反射光をセンサ光学系に導くためのビームスプリッタとして偏光ビームスプリッタ（透過率約100%）が使えたので、ビームスプリッタにおける半導体レーザ出射パワーの損失は無視できた。しかし、書換え型光ヘッドでは、信号検出の特性上、透過率60~80%のビームスプリッタを使わざるをえない。さらに、追記型光ヘッドでは半導体レーザの出力が高くなる記録時にはパルス動作でよかつたが、書換え型光ヘッドでは消去時に高出力（20~40mW）の連続動作が強いられる。その上データ転送速度を上げるためにディスク回転数を1,800rpmから2,400rpmとしたことから、半導体レーザ出射パワーの有効利用が必要となった。このため、このヘッドでは三角プリズムを用いたビーム整形光学系を採用した。しかし、ビーム整形光学系では、半導体レーザの発光

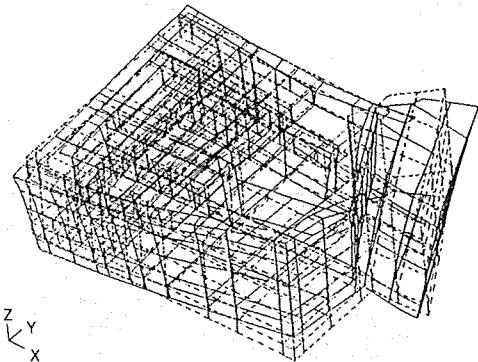


図5. 書換え型光ヘッドの振動解析（7.8kHzの振動モード）

点とコリメータレンズ間のわずか1μmの光軸方向ずれが光ヘッド集光スポットの品質を悪化させ、ひいては記録再生特性に大きな影響を与える。このヘッドを開発するに当たり、上記の影響を理論的・実験的に十分検討し、半導体レーザの波長変動、環境温度変動に対し、集光スポット品質が許容値内に維持できるようなビーム整形光学系を設計した。

また、光磁気ディスク方式では、ディスク反射光中の微小な偏光面回転角（1度以下）を十分なS/N比をもった信号として再生するため、信号レベルの低減要因及びノイズの発生要因を分析⁽⁴⁾し、かつ効果的なS/N比向上手段を講じる必要があった。このため、ビームスプリッタや反射ミラーなどの光学部品の光学的異方性を考慮した設計を行った。これは光学部品の異方性が大きくなると、理想的には直線偏光であるべきディスク反射光の円偏光化が進み、信号レベルの低下が生じるからである。さらに、レーザ雑音やディスク雑音などの強度変動性成分の抑圧のために、二つの信号再生用光検知器（このヘッドではフォーカス誤差、トラッキング誤差検出用光検知器とそれぞれ共用されている）の差動をとる差動再生法を採用した。すなわち、二つの光検知器の信号成分を逆相で加算して同相で現れる強度変動性雑音を相殺することにより、C/N比の向上を図った。また、光ヘッドにヘッドアンプを直接搭載する構成とし、光検知器・ヘッドアンプ間の距離や容量の増大によるC/N比の劣化防止に努めた。

一方、機械的な特性では、書換え型光ヘッドは光学系が水平面に配置されているため、光ヘッドベースの剛性の面では不利な形状である。そこで、有限要素法を用いて光ヘッドベースの振動解析（図5）を行い、小型軽量化（表1参照）、高剛性化（一次共振周波数約7.8kHz：解析値）を実現した。

3. センサ光学系

集光スポットをディスク上の目標とするトラックに位置決めするためのトラッキングセンサ及びフォーカスセンサ方式は、追記型、書換え型とも共通である。トラッキングセンサ方式は、ディスク上に設けられた案内溝からの回折光を検出するブッシュブル法を採用了。

フォーカスセンサには、フォーカス引込動作の信頼性や高速アクセス時の安定性が必要であり、これらの要件を満たす最適な方式として、フーコー法を採用した（図3、図4参照）。フーコー法はウェッジプリズムによって二等分された光束を、それぞれ二組の二分割光検知器（図中では四分割検知器で示す）で受光する方式で、トラック横断時の外乱が小さいという特長があるが、逆にリニア範囲が

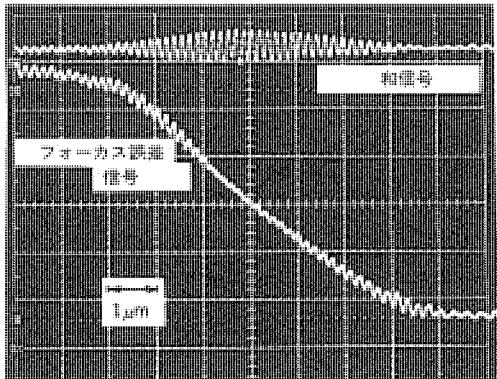


図6. フーコー法フォーカスセンサの特性（実測値）

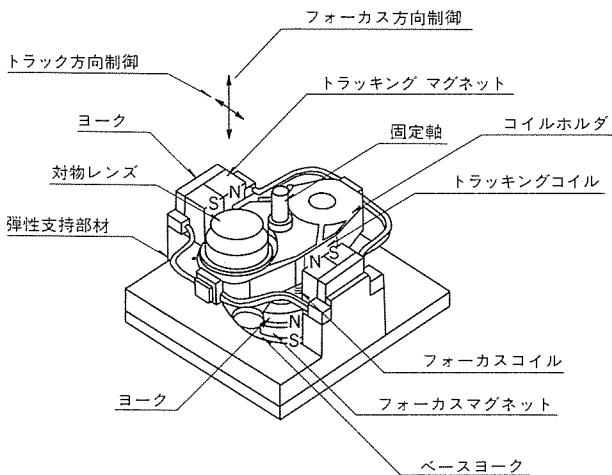


図7. アクチュエータ斜視図

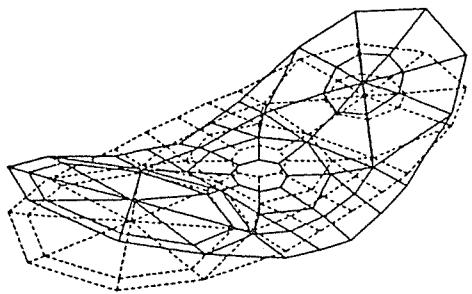


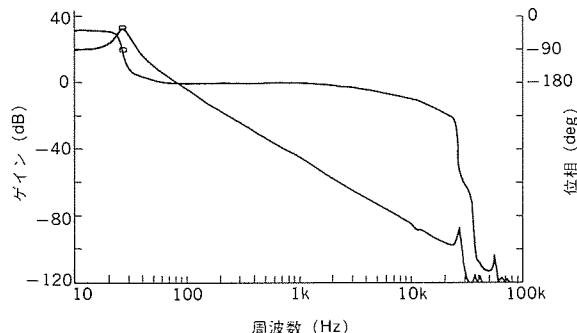
図8. コイルホルダ振動解析図（30.8kHzの振動モード）

狭いという欠点があった。そこで、シミュレーションによって検討を行い、二分割光検知器の分割帯の幅を合焦点でのスポット径と同程度の $50\mu\text{m}$ に設定することにより、リニア範囲が従来の約2倍の約 $8\mu\text{m}$ に拡大され、かつ案内溝からの回折光による外乱成分が $0.2\mu\text{m}$ 以下の特性（図6）が得られ、引込動作と高速アクセスの安定性を確保することができた⁽⁵⁾。

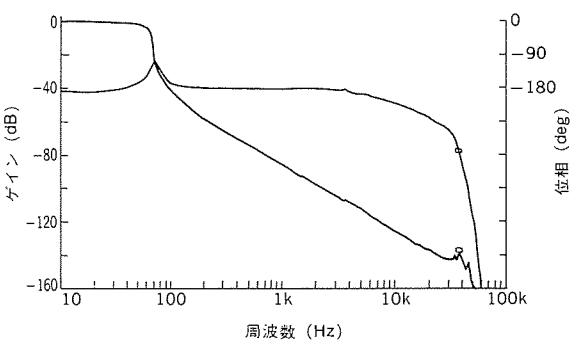
4. アクチュエータ

追記型光ヘッドと書換え型光ヘッドのアクチュエータには、対物レンズの光軸傾きが小さく横方向の加速度に強い軸しゅう動回動方式（図7）を採用し、両者の基本構成と主要部品の共用化を行った。また、光ディスク装置の高回転数化に伴い制御性能の向上を図るために、特に次の開発を行い目標を達成した。

（1）振動解析（図8）を行うことにより、可動部（コイルホルダ）



(a) フォーカス方向



(b) トラック方向

図9. アクチュエータの周波数特性

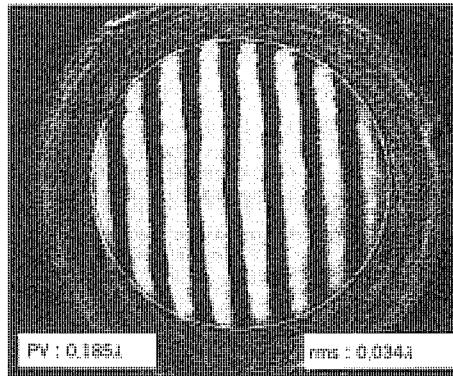


図10. 集光スポットの収差

の小型軽量化、薄型化を図りつつ十分な強度と剛性を保持し、高域共振周波数は 25kHz 以上（図9）を達成した。（2）駆動効率を上げるため、フォーカス方向制御とトラック方向制御用の磁気回路を分離し、特にトラック方向制御用マグネットは2極着磁方式を採用了（図7）。また、希土類サマリウム・コバルトやネオジウム（書換え型光ヘッド）など高性能マグネットを使用し、詳細な磁界解析を行うことにより最適な磁気回路設計を行い、コンパクトな構成ながら回転数 $2,400\text{rpm}$ 以上に対応できる駆動力を達成した⁽⁶⁾。

（3）可能な限り構成部品の最適化と点数削減を図り組立性が良好な上、総重量 18g 以下の軽量アクチュエータを達成した。

5. 記録再生特性

高密度に情報の記録再生を行う光ヘッドにおいては、対物レンズで集光スポットを回折限界まで絞り込むため、集光光学系の収差は極めて小さいことが要求される。追記型光ヘッド、書換え型光ヘッド

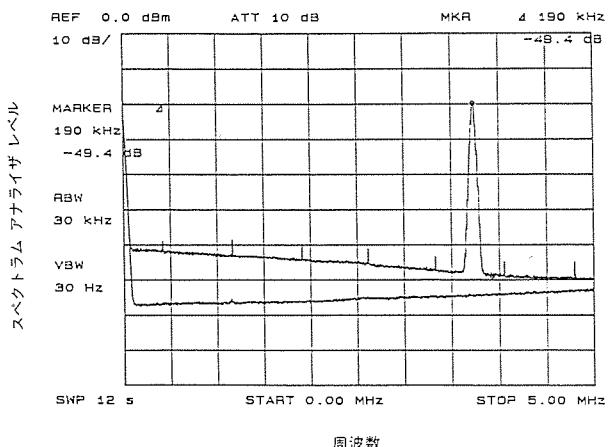


図11. 書換え型光ヘッドの再生特性（最内周半径30mm）

ドとも、シェアリング干渉計で観測した集光ビームの収差（図10）は許容収差量 ($0.05\lambda_{rms}$) より十分小さく、さらに出射パワーや環境温度の変動に対しても収差量が許容値以下に抑えられていることを確認した。

追記型光ヘッド（量産モデル）の記録・再生特性としては、130mm追記型光ディスクの最内周において、 C/N 比約52dB ($f=3.7$ MHz, BW=30kHz；仕様値 50dB以上), また90nsパルス幅(2~7変調)の記録信号に対する再生ジッタは3~4 ns(仕様値4.5ns以下)が得られており、片面 325Mバイト以上のユーザー容量を持った130mm追記型光ディスク装置用光ヘッドとして十分な記録再生性能が実現できた。

図11は書換え型光ヘッドの再生特性の実測例であり、1,800rpmでの特性としてディスク最内周で C/N 比約49dB ($f=3.7$ MHz, BW=30kHz) が得られ、ディスク最外周においては60dB近い C/N 比 ($f=1.0$ MHz, BW=30kHz) が得られた。

6. 信頼性

光ヘッドの信頼性を確認するために温度特性・振動・衝撃などの試験を実施し、試験前後において再生性能（フォーカス誤差信号の振幅、感度、オフセット、及びトランкиング誤差信号の振幅、感度、オフセット、ジッタ、S/N比など）の変化を調べた。

6.1 保管・輸送時の温度特性

高温保管 (+70°C), 低温保管 (-40°C) における信頼性を実証するため +25°C → +70°C → +25°C → -40°C → +25°C, 5時間／サイクルのヒートサイクルを100回、トータル500時間加えたが再生性能に変化はなかった。

6.2 使用時の温度特性

光ヘッド使用時 (0 ~ +55°C) における信頼性を実証するために、再生試験装置に搭載し 0 ~ +55°C の周囲温度で再生試験を実施したが再生性能に変化はなかった。

6.3 振動

振動に対する信頼性を実証するために、光ヘッドを振動試験機に乗せて、次のような加振条件で振動試験を実施したが、再生性能に変化はなかった。なお、加振方向は図1に表示したとおりである。

- 加振条件(1)：加速度 2 G (一定)，周波数10~120Hz (3.5分でスイープ)，加振時間X方向 5 時間，Y方向 5 時間，Z 方向

1 時間。

- 加振条件(2)：加速度15G (一定)，周波数50Hz (く形波)，加振時間X方向1.5時間。

6.4 衝撃

衝撃に対する信頼性を実証するために、光ヘッドを落下試験機に乗せて次のような衝撃条件で衝撃試験を実施したが、再生性能に変化はなかった。

- 衝撃条件(1)：衝撃加速度X, Y, Z方向 80G各1回(輸送中の落下を想定)。
- 衝撃条件(2)：衝撃加速度X方向 300G数回(キャリッジの暴走を想定)。

7. むすび

追記型及び書換え型光ヘッドは、当社がこれまでCDやCD-V用光ピックアップで培ってきた経験と技術蓄積を基に製品化開発が行われ、次のような特長を持っている。

- (1) 追記型光ヘッド
 - (a) 直接集光による簡素な光学系で小型軽量である。
 - (b) 熱的機械的な信頼性が高い。
 - (2) 書換え型光ヘッド
 - (a) ビーム整形光学系を採用し出射パワーが大きく、高速データ転送に対応できる。
 - (b) キャリッジ一体構造により部品点数が少なく、かつ軽量である。
 - (3) 共通事項
 - (a) 軸じゅう動回動型アクチュエータは高速アクセス中も安定で、高回転数高データ転送速度に必要な大きな駆動力と高い周波数特性を持っている。
 - (b) トランク横断時の外乱ノイズが小さいフロー法フォーカスセンサを採用し、そのリニア範囲を広げた。
- 光ディスク装置は今後コンピュータの外部記憶装置として広範囲な用途に普及することが期待されており、小型化高性能化していくであろう。また、キーパーツである光ヘッドもこの動向に追従して高出射パワー、小型軽量化が進むことが予想される。

参考文献

- (1) 近藤ほか：コンパクトディスクプレーヤー用MLP-2形光ピックアップ、三菱電機技報, 58, No.11, p.4 (昭59)
- (2) 河野ほか：コンパクトディスク用光ピックアップ、三菱電機技報, 60, No.3, p.25 (昭61)
- (3) 篠田、近藤：小型ライトワーン用光ヘッド、光学, 15, No.4, p.326 (1986)
- (4) T. Fujita et al : Compact-Size Optical Head for Magneto Optical Disk Drive, SPIE, 695, p.187 (1986)
- (5) M.Irie et al : Focus Sensing Characteristics of the Pupil Obscuration Method for Continuously Grooved Disks, Jpn. J. Appl.phys., 26, p.183 (1987)
- (6) 希土類ボンド磁石のコストダウンはどこまで可能か、日経ニューマテリアル, 1987年2月16日号, p.23

追記型光ディスク装置

岡田和夫* 本吉健郎**
服部通宣** 山本 哲***
小西直行**

1. まえがき

コンピュータ技術の発達により、処理すべき情報が増大する傾向にある。このような情報量の増大に伴い、保存及び加工すべきコードデータ、又は映像、図形などのイメージデータが多くなり、安価でかつ大容量データの記録・再生を高速で行う機器が要求されてきた。これらに対応する機器として、各種の装置が使用されているが、記録密度の高さ及びビット当たりの低価格さという点から、光ディスク装置が現在注目されている。光ディスク装置を大きく区別すると、記録した情報を長期間保存する目的の“追記型光ディスク装置”と磁気ディスク装置と同じように、必要がなくなった情報を消去し、前の情報があった場所に新しく記録することが可能な“書換え型光ディスク装置”とに分けられる。

今回、当社ではデータの信頼性が高く、大容量でかつ記録・再生速度が速く、取扱いが簡単な130mm追記型光ディスク装置を、ユーザーによるサンプル評価を経て昭和62年発売を開始した。この追記型光ディスク装置は、次の新技術の採用により、データの信頼性の高い記憶装置として、実用に供し得るレベルに達している。

- (1) 高出力半導体レーザ、及び光ヘッドの小型・軽量化
- (2) 強力な誤り訂正回路
- (3) 記録・再生時の高速制御方式
- (4) 高速かつ低振動のリニアモータ

これらの主要技術と製品の特長を述べる。

2. 追記型光ディスク装置の特長

130mm追記型光ディスク装置は、回転する130mm光ディスクに情報をレーザ光で記録し、記録された情報をこの光ディスクから反射されるレーザ光の明暗の組合せにより読み出すものである。製品化した追記型光ディスク駆動装置(MW-5D1)は、次の特長を備えている。

表1. 追記型光ディスク駆動装置の主要仕様

形式	追記型(ライトワニス)
ディスク径 (mm)	130 (5.25インチ)
記憶容量(ユーザー)(Mバイト)	300×2 (両面)
時間*(ms)	平均アクセス 80 (85)
	平均シーク 63 (68)
	平均回転待 17
ディスク回転数 (rpm)	1,800 (CAV方式)
記録再生速度 (Mbps)	5.5
クランプ方式	マグネットクランプ
平均消費電力 (W)	14 (DC5V/12V)
インターフェース	Modified ESDI
外形寸法(W)×(H)×(D) (mm)	146×82.6×203
重量 (kg)	2.8

注 * () 内は光ディスク制御装置接続時SCSI上

表2. 追記型光ディスク制御装置の主要仕様

駆動装置接続数	4 (最大)
セクタ長 (B/セクタ)	512
インターリープ	4
誤り訂正方式	リードソロモン方式
ビット誤り率	10 ⁻¹² (訂正後)
データ転送速度 (Mバイト/秒)	1.5
平均消費電力 (W)	11 (DC5V)
ホストインターフェース	SCSI ANSI×3.131-1986

- (1) 平均シーク時間63ms、回転待ちを時間を含めた平均アクセス時間80msの高速シーク性能 (ドライブインターフェース上)
- (2) 記録・再生速度5.5Mbps、ホストとのデータ転送速度1.5Mバイト/秒の高い転送レート
- (3) リアルタイム処理が可能、かつ誤り訂正後のビット誤り率10⁻¹²の高い信頼性
- (4) 両面で600Mバイトの高密度記録
- (5) インターフェースには、業界標準のSCSI (Small Computer System Interface) を使用

以上の特長をもつ130mm追記型光ディスク装置は、イメージデータのファイル装置としてばかりではなく、コンピュータ用のデータ記憶装置として、数々の用途への適用が可能である。この追記型光ディスク駆動装置の主要仕様を表1に、光ディスク制御装置(MW-5D1)の主要仕様を表2に示す。

3. 追記型光ディスク装置の構成

追記型光ディスク装置は、レーザ光によりピットを形成する記録膜が蒸着された光ディスク、レーザ光を発光する半導体レーザ、及び光学系を組み込んだ光ヘッドが使用されるこの光ヘッドは、光ディスクの半径方向に移動を行うキャリッジに取り付けられ、光ヘッドで受けた光の信号から、光のスポット位置を制御するフォーカス制御とトラッキング制御、及びキャリッジを移動させるラジアル制御、光の信号から情報信号に変換する信号処理回路、カートリッジを自動的に出し入れするオートローディング機構などで装置は構成されている。また、ホストコンピュータと光ディスク駆動装置との間には、命令の解読と誤り訂正を行う光ディスク制御装置がある。光ディスク駆動装置及び光ディスク制御装置の外観を図1に示す。光ディスク駆動装置は、5.25インチのフルハイサイズ (幅146mm、奥行203mm、高さ82.6mm) であり、光ディスク制御装置は誤り訂正回路や制御回路などをLSI化して、1枚の基板に収めた。光ディスク駆動装置に使用した各部の構成機器は、高速で、かつ高信頼性を実現している。

光ヘッドは、いかに小型化し、さらに光スポット位置の制御をいかに高速で正確に行うか。光ディスク制御装置は、書き込み、又は読

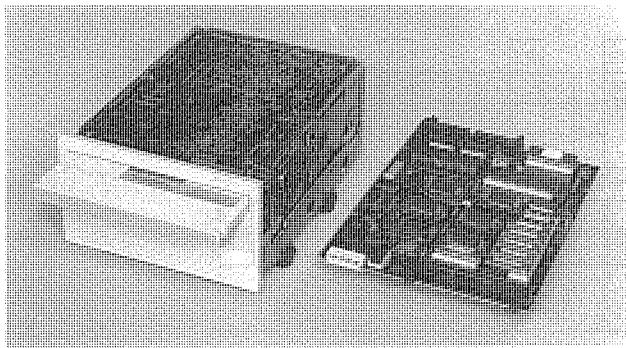


図1. 光ディスク駆動装置及び光ディスク制御装置の外観

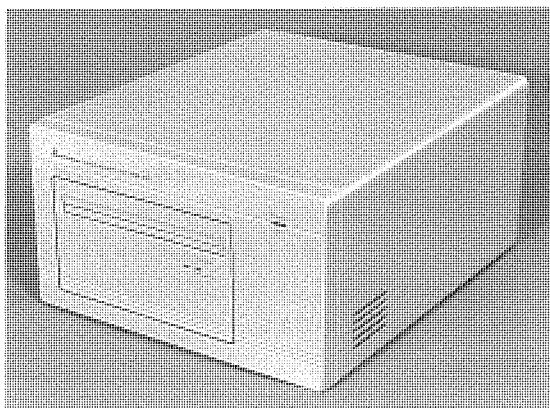


図2. 光ディスク装置ユニットの外観

出しのデータをいかに速く、正確に伝送するかが重要なポイントである。

この光ディスク駆動装置と、光ディスク制御装置及び電源部も収納した別置きタイプの光ディスク装置ユニットの製品化も行った。図2に光ディスク装置ユニットの外観を示す。

4. 技術開発項目

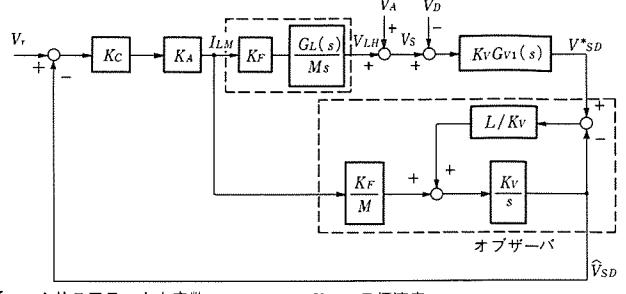
4.1 アクセス時間の高速化

コンピュータ用外部補助記憶装置としてのディスク装置の必要不可欠な要件の一つに、アクセス時間の高速化がある。光ディスク装置は、一般に固定磁気ディスク装置に対し、

- (1) ヘッド可動部の重量が大きい。
- (2) マクロシーク+ミクロシークの2段シーク構造になっており、ミクロシーク時間が長い。

などのため、アクセス時間が長いといわれている。これを解決するため、光ヘッドは小型かつ軽量にする必要があり、光学系の光路を最短にし、シンプルな構造である“ダイレクトコリメート方法”を採用した。対物レンズはフォーカス及びトラッキングの2方向が同時に動作する構造とした。また、高速アクセス時に光ディスク上の溝を横断する雑音が、フォーカスエラー信号を発生しないようにするため、フォーカスセンサとして、フーコー法を用いた（外観は光ヘッドを参照）。

さらに、アクセス時間を短くするため、ミクロシーク動作を零に近づけることを目的に“ダイレクトアクセス方式”を採用した。この方式は、マクロシーク機構であるリニアモータの速度を制御して、ほぼ1回のミクロシーク動作だけで目的のトラックに到達させる方式である。アクセス動作は、まず目的のアドレスが指定されると、



K_F : リニアモータ力定数 V_r : 目標速度
 M : 可動部重量 V_{LH} : リニアモータ移動速度
 $G_L(s)$: リニアモータ駆動系伝達関数モデル V_A : 密アクチュエータ振動外乱
 $G_{V1}(s)$: 速度検出器伝達関数モデル V_D : ディスク回転に伴うトラック振れ速度
 I_{LM} : リニアモータ駆動電流 V_S : 光スポットの径方向移動速度
 V^*_{SD} : 速度検出器検出信号 \hat{V}_{SD} : 光スポットのトラック横断推定速度
オブザーバ

図3. オブザーバを用いた速度制御系のブロック図

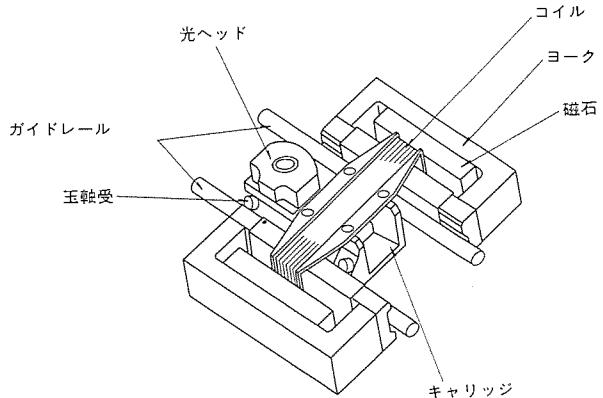


図4. リニアモータの外形図

トラッキングサーボ系のループを切り、リニアモータを駆動することにより、目的トラックまでの距離に応じて加減速しながら移動するよう、光スポットがトラックを横断するときの信号から速度を求める。さらに、トラック横断数をカウントしながら目的トラックとの距離を測定し、光スポットが目的トラックの中心に到達すると、トラッキングモードに切り替えるものである。このような“ダイレクトアクセス方式”を採用するため、光ディスクの案内溝は連続溝とし、情報の記録はランド部を使用することにより、データの信頼性を高めた。さらに、目的トラック突入直前の低速時に、速度検出の遅れが生じることからリニアモータの伝達特性を模擬し、現代制御理論に基づく状態観測器（オブザーバ）を付加することで正確度を高めている。図3にオブザーバを用いた速度制御系のブロック図を示す。

光ヘッド内の対物レンズのトラッキングアクチュエータは、剛性の高い軸に支えられ、その重心が回転軸と一致する構造にしており、シーク時の振動に対して影響を受けにくい構造とした。これによって、対物レンズの位置検出器を不要とした。また、シーク時に移動部に大きな振動が発生すると、アクセス動作に悪影響を及ぼすので、光ヘッドを搭載するキャリッジ及びリニアモータの剛性も高くした。このリニアモータは、キャリッジの両側に配置された2箇所の磁束を一つのコイルで切ることにより、駆動力を得る構造にした。このコイルは光ヘッドを含むキャリッジを取り囲む構造で、駆動力はキャリッジの重心に働くようにした。このため、駆動時に発生する振

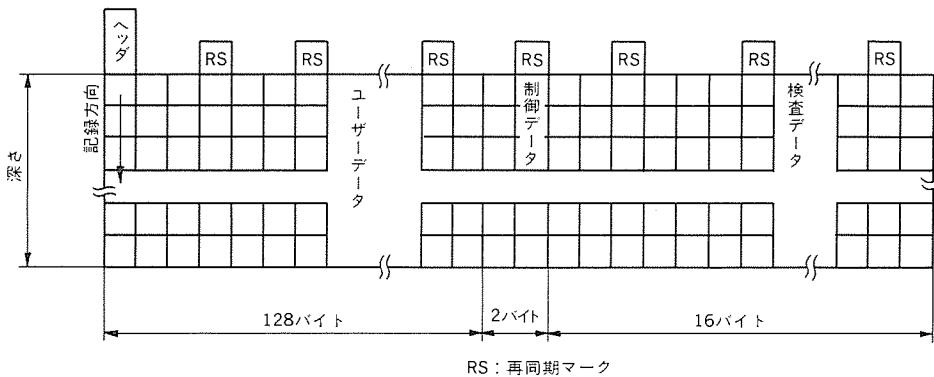


図5. リードソロモン符号のデータフォーマット

動を小さくすることができ、さらに共振周波数を6kHz以上にするため、コイルのボビン形状及び材質を特殊なものにした。図4にリニアモータの外形図を示す。

全体を構成するベースにおいても、コンピュータシミュレーションを駆使し、有害な振動が発生しない構造とした。

以上のように、この追記型光ディスク駆動装置は、各種の技術を取り入れることにより、耐振性も高く、信頼性も高い高速アクセスを可能とした。

4.2 データ転送速度の高速化

前記の高速アクセスと同様に、データの転送速度に対しても高速性は不可欠である。製品化した追記型光ディスク装置では、ディスクからの記録・再生速度を5.5Mbpsの高速なデータ転送を可能とした。この転送速度を実現するため、次の技術を駆使している。

- (1) 高出力半導体レーザによる記録の高速化
- (2) 高速かつ強力な誤り検出訂正機能の採用
- (3) 専用バッファメモリによる高速なDMA (Direct Memory Access) 転送機能

高出力半導体レーザにより、光ディスクを高速で回転した状態でのデータ書込み又は読み出しを可能にしている。光ディスク駆動装置の光ヘッドが、1セクタのデータ書込み又は読み出しを行うのに必要な時間よりも短い時間で、1セクタのデータ誤りを検出し、訂正も実行する強力な誤り検出訂正回路を採用した。このため、誤り検出訂正処理によるデータ転送の遅延がなく、高速転送を可能にした。また、専用メモリバッファを使用して、誤り検出訂正回路を見掛け上切り離された状態にし、DMA転送をより高速なものにしている。

4.3 ビット誤り率 10^{-12}

情報であるデータが正確でなければ、コードデータとして使用することができない。ディスク装置として、コードデータ記録に必要な誤り率は 10^{-12} 以下である。しかしながら、追記型光ディスクでは、高密度であるため、微小欠陥でも影響をうける。光ディスク媒体自体の誤り率は、 $5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ 程度となるが、この誤り及び記録・再生中に発生した誤りも含めた誤りの訂正後は、 10^{-12} 以下にしなければならない。このため、この追記型光ディスク装置では強力かつ高速のビット誤り訂正回路を採用した。

データは記録しやすい符号に変換して記録を行っている。今回用いた変調方式は(2, 7) RLLC変調といわれるもので、情報ビット1ビットを変調ビット2ビットの割合で変換している。

光ディスク制御装置に用いた誤り訂正符号は、リードソロモン(Reed Solomon)符号である。この符号には積符合とリードソロモン符号にインタリープを加えたものがあるが、符号化効率の高い後

者を採用した。図5に採用したリードソロモン符号のデータフォーマットを示す。図中の四角は1バイトのデータを示し、最小距離17のリードソロモン符号がインタリープされている状態を示す。データは左上から縦方向に上下しながら順次左から右に記録していく。採用したリードソロモン符号は、回路構成が複雑かつ大規模であるが、訂正能力に対して符号化効率が良く、ランダム誤りに対して柔軟に対応できる。また、バースト誤りも交錯法を用いることで強くしている。この訂正回路を用いることにより、 10^{-4} の生のビット誤り率でも訂正後は 10^{-13} にすることができる。

4.4 耐環境性

情報データの記録及び再生に関し、高速かつ正確にデータの記録・再生ができるように、いろいろな新技術をこの追記型光ディスク駆動装置及び光ディスク制御装置に組み込んだが、実際に使用される環境下においても、これらの性能を発揮しなければならない。

光ディスク駆動装置は固定磁気ディスクとは異なり、ディスクを交換できることが大きな特長の一つである。そのため、光ディスク駆動装置にはディスク挿入口を持っており、ディスク交換の操作が行える。それに伴い、装置への振動、衝撃が加わる機会も多く、また挿入口からじんあいが進入する機会も多くなる。これらに対し、耐振性に関しては、通常、外乱振動周波数の半分以下に共振周波数を持つ防振系を構成すれば外乱振動を絶縁できるが、低振動に対しては防振系上の装置の振幅が大きくなり、5.25インチフルハイサイズに収納できなくなる。今回の光ディスク駆動装置では、高速アクセスを達成し、耐振性を高めるため、リニアモータの性能を高め、ベース及びディスクモータなどの共振周波数も高くし、防振系の共振周波数を数十Hzにした。また、耐じんあい性を高めるため、フロントパネルのカートリッジ挿入口には、カートリッジをローディン

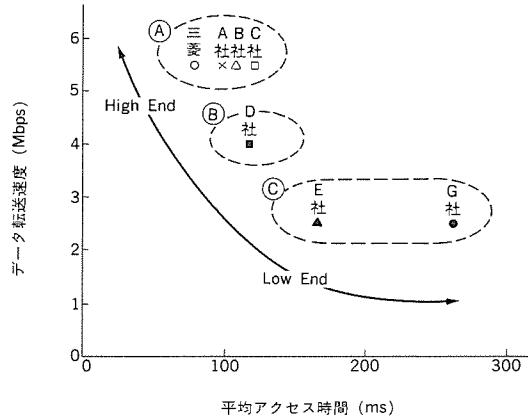


図6. 平均アクセス時間とデータ転送速度

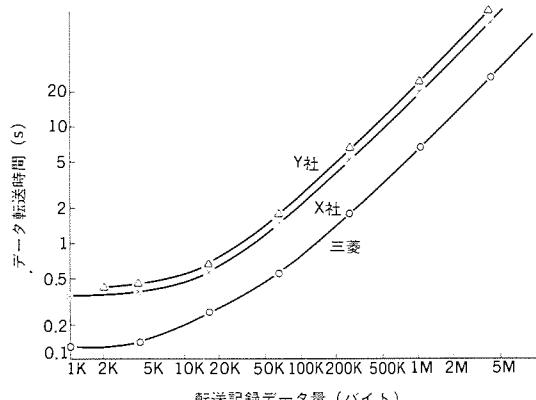


図 7. 転送記録データ量に対するデータ転送時間

グした後も入口を完全に閉じるシャッタを取り付けた。これにより、この装置は固定磁気ディスクと同等以上の環境下で使用できる。

4.5 性能

以上述べてきた各種の技術を取り入れた追記型光ディスク装置は、平均アクセス80msの高速性、両面600Mバイトの大容量、5.5Mbpsの高速再生速度及び1.5Mバイト/秒のデータ転送速度が得られ、ビット誤り率も 10^{-12} の高い信頼性の製品となっている。

図6は平均アクセス時間とデータ転送速度の仕様値を比較したものである。図7は転送する記録データの量に対するデータ転送時間を実測して比較したものである。

三菱130mm追記型光ディスク装置は、性能面で他社より優れていますとともに、実使用いただいているユーザーからも好評価を得ている。

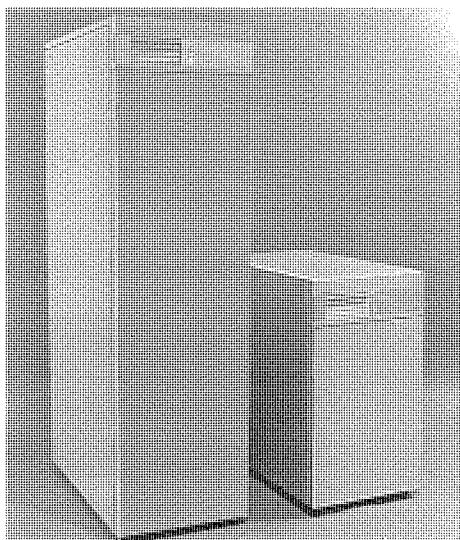


図 8. 大容量光ディスク記憶装置の外観

5. 大容量化への製品展開

光ディスクはカートリッジケースに収納されていて交換が可能になっている。この方式を利用して、光ディスクカートリッジを、ホストコンピュータの指令に従って、自動的に交換する大容量光ディスク記憶装置(通称、オートチェンジャー)も製品化した。大容量光ディスク記憶装置には、光ディスクカートリッジを56枚(34Gバイト)収納可能なサイドディスクサイズのAタイプと、152枚(90Gバイト)収納可能なBタイプがあり、内蔵する光ディスク駆動装置の数(1台又は

表 3. 大容量光ディスク記憶装置の主要仕様

項目	タイプ		A	B
	A21	A22	B21	B22
ディスク枚数	56		152	
ディスク使用面		両面		両面
記憶総容量 (Gバイト)	34		90	
光ディスク駆動装置台数	1	2	1	2
交換時間(秒)	ローディング		4*	
	アンロードィング		4*	
マウント		5	6	
デマウント		6	7	
外形寸法(mm) (W)×(H)×(D)	387×700×700		387×1,400×700	
インターフェース	SCSI (differentialも対応可)			

注 *駆動装置がカートリッジの読み込み・取出しに要す時間

2台)により、4タイプが選択できる。この装置の特長を以下に示す。

- (1) 光ディスクカートリッジの収納密度が高く、少ない床面積で90Gバイトの大容量データをアクセスできる。
- (2) フロントローディング方式の採用により、前面から容易にカートリッジの入れ替えができる。
- (3) インタフェースは業界標準のSCSIを採用している。
- (4) 光ディスク駆動装置を2台収容したタイプは、一方の光ディスク装置でデータの記録・再生中に他方の光ディスク装置にカートリッジを出し入れすることができるようにして、データアクセスの高速化を図っている。

以上の特長をもつ大容量光ディスク記憶装置の外観を図8に、主要な仕様を表3に示す。

6. むすび

以上、ディスク装置としての高速化と高信頼性を達成した130mm追記型光ディスク装置について紹介した。この光ディスク装置はコードデータ情報の記録装置として実用化できる水準に達したが、更に高速化、高密度化を目指した製品開発を今後進めていきたい。

参考文献

- (1) 宮本：Technical Background of a 5.25" Write-Once Optical Disk Drive., Rothchild Technology Opportunity Conference, U.S.A (1987-7)
- (2) 田中ほか：光ディスクメモリ技術の現状と将来、情報処理学会誌, 28, No.8 (1987)
- (3) 小川：光ディスクシステムにおけるサーボ系設計の実際、工業技術セミナー, T-1849, p.84 (1987-2)
- (4) 小川ほか：光ディスクメモリの高速アクセス方式、光メモリシンポジウム'86, p.191 (1986-12)
- (5) 吉田ほか：ガロア演算ユニットを用いたRS符号の復号法に関する一検討
- (6) 山本ほか：Development of High Performance Head Positioner for an Optical Disk Storage System, Proc. of SPIE, 695 (1986-8)

書換え型高性能光記録技術

田中邦磨* 久保田高啓*
古川輝雄** 中田正矩**
伊藤 修**

1. まえがき

情報化社会の進展とともに、取り扱う情報の量が増大し、小型大容量記憶装置の必要性が増している。特にコンピュータで画像を扱うケースが増えてからフロッピーディスクでは容量が不足し、媒体交換の可能な大容量記録媒体が求められている。その中で、書換え型光ディスク装置は駆動装置当たりの記憶容量が大きく、媒体の交換が可能であり、ピット当たりの価格が安いなどの長所からコンピュータの外部記憶装置として磁気ディスクと並んで広く使われようとしている。書換え型光ディスクの記録膜は種々あり、光磁気記録方式、相変化方式、有機色素方式など広く研究されている。その中で光磁気記録方式は一番実用化に近く、装置化の研究が広く進められている。光ディスク装置の主な技術要件は高密度記録用信号処理とアクセス速度の向上にある。また、追記型光ディスクが既に使用されているのでそれも併せて記録再生を可能にする記録技術の確立が必要である。

当社でも光磁気記録方式の書換え型光ディスク装置のために高密度記録用信号処理、デジタルサーボ方式、高速アクセス制御などの技術開発を行っているので、ここに報告する。

2. 信号処理技術の課題

2.1 駆動装置の共用化

光ディスクはその機能から、再生専用、追記及び書換え型に分類できる。各ディスクは記録方式(穴明け、相変化、光磁気)、再生方式(位相ピット、反射膜有無、屈折率変化、カ一回転角)などの差異以外に、反射率、盤面記録再生レーザ出力値などのパラメータが異なる。これらの光ディスクは、機能的には同一システムで使用することが多く、駆動装置の共用化が必要不可欠の要件となる。開発した信号処理方式は、これらの要件を満たすために、レーザ出力制御部では、精密な記録再生出力及び記録パルス幅切替機能を、再生処理部では、I/V変換利得、再生信号極性、位相ピット信号/MO信号などの切替機能、及び再生信号の多段階減衰量調整機能を各LSIに付加し、各種光ディスクの駆動装置の共用化を実現した。

2.2 記録再生の高速化

データ転送速度の向上は、光ディスク駆動装置の特長である大容量記憶機能をより有効にする重要な要件である。高速で記録再生するためのデータ転送速度は、高出力光ピックアップ、高速回転ディスク制御、トラッキング制御技術の開発とともに、高帯域、高精度な記録再生処理技術が必要になる。レーザ出力制御部では、テストパルス方式の高速記録出力設定技術により、設定出力精度6%以下、立ち上がりパルス時間10ns以下を実現した。また、再生処理部では、伝送帯域12MHz、検出回路ジッタ1ns以下、復号クロックジッタを含む全回路ジッタ5ns以下を実現し、記録再生データ転送速度7.5Mbpsを実現した。

2.3 媒体欠陥対策

光ディスク駆動装置を符号情報記憶機器として使用する場合、データ記録再生機能の信頼性確保が第1位の条件となる。記録再生処理系の開発に際して、再生誤りの要因の実測例を多数収集解析し、検出誤り耐力の大きい方式を開発した。光ディスクの再生誤りは、主要因となる媒体欠陥誤りと、各種要因による再生信号変動、波形劣化に起因する誤りに分類される。媒体欠陥はμm単位の微小欠陥がその大半をしめる。再生データ検出部では、再生ピット信号のもつ情報(ピット信号振幅、ピット信号帯域、変調符号列の時間規則)を有効に利用し、欠陥情報と分離する再生検出方式を開発し、媒体欠陥箇所の5~9割を誤り発生なく再生可能とした。また、後者の波形変動誤りに対しては、サンプリング方式利得制御回路と信号振幅に対し、+/-6dB以上の検出能力をもつ検出器の採用により、復号検出余裕が実測値で振幅余裕±6dB以上、復調位相余裕60%以上が確保され、固定磁気ディスク装置相当のデータ記録再生機能の信頼性を得た。

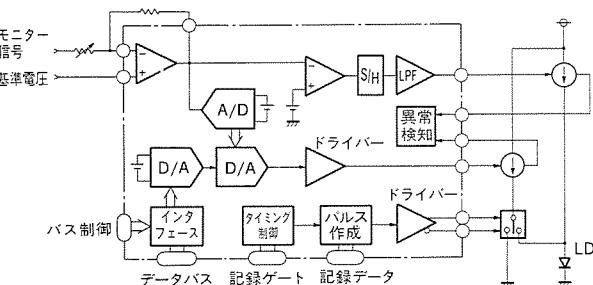


図1. レーザ出力制御回路のブロック図

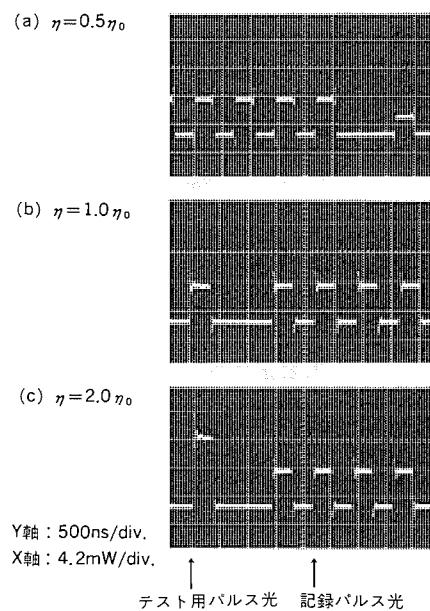


図2. 記録レーザ出力制御特性の測定結果

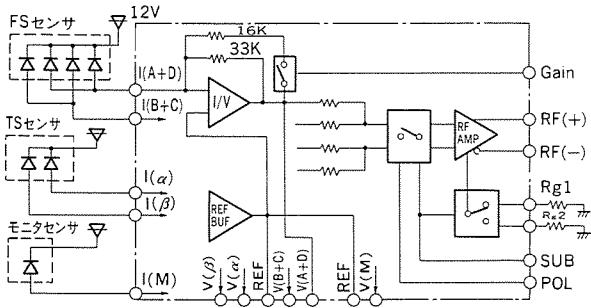


図3. 前置増幅器のブロック図

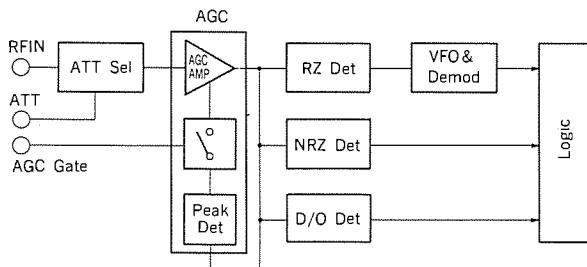


図4. 再生データ検出系のブロック図

3. 記録再生信号処理技術

3.1 高精度記録レーザ出力制御

ディスク盤面上の記録及び再生光出力は、駆動装置の使用環境に対して変動してはならない。しかし、一般に半導体レーザの印加電流／発光出力特性($I-P$ 特性)は温度に対して変動する。 $I-P$ 特性の変動に対し、記録パルス出力及び再生出力を一定にするためには、印加電流を温度に応じて補正する必要がある。再生出力は再生モード時のモニタ出力をフィードバック制御することにより実現されるが、記録パルス出力は任意の時間に即セクタデータを書き込む必要から、その値を正確に制御することが困難であった。テストパルス方式レーザ出力制御法は、セクタデータの記録直前に約400nsの一定電流を印加し、再生モニタ出力をA/D変換する。この値から $I-P$ 特性の傾きを求め、高速フォワード制御で記録データのレーザ出力をバースラインで指示された設定値に制御する。

図1に機能ブロック図を示す。図2は記録時のモニタ電圧波形を示す。テストパルス電圧の変化にかかわらず、後続するデータパルス電圧は一定である。制御回路誤差の4%を含め、実動最悪条件での記録パワー変動8%以下を達成した⁽¹⁾。

3.2 多機能前置増幅器

当社光学ヘッドの光検知器構成は、FS検知器(4分割PD)、TS検知器(2分割PD)及びモニタ探知器で構成されている。各検知器は受光パワーに比例した電流変化を生じ、I/V変換回路により電圧値に変換される。図3に前置増幅器のブロック図を示す。サーボ系に対してI/V変換回路オフセットは、トラッキングサーボ及びフォーカスサーボのオフセットずれを発生し、低オフセット回路が要求される。一方、信号処理系に対しては、所要伝送帯域内平たんな周波数特性を持ち、かつ検知器電流雑音に含まれるディスク雑音、PDショット雑音及びLD雑音などに比べ増幅器雑音を十分低くする必要がある。また、10~90%の媒体反射率に対応するには、I/V変換出力ダイナミックレンジが不足する。このため、I/V変換利得を記録／再生モード、又は反射率に応じて10dB差で高速切替えを行っている。RF信号は位相ピット領域及びMOピット領域において、各I/V

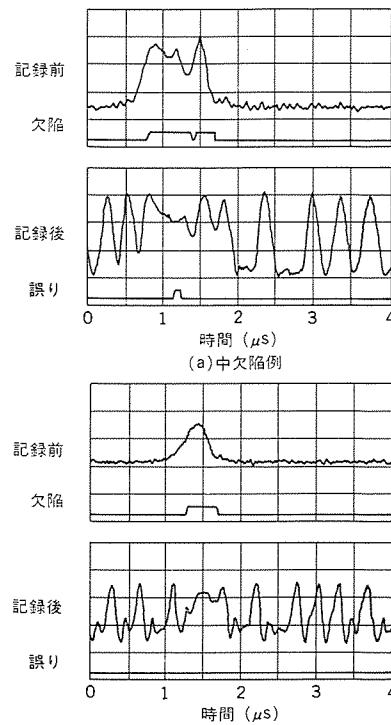


図5. 欠陥部再生波形例

V変換出力の加算減算切替え及び信号極性切替えを外部制御信号により行い、追記型光ディスクと書換え型光ディスクの共用処理を可能とした。I/V変換回路の基本特性として、周波数帯域12MHz以上上、NF 5 dB以下、オフセット値1mV以下及びCMRR~40dB以下(5 MHz)を達成した⁽²⁾。

3.3 高速データ分離

光ディスクフォーマットは、通常数バイトのGapをもったプリフォーマットヘッダ領域と、データ領域で構成されている。記録方式に、(2~7) RLLC-RZ記録符号が使用されている場合、ヘッダ信号の先頭には1バイト程度の低密度NRZ記録パターンのセクタマーカー(SM)が付加されている。再生データ検出は、まずSMを検出し、そのセクタのヘッダ信号及びデータ信号の位置を知り、復調用各種ゲート信号のタイミングを制御する。

図4に再生データ検出系のブロック図を示す。データ検出回路はヘッダ及びデータ信号用RZ信号検出器と、SM用NRZ信号検出器及びGap部と、データ記録の有無を検出するD/O検出器で構成される。再生信号振幅は光ディスクの反射率などの差により、その最大振幅差は20dB程度になる。このため、1dBステップで17dBの利得制御が可能な減衰器を用いて再生信号レベルを概略一定とした後、サンプリングAGC回路で正確に制御する。光ディスクは磁気ディスクに比べて、媒体欠陥が非常に多い。再生データ検出部は媒体欠陥を極力検出せず、かつ振幅変動などに影響されずに記録情報の検出能力が大きいことが要求される。開発したRZ信号検出器の検出アルゴリズムは、ディスク欠陥信号が加わった再生信号に対し、まずピット先端をDC再生し、2値比較器により設定ピット振幅の検出ゲート1を得る。次に、微分信号を3値比較し、設定ピット微分振幅を満たす検出ゲート2を得る。最後に、記録符号の最小ピット間隔を満足しない疑似パルスを除去するゲート3を作成する。光ディスク欠陥による再生パルスは、正規の再生パルスに対し、ピット位置レベル、周波数特性、ピット間隔、ピット位相が異なり、これらのマスク回路によりその大半が除去される。

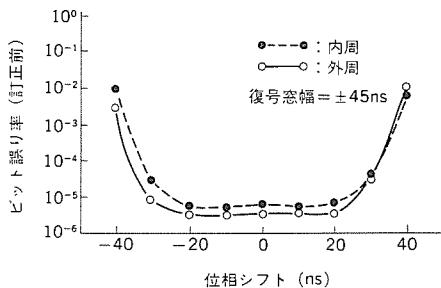


図 6. 復号検出位相余裕測定結果

図 5 は欠陥部の記録前後の再生波形例である。RZ 検出器によるデータ誤り領域 (Error) は、欠陥領域 (Defect) に比べ大幅に減少している。多数のディスク測定結果から、欠陥検査器で得られた誤り率に対し、 $1/2 \sim 1/10$ に減少する結果を得た。図 6 は駆動装置の復号検出位相余裕特性 (訂正前) である。振幅余裕特性も $+/- 6$ dB 以上の結果を得た。この結果、位相余裕、振幅余裕とも固定磁気ディスク相当であり、符号情報記憶機器として十分な信頼性をもつていていることが確認できた⁽³⁾。

4. サーボ技術

光磁気記録方式の光ディスク駆動装置用サーボ技術の開発にあたって、以下のことに留意する必要がある。①光磁気では記録によってトラック案内溝の物理形状が変化せず、トラッキングセンサ信号品質が記録・再生・消去いずれの場合でも劣化せず安定している。②書換え可能型は、フロッピーディスク及び固定磁気ディスクの代替が考えられ、小型・低価格・高速アクセス・高信頼性が要求される。③各種媒体に対応するために、反射率範囲が広く、各種溝形状への高い適応能力が必要である。これらを考慮し、調整の簡素化、高信頼化、回路の小型化を達成するために、サーボループをデジタル化し、サーボパラメータの自動補正技術などを開発した。また、トラックを計数しながらトラック間を高速に移動するアクセス制御技術を開発した。

4.1 デジタルサーボ

デジタル化したサーボ回路の基本ブロック図を図 7 に示す⁽⁴⁾。トラッキングサーボ、フォーカスサーボとともに同一の基本回路構成である。光ヘッド内の 2 分割光検知器で光スポットのトラックずれ又はフォーカスずれを検知する。これらの検知信号を A/D 変換器 (ADC) でデジタル化する前に、折り返し雑音を除去するために低域ろ過器 (LPF) に通す。ADC は信号をデジタル化するとともに、そのアナログ入力に検知信号の差信号を基準入力に和信号を入力して、差信号を高速度に正規化するレシオメトリック動作を行うように設計している。これにより、記録再生消去時の大幅な光量変化、及び各種の反射率のディスクに対してサーボ利得が一定に保たれ安定した動作が保証される。また、サーボ回路の主要部をデジタル化することにより、回路定数の経時変化が少なくなるとともに、パラメータの自動設定及び自動補正がソフト的に可能になり、信頼性の向上、調整箇所の削減ができる。

図 8 にフォーカスサーボのオフセット自動補正アルゴリズムを示す。フォーカスサーボ引き込み直後に、フォーカス位置をずらせながら、トラッキングセンサ信号振幅が最大になるオフセット位置を求め、その位置に自動設定する。図 9 に上記自動補正アルゴリズムを使った実験結果を示す。初期フォーカスオフセットが約 $1\text{ }\mu\text{m}$ ず

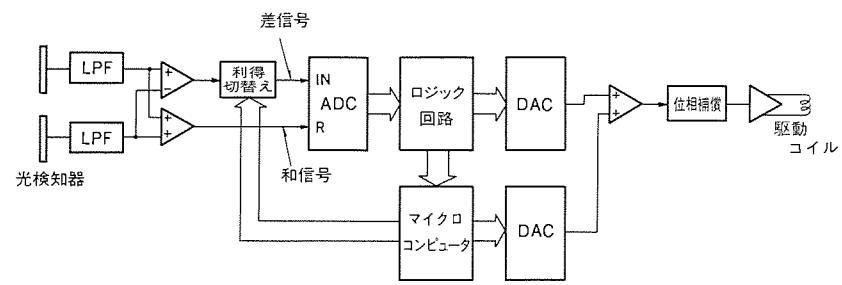


図 7. サーボ回路の基本ブロック図

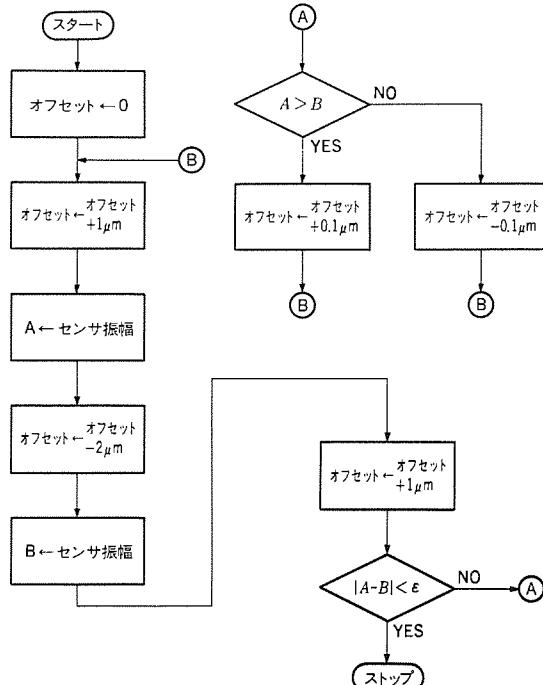


図 8. フォーカスオフセット自動補正アルゴリズム

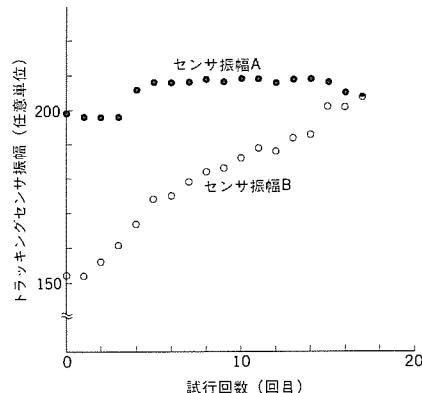


図 9. フォーカスオフセット自動補正中センサ振幅変化

れている場合の自動補正ルーチンの試行回数とトラッキングセンサ振幅の変化を示しており、試行 17 回で最適オフセットに達していることがわかる。これにより、オフセットのずれによるサーボの不安定性をなくすことができる。

図 10 にはトラッキングセンサ信号振幅の自動補正アルゴリズムを示す。トラッキングサーボが “開” の状態で、光スポットがトラックを横切るときのトラッキングセンサ振幅 (max-min 値) が基準値に一致するよう增幅器利得を自動調整する。この補正により、溝形状の違いからセンサ振幅が異なる各種の媒体を用いても、サーボ利得を常に一定に保つことができる。

また、サーボをデジタル化したことにより、コントロールトラ

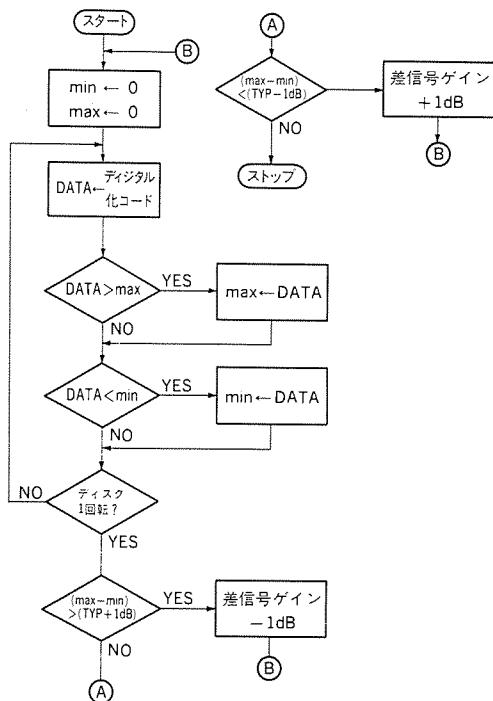


図10. トラッキングセンサ信号振幅自動補正アルゴリズム

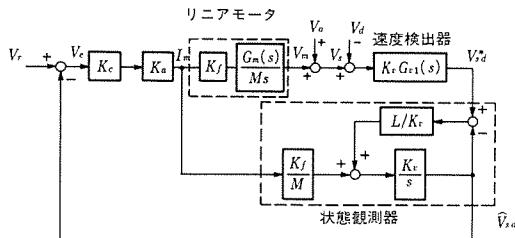


図11. ダイレクトアクセス速度制御系のブロック図

ックに書かれた媒体の特性に応じてマイコンから各種サーボパラメータを容易に初期設定することができる。

4.2 高速アクセス制御

図11にダイレクトアクセス速度制御系のブロック図を示す。トラック横断周期から求めた光ディスクと光スポットの相対検出速度と光ヘッドを駆動するリニアモータの駆動電流とから状態観測器により、真に近いトラック横断速度を推定して速度制御を行う。この状態観測器の効果を以下に述べる。図から速度制御系の開ループ伝達関数は、

$$G_{02}(s) = \frac{K_c K_a K_f K_v}{Ms} \cdot \frac{s + LG_m G_{v1}}{s + L} \quad (1)$$

となる。一方、状態観測器がなくトラック横断検知速度を用いて速度制御した場合の開ループ伝達関数は、

$$G_{01}(s) = \frac{K_c K_a K_f K_v}{Ms} G_m G_{v1} \quad (2)$$

となる。式(1)、式(2)から、状態観測器によりリニアモータの高域機械共振の影響を軽減し、速度検出器の検出無駄時間を補償できるこ

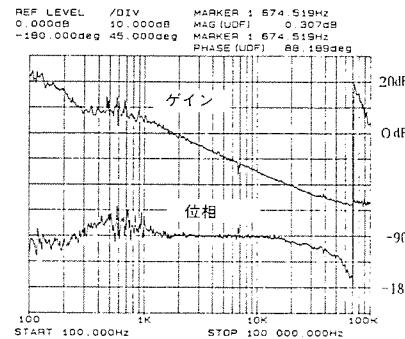


図12. 速度制御系の開ループ特性（実測値）

とがわかる(5)。これにより、速度制御系を広帯域化できる。図12に実験データを示すように、トラッキングサーボなどの数kHzの制御帯域が容易に確保されている。残留相対速度偏差がトラッキングサーボの引き込み可能速度10mm/s以下に十分抑圧できるため、偏心で振動する目的トラックへ安定に引き込むことができる。

このような振動するトラックに対する相対速度制御法を有効に生かすためには、目的トラックまでのトラック計数が正確であることが重要であり、媒体欠陥や案内溝に周期的に存在する鏡面部で計数誤りを発生しないよう、デジタル的な補正回路を設けている。これにより、1回のアクセス動作で発生する平均的な計数誤りは数本以下に抑えられ、残りのトラック本数を移動する時間を大幅に低減できた。そのほか、可動部の重量を低減させることにより速度制御の加速度が向上したこと、速度制御の基準速度関数を改良したことなどにより、2,400rpmで60msの平均アクセス時間を確認した。

5. むすび

次世代のコンピュータ用大容量外部記憶装置を目的とした、光磁気の光ディスク装置に使用する信号処理技術とサーボ制御技術について述べた。信号処理技術ではテストパルス方式レーザ出力制御回路とサンプリングAGCの組合せにより、位相余裕、振幅余裕を大幅に向上することができた。また、外部から信号極性を切り替えられる多機能前置増幅器により、書換え型光磁気ディスクと追記型光ディスクとの共用化を可能にした。また、サーボ関連ではデジタルサーボ方式の採用によりトラッキング検出器利得、フォーカス検出器オフセットなどの各種の補正を自動化することができた。アクセス制御方式としては、外部スケールを使用せず、光ディスク上のトラックを計数しながら高速に目的の番地に達する方式を開発し、平均アクセス時間65ms以下を達成できる見通しを得た。

参考文献

- (1) 吉本ほか：光ディスクにおける記録パワー制御、昭和60年度信学会全国大会、1054
- (2) 中根ほか：光ディスク記録再生系信号処理用LSI、昭和63年度応物学会連合講演会、28a-ZQ-7
- (3) 清瀬ほか：光ディスク欠陥波形測定システムの開発、昭和62年度信学会全国大会、1012
- (4) O.Ito etc : High Speed Write Once Optical Memory using 130 mm Disk for Computer Use, JJAP, 26 Supplement 26-4 , p.211 (1987)
- (5) 小川ほか：光ディスクメモリの高速アクセス方式、光メモリシンポジウム'86論文集、p.191 (昭61)

光ディスクを応用した図面管理システム

長島 清* 米本孝二*
渡辺秀雄*
石崎 貴*

1. まえがき

計算機による図面や画像のデジタル処理は、昭和40年ごろから各方面で研究され始めた。以来、今日に至る間に医療用CT(Computed Tomography)や、探査衛星のリモートセンシングなど多くの分野に画像処理技術は成果として実用化されている。しかし、これらシステムから収集される画像情報を含め、増大の一途をたどる一般社会の書類や図面のデジタルデータベース化や、この大量情報の保管・維持管理・積極利用のできるシステムはなく、その出現が望まれて久しかった。既に、計算機による設計支援システム(CAD)があり、図面データの計算機処理を行うが、すべてベクトルデータによる作画処理が主体であり、データの保管・活用主体という本稿で紹介するシステムとはジャンルを異にしている。

近年、図面管理システムが急速に普及の兆しを見せているのは、処理装置(CPU)の高性能のものが小型化し安価に供給されるようになり、これらハードウェアを駆使するソフトウェア技術・ネットワーク技術の進歩もさることながら、光ディスクの品質レベルが急速に向上し、実用化されてきたことも大きく影響している。このため、書類や図面情報の保管から、この保管情報の積極利用などユーザーの望むニーズが満たされるシステムが得られるようになってきたためと考えられる。

これらシステムのデータ処理の方法や、その具体的なシステム適用事例を紹介するとともに、図面管理システムが今後どのように発展していくか、光ディスクの応用も含めて洞察する。

2. 図面管理システム(光ディスク応用)の特徴

システムの中心的な位置付けとなる光ディスク装置を、書類や図面のファイルとして利用する各種システムについて本稿では紹介するが、さきに各々に共通的な特徴について述べる。

各システムのハードウェア仕様は、システム規模が同一であればほぼ共通であり、表1のとおりである。外形寸法・その他の仕様は表2及び図1のとおりである。本体は非常に小型で消費電力も少なく、各種インターフェース・ネットワークインターフェースなどシステム拡張に対しての対応が容易となっている。

このシステムは、マイクロプロセッサ(32ビット)を搭載したワークステーションである。従来の数値情報を処理して各種技術計算や解析を自在に実行する計算機の分野や、設計・製図支援(CAD)を行う計算機の分野で、扱っていた各種技術資料や図面以外の今まで手付かずか、又はマイクロフィルム化管理が行われている分野の資料又は図面がこのシステムの管理対象となる。すなわち、この分野の資料や図面の作成・保管・検索・コピー出力・配達などの管理を行うものである。システム立上げの前作業としてこれら対象書類・図面をデータ化し、光ファイルに登録・収納しデータベースを作ることが必要である。従来のマイクロフィルムの場合と比較すると、保存環境の問題、図面内容の変更時の対応、必要な図面の検索

手数の問題など種々あるが、マイクロフィルムが平行して存続使用される分野もある。光ディスクファイルを利用した各システムにおける共通的な特徴は下記のとおりである。

(1) 保管図面の維持管理は、だれでも簡単な扱いで業務の遂行ができる。通常操作はマウスのみで(キーボードはデータ入力や文字入力位に使用)CRT画面隅のアイコンに出るコマンドメニューを指示し、業務を実行する。これは、熟練度をあまり要しないだけでも非常になじみやすいマンマシン系が構築されているためである。しかし、登録データの重要度の段階に従ってパスワードを設定することは可能である。

(2) 書類・図面情報は光ディスクファイルに収納され、光ディスク

表1. システム仕様

(1) 本体

制御部	32ビットMPU 主記憶 4Mバイト(最大8Mバイト) 画像処理専用プロセッサ
検索用磁気ディスク装置	141Mバイト(有効エリア)
フロッピーディスク装置	3.5インチ両面倍密度1Mバイト
光ディスク制御部	SCSIインターフェース 最大4台/チャネル 最大6チャネル
外部インターフェース	ETHERNET RS-232C
検索	検索速度 約3秒以内 検索キーワード 最大20項目 検索キーワード一括管理
登録	登録件数 約100万件 検索キーワード入力 検索キーワード一括入力

(2) 光ディスク装置

形	追記型直径13cm
記録再生方式	半導体レーザ
ディスク回転数	1,800rpm
ディスク回転制御方式	CAV方式
アクセス時間	80ms
光ディスクカセット装着方式	オートフロントローティング方式

(3) 入力装置

AIイメージスキャナ	
形	原稿移動型
走査方式	CCDセンサによる平面固定走査
原稿サイズ	最大A1版
解像度	160dot/mm
読み取り速度	約60秒(A1版, 16dot/mmの場合)

(4) 出力装置

AI静電プロッタ	
形	静電記録方式
記録サイズ	最大A1版
解像度	16dot/mm
記録速度	約30秒

(5) 大容量光ディスク記憶装置

形	オートチェンジャー機構
カートリッジ枚数	56枚 152枚
ディスク使用面	片面 両面
総容量	17Gバイト 90Gバイト
光ディスク装置台数	1台又は2台 1台又は2台
アンローディング	4秒 4秒
取出	4~7秒 7~10秒
装着	4~7秒 7~10秒
ローディング	4秒 4秒

表2. 外形寸法・重量・電源容量・設置環境

構成機器	外形寸法 W × D × H (mm)	重量 (kg)	電源容量 (kVA)
本体	300 (600 × 700)	140	1.5
光ディスク装置	245 × 280 × 145	3	0.06
マシン卓	1,200 × 700 × 800	30	0.5
A1イメージキャナ	1,100 × 600 × 900	200	0.5
A1静電ロック	1,200 × 600 × 900	200	0.5
A3イメージキャナ	1,365 × 520 × 1,000	30	0.3
A3イメージプリンタ	(一体型)	90	1.2
大容量光ディスク記憶装置 (56枚収納タイプ)	387 × 700 × 700	100	0.5
大容量光ディスク記憶装置 (152枚収納タイプ)	387 × 700 × 1400	200	0.5
設置環境	周囲温度 10~35°C 湿度 80% (結露なし)		



図1.“GX”図面管理システムの外観図

ドライバや大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャー）に装でんされているので、リモート端末からの図面検索や図面の転送を人手を介さずに行える。

(3) 光ディスクの採用によって、今まで考えられなかつた大容量記録が実現し、収納情報の高速ランダムアクセスが可能となつた。他のいろいろな記録媒体と比較しても飛躍的に長年月間の経年変化に耐えるものとなつた。

(4) 検索項目のデータベースは、図面管理システム本体側のハードディスクに収納され一元管理を行つてゐる。したがつて、該当検索資料・図面の細部に至る検索項目が、極く短時間で把握できる。この検索対象資料及び図面件数、検索分類項目は必要十分な登録が可能な大容量ハードディスクを使用する。検索方法は運用面からの便利を図り、考えられる種々の方法は当然ながら、あいまいな記憶をたどりながらも簡単に検索できるように、また親図面から子図面・孫図面と日本語や文字以外の図面による検索も可能である。

(5) 光ディスクは他の記録媒体と比べてピット当たり単価が最も安価な大容量情報記録媒体であり、システム構築が容易に行える。

今まで計算機の外部メモリ等に光ディスクが使用されなかつたのは、エラーレートが高く、コード情報を収納するには問題があつたためであるが、近年は光ディスクの質も良くなり、記録再生技術も進歩しエラーレートも向上している。記録速度の向上と相まって、光ディスクにイメージ情報（画像情報）のみでなく、コード情報の記録も可能となろう。

最後に従来CADとの比較をしてみる。従来のCADではベクトル化入力のため、経済的に必要最小限の入力しか行わないが、このシステムではイメージデータの短時間入力が実現できたため、過去にさかのぼつてすべての図面を入力し管理することは容易であり、これらを過去に蓄積した財産として、追加・修正を加え、リピート使用することができる。従来のCADとの類似機能は、①作画機能。②デ

ータの階層化ファイル機能。③幾何・解析機能（面積・長さ・モーメント・重量など）などがある。しかし、このシステムがむしろ得意とする従来CADとの差別機能は、①複数画面・書類間の引用・転記・切り貼り機能。②シンボルのイメージ登録と記述機能。③閉領域内のワンタッチハッティング又は塗りつぶし機能。④文字の任意傾斜位置への書き込み機能。⑤イメージ図上への作画（作画補助線による実寸法を踏まえた配置）など従来CADシステムの補完機能を持っている。

3. 応用システム例

3.1 ファイリングシステムGX2001について

大型図面データの高速ハンドリングを実現する。GX-2001特有の32ビットツインアーキテクチャが、A1サイズの大型図面を高速にハンドリング、光ディスクの採用により図面の大量ファイルが可能である。

A1サイズで自由自在に作画・編集ができる。ファイルされた図面は、CRTディスプレイ上に呼び出し、修正・作画・追記・切り貼り編集などを簡単に行うことができる。新しく作成された図面は検索用のキーワードを与え、新たに登録でき、検索出力も可能である。システム側で検索キーワードを一括管理しやすく、検索効率が高まる。

検索キーワードそのものをシステム側の大容量ディスクに蓄え、一括管理を行つてゐるため、光ディスクにいちいち書き込む必要がなく、複数枚の光ディスクを一括管理できる。検索は、CRTディスプレイとの対話で簡単かつ迅速に実施でき、検索項目の変更・増減に容易に対応できる。

3.2 イメージCADシステムGX3001について

これは、図面を扱う業務の中で高いパーセンテージを占めている図面の作成と修正を容易にするため、図面処理用ワークステーションを適用する例である。

図面の作成・修正は、既存図面を有効に利用できればかなり効率が上げられる。従来は既存図面をベクトル化してCADに結び付けるのが一般的な方法であるが、前述のとおり入力に問題があり、より簡便な方法が求められている。

イメージCADシステムは、既存図面をイメージデータとして蓄積しておき、必要なときに呼び出し、加工・編集するとともに新たな作画も可能にしようとするものである。イメージデータの保管・検索に関する機能は前項と同じであるが、加工・編集に必要な機能を以下に述べる。

(1) 作画機能

図面の上に新しく図面要素を追加する場合に用いる。直線・円・円弧・だ円・自由曲線・矢印・文字・シンボルなどを元図と合わせながら作画する機能である。

(2) 修正機能

図面上の図面要素を消去・修正する場合に用いる。微少部分、く形、任意ポリゴンの消去、ノイズ除去、かすれ線の修正などの機能である。

(3) 編集機能

図面内の各部分や別図面との切り貼り合成を行う場合に用いる。く形、任意ポリゴンでイメージデータを切り出し、必要に応じて回転、拡大及び縮小を施し合成する。

(4) 日本語編集機能

図面内に所定の文字列を所定の形状により追加する場合に用いる。

以上の機能を良好な操作性を保ちながら実現するために、以下のようないくつかの機能を具備している。

- ラバーバンドなどによる操作途中経過のビジュアルな操作
- 微少角回転、任意倍率の拡大・縮小機能によるきめ細かな操作
- 図形要素の切り出しのために、外周トラッキングなどの簡易認識機能
- 操作ミスなどをカバーするためのUNDO機能

3.3 地図検索システムGX3002について

地図検索システムは、従来の紙図面による住宅地図情報の管理をイメージスキャナによって住宅地図を1枚ずつ電子情報とし、そのデータを光ディスクに格納し、その地図データを必要に応じて呼び出すことによって住宅地図の管理を行う。光ディスクに格納された住宅地図データは、様々な目的に合わせて呼び出される(図2、図3)。

住宅地図を呼び出す方法として、地図帳に含まれた索引図による呼び出し、地図帳内のページ番号による呼び出し、様々な目的に合わせて作成されたデータベースによる呼び出しなどの方法がある。地図検索システム内に格納された地図データは、表示を行うだけではなく、他のシステムからの情報の同時表示、また様々な付加情報の表示が可能となる。

このシステムの特長として、以下のものがある。

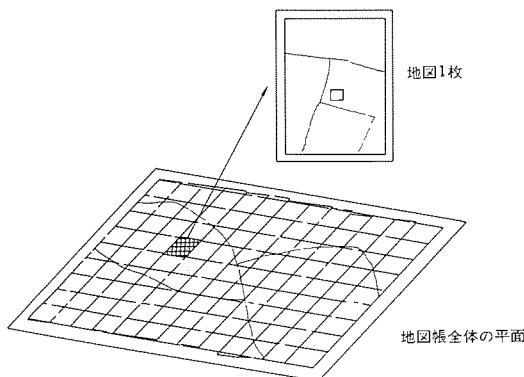


図2. 地図帳全体のハンドリング

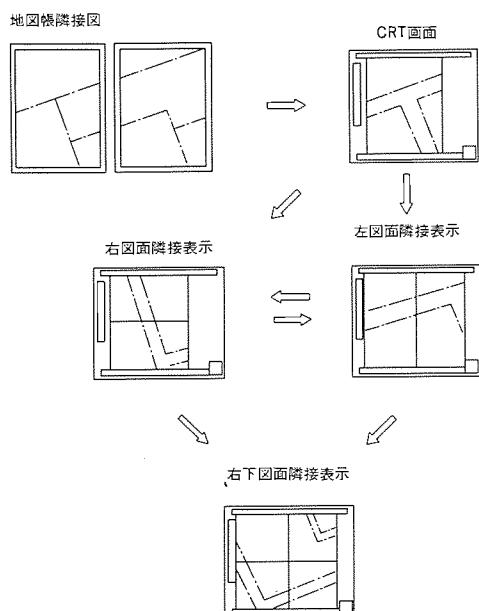


図3. 隣接表示例

- (1) 高速な応答表示機能
- (2) 従来地図をそのまま入力する機能
- (3) 隣接地図の隣接同時表示機能
- (4) 地図作成時の縮尺が異なる地図の隣接表示機能
- (5) 付加情報の地図上へのカラー表示機能
- (6) 各種データベースによる高速な検索機能
- (7) 目的に合わせたシステム構成と分散構成による機能分担

このシステムにおける地図管理機能について紹介する。地図管理機能は従来の文書ファイリングと異なり、地図特有の特徴に合わせて管理を行う。

すなわち地図帳1冊（1枚の索引図に表現される地図帳）を一つの単位として、1枚の大きな平面上で管理される。

このように、原稿と異なる地図の縮尺も地図検索システムの内部に格納されることによって、CRT上に異なる縮尺で表示される。なお、同一の縮尺の地図ももちろん、隣接表示が可能となる。

3.4 業務支援システムGX3003について

人工知能技術を利用した故障診断、運用支援のためのエキスパートシステムが着目され、様々な分野で開発が行われている。しかし、以下のような問題点が発生してきている。

- (1) 知識の獲得が難しい。

知識をプログラム化し、それを検証し不都合な箇所は再度知識を整理しプログラム化を行う。このような過程を何回も繰り返し最終的なシステムに仕上げるが、この作業は通常ナレッジエンジニアが担当する。したがって、利用者が直接知識を変更することが大変難しく、結局利用者とナレッジエンジニアとの間の意志疎通の時間が必要となり、完成までにかなりの時間を要する。

- (2) 推論過程、推論結果の説明が乏しい。

入力データの取得方法の説明、結果に対する推論過程の説明、結果に対する対応の方法の詳細な説明などが、現在のエキスパートシステムでは不十分である。

これら以外に様々な問題があるが、本稿ではこの2点に関して画面管理システムの利用法を説明する。

- (1) 知識を構造木により紙面上に表現する。

知識の獲得・整理方法として知識を木構造で表現する方法があるが、この木構造をそのまま図面として光ディスクに保存しておき、それを引き出し対話的に推論を進めて結論を導き出す(図4)。この方法は推論を対話的に行うため多少時間がかかり、オンラインデータの利用もできないという欠点がある。しかし、知識の変更が紙面上で行うことができるため、利用者が簡単に知識の変更ができる。すなわち、知識のプロトタイピングを実システム上で検証しながらよりよい知識に仕上げていくことができる。

- (2) 説明機能と図面ファイリング機能を接続する。

データ入力、推論過程、推論結果で様々な説明が必要となるが、これらの説明を資料として光ディスクに保存しておき、必要に応じて画面上に表示して確認することにより、よりきめの細かい説明機能が実現できる。例えば、故障診断において推論により故障原因が判明した場合、故障箇所に対する場所（位置）の説明、意味の説明、故障を修復するための方法の説明などを、図面、技術文献マニュアルなどをファイリングしておき、これらと接続することにより即座に詳細な説明が得られる（図5）。以上は、説明機能に必要な、図面、資料類を光ディスクに保存するという方向で説明したが、様々な資料をファイリングしておき、説明機能で必要な資料を関連付け

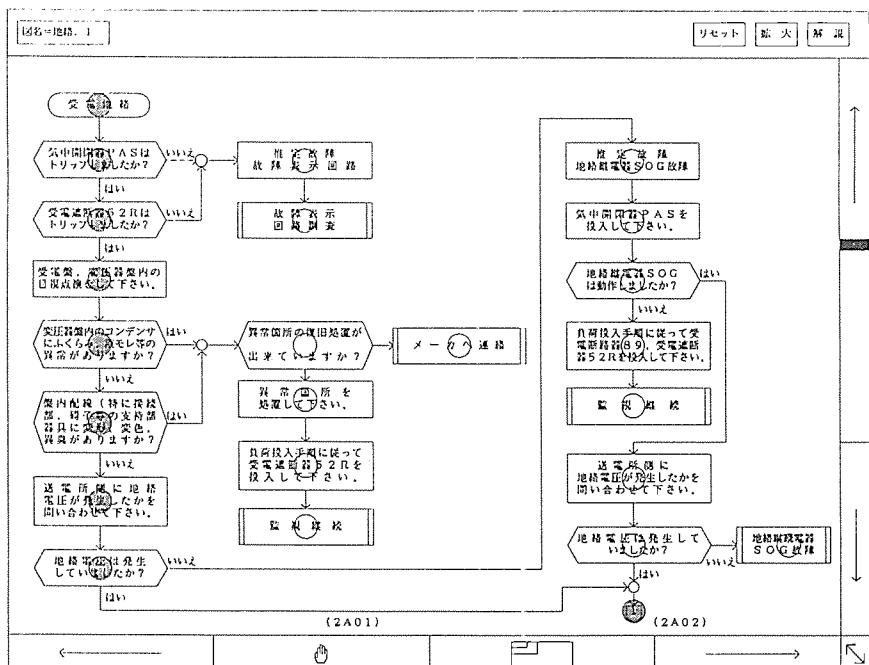


図4. 構造木例

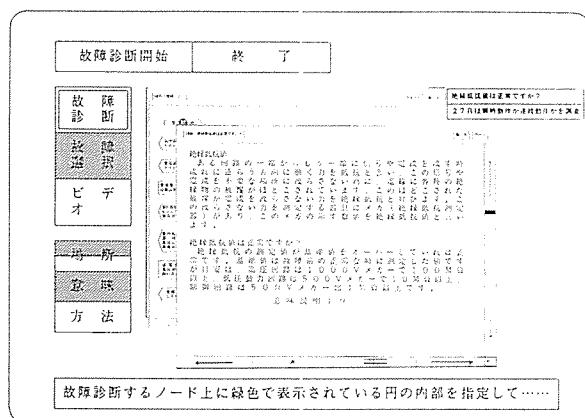


図5. 解説図例

るという方法をとることも可能である。この方法は、すなわちエキスパートシステムとファイリングシステムとの接続である。

4. 今後の展開について

図面の情報量はコード情報を比べ非常に膨大である。この点がこの種システムの構築に種々の問題をもたらす。その一つにはデータの処理方法や処理時間の問題、また一つにはファイルの容量の問題などがある。今後、図面情報、特にA1版(大型図面)の図面情報が増えてくる以上、現在のシステム機能の拡充は必ず(須)事項である。その外にも各システムコンポーネントの機能、各システムの構築上の問題、各種適用分野の拡大など今後データの大量化に対応したシステム機能向上が必要である。

システム導入に当たっては、目的概念を明確にし、将来の全体像を書き、それに対しニーズの高まりと技術の完成・熟成度を見定め、段階構築を計画し拡張を図る。

光ディスクの性能向上はエラレートの向上や、実装密度、寿命、シーク時間の改善などは今後も引き続き行われるであろうし、追記

光ディスクを応用した図面管理システム・長島・渡辺・石崎・米本

方式から消去可能(イレーザブル)方式へと移行していくであろう。光磁気ディスクにより情報の消去・書き込み運用に入るのは、試用期間を含め1年以内であろう。消去・書き込み機能を実運用面でどのように利用するか検討しておく必要がある。

また、収録データが漸増してきたとき、オートチェンジャーは大容量ファイルとしては不可欠のものである。しかし、過去の書類・図面や増え続けるすべての図面をオートチェンジャーに収納するか否かは検討に値する。常時頻繁にアクセスされ使用される図面や、リモート端末から常時アクセスが必要な図面など、検索時間の短縮が要求されるような場合では必要最小限の書類・図面を収納した光ディスクのみをオートチェンジャーに装てんしておく。その他の日常ほとんど使用しない光ディスクは別のキャビネットにナンバーを付して収納

しておくものとする。オートチェンジャーは現状のものはアクセス時間が7~10秒と長いが、この時間短縮のための開発が行われよう。

その他にネットワーク機能の向上が、今後のシステム構築・拡張計画に幅を持たせるために重要な問題となる。中央のマスタファイルを構内各部門で共用する場合、各部門に設置の端末の業務内容や、端末の数、アクセス頻度、転送データ量、実効伝送速度などから、水平分散システムの構成・機能が決定される。そのために、ネットワークとしては実効伝送速度の高速化が重要課題となる。構内伝送(LAN)に対し構外の遠方とデータ送受を行う場合、FAXの適用やINS、VAN回線の適用により広域システムへの展開を図る。また、各種計算機やワークステーションと変換プロセッサを介し接続し、それぞれのデータベースの有効活用や、それぞれのCPUによるデータの分散処理・システム機能の拡大をネットワーク機能の向上とともに指向する。

さきに適用例を紹介したが、まとめてみるとファイリング編集用に、またイメージCADシステムに、地図検索用に、業務支援用などがある。この外にも図面のイメージ情報と、図面のベクトル情報との複合同時処理を行う機能に加え、各種計算やテキストデータ処理を一括して処理する機能を持つか、他のコンポーネントをネットワークで接続する複合システムがある。

図面情報をベースとした業務はこの外にも多く、履歴管理の必要な部門、運用管理、事故管理の必要な部門、広域管理の必要なもの、簡単な図面ベースの長さの分割、求積、解析、見積機能のもの、自動ベクトル認識(CAD入力用ベクトルデータの作成)、地図の階層化ベクトル認識など多岐にわたり、今後の展開の余地は広い。

5. むすび

以上、光ディスクを応用した図面管理システムについて、その適用分野を含め述べてきた。今後、高度な精度・品質・性能・速度又は省力といった運用面からの要請が強くなる以上、ますます数値・文字情報に加えて直観力のある図面情報の処理用システムの機能向上が待たれる。すべてベクトルデータで処理を行う従来のCADでは入力費的に見合わない領域の設計支援業務を、イメージデータ処理で補完していくように今後アプリケーションソフトウェアの充実・蓄積を図っていただきたい。

三好哲夫*
坂本哲弥*
藤村成男*

光ディスク写真ファイリング装置

1. まえがき

一般文書や地図、図面などを二値画像として保存するいわゆる“電子ファイリング装置”は、小型、廉価機種から高級機種まで種々製品化されている一方で、写真などの多値画像のファイリングに関しては、一部の画像処理装置がオプション的に光ディスク装置をついている程度であり、専用装置となると皆無に近い状態である。本稿で解説する写真ファイリング装置は、130mm光ディスクを採用した小型かつ操作性に優れた写真専用のファイリング装置であり、良質のハードコピー装置及びマンマシン操作と多値画像表示の両立できる高精細度ディスプレイを備えて使いやすい装置となっている。

2. 写真ファイリング装置の概要

まず、写真ファイリング装置の概要を説明する。図1はこの装置の外観、図2はそのブロック図である。表1には構成機器別の仕様を、また表2にはこの装置の主な仕様を示した。写真の登録時の操

作には、まずキーボードからタイトルを入力し、次にTVカメラから入力された画像をディスプレイでモニタしながら登録ファンクショ

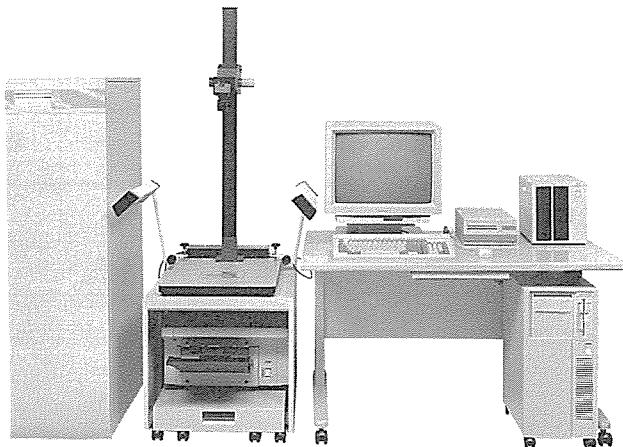


図1. 写真ファイリング装置の外観

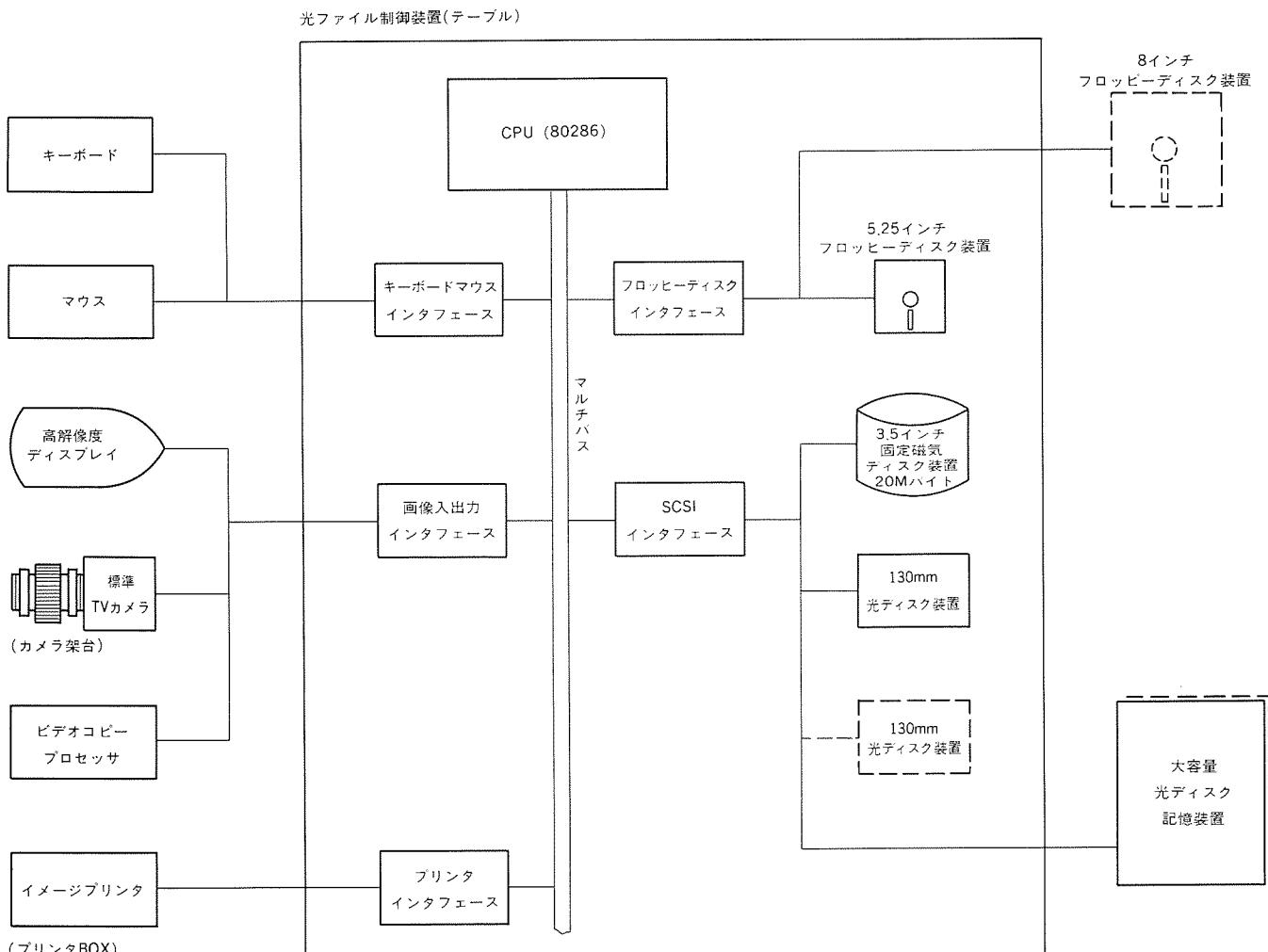


図2. 写真ファイリング装置のブロック図

表1. 写真ファイリング装置の構成品別仕様

番号	構成品名	仕 様	外形寸法(mm) (W×D×H) 重量(kg)	消費電力 (kVA) (AC100V)
1	大容量光ディスク記憶装置	①総容量 90Gバイト ②光ディスク 130mm 追記型 ③ドライブ数 2台 ④光ディスク 装着時間 平均12.5秒	387×700×1,400 200	0.5
2	光ファイル制御装置	①CPU 80286(8MHz) ②固定ディスク 3.25"20Mバイト1台 ③フロッピーディスク 5.25"1Mバイト1台 ④光ディスク 130mm 600Mバイト1台 ⑤その他 画質改善処理 拡大処理(×2)	270×430×600 60	0.5
3	TVカメラ	①摄像素子 780×490CCDモノクロ ②ビデオ記号 NTSC 1.0Vp-p ③その他 写真押え機能付き	カメラ 本体 63×37×102 7	0.4
4	TVモニタ	①ブラウン管 20"横型モノクロ ②解像度 1,228×1,212×8ビット	480×496×512 30	0.2
5	ビデオプリンタ	①解像度 約512×470ドット ②プリントサイズ 約100×45mm ③プリント速度 約30秒 ④プリント紙 純紙	212×360×113 8	0.1
6	プリンタ	①プリント方式 レーザ電子写真式 ②用紙 A4/B4 普通紙 ③プリント密度 400DPI(ドット/インチ)	500×520×300 40	1.0
7	キーボード	キー配列 JIS 104個	464×192×35	—
8	マウス	スイッチ数 2ボタン	—	—
9	プリンタBOX	構造 プリンタ収納	700×800×550 62	—
10	テーブル	—	1,200×800×700 35	—

表2. 写真ファイリング装置の仕様

番 号	項 目	仕 様	備 考
1	写真データ	①1画面当たりの画像データサイズ 512×512画素×8ビット(階調) ②大容量光ディスク記憶装置1台当たりの収容量 36万画面 ③最高取扱可能画面数 72万画面	大容量光ディスク記憶装置 2台実装時
2	タイトル仕様	①タイトル数 12項目 100けた ②タイトル一括入力 フロッピーディスクから可能	
3	検索仕様	①論理検索/直接検索 一致、範囲、あいまい検索が可能 ②直接検索	
4	入出力仕様	①画像入力 NTSC標準カメラ入力 ②画像出力 NTSC標準モニタ出力 (TVモニタ及びビデオプリンタ用) 画像出力時には階調補正が可能	
5	検索時間	検索キー入力後モニタ出力まで 5~20秒(直接検索時)	光ディスク装填時間も含む
6	拡張性	①大容量光ディスク記憶装置 2台まで拡張可能 ②ホストインターフェース(オプション) GPIB RS-232C DDX-C DDX-P LAN (IEEE802.3)	2台はオプション

ンキーを押すことにより行う。検索時には、キーボードからタイトルキーを入力して検索キーを押せば、直ちに該当写真の画像がディスプレイに表示される。

写真をファイリングするシステムとして設計されているため、入

力機器としては標準カメラ、ハードコピー出力機器としてはビデオコピープロセッサが使用されている。NTSC規格のビデオ信号の出入力機器であれば他の機器も接続可能である。例えば、入力機器としてはITV、VTR、VHD、出力機器としてはTVモニタ、VTRなどを接続することが可能となっている。

大容量光ディスク記憶装置は、90Gバイト仕様のもの2台まで接続可能であるが、ファイリング対象写真が少なければ34Gバイトのもの1台のみ接続することも可能である。大容量光ディスク記憶装置のレパートリとそれぞれのファイリング仕様を表3に示した。

光ファイル制御装置に内蔵されている光ディスク装置は、管理データ専用に使用され、固定磁気ディスクに作成されるインデックスファイルとともに検索の高速化、信頼性の向上及び機器の小型化を達成している。

表3. 接続可能な大容量光ディスク記憶装置と総ファイリング容量

番号	総容量	大容量光ディスク記憶装置 34Gバイトタイプ	収容写真枚数 90Gバイトタイプ (512画素×512画素/枚)	備 考
1	34Gバイト	1台	—	13.5万枚 68Gバイトへの 増設可能
2	68Gバイト	2台	—	27万枚
3	90Gバイト	—	1台	36万枚 180Gバイトへ の増設可能
4	180Gバイト	—	2台	72万枚

3. 写真ファイリング装置の特長

この装置はファイリング装置が満たすべき三つの要件、すなわち操作性、写真検索の高速性及び省スペース性を満足すべく多くの工夫がなされている。

3.1 操作性

(1) 文字と画像の画面内同時表示

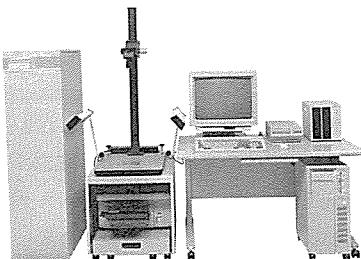
1,228×1,212ドット高解像度多値型ディスプレイを採用し、メニューやタイトルなどの文字情報のほかに、ファイリングされた写真を256階調の多値画像として最大2枚まで同一画面内に同時表示できるようにした。これにより、ファイリングされた全情報を同時にモニタすることを可能にした。(図3参照)

(2) 写真登録作業の簡便性

光ディスクを用いたいわゆる“電子ファイリング装置”が、数多くの画期的な特長を持ちながら今一つ普及しない理由として、登録作業の煩雑さが挙げられる。この装置は写真の入力手段として、スキャナ入力方法を採用せずカメラ入力方式を採用しているため、入力された画像をモニタしながらサイズ、絞り、ピントなどの調整が可能であり、ファンクションキーによるワンタッチ操作のみで、モニタしている画像がそのままファイリングされる。また、検索時に使用されるタイトルキーの一部を、あらかじめ個々の光ディスクの識別用コードとして割り付けることができるため、登録の際にタイトルキー入力をを行うと同時に、ファイリング対象光ディスクが自動的に選択されるようになっている。したがって、一般の汎用ファイリング装置のようなキャビネットのオープン／クローズ作業が不要である。さらに、タイトル一括入力機能を利用すれば、登録時には最低限のタイトルキーのみ入力し、残りのタイトルキーはフロッピーディスクなどを利用してまとめて登録することが可能である。

(3) あいまい検索

あいまい検索機能は、汎用の文書ファイリング装置としては常識



マウス
左ボタン
コントラスト調整

F1 登録
F2 検索
F3 更新
F4 拡張
F5 *
F6 フロッピーディスク検索
F7 ビデオコピー
F8 ビデオコピー対象切換
F9 *
F10 倍率変更
F11 顔写真表示切換
F12 次の検索
F13 *
F14 前の人
F15 検索結果一覧表

タイトル表

No	タイトル名	タイトルキー名	タイプ1	タイプ2	桁数
1	マンナンバ	8 7 8 7 0 0 1 0 0	数値	固定	9
2	姓	シャシン	文字	可変	10
3	名	ファイリング ソウチ	文字	可変	10
4	生年月日	3 6 2 1 1 0 5	数値	固定	7
5	性／身長	0 1 5 0	数値	固定	4
6	免許証番号		数値	固定	12
7	部門コード	2 5 1 0 0 0	数値	固定	6
8	入社年月日		数値	固定	6
9	電話番号(1)	4 4 1 1 5 5	数値	固定	6
10	電話番号(2)		数値	固定	6
11	電話番号(3)		数値	固定	6
12	その他(漢字名)	写真 ファイリング 装置	漢字	可変	10

ビデオコピーの枚数を入力して下さい。
入力エリア:

88-04-01 21:57
S7 年度登録 コピー対象:左右

図3. 写真ファイリング装置の表示例

表4. 論理検索記号

検索手法	検索記号	概略説明
一致検索	= (又は無し)	キーが一致した項目を検索 (例) <u>1234</u> (又は <u>1234</u>) 1234に一致する項目
大小比較検索	<	キーが指定した項目以下の項目を検索 (例) <u><1234</u> 1234に等しいかそれ以下の項目
	>	キーが指定して項目以上の項目を検索 (例) <u>>1234</u> 1234に等しいかそれ以上の項目
範囲検索	@-, -	範囲の上限キーと下限キーを指定し、その範囲に入る項目を検索。上限キーと下限キーはカンマ(,)で区切る。 (例) @ <u>1234</u> , <u>5678</u> 1234～5678の項目
フリーワード検索	@	@の後に指定したキーを含む項目を検索 (例) @ <u>ABC</u> ABCという項目を含む項目
後方一致検索	*	*の後に指定したキーと一致した項目を検索 (例) * <u>ABC</u> ABCで終わる項目
前方一致検索	*	*の前に指定したキーと一致した項目を検索 (例) <u>ABC</u> * ABCから始まる項目
部分一致検索	?	指定したキーでクエスチョン(?)以外の項目が一致した項目を検索 (例) <u>12?4</u> ?の前が12で?の後が4の項目
論理和検索(タイトルキー内)	,	キーで指定した項目は、カンマ(,)で区切ると一致した項目のみ論理和検索 (例) <u>123, 456, 789</u> 123又は456又は789の項目

となっているが、この装置では表4に示すような、あいまい検索機能を持っており文書ファイリング装置並の柔軟な検索が可能である。

(4) 階調補正機能

登録に使用された原写真は、必ずしも最適の輝度、最適のコントラストであるとは限らず、また登録時の照明やレンズ絞りの設定によっても、光ディスクに登録された画像がベストな状態でない可能性がある。又は、表示時に全体をわざと明るくして暗い部分の様子を調べたり、逆のケースも考えられる。この装置ではマウスを利用した階調補正機能を利用して全体の輝度やコントラストを自由自在に変えることができ、目的に応じて最適の階調でモニタが可能である。さらに、この階調補正機能はビデオコピープロセッサへのハードコピー出力にも有効である。図4に階調補正したビデオコピー出力例を示した。

3.2 検索の高速性

(1) インデックスファイルによる高速検索

検索時のタイトルキー入力から画像表示までの時間を最短にするため、この装置では全光ディスクを対象としたタイトルキー別インデックスファイルを作成している。したがって、全光ディスクを対象とした検索（いわゆる、キャビネットスルーバー検索）も瞬時に行うことが可能である。例えば、大容量光ディスク記憶装置の光ディスク装置に該当ディスクが存在する場合、この装置の最大登録件数(30万件)の登録時でも、タイトルキー入力から画像表示終了までの所要時間は約5秒（直接検索時）であり、大容量光ディスク記憶装置のスロットから光ディスクを取り出す場合でも、上記の所要時間は20秒となっている。

(2) 取り出し／格納の並行動作

大容量光ディスク記憶装置におけるスロットー光ディスク装置移動時間は検索時間を長くする大きな要因となるが、この装置では大容量光ディスク装置内の2台の光ディスク装置を有効に活用し、常に最短時間で光ディスクの移動が行えるような制御方法を採っている。

3.3 省スペース性

(1) 光ファイル制御装置

この装置の中核部である光ファイル制御装置はフロッピーディスク装置、固定磁気ディスク装置を各1台、及び光ディスク装置を2台まで内蔵できるにもかかわらず、27cm(幅) × 60cm(高さ) × 43cm(奥行)と極めて小型であり、またJISサイズの事務机の下側に格納できるよう配慮されているため、実使用時の省スペース効果が大きい。

(2) 大容量光ディスク記憶装置

130mm光ディスクを採用することにより、大容量光ディスク記憶装置は90Gバイトという記憶容量にもかかわらず、非常にコンパクトなサイズとなっている。

4. 信頼性

半永久的な保管を目的とするファイリング装置では、記憶されたデータの信頼性の確保が重要な使命となる。この装置で使用している光ディスクの媒体自身の信頼性は表5のとおりである。実質上の誤り率 10^{-12} は記憶媒体として十分な数値であり、また再生寿命10年も実用的に十分であるが、この装置では更に信頼性を高めるための諸施策を探っている。

(1) 管理情報の多重記憶

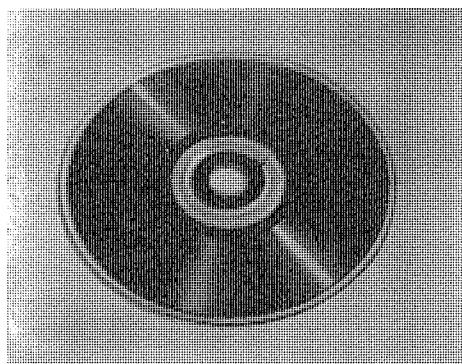
ファイリングされた画像の検索タイトルキーや、光ディスクへの格納アドレスなどの管理情報は、画像再生のための重要なデータであり、1ビットでも損なわれれば画像再生が全くできなくなる可能性がある。この装置では記録媒体自身に管理情報を二重記録するだけでなく、管理情報のみを記録する管理用光ディスクを設けてこのディスクにも二重記録を行い、装置全体として四重記録を行っている。固定磁気ディスクには、管理情報を記録せずにインデックスファイルのみとしているので、固定磁気ディスク容量を不要に大きくする必要がなく、また万一CPUの暴走などが起きても管理情報の破壊が起きる心配はない。したがって、固定磁気ディスクのインデックスファイルがたとえ破壊されても光ディスク上の管理情報からの再生成が可能である。

(2) 停電対策

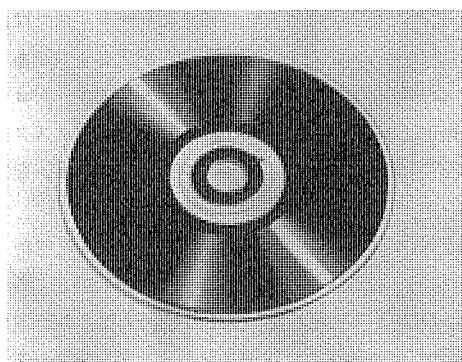
ファイリング装置に限らずデータを取り扱う装置は、停電時のデータ保護に配慮する必要があるが、当然ながらこの装置も、登録中又は登録済データの更新中に突発的な停電が生じても、再通電時に

表5. 光ディスクの信頼性

番号	項目	保証値
1	媒体誤り率	5×10^{-5}
2	誤り訂正後誤り率	10^{-12}
3	媒体期待寿命(記憶)	5年
4	媒体期待寿命(再生)	10年



(a) 補正前



(b) 補正後

図4. 階調補正出力例

復旧処理を行うようプログラムされている。

5. 伝送インターフェース

システム化されたファイリング装置では、中央にファイルサーバを置き、これに対して複数の端末を接続する比較的小規模なものから、複数のファイルサーバを分散配置する大規模な分散型システムまで種々のシステム形態が考えられる。いずれの場合も、データを高速で伝送する伝送ネットワークが不可欠であるが、この装置は比較的小規模なシステムで、この装置がファイルサーバ又は端末のいずれにもなり得るローカルエリアネットワークインターフェースを搭載可能である。この場合、この装置は内蔵のデータマネージメントシステムを使用することになるが、より大規模なシステムではネットワーキング及びデータマネージメントをホストマシンにゆだね、この装置自身はファイルサーバのみとして機能するためのホストインターフェースも備えており、種々のシステム形態に対応可能である。また、一般の公衆回線で高速のモ뎀を使用した伝送も可能であり、画像の圧縮データを伝送すれば実用にたえる画質の画像を、1分以内の比較的短時間で手軽かつ安価に遠隔地まで送ることができる。また、非圧縮の画像でも数分で伝送可能であるため、圧縮画像をサーベイに使用し必要画像を特定した上で非圧縮画像を伝送するなどの使用法が可能である。

6. むすび

130mm光ディスクを採用した写真専用のファイリング装置について解説した。

この装置は手配写真の検索装置として既に兵庫県警察本部殿に納入されており、事件発生後に容疑者写真の第一線への配付のスピードアップに貢献することが期待されている。

鹿庭俊彦* 藤永隆史*
吉富洋己* 本山信久*

マルチ ワークステーションM3300シリーズの光ディスクシステム

1. まえがき

光ディスクは大容量で取り外しができ、ほこりや傷に強く、持ち運びが容易で、しかもビット当たりの価格が安いといった非常に多くの特長を備えている。これらの特長により光ディスクは、パソコンから汎用コンピュータまで、幅広い利用が広まりつつある。

このような状況のもとに、三菱マルチ ワークステーションM3300シリーズ(以下、MWSと呼ぶ)に130mm追記型光ディスク装置、又は大容量光ディスク装置(オートチェンジャ機構付き)を接続したMWS光ディスクシステムを開発した。

MWS光ディスクシステムは、光ディスクの特性を生かしたイメージ文書の編集・登録・検索を主体にした光ディスク文書処理システム《Multi ODF》を実現した。《Multi ODF》はこれまで専用機上で実現されていた光ディスク電子ファイリングシステムを多機能ワークステーション上に実現したものである。MWSの持つホストコンピュータの端末としての機能、OAソフトウェアの実行機能、ユーザーアプリケーションプログラムによるオフィス業務処理などの機能と同時に実行することができる。

この論文では、光ディスク応用システムとしての《Multi ODF》の特長、機能、実現方式について述べる。

2. 特長

《Multi ODF》の特長は次のとおりである。

- (1) MWSのOA機能の一つとして位置付けられる。すなわち、従来の文書ファイリング専用システムとは異なり、ホストコンピュータの端末として使用しているMWSや、ユーザー-applicationプログラムで通常の業務処理を行っているMWSに光ディスク装置を接続することで、簡単に電子ファイリング機能を使用することができる。
- (2) コードデータの格納も可能である。誤り率 10^{-12} 以下の高信頼性光ディスクの使用によりイメージキャナから入力したイメージデータだけでなく、統合文書処理ソフトウェア“A1・MARK II”的文書ファイルや、通常の業務データなどのコードデータの格納も可能である。
- (3) 三菱統合OAシステム《DIATALK/DS》による電子キャビネットシステムと親和性のある操作方法を実現した。統合OA処理の

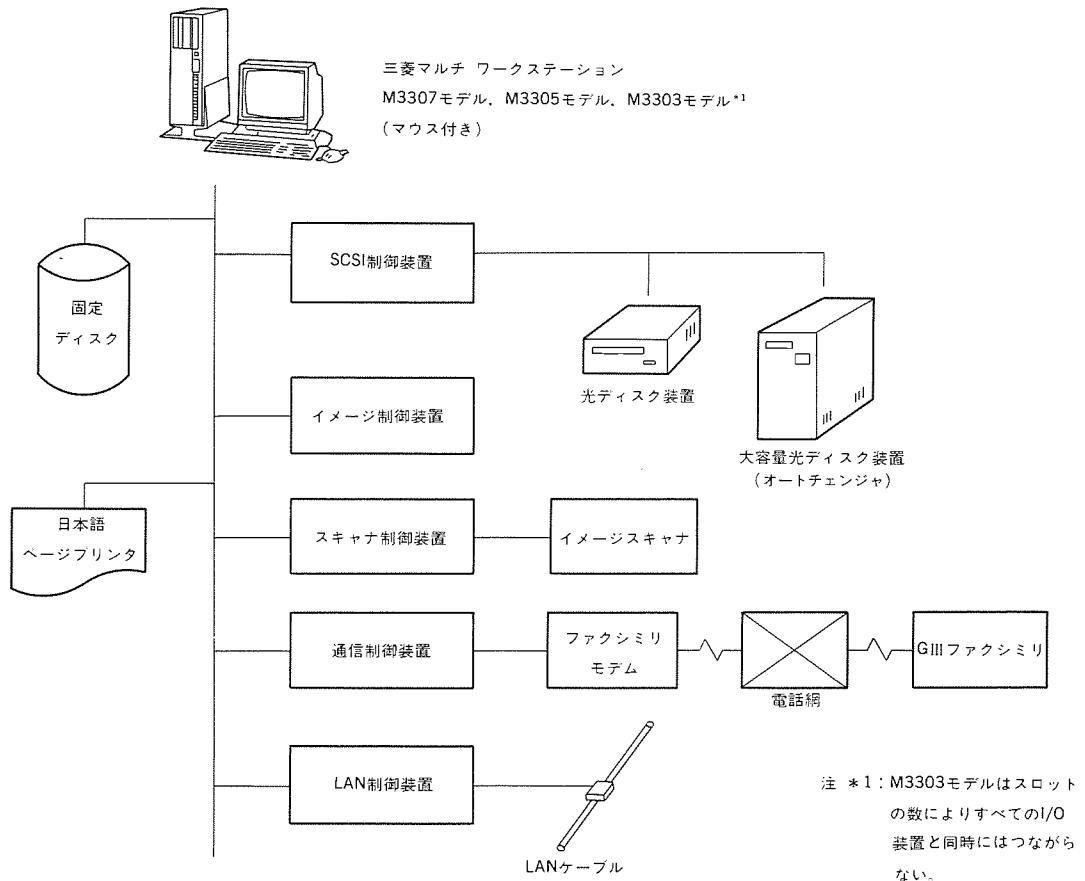


図1. MWS光ディスクシステム ハードウェア構成

操作画面より、光ディスクキャビネット処理へワンタッチで移行することができ、また画面のウインドウ形式、アイコンの形を同一にして操作方法を共通にした。

(4) LAN接続による光ディスクキャビネット機能の水平分散化を実現した。当社のCSMA/CD方式のバス型LAN“OA-LAN”の上に接続されたMWS同士で、光ディスク装置を持つキャビネットサーバーステーションに対し、最大8台のリクエストステーションから同時にアクセスができる。

(5) 強力なイメージデータ加工機能を装備している。イメージスキャナから入力した原稿をそのまま登録するだけでなく、イメージ制御装置を使用して加工・編集することができる。イメージデータの加工機能は、コピー、白黒反転、消去、回転、拡大／縮小、作図、文字描画、他イメージデータとの合成などをサポートしている。

(6) 光ディスクに格納してある文書をそのままファクシミリへ出力することができる。

3. システム構成

3.1 ハードウェア構成

光ディスクシステムの標準的なハードウェア構成を図1に示す。

3.1.1 本体装置：M3300シリーズ

MWSはCPUにi80386、又はi80286を使用し、主記憶10Mバイトまで拡張できる高性能、高機能ワークステーションである。四つのジョブを同時に実行でき、通信処理、OA処理、業務処理を同時に並行処理できる。

3.1.2 光ディスク装置

光ディスク装置はMWSにSCSI (Small Computer System Interface) で接続される。SCSIはANSI (米国規格委員会) により標準化されたホストアダプタと制御装置とのインターフェースである。光ディスク装置は大容量光ディスク装置内の駆動装置を含めて最大4台接続することができる。

3.1.3 入力装置：イメージスキャナ

イメージスキャナは原稿をイメージデータとして取り込む装置である。MWSに接続するイメージスキャナの特長は次のとおりである。

る。

- (1) 4種類の解像度が選択可能
- (2) シートのみならずブック状の原稿も読み取り可能
- (3) 読取り濃度、白黒2値、疑似中間調の指定が可能

3.1.4 出力装置：ページプリンタ

イメージ出力装置としてB4サイズのカット紙を扱うことができる電子写真方式の日本語ページプリンタ (JPP) をサポートしている。JPPの特長は次のとおりである。

- (1) 240dpiの高解像により鮮明で美しい印字品質を実現
- (2) 液晶シャッタによる電子駆動方式を採用し、低騒音化を実現
- (3) 当社の日本語シリアルプリンタとの互換性を実現

3.2 ソフトウェア構成

『Multi ODF』はMWSのオペレーティングシステムである拡張日本語コンカレントCP/M-86のもとで、図2に示すソフトウェア群から実現される。

3.3 運用形態

『Multi ODF』では、利用規模に応じたシステムを構築できるように次に述べる二つの運用形態を実現している。

3.3.1 スタンドアロンシステム

個人、又はオフィスの課レベルの小グループ単位の文書ファーリング機能を実現するものである。

3.3.2 水平分散システム

水平分散システムはスタンドアロンシステムを当社のCSMA/CD方式のバス型LANである“OA-LAN”を介して機能分散させた形態であり、事業所、部のような中グループ単位の使用を考慮したシステムである(図3)。次の2種類のステーションで構成される。

(1) 光ディスクサーバステーション (ODSS)

光ディスク装置、又は大容量光ディスク装置(オートチェンジャー機構付き)を接続したMWSで、リクエストステーションからの要求を受けて光ディスク内の文書、ファイルの入出力を行う。

(2) 光ディスクリクエストステーション (ODRS)

ODSSとセッションを張り、オペレータの要求に応じて文書、ファイルのアクセス要求を出し、当該ODSSとの間で送受信を行う。

表1. マルチワークステーションの諸元

項目	仕様	
本体装置	M3303/M3305 CPU 主記憶 固定ディスク	i80286(8/12MHz) 2~6Mバイト 20~110Mバイト i80386(16MHz) 2~10Mバイト 40~260Mバイト
スキャナ	解像度 入力原稿 入力時間 入力方式	180,200,240,300ドット/インチ 最大A4(210mm×297mm) 15秒(A4, 200ドット/インチのとき) CCDによる原稿固定読み取り
プリンタ (日本語ページ プリンタの場合)	方式 解像度 用紙サイズ 印字速度	乾式電子写真方式 180, 240ドット/インチ A4, B4(両用紙) A4 8枚/分
CRT	画面サイズ 解像度	14インチ横型(カラー、モノクロ) 1120×756ドット
マウス		2ボタンメカニカル方式

表2. 光ディスク装置の諸元

項目	仕様	
光ディスク装置	接続台数 データ転送速度 データエラーレート 平均アクセス時間 外部インターフェース	最大4台 1.5MBps(最大) 10 ⁻¹² 以下(エラー訂正後) 100ms以下(回転待ち: 83ms シーク: 17ms) SCSI(Small Computer System Interface)
光ディスク	直径 カートリッジ 構造 基板 セクタ長 セクタ数 トラック数 ユーザー容量	130mm 2枚はり合せ、片面又は両面記録膜 プラスチック 521バイト/セクタ 31セクタ/トラック 18,750トラック 片面: 300Mバイト、両面: 600Mバイト
大容量光ディスク装置	枚数 (オートチェンジャー) 容量 駆動装置 ディスク使用面	56枚タイプ/152枚タイプ 34~91Gバイト 1台タイプ/2タイプ 片面タイプ/両面タイプ

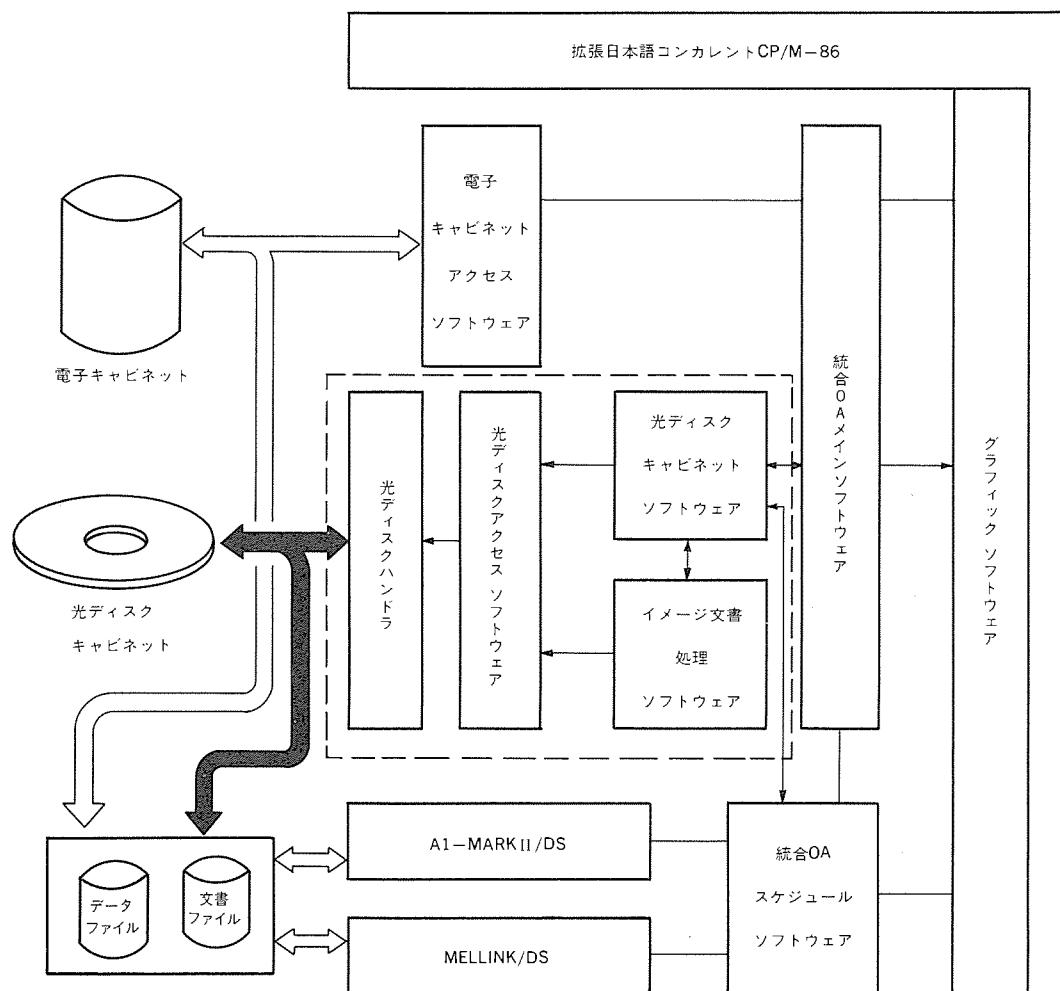


図2. 《Multi ODF》ソフトウェア構成

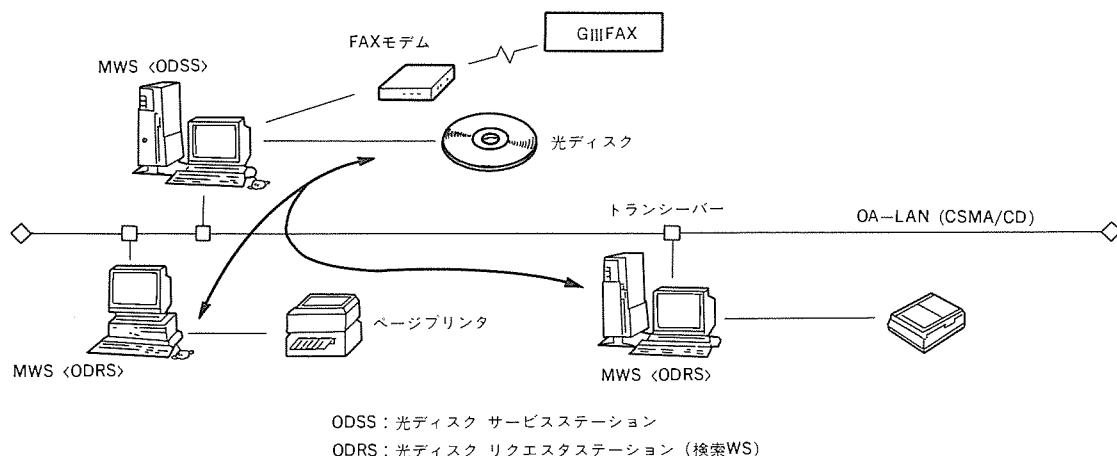


図3. 水平分散システム構成

ODSSとODRSは“OA-LAN”システムソフトウェア《Multi Bind-L》のアプリケーション通信機能(WS/API)を利用してコマンド及びデータの送受信を行っている。機能の分散化により、水平分散システムには次のような特長がある。

- (a) 光ディスクシステムの拡張が容易となる。すなわち、ODSSやODRSを新たにLAN上に接続するだけで処理の増大に応じることができる。
- (b) 1台のODSSに対して複数台（最大8台）のODRSを接続する

ことができ、また、それぞれのODRSではあたかもスタンドアロンシステムを使っているかのように処理できる。

4. 《Multi ODF》の機能

4.1 ドキュメント管理体系

何千～何万ページという大量の原稿を1枚で保存できる光ディスクにおいては、複数ページを一つの“ドキュメント”として、更にそれを幾つかまとめて分類しておくことは当然必要なことである。

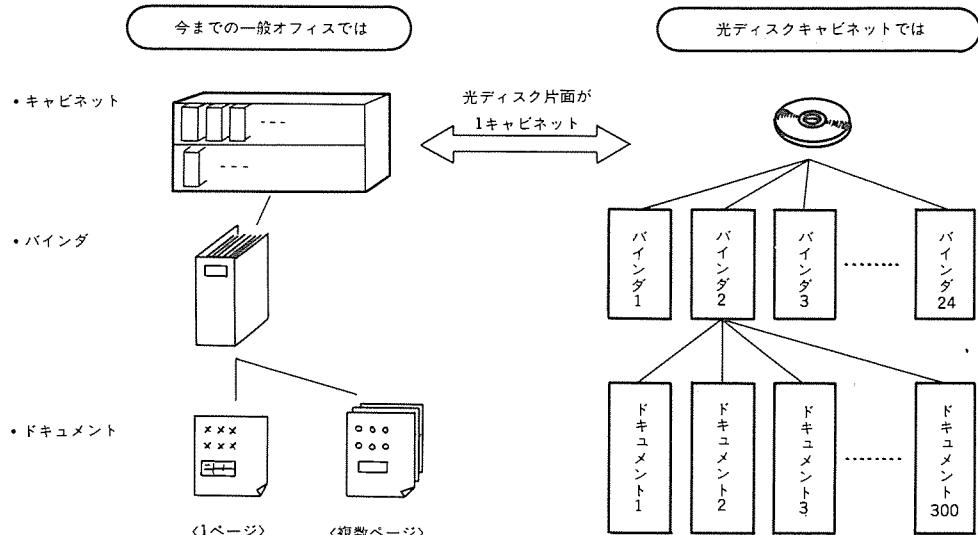


図4. ドキュメント管理の概念図

表3. 光ディスクキャビネットの仕様

項目	仕 様
光ディスクキャビネット(片面)	300Mバイト
管理階層	キャビネット/バインダ/ドキュメント
バインダ数	最大 24バインダ/キャビネット
ドキュメント数	最大 300ドキュメント/バインダ
ページ数	最大 500ページ/ドキュメント
総ドキュメント数	最大 6,000ドキュメント/キャビネット
総ページ数	約6,000ページ/キャビネット*

*印:A4 200dpi イメージ圧縮データ換算(50Kバイト/ページ)

表4. 光ディスクキャビネットの処理機能

機 能	内 容
1 キャビネット機能	① キャビネット一覧表示 ② キャビネット属性表示 ③ キャビネット属性変更 ④ キャビネット生成 ⑤ キャビネット削除 ⑥ キャビネット複写 ⑦ キャビネット
2 バインダ機能	① バインダ一覧表示 ② バインダ属性表示 ③ バインダ属性変更 ④ バインダ生成 ⑤ バインダ削除 ⑥ バインダ印刷
3 ドキュメント機能	① ドキュメント一覧表示 ② ドキュメント登録 ③ ドキュメント検索 ④ ドキュメント取り出し ⑤ ドキュメント削除 ⑥ ドキュメント複写 ⑦ ドキュメント属性表示 ⑧ ドキュメント属性変更
4 機密保護	パスワード

このことは実際のオフィスで文書や書類を分類して、バインダにとじ、キャビネットに整理することと同じである。また、文書の検索を効率良く行うためにも文書の管理を体系化することが重要となる。

《Multi ODF》では、光ディスクに書き込むデータをキャビネット/バインダ/ドキュメントの3階層で管理している。すなわち、原稿の1枚に相当する“ページ”，複数のページからなる“ドキュメント”，系統の似たドキュメントを複数個集めた“バインダ”，複数個のバインダを管理する“キャビネット”という体系である。図4にドキュメント管理の概念図、表3に光ディスクキャビネット仕様を示す。光ディスク片面300Mバイトが一つのキャビネットである。

4.2 光ディスクキャビネット機能

ドキュメントの管理体系に基づいて《Multi ODF》では、表4に示すようなファイリングに必要な機能を用意している。これらの機能を使用することによって、イメージ文書処理プログラムで作成したイメージ文書ファイル、統合化ソフトウェア“A1.MARKII”で作成した文書ファイル、また通常のデータファイルをドキュメントとして、光ディスクキャビネットにファイリングすることができる。また、これらの機能は画面上に表示されたウィンドウ内のアイコンやボタンをマウスで指定することで処理を実行することができる。キーボードをたたくのは文書名や検索キーを入力する場合だけである。

次に、ファイリング処理において不可欠な機能であるドキュメントの登録と検索について概要を述べる。

4.2.1 ドキュメントの登録

ドキュメントの登録手順を示すと次のようになる。

(1) キャビネットの指定

ドキュメントを登録するキャビネットをキャビネット一覧画面から選択して指定する。ここでバインダ一覧が表示される。

(2) バインダの指定

ドキュメントを登録するバインダをバインダ一覧から選択する。

(3) ドキュメントの登録 (図5)

ドキュメントの各ページ(原稿)をイメージスキャナから入力す

The screenshot shows a software interface for document registration. At the top, there's a menu bar with '操作' (Operation), '表示形式' (Display Format), 'O A ソフト' (O A Soft), 'オプション' (Options), and 'ODCAB'. Below the menu, there's a toolbar with icons for 'ライ' (Save), '開' (Open), '新規' (New), '保存' (Save), '貼り付け' (Paste), '剪切' (Cut), '複数貼り付け' (Multiple Paste), and '通常登録' (Normal Registration). The main area is titled 'ドキュメント登録' (Document Registration). It has fields for 'ドキュメント名' (Document Name) and 'ローカル・ファイル名' (Local File Name). There are also fields for 'バスクード' (Barcode), 'コメント' (Comment), '作成者名' (Author Name), 'ソフト名' (Software Name), and '廃却予定期' (Disposal Date). Below these, there's a table for 'キーワード項目名' (Keyword Item Name) and 'キーワード' (Keyword), with columns for '属性' (Attribute) and '桁数' (Digit Number). The table rows include: 1. 所在都道府県 (Prefecture): 東京 J 10; 2. 所在都市 (City): 東京 J 20; 3. 支社OR営業所 (Branch Office): (支社) J 5; 4. 売上状況 (Sales Status): (2000000) N 10; 5. 伝票枚数 (Bill Count): (300) N 8; 6. (Blank) - --. At the bottom right are buttons for '実行' (Execute), '中止' (Cancel), and '戻る' (Back).

図5. ドキュメント登録画面例

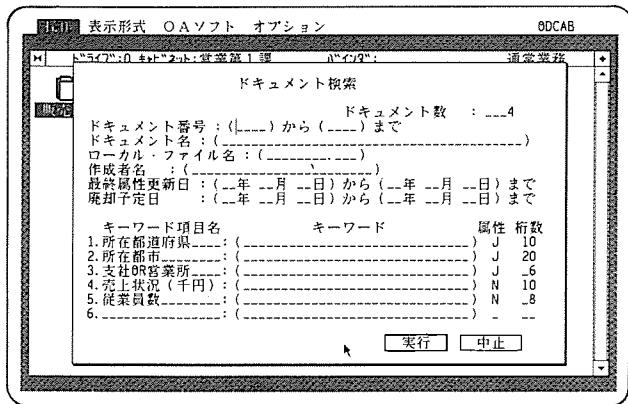


図 6. ドキュメント検索画面例

表 5. 検索キーのマッチング方式

機能	説明	使用例
完全一致	キーワードに完全に一致するものを検索する。	三菱電機
前方一致	キーワードの前半部が一致するものを検索する。	三菱*
後方一致	キーワードの後半部が一致するものを検索する。	*電機
中間一致	キーワードの中間部が一致するものを検索する。	?菱電?
完全あいまい	当該項目がすべて検索対象となる。	*
範囲指定	指定したキーワードの範囲内のものを検索する。	1980<1988
以上指定	指定したキーワードの値以上のものを検索する。	1980<
以下指定	指定したキーワードの値以下のものを検索する。	<1988

注? : 1文字のあいまいを表す。

*: 2文字以上のあいまいを表す。

る。全ページ入力後、ドキュメントの属性としてドキュメント名、作成者名、パスワード、コメント、キーワード（最大6項目まで指定可能）などを入力する。これらの項目はドキュメント検索時のキーとなるが、すべてを指定する必要はない。

4.2.2 ドキュメントの検索

ドキュメントの検索は利用者が指定した検索キーに合致したドキュメントをキャビネットから選び出してきて、画面にその一覧を表示する機能である（図6）。《Multi ODF》では検索キーとして次のものがある。

①ドキュメント番号、②ドキュメント名、③ローカルファイル名、④作成者名、⑤最終属性更新日、⑥廃却予定日、⑦キーワード

これらの検索キーについてはすべてを入力する必要はなく、また表5に示すようなあいまい検索や範囲指定が可能である。

4.3 イメージ文書処理機能

文書をファイリングするとき、スキャナから読み取った原稿をそのまま登録する場合もあるが、原稿の内容を少し修正したり、汚れを取りたり、別の原稿と合成したりすることも必要である。また、いったんドキュメントとして登録した文書においても、単に閲覧するだけでなく、ページの一部変更、別原稿との交換、削除、改訂といった編集を行うことにより一層有用性を増すことができる。

そこで、《Multi ODF》では文書のファイリング機能だけではなく、読み込んだ原稿に対して加工したり、文書を編集したりする機能を提供している。

表 6. 《Multi ODF》文書の編集機能

機能	説明
追加/挿入	文書の末尾に新たなページを追加する。 文書の任意の場所に新たなページを挿入する。
移動	文書中の1ページ若しくは連続した複数ページを同一文書内の任意の場所へ移動する。
交換	文書中の1ページを同一文書の別の1ページに入れ替える。
差し換え	文書中の1ページ若しくは連続した複数ページを削除しその後へ新たなページを追加挿入する。
改訂	文書中の1ページを新たな1ページと置き換える。旧ページを改訂版として保存する。改訂版は最大15版まで可能である。
削除	文書中の1ページ若しくは連続した複数ページを文書中から削除する。

表 7. 《Multi ODF》ページの加工・編集機能

分類	機能
コピー	画面上で、指定したく形領域を任意の位置へコピー、又は移動する。 コピー時、回転(90°単位)したり、拡大/縮小(1/4, 1/2, 2倍)することができる。
引用	イメージファイル、又はイメージキャスナから読んだイメージデータを切り取り、現在のページの任意の位置へコピーする。
反転	任意く形領域の領域内、又は領域外を白黒反転する。
消去	任意く形領域の領域内、又は領域外を消去する。
回転	任意く形領域を領域を90°単位(90, -90, 180°)に回転する。 く形領域の中心を回軸とする。
交換	任意く形領域間の交換を行なう。
文字描画	文字(AN, 漢字)をイメージデータ上に描画する。文字サイズ、ピッチ、字形、太さなどを指定することができる。また、データファイルから入力することも可能。
作図	四角形、円、だ円、直線、折れ線、多角形及び自由線を描くことができる。また、閉領域を指定のパターンでぬりつぶしたり、一部分を白でぬりつぶす(消しゴム機能)ことができる。

4.3.1 文書の編集機能

光ディスクキャビネットに登録したドキュメントに対して表6に

示す編集を行うことができる。編集はドキュメントを構成している各ページ単位に行う。

4.3.2 ページの加工・編集機能

文書中の1ページ、若しくはイメージスキャナで読み取った1ページに対し、イメージデータの加工、文字の書き込み、作図などを行うことができる。表7にページの加工編集機能の一覧を示す。これらの機能は画面上に表示されたイメージに対し、ドロップダウンメニュー や ウィンドウ内の項目、またアイコンをマウスで指定することで実行できる。

4.3.3 イメージ処理制御装置

イメージスキャナから読み取ったデータは解像度240ドット／インチ、A4サイズの原稿の場合約700Kバイトになり、データの多量さが、保存したり、加工したりする上で大きな問題である。この問題を解決するために、イメージデータ処理専用のハードウェアを内蔵している。このイメージ処理制御装置では専用のLSIによるデータの圧縮／伸張、また2Mバイトのイメージメモリを利用したイメージデータ間の合成、イメージデータとテキストの合成などを高速に行うことができる。

4.3.4 文書の出力機能

光ディスクキャビネットにファイリングされた文書を必要なときに、目的に応じた内容で出力するために次のような機能を備えている。

(1) 文書の閲覧

ドキュメントに対して“ページめくり”やページを指定しての表示、改訂版の表示ができる。拡大／通常／縮小の3段階表示が可能である。

(2) 文書の印刷

文書全体、又は指定ページを日本語ページプリンタに印刷する。

(3) ファクシミリ出力

文書全体、又は指定ページをファクシミリモデムを経由して電話網のファクシミリへ送信することができる。あて先（電話番号）は画面上で指定したり、電話帳ファイルから指示することが可能である。

5. 光ディスクデータ仕様

光ディスクの特性を生かすため、3段階に階層化したデータのフォーマット形式を定義している。

5.1 物理フォーマット

物理フォーマットは記録媒体としての光ディスクの物理的な特性に対して、デジタル情報の記録・再生を容易化、高信頼化することを目的としたフォーマットである。

5.2 論理フォーマット

論理フォーマットは当社130mm 追記型光ディスクカートリッジを情報交換媒体として使用するとき、異機種間での媒体互換性を保証するため、及び導入機種でのソフトウェアのインプリメントを容易にするため規定したものである。この規約では次のようにラベルとファイルの構成について規定している。

(1) 光ディスクカートリッジのボリューム管理、ファイル管理、ファイルの追記／更新／削除を行うためのラベル記録規定

(2) ファイルを構成するレコード及びブロックの基本的性質

(3) ファイル構成とファイルの記録方法

5.3 応用フォーマット

応用フォーマットは、光ディスクキャビネットシステムを構築するためには追記型光ディスクの特性を考慮して定義したものである。応用フォーマットは次の各ファイルによって構成されている。

(1) キャビネット属性ファイル (CPF)

キャビネットの属性を持つファイルで円盤片面に1個存在する。

(2) バインダ属性ファイル (BPF)

バインダの属性を持つファイルで、キャビネットに登録されているバインダの数のレコードが存在する。

(3) ドキュメント属性ファイル (DPF)

ドキュメントの属性を格納するファイルで、各バインダ単位に存在する。ドキュメントが登録されるたびにレコードが増加する。

(4) ドキュメントID定義ファイル (DIDF)

ドキュメントをキャビネット内の通番で管理するためのファイルである。ドキュメント検索を高速に行うために利用する。

ここで、これらの属性ファイルにより定義されるイメージ文書の管理方式について概要を述べる。イメージ文書はページで構成され、各ページはそれぞれ互いに独立したファイルである。各ファイルをドキュメント コンテンツ ファイル (DCF) と呼び、これらにページとしての属性を定義し、ドキュメントを構成するためのファイルをドキュメント定義ファイル (DDF) と呼ぶ。したがって、1ドキュメント (n ページ) は n 個のDCFと1個のDDFで構成される。この方式によりイメージ文書の編集処理、すなわちページの追加、挿入、差し換えなどがDCFの追加及びDDFの更新で実現することが可能となる。

6. む す び

以上、MWS光ディスクシステムの特長、機能、実現方式について述べた。光ディスク装置は、今後、低価格化が進み小規模電子ファイリングシステムとして、これまでの大企業の技術研究部門など特殊な利用だけでなく、一般のオフィス環境での利用が増えていくと思われる。また、パソコンやワードプロセッサなどの手軽な外部記憶装置として利用が拡大してゆくであろう。光ディスク媒体の標準化が望まれるゆえんでもある。

一方、オフィスなどの光ディスクファイルシステムによる資料の共有化が進むと、機密保護の問題がクローズアップされてくる。今後、セキュリティについては一層の機能強化を図ってゆかなければならない。

また、光ディスクシステムの構成機器としてOCR (Optical Character Reader) の導入が考えられる。ファイリング処理において問題となるのがドキュメントの登録処理であるが、高速なOCRを使用することにより、キーワード入力、原稿入力をスムーズにできるようになる。

今後、MWS光ディスクシステムとしてOCRとの連携を深めること、ホストコンピュータとの連携処理を強化することなどが課題である。

ミニコンピュータMXシリーズの光ディスク応用システム

山下武宏* 斎藤彰男**
神尾重幸* 伊藤隆夫**
阪上直人**

1. まえがき

1980年代前半にイメージ文書の保管・検索を目的としたスタンドアロン型の専用光ディスクシステムが出現したことによって光ディスクの実用化が始まり、最近では光ディスクの特長を生かした応用システムが増加しつつある。ミニコンピュータの分野でも光ディスクの下記のような特長を生かした大量データの保管・検索を必要とする図面管理、医療診断、気象・プラントなどの観測・監視などを中心としたシステムへの応用が広がりつつある。

- (1) 1枚当たり600Mバイト、装置当たり最大90Gバイトの大容量性
- (2) 10年以上の長期保存性

このような背景のもとに、ミニコンピュータMXシリーズ（以後、ミニコンと呼ぶ）の130MB追記型光ディスクシステムの開発を行い、昭和63年度から発売を開始した。この論文では、まず光ディスクシステムの概要について述べ、次に応用システム事例としてプラントデータの保管・業務支援システムである関西電力側向け発電プラントの運転記録編集装置について紹介する。

2. 光ディスクシステムの概要

2.1 開発のねらい

ミニコンで扱う図面／文書管理システムや医療診断システム、プラント監視／気象観測システムなどは、大量データの蓄積や柔軟なデータ検索、長期保存性、高信頼性などが要求されている。これらの要求にこたえるため、MXシリーズの光ディスクシステムの開発のねらいを次のとおりとした。

(1) 大量データの蓄積

制御装置に90Gバイトの大容量光ディスク記憶装置を最大7台接続できる。さらに、複数の制御装置を接続することにより1Tバイト（テラバイト）を超える大容量データの蓄積を可能とする。

(2) 柔軟で容易なデータ検索

多種多様な索引キーを、最大8個まで定義できるマルチキー構成

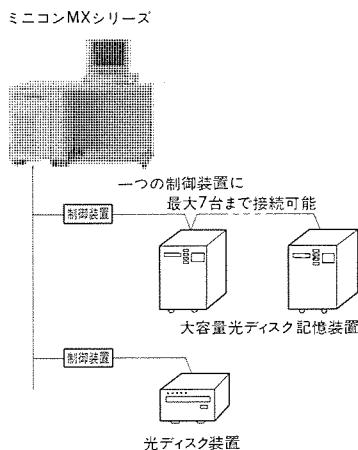


図1. ハードウェア構成図

とし、そのキーによる検索を行うことにより、柔軟で容易なデータ検索を可能とする。

(3) 高速なデータ検索とデータ読出し／書き込み

索引キーと各レコードの対応情報及び各レコード及びレコードIDの光ディスク内の物理位置・サイズなどの情報を磁気ディスクにより一元管理することにより、高速なデータ検索とデータ読出し／書き込みを可能とする。

(4) システムの高信頼性

光ディスクにデータ書き込み中に異常が発生しても、リカバリー機能により復旧可能とすることによって、システムの高信頼性を可能とする。

2.2 ハードウェアシステム構成

ハードウェアシステム構成は図1に示すとおりである。ミニコンには複数の制御装置が接続できる。さらに、各制御装置には最大7台までの光ディスク装置又は大容量光ディスク記憶装置が接続できるので大量データの蓄積を可能にしている。

2.3 光ディスクシステムの実現方式

光ディスクシステムにおけるソフトウェア基本構成は図2に示すとおりである。光ディスクアクセスサブルーチンと光ディスクユーティリティから構成され、それぞれは磁気ディスク上に構築されている光ディスク管理テーブルを使用して光ディスクをアクセスする。光ディスク管理テーブルは次の二つから構成される。第1はボリューム管理テーブルであり、システムで使用している全光ディスクのボリューム名称、及びそのスロット位置などの情報が管理されている。第2は論理ファイル管理テーブルであり、ボリュームごとに持つておりデータの読み出し／書き込みや検索に必要な情報が管理されている。

2.3.1 柔軟で容易なデータ検索

大量データを扱う場合、そのデータ検索の容易性及び柔軟性がシステムを構築する場合に非常に重要なキーポイントとなる。この光ディスクシステムの検索はキー検索により行っているが、次のような工夫をすることにより、更に柔軟で容易なデータ検索を実現している。なお、論理ファイル体系を図3に示す。

(1) 多様な索引キー

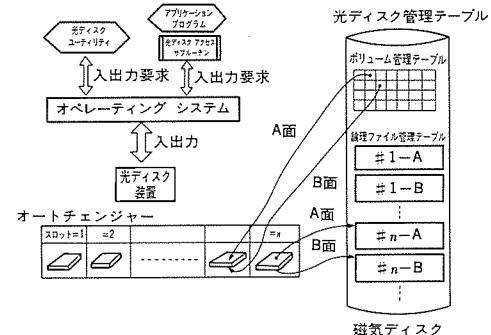


図2. ソフトウェア基本構成図

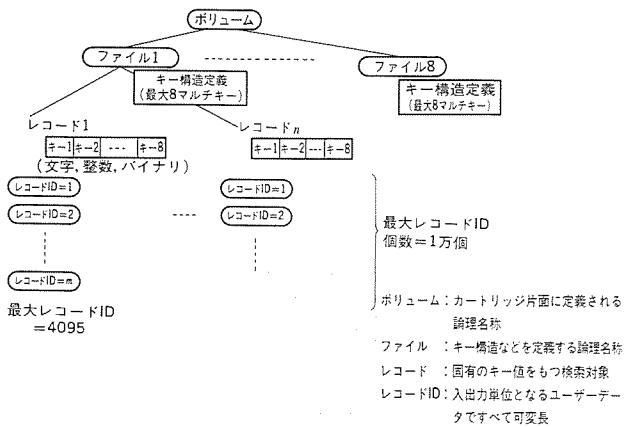


図3. 光ディスク論理ファイル体系

各索引キーは、整数、文字(漢字を含む)、バイナリの中から選ぶことができ、多様な索引キーが定義できる。

(2) マルチ索引キー

各レコードには最大8個までの任意の索引キーを持つことができる。これにより、例えば、日付、地名、時刻や各種制御コードなどの索引キーを付けることができ、容易なデータ検索を可能にしている。

(3) マルチバージョン機能

図3に示す論理ファイル体系で特長的なのは、レコードの下にレコードIDを設けたことである。レコードを更新する場合は、前のデータはそのまま残し、新しいデータが別のレコードIDとして追加される。これは、追記型光ディスクの特長を生かしたものであり、これによりマルチバージョン管理が可能である。

2.3.2 高速なデータ検索とデータ読み出し／書き込み

光ディスクに書かれたデータを読み出す場合、まず必要なデータを検索し、次にそのデータを読み出すという流れになる。特に大量データを扱う場合この一連の処理を高速に行うことが重要である。このシステムでは、次のような工夫をすることにより高速なデータ検索とデータ読み出し／書き込みを実現している。

(1) データ検索の高速化

データ検索の方法はキー検索で行っているが、指定されたキーに関連するレコードを検索する場合、図4に示すように磁気ディスク内にキー情報とレコードの対応表を持っており、これにより行っている。したがって、逐一光ディスクをアクセスする必要がなく、高速な検索を実現している。

(2) データ読み出しの高速化

上記検索の結果、レコード及びレコードIDを指定してデータ読み出

論理ファイル管理テーブル

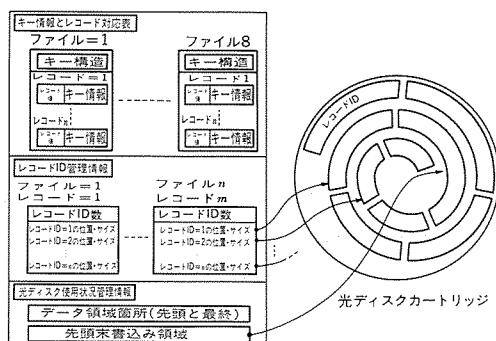


図4. 論理ファイル管理テーブルによる光ディスク管理方式

しを行うが、図4に示すように磁気ディスク内に各レコード及びレコードIDの物理位置・サイズなどの情報を管理しており、これを参照してデータ読み出しを行うので高速に実行できる。また、データの読み出し単位であるレコードID(サイズは書き込み時に任意に指定可能)は、書き込み時に光ディスク内の連続したブロック領域に書かれるので1回の読み出し動作で必要データの読みしが可能である。

(3) データ書き込みの高速化

図4に示すように、光ディスク内の未書き込み領域の先頭アドレス情報を磁気ディスク内に管理しており、これを参照して書き込み位置を知るため高速に書き込むことができる。また、同一レコードIDは光ディスク内の連続したブロック領域に書き込むようにしておらず、読み出し時の高速化を図っている。

2.3.3 システムの高信頼性

光ディスク管理テーブルを磁気ディスクで一元管理しているが、光ディスク書き込み中の障害などによって中断した場合、その書き込みデータの保証及び管理テーブルの内容との整合性を保証することが重要となる。このシステムでは、次のようにしてそれを保証している。

(1) リカバリー機能

通常は論理ファイル管理テーブル内の未書き込み領域先頭アドレスで示されている領域以降にはデータが書き込まれていない。しかし、光ディスクにデータ書き込み中に中断した場合、論理ファイル管理テーブルにメンテナンスされていない場合が起こり得る。このような場合に備えて、このシステムでは光ディスク使用開始時には、未書き込み領域先頭アドレス以降にデータが書き込まれているかどうかチェックし、万一書かれている場合には、リカバリー機能が自動的に働いて図5に示す光ディスク内のディレクトリ部及びデータ部の情報に基づいて論理ファイル管理テーブルがメンテナンスされる。

(2) データの書き込み保証

光ディスク内のディレクトリ部には、データの有効性を保証する識別子を設けてあり、万一光ディスクに書き込み中に中断した場合でも、どこまで正しく書かれているかが分かるので確実にデータの書

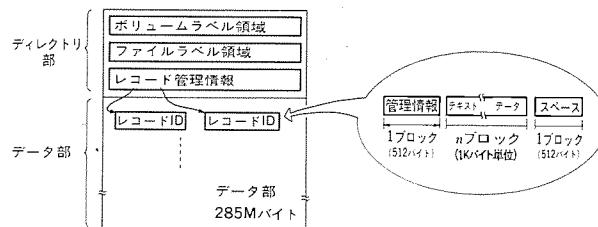


図5. 光ディスク内部フォーマット

込み保証が行われる。

3. 発電プラント運転記録編集装置の紹介

このシステムは、多量のプラントデータを複数ユニットの制御用コンピュータから一定周期で読み込み、そのデータを長期間保存し、そのデータを使用することにより、運転・補修・調査などの業務支援を行うものである。

従来は、過去のデータが必要になったときは印字記録用紙(例えば日誌)を倉庫へ取りにゆき、膨大な記録用紙の中から必要データを搜し出したのち、手作業で編集、解析業務を行っていた。これに対し、光ディスクを用いたことによって大量のデータの蓄積、保管

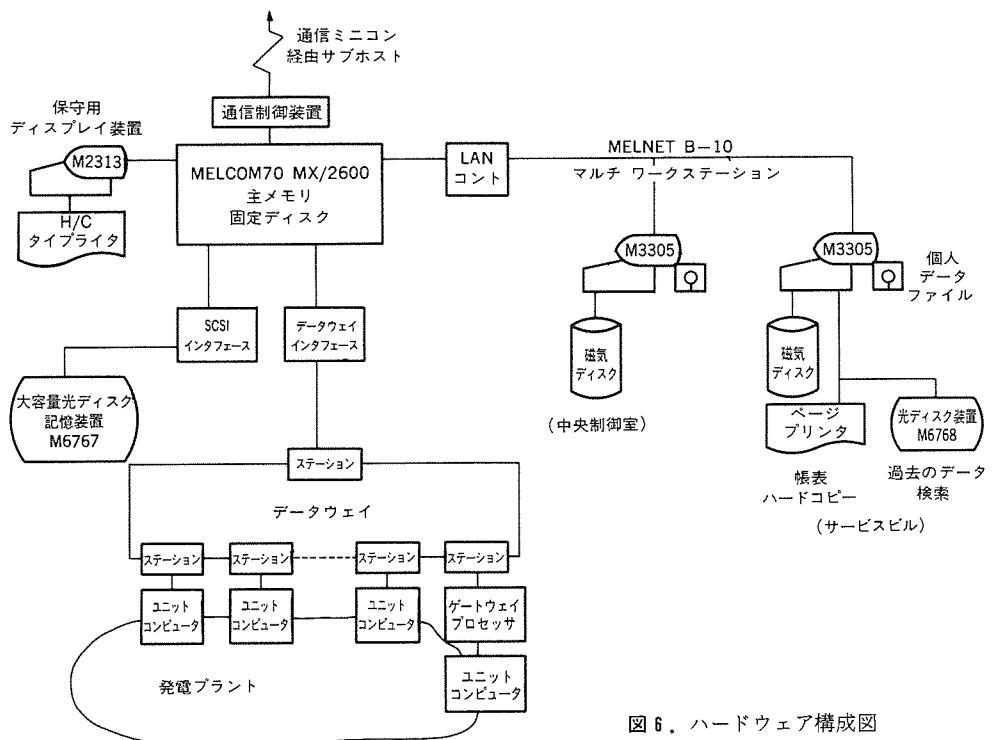


図6. ハードウェア構成図

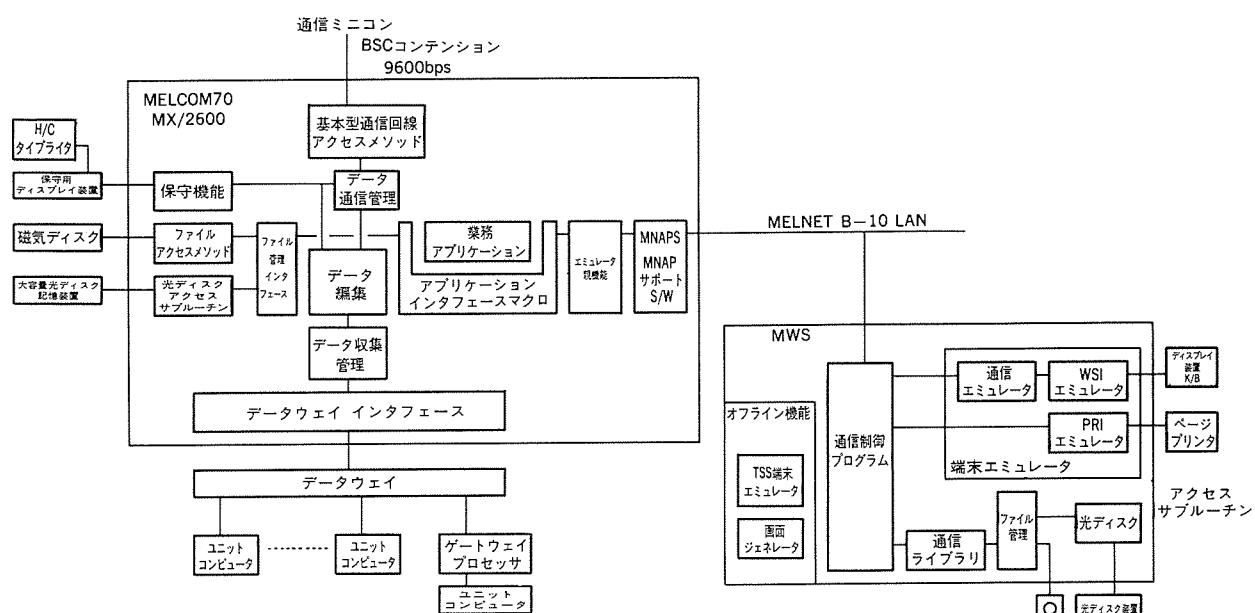


図7. ソフトウェア構成図

ができるこれらの従来作業の機械化、自動化ができ、業務の迅速化、省力化が図れるばかりでなく、過去の履歴データを用いて発電所業務の質的向上をも図るようにしている。

3.1 システム構成

3.1.1 ハードウェア構成

このシステムのハードウェア構成は図6に示すように、データ伝送装置、ミニコン¹⁾〔MELCOM 70 MX/2600〕、マルチワークステーションM3305(以後MWSと呼ぶ)から構成されて、大容量光ディスク記憶装置M6767がミニコンに、光ディスク装置M6768がMWSにそれぞれ接続されている。このシステムでは記憶媒体として、ミニコン側とMWS側とにそれぞれ主メモリ、固定磁気ディスク、光ディスク、フロッピーディスクがあり、それぞれが目的に応じて使い分けられている。

特に光ディスクに関しては、ミニコンの大容量光ディスク記憶装置はオンラインで書き込まれるプラントデータを2~3年分を蓄積できるだけの容量を持たせた。また、ミニコンは発電所内の事務所等に設置されたMWSからの要求によって必要データの検索・編集を行い、MWSのディスプレイ装置にデータを表示する。また、比較的アクセス頻度の少ない2~3年以前のデータが蓄積されている光ディスクは事務所に保管され、必要に応じてMWSの光ディスク装置へ装着して、データを読み込むことができるようしている。

3.1.2 ソフトウェア構成

このシステムのソフトウェア構成を図7に示す。構成は大きく分けて、ユニットコンピュータ用データウェイとのインターフェース、光ディスク及び磁気ディスクとのファイル管理インターフェース、上位コンピュータとの通信インターフェース、MWSとの通信インターフェ

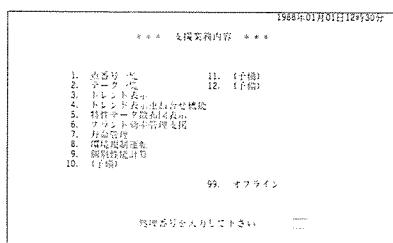


図 8. 支援業務内容

エース、業務ソフトウェアで構成されている。

このソフトウェア構成で特に配慮したことは、ミニコンで書き込まれたデータを、ミニコンの光ディスク装置でもMWSの光ディスク装置でも読みめるようにすることである。このために、光ディスクのフォーマットを同一にするよう光ディスク アクセスサブルーチンを構築している。

また、MWSは通常ミニコンの端末として動作し、このためにエミュレータ機能を持っている。

3.2 システムの機能

このシステムではプラント監視データ、環境データなど、発電所内の各ユニットコンピュータが処理しているデータ群を時系列に長期間保存し、発電所の業務に応じて必要なデータを取り出し加工処理することで、発電所の運転・補修・調査などの業務支援を行うこと、また業務の質的向上を図ることを目的としている。

3.2.1 自動処理機能

(1) 運転管理データの収集処理

運転記録編集装置では、各ユニットのアナログ入力、デジタル入力の瞬時データを、各ユニットコンピュータから高速制御用LANを介して一定周期ごとに受信する。受信したデータは磁気ディスク上で編集されたのち、1日に1回光ディスクに書き込まれ、これらの保存データは端末機から自由にアクセスできるようになっている。

光ディスクへの収録単位は1枚／月とし、大容量光ディスク記憶装置を付けて最高56枚まで実装することができる。このため2～3年のデータがオンラインでアクセス可能となる。また、ミニコン側の光ディスクが容量オーバーした場合は光ディスクを入れ替え、脱着された光ディスクは事務所で保管し、そのデータが必要なときに光ディスクをMWSに接続し、アクセスできるようにしている。

(2) ホストで管理するデータ処理

各ユニットコンピュータで収集加工されたホストで管理するデータを1日1回、各ユニットコンピュータから受信し、ホストコンピュータに伝送する処理を行う。このシステムでは、ホストへ伝送するデータについては、10日分の保存をする。

3.2.2 運転管理業務処理

光ディスク装置及び固定磁気ディスク装置に記憶されているデータを、MWSの端末からのリクエストに応じて収集し、発電所の業務処理を行えるようにしている。

このシステムでは支援業務内容として、図8に示すものが用意されている。ここでは、例として“トレンド表示重ね合わせ機能”について、そのMWSの端末表示画面例を図9に示す。この機能はこのシステムの典型的な使用例で、過去の異なる時間帯の保存データを重ね合わせて表示し、両者の違いからプラントの異常原因究明が容易にできるようにしている。

端末装置であるMWSは、発電所内のサービスビル及び中央制御室に設置され、どちらからも業務処理が同時に見えるようになって

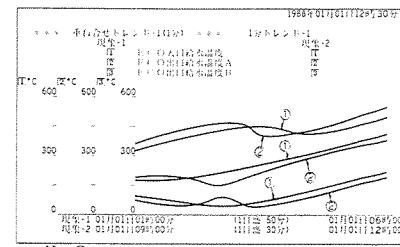


図 9. 異常原因究明トレンド

いる。前出の例でも示されるように、業務はメニュー形式となっていて、操作指示に従ってデータ情報を入力することでディスプレイ装置に業務支援画面の表示が可能である。また、MWSはミニコンのプログラム作成のための端末としても使用できる。

3.3 光ディスク導入効果

ミニコンに光ディスクを接続したことによって多量のプラントデータを保存でき、光ディスクに蓄えられたデータはMWSを用いて自由にアクセスすることができる。

光ディスクを採用することにより媒体の記憶容量が大幅にアップし、過去のデータの保管に対しても省スペースである。かつて、従来過去のデータをアクセスするのに発電所内の資料倉庫に行き、必要な過去の記録用紙を捲いていたのが、今回の光ディスクを採用したことにより、MWSから必要な情報を入力することによって過去のデータを自由にアクセスできるため、業務の省力化・迅速化も可能となった。

さらに、従来の保存データは1時間、1日単位の日報データや、記録計など媒体は紙であり、コンピュータへの入力は人間を介さなければならなかったが、光ディスクに保存されたデータはそのままコンピュータで読み込むことが可能である。また、データも時系列で保存されているので従来システムでは困難であったプラントの事故、運転時の再解析や、性能計算の再現が可能となった。このことは、発電所管理業務の質的向上を促すものであり、光ディスクの導入効果は大きい。

さらに、現在、多数の記録計(トレンドレコーダー)がBTG盤(プラントの監視・制御盤)に取り付けられているが、光ディスク装置を付けて履歴データを管理することにより、プラント運転のため常時監視に必要な記録計以外はこのシステムでも十分対応できるものであり、将来BTG盤につける記録計の縮小にもつながるものと期待されている。

3.4 今後の展開

このシステムの実績をふまえ、今後このシステムと同様なシステムの展開が予定されているが、発電システムに限らず他のプラントや、又は大量データの蓄積が必要なシステムに関し、このシステムの技術が活用可能であり、光ディスクを記憶媒体としたシステムの要求が多くなってきてている。

4. む す び

以上、MXシリーズの光ディスクシステム概要及び応用システム事例を紹介してきたが、ユーザーからの反応も活発であり従来媒体の置き換え及び新規用途媒体として今後の積極的な展開が期待される。

最後に、応用システム事例の紹介に当たって御指導、御協力いただいた関西電力㈱の方々に感謝する次第である。

汎用コンピュータEXシリーズの光ディスク応用システム

横井俊一* 岸 良*

越智英敏* 島田恵夫*

石井昌宏*

1. まえがき

近年ますますその進歩を速めている高度情報化社会では，“情報”自体が価値を持ち、かつ情報の収集・整理・蓄積・検索などを行う“情報処理サービス”が付加価値を生み出すようになり、情報の種類も、コード・画像・音声・図形など利用する人間の目的に合わせてマルチメディア化が進んでいる。このように扱える情報量の飛躍的な増大のなかで、汎用コンピュータに求められる情報蓄積能力は、増加の一途をたどっている。

一方、追記型光ディスクは光記録技術の進歩により、ビット誤り率が低く抑えられてきたため、従来からのイメージデータのみならずコードデータの記録にも十分耐えうるまでになった。

以上のような状況において、磁気ディスクと比較して同一容量を1/10以下のコストパフォーマンスで実現できる光ディスクは、汎用コンピュータの外部記憶媒体として非常に魅力的な存在となっている。汎用コンピュータEXシリーズの光ディスク応用システムは、この新しい外部記憶媒体である追記型光ディスクを用いて、汎用コ

ンピュータにおける情報蓄積能力の飛躍的な増大を目指して開発されたシステムである。

本稿では、EXシリーズの光ディスク応用システムのねらい、構成、特長について述べる。

2. システムのねらい

汎用コンピュータシステムが取り扱う情報量が、飛躍的に増大していくなかで、単位容量当たりの価格が磁気ディスクの1/10という光ディスクに対するニーズは、近年ますます高まってきている。しかし、そのアクセス性能について着目してみると、データ転送速度は磁気ディスクの約1/2、アクセス時間は約5倍と、アクセス頻度の高いデータを光ディスク上におくことは、非常に難しいというのが現状である。そこで、比較的使用頻度の少ない保存用のデータについて考えてみると、現在、これらの情報は磁気テープや紙などの媒体上に記録され、保管されており、次のような問題があると言われている。

WS : ワークステーション
APP : アプリケーション プログラム
IR : イメージリーダ
IP : イメージプリンタ

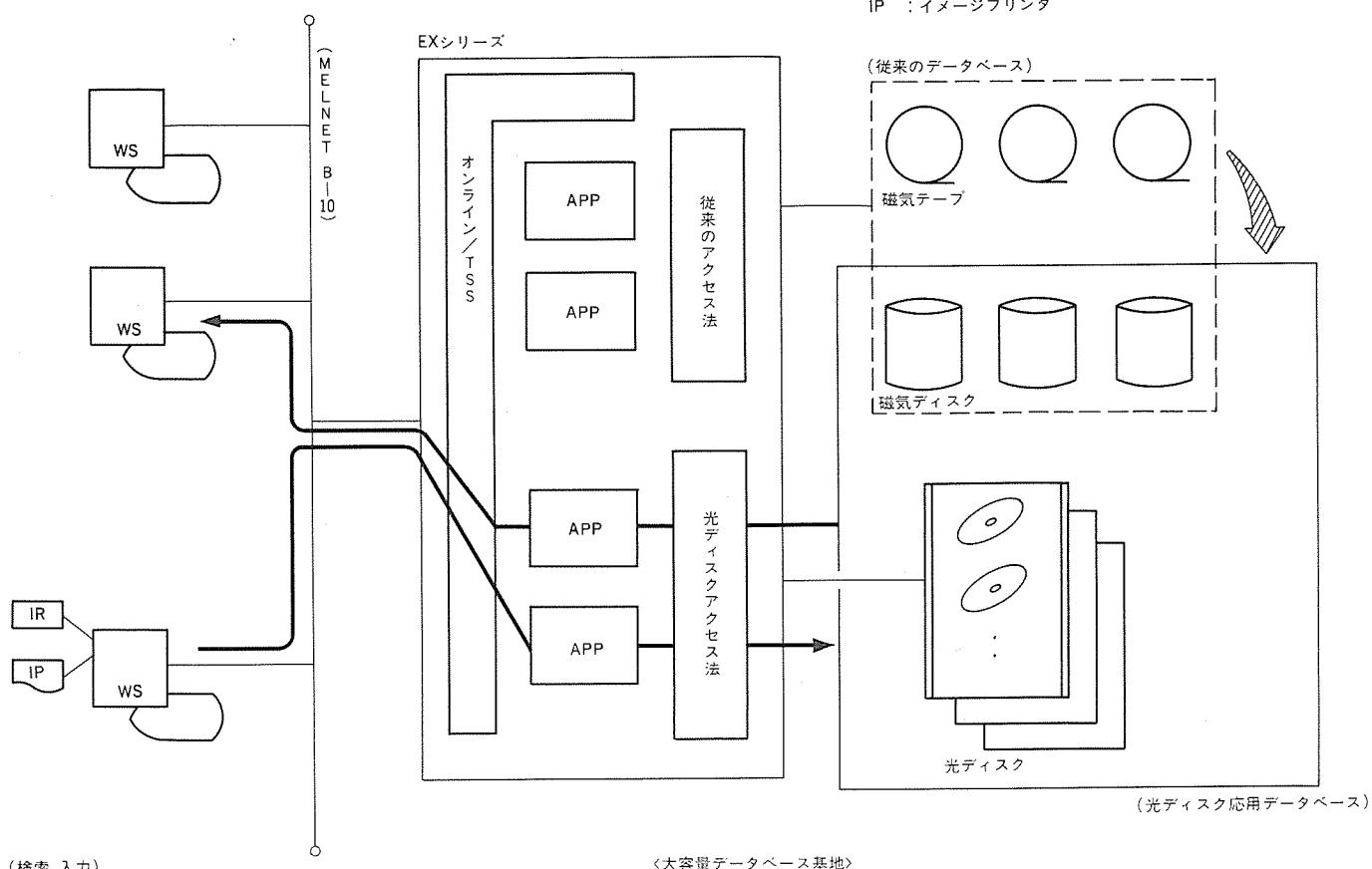


図1. 光ディスク応用システムの位置付け

(1) 保管のための広大なスペースが必要である。

(2) 目的のデータを搜すのに時間がかかり、操作性も悪い。

一方、この光ディスクの応用システムに目を向けてみると、現在はスタンダードアロン型の電子ファイル装置が主流で、メーカー提供の検索用ソフトウェアでしか光ディスク上のデータを扱うことができず、多様な業務を要求される汎用コンピュータシステムでは、個々のユーザーの実態に合った運用ができない。

EXシリーズの光ディスク応用システムは、以上のような問題及び光ディスク応用システムの実態に着目し、図1に示すようなEXシリーズ ホストコンピュータ中心の大容量のデータベース基地として位置付け、データベースシステムを代表とする、従来からある磁気ディスク上のファイルの高度で柔軟な検索手段と、光ディスク上の大量データを組み合わせた使いやすいファイルシステムを提供することをねらいとした。

以下にEXシリーズの光ディスク応用システムの開発のポイントを述べる。

- (1) 大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）を用いた大容量のファイルシステムの実現
- (2) 高速データ転送を行うためのハードウェアの開発
- (3) 光ディスク制御プロセッサの省スペース化
- (4) EDP処理を中心とする多様な業務に対応可能な、基本ソフトウェアの開発

3. ハードウェア

3.1 構成

EXシリーズの光ディスクシステムのハードウェア構成は、E8700光ディスク制御プロセッサと、M6761A-A4/B4 大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）とから構成される。図2にシステムのハードウェア最大構成を示し、表1にシステムの主要諸元を示す。

(1) E8700光ディスク制御プロセッサ

チャネル（BCH）と大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）との間に介在し、コマンドの解析、実行、データ転送及び各種制御を行う。また、大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）との接続インターフェースを最大4本（1本標準、3本オプション）装備することができる。各々の接続インターフェースには、最大4台の大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）が接続可能である。

(2) M6761A-A4/B4 大容量光ディスク記憶装置

大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）には、光ディスクカートリッジを最大56枚収納し、34Gバイトの記憶容量を持つM6761A-A4（以下、Aタイプと呼ぶ）と、最大152枚収納し、90Gバイトの記憶容量を持つM6761A-B4（以下、Bタイプと呼ぶ）との2種類がある。EXシリーズの光ディスクシステムは、2種類の大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジャ機構付き）を

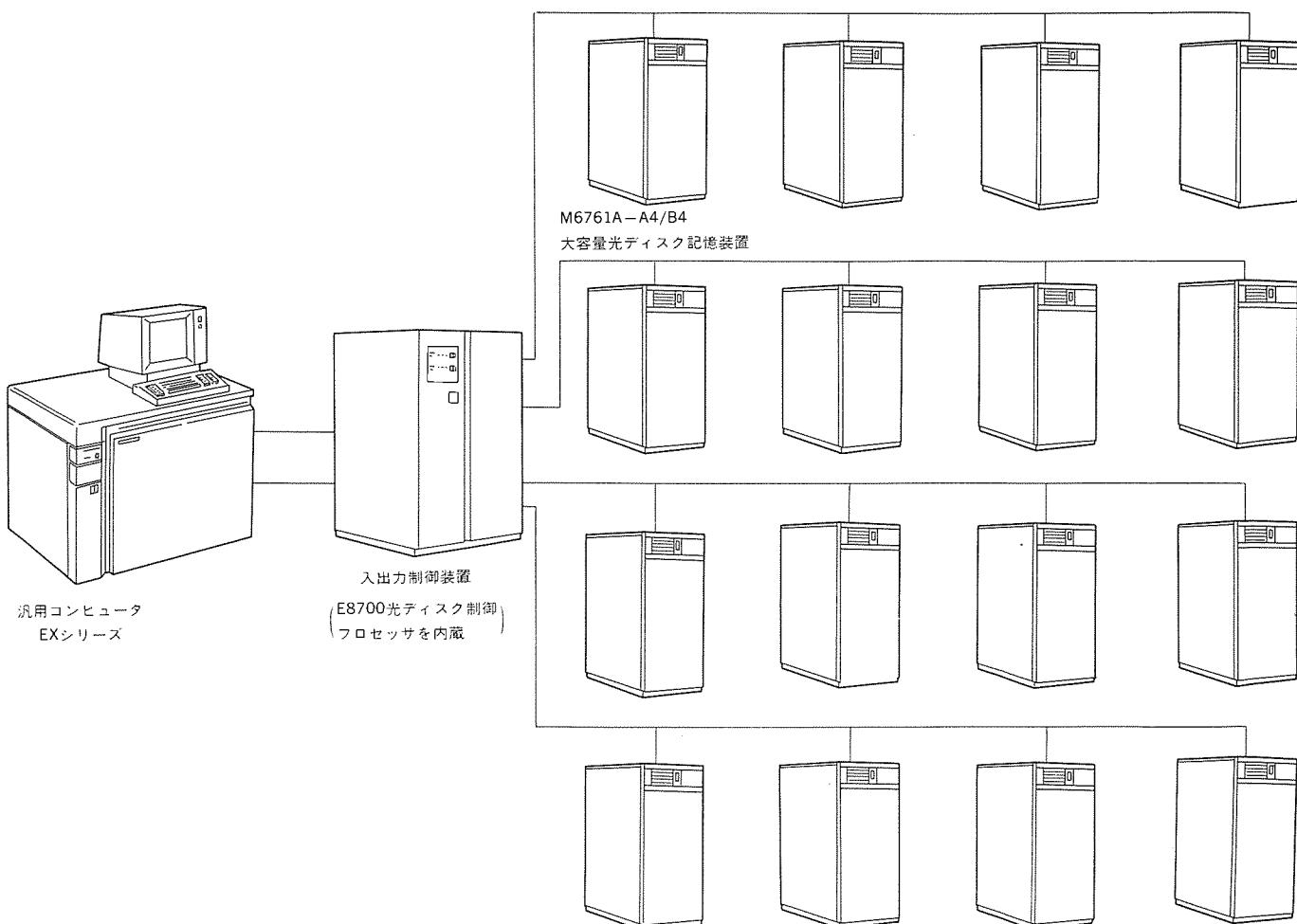


図2. システムのハードウェア構成

任意の組合せによって、最大16台接続することができる。

3.2 システムの特長

(1) データ転送の高速多重化

システムとしてのトータルスループット向上のために、E8700光ディスク制御プロセッサでは、M6761A-A4/B4大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジ機構付き）との各接続インターフェースごとにデータバッファアダプタを設けることにより、データ転送が同時並行動作可能なように開発した。このため、チャネルに対するデータ転送速度は、大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジ機構付き）のデータ転送速度にかかわりなく、データストリーミングモード時、最大3Mバイト/秒という磁気ディスク並みの高速

表1. EXシリーズ光ディスク応用システムの主要諸元

項目		仕様
接続可能大容量光ディスク記憶装置台数		最大16台
2チャネルスイッチ機構		有り（オプション）
接続可能チャネル		BCH
接続可能チャネル数		最大2
記憶容量	M6761A-A4	最大56枚
	M6761A-B4	最大152枚
システム当たり		最大1.4Tバイト
記憶容量	光ディスク オートチェンジ 装置当たり	最大34Gバイト
	M6761A-B4	最大90Gバイト
光ディスクカートリッジ当たり		600Mバイト（両面）
アクセス時間 (平均)	アンローディング	4秒
	取出し 装着	M6761A-A4: 5~8秒（反転含む） M6761A-B4: 7~10秒（反転含む）
	ローディング	4秒
	光ディスク 駆動装置	シーク時間 68ミリ秒 回転待時間 17ミリ秒
	データ転送速度	最大3Mバイト/秒
	外形寸法(W×D×H),重量	M6761A-A4: 387×700×700 (mm), 約98kg M6761A-B4: 387×700×1,400 (mm), 約200kg

汎用コンピュータ
EXシリーズ

化を実現した。これらの動作概念を図3に示す。

(2) データ記録の大容量化

1システム当たり最大16台の大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジ機構付き）を接続可能にしたことによって、システム当たり最大1.4Tバイトという磁気ディスクの最大接続容量の10倍以上の大容量化を実現した。

(3) 省スペース化

E8700光ディスク制御プロセッサは、EXシリーズの既存の入出力制御装置に内蔵することによって、専用キャビネットを必要としない方式を採用した。

また、M6761A-A4/B4大容量光ディスク記憶装置（オートチェンジ機構付き）は、A、B両タイプとも幅387mm、奥行700mmであり、34Gバイト（Aタイプ）、90Gバイト（Bタイプ）の記憶容量は約0.27m²で設置可能である。

4. 基本ソフトウェア

4.1 構成

EXシリーズの光ディスク応用システムのソフトウェア構成を図4に示す。光ディスク応用システムのソフトウェアは、EXシリーズの基本ソフトウェア、GOS/VS上に構築され、それぞれ次のような機能を備えている。

(1) 光ディスクボリューム管理機能

大容量光ディスク記憶装置内の全ボリューム（光ディスクカートリッジ）を管理し、マウント及びデマウントなどの処理を行う。

(2) 光ディスクアクセス法

高級言語インターフェースで、光ディスク上のファイルの入出力処理を行う光ディスク専用のアクセス法である。

(3) 光ディスクユーティリティ

ボリュームの初期化や、データのコピー処理などの光ディスク専用のユーティリティ機能を持つ。

4.2 特長

光ディスク応用システムの基本ソフトウェアの特長を以下に述べる。

(1) 高級言語によるファイルアクセス

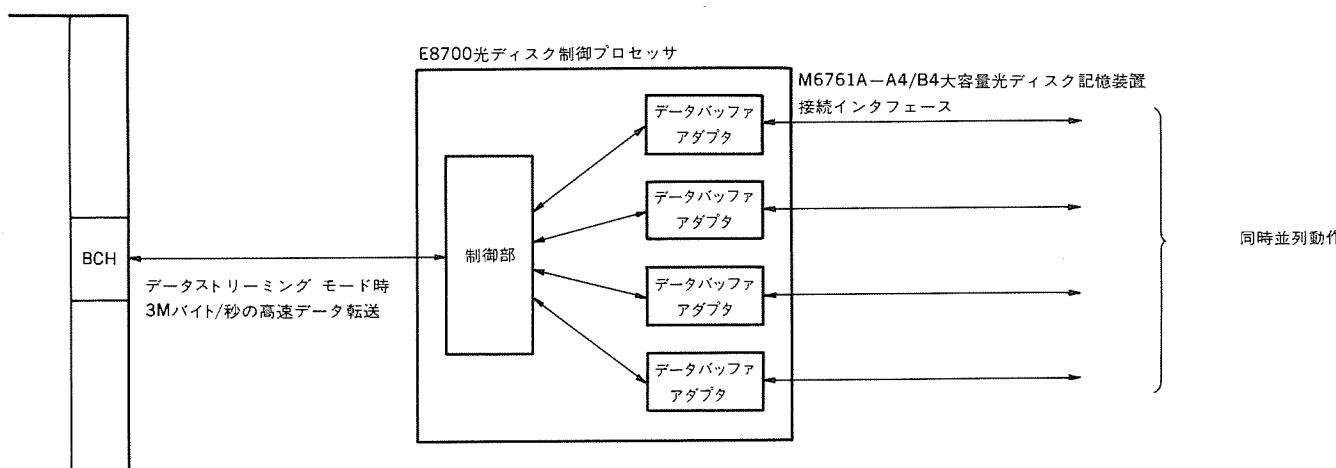


図3. 同時並列動作の概念

光ディスクアクセス法の提供により、ユーザーは高級言語インターフェースで、光ディスク上のファイルを自由にアクセスすることができる。

(2) 既存アプリケーション プログラムとの互換性

光ディスクアクセス法は、従来の磁気ディスクアクセス法と同様のプログラムインターフェースを持っているため、既存のアプリケーションプログラムを変更せずに、そのまま使用することができる。

(3) 高速ファイル検索

ボリューム及びファイルに関する管理情報は、すべて磁気ディス

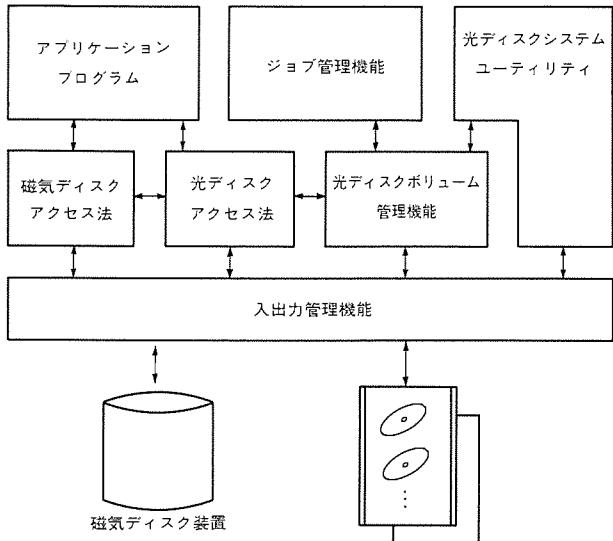


図4. 基本ソフトウェア構成

ク又はメモリ上に置いて処理しているため、ファイル検索を高速に行うことができる。

(4) 《MELCOM》コンピュータ相互のデータ交換

光ディスク上のデータは、《MELCOM》標準論理フォーマットを採用することにより、《MELCOM》コンピュータシリーズ相互間で、データの交換が可能である。

4.3 光ディスクアクセス法

光ディスクアクセス法は、ユーザーが光ディスク上のデータをアクセスするための、光ディスク専用のアクセス法である。表2に示すようなファイル編成、アクセス方式、レコード処理方式をサポートしている。

(1) プログラム インタフェース

光ディスクアクセス法のプログラムインターフェースは、従来の磁気ディスク上のファイルに対するインターフェースと同様である。このため、ユーザーはCOBOLなどの高級言語を用いて、光ディスク上

表2. 光ディスクアクセス法の機能

項目	仕様
ファイル編成	<ul style="list-style-type: none"> ●順次編成ファイル ●相対編成ファイル
アクセス方式	<ul style="list-style-type: none"> ●順次アクセス ●直接アクセス(相対レコード番号、相対アドレス、又はキーの指定が可能)
レコード処理	<ul style="list-style-type: none"> ●生成、追加、読み込み、更新処理 ●ブロック単位のアクセス

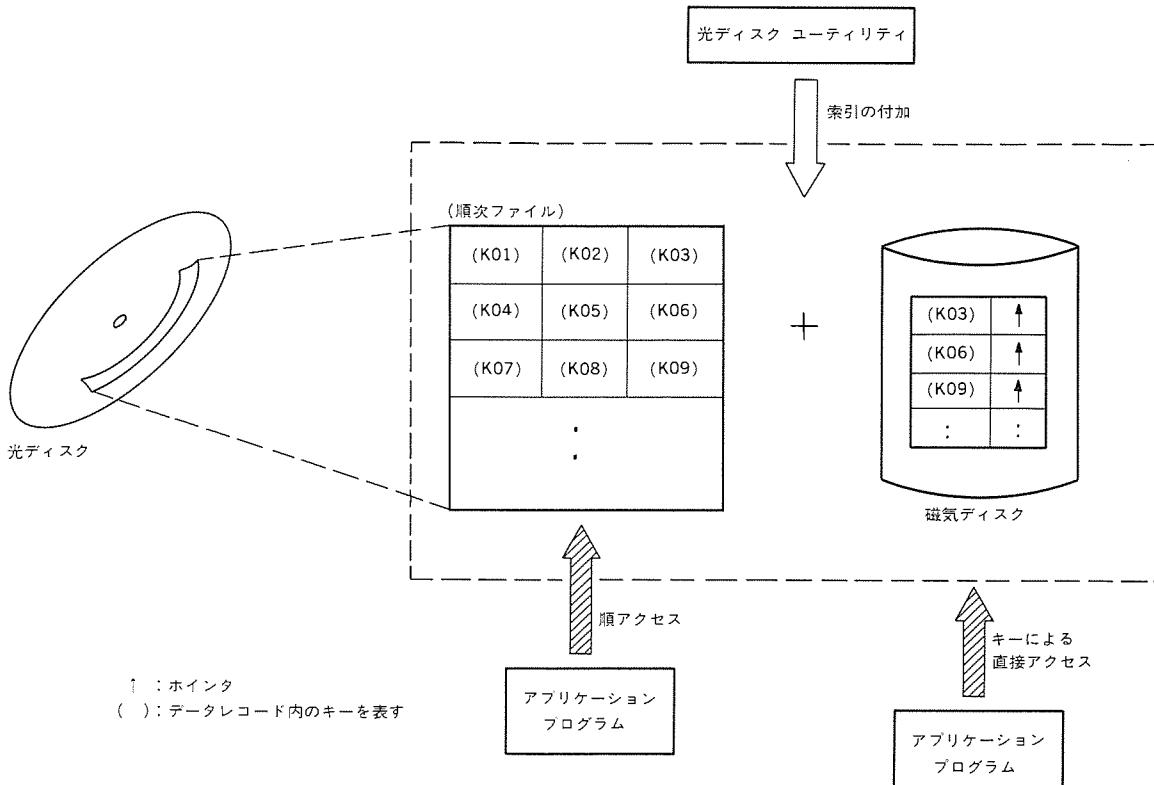


図5. 光ディスクデータの牽引管理

のデータを処理するためのアプリケーション プログラムを容易に作成できる。また、磁気ディスク上のファイルに対する既存のアプリケーション プログラムを、そのまま光ディスクに対して使用することもできる。

(2) ファイル管理

光ディスク上のすべてのファイルは、磁気ディスク上のファイルと同様に、すべてカタログすることができ、ユーザーは目的のファイルがどの装置のどのボリュームにあるかを、全く意識する必要がない（磁気ディスクと光ディスクを区別する必要もない）。

(3) 直接アクセス

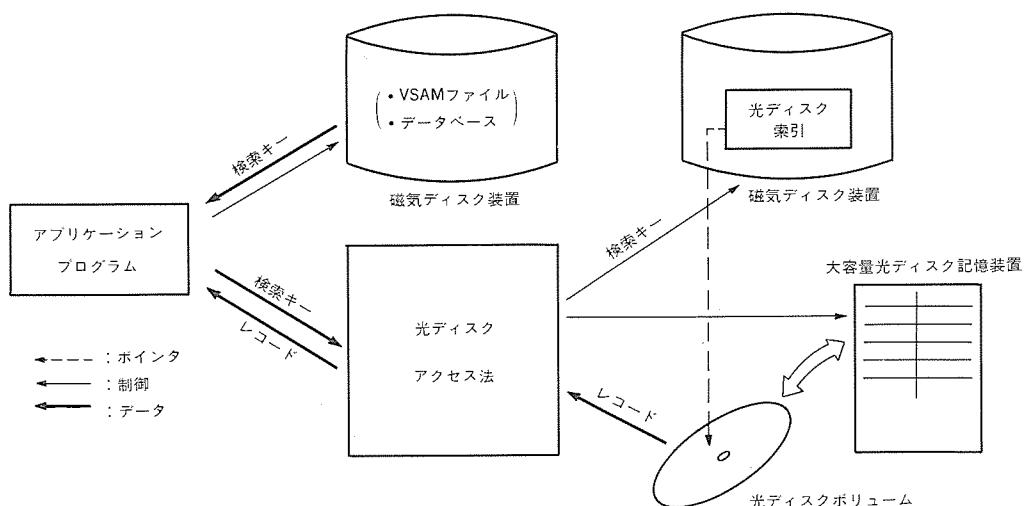


図 6. 光ディスク応用データベース連動システム

大容量光ディスク記憶装置

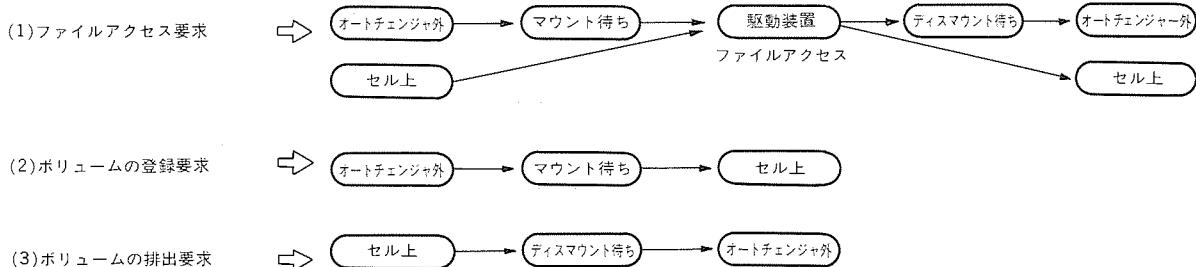
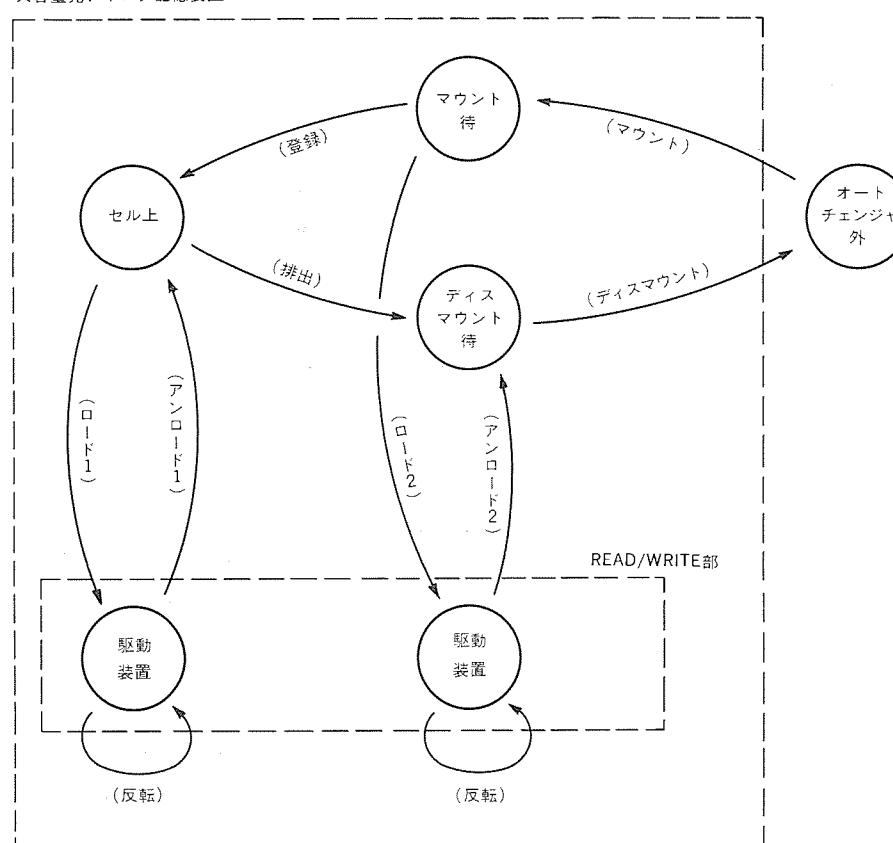


図 7. 大容量光ディスク記憶装置のボリューム管理

セル番号

00	V001		10
01	V002		11
02	V003	G002	12
03			13
04	G001		14
05		V008	15
06		V009	16
07	V004	V010	17
08	V005	G003	18
09	V006		19

注 V×××…初期化済みのボリュームのボリューム通し番号
G×××…初期化されていないボリュームのグループ名

図8. 大容量光ディスク記憶装置のボリューム管理情報

光ディスク上の順編成ファイルに対しては、図5に示すような磁気ディスク上の索引を動的に付加することができ、データ検索の高速化が図られている。アプリケーションプログラムは、この索引を用いることにより、光ディスク上のファイル内の任意のレコードを、レコード内のキーを用いて直接アクセスすることができる。さらに、この索引を用いて、図6に示すような従来の磁気ディスク上のデータベースと、光ディスクとをアプリケーションプログラムを介して連動させることにより、多様な検索手段を持った大容量のファイルシステムの構築が可能になる。

4.4 ボリューム管理機能

ボリューム管理機能は、大容量光ディスク記憶装置内のすべてのボリュームの管理を行うもので、図7に示すような光ディスクカートリッジの移動操作をすべて自動化するものである。大容量光ディスク記憶装置には図8に示すように、初期化済みのボリュームと、初期化されていないNEWボリュームをグループ化して登録することができ、空きボリュームの数をユーザーごとに制限することが可能である。また、これらのボリュームに関する情報は、すべてメモリ内に置かれているため、光ディスク装置の設置台数に無関係に高速に目的のボリュームを選択することができる。

4.5 支援ユーティリティ

光ディスクファイルシステムの運用をよりスムーズに行うため、

表3. 光ディスクユーティリティ機能一覧

分類	機能
ファイル操作	<ul style="list-style-type: none"> ● ファイルのコピー機能 ● 磁気ディスク／光ディスク間のコピー ● 磁気テープ／光ディスク間のコピー
ボリューム操作	<ul style="list-style-type: none"> ● ファイルの属性変更 ● ファイルの消去 ● ファイルの属性表示 ● 磁気ディスクの索引の生成
オートチェンジ操作	<ul style="list-style-type: none"> ● ボリュームの初期化 ● ボリューム情報の変更 ● ボリューム全体のコピー
	<ul style="list-style-type: none"> ● オートチェンジへのボリュームの登録 ● オートチェンジからのボリュームの削除 ● オートチェンジの状態表示

EXシリーズの光ディスク応用システムでは、表3に示すような支援ユーティリティ機能を提供している。

5. むすび

以上、汎用コンピュータEXシリーズの光ディスク応用システムの概要について述べた。光ディスクは1990年代に向けてますますその進歩を速めていくことが確実視されており、EXシリーズの光ディスク応用システムにも時代を先取りした改良開発が必要である。その代表的なポイントとして次の2点が挙げられる。

(1) アプリケーションプログラムの充実

光ディスクの市場はまだ未開拓であり、用途開発の余地を多く残している。このため、多岐にわたる用途開発を行うとともに、新ストレージ装置である光ディスクの特長を最大限に生かした、アプリケーションプログラムの一層の充実が必要になる。

(2) 書換え型光ディスクへの対応

記録データの消去、再書き込みが可能な書換え型光ディスクの本格的な登場も秒読み段階に入っている。追記型光ディスクの各種制約が除去されることによる応用範囲の拡大に対処するため、書換え型光ディスクへの容易な発展を考慮した開発が必要である。

我々は、今後ともユーザーのニーズに立脚した、より高度な光ディスク応用システムの開発を推進していく考えである。

原子力発電所電気設備の最近の技術動向

森本義則* 木寺信博* 尾田憲明*

1. まえがき

我が国におけるPWR発電プラントは、昭和45年に運転を開始した初号機である美浜1号機以来、敦賀2号機まで、現在16基、約1,260万kWが運転中であり、更に建設中のプラントは7基、約680万kWに上り、発電設備容量に占める比率はますます増大し、稼働率、信頼性向上へのニーズは一層高まってきている。電気・計装設備の運転信頼性に占める役割は極めて大きいものがあり、当社ではその重要性を十分認識し、技術の改良、開発に鋭意取り組んできた。

本稿ではこのうち、最近の三菱PWR発電プラントに採用又は採用予定の電気設備の技術動向について紹介する。

2. ねらい

原子力発電所向け電気設備の設計方針の策定に当たっては、今までの豊富なPWRプラントの設計・製作・据付け・試運転などの経験を反映するとともに、時代のすう勢にも適合した最新の技術を的確に取り入れ、更に軽水炉プラントの高度化として要求されている信頼性・経済性・運転性・保守性に優れたプラントとすべく計画している。

図1に電気設備設計のねらいを、図2に電気設備高度化の展開と対応する製品のつながりを示した。

3. 主要電気設備の最近の動向

三菱PWR発電プラントの典型的な単線図とその中に占める電気設備を図3に示す。現在建設中の最新プラントでの電気設備で、従来方式とは異なる画期的なものとしては、発電機と主変圧器の間に発電機負荷開閉器(Generator Load Break Switch: GLBS)を設けたことである。後に詳述するが、GLBSを設けることにより、従来設置していた起動変圧器及び関連設備が不要になり経済性が向上す

るとともに、プラント起動・停止時の所内母線切替操作も不要になるなどメリットが大きい。この大容量発電機負荷開閉器は原子力プラント用として開発したものであり、当社が従来から保有し十分な実績のある大電流通電技術、負荷電流遮断技術及び油圧操作技術を組み合わせて、原子力のニーズに合わせて完成したものである。

以下に最近のプラント用電気設備として、採用又は採用予定のもので、GLBSと同様に当社が保有する高度な技術を駆使して改良、開発した製品を紹介する。

3.1 開閉所設備 (Gas Insulated Switchgear : GIS)

GISは主変圧器や予備変圧器と送電系統を接続する中継基地として、重要な役割を担っている。誤動作や誤不動作は発電所の運転継続性や事故の拡大防止機能を阻害するので、信頼性の維持・向上に万全を図っている。また、立地点は狭い(陰)な臨海地区が多いため設置スペースの極小化、耐環境性向上、保守性向上も考慮をはらうべき重要なポイントとなる。

当社は昭和51年に関西電力㈱大飯1、2号機へ世界初の550kV Full GISを納入したが、これは遮断器・断路器・避雷器・計器用変圧器・母線などをガス絶縁し、上記の信頼性・コンパクト化・耐環境性・保守性の要求を満足させたものである。以来、BWRも含め10原子力発電所に44ユニットを納入し、良好な運転実績を継続している(図4)。

最近の動向として、550kV二点切り遮断器や酸化亜鉛型避雷器の適用により、配置の適正化と保守点検の省力化を図っている。また、酸化亜鉛型避雷器の適用により絶縁保護性能も向上している。さらに、超高压、大容量に最適な油圧操作式遮断器と電動操作式断路器の採用により操作空気の供給を不要とし、保守性を向上させている。

今後は550kVGISの三相一括型主母線や、300kV全三相一括型GISの適用により配置適正化、構造簡素化の進展が期待できる。さらに、信頼性の向上を図るものとして、異常予知診断のオンライン化を研

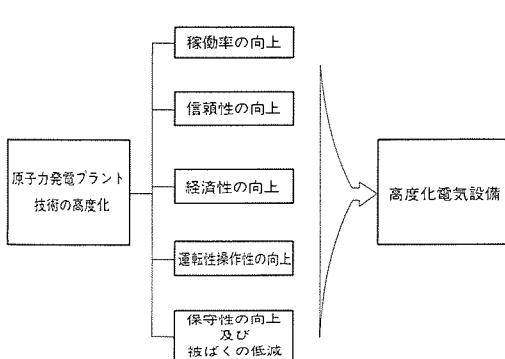


図1. 電気設備設計のねらい

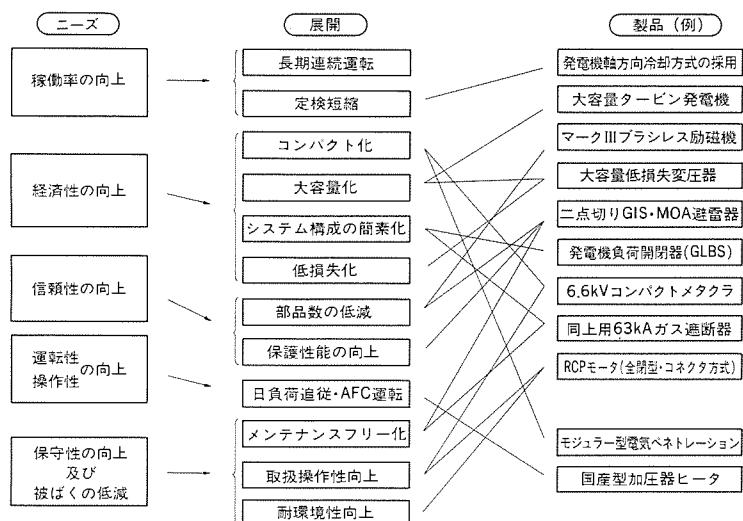
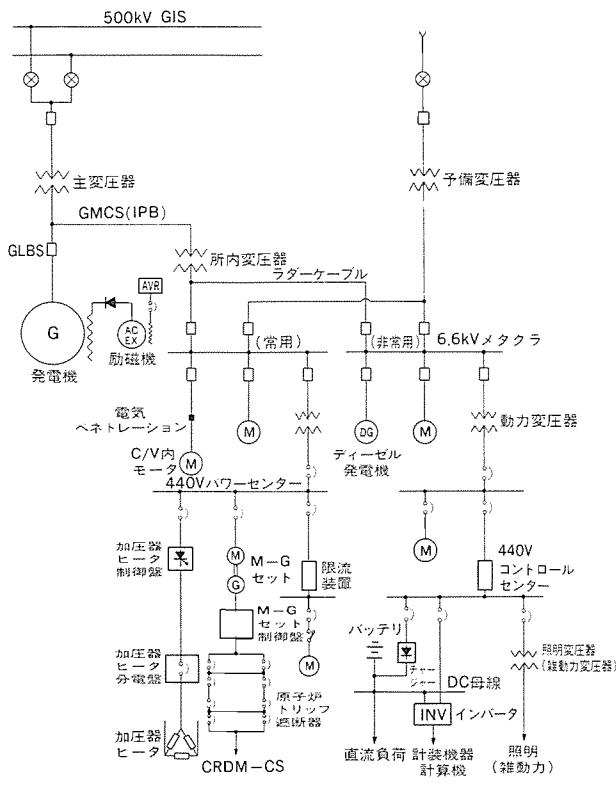


図2. 電気設備の高度化と展開



注 説明用であり、母線数等実プラントとは異なる。

図3. 原子力発電所電気設備説明用単線図

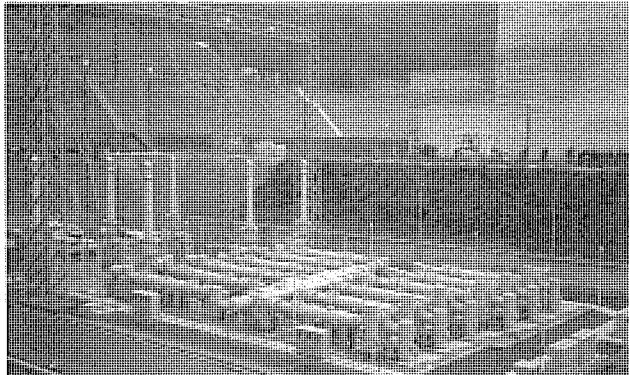


図4. 日本原子力発電(株)敦賀2号機向け550kVGIS

究中である。

3.2 主変圧器

原子力発電所用主変圧器には、超高圧大容量変圧器として十分な実績のある外鉄型を使用するとともに、再端技術を適用し、信頼性を確保しつつ低損失化、簡素化を図っている。

当社では、大容量化に対処するため三次元磁界解析、漂遊損解析、温度解析などの解析技術を駆使し、コイル及び鉄心の最適設計を行い損失の低減、信頼性を確保している。また、大電流となる低压側は、大電流ブッシングで相分離母線に接続されるが、この部分についても局部過熱等の生じない構造としている。冷却器は高効率高性能冷却器を開発して冷却能力の向上を図り大容量化に対処している。さらに、大容量器では、コイル内やコイル周囲の空間磁束密度が増加して、漏えい磁束量が大きくなるので、コイル導体を細分化することによりコイルに発生する漂遊損失を低減し、また漏えい磁束対策として、広幅電磁シールドによる広域遮へいにより、タンクに発生する損失を低減し、低損失化を図っている。

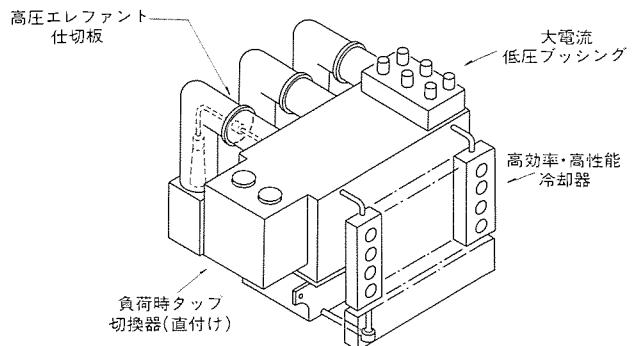


図5. 主変圧器概略図

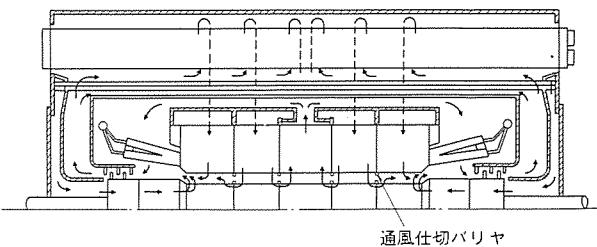
また、GIS側と接続されるOFケーブル等の接続部には、500kV油中貫通ブッシングに代わるエレファント仕切板を採用し、スペース及び油量を縮減している。さらに、負荷時タップ切替器は、変圧器本体直付式としスペースの縮小化に寄与している（図5）。

3.3 タービン発電機

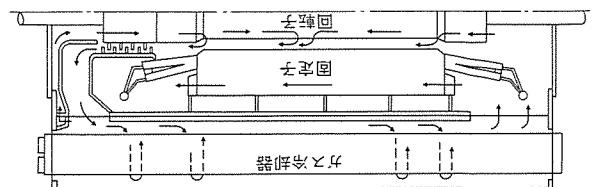
原子力発電所の大容量化に伴い、タービン発電機も一層の高信頼性が要求される。当社では、この要求を満足しつつ機器の縮小化、低リアクタンス化、保守性向上を実現している。

タービン発電機の出力容量は、磁気装荷、電気装荷、鉄心長などの積に比例するが、この中の磁気装荷の割合を大きくした高磁気装荷設計を採用し、回転子の機能負担を軽減（界磁電流を低減）することにより励磁容量の低減と回転子軸長の短縮を図っている。これにより、回転子冷却責務の軽減と、過渡リアクタンスの低減に伴う系統安定度向上が図れる。従来、原子力発電所向け1,100MW級タービン発電機には、回転子冷却効果の観点からプレッシャライズドギャップ式冷却方式を採用してきたが、上述のように高磁気装荷設計の適用により、回転子の冷却責務が軽減された結果、回転子通風冷却構造を簡素化し、信頼性向上と定検時の回転子插入作業の簡易化・時間短縮化を図った標準水素内部冷却方式を採用することとした。従来型と最新設計機の冷却方式の比較図を図6に示す。

一方、励磁機はブラシやスリップリングがなく保守が容易なブラシレス励磁機を標準的に適用し、更に高耐圧大容量ダイオードを採用して部品数の低減を図るとともに、整流部品を一体組立化（モジュール化）する構造により、組立作業の信頼性を向上させている。



(a) 従来型（回転子コイル：プレッシャライズド ギャップ水素内部冷却、固定子鉄心：半径方向通風）



(b) 最新設計（回転子コイル：標準水素内部冷却、固定子鉄心：軸方向通風）

図6. 冷却方式比較図

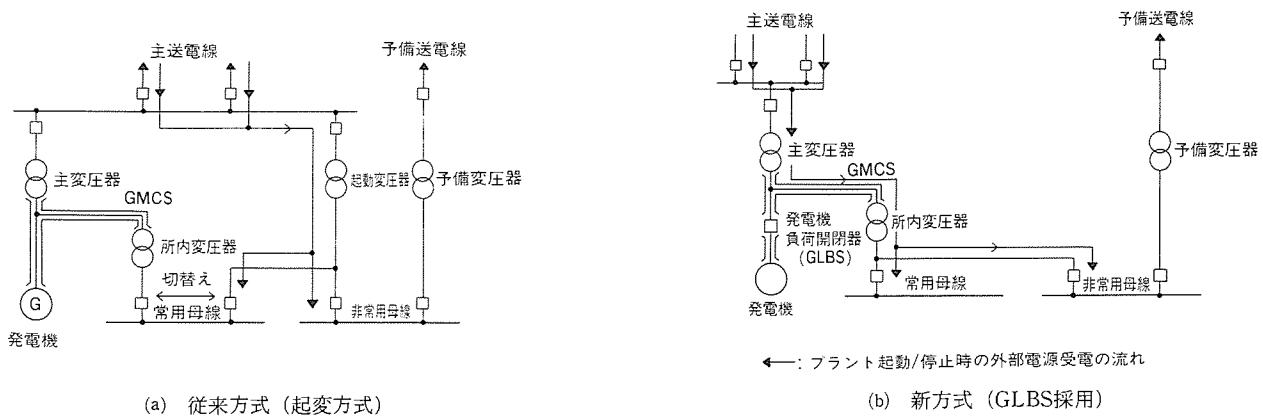


図7. 原子力発電所の概略所内電源系統図

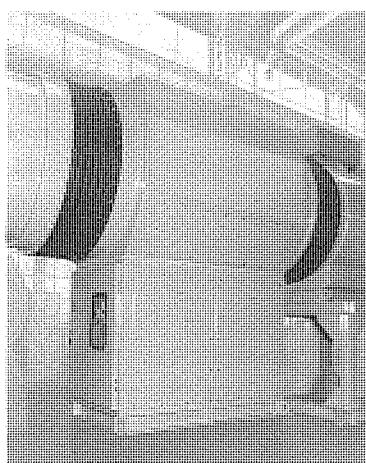


図8. SFWB型発電機負荷開閉器（GLBS）

表1. SFWB型GCBの仕様

定格電圧	24/36kV	定格短時間耐電流	250kA
定格電流	22,000A(自冷) 42,000A(風冷)	定格投入電流	625kA
定格遮断電流	110kA	定格ガス圧力	5kg/cm ²

なお、電力系統側からの、より一層の系統安定度向上の要求に対しては、速応性に優れた超速応型ブラシレス励磁方式を適用することとしている。

3.4 発電主回路接続装置 (Generator Main Circuit System : GMCS)

発電機の発生電力を主変圧器に伝達するGMCSの回路構成は、従来、発電機、主変圧器及び所内変圧器を相分離母線で連結する方式をとってきた。最近のプラントでは発電機出口母線に、発電機負荷開閉器(GLBS)を設置する構成としている。新方式の主な利点として下記があげられる(図7)。

- (1) 発電機を停止した状態でも、GLBSを開放することにより系統から所内電力を供給できる。このため、起動変圧器及び関連の開閉設備、保護設備、OFケーブルなどが不要となる。
- (2) 従来方式では発電所の起動・停止時に所内変圧器と起動変圧器間で所内母線切替操作が必要であったが、新方式はGLBSの開閉操作のみで対処できるので運転操作が簡素化できる。
- (3) 原子炉又はタービン側の原因による発電所トリップ時、GLBS

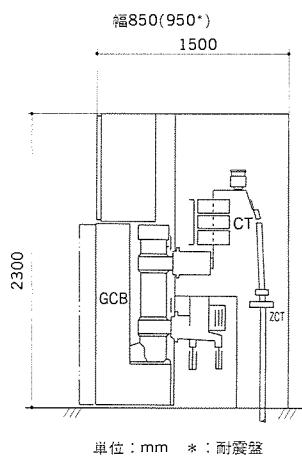


図9. コンパクトメタクラ概略図

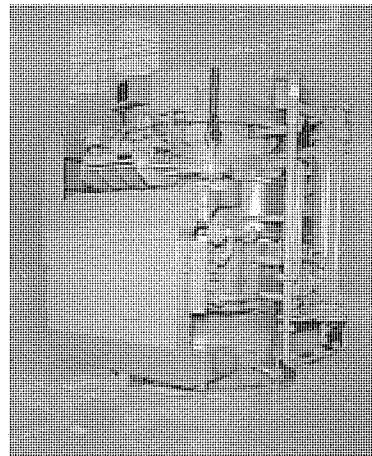


図10. 一次冷却材ポンプ（RCP）モータ

表2. コンパクトメタクラ収納ガス遮断器の主な仕様

定格電圧	7.2kV			
定格電流	1,200A	2,000A	3,000A	4,000A
定格遮断電流	63kA			
定格投入電流	160kA, 190kA			

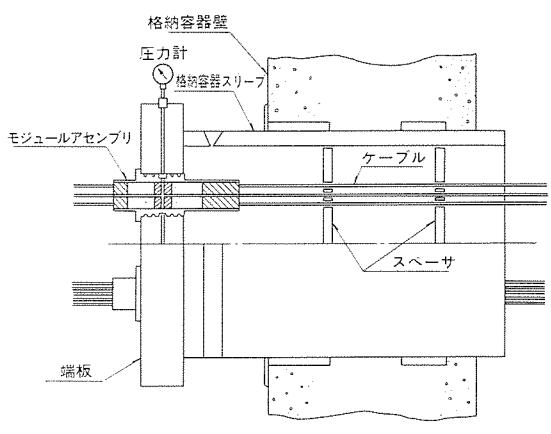


図11. モジュラー型電気ペネットレーション

の自動開により系統側からの所内電源の連続給電が可能となる。

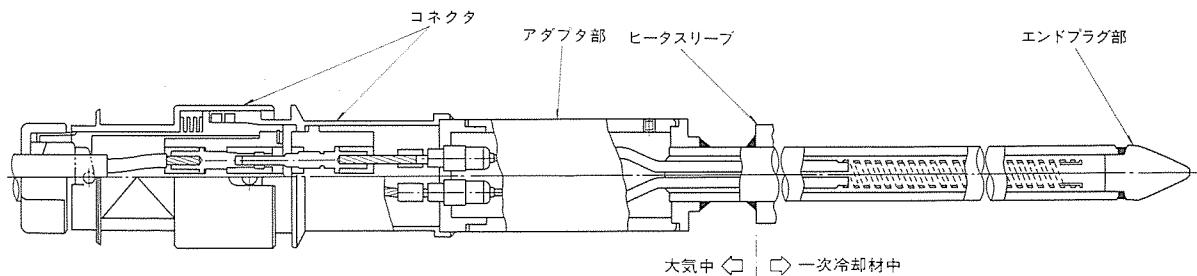


図12. 加圧器ヒータ

GLBSを原子力発電所に適用するに当たっては水力、火力で実績ある技術をベースに信頼性向上と保守点検の容易性の観点から、機器構成の見直しを行い、单一圧力消弧室、油圧操作機構を持って大容量ガス遮断器（SFWB型GCB）の製品化を完了した（図8、表1）。

GMCSは発電機の発生電力を主変圧器に伝達するため、40kA程度の大電流定格が必要となる。この大容量化に対応し、主導体部等の冷却方式と強磁界中の電磁誘導対策が重要となる。さらに、今回GLBSを導入したので、これを含めたトータルの信頼性維持向上が必要となる。冷却方式としては従来実績のある強制風冷技術を適用し、発電機出口母線をR-T方式（導体と外被間を往路とし、導体内を復路とする冷却方式）、GLBSと主変圧器間をR-R方式（両端相の導体と外被間を往路とし、中相の導体と外被間が復路となる冷却方式）とする風路構成とし、双方を連結することにより冷却装置の容量縮減を達成している。電磁誘導対策としては母線及びGLBSの外被に主導体とは逆方向の誘導電流を流すミニフラックス方式を採用し、磁束を外部に出さない設計としている。

3.5 メタルクラッド スイッチギヤ

所内の補機動力を受電し、必要な補機へ給電するための6.6kVメタルクラッド スイッチギヤ（メタクラ）には、下記特長をもつガス遮断器を収納し、また所内補機容量の増大とそれに伴う所内回路の増大化に対しても、定格遮断電流63kAの遮断器適用により対処することとし、簡素化を図っている。

● ガス遮断器の特長

- (1) 本質的に開閉サージが低い。
- (2) 遮断器の消弧媒体の状態を常時監視することができる。
- (3) 充電露出部がなく安全性の向上が図れる。
- (4) 遮断部の密閉化による信頼性の向上が図れる。

また、当社は経済性向上の一環として、建屋面積の縮小化に寄与するため、メタクラ盤寸法の大幅な縮小（面積比で当社在来型の55～62%に縮小）を図ったコンパクトメタクラを開発した。さらに、所内回路の一層の簡素化に対処するため、投入電流190kA及び定格電流4,000Aの遮断器も製品化し、プラントに適用している（図9、表2）。

3.6 補機電動機

原子力発電所の補機電動機は発電所の安全性、運転継続性にかかわっているものが少なくない。当社は電動機の信頼性確保のため設置環境に応じて全閉型化を推進している。大型・中型機は実績ある《ダイヤエポキシ》絶縁（DF絶縁）を採用し、エポキシレジンを鉄心巻線全体に真空加圧含浸、硬化処理を施すことで良好な耐環境性を確保している。高放射線雰囲気下に設置される一次冷却材ポンプ用電動機等では保守時の被ばく低減のため動力ケーブル接続部のコネ

クタ化を実施している（図10）。

電動機の小型軽量化を目的として大型・中型機にはF種絶縁を採用するとともに、実績データと経験をベースに最新技術を結集し、冷却性能向上による小型軽量化、保守性向上、高効率化を図った新シリーズ（F4シリーズ）の適用を開始した。

3.7 電気ペネットレーション

格納容器内に設置される電気・計装品に格納容器を貫通して配線を行うために電気ペネットレーションが使用される。これには、電気的性能はもちろんのこと、原子炉事故時の放射性物質の外部放出に対するバウンダリーとなるので、事故時条件下（温度150°C、圧力約40kg/cm²）でも十分な気密性を持つことが要求される。

当社では、現有のキャニスター型電気ペネットレーションに比べ、収納導体数の増加、ケーブル構成組合せ容易化及び現地保守性向上を図ったモジュラー型電気ペネットレーション（図11）を開発した。これにより、ペネットレーションのトータル台数の削減、モジュール化によるケーブル構成組合せのフレキシブル化、据付け後のモジュールアセンブリごとの取替えが可能となった。

3.8 加圧器ヒータ

加圧器ヒータ（図12）は加圧器底部に設けられる液浸型ヒータである。発電所起動時や運転中の圧力制御のために投入し、一次冷却材を加圧する役割を担っており高信頼性が要求される。今後の原子力プラント運転はAFC（自動周波数制御）運転やガバナフリー運転が計画されており、このヒータの通電ON-OFF回数が増加する。さらに、安全停止機能を要求されるグループ用には耐震性、耐環境性が要求される。従来は輸入品を採用してきたが、上記要求に満足すべく国産品を開発し、耐環境性及び耐久性評価のための実証試験を実施して信頼性を確認した。

ケーブルとの接続部は高放射線雰囲気下にあるため、コネクタ接続方式を採用し保守性向上、被ばく低減化を図っている。

4. むすび

以上、三菱PWR原子力プラントに採用又は採用予定の電気設備の最新の技術動向について紹介したが、原子力発電所の全発電量に占める割合はますます高まってきており、このことはこれら電気設備に対しても、今まで以上に厳しい品質を要求されることになる。

当社では、これら原子力発電所に適用される新規製品については、それぞれの重要度に合わせ実機相当のプロトタイプなどによる開発検証を実施するなど、設備の性能検証はもちろんのこと、設計面、製作面、更には試験面での品質保証活動を実施し、実プラントへの製品化に展開させている。

今後共、顧客のニーズに適合した最適な電気設備を提供できるよう、一層の努力を重ねていきたい。

関西電力(株)赤穂発電所 1号タービン発電機用超速応ブラシレス励磁装置

中屋 健* 鈴木一市** 田中誠一***

1. まえがき

近年、発電所の大容量化及び電源地点の遠隔化に伴い、電力系統の供給信頼度向上のため系統安定度の向上が強く要望されている。励磁装置においても系統の過渡安定度向上のため速応型励磁装置が採用されつつある状況である。また、ブラシ及びスリップリングがなく運転保守が容易であり、構成機器が簡単で配置が簡素化できるなどの特長を持ち、広く一般に採用されているブラシレス励磁方式に対して超速応化の要求が強く、三菱電機(株)は従来から試作・開発試験を行い超速応ブラシレス励磁装置の実用化検討を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

このたび、関西電力(株)赤穂発電所 1号 600MW タービン発電機用に国産最初の超速応ブラシレス励磁装置を製作し、1987年4月現地励磁装置性能確認試験を完了し、同年9月商用運転を開始した。ここにその概要を報告する。

2. 超速応ブラシレス励磁方式と過渡安定度向上効果

2.1 超速応励磁方式の定義

従来から「超速応励磁」の語句は慣用的に使われ、規格上定義されていない。三菱電機(株)としては、次の励磁特性を併せ持った励磁方式を「超速応励磁型」と称している。

(1) IEEE std. 421-1972に定義されている励磁系電圧応答時間0.1秒以下のハイインシャル レスポンス特性

(2) 5 p.u.以上の励磁系頂上電圧(頂上電圧の場合、発電機無負荷定格電圧発生時の界磁電圧を1 p.u.とする)

この超速応励磁特性は、JEC114-1979やIEEEに記載されている励磁系電圧応度として概略 3 p.u./秒以上に相当する(速応度の場合、発電機定格負荷時の界磁電圧を1 p.u.とする)。

2.2 超速応ブラシレス励磁方式の動作原理

図1に超速応ブラシレス励磁方式の簡易ブロック図を示す。この

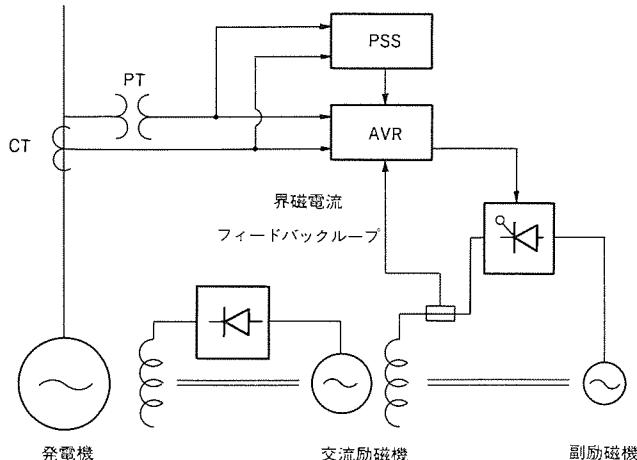


図1. 超速応ブラシレス励磁方式のブロック図

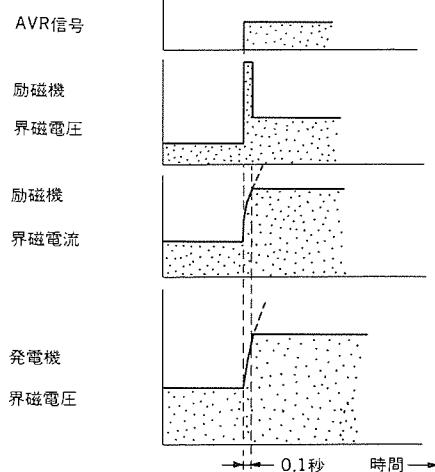


図2. 動作概念図

界磁電流フィードバックループを利用して次の動作により図2の動作概念図のように超速応励磁特性が得られる。

(1) 大きな強制励磁量で励磁機界磁電流を速く立ち上げる。

(2) 界磁電流フィードバックループで構成されるリミッタ機能により、励磁機界磁電流が所定の頂上電圧に相当する値に達したら、励磁機界磁電圧を下げる制限する。

以上の動作に対し、励磁機出力電圧(発電機界磁電圧)を立ち上げやすいように励磁機ゲインを大きくしたゲイン方式としている。

2.3 過渡安定度向上効果

一般に送電系統の事故時には、事故瞬時の発電機端子電圧の低下及び事故除去に伴う送電線リアクタンスの増大により発電機の電気出力は減少するが、機械入力はほとんど変化しない。このため、入出力のアンバランスにより発電機は加速し内部相差角は増加し、場合によっては加速を抑えきれず脱調に至ることもある。このような系統事故時に発電機の励磁をすばやく強め、発電機内部誘起電圧をできるだけ高めてやれば発電機出力は増加し加速が抑制されるため、過渡安定度が向上する。

超速応ブラシレス励磁方式の過渡安定度向上効果を示すため、図3のように発電所至近端で短絡又は地絡事故を起こし4サイクル後

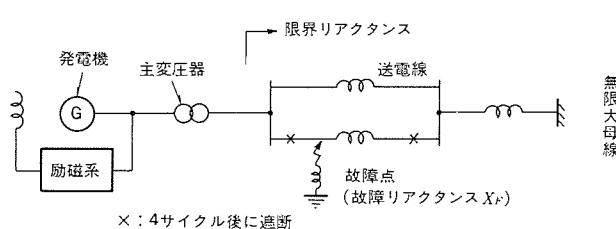


図3. 想定系統事故

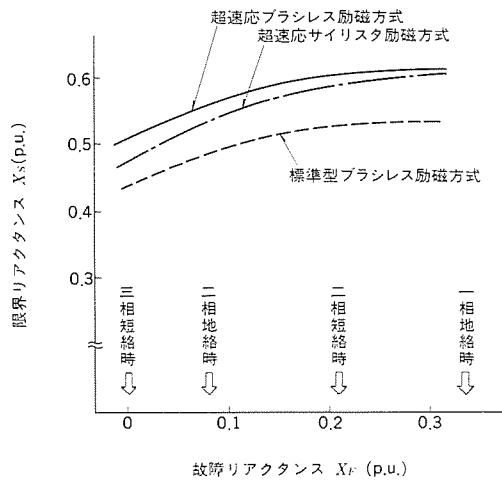


図4. 各種故障と過渡安定度

事故回線を遮断する系統事故を想定した。また、各々の故障は故障リアクタンス (X_F) で模擬した。各故障に対する限界リアクタンスの計算結果を図4に示す。限界リアクタンスとは、安定に送電できる最大の送電線リアクタンスであり、発電所出力を一定とすれば安定に送電しうる送電線距離に相当する。図4から超速応ブラシレス励磁方式(頂上電圧5p.u.)の場合、標準型ブラシレス励磁方式(頂上電圧4p.u.、応答時間0.8秒)に比べ、限界リアクタンスが約15%増加しており大、きな効果があることが分かる。超速応サイリスタ励磁方式(頂上電圧5p.u.)と比べても、同等ないしはそれ以上の限界リアクタンスであることが分かる。超速応型で両励磁方式での差は、励磁電源がブラシレス励磁方式では軸直結型副励磁機、サイリスタ励磁方式では発電機端子電圧を使用している(事故中電圧低下するため、実質の頂上電圧は低くなる)ことにより生じている。

3. 励磁装置の仕様

赤穂発電所1号励磁装置の概略仕様を次に示す。	
励磁方式の種類	: ブラシレス励磁方式
励磁系電圧応答時間	: 0.1秒以下
励磁系頂上電圧	: 5 p.u.以上
励磁系電圧速応度	: 3.3p.u./秒以上
ブラシレス励磁機定格	: 2,950kW, 550V, 3,600rpm
回転整流器形式	: シリコン整流器(MARK III型)
交流励磁機形式	: 回転電機子型同期交流発電機
定格	: 3,400kVA, 465V, 240Hz
副励磁機形式	: 永磁石回転界磁型同期交流発電機
定格	: 70kVA, 170V, 420Hz
自動電圧調整装置型名	: MEC3200型
系統安定化装置方式	: ΔP 方式

4. ブラシレス励磁機

4.1 設計上の特徴

(1) 励磁機ゲイン

超速応励磁の仕様を満たすためには、励磁機のゲイン(出力電圧/励磁機界磁電圧)を大きくすること及び飽和特性の正確な把握が必要であり、本機設計に当たっては、既設励磁機の試験データを参考にしつつ励磁機ゲインを大きくする検討を実施した。少ない界磁起磁力で頂上電圧に到達するように、交流励磁機の磁気装荷を通常機より約20%低い設計とした。また、交流励磁機の界磁コイル巻回数を通常機の約30%に減らし界磁コイル抵抗値を下げた。これらにより励磁機のゲインは通常機の約5倍とした。

(2) 交流励磁機界磁鉄心

応答時間0.1秒以下の現象のため、界磁束の急速な変化を妨げる要因を除くことが必要である。このため、ヨークの積層化及び磁極締付用ボルトの絶縁化を行うことにより、磁気回路中での渦電流発

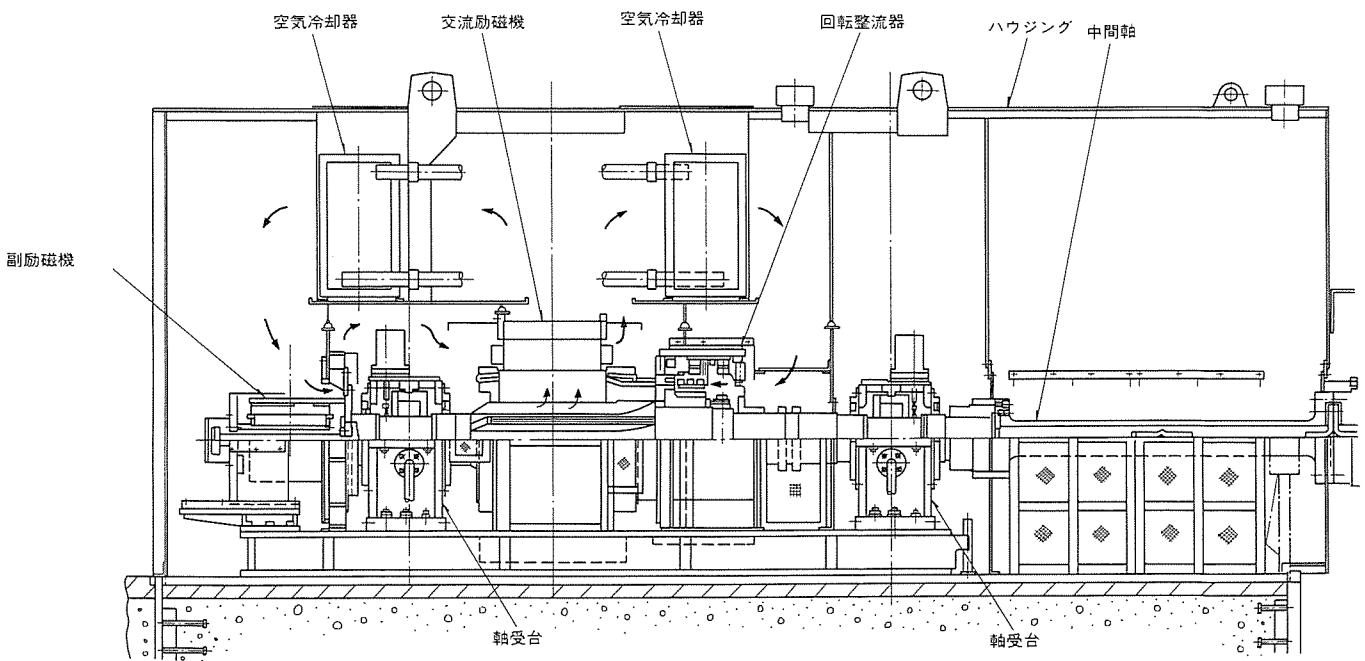


図5. ブラシレス励磁機組立断面図

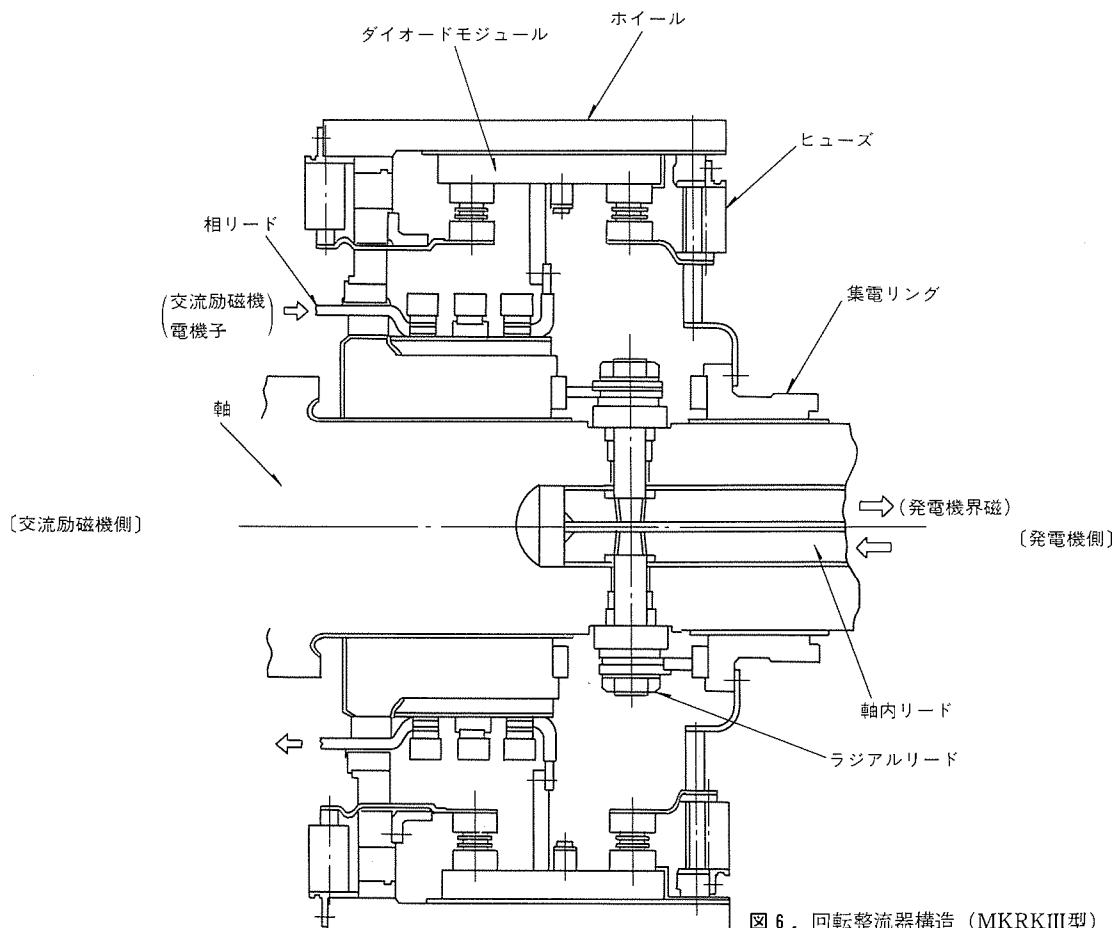


図 6. 回転整流器構造 (MKRKIII型)

生や電気回路の形成が起こらないようにした (4.2節参照)。

(3) 副励磁機

強制励磁量を増加させるために、副励磁機容量を通常機の約3.5倍とした。電圧は低電圧の範囲にとどめ、電流を増やす設計とした。

4.2 構造

図 5 にブラシレス励磁機組立断面図を示す。本機のような大容量機の設計・製作にあたっては、特に信頼性の向上・確保を主眼に構造を決めた。構造上の特徴を示す。

(1) 軸系

発電機の大容量化に伴い、軸振動低減は信頼性向上にとって重要な要素である。この軸振動低減対策として、実績のあるフレキシブルな中間軸を設けた2軸受ブラシレス励磁機を採用した。この特長は、①中間軸により発電機と励磁機のモードが分離される、②軸受の数が増しダンピングが増加するの2点から、発電機の軸振動の影響が励磁機へ及びにくくことである。この構造の採用の結果、工場振動試験及び現地試運転において、非常に良好な軸振動値が得られた。

なお、2軸受方式は概略350~400MWを超える発電機に適用して

いる。

(2) 回転整流器

本機の回転整流器は信頼性を向上させたMARK III型を採用している(図 6 参照)。この特長として、①ダイオードを平形にして電流容量を上げ素子数を減らすとともに、その逆耐電圧を上げてサーボアブソーバ用コンデンサを除くことにより更に整流回路を簡素化して信頼性を向上させる、②整流部品を外部で一体組立化(モジュール化)して構造上の特徴を示す。

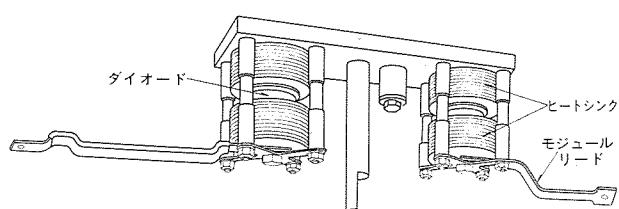


図 7. ダイオードモジュール

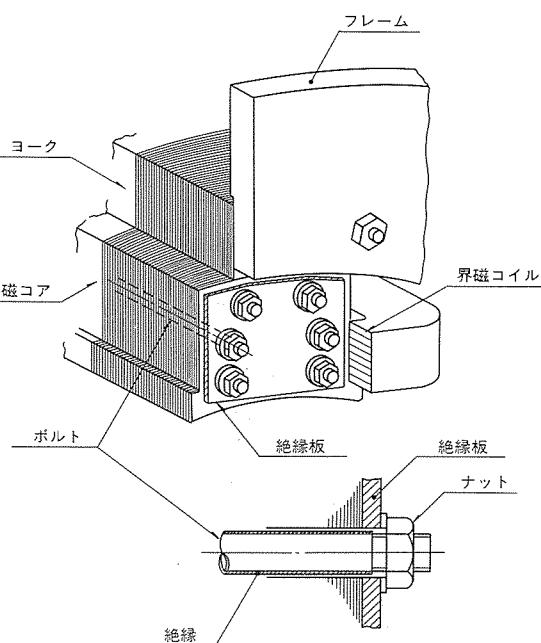


図 8. 交流励磁機界磁説明図

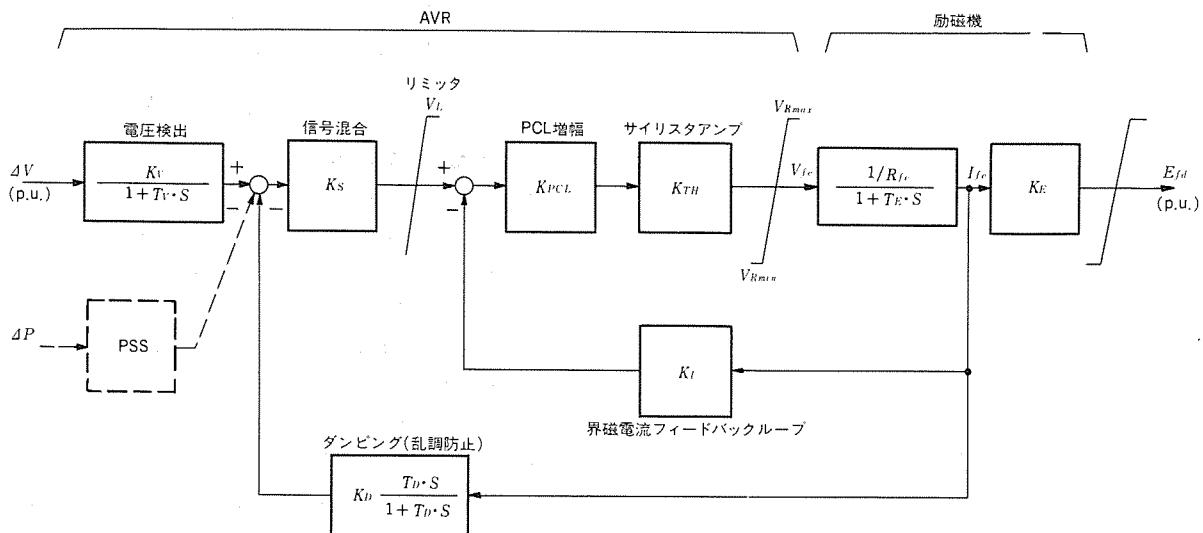


図9. 励磁系伝達関数ブロック図

ル化、図7参照)する構造により組立分解保守を容易にして品質を向上させる、③整流回路を簡素化したことにより整流器ホイール個数が減少し、軸長及び基礎寸法が短くなるの3点があげられる。また、ダイオードは回転体用として各種信頼度試験及び回転遠心力試験により十分信頼性が確認されているものである。

(3) 交流励磁機界磁

図8に交流励磁機界磁構造を示す。突極界磁であり、4.1節で示したように積層ヨーク及び磁極締付絶縁ボルトを採用している。

(4) 副励磁機

副励磁機は永久磁石発電機で回転磁石と静止電機子から構成されている。通常機と同様に、高速回転による遠心力に対し磁石には圧縮力が働くように支えリングの内周面に取り付けることにより機械的信頼性を高くしている。

5. 制御装置

5.1 自動電圧調整装置

超速応ブラシレス励磁方式における自動電圧調整装置(AVR)で最も特徴的なものは、2.2節で述べたように界磁電流フィードバックループを設けていることにある。図9に励磁系伝達関数ブロック図を示す(この図は簡略のため、励磁機を単に一次遅れ及びゲインで示している)。図9に示すように、界磁電流フィードバックループは、励磁機界磁電流(I_{fe})を検出し、PCL増幅器に負帰還させることにより、マイナーループを構成しているものである。2.2節で述べた励磁機界磁電流を所定の値に制限するリミッタ機能のほかに、線形領域における励磁機時定数(T_e)を見掛け上小さくし、励磁系の速応化を図る目的もフィードバックループは持っている。これを図10にて示す。図のように、等価変換された後の時定数(T_{loop})は T_e を $1 + K_{PCL} \cdot K_{TH} \cdot K_1 / R_{fe}$ で割ったものになり、その結果時定数を $1/10 \sim 1/30$ にすることができる。

以上のAVRは、励磁機及び発電機特性を模擬したアナログシミュレータを用いて検証し諸特性を確認した上で、出荷されている。

5.2 系統安定化装置

超速応ブラシレス励磁方式の採用で、過渡安定度を向上させることができたが、逆にこのように応答が速い励磁方式は動態安定度を

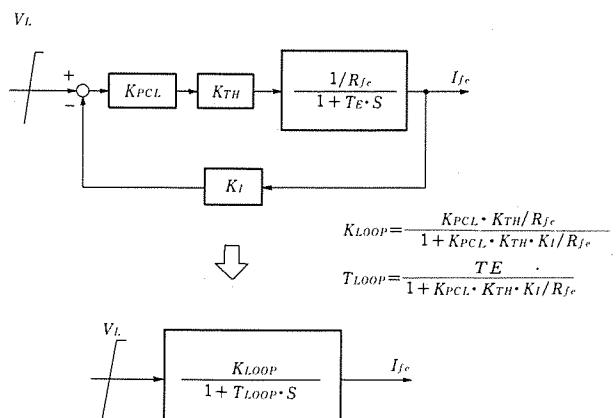


図10. 界磁電流フィードバックループ説明図

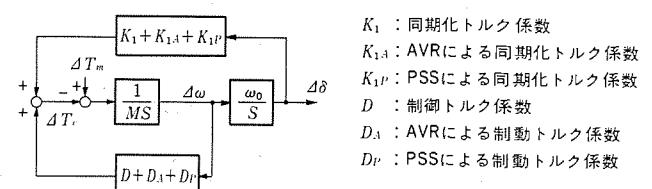
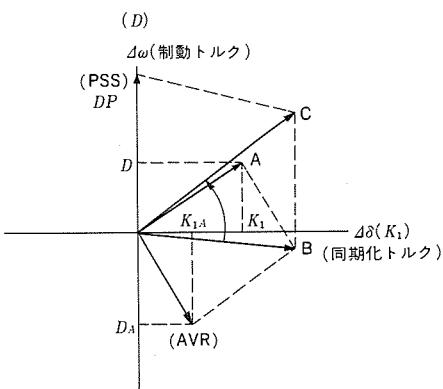


図11. 制御系を含む一機無限大系の伝達関数ブロック図

低下させる傾向にある。この動態安定度向上対策として ΔP 方式の系統安定化装置(PSS)が採用された。動態安定度を向上させることは、すなわち系統の電力動搖の減衰を速めることである。PSSは発電機電力を検出し、適切な位相補正した信号を励磁系に加えることにより、動態安定度を高めることができる装置である。ここでPSSの動作原理を概念的に説明する。

制御系を同期化トルク成分と制動トルク成分に分解した後の一機無限大系の伝達関数ブロック図を図11に示す。同期化トルクは位相角偏差 $\Delta\delta$ と同相で、係数($K_1 + K_{IA} + K_{IP}$)が大きければ過渡安定度が高いこと、一方制動トルクは回転子速度偏差 $\Delta\omega$ と同相で、係数($D + D_A + D_P$)が大きければ動態安定度が高いことを意味する。そ



ベクトルA：発電機のみの場合
ベクトルB：AVRのみ付加の場合
ベクトルC：AVR及びPSSを付加した場合

図12. PSSの効果説明ベクトル図

それぞれの係数が正の値であることが同期運転の必要条件である。図11を固有周波数領域でのベクトル図で表すと図12のようになる。ベクトルAは発電機のみの場合を示している。AVRのベクトルは K_1 成分が正の値であるが D 成分は負の値となる。これを付加するとベクトルBになり、場合によっては $(D+D_A)$ が負の値となる(図は負の値の場合を示している)。これに対しPSSを付加することによりベクトルCになり、制動トルクが増加する。この効果はPSSによるベクトルがどの位相になるかにより変わるので、位相特性が設計上重要な要素となる⁽⁴⁾。

超速応励磁方式の場合、特に励磁系の時間遅れが小さいためPSS

の定数設計が容易となり、さらに励磁系の過渡ゲインの高いことにより上記のPSS効果がより一層大きく得られる。

6. 試験結果

6.1 励磁機単体過渡応答試験

工場において、励磁特性を確認するため励磁機単体で過渡応答試験を実施した。図13の試験回路のように、励磁機出力端子開路の状態で試験用サイリスタ増幅器に副励磁機の出力を接続し、偏差増幅器にステップ信号を入力することにより試験を行った。

この試験結果を図14に示す。頂上電圧6.6p.u.及び応答時間0.09秒の結果が得られた。この試験により得られたデータと励磁機の負荷特性を使用して発電機定格負荷状態での値を計算すると、頂上電圧5.6p.u.及び応答時間0.06秒となり、仕様値を満足することが分かった。負荷状態で、頂上電圧が下がるのは励磁機の負荷による電圧降下のためであり、応答時間が短くなるのは、励磁機時定数が小さくなることと開始点から同じ最大励磁機界磁電流値までの励磁機界磁電流の変化量が少なくなるためである。

6.2 現地超速応励磁特性確認試験

超速応励磁特性を最終確認するために、現地(励磁機を発電機に直結した状態)で、発電機負荷時AVRにパルス信号を入力することにより過渡応答試験を実施した。発電機はほぼ定格負荷状態で、系統への影響を考慮してパルス信号は0.1秒とともにPSS付きで試験を行った。また、ブラシレス励磁機の場合出力端子が回転体上にあるため、通常端子電圧(発電機界磁電圧)は計測しないが、今回は計測可能なように計測用スリップリングを設け直接計測した。

試験結果を図15に示す。応答時間は0.065秒であり、頂上電圧は、発電機定格負荷への若干の補正後5.6p.u.となり、速応度はそれらの

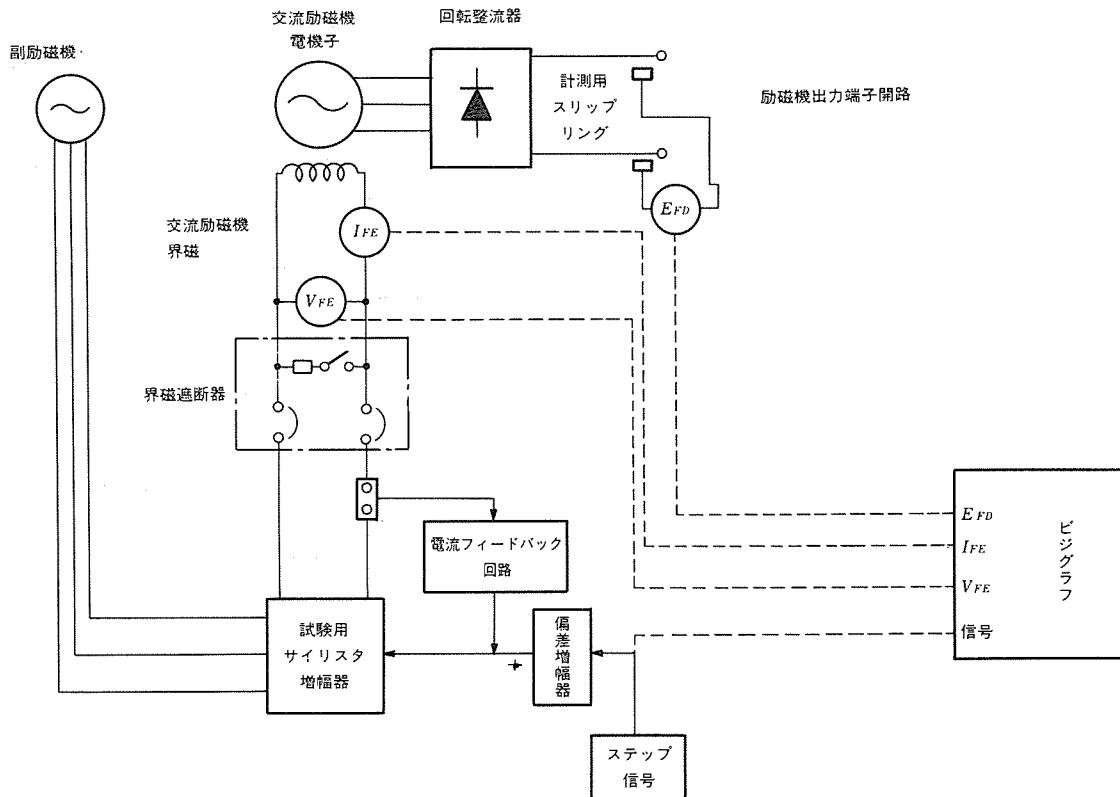


図13. 励磁機単体過渡応答試験の工場試験回路

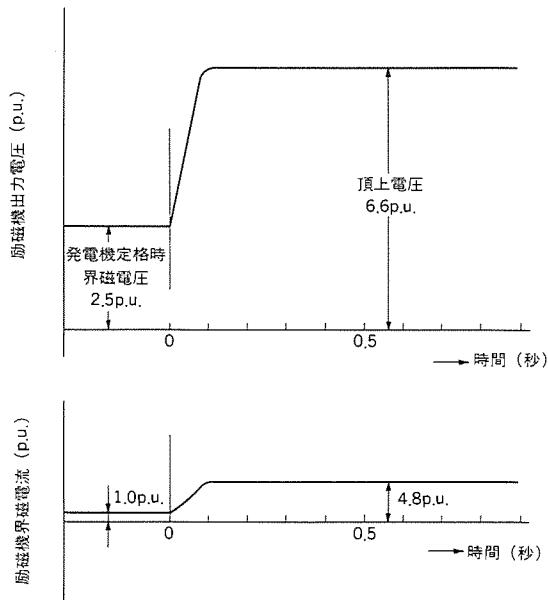


図14. 励磁機単体過渡応答試験結果（工場）

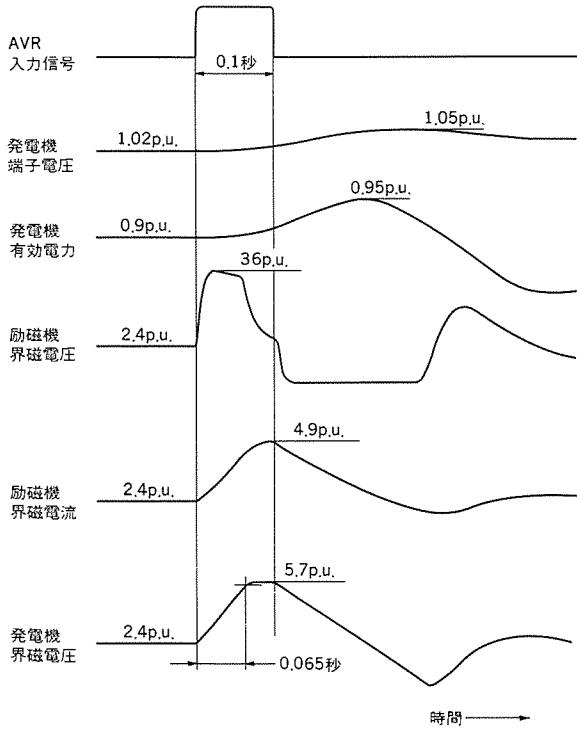


図15. 超速応励磁特性確認試験結果（現地）

データから $4.58 \text{ p.u.}/\text{秒}$ の計測結果が得られ、十分仕様値を満足した。これらの計測値は、工場での励磁機単体試験結果からの計算値とほぼ一致したことから、工場試験結果からの特性評価が可能であることも確認できた。

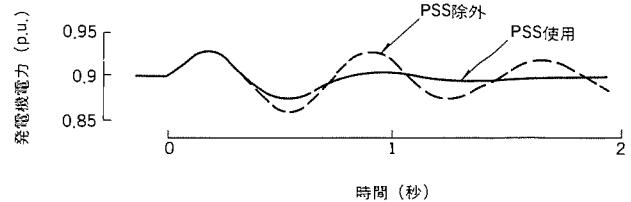


図16. PSS効果確認試験結果（負荷時過渡応答）

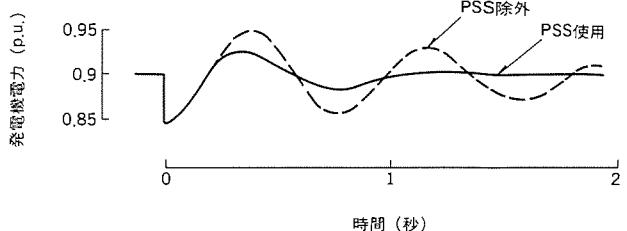


図17. PSS効果確認試験結果（送電線1回線遮断）

6.3 現地系統安定化装置効果確認試験

PSSは電力動揺の収束を速める装置である。したがって、この装置の効果を確認するためには、発電機負荷状態で系統に電力動揺を起こし、その収束の速さをPSS使用時と除外時とで比較する必要がある。本機では、この系統に次の方法にて電力動揺を起こし、図16及び図17の試験結果が得られた。

- (1) 負荷時過渡応答試験：AVRの設定値をステップ状に変化させる。
- (2) 系統遮断試験：送電線2回線の内1回線を遮断する。この試験結果から明らかなPSSの効果が確認できた。

7. むすび

国産最初の600MWタービン発電機用超速応ブラシレス励磁装置の特性の効果、仕様、特徴及び試験結果について紹介した。今回の超速応ブラシレス励磁装置製作で得た技術を、今後の大容量超速応励磁装置の開発・製作や励磁系計算モデルに役立てていく所存である。最後に、この装置の製作及び現地試験にあたっては、関西電力㈱及び三菱電機㈱の多くの方々に御指導及び御協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 斎藤ほか：三菱電機技報, 49, No.10, p.685 (昭50)
- (2) 天笠ほか：火力原子力発電, 31, No.5, p.500 (昭55)
- (3) 天笠ほか：火力原子力発電, 34, No.12, p.1391 (昭58)
- (4) 阿部ほか：電気学会, システム制御研究会資料SC-82-36 (昭57-6)

小容量ACサーボモータ《MELSERVO-S0シリーズ》

早川益美* 平尾繁自* 石川嘉男*

1. まえがき

永久磁石ロータを使ったACサーボモータは、最近の装置の高信頼化及びメンテナンスフリー化の要求から従来のDCサーボモータに代わり、近年急速に各分野で伸びている。当社においても昭和58年から、汎用ACサーボ《MELSERVO-Aシリーズ》を販売して需要にこたえてきたが、サーボモータの用途拡大、仕様の多様化に伴い、機種拡大が要求され、今回その一環として小容量機種の《MELSERVO-S0シリーズ》を開発・発売したので、その性能、特長、新しい技術などについて紹介する。

2. 《MELSERVO-S0シリーズ》の概要

2.1 機種構成と仕様

《MELSERVO-S0シリーズ》は定格出力50~400Wの4機種があ

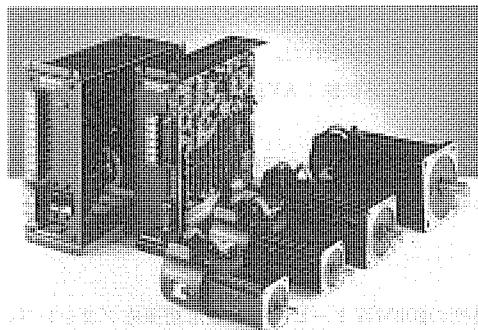


図1.《MELSERVO-S0シリーズ》の外観

り(図1にその外観を示す)、システム構成は図2に示すように、電源ユニット・ACサーボアンプ・ACサーボモータで構成されている。主な仕様を表1に示すがサーボアンプとしては、速度サーボアンプと位置サーボアンプの2種類があり、ACサーボモータには保持用の直流電磁ブレーキ付きもシリーズ化している。

2.2 特長

(1) 高速・高応答

モータの回転子には高性能のサマリウムコバルト系磁石を採用して回転子寸法の縮小化と低慣性化を図っているので、高レベルのパワーレート特性となっており(表1参照)、高速・高応答特性に優れている。

(2) サーボアンプのコンパクト化

電源部と制御部を分離して、一つの電源ユニットで複数台のサーボアンプを駆動できるようにしているため、多軸構成での省スペース化が実現できる。

(3) サーボモータのコンパクト化

前述の高性能希土類磁石の採用と、回転軸へのビルトイン方式検出器の採用によるモータの小型化を図って、機械の小型化要求に対処している。

2.3 サーボモータの構造

S0シリーズのサーボモータは図3に示すように、固定子側に対称三相巻線が施され、回転子側は回転軸に円弧状の希土類磁石を複数個接着固定した構成の永久磁石式同期モータである。構造は全閉自冷構造で、特に鉄心の有効利用と冷却効果の向上、さらに外形寸法の小型化のため、固定子鉄心外周面をモータ外表面としてそのまま用いた“フレームレス構造”となっている。また、検出器には、回

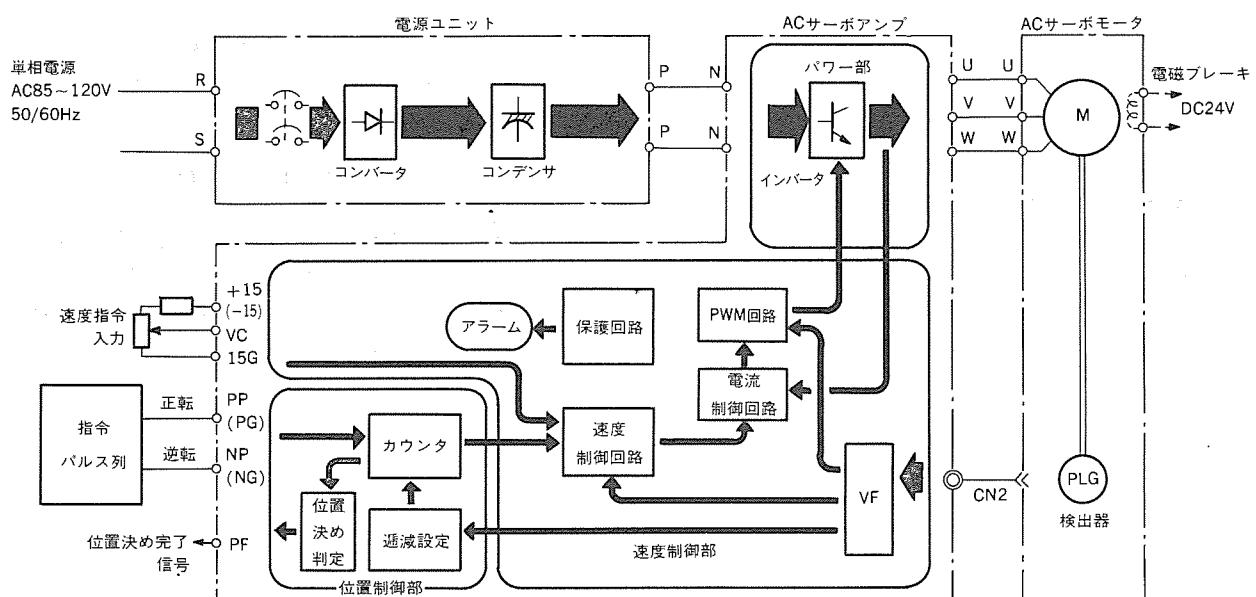


図2. システムの構成

表1.《MELSERVO-S0シリーズ》の主な仕様

サーボモータ型名	HA-SO53(B)	HA-SO103(B)	HA-SO203(B)	HA-SO403(B)
サーボアンプ速度サーボ 型名	MR-SO53S MR-SO53P	MR-SO103S MR-SO103P	MR-SO203S MR-SO203P	MR-SO403S MR-SO403P
定格出力(W)	50	100	200	400
定格トルク(kg·cm)	1.62	3.25	6.5	13
定格回転数(rpm)		3,000		
許容回転数(rpm)		3,500		
最大トルク(kg·cm)	4.86	9.75	19.5	39
注1パワーレート(kW/s)	3.9(3.1)	9.2(8.1)	9.1(7.0)	13.6(10.4)
注1イナーシャ GD ²	$J(10^{-3} \text{kg}\cdot\text{cm}^2)$ (0.084×10^{-3})	0.11×10^{-3} (0.128×10^{-3})	0.45×10^{-3} (0.59×10^{-3})	1.2×10^{-3} (1.6×10^{-3})
電圧(V)	DC24V			
電源容量(W)	7	8	10	
静摩擦トルク(kg·cm)	4.0	9.0	17	
電源	DC120V (DC100~160V 電源ユニットから供給)			
制御方式	く形波PWM電流制御方式			
回生ブレーキトルク	モータ定格トルクの300%			
許容負荷イナーシャ	モータイナーシャの5倍以下			
保護機能	過電流、回生過電圧、電子サーマル、フィン過熱(200W, 400W) 瞬時停電、不足電圧、過速度、検出器無信号			
速度制御範囲	1:1,000			
速度指令入力	DC±10V/3,000rpm			
補助速度指令入力	DC±6~±10V/3,000rpm 可変			
ソフトスタート	0.1~10s (補助速度指令選択のとき有効)			
速度変動率	0.1%以下 負荷変動 0~100% ±0.02%以下 電源変動 ±10% ±0.2%以下 温度変動 25±10°C			
位置制御仕様	最大入力パルス周波数 位置決め帰還パルス P-RATE 設定 位置決め完了幅設定	200kpps モータ1回転当たり 8,000パルス 1,2, ..., 16ノッチ選択(入力1パルス当たりモータ軸で0.045°, 0.09°, ..., 0.72°) 0~±15パルス1パルスごと設定(P-RATE1の場合モータ軸で0.045°, 0.09°, ..., 0.72°)		
電源ユニット	型名 総出力容量(W) 電源設備容量(kVA) 電源電圧・周波数 連続出力	MR-SOP500 500 1.5 単相AC 100/110V _{-15%} /50/60Hz 電圧 DC7A	MR-SOP1200 1,200 3 DC15A	MR-SOP1600 1,600 4 DC20A

注1 () 内は電磁ブレーキ付き

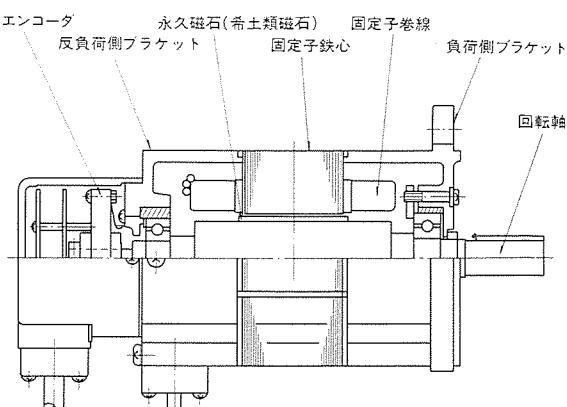


図3. S0シリーズサーボモータの構造

軸が中空軸タイプの光学式エンコーダを使ったビルトイン方式を採用して軸方向寸法の短縮化を図っている。このエンコーダの出力

信号は、速度・位置信号(A,B:2,000パルス/rev)・零点信号(Z:1パルス/rev)・磁極位置検出信号(U,V,W:2パルス/rev)のく形波パルス信号である。

3. 駆動方式と特性

《MELSERVO-S0シリーズ》では、駆動アンプの小型・簡素化を図るため、従来機種とは異なり制御回路が比較的簡素となる120°通電く形波PWM方式を新たに採用している。この駆動方式に関し、今回、モータを開発導入した技術について以下に述べる。

3.1 120°通電く形波PWM駆動と回転原理

120°通電く形波PWM駆動では、モータ各相に図4に示す電流が流れれる。基本的には2相分の直流が流れ、1相は無通電となる。この相切替えは、 $\omega t = 60^\circ$ (ω :電源角周波数, t :時間)ごとに行われ、この $\omega t = 60^\circ$ の区間内では巻線の起磁力ベクトルの方向は一定である。

このような相電流が流れるとときのトルク発生原理は次式のフレミングの左手の法則に従う。

$$F = I \times B \cdot l \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 F : 力, I : 電流, B : I に鎖交する磁束密度, l : 導体長

図5において、U相からV相へ電流が流れる区間の初めの磁石回転子の位置を①に示す状態とする、U相・V相巻線には式(1)で示さ

れる力(図5では破線矢印で示してある)が発生し、磁石回転子は矢印の方向に回転する。次に、磁石回転子が移動し、⑤のような位置にきたとき、U相からV相へ電流が流れるように相切替えを行うと、通電巻線と磁石の位置関係は④と同じになる。以下、順次図4のように相切替えを行うと、図5の④→⑤の状態が繰り返され、モータは回転を続ける。このモータの発生トルクは、通電巻線位置の磁束密度が同一かつ一定のとき、次式で与えられる。

$$T_M = \sum_i F_i r = 2 \cdot N \cdot B \cdot I \cdot l \cdot \left(\frac{D}{2}\right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで F_i : i 番目の導体に働く力 (Σ は全導体に働くトルクの総和を示す), N : 1相の全導体数, I : 1相の電流, l : 導体長, D : 回転子外径 (r : 半径, $r = D/2$), B : 磁石による空けきの磁束密度

3.2 トルクリップル

空けきの任意の位置の磁束密度変化は図6に示すとおりであるが、120°通電方式の場合、この変化の全域がトルク発生に寄与する正弦

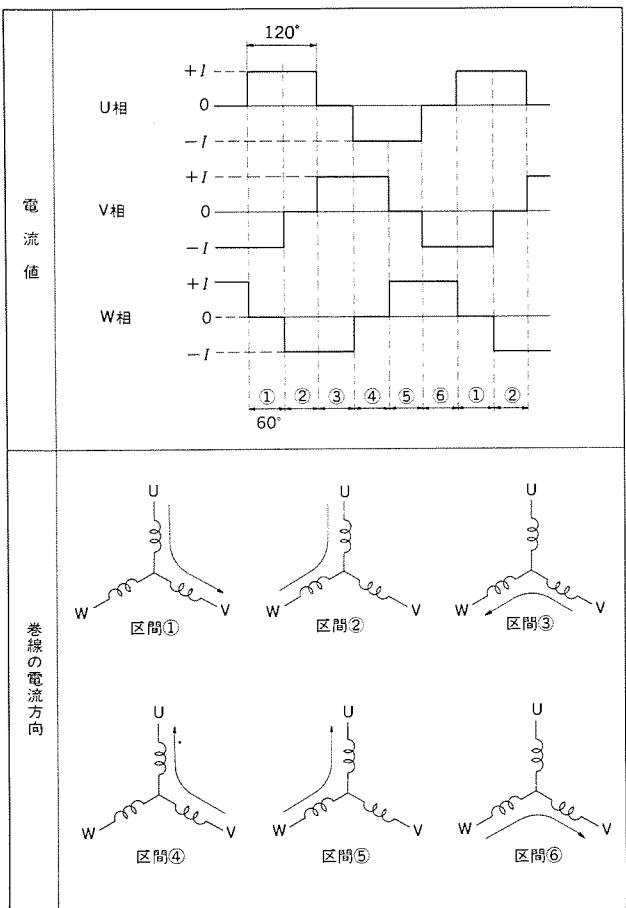


図4. 120°通電方式の各相の電流

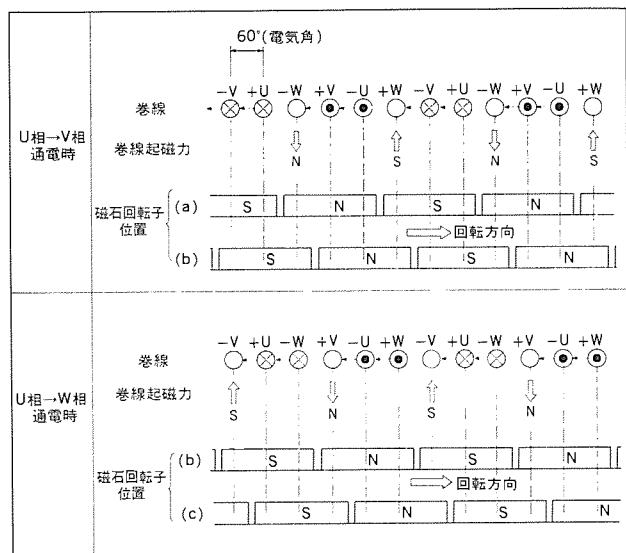


図 5 回転原理

波PWM方式(磁束密度変化を図6の破線のようにしている)と異なり、各極とも図のように $\theta = \theta_0$ ($\theta_0 < 180^\circ$)で示される範囲だけがトルクの発生に寄与しているので、図6の実線で示すように θ_0 の範囲で磁束密度を一定とすれば、トルクは式(2)で与えられ一定となる。この磁束密度変化は磁石回転子の回転による空げきの磁束密度分布の移動によるものであり、巻線位置によって位相差がある。従って、トルク発生に寄与する範囲 θ_0 内で磁束密度が変化するときは、各巻線に発生する力が異なり時間とともに変化する。そこで、磁石回転

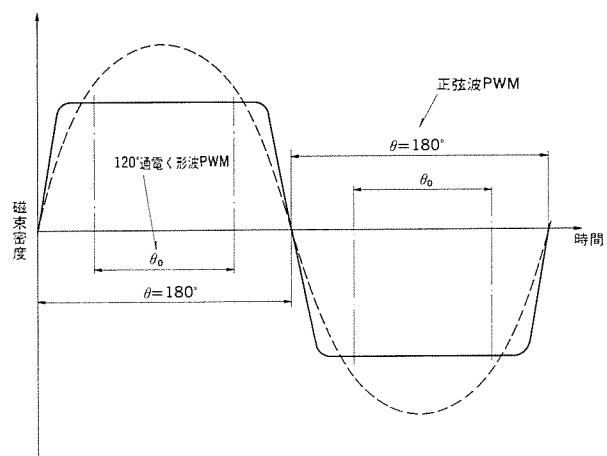


図6. 空げきの磁束密度変化とトルク寄与領域

($\theta = \omega_r t$ ω_r : 磁石回転子回転角速度 (電気角) t : 時間)

子上に固定した空げきの磁束密度分布を、

ψ : 基準位置からの任意の点の位置までの角度, 電気角

ν : 磁石極数波を一次波とする高調波次数

とおくと、1通電区間内での発生トルクは次式(4)で与えられ、各通電区間とも同一の変化を示す。

$$T_M = Pnl \left(\frac{D}{2} \right) I \sum_{\nu=1}^{\infty} B_\nu \frac{\sin \nu q \alpha}{\sin \nu \frac{\alpha}{2}} \sin \nu \left(\phi_a + \frac{(2q-1)}{2} \alpha - \omega_{re} t \right)$$

ここで $0 \leq t \leq \pi/3\omega$ (1通電区間における最初の時点を $t=0$ とする), P : 極数, n : 1スロット内 1相巻線の巻数, l : 1スロット内導体1本当たりの長さ, D : 磁石回転子外径, q : 每極毎相のスロット数, α : スロット間隔 (電気角; $\alpha = p\pi/N_s$, N_s : スロット数), ψ_0 : $t=0$ における磁石回転子上に固定した座標系での, 無通電巻線スロットに隣接する通電巻線スロット位置 (電気角), ω_{re} : 1通電区間内での磁石回転子の回転角速度 (電気角) で $\int_0^{\pi/3} \omega_{re} dt = \pi/3$ である。

式(4)によるトルク変動は相切替え時トルクリップルとなる。

今、モータに加わる負荷トルクを T_L とすると、モータの発生トルクとの間には次式に示す関係がある。

ここで J : イナーシャ, ω_r : 回転角速度 (機械角)

本来、式(4)の $\omega_{re} = (P/2)\omega_r$ であるが、簡単のため角速度として $\omega_{re} = \omega$ (電源角周波数) とすると、式(4)、式(5)から以下となる。

ここで ω_{τ_0} : $t=0$ のときの ω

これは、トルクと同様、各通電区間で同一状態を繰り返すので相切替時速度リップルとなる。サーボモータではこれらトルクリップル、速度リップルを小さくする必要があり、磁束密度変化の状態が重要となる。図7に変化の大きい例として、磁束密度変化を正弦波としたときの計算と実測例を示す。なお、実際は電流ループ、速度ループによる補正がなされる。

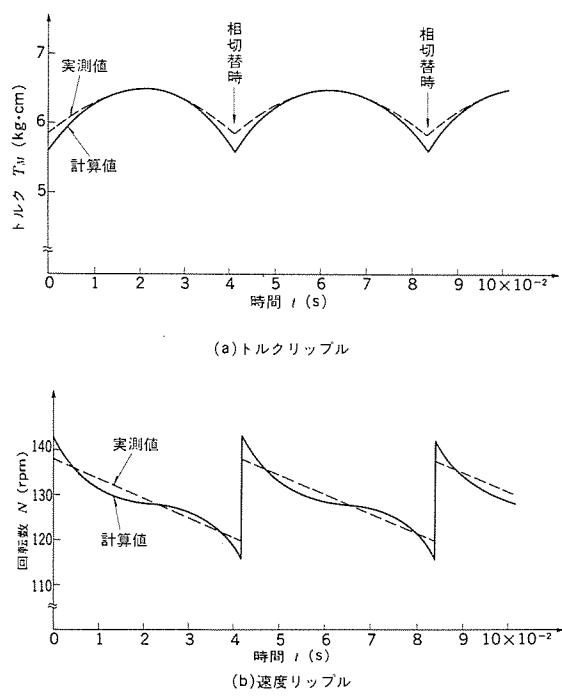


図 7. トルクリップルと速度リップル例（4極12スロット）

3.3 トルクリップルの低減法

S0サーボモータでは、上述の相切替周期のトルクリップルの低減策として下記を実施している。

(1) ラジアル異方向性磁石の採用

図 6 の θ_0 の範囲内での磁束密度変化を少なくするため、図 8 (a)に示すラジアル異方向性磁石（磁束の方向が磁石の半径方向に分布する特性を持ったもの）を採用している。この磁石の場合、空げきの磁束密度は図 8 に示すように広い範囲でほぼ一定値となる。これに対し、軸異方向性磁石（磁束の方向が平行になる）は、図 8 (b)に示すように空げき磁束密度が疑似正弦波状となるため、120°通電方式には向きで、正弦波PWM方式に有効である。

(2) 固定子スロット数の選定

前述のように、トルクは通電巻線の各々に発生する式(1)に示す力の反力をによるトルクの合成力（式(4)）であるから、トルク変動を少なくするためにには、各通電巻線に発生する力を同一で一定とする必要がある。このためには、各通電巻線の電流値は同一で一定であるから、各通電巻線の空間位置における空げきの磁束密度の絶対値を

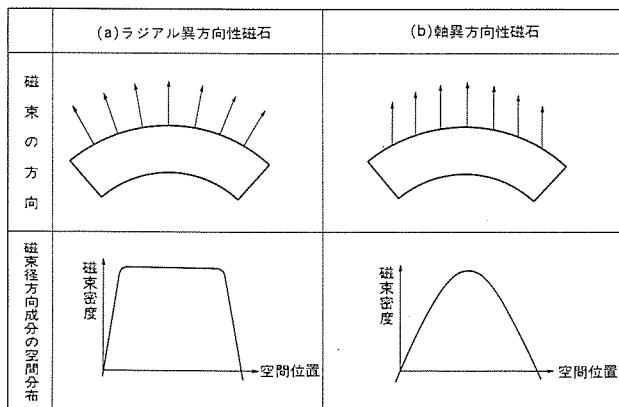


図 8. 異方向性磁石の種類

同一かつ一定とすればよいことになる。スロットが異なると、同時に点において各々のスロットは空げき磁束分布の異なる位置に対応するため、通電巻線のスロット数の少ない方が、空げきの磁束密度分布の磁束密度一定必要領域が小さくすむ。三相4極の場合、最小のスロット数は12スロット（毎極每相スロット数=1）である。このときは図9(a)に示すように、磁束密度分布において磁束密度一定必要領域は120°（電気角）となる。一方、三相4極で24スロット（毎極每相スロット数=2）の場合は、図9(b)に示すように、1極分内の同相の通電巻線が空間的に30°（電気角）離れて二つに分布しているため、磁束密度一定必要領域は150°となり、12スロットの場合より大きくなる。すなわち、磁束を一定にする必要のある領域は最小のスロット数（三相4極では12スロットの場合）が最も小さくてすむため、今回のS0シリーズでは12スロットをモータ固定子スロット数として採用している。

3.4 コギングトルク

固定子鉄心はスロット開口部を空げき側に持っているため、磁石の空げき磁束により空げきに蓄えられる磁気エネルギーは磁石の回転子の位置によって変化し、次式で与えられる。

$$E_g(\varphi) = \int_0^{P\pi} \frac{rLl_g}{2\mu_0} \left\{ B_g(\varphi, \psi) \right\}^2 d\psi \quad (7)$$

ここで φ : 磁石回転子の回転角（電気角）、 ψ : 任意の空間位置（電気角）、 P : 極数、 r : 空げきの平均半径、 l_g : 空げき長、 L : 鉄心幅、 μ_0 : 空げきの透磁率、 $B_g(\varphi, \psi)$: 空げきの磁束密度分布

この磁気エネルギーの磁石回転子の回転角による変化分はトルクを発生する。このトルクをコギングトルクと称している。今、スロットのないときの磁束密度分布を $B(\psi)$ とすると、これは図10(a)のような台形波となり、次式で与えられる。

$$B(\psi) = \sum_{v=1}^{\infty} B_v \sin v\varphi \quad (8)$$

スロット開口部のあるときの空げきの磁束密度 $B_g(\varphi, \psi)$ は、磁

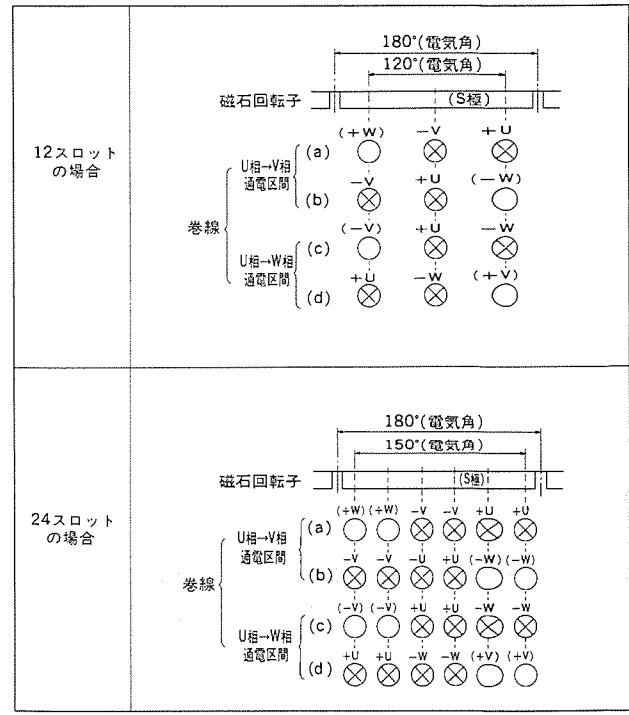


図 9. U相巻線通電中における磁石回転子に対する巻線の相対位相

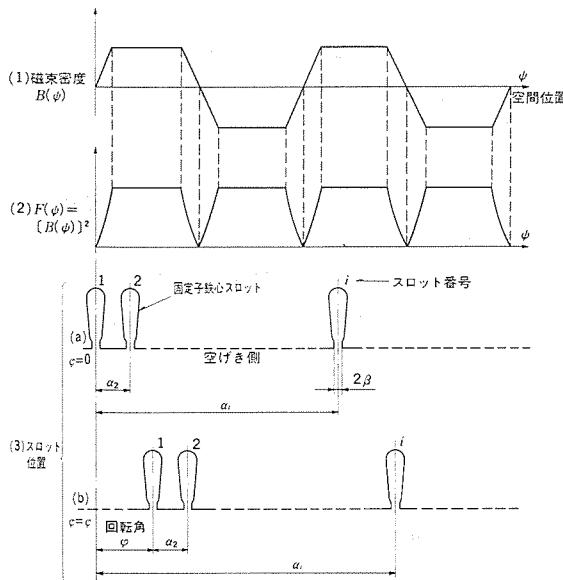


図10. 空げき磁束密度分布とスロット開口部位相
(ψ , φ , α_i : 電気角)

スロット開口部のあるときの空げきの磁束密度 $B_g(\varphi, \psi)$ は、磁束の大半が鉄心歯部に集中することから、スロット開口部範囲で 0、それ以外は式(8)の $B(\varphi)$ に一致すると仮定すると、コギングトルクは次式で与えられる。

$$T_C = -\frac{\partial E_g(\varphi)}{\partial \varphi} = \sum_{v=1}^{\infty} \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\gamma L l_g}{2\mu_0} A_v \sin 2v\beta \cos [2v(\varphi + \alpha_i) + \gamma_v] \quad (9)$$

ここで 2β : 1 個のスロット開口部幅 (電気角)
 α_i : i 番目のスロット位置 } 図10参照

ただし、式(7)で $F(\psi) = \{B(\psi)\}^2$ が現れるが、これは図10(b)の波形となるので以下のフーリエ級数展開をした。

$$F(\psi) = (a_0/2) + \sum_{v=1}^{\infty} A_v \sin(2v\psi + \gamma_v) \quad (10)$$

$$A_v = \sqrt{a_v^2 + b_v^2} \quad \gamma_v = \tan^{-1}(b_v/a_v)$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi F(\psi) d\psi \quad a_v = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi F(\psi) \sin 2v\psi d\psi$$

$$b_v = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi F(\psi) \cos 2v\psi d\psi$$

式(9)から各高調波成分は次式となる。

$$T_{Cv} = \begin{cases} (\gamma L l_g / 2\mu_0) N_s A_v \sin 2v\beta \cos(2v\varphi + \gamma_v) & ; v = K N_s / P \\ 0 & ; v \neq K N_s / P \end{cases} \quad (11)$$

(K = 1, 2, 3, ...)

これより、コギングトルクの基本波は次数 $v = N_s / P$ で 1 回転当たり N_s 個の周期の変動となる。コギングトルクは前述のトルクリップルに重畠されて速度リップルの要因となるので低減が必要である。

3.5 コギングトルクの低減法

以下、コギングトルクの低減法について述べる。

3.5.1 一般的に用いられているコギングトルク低減法

一般的には、下記に示す方法が採用されている。

- ① 磁石表面付近の磁束密度分布(式(8))を正弦波に近づけて高調波成分を小さくする方法 (図11①)
- ② 固定子鉄心スロットをスキーする方法 (図11②)
- ③ 複数の磁石をスキー状に配置する方法 (図11③)
- ④ 磁石の形状をスキー形状とする方法 (図11④)

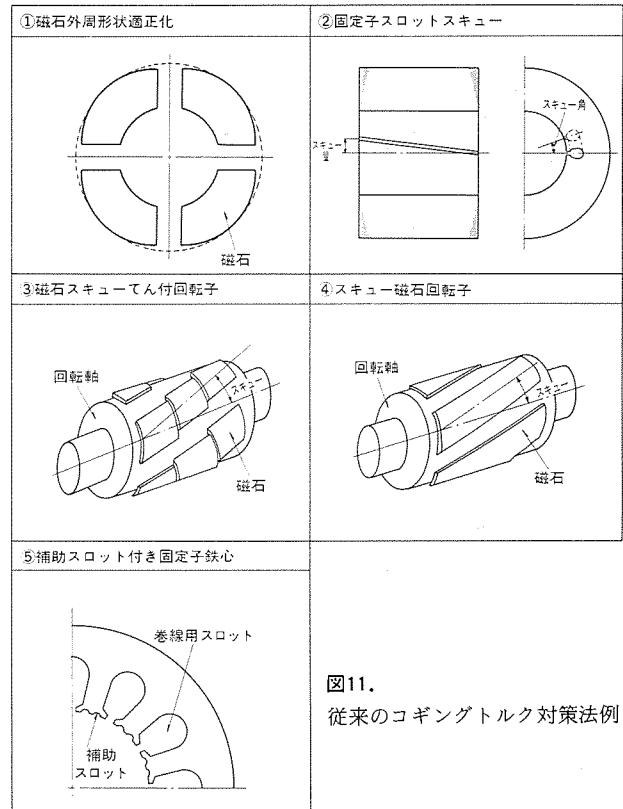


図11. 従来のコギングトルク対策法例

⑤ 様助スロットを用いる方法 (図11⑤)

①は図8(b)に示した軸異方向性磁石の採用及び各極磁束を形成する各々の磁石の外周形状の適正化で具体化されている。②, ③, ④は同じ効果をねらったもので、固定子鉄心スロット開口部と磁石の空間磁束密度分布の位置関係を回転子軸方向の位置により変え、全磁気エネルギーの変化量を低減するものである。この場合、コギングトルクの次数は、式(11)と同様、 $v = K N_s / P$ であり、コギングトルクは次式で与えられる。

(a) 固定子スロットスキューのとき

$$T_{Cv} = \left(\frac{L_r l_g N_s}{2\mu_0} \right) A_v \left(\frac{\sin v\theta_{sk}}{v\theta_{sk}} \right) \cos \left[2v \left(\varphi + \frac{\theta_{sk}}{2} \right) + \gamma_v \right] \quad (12)$$

(b) 磁石スキーのとき

$$T_{Cv} = - \left(\frac{L_r l_g N_s}{2\mu_0} \right) A_v \left(\frac{\sin v\theta_{sk}}{v\theta_{sk}} \right) \cos \left[2v \left(\varphi - \frac{\theta_{sk}}{2} \right) + \gamma_v \right] \quad (13)$$

ここで θ_{sk} : 鉄心幅内のスキー角 (電気角), $\theta_{sk} \neq 0$

いずれの場合も、スキーのないときの式(11)と比べ、振幅は、 $|\sin v\theta_{sk}| / v\theta_{sk}$ 分小さくなる。 $v\theta_{sk} = \pi$ のとき, $T_{Cv} = 0$ となるためコギングトルクの基本波成分 ($v = N_s / P$) は $\theta_{sk} = P\pi / N_s$ (すなわち、固定子スロットの 1 ピッチスキー) とすれば打ち消される。図12に三相 4 極 12 スロットの場合におけるコギングトルク基本波成分 ($v = 3$ 次, 12 周期 / 1 回転) 最大値のスキー角による変化の計算結果(式(11)～式(13)による)と実測値を示す。⑤の方法は固定子鉄心の歯部に補助的な小スロットを設け、巻線スロットの数は変更せずにコギングトルクの基本波次数を高くしてコギングトルク値を低減する方法である。

①の方法は正弦波 PWM 駆動方式の場合には有効な方法であるが、120° 通電く形波 PWM 方式では、3.3節で述べたようにトルクリップル低減策と相反する。②, ③の方法は、各々、巻線及び磁石回転子の製作上の問題がある。④の方法は磁石の製作上の問題がある。⑤の方法は鉄心抜き板寸法に制限される。

3.5.2 スキュー着磁法による低減法

S0 サーボモータはコギングトルク対策として、原理的にはスキュー効果による低減策を採用しており、3.5.1項の③及び④と同様、磁石回転子側での対策を行っている。ただし、③、④のような磁石回転子上での磁石形状をスキューする方法と異なり、磁石回転子自体は通常の平行磁石を採用し、新たに開発導入したスキュー着磁法によってスキュー着磁を行っている。

このスキュー着磁は図13に示すように、磁石の外周で変化する磁束分布の位相が、磁石回転子の軸方向に順次ずれていいくように着磁する方法である。ラジアル異方向性磁石回転子の場合、図8(a)で示したように、1極分の空げき磁束密度は中央部で値が一定で両端部に磁束の急激に変化する点がある。通常、この変化点は磁石の端部であり、平行磁石の場合は回転子軸方向全長にわたって回転子円周

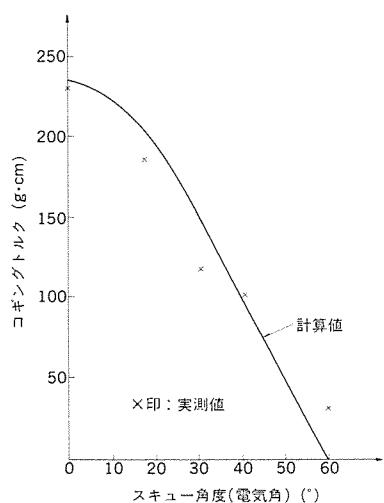


図12. スキューによるコギングトルクの変化
(計算値と実測) (4極12スロット)

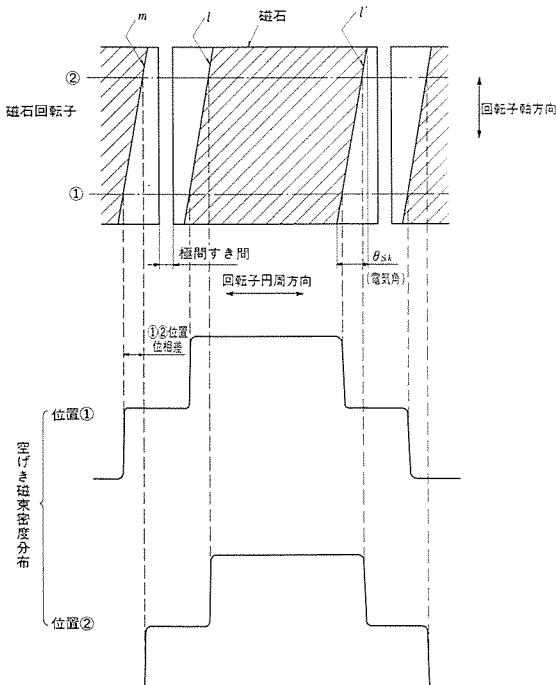


図13. スキュー着磁状態

上位置が同一であるが、今回のスキュー着磁回転子では図13に示すように、1極分磁束の両側の変化点をこの磁石の外周面の内部に位置させ、この変化点位置が回転子軸方向で順次円周方向へずれていいくように着磁されている。なお、隣接磁石の近接する変化点間の領域（例えば、図13のlとmの間）は理想的には無着磁（径方向磁束成分 = 0）状態、通常は弱着磁状態としている（図14に磁石回転子単体での磁束の実施例を示す）。この結果、磁束分布からの見掛け上の磁石は、この変化点を結んだ線l, l'を端部とするスキュー磁石と等価となるため、線l, l'のスキュー角を θ_{sk} （電気角）と決めるとき、コギングトルクはスキュー磁石回転子の場合と同様、式(13)で与えられる。図15にスキュー着磁回転子によるコギングトルク実測例を示す。

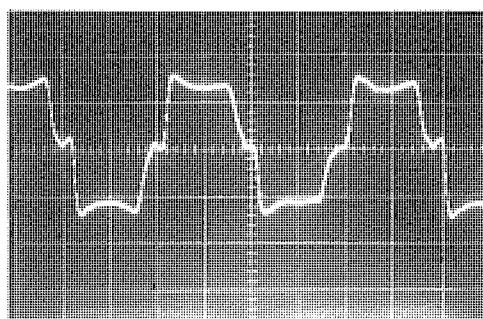


図14. スキュー着磁回転子の磁束波形実測例

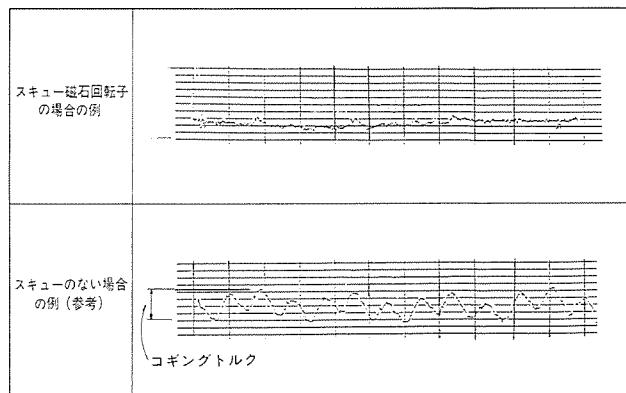


図15. コギングトルク実測例 (スキュー着磁回転子)

4. むすび

以上、S0シリーズACサーボモータの製品及びその内容を述べたが、ACサーボモータはこれからモータであり、今後用途の拡大により、ますます仕様の多様化、高性能化が要求されることと思う。これら市場の要求に対応すべく、今後需要家各位の御指導と御協力を得ながら、より良い製品の実現を目指したいと考える。

参考文献

- (1) 杉本ほか：ACサーボシステム、三菱電機技報, 57, No.7 (昭58)
- (2) 後藤ほか：直流モータのコギングトルクの解明と新しい低減方法、電気学会論文誌, 103 (1982)
- (3) 田島ほか：有限要素法による電磁界計算からのコギングトルク計算、電気学会論文誌, 107 (1987)
- (4) 宮入：電気・機械エネルギー変換工学、丸善 (1976)

国際電信電話(株)納めDC-1形データ伝送交換設備

山本篤延* 太幡正明* 北村春夫** 井田幸彦*** 中村元行***

1. まえがき

近年、情報化社会の進展とともに、国際通信の分野においてデータ通信の利用の伸びが著しい。従来、我が国では、国際データ通信サービスにパケット網(VENUS-P)を使用しているが、FAX、テレックス通信などの利用形態の多様化により回線交換型のサービス(VENUS-C)が求められるようになった。このサービスを提供する交換システムを三菱電機(株)が昭和60年7月に国際電信電話(株)から受注し、2年間の開発期間を経て昭和62年7月に納入した(図1、図2)。

2. 基本設計

システムを構築するに際し、最重要点はそのシステムの持つ基本的概念を明確にし、全開発をその原理・原則で首尾一貫することである。このシステムはデータ公衆網の国際閥門交換機であり、以下

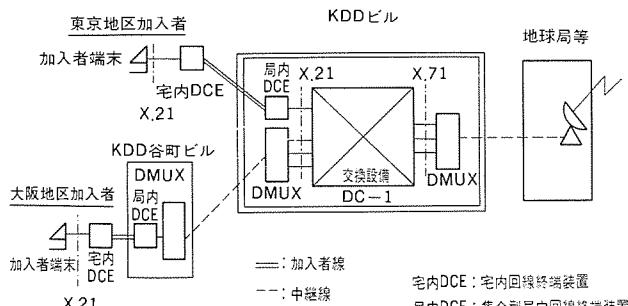


图1. VENUS-C网の構成図

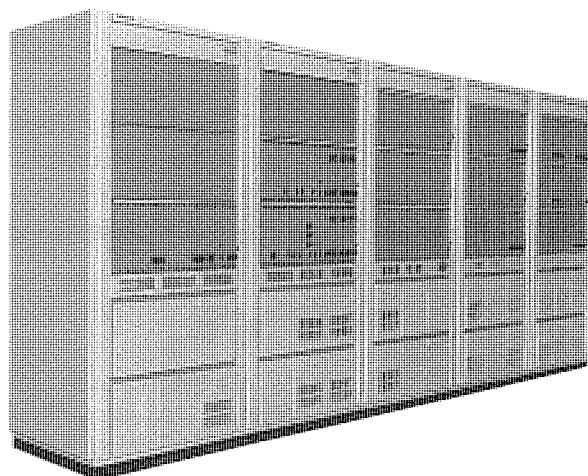


图2. DC-1形データ伝送交換設備

の項目の実現が優先される。

- (1) 処理能力
- (2) 信頼性
- (3) 運用性 (マンマシン インタフェース)

2.1 アーキテクチャ

- (1) 処理能力

このシステムでは最大4800BHCAの負荷に対してすべての機能・性能を満足することが要求される。特に交換処理では、中継回

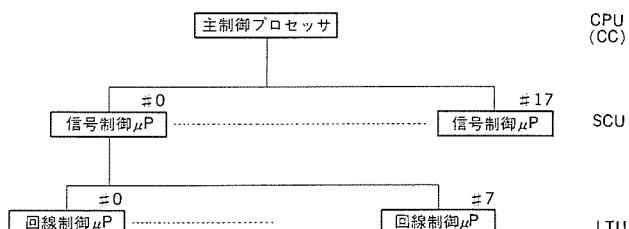


图3. プロセッサ ハイアーラーク

表1. 方式諸元

項目	諸元	備考
通話路系	交換方式 時分割多重方式 通話路容量 64Mbps 信号構成 8ビット	T1段、ノンブロッキング 62Kbps×1,024CH 6+2エンベロープ構成
制御系	制御方式 複数プログラム方式 制御系構成 機能/負荷分散マルチプロセッサ	3段構成
冗長構成	プロセッサ間通信 FIFO方式 中央制御装置 DUPLEX運転方式 通話路装置 DUPLEX運転方式 クロック装置 DUPLEX運転方式 磁気テープ装置 各中央制御装置に対して DUPLEX運転方式	主記憶補助記憶装置を含む 2系書き込み/1系読み出し 位同期方式
実装容量	加入者回線 384 中継回線 192	
処理能力	呼設定率 4800BHCA 同時接続数 192 処理遅延 3秒	4800BHCA時マンマシン応答時間
信頼度	システム稼働率 99.99%	
誤り率	ビットエラーレート 10^-6以下 呼損率 0	
信号方式	加入者回線 X.21 2,400/4,800/9,600bps 中継回線 X.71 //	
番号体系	X.121	
フォーム	メッセージ CCITT MML準拠 マット CCITT MML準拠	

線プロトコルにX.71を採用しているので即応性確保を必要とする。このため、図3に示すとおりミニコンピュータM70/50を主制御プロセッサとし、プロトコルの手順を実行する信号処理プロセッサ(SCU)，及び回線の監視・制御を行う回線制御プロセッサ(LTU)に8086を使った3階層マルチプロセッサ構成により機能・負荷分散を行っている。

(2) 信頼性

信頼性を高めるため主要装置はすべて二重化構成を採り、通常ONL/SBYの二重化運転を行っており、障害発生時には遅滞なく系切替えを起動して運転を継続する。また、いかなる单一装置の障害もシステム全体の運転に影響を及ぼさないよう配慮されている。

(3) 運用性

システム状態は、操作卓(CSL)，集中表示する可視表示盤(VIP)及び各装置にあるUIL表示により統一的に把握できる。CSL, VIPは機械室のほかに試験室から遠隔操作・監視が可能である。

メッセージコマンドはCCITT MMLに準拠し簡明である。

2.2 方式諸元

表1にこのシステムの方式諸元を示す。

3. ハードウェア構成

このシステムは、中央制御装置群、回線装置群及び入出力装置群から構成される。中央制御装置群は、回線装置群、入出力装置群を総合的に管理・制御することによりこのシステムの運転に中枢的役割を果たす。回線装置群は、回線の終端、信号の監視・制御及びユーザー情報の交換を実行する。入出力装置群はこのシステムの運転・保守を行うためのマンマシンインターフェースを提供する。

3.1 中央制御装置群

中央制御装置群は、システム統制装置(MGR)、中央処理装置(CPU)、主記憶装置(MMU)及び補助記憶装置(FMU)から構成される。CPU、MMU及びFMUを総称して中央制御系(CC)と呼ぶ。CCは信頼性確保のため、すべて二重化構成される(図4)。

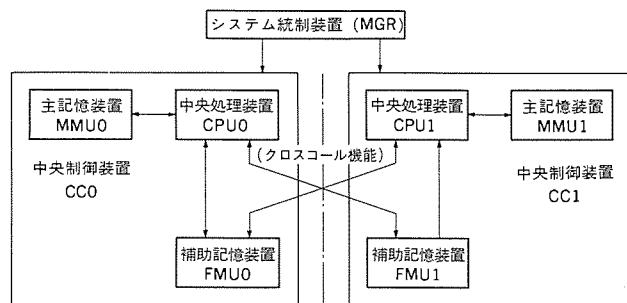
(1) システム統制装置(MGR)

MGRはシステムすべての運用・動作の源となる監視・統制をつかさどる装置である。二重系のCPUの初期起動、システムの運転モードの指定、変更及び制御を行う。

(2) 中央制御装置(CPU)

CPUはシステム全体を制御する装置で、汎用のミニコンを使用しており、基本処理ユニット(BPU)、システム制御ユニット(SCP)、チャネル制御ユニット(CHC)などから構成される。

(3) 主記憶装置(MMU)



MMUはプログラムやデータの格納を行い、CPUの制御によりこれらの情報の記憶又は取り出しを行う。記憶素子はnMOS ICで実装記憶容量は1Mバイトである(最大4Mバイト)。

(4) 補助記憶装置(FMU)

FMUは主として呼記録を格納するとともに、MMUのバックアップとしてプログラムデータの格納に使用する。各系のCCを構成すると同時にクロスコール機能になり、他系のCPUからもアクセスできる。

3.2 回線装置群

回線装置群は、回線終端装置(LTU)、信号制御装置(SCU)、通話路装置(SWU)、クロック装置(CU)などから構成される。共通装置であるSWU、CUは各々二重化構成され、その他はシングル構成である(図5)。

(1) 回線終端装置(LTU)

LTUは、集合型局内回線終端装置(DCE)又はデータマルチプレクサ(DMUX)と接続され回線を終端する装置である。回線からのユーザー情報をSWUに送出するとともに検出された信号をSCUに送出する。この装置はX.21、X.71のいずれの回線に対しても同一ハードウェアで対応できる。

(2) 信号制御装置(SCU)

SCUはCCの制御によりX.21又はX.71のシーケンス制御を行う装置である。FIFOを介するパラレルバスでCC及びLTUとインターフェースする。CCからダウンロードされるプログラムにより、SCUが制御する回線がX.21かX.71かを決定する。

(3) 通話路装置(SWU)

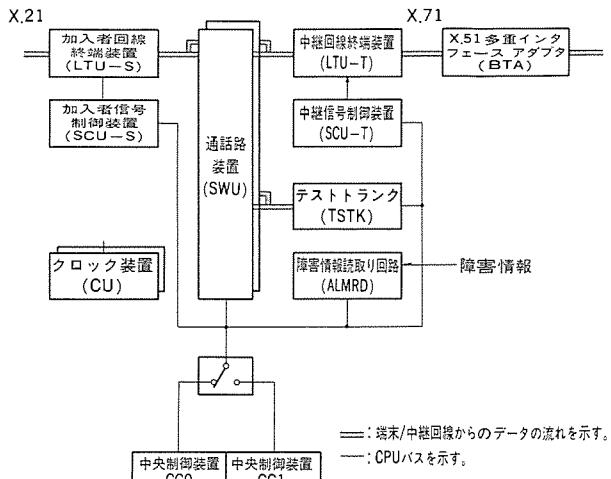
SWUはCCの制御によりユーザー情報の交換接続を行う装置である。時分割多重にした通話路ハイウェイを収容し、時分割スイッチにより任意のパスを設定できる。SWUは保守時無瞬断の切替えが可能である。

(4) クロック装置(CU)

局内のデジタルクロック供給装置(DCS)から供給される基準クロックに従属同期した各種クロックを生成し、各装置に供給する。CUは保守時無瞬断の切替えが可能である。

(5) テストランク(TSTK)

TSTKはSWUを介してLTU、BTAの試験を行う装置である。



TSTKから送出された試験データをLTU, BTAで折り返されたデータと照合する。試験データには固定パターンとランダムパターンの2種類がある。

(6) 障害読み取り回路(ALMRD)

ALMRDはシステムの各種電源などの障害情報を読み取る装置である。

(7) X.51多重インターフェース アダプタ (BTA)

BTAは中継回線において相手交換機がX.51多重方式の場合、LTUから送出される制御信号を、DMUXから送られてくるバイトタイミングに合わせてキャラクタごとにDMUXに送出する装置である。

3.3 入出力装置群

入出力装置群は、フレキシブルディスク装置(FDDU), 磁気テープ装置(MTU), ラインプリンタ(LP), 操作卓(CSL)及び可視表示盤(VIP)から構成される。FDDU, MTU, CSL, VIPは二重化構成される。

(1) フレキシブルディスク装置 (FDDU)

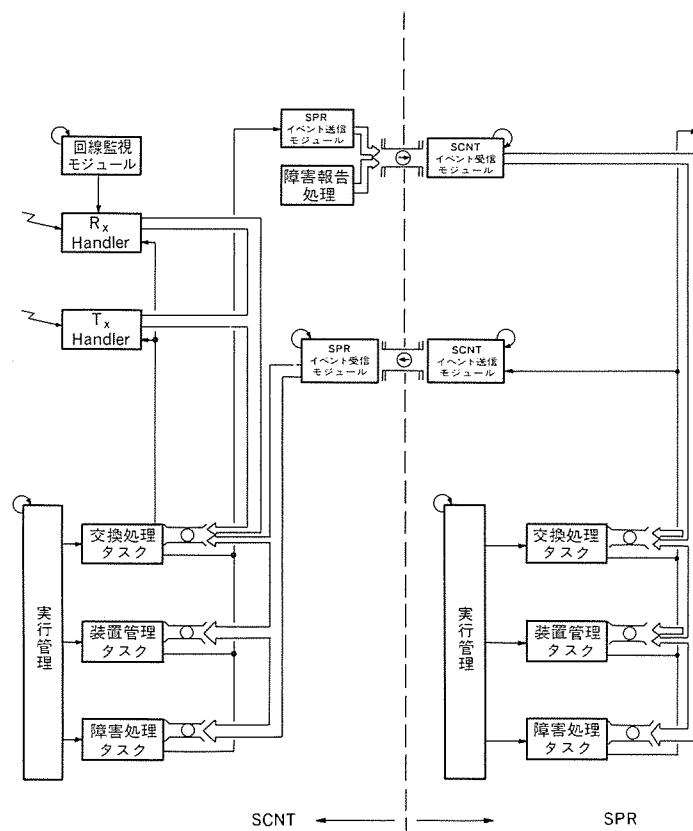
FDDUは手動立ち上げ時のバックアップファイルの読み込み、又は大量の局データの変更時に使用される装置である。

(2) 磁気テープ装置 (MTU)

MTUは、呼記録を出力する装置である。当日分、翌日分の2台を必要とする。

(3) ラインプリンタ (LP)

LPはMMU又はFMUに格納された各種データベース、トレース情報を出力する装置である。2系のCCのうち、一方に切り替えて使用する。



(4) 操作卓 (CSL)

CSLは運転・保守の各種コマンド投入、及び自律メッセージの出力に使用される装置である。

(5) 可視表示盤 (VIP)

システムの稼働状態を可視又は可聴的に表示する装置である。

4. ソフトウェア構成

このシステムは、多数の収容回線からのランダムな発着呼を制御するため、ソフトウェアはオンラインリアルタイム処理プログラム群で構成され、大別して実行管理プログラム(EP), 交換処理プログラム(CP), 運転管理プログラム(AP), システム制御プログラム(SCP), 試験/診断プログラム(DP)に分類される。

4.1 実行管理プログラム(EP)

実行管理プログラムは、発生する要求をその緊急性に応じて処理を行うもので、各処理プログラム及び入出力装置の一部を管理下におき、プログラム実行/停止、割込み制御、タイマ管理、I/O制御などを行いマルチプログラミング制御を実現する。このプログラムはM70シリーズの汎用OSであるRTMS(Real Time Operating System)を交換機ソフトウェアシステム実現のため、特に処理能力強化の改修を加えて使用している。

4.2 交換処理プログラム (CP)

交換処理プログラムは、CC/SCU/LTU上に搭載される各プロセッサに機能分散され、高速な交換接続及びCCITT勧告(84年版)に準拠したX.21, X.71制御を実現している。

(1) CPU

X.21, X.71手順の組合せによる接続、切断、各ファシリティの実

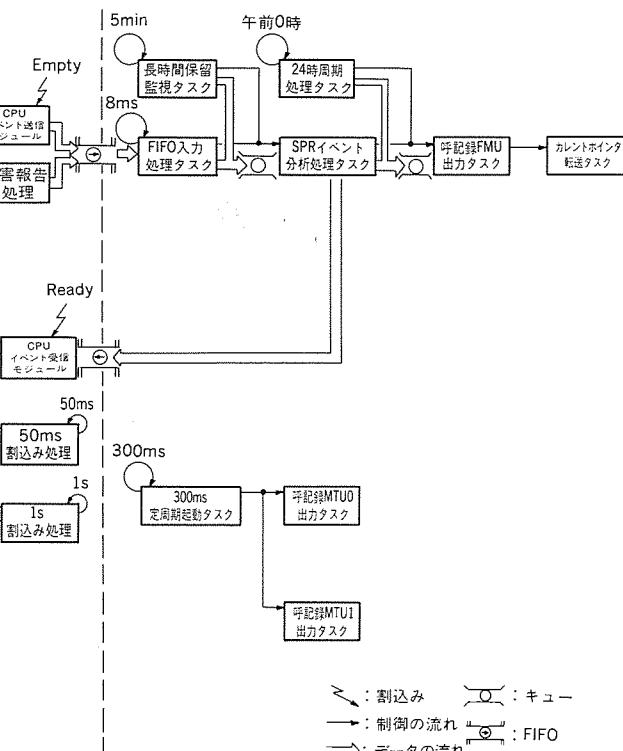


図 6. 交換処理プログラムのタスク相関図

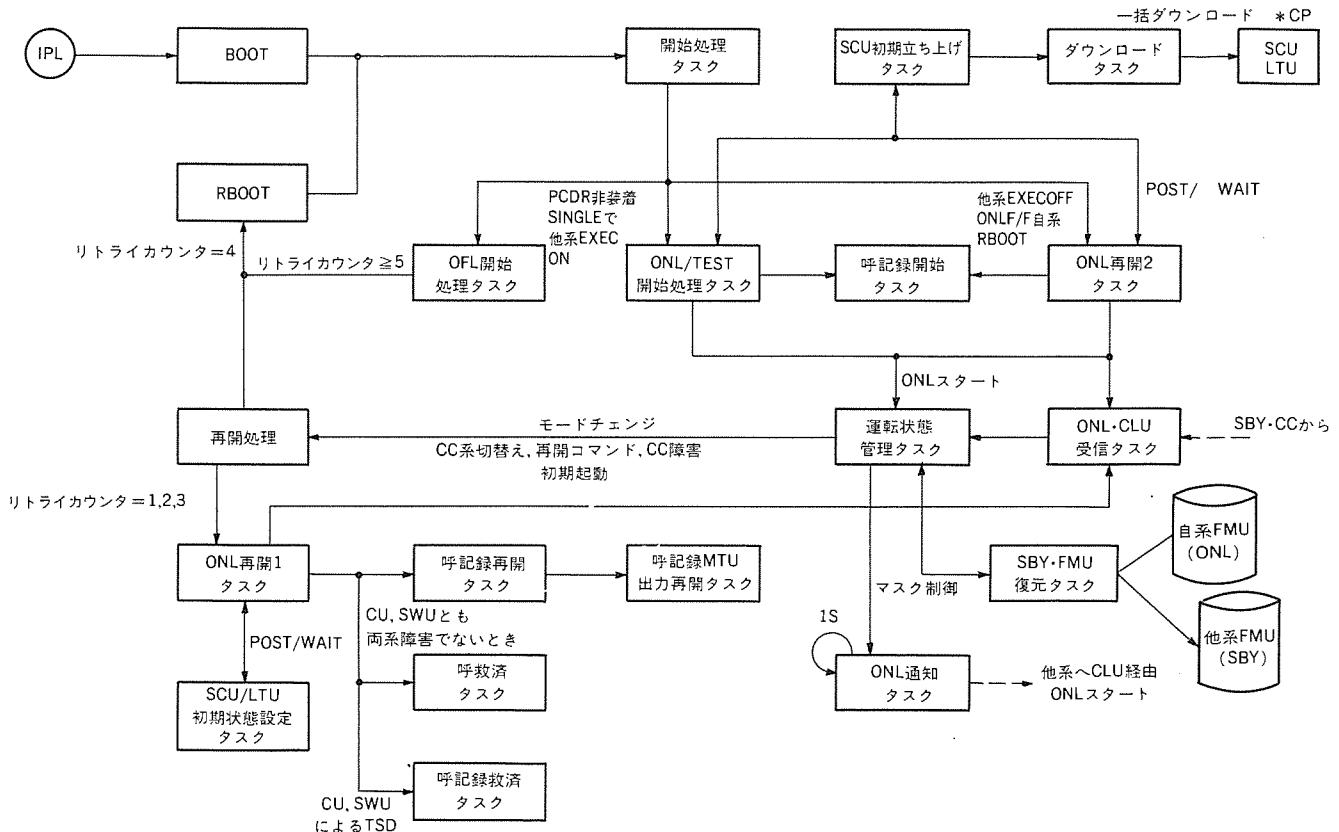


図 7. システム制御プログラムのタスク相関図

施、各規制の実施、ルーティング制御、呼記録の作成を行う。

(2) SCU

X.21, X.21手順に示されている各信号を検出し、検出した各信号に対し最適な処理を実行する。また、手順実行に際して必要なタイマを持っている。

(3) LTU

各回線のレベル変化の検出、キャラクタ受信を行うとともに、SCUからの要求に従い回線のレベル制御、キャラクタ送信を行う。図 6 に交換処理プログラムのタスク相関を示す。

4.3 運転管理プログラム (AP)

各種コマンドの解析と実行及び局データ・装置データ・回線状況データ・障害状況データ・負荷状況の監視と外部表示を行う機能を持ち、コマンド制御部、コマンド実行部、データ監査及び外部表示部から構成される。

4.4 システム制御プログラム (SCP)

システム制御プログラムの機能は立ち上げ処理、再開処理、時刻管理、回線系装置管理、制御系装置管理、運転状態管理から構成される。図 7 にONL系のタスク相関図を示す。

4.5 試験／診断プログラム (DP)

このプログラムはシステム運転時に各装置の正常性を周期的に確認する試験プログラムと異常を発生した装置についてオフライン状態で異常箇所の発見を行う診断プログラムから構成される。

5. 機能・動作

5.1 信号処理

5.1.1 加入者回線

加入者回線側の信号処理はX.21準拠とするほかに、主要な特徴を次に列記する。

- (1) 加入者端末として、X.21, X.21bis、自動／手動応答、カナ端末サポート有／無、サブアドレス着信有／無のサポート。
- (2) 信号の判定は、回線のじょう(擾)乱や遅延による誤検出を防止するため、変化後の16ビット連続の安定状態で行うとともに15ビット以内の遅延は許容する。
- (3) この設備側で回線オープンしたときは、DCE制御不可ノットレディ ($R = 0, I = 0$) とする。

5.1.2 中継回線

中継回線側の信号処理はX.71に準拠するほか、次の特徴を持つ。

- (1) 起呼確認手順 (CCP) のみでなく勧告上オプション扱いである選択開始手順 (PTSP) もサポートする。
- (2) この設備が発信局又は中継局の場合、相手局に合わせてデータ国符号 (DCC) 及びデータ網識別符号 (DNIC) の削除が可能である。
- (3) 局運用上の理由から必ず起呼回線識別信号 (CLI) 及び被呼回線識別信号 (CDI) を相手局に要求する手順を探る。

5.2 接続処理

接続処理は、入呼から与えられる選択信号 (SS) 及び入回線から得られる情報を分析し、対象DTE又は相手方交換機との接続を制御する機能を持っている。

まず、加入者側からの呼の検出時には、回線番号（この設備内の回線収容位置から一意的に決定）から発呼者に関する情報を得、ユーザークラス（UC），発呼クラスを決定し、中継回線からの呼検出時には回線番号と網選択信号から、UC、ルーティングなどの情報を得る。

次に受信したSSを最大8けたまで番号翻訳し対地群を決定し、その後、UCから対地を決定する。なお、対地はUCごとに区別している。

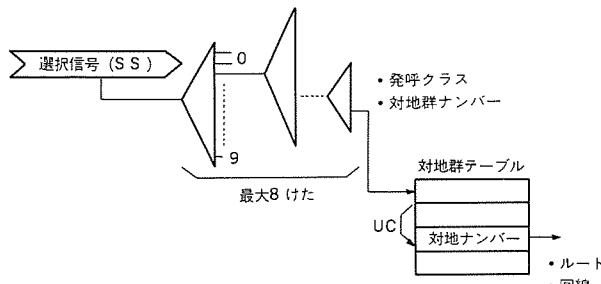


図8. 番号翻訳から対地決定まで

表2. 呼記録内容

群	項目	けた数	内 容
共通	呼記録番号	5	00001～(日ごと)
アドレス	呼種別	1	0～3
	課金／非課金	1	0／1
	ユーザーグラス	1	4, 5, 6, 9
ルーティング	起呼DTEアドレス	14+2	(端子位置／受信CLIから)
	被呼DTEアドレス	14+2	(SSから)
	サブアドレス実施	1	0／1
	サブアドレスけた数	2	0～40
課金	入回線番号	4	
	入ルート番号	3	
	出回線番号	4	
	出ルート番号	3	
フアシリティ	呼設定時間	3	(秒単位)
	通信時間	5	(秒単位)
	呼復旧時刻	10	月日時分秒
プロトコル要素	ダイレクトコール表示	1	1／0
	CLI表示	1	1／0
	CDI表示	1	1／0
	CUG表示	1	1／0
	ハンドグループ表示	1	1／0
	CUG番号	9	XXXXXX DNIC 10進数
	実着アドレス	14+2	受信CDI／ハンドグループ実着アドレス
終了状態	NSID	4+5	中継国情報(5DNIC分)
	TTC	1	
	送信CP	2	
	受信CP 1/2	2×2	
	COT	3	
	無効原因	8	完了／不完了(無効原因, 不完了シーケンス)
	切断方向	1	1～5
	PH-1	1	0／1
	再選択	1	0／1

ることから同一交換機向けの各UC対地を総称した対地群を設定している。

決定された対地から出ルート及び出線を選択する。ここで中継線に対しては編集されたSSを出側に送出する。また、X.21着信の場合は着信側ファシリティチェック後、出接続を行う（図8）。

5.3 呼記録

このシステムでは、すべての呼について詳細記録方式で呼記録をとる。呼記録はFMUに2日分蓄積するほか、当日分について2本のMTに自動的に出力する。

呼記録の作成条件について詳細に定義すると次のようになる。

表3. 回線状態定義

状 態	定 義
空	交換処理に使用可能(発・着可)
使用中	交換処理に使用中
入出予閉塞	交換処理に使用中で入出閉塞要求有。呼終了後、入出閉塞
入出閉塞	交換処理に使用不可、試験可能
出閉塞	着信に使用可、発信に使用不可、出中継回線指定の発信可。*
出予閉塞	交換処理に使用中で出閉塞要求有。呼終了後出閉塞*
障害	回線障害で相手復旧を待っている状態
障害・出閉塞	回線障害で相手復旧を復旧すれば出閉塞
未登録	システムに組み込まれていない
ループ試験中	ループ折返し試験をしている状態

注 * X.21にはこの状態はない。

表4. CC状態定義

状態	定義
ONL	サービスに使用中の状態 診断不可
SBY	サービスに使用していないがいつでも使える状態 診断不可
TBL	サービスに使えない状態
OFL	診断が可能な状態
OFL'	システムに組み込まれていないが、SOPの操作によりSBYに組み込みが可能な状態

表5. CC運転状態定義

系 状 態	内 容
二重系運転状態	ONL側、SBY側、両CCが稼働しており、交換処理がONL側のCCで実行され、MTU正常時にはONL側のCCに接続されたMTUで本日分呼記録MTを作成しており、SBY側のCCはONL側のCCと即座に切り替わってONL側と切り替える状態。
片系TBL中	ONL側のCCだけが稼働して交換処理を実行しており、MTU正常時には本日分呼記録MT1本を作成している。呼記録MTについては前日分MT作成コマンド投入で、もう1本作成可能。
片系OFL中	ONL側のCCだけが稼働して交換処理を実行している。呼記録MTについては片系TBL中と同様。OFL側のCCは診断等が可能な状態。
TSD状態	両CCが障害状態。

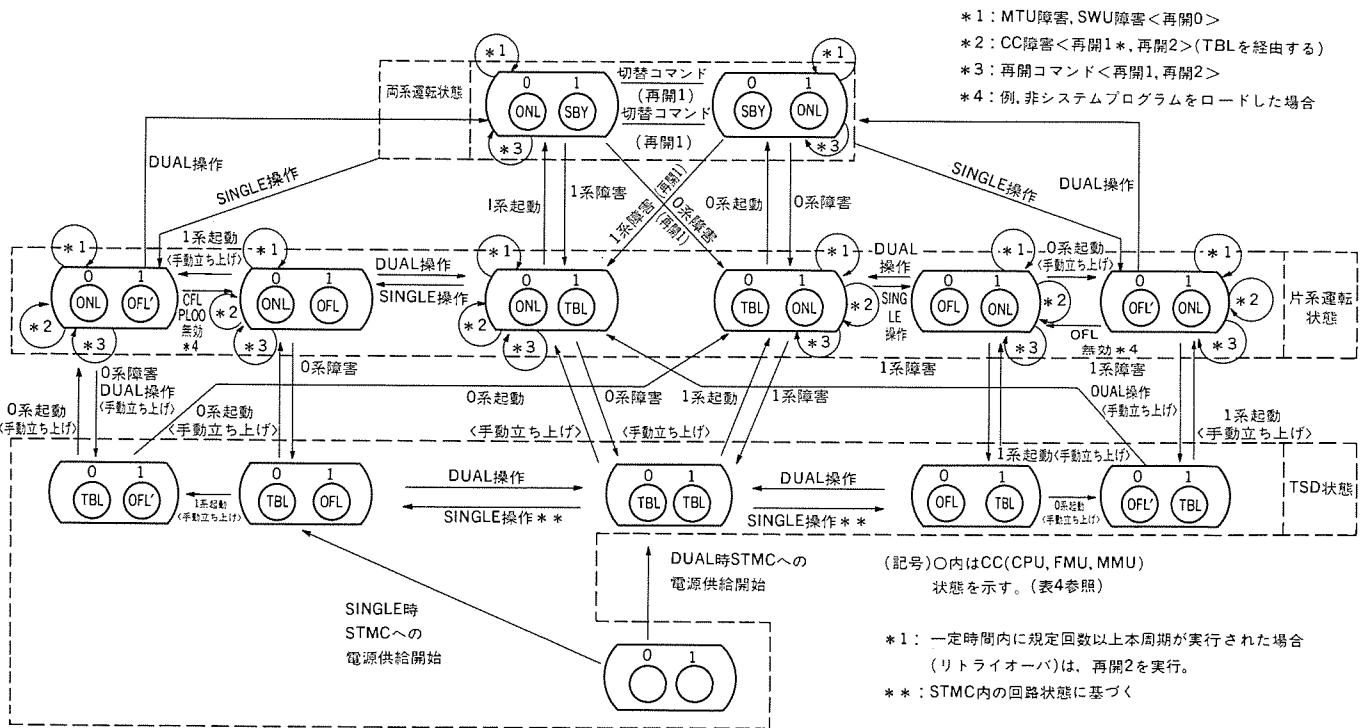


図9. CC状態遷移図

- (1) ダイレクトコールではX.21でDTE待ち状態まで進行した。
- (2) ダイレクトコール以外では、選択信号に続く終了信号“+”の後DTE待ち状態まで進行した。

次に記録方法として、呼記録は1コール終了ごとに作成され、その都度CC両系のFMUに記録され、9件作成されるごとに当日分呼記録用のMT 2本に出力される。呼記録MTは1日1本とし、呼復旧時刻が0時から24時未満と設定している。また、障害若しくはコマンドによるMT出力の中止を想定して、コマンドによりFMUに格納されている当日分呼記録を一度にMT上に出力することも可能である。なお、MTのラベルフォーマットはJIS 6245準拠、コードはEBCDICを使用している。表2に呼記録内容を示す。

5.4 運転保守

このシステムは局用交換機という位置付けから運転保守については高機能化を図っている。主要な機能について以下に列記する。

(1) 稼働状態表示

現在の運転状況を外部に知らせるもので、運転状況、システム内の局／加入者データ内容、障害情報、回線状況など多岐にわたる。表示手段としては、コマンドによる問合せ、VIP表示、自律メッセージ、UIL表示がある。

(2) 回線制御

表3に示す回線の状態を定義し、運用に応じて自動又は手動で回線の制御を行うもので、手動のものについてはすべてコマンドで設定する。

(3) トラヒック制御

(2)項で示した回線制御のほか、ルート内全回線及び対地内全回線の出開そく(塞)又は入出開塞をコマンドで実行する。

(4) トラヒック監査

10分ごとに指定したルートについて完了呼数、不完了呼数、回線使用率の積算を行う。

(5) システム制御

装置ごとの状態定義に従い、自動又は手動により状態の遷移を実行する。また、個々の装置とは別に二重系CPUを中心としたCCの運転状態の定義を行い、手動による再開処理の実行と二重系の切替制御を可能としている(表3、表4、表5、及び図9参照)。

(6) 回線試験

回線障害時の確認試験や回線新設時の事前確認及び相手方端末との接続確認試験が含まれる。

6. むすび

国際データ回線交換網は西独を中心に欧州諸国に広範に展開されており、今後の需要の伸びによって米国はじめ全世界に普及することが予想される。このため、通信速度の高速化、DDX網との接続などの課題を今後こなしていく必要がある。いわば“ISDN前夜”にかような社会的に意義深く、技術的にも高度な開発を無事完了させることができたことに対し、特に感慨深いものがある。最後にこのシステム開発に際し、終始変わらぬ多大の御指導を賜った国際電信電話網の各位に深謝する。

第2世代1MビットダイナミックCMOS RAM

長山安治* 宮武秀司** 熊野谷正樹*** 古田 熱** 水津克己*

1. まえがき

エレクトロニクス産業の急激な成長は、半導体技術の目覚ましい発展により支えられてきた。中でも、ダイナミックMOS RAM (DRAM)の開発は、製品そのものの開発とともに微細化技術、クリーン化技術など超LSIを支えるキーテクノロジーの開発のけん引車としての役割を担っており、開発スピードは3年で4倍の高密度化のトレンドを保ち続けてきた。このような歴史の中で、1985年には、1M DRAMが発表⁽¹⁾され、DRAMはついにメガビットの時代に突入した。しかし、NMOSでスタートした1M DRAMの開発も、種々な技術的課題を解決する必要があり、NMOSからCMOSデバイスに変更し第1世代1M DRAMとして量産・出荷されたのは1986年後半からとなった⁽²⁾。

一方、半導体技術の進展により、マイクロプロセッサは、16ビットから32ビットへ、8MHzや10MHzの動作周波数から16MHzや20

表1. 設計のねらい

項目	内 容	ねらい
1	高速32ビットマイクロプロセッサ用メモリへの対応	$T_{RAC} < 80\text{ns}$
2	低消費動作電流の実現	$I_{CC1} \approx 40\text{mA}$ at $t_c = 190\text{ns}$
3	低スタンバイ電流(CMOS入力レベル)の実現	$I_{CC2} < 100\mu\text{A}$
4	$\times 1/\times 4$ 構成の同一チップ化による生産性向上	A θ マスクオプションの採用
5	高速アクセスモード/異形パッケージの同一チップによる実現	ワイヤボンディングオプションの採用
6	高品質/高信頼性デバイスの実現	LDDトランジスタの採用 バリヤメタル技術の採用

MHzの動作周波数に高性能化されてきた。このため、システムに使用するDRAMのアクセス時間もマイクロプロセッサの高速化に伴い、高速性が要求されはじめた。また、エレクトロニクス機器は、年々小型化され、ハンディタイプの製品開発が増えてきたため、バッテリバックアップが可能な低消費電力型DRAMの開発の要求が強くなってきた。

このような市場のニーズにこたえるため、既に量産中の第1世代1M DRAMに対し、より高性能化を指向した第2世代1M DRAMの開発が完了したので、本稿では第2世代1M DRAMの技術内容の詳細について報告する。

2. 第2世代1M DRAMの設計

2.1 設計のねらい

第2世代1M DRAMの設計のねらいを表1に示す。最近の32ビットマイクロプロセッサは、16MHz, 20MHzに高速化されてきており、その性能を生かしたシステム設計のためには80nsのアクセス

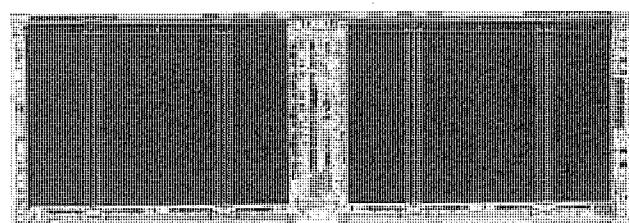


図1. チップ写真

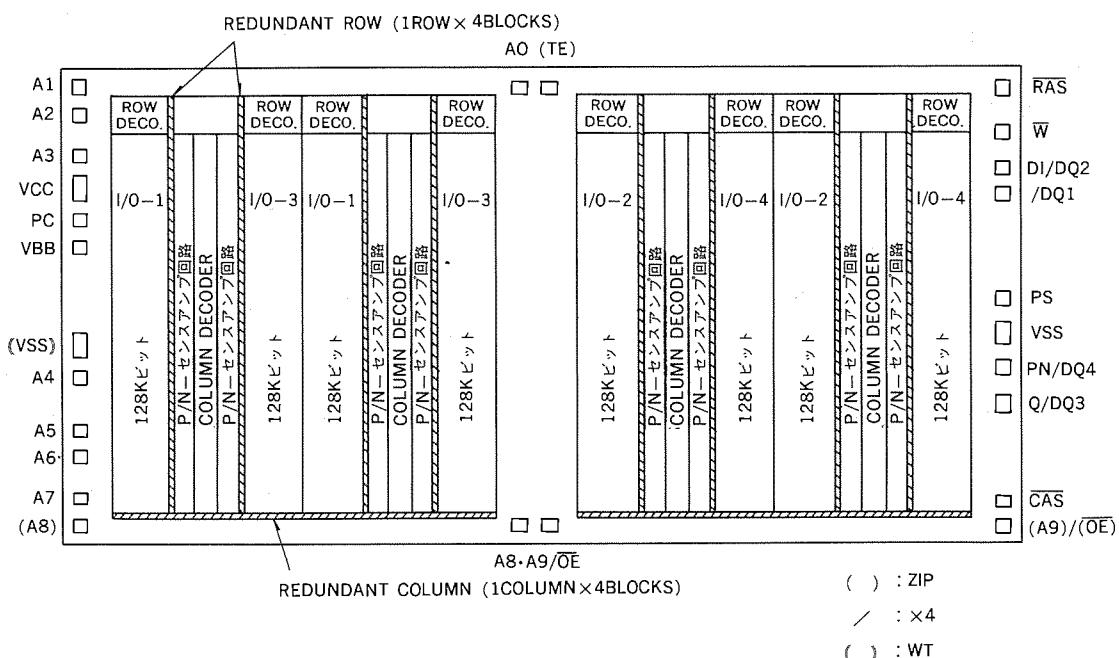


図2. 第2世代1M DRAMのブロック図

時間の 1 M DRAMが必要になってきた。このニーズに対応するための設計のねらいが第 1 項である。

また、1システムで大量にDRAMを使用する応用も多い。このため、1デバイス当たりの消費電力の低減要求も強いので、 $t_c=190\text{ns}$ で約40mAの消費電流に抑えることを第2の設計のねらいとした。

一方、ハンディタイプの小型機器が増え、バッテリバックアップ機能を持つことが要求されるので、バッテリバックアップが可能となる超低スタンドバイ電流特性を持つことを第3の設計のねらいとした。

1 M DRAMの標準品としては、 $\times 1$ 構成品と $\times 4$ 構成品があるが、ウェーハプロセスの生産性を向上させるため、 $\times 1$ 構成と $\times 4$ 構成をAℓマスクで切替え可能とすることを第4の設計のねらいとした。また、1 M DRAMでは高速アクセスモードが3種類(高速ページモード、ニブルモード、スタティックコラムモード)あり、パッケージもDIP、SOJ、ZIPの3種類があるが、いずれもアセンブリプロセスのワイヤボンディング切替えにより実現でき、1 M DRAMファミリーの多品種生産がフレキシブルに行えるようにすることを第5の設計のねらいとした。

一方、DRAMはコンピュータのメインメモリに使用されることが多く、高い品質を要求されるため、品質を安定化させるための新技術導入を第6の設計のねらいとした。

2.2 チップ構成

第2世代1M DRAMのチップ写真を図1に示す。また、ブロック図を図2に示す。チップサイズは、 $4.20\text{mm} \times 12.33\text{mm}$ ($=51.8\text{mm}^2$) で

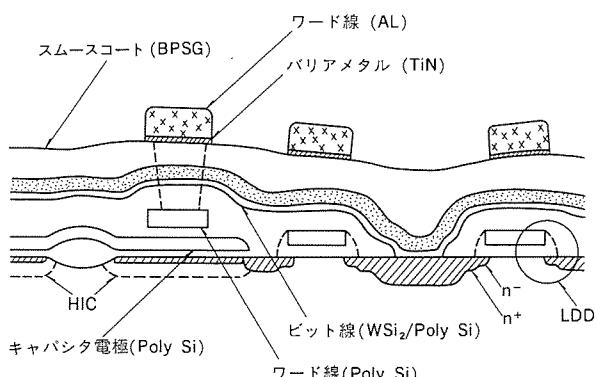


図3. メモリセル断面図

あり、メモリセルサイズは $3.23\mu\text{m} \times 8.36\mu\text{m}$ ($= 27.0\mu\text{m}^2$) である。メモリセルは128Kビットの8個のサブアレーに分割されている。ロウデコーダはチップの長辺端に配置され、ワード線はロウデコーダから冗長回路が配置されている方向に走っている。また、ワード線は図3のメモリセル断面図に示されているように、A₀と第2ポリシリコンによって構成され、ワード線の伝ば(播)遅延時間を最小にするため、二つのワード線材料は9箇所でシャントされ、ワード線抵抗を小さくする構成となっている。コラムデコーダは4個配置され、二つのメモリセルサブアレーからの読出し信号が容易にI/Oバスラインに取り出せる構成となっている。センスアンプ回路は、メモリセルサブアレーのコラムデコーダ側に配置されている。また、 $\times 1$ 構成品と $\times 4$ 構成品を同一チップ化したため、ボンディングパッドはそれぞれが共通で使えるような配置になっている。微細化デバイスの歩角向上のキー回路は冗長回路であるが、第2世代1M DRAMでは256Kビットごとにロウ側に1個、コラム側に1個配置され、それぞれのブロック内で自由に使用できる構成になっている。したがって、チップ全体では、4ロウ、4コラムの冗長回路を備えている。冗長回路はレーザプログラムによるデコーダ直接切替方式を採用しているため、アクセス時間損失がない構成である。

メモリセルは第1世代1M DRAMで、既に実績のあるプレーナ型1トランジスタ／1キャパシタンスセルを採用した。小さなセル面積で大きなセル容量を確保するため、バーズビークが小さい改良LOCOSの分離方法を採用したほか、容量の誘電体として80Åの薄い酸化膜を導入することにより、第1世代1M DRAMよりメモリセル面積が小さくなつたにもかかわらず、第1世代1M DRAMと同等のメモリセル容量値が得られた。また、ワード線は書込み、読み出しの電荷量を大きくすることができる昇圧方式を導入しているので動作領域の広い1M DRAMが実現できる。

2.3 高速化設計

DRAMの高速化のポイントは次の3点である。

- (1) アレーアクセス時間を高速化するアーキテクチャ
 - (2) 高性能なMOSトランジスタの導入
 - (3) チップサイズ縮小による游遊容量の低減

アクセス時間の高速化を検討するためのアレーアクセス時間は次式でモデル化されている⁽³⁾

ここで、 C_B はビット線容量、 R_B はビット線抵抗、 C_W はワード線容

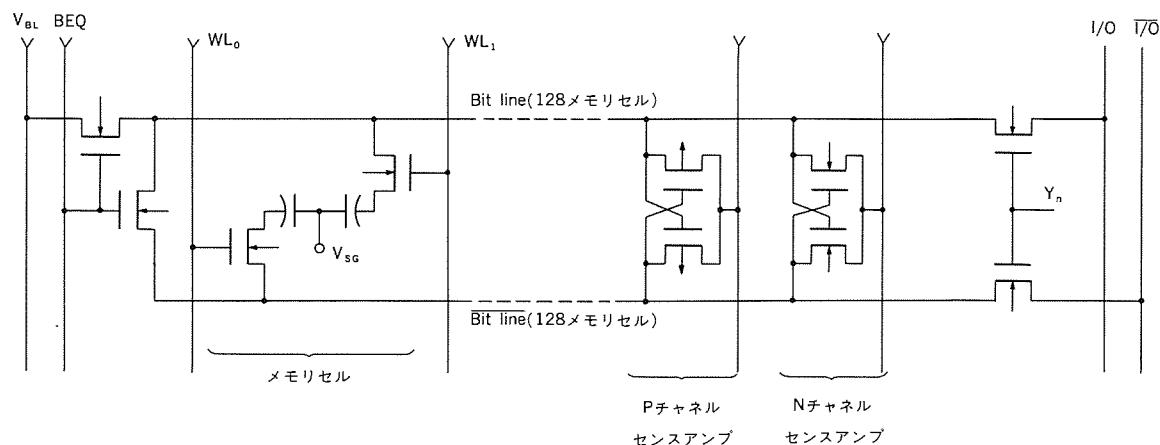


図4. センスアンプ回路

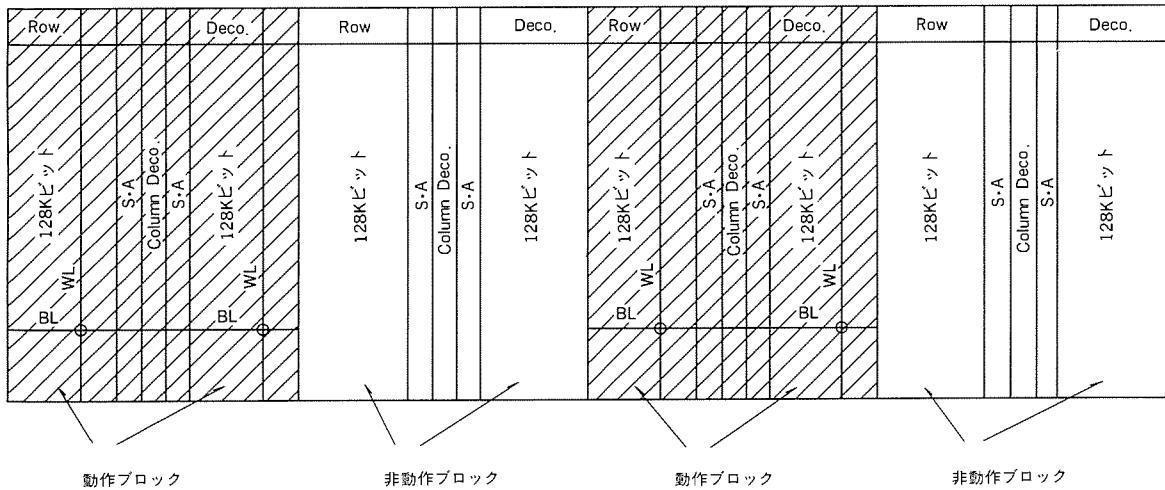


図5. 1/2分割動作説明図

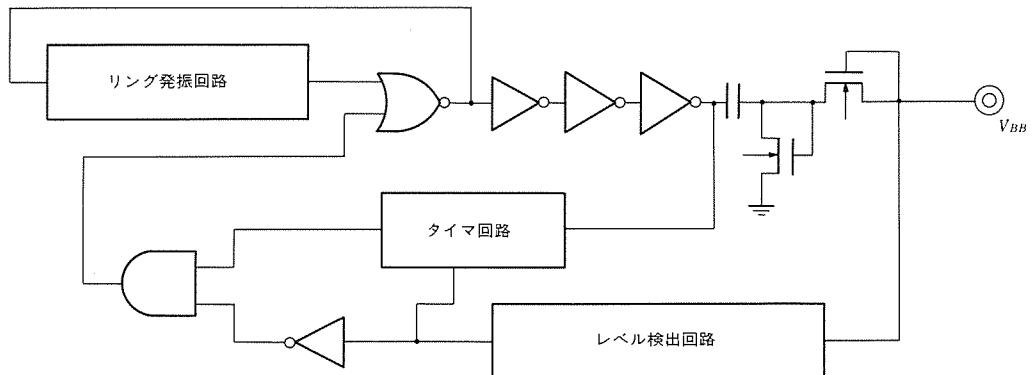


図6. V_{BB} 発生回路

量, R_w はワード線抵抗, t_{SA} はセンスアンプ回路の感度保証時間である。式(1)からアレーアクセス時間 $t_{ACC}(Array)$ を高速化するためには、容量の大きいワード線に対しては、抵抗の小さいワード線材料を使う必要があること、容量の小さいビット線（ワード線の約1/10）に対しては、比較的抵抗の大きい材料を用いてもアレーアクセス時間が大きくならいことが分かる。そこで、第2世代1M DRAMではワード線材料に抵抗の非常に小さいA ℓ ($0.05\Omega/\square$)と第2ポリシリコンの2層構造を、またビット線にはタンゲステンポリサイド ($5\Omega/\square$)を用いることにより、式(1)の第1項と第2項の和を5ns以下に小さくすることができた。

また、高速アクセス時間を実現するためには、高性能なMOSトランジスタの導入が不可欠である。このため、第2世代1M DRAMでは、ゲート長1.1μmの高性能LDDMOSトランジスタを採用した。さらに、高速アクセス時間の実現のため、第2世代1M DRAMでは、微細化プロセス技術(最小寸法1.0μm)、3層ポリシリコン配線技術の導入により、第1世代1M DRAMに比べ約80%にチップサイズを縮小化することができた。このため、大幅に浮遊容量の低減を図ることができ、高速アクセス時間の実現に寄与している。

図4は第2世代1M DRAMのセンスアンプ回路を示している。ビット線ごとに128個のメモリセルが接続され、Pチャネルセンスアンプ回路とNチャネルセンスアンプ回路がそれぞれ接続されている。ビット線はコラムデコーダで駆動されるMOSトランジスタを介して負荷容量の小さいI/Oバスラインに接続されているので、メモリ

セルからの読み出し信号をI/Oバスラインに短時間に転送できるため高速アクセス時間を実現できる回路構成になっている。

2.4 低消費電力化設計

DRAMの最大の消費電流成分は、ピット線への充放電電流であるが、この電流成分を低減化するために分割動作方式が一般的によく用いられている⁽²⁾。しかし、DRAMはリフレッシュサイクルが製品仕様として決まっているため、分割動作を行う場合、この制限事項を満足させるチップ構成とする必要がある。

図5は第2世代1M DRAMで採用した1/2分割動作の説明図である。第2世代1M DRAMは、512リフレッシュサイクルを満足させ、かつ低消費電力を達成するため選択されたワード線の四つのブロックのセンスアンプ回路だけが動作し、残ったメモリセルブロックは動作しない方式となっている。このため、サイクル時間ごとに充放電されるメモリセルブロックは全体の1/2(斜線で示されたブロック)となり消費電流を低減させることができた。また、ピット線の充電電圧レベルを1/2 V_{cc} としたこと、前節で述べたように微細化技術等によりチップサイズ縮小化が図られたことによる浮遊容量への充放電電流の低減も低消費電力化の大きな要因となっている。

2.5 低スタンバイ電流設計

DRAMのスタンバイ電流は、入力信号の入力レベルがTTLの場合には、入力初段のCMOSインバータのDC電流が大きな割合を占めるが、入力信号の入力レベルをCMOSレベルとした場合には、 V_{BB} 発生回路が最大の消費電流成分となる。そこで、第2世代1M

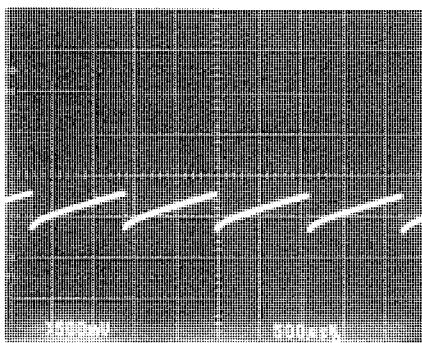


図 7. V_{BB} 電圧波形

DRAMでは低スタンバイ電流特性を実現するために、低消費電力型の新しい V_{BB} 発生回路を導入した。図6は第2世代1M DRAMに導入した V_{BB} 発生回路である。 V_{BB} 電圧を検出するレベル検出回路を設け、 V_{BB} 電圧レベルが浅くなると V_{BB} 発生回路が動作し、一定の V_{BB} 電圧レベルを維持できるような間欠動作方式を導入している。また、 V_{BB} 発生回路の動作・非動作のヒステリシス特性を大きくし、安定な間欠動作を行うためタイマ回路を設け、所定の V_{BB} 電圧レベル到達後も一定の時間 V_{BB} 発生回路の動作を継続させる回路構成と

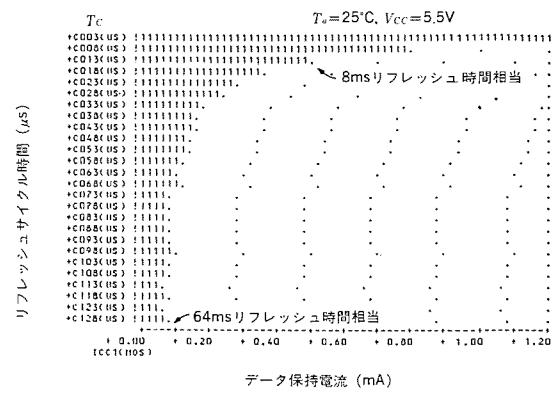


図 8. データ保持電流のリフレッシュサイクル依存性

している。図7は V_{BB} 発生回路を間欠動作とした第2世代1M DRAMの V_{BB} 電圧レベルの時間依存性を示す写真である。

また、図8はデータ保持電流のリフレッシュサイクル依存性を示している。縦軸はデータ保持に必要なりフレッシュ間隔をリフレッシュサイクル時間とし、横軸はそのときの平均消費電流（リフレッシュに要する電流成分も含む）をデータ保持電流として示してある。

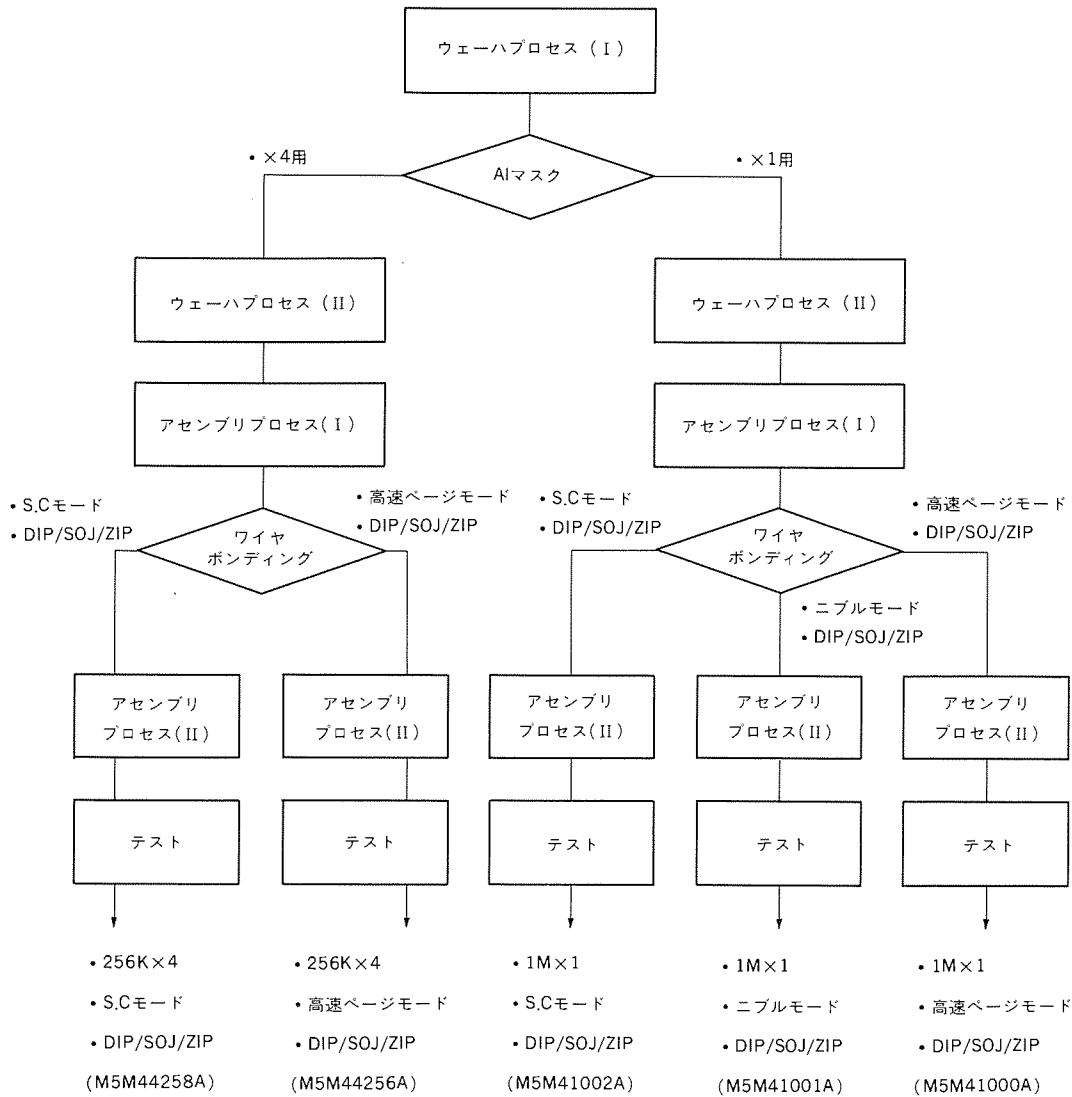
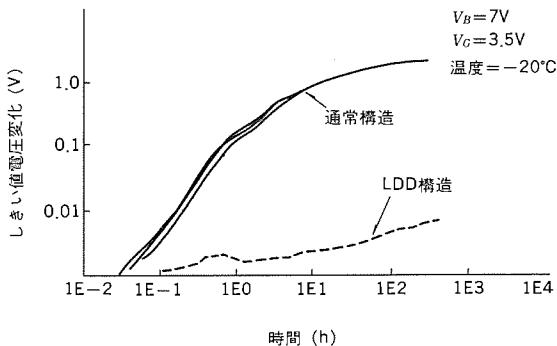


図 9. 第2世代1M DRAMの製造フロー

表2. 高速アクセスモード切替え／パッケージ切替え方式

PSパッド	PNパッド	オープン	V_{ss}	PCパッド	パッケージ	オープン	V_{ss}
オープン	高速ページモード	二重モード		DIP	パッケージ	○	
V_{ss}	スタティックコラム(S.C)モード			SOJ	○		
				ZIP		—	○



低スタンダードバイ電流特性を実現するための新しい V_{BB} 発生回路の導入により、 $T_c=128\mu s$ (64msのリフレッシュ時間に相当)のとき、100 μA 以下のデータ保持電流特性が得られ、バッテリバックアップシステム用メモリに適した特性を持っていることが実証できた。

2.6 高生産性の設計

1M DRAMは市場のニーズの多様化に対応するため、ワード構成、高速アクセスモード、パッケージなど多品種の品ぞろえが必要となっている。したがって従来のDRAMに比べ品種数が増すので生産効率向上の手段を考慮する必要がある。第2世代1M DRAMでは $\times 1$ 構成品と $\times 4$ 構成品をウェーハプロセスのAlマスクオプションとし、また高速アクセスモード(高速ページ、二重、スタティックコラム)とパッケージ(DIP, SOJ, ZIP)はアセンブリプロセスのワイヤボンディングオプションとした。そのため、15品種の第2世代1M DRAMはAlマスクとワイヤボンディングの切替えにより図9のように作り分けることができる。 $\times 1$ 構成品と $\times 4$ 構成品の切替えは、入出力を一つとする場合と、四つとする場合をAl配線のつなぎ換えで実現している。また、図2に示したブロック図のPNとPSのボンディングパッドを表2に示したワイヤボンディングを行うことにより高速ページモード、二重モード、スタティックコラムモードに切り替えることができ、また、PCパッドの使い分けによりDIP・SOJとZIPの切替えを行うことができる。図2の()で示されたボンディングパッドが、ZIPパッケージの場合に使用される。

また、第2世代1M DRAMはテスト工程の生産性向上のため、1M $\times 1$ ビットDRAMを256K $\times 4$ ビットDRAMと同等の回路接続とすることにより、 $\times 1$ 構成品のテスト時間を短縮することができる。テストモードの機能をもっている。テストモードは、TEピン(DIPは4ピン、SOJは5ピン、ZIPは8ピン)に $V_{IH(MAX)} (=6.5V)$ 以上の電圧を印加することにより導入することができる。

2.7 高信頼性のデバイス設計

高信頼性を実現するため第2世代1M DRAMでは、新しいウェ

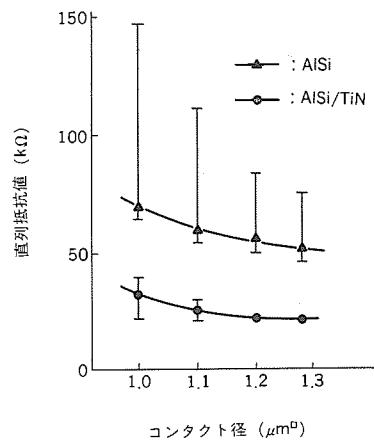


図11. コンタクトサイズとコンタクト抵抗の関係

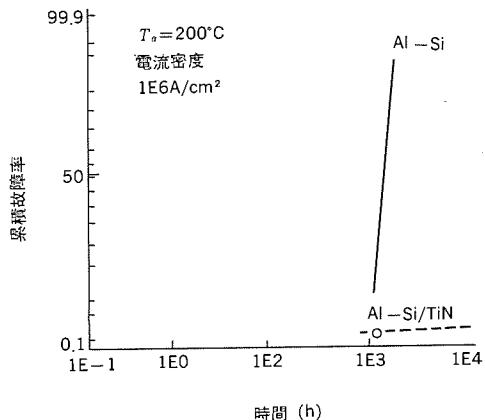


図12. エレクトロマイグレーション

ーハプロセス技術を導入している。その一つは、短チャネルMOSトランジスタのホットキャリアを抑制するためのMOSトランジスタ構造の採用である。このMOSトランジスタ構造はLDD(Lightly doped drain)構造と呼ばれるもので、ソース及びドレインにN⁻層(低濃度の拡散領域)を設けている。このため、ドレイン近傍のチャネル内電界を緩和することができ、ドレイン近傍で発生するホットキャリアを抑制することができる。図10に示すように、LDD構造はホットキャリアによるしきい値電圧の変動を抑えることができ、信頼度の高いDRAMを実現することができる。また、微細なコンタクトホールを界したN⁺拡散層とAl配線間のオートミック抵抗のば

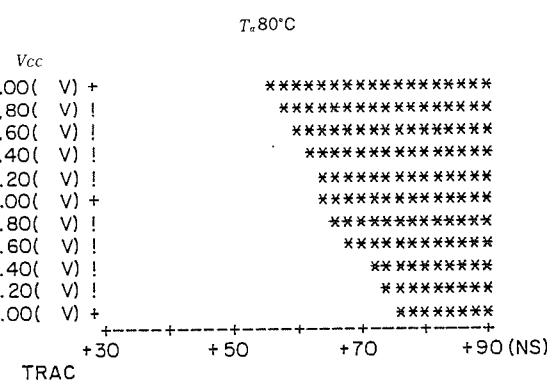
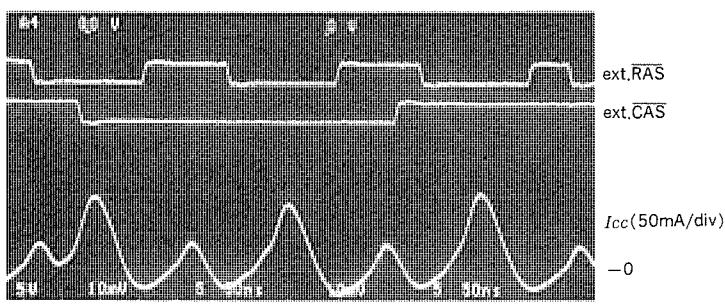


図13. RASアクセス時間のシムプロット



(a) 電源電流波形

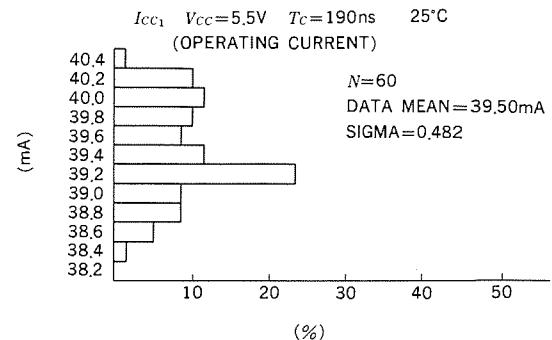
(b) 動作電流 (I_{cc1}) 分布

図14. 電源電流波形と動作電流分布

表3. 第2世代1M DRAMの性能一覧

ワード構成	1Mワード×1ビット, 256Kワード×4ビット(A _l マスクオプション)	
ウェートプロセス技術	3層ポリシリコン, 1層A _l 配線 1.1μLDDトランジスタ	
メモリセル	ブレーナ型, 酸化膜厚80Å	
チップサイズ	4.20mm×12.33mm	
メモリセルサイズ	3.23μm×8.36μm	
RASアクセス時間	70ns (80°C, V _{cc} =4.5V)	
動作電流	39.5mA (t _c =190ns, V _{cc} =5.5V)	
スタンダードバイ電流(CMOS入力レベル)	30μA (V _{cc} =5.5V, T _a =25°C)	
リフレッシュ	512サイクル/8ms	
冗長回路	4Row, 4Column (レーザプロー方式)	
テストモード	スーパーV _{cc} 方式 (TEピン, ×1構成)	
高速アクセスモード	高速ページモード ニブルモード スタティックコラム (S. C) モード	ワイヤボンディング オプション
パッケージ	18ピンDIP/20ピンDIP 26ピンSOJ 20ピンZIP	ワイヤボンディング オプション

らつきを抑えるためとA_l配線のマイグレーションを抑えるため、図3に示したようにA_l配線にTiNのバリヤメタルを導入した。図11はコンタクトサイズと多数のコンタクトをシリーズ接続したコンタクト抵抗の関係を示している。従来の構造(A_l-Si)はコンタクトサイズが小さくなると抵抗のはらつきが大きくなるのに対し、TiNバリヤメタルを用いた新構造でははらつきが小さく抑えられ、安定したコンタクト抵抗が得られている。また、図12は従来構造とTiNバリヤメタルを用いた新構造のエレクトロマイグレーションの累積故障率を表している。新構造は1,000時間経過後でも、非常に低い故障率となっており、従来構造に比べ優れた特性を示している。

3. 第2世代1M DRAMの電気特性

図13に第2世代1M DRAMのRASアクセス時間のシムプロットを示す。T_a=80°C, V_{cc}=4.5Vで70nsのアクセス時間が得られて

いる。また、図14にはV_{cc}=5.5V, T_a=25°Cにおける電源電流波形と動作電流の分布図を示す。動作のピーク電流が110mA, t_c=190nsにおける平均動作電流は約40mAである。また、表3は第2世代1M DRAMの性能一覧である。このように第2世代1M DRAMでは、設計のねらいどおりにRASアクセス時間70ns、またバッテリバックアップシステムにも適用できる低スタンダードバイ電流特性が実現できた。

4. むすび

DRAMに対する市場の高度な要求にこたえるため高性能な第2世代1M DRAMを開発した。ワード線にA_lと第2ポリシリコンの2層構造を用いたこと、より微細なウェーハプロセス技術や3層ポリシリコン技術の導入によって、アクセス時間、80nsの製品化に成功した。また、低消費電力型の新しいV_{BB}発生回路を採用することによりCMOS入力レベルにおけるスタンダードバイ電流を小さくすることができたため、バッテリバックアップシステムにも十分に適用できる特性が得られた。

また、×1構成品と×4構成品はウェーハプロセスのA_lマスクオプション方式、高速アクセスモード(高速ページ、ニブル、スタティックコラム)やパッケージ(DIP, SOJ, ZIP)はワイヤボンディングオプション方式となっているので生産性の優れた1M DRAMとなっている。さらに、LDDMOSトランジスタ、TiNバリヤメタル構造の導入による信頼性の高いデバイス設計により、高性能かつ高品質の第2世代1M DRAMが実現できた。今後、この第2世代1M DRAMが、より高度な情報化社会の担い手として、大きな役割を果たすものと確信している。

参考文献

- (1) 熊野谷ほか：三菱電機技報, 59, No.9, p.676 (昭60)
- (2) 山田ほか：三菱電機技報, 61, No.7, p.581 (昭62)
- (3) 長山ほか：信学論(C), J66-C, No.5 p.369 (昭58)

ファクシミリ用サーマルヘッド製造における自動化技術

山中隆司* 白井義博* 尾崎 裕* 坂上義和** 小林 廣*

1. まえがき

昨今の急激なファクシミリ需要の増大は、正確な生きた情報を短時間のうちに伝達できるファクシミリの本来持っていた優れた特長が、時代のニーズにマッチしたことは言うまでもないが、その記録表示デバイスとしてのサーマルヘッドが小型化、高機能化、省エネ化、低価格化と急テンポにその技術開発が進められ、ファクシミリの性能向上に大きく貢献してきたこともその要因に上げられる。本稿では、その量産化、高信頼化のために開発したサーマルヘッド特有の製造プロセスに対する自動化技術について述べる。

2. 三菱サーマルヘッドの特長

三菱サーマルヘッドは、発熱抵抗体に、熱的に極めて安定で、過負荷耐量が大きく、高抵抗化が容易などの優れた特性を持つ厚膜抵抗体材料を使用し、生産性の高い厚膜印刷技術を基本に高精度の写真製版技術や高密度実装技術を駆使し量産化を行ってきた。特に市場での高い信頼性は顧客の好評を得ている。さらに、厚膜プロセスで培った技術を基盤として、新材料や新プロセスを導入して新製品開発を進めている。現行の三菱サーマルヘッドNシリーズは、これらの成果として次に示す特長を持っており、ファクシミリ用に最適なものとなっている。

- (1) エッティング技術及びワイヤボンディングなどの実装技術により、ヘッド全体の小型軽量化を実現している。
- (2) 厚膜特有の高い過負荷耐力と優れた耐環境性により、高信頼かつ長寿命を期待することができる。

3. サーマルヘッドの製造プロセスと自動化の要点

3.1 製造プロセスの概要

三菱サーマルヘッドは厚膜プロセスをベースとした基板工程と、ICを搭載し機構部品と組み立てる実装工程で製作される。まず、基板工程では、セラミック基板全面に $0.4\mu\text{m}$ 厚の均一なメタルオーガ

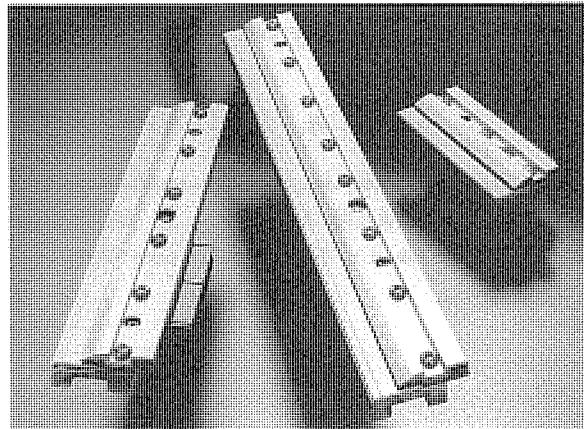


図1. サーマルヘッドの外観

ニック金膜を印刷焼成で成膜し、これを写真製版によって導体パターンを形成する。発熱抵抗体の形成、保護ガラス層の形成もスクリーン印刷で行っている。抵抗値測定は抵抗焼成後とガラス焼成後の2回実施しており、前者の測定は抵抗形成プロセスの管理と全ドット検査であり、後者は全ドットトリミングによる抵抗値の均一化を兼ねている。

次に実装工程に移る。当社では実装方式として、フレキシビリティに優れ、技術的にも信頼性の高いワイヤボンディング方式を選択している。まず、ICを搭載するダイボンド(D/B)，このICの電極と基板の導体パターンとを $25\mu\text{m}\phi$ の金線で接続するワイヤボンド(W/B)まで、マルチ取りの大型基板で搬送され、W/B後、個々に分割ブレークされる。その後、全数ワイヤボンド検査が行われ、実機と同一条件の動作試験が施されて、シリコーンレジンによるモールディング、信頼性確保のためヒートショックを実施し、組立て後スクリーニングを経て画質検査を行い、出荷検査に至る(図2)。

3.2 自動化の要点

サーマルヘッドの大きな特長は、約2,000個に及ぶ $100\mu\text{m}$ 内外の微少な発熱抵抗体列に対し、その各々に導体パターン、スイッチングトランジスタ、金ワイヤから成る独立した回路が形成されており、たとえ1箇所でも欠陥があれば、そのサーマルヘッド1台が不良となることである。したがって、全工程がPPMのレベルで欠陥管理が成されるとともに、欠陥箇所は速やかに修復され、良品化され

基板工程 実装工程

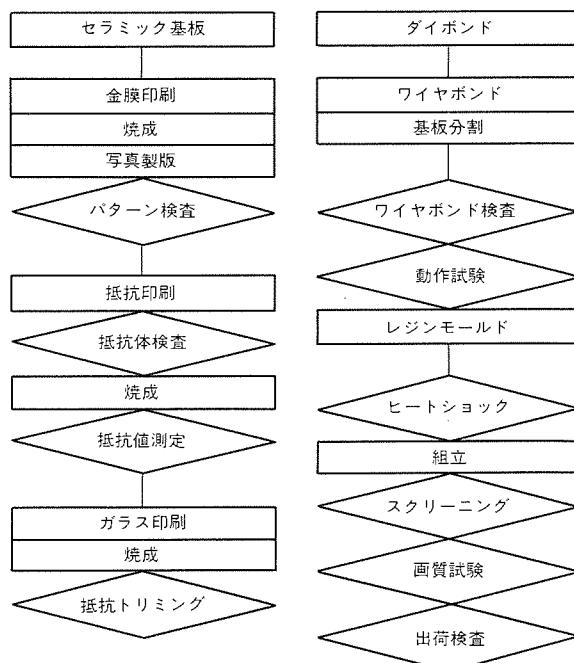


図2. 厚膜サーマルヘッドのプロセス

ることが重要となる。すなわち、主要なプロセスごとに全数検査が一体化して実施され、修復と再発防止のための品質情報をドット単位で取り扱うことが不可欠な要素となる。これらを踏まえ次の手順で自動化を進めてきた。

- (1) 装置や材料、薬品からの発じん(塵)を可能な限り取り除くクリーン度の向上とともに、ローダ、アンローダの自動化を進め、基板が人手に触れる機会を極力減じた。
- (2) 自動化の方針として、製品の多様化、カスタム化に対応しつつ要素作業の高速化を図ることに主眼をおいた。したがって、機種ごとの専用複合自動機をねらわず、むしろ工程ごとにどの機種でも対応可能な汎用単能自動機を開発し、拡張性とフレキシビリティの確保、品質の均一化に努めた。
- (3) これらの汎用単能自動機群は、それぞれが高効率生産を実現するために開発されたサーマルヘッド生産管理システムに接続、又は接続可能なインターフェースを持っており、オンライン、リアルタイムで生産管理、品質管理が行われるよう構成した。
- (4) 主要なプロセスごとの全数検査は、自動化とオンライン化を図り、特に目視検査については、人間の目に代わる視覚機能を持ったビジョンシステムと、欠陥認識アルゴリズムの開発に力点をおいた。導体パターン検査、抗体形状検査、ワイヤボンド検査など、いずれも全く新しい方式を開発して実用化した当社独自のものである。
- (5) 出荷品質を維持、向上し、市場での不良発生を未然に防ぐ上でスクリーニングは重要なプロセスであり、ヒートショックを含めたスクリーニング設備の自動化にも積極的に取り組んだ。

4. 自動化の内容

4.1 基板工程

サーマルヘッド基板を製作する工程では、その品質を維持する上で、主要部の全表面を視覚によって検査することが必ず(須)である。当社はこの工程で、次に示す二つの全自动検査装置を開発し使用している。

4.1.1 導体パターン検査装置

セラミック基板表面に形成された、金を主体とした導体は精度良く形成されていなければならない。特に発熱抗体の下にあたる部分の形状は、サーマルヘッドの特性を安定化させる上で特に大切であり、従来から顕微鏡を使用した視覚による検査を行ってきた。これに代わり抗体が塗布される前に、その周辺の導体の形状の異状の有無をテレビカメラを使用し高速に検査できる自動化装置を開発

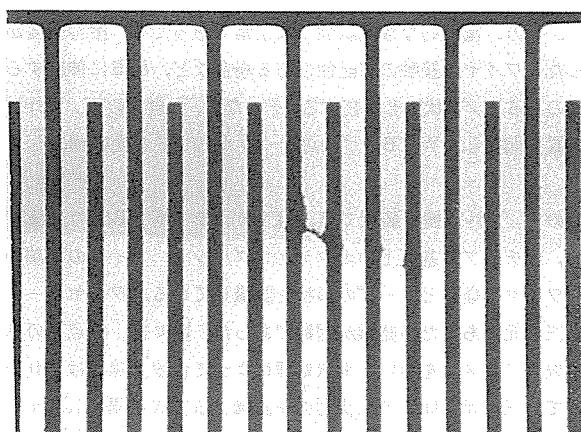


図3. 導体パターン検査における不良例

した。

この装置は高速で移動できるテーブル上に導体パターンを印刷したセラミック基板を置き、移動させながらストロボスコープで照明し撮影する。検査部分を図3に示す。カメラの映像信号は画像処理装置に導びかれ、セラミック基板と導体部に明るさの差があることを利用して、導体の形状が判定される。導体パターンの欠落部や突出部が微少で明るさの変化が少ないときにも安定な検出を可能にするため、映像信号はデジタル化を行い、明るさの濃淡情報を有効に活用して4μの異状の検出を可能にしている。

信号処理はすべて、並列に構成した数十段にわたる特別に設計した、多段パイプライン高速演算回路を使用しており、1画面の画像の取り込みが終わると同時に演算を終了するというリアルタイムな高速判定を行い、1秒間に60mmという検査速度を実現した。これは、顕微鏡を使用し人が行う検査の約5倍にあたる。また、人が検査するときに起こりがちな欠陥の見落しや検出レベルの不安定さをなくした。

4.1.2 抵抗体形状検査装置

セラミック基板上に形成した抗体の形状は、サーマルヘッドとの印字品質に直接影響を及ぼすところから十分に管理されねばならない。このため、抗体の高さ方向の凹凸と幅方向の凹凸とともに高速で検査できる装置を開発し、抗体を形成した直後の工程で利用している。

抗体の高さ方向の凹凸は、抗体に対し低い角度から強い照明を当てることで、凸部があれば明るく輝いた部分の後には暗い影が

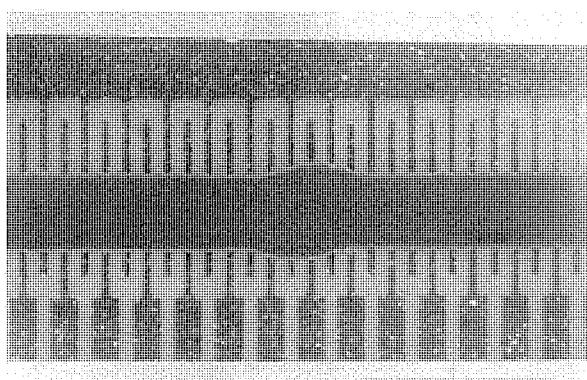


図4. 抵抗体形状検査における不良例(1)

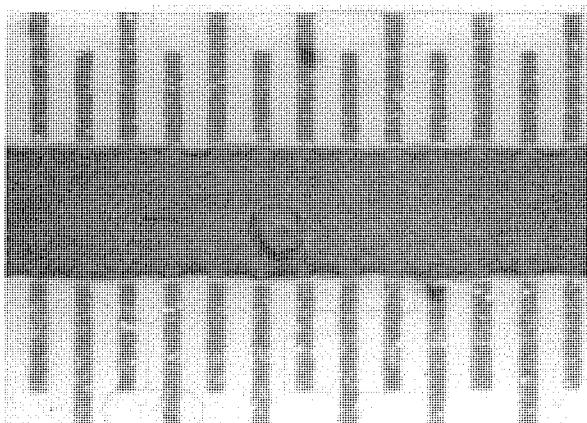


図5. 抵抗体形状検査における不良例(2)

生じ、凹部では逆になるというように、その凹凸を際立たせてその明るさの変化の状態をテレビカメラで撮影する。図4、図5にそれを見ます。画像処理装置では画面内の一定区間ごとに、最も明るい値と最も暗い値を求め、その区間内での明るさの差、又は次の区間との間で差を求め、その値が一定より大きいと凹凸があるものと判定しており、局部的に微小な凹凸が検出できる。また、抵抗体の横方向の異状は、セラミック部と抵抗体部の明るさの差が大きいことを利用して求めており、 10μ 以下の凹凸の検出が可能である。

演算処理は前述と同様な並列多段パイプライン専用演算回路により行い、60mm/秒の高速検査を実現している。

4.1.3 抵抗測定とトリミング

厚膜サーマルヘッドは、ペースト状の抵抗材料を印刷焼成して発熱抵抗体を形成しているため、その抵抗値のばらつきが大きくなる傾向を持っている。この抵抗値のばらつきは印字品質に直接影響を及ぼすため、その均一化は極めて重要な技術課題である。

このような理由から、抵抗体形成後に全ドットの抵抗値とその分布を求めるとともに、抵抗値不良、パターン不良を検出し、修正するための抵抗測定の工程と電圧パルスを印加することにより、抵抗値を均一化するパルストリミング工程がある。これら二つの工程の自動化及び高速化を目的として、全自动の高速トリミング装置を開発し、抵抗体形成後の抵抗測定及びパルストリミングを全数行っていている。

この装置において抵抗測定は、パルストリミングの前後に自動で行い、各機種の仕様に応じて良否判定及び集計処理を行っている。良否判定基準、パルストリミング条件などの、製品スペックにより決定されるパラメータについては、すべてメインコントローラにより管理され、自動で設定される。これにより、仕様の異なる多くの機種と試作品が混在する製造ラインでも迅速、かつ柔軟に対応することができる。

抵抗測定及びパルストリミングの処理速度を左右する重要な要因として、各発熱抵抗体を順次選択するためのスイッチング速度があげられる。そこで、ON抵抗が低く、かつ高電圧で応答の速いスイッ

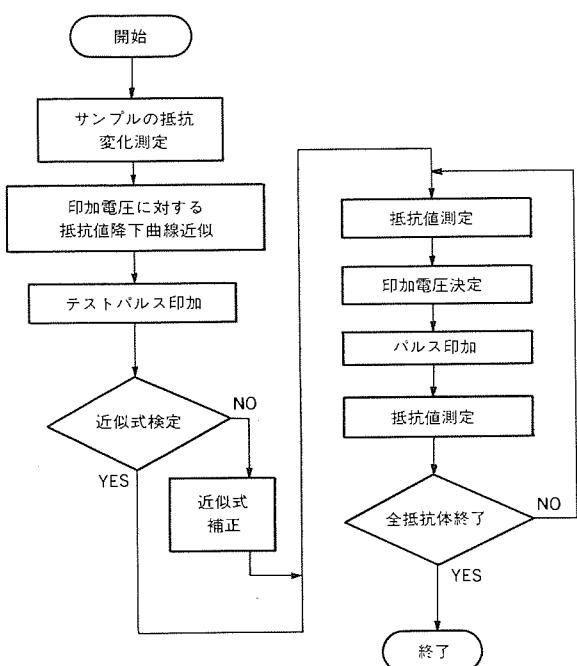


図6. 高速パルストリミング シーケンス

チング素子を用いた高速スイッチング回路を開発し、高速で精度の良い測定及びパルストリミングを可能にしている。

パルストリミングについては、従来、抵抗測定の約4倍の時間を要しており、全数パルストリミングを実施するという段階で大きな障害となっていた。そこで、今回、図6に示すような高速パルストリミング シーケンスを開発した。この方式では、まず最初に対象基板の数個の抵抗体に対して試験的なトリミングを行う。この結果を解析し統計処理を行うことにより、印加電圧と抵抗値降下率との相関関係を求め、この関係を利用して1回のパルス印加で各抵抗体を正確に目標値へ降下させることができる。したがって、個々の基板の物性的なばらつきにも影響されずに正確なトリミングが実現できる。また、処理時間も抵抗測定と同程度を達成し、工程的な負担もなく全数パルストリミングを実施できるようになった。

4.2 実装工程

4.2.1 ダイボンド、ワイヤボンド

サーマルヘッド多数台を得るためにマルチ取り基板に対し、D/B工程では同一基板内の各1台ごとの良否判定を行い、良品のみをD/Bする不良検出機能、複数カセット切替えによる発熱基板の自動供給及び収納、1基板上に100～150チップをD/Bするためのストック方式によるチップの大量供給、などにより長時間の無人化運転を実現している。また、ますます微細化するパターンに対し、高精度で高速度なボンディングが可能な機構とソフトウェアを開発する一方、ダイボンド剤の硬化においては、マイクロ波キュア炉を使用し、クリーン雰囲気での連続高速キュアを行っている。また、このキュア炉はローダ、アンローダによって複数台のダイボンダと連結されており、キュアされたのち、各々カセットに収納される。

W/B工程では、D/Bと同様の不良検出機能と、高精度、高速ボンディング、及び当社サーマルヘッドに適した特殊ルーピング ソフトウェアを備えたワイヤボンダの導入により、高信頼性のW/Bを実現している。また、この装置はダイボンダやマイクロ波キュア炉とカセットを共用化するとともに、基板搬送をインタバッケ方式とし、W/B工程及び前後工程間の自動搬送、自動装着ができるように構成されている。

4.2.2 ワイヤボンディングのチェック

サーマルヘッドのW/B工程では、通常のハイブリッドICと異なり多数のワイヤがボンディングされる。例えば、代表的機種であるN216-8Eにおいては2,079本ものワイヤがボンディングされている。このような膨大な本数のW/Bでは、いかに高信頼性のワイヤボンダを用いても、ボンディング不良を完全に防止することは困難であり、一方、電気的な機能試験では正常であっても、接合強度が不足したりワイヤの接触の可能性のある場合など、故障に伸展する可能性のあるW/B状態も存在する。そのため、全自动のW/B外観検査装置を開発し、W/B終了後のサーマルヘッドを全数検査している。

このW/B外観検査装置では、ITVカメラでW/B部の画像を撮影し、ICチップや基板上のボンディングパッド、ワイヤの両端の位置、ワイヤの経路とループの形状を認識している。ワイヤループ形状は三次元であるため認識が困難であった。我々は、焦点面の異なる複数台のカメラを用い、画像処理によって合焦/焦点はずれを認識して、三次元空間内の線状物体を認識する方式を開発し、ループ形状を認識している。図7の例に示されるような各種のW/B不良が認識された場合には、製品が修正工程に送られるとともに、ワ

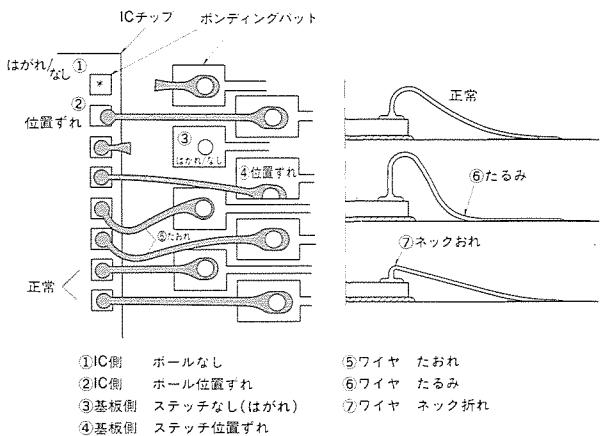


図 7. W/B検査における不良例

ヤボンダごとの不良種別の統計を行って、ワイヤボンダの整備データとしている。この検査装置の導入によって、W/B工程の品質管理を強化し、出荷後の振動や圧迫及び熱ストレスによって発生する故障を未然に防ぐことが可能になった。

4.2.3 試験、モールド

W/B工程及びワイヤチェック工程に継いで、ドライバ用ICチップが実装された状態の基板に対して各種電気試験を行う試験工程と、その結果良品となったものに対してICチップの保護を行うモールド工程がある。これら二つの工程においては、電気試験部とモールド部の二つの処理部を持ち、それぞれをコントローラで分散制御することによりオンライン化した専用機を開発し、自動で全数処理している。電気試験部では、検査基板に対して自動で電気的コンタクトを行い、ICの動作試験、耐圧試験、リーク電流チェックなどの試験をすべて一括して行う。各試験条件は機種に応じて自動設定され、コントローラによりこれらの試験条件を常に監視することによって正確な電気試験を可能にし、同時に装置自身も保護している。

モールド部では、電気試験で良品となったものを自動的にモールドする。モールドプロセスは、まず比較的粘性の高い液でモールド領域の境界部を形成し、次に比較的粘性の低い液で内側を満たすという2ステップのプロセスを開発した。さらに、このプロセスのタイミングをコントローラにより制御し、2液同時塗布シーケンスとすることにより、非常に寸法精度が高く、かつ安定で高速なモールドを実現している。

4.2.4 組立試験

組立試験は1工程としてライン化を図っている。サーマルヘッドの構造により組立方式が異なっても、2機種までは混合生産することができる。カスタム仕様に対しては、予備ステーションを活用している。スクリーニング及び画質試験での印字作画試験機は、全機種モード切替えにより適用可能な汎用自動機であり、機種切替時の段取り換えは、サーマルヘッド接続ケーブルのみとし、多機種生産に対応できるようにしている。

4.3 生産管理システム

サーマルヘッドの生産は急伸する需要とともに、出荷台数の変更、機種の切替え、顧客ごとのカスタム化と短納期化が恒常的となっており、生産ラインにはこれらに迅速に対応しつつ、仕掛りと工期を

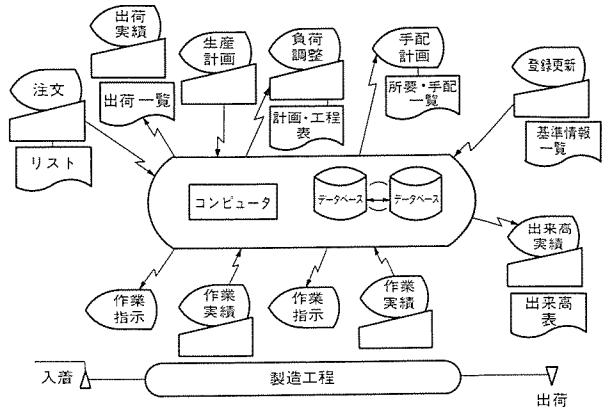


図 8. 電子デバイス生産管理システム

最小にすることが求められる。

サーマルヘッド生産管理システムは、上記生産ラインを円滑に管理、運営するために専用システムとして開発したものであり、図8に示すサブシステムから構成されている。

各サブシステムには、サーマルヘッドを取り扱う上での様々な特徴を盛り込ませているが、その中から主な例を以下に述べる。

(1) 基準型名の設置（基準情報管理システム）

顧客ごとのカスタム化に伴う多品種生産に対応しながらも高効率な生産を実現するために、源流工程では極力グレーピング化し、末端工程で個別品種に分類するシステム構成とした。

(2) 最適ロットサイズでの自動ロット編成（生産管理システム）

倉入ベースの生産計画を歩留りを考慮した投入ベースに変換し、データベースから算出した最適ロットサイズで負荷平準を行なながら、投入ロット編成を自動的に行なう。

(3) 検査データによる即時プロセスチェック（工程管理システム）

各自動検査装置をシステムに接続して検査データを処理することにより、関連工程へのプロセスチェック及び作業指示を行う。

生産ラインはこれらの総合システムにより、最適生産計画の策定と、それに連動した資材の調達と供給、及びオンラインによるリアルタイムなプロセスチェックや作業状況把握などを一元化して行なうことができる。

工場拡張を含めた生産規模の拡大に伴い、このシステムもその生産形態の変化に柔軟に対応しつつ高効率生産の一翼を担っていくことになろう。

5. む す び

サーマルヘッドはメンテナンスフリー、ノンインパクトという優れた特長を持っており、ファクシミリのみならずプリンタ用の印字デバイスとしても今後とも大きな伸びが見込まれている。小型化、高機能化とともに、低価格化の要請は一層強まるものと思われる。材料やプロセスを含む新技術開発の必要性は言うまでもないが、ニーズの多様化、カスタム化傾向に対応したフレキシブルな生産体制を支援し得る自動化技術力が、今後のカギ(鍵)を握るといって過言ではない。

異形部品自動挿入機

近藤 誠* 橋口直樹* 木村敏文*** 高部克則**

1. まえがき

プリント基板組立の自動化は急速に進んでおり、部品数で80%以上は自動挿入されているのが現状である。しかし、工数レベルで見ると、異形部品の挿入は手作業に要する時間が大きいため、自動化率はかなり低く生産性向上のネックになっている。異形部品の自挿化については、かなり昔から取り組まれているが、現在、市販されている異形部品自動挿入機は、対象としている部品がかなり限られており、また収納できる部品数も十分ではない。さらに、自動リトライなどの機能が充実していないため、長時間の無人運転ができないのが現状である。

当社では、数年前から異形部品自動挿入機の開発に着手し、プロトタイプ機のフィールド実績を踏まえて、今回製品化を完了した(図1)。以下に、製品の概要及び構成要素の特長について述べる。

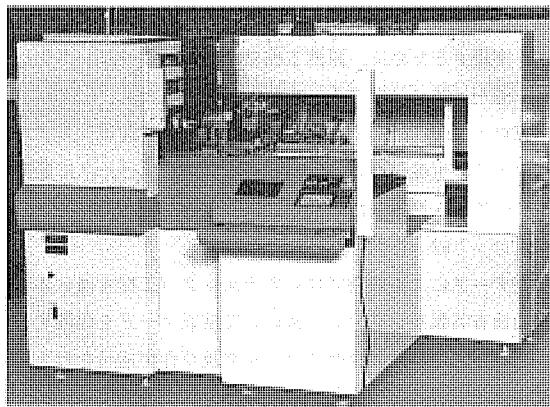


図1. 異形部品自動挿入機

2. 異形部品自動挿入機に求められる性能

異形部品自動挿入機の具備すべき性能としては、挿入時間、段取り時間などが短く、挿入率が高いということであるが、ここではそれらを統合して基板の生産性という観点で考察する。

次に示すのは、1時間当たりの基板生産枚数Nを表す式である。

$$N = 3600 / \{ n_2 (n_1 t_c + T_0) + n_1 n_2 (1 - \alpha) (1 - \beta) t_w + n_3 T_H + T_L + T_p \} \quad (1)$$

ここで、

- n_1 : 1基板に載る同一部品の平均個数 n_2 : 部品の平均種類数
 n_3 : AHC(ハンド交換)の平均回数 t_w : 挿入ミス修復時間(秒)
 t_c : 1部品の挿入時間(秒) t_r : リトライ時間(秒)
 α : 挿入率 β : リトライ時挿入率
 T_0 : 部品種切替時間(秒) T_H : AHC時間(秒)
 T_L : 基板搬入搬出時間(秒) T_p : 部品段取り時間(秒)

異形部品自動挿入機では、一般的に $n_1 \leq n_2$, n_3 が成り立つので、生産性を上げるには挿入率 (α) を上げ、挿入時間 (t_c) を小さくするとともに、リトライ時間 (t_r)、挿入ミス修復時間 (t_w) 及びAHC

時間 (T_H) を短縮することが必要である。

従来の異形部品自動挿入機では挿入率や挿入時間の改善に重点がおかれていたが、リトライについての配慮が欠けていた。図2に示すのは、自動リトライ付きとそうでない場合についての N と t_c の関係である。自動リトライ機能があると、同じ t_c でも生産性に大きく差を生じることが分かる。さらに、無人化という点から考えてみると、いかに人が介在する時間を小さくするかが課題であり、その点でも自動リトライの果たす役割は大きい。ちなみに、図3は自動リトライの有無による機械停止回数の差を示すもので、自動リトライがあれば作業者が介在する時間が大幅に短縮されるので、作業者一人が受け持つ機械の数を増すことが可能である。以上述べたように、異形部品自動挿入機では挿入率や挿入時間とともにリトライの自動化が重要な要件となる。

さらに、忘れてはならないのは、部品段取り時間 (T_p) である。なぜならば、挿入ミス修復時間 (t_w) と同じく、作業者が介在する時間であり、作業時間そのものを短縮するのはなかなか難しいからである。したがって、できるだけ介在する回数が少なくなるようなシ

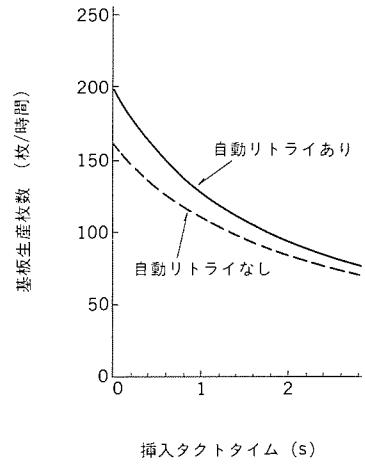


図2. 自動リトライの効果(1)

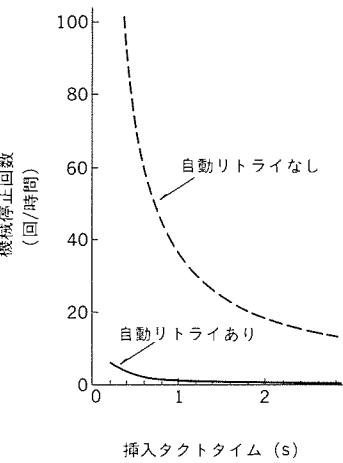


図3. 自動リトライの効果(2)

システムにすることが重要である。

3. 異形部品自動挿入機の概要

3.1 製品コンセプト

図4は当社の異形部品自動挿入機の製品コンセプトとそれを実現する手段を示す。基本コンセプトは長時間無人で運転できるということであり、それを支える三つの柱として、高挿入率、多種多部品対応、及び段取り自動化という目標を設定した。具体的な実現手段については以下の節で述べる。

3.2 構成と動作

図5に示すように、このシステムは大きく三つの部分から構成される。部品供給部は、スティック収納ケース、部品取り出しロボット及び空きスティック排出ロボットから構成され、指定された部品をスティックから取り出しリード整形部に運ぶ。また、空になったスティックは排出ロボットにより自動的に所定の場所に排出される。スティックは横方向に90チャネル、縦方向に10段収納可能であり最大900スティックを納めることができる。リード整形部は最大8チャネルの整形ユニットを持ち、部品のリードを挿入しやすいように整形する。また、このユニットは部品供給部と部品挿入部とのバッファの役割もしている。部品挿入部は、挿入ヘッド、ハンド収納部、基板テーブル及びクリンチヘッドから成り、リード整形部から部品を運び、基板の所定の位置に挿入し、同時にリードをクリンチする。ハンド収納部は最大9個のハンドを持ち挿入ヘッドとの間でAHC動作を行う。

これらの三つの部分は、それぞれ並列に動作し、いわゆるパイプライン的な制御がなされる。したがって、1部品当たりの挿入時間は、三つの部分に要する時間の和ではなく、最も遅い部分の時間で決まることになる。

3.3 仕様と特長

表1に概略の仕様を示すが、ここでは他社には見られない特長の幾つかを紹介する。

(1) 自動リトライ

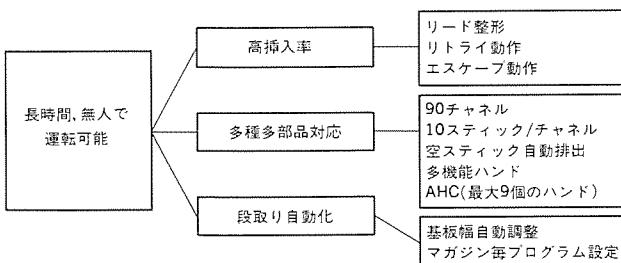


図4. 製品コンセプト

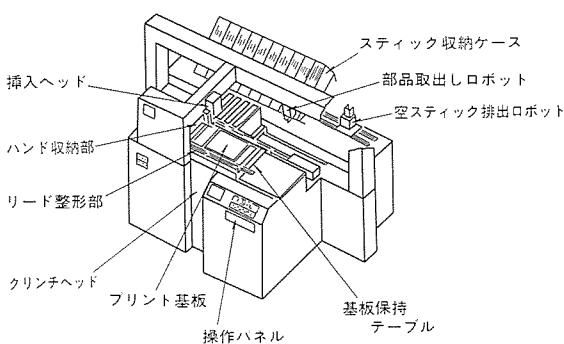


図5. システム構成

表1. 装置仕様

対象電子部品	DIP-IC,HIC,コネクタ、抵抗モジュール、リレー、スイッチなど
適応基板寸法 (mm)	最大500×300、最小60×80、基板厚さ1.6
挿入方向	0°, 90°, 180°, -90°の4方向指定
挿入サイクルタイム	1.8s (挿入条件により変動する)
部品収納量	最大90品種×10スティック／品種=900スティック
挿入ハンド	最大9個を自動交換 (AHC)
挿入位置指令	X, Y軸アソリュート指令
制御軸	サーボモータ8軸、パルスモータ2~5軸
部品包装形態	スティック (テープ、パルク……オプション)
挿入穴寸法	リード寸法+0.4mm
挿入方式	リードガイド又は、リードチャック、ボディーチャック
プログラムステップ数	15000ステップ以内で100プログラムまで／ディスク
プログラム入力	挿入ポイントのティーチング又はMDI
挿入リトライ	自動リトライ
リード整形	DIP-IC, アキシャル部品等
空スティック排出	1箇所に自動排出
安全動作領域指定	—
挿入ミス検知	挿入高さ検知方式、リード検知方式
装置外形 (本体) (mm)	2,334(L)×1,910(W)×1,500(H)本体のみ
装置重量 (本体)	2,100kg
使用電源	AC200V、三相、6kVA
消費空気圧	5kg·f/cm², 100NI/分

挿入をミスしたとき、自動的に部品を引き抜き所定の場所に廃却する。挿入のリトライは、即時か全部品挿入後かのどちらかを部品ごとに選択可能である。すなわち、部品の挿入順序を守らないと挿入できない場合は前者を選択すればよい。

(2) 挿入経路指定

実装密度の高い基板では隣り合う部品のすき間がほとんどなく、後から挿入する部品のボディーが当たって挿入ミスになる場合がある。そんなときに威力を発揮するのがこの機能で、挿入経路を指定することによって、挿入ミスを減少させることができる。

(3) リード整形

前章で述べたように、部品を挿入する前にリードを整形することにより挿入率を向上させている。方法はいろいろあるが、最も基本的なものは挿入ハンドのつめ(爪)でリードをつかむ前に一度外側へ広げた後、指定寸法でつかんでやるという方法である。こうすると、爪でつかんだときのリード位置が正確に決まるので挿入率が上昇する。

4. 構成要素の特長

4.1 機構

機構設計上最も留意したのは、期待する挿入率を適正なコストで実現するため、機構各部の精度をいかに決定するかということである。一般的に、自動挿入機ではスルーホール径が以下の条件を満たすとき、挿入率が99.5%以上であることを要求される。 $D-d \geq 0.4$ mm (D : スルーホール径, d : 部品のリード径) すなわち、上記の要求を満たすには、挿入精度に関与する各因子（表2参照）を集積した精度が±0.2mm以下であることが必要である。

各因子の誤差が正規分布(標準偏差 W_i)するにすれば、 n 種の因子の誤差の和もまた正規分布し、その標準偏差 W は次式で表される。

$$W = \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i^2} \quad \dots \dots \dots (2)$$

挿入率が99.5%以上になるには、 $3W \leq 0.2\text{mm}$ でなければならぬ。表2は異形部品自動挿入機の挿入精度に関与する各因子について、上の条件を満たすように W_i を分配したものである。機構設計では、この表に基づき、AHCの構造、挿入用爪の形状、基板位置決めピンの形状を検討するとともに、各機械要素のバックラッシュ、ロ

表 2. 精度配分

項目	3Wi mm
1 組立精度	±0.02
2 繰り返し精度	±0.02
3 AHC 繰り返し精度	±0.03
4 部品の把持精度	±0.05
5 メカのがた	±0.05
6 ボールねじの誤差	±0.02
7 ティーチング精度	±0.03
8 基板位置決め精度	±0.05
9 基板精度 {穴径 穴ピッチ}	±0.05 ±0.10
10 部品精度 {リード径 リードピッチ 外径精度}	±0.05 ±0.10/2 ±0.10

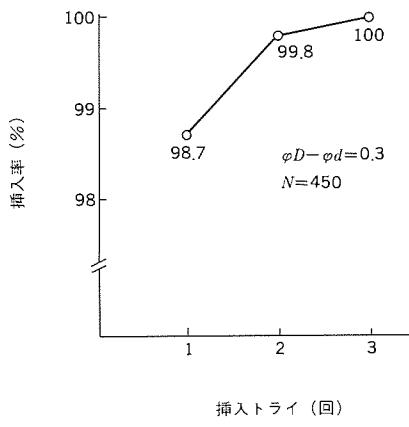


図 6. 插入率

ストモーションの削減に努めた。

插入精度を更に向上させるには、 $3W \ll 0.2$ つまり、 W_i を更に小さくすればよいが、技術的に難しくなるとともに経済性が問題になる。当社の異形部品自動挿入機では、自動リトライという統計的改善手段を採用することにより、実質的な挿入率を向上させてこの問題を解決した。例えば、図 6 は $D-d=0.3\text{mm}$ の場合の試験結果であるが、挿入 1 回目の挿入率 98.7% がリトライにより 100% となることを示している。

4.2 制御システム (H/W)

図 7 に制御システムの構成を示す。基本的には NC 制御工作機械と同じくサーボ制御が中心であるが、異形部品自動挿入機では挿入ヘッドなど手先部分はシリング制御になっているため、専用のシーケンス制御部を追加した構成をとっている。以下に、各部分についてその動作と特長を述べる。

(1) 全体管理部

全体の動作の流れ、プログラムやパラメータの管理を行うところで 16 ピットマイクロプロセッサ i8086 を核とする CPU カードとメモリカードから構成される。

(2) 入出力管理部

操作パネル、ジョグボックスなどの入出力装置とのデータのやり取りを受持つ、全体管理部はメモリ上だけでこれらの入出力装置を制御できるようになっている。CPU は 16 ピットマイクロプロセッサ i8088 を使用している。

(3) サーボ制御部

当社の異形部品自動挿入機は、他社の機械と異なり全軸サーボ制御を採用している。その理由は前にも述べたように、自動リトライ

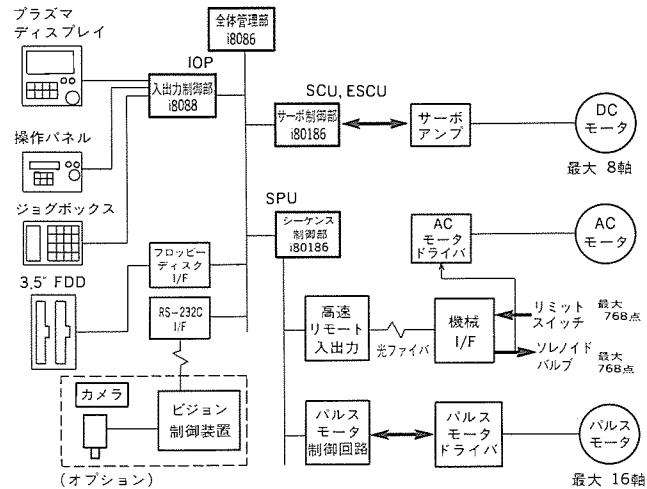


図 7. 制御 H/W 構成図

や挿入経路指定機能を重視したため、従来のカム方式では対応できないと判断したからである。

サーボ制御方式としては、ソフトウェアサーボ方式とし、8 軸分を二つの CPU (i80186) で制御している。したがって、全体管理部はサーボ制御部に対して移動量を指示するだけでよいため、負荷が減少し全体の処理速度の向上につながっている。

異形部品自動挿入機では、前述したように高い位置決め精度が要求されており、そのためサーボ系としては高いゲインを持つ必要がある。そこで、機械系の構造に工夫を凝らして固有振動数を上げ高ゲインサーボ系を実現した。図 8 に示すのは、挿入ヘッド軸の外力 - ひずみ特性であり、ロストモーションが $15\mu\text{m}$ と非常に小さいことがわかる。これは、機械系のがたが小さいとともにサーボの剛性が高いことを示している。

もう一つの特長は可変ゲイン機能である。異形部品自動挿入機では、部品の挿入時に過大な外力が加わることがある。例えば、ピンを挿入した後、かしめるような場合である。図 9(a) はピンかしめ時の挿入軸モータの電流を測定したものであるが、かしめ動作したときに過大な電流が流れていることがわかる。このような状態が発生すると、普通、サーボアンプは負荷過大と判断しサーボ電源を遮断するため以後の作業を継続することができなくなる。これを救うものとして開発したのが可変ゲイン機能である。すなわち、ヘッド移動中はゲインを高くして応答性を良くし、ヘッドを固定してかしめるときは、ゲインを低くして外力印加による電流増加を抑えるものである。図 9(b) はその効果を示すもので同図(a)に見られた電流増加がなくなっている。

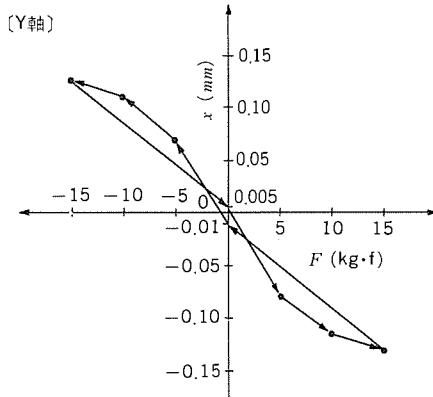


図 8. 外力 - ひずみ特性

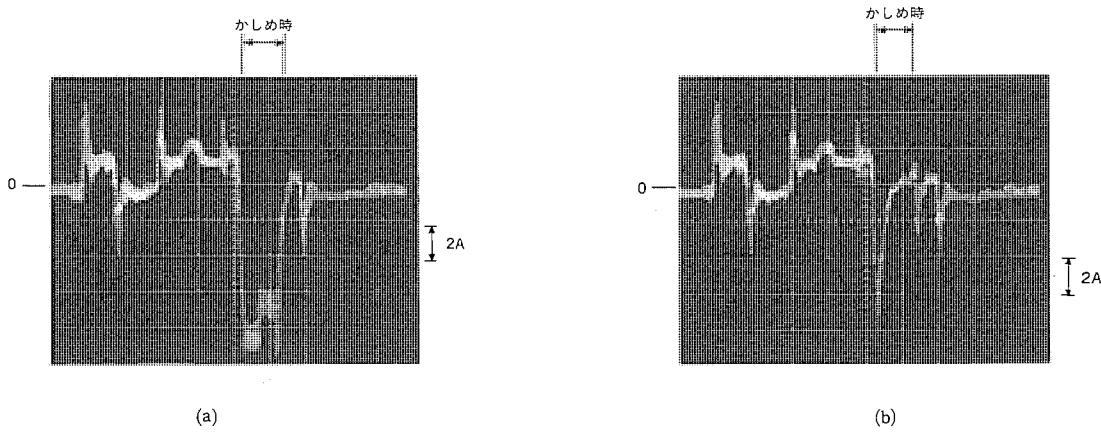


図9. 可変ゲインの効果

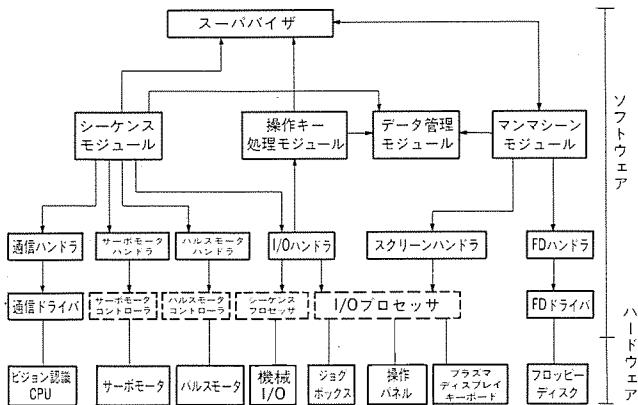


図10. 制御S/W構成図

(4) シーケンス制御

異形部品自動挿入機ではサーボモータによる軸移動以外に、末端のヘッドやリード整形部において、エアシリングとセンサによるシーケンス動作が多い。入出力点数は1,000点以上もあるため、汎用シーケンサを使用すると1スキャンに要する時間が80ms程度にもなり、全体の挿入時間に支障をきたす。そこで、専用のシーケンス制御カードをバス結合することにより、スキャンタイムを10ms以下とすることに成功した。

さらに、末端の機器（シリング、センサ）とシーケンス制御部間のケーブル本数削減及び信号伝送の信頼性向上のため、光ファイバによる高速リモート入出力方式を採用した。

4.3 制御システム（S/W）

制御ソフトウェアは、図10に示すような階層化されたモジュール構成をしている。図中、破線部は別CPUで構成されている。モジュールの階層は、各入出力デバイスを直接アクセスするドライバレベル、ドライバを制御するハンドラレベル、異形部品自動挿入機特有の動作を記述するシーケンスレベル（ここでいうシーケンスは、前節で述べたものとは違うサーボ制御も含めた動作シーケンスを指す）、システム全体の起動や停止を制御するスーパバイザレベルから構成されている。

これらのモジュールの役割について起動のプロセスを例にとり説明する。

操作パネル上の起動キーを押すと、I/Oプロセッサを介してI/Oハンドラがキー入力を受け取る。I/Oハンドラは操作キー処理モジ

ュール内の起動キーファンクションを呼び出す。このファンクションは現在のシステムの状態から、実行すべきシーケンスを選び、スーパバイザに対して起動要求を行う。スーパバイザは要求されたシーケンスをアクティブにする。起動されたシーケンスは、データ管理モジュールから位置データなどを得て、サーボモータやパルスモータなどのハンドラに対して動作要求を出し所定の動作を行う。

以上のように、システムに対する外部からの要求に対応して、シーケンスがそれぞれ用意されており、それらの起動によりシステムが制御される。そこで、ソフトウェアを設計する際に、最も変更が予想されるシーケンス部分をできるだけ簡潔に記述できるように、以下の点について考慮した。

- (1) ハンドラの機能を独立させ、デバイスの起動、停止、再起動をハンドラの管理下においていた。シーケンスはハンドラに対して動作要求とその動作の完了待ちを行うだけでよい。さらに、異常の発生などによる停止はスーパバイザからハンドラへ直接要求されるので、シーケンスは停止を知る必要がない。これにより、シーケンスの記述が非常に単純になった。
- (2) アクティブなシーケンスをスーパバイザが順次実行することにより、シーケンスの並列実行を行えるようにした。これによって、部品供給シーケンス、部品挿入シーケンスなどの各シーケンスをそれぞれ独自に記述することができ、簡潔な記述になった。また、シーケンス間の同期についてもスーパバイザに機能をもたらせた。
- (3) シーケンスをグループとして管理し、このシーケンスグループに対しサブルーチンの概念を導入した。したがって、同じ処理をするシーケンスがまとめられ、見やすさとデバッグの効率が向上した。

以上のようにシーケンスの記述を簡潔にしたので、異形部品特有の特殊シーケンスやタクトタイム短縮のためのシーケンスの変更、さらに使い勝手向上のためのサービス機能の追加などに柔軟に対応することができた。

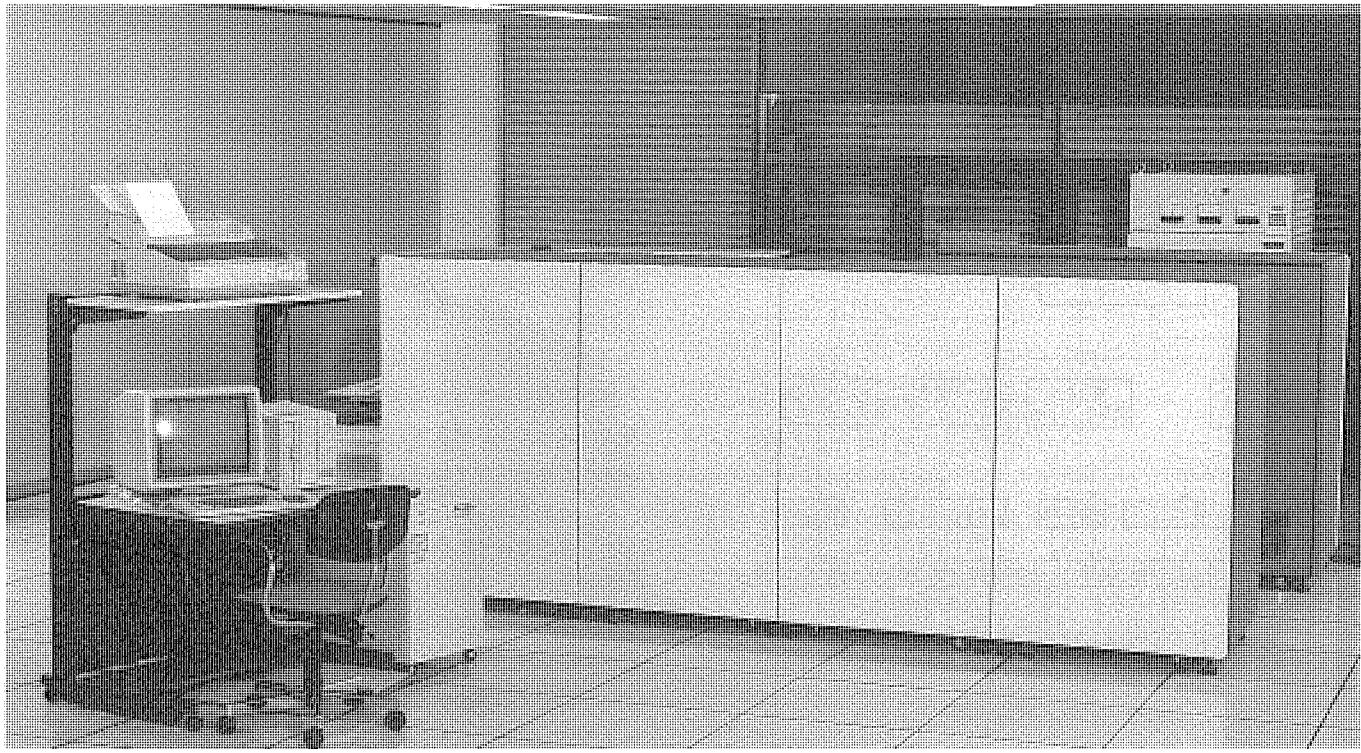
5. むすび

この論文で紹介した異形部品自動挿入機は、現在数箇所で稼働中である。実質挿入時間は市販の製品と同等であるが、対象部品の多さ、部品収納量の大きさ、自動リトライなどが評価されており、従来の異形部品自動挿入機に比して高い性能を持つことが証明された。

（原稿受付 昭63-1-25）

ICOT納め

スポットライ マルチPSIシステム



通産省が推進する第5世代コンピュータ・プロジェクトを契機としてAI(人工知能)の研究開発が急速な盛り上がりを見せています。三菱電機では、本プロジェクトを推進している^財新世代コンピュータ技術開発機構(略称ICOT: Institute for New Generation Computer Technology)が、中期の最重要テーマとして進めている並列推論マシンなどの研究開発に積極的に参画し、この一環としてこのたびマルチPSIシステムのハードウェア開発試作を行いICOTに納入しました。マルチPSIシステムは、1990年代の高度情報化社会が必要となる並列推論技術の確立を目指し、ICOTが中心となって開発したパーソナル超次形推論マシンPSIの改良小形化版のCPUを高速な接続制御機構を介して最大64台結合した並列推論マシンのパイロット・モデルです。なお、ICOTにおいては本システムをFGCS'88(第5世代コンピュータ国際会議1988)に出品し、デモ実施を予定しています。FGCS'88は1988年11月28日(月)~12月2日(金)、東京プリンスホテルにおいて開催される予定です。

目的と特長

●マルチPSIシステムの開発目的

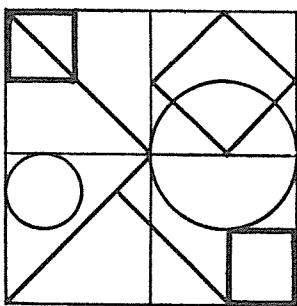
マルチPSIシステムは並列推論技術の確立を目指し、並列ソフトウェアの研究開発環境を提供することを主目的としています。本システムを用いて、並列プログラム(並列推論言語KL1で記述)の負荷分散方式、アルゴリズムの研究ならびに並列推論OS(PIMOSTM)の開発を行います。

●マルチPSIシステムの構成

本システムの要素プロセッサ1台分は、改良小形化したPSIのCPU、80MBメモリおよび接続制御機構から成り、これら8台分が1筐体に納められてマルチPSI本体が構成されます。マルチPSI本体は最大8筐体まで連結可能であり、本体とフロントエンド・プロセッサを接続することによりマルチPSIシステムが実現できます(最大64台要素プロセッサ構成まで実現可能)。フロントエンド・プロセッサとしては小形化PSIが用いられ、入出力制御ならびにマルチPSI本体ハードウェアの監視と管理を行います。

●推論プロセッサを格子形に接続した並列計算機

マルチPSIは、推論の機能を有する要素プロセッサを2次元格子形に接続した並列計算機であり、全要素プロセッサはプロセッサ間通信を高速化するために同期のクロックで動作します。また、並列形OSの負荷分散制御の実験に適するようにするために格子形の接続ネットワークを採用しています。



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

無整流子電動機 (特許 第1316688号)

発明者 永石勝之

この発明は、円筒形回転界磁鉄心の磁極部とならない外周に設けたスロット内に界磁巻線を埋め込んだ回転子の該界磁巻線とく(矩)形波電流が供給される電機子巻線への通電位相関係が一定に設定された無整流子電動機に関するものである。

すなわち、図1に示すように、円筒形回転界磁鉄心(1)における磁極部となる部分の円弧の半径を磁極部とならない部分の円弧の半径より大きくして、その外周表面を不均等に加工した。これにより、図2に示すように、電機子反作用起磁力AT_aによって生ずる電機子反作用磁束Φ_aはAT_aとは同一方向には発生せず、電機子反作用起磁力AT_a

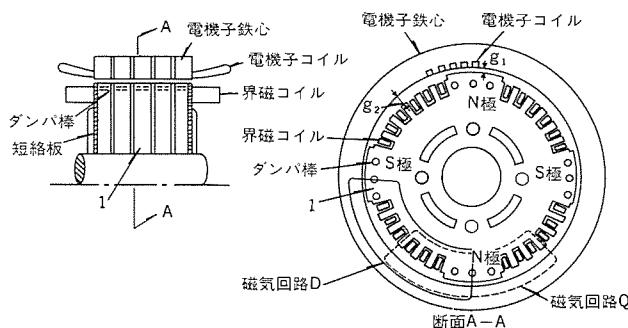


図1.

は界磁起磁力AT_Fよりも($\beta_0 - U/2 + 90^\circ$)度の進み位相の電気角を持つが、電機子反作用磁束Φ_aは電機子反作用起磁力AT_aよりも更に進み位相になる。また、矩形波電機子電流の転流が完了する位相(図2の線OP)と電動機端子電圧V_tの位相との間の角度γの負荷トルクの増大に伴う減少の割合は小さくなり、したがって無整流子電動機が安定に運転し得る負荷トルク限界が大きくなる。

以上のように、この発明によれば、小型軽量化された無整流電動機を提供することができる。

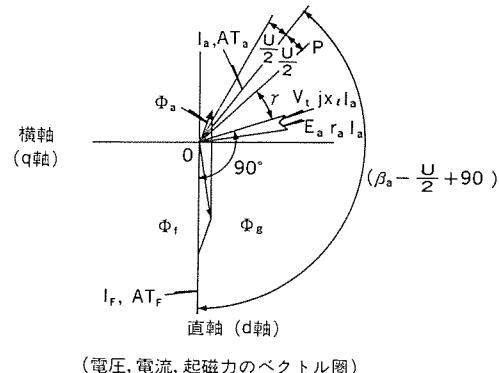


図2.

複合ウィックヒートパイプの製造方法 (特許 第1332864号)

発明者 桜井也寸史、大串哲朗

この発明は、複合ウィックヒートパイプに用いられるフェルトウィックに所定の気孔率と剛性を持たせ、ヒートパイプの品質の安定化を図るものである。

すなわち、図1、図2に示すように構成された複合ウィックヒートパイプにおいて、作動流体は加熱領域の管内周方向溝(3)から蒸発し、蒸気流は冷却領域の周方向溝(3)に凝縮する。凝縮した作動流体は周方向溝(3)に沿って管中央のフェルトウィック(1)に吸い込まれた後、フェルトウィック(1)内を軸方向へ流れ、加熱領域に帰還し、フェルトウィック(1)から浸み出て、周方向溝(3)を流れ、管内周をぬらし、再び蒸発する。ところで、従来は線状のフェルト素材を管内に軸方向に挿入しただけで、管壁との密着性が悪く、また気孔率のバラツキが大きく、実用上問題があった。このため、この発明は、図3に示す成形治具(4)で例えばステンレスフェルト(1)を保持し、真空炉又は水素炉等の中で、1,000°C以上に1時間程度加熱するようにした。これにより、フェルトを構成する繊維間が溶着し合って、所望の形状で、しかも適度の剛性を持ったフェルトウィックが得られる。また、あらかじめ治具(4)内に詰め込むフェルト素材の重量を調整すること

により、希望する気孔率を均一に、しかも再現よく得ることができる。そして、このようなフェルトウィックを用いたヒートパイプの品質は安定し、長寿命化を図ることができる。

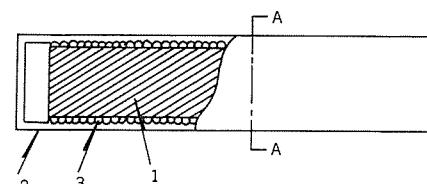


図1.

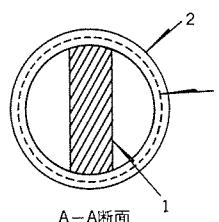


図2.

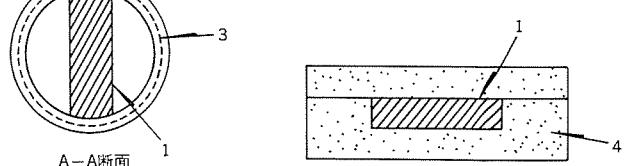


図3.

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

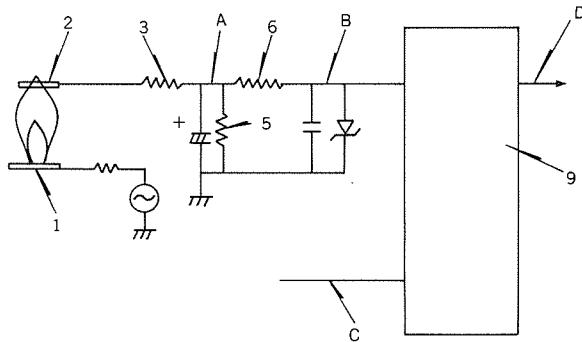
燃焼器の酸素濃度検知装置 (特許 第1339820号)

発明者 山口博志, 関口孝志, 塚原英行, 根岸宣匡, 藤田喜助

この発明は、炎のイオン電流を利用して燃焼用空気の酸素濃度を検知する方法に関するものである。

すなわち、図示のように、バーナヘッド(1)に形成された炎のイオン電流をフレームロッド(2)により検出し、抵抗(5), (6)を経て電圧信号Bとしてマイクロコンピュータ(9)に入力される。一方、マイクロコンピュータ(9)には、燃焼開始と同時に信号Cが入力され、ファームウェアで燃焼開始からの時間がカウントされる。そして、炎のイオン電流がほぼ安定する時間が経過したとき、マイクロコンピュータ(9)は当該時間のイオン電流を記憶し、以降、この記憶されたイオン電流とフレームロッド(2)から送信されるイオン電流とを比較する。そして、マイクロコンピュータ(9)は、この検知した酸素濃度を信号Dで図示しない表示装置又は警報装置に伝送し、燃焼用空気の濃度を知らせる。したがって、例えば電圧信号Bの値が1/2になれば、マイクロコンピュータ(9)が信号Dを出力し、酸欠並びに不完全燃焼を極力防止することが可能となる。

以上のように、この発明によれば、燃焼ガスの空燃比、燃焼温度、燃焼機のバーナ温度、フレームロッドの材質等が異なっても、正確な酸素濃度を検知することができる。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 62 No. 8 VLSI特集

特集論文

- VLSI特集に寄せて
- VLSI特集に寄せてーまだ飽和しない超LSIの進歩ー
- VLSIロジック／メモリの現状と将来動向
- VLSIメモリ
- VLSIマイクロプロセッサ
- 専用標準LSI
- セミカスタムIC
- 先端デバイス－イメージセンサ／三次元回路素子－
- セルベース方式LSI設計システム
- VLSI先端プロセス技術
- プロセス／デバイス シミュレーション

●信頼性・評価技術

普通論文

- 新型三相一括ガス遮断器シリーズにおける高信頼度化技術
- オールディジタル三菱汎用ACサーボ《MELSERVO-SAシリーズ》
- 高能率音声符号化装置
- オフィスコンピュータにおけるデータベース回復技術
- 高周波インバータ電源を搭載したマイクロ波放電光源装置
- 超高速256K SRAM
- EPROM内蔵型高性能16ビット シングルチップマイコン
- CD-Vシングルプレーヤー用光ピックアップ

三菱電機技報編集委員

委員長 鶴田敬二
委員 峯松雅登
ノ 目次善孝
ノ 堀切賢治
ノ 風呂功
ノ 村田豪
ノ 藤井学
ノ 郷鉄夫
ノ 高橋誠一
ノ 田中輝一郎
ノ 柳下和夫
幹事 長崎忠一
7月号特集担当 沢井善彦
ノ 吉原尚

三菱電機技報62巻7号

(無断転載を禁ず)
昭和63年7月22日 印刷
昭和63年7月25日 発行
編集兼発行人 長崎忠一
印 刷 所 東京都新宿区榎町7
大日本印刷株式会社
発 行 所 東京都港区新橋六丁目4番地9号(〒105)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」Tel.(03) 437局2338
発 売 元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒101)
株式会社オーム社
Tel.(03) 233局0641㈹, 振替口座東京6-20018
定 價 1部700円送料別(年間予約は送料共9,100円)

スポットライ 線サーマルカラープリンタ



三菱電機では、各種ワークステーション・パソコンを用いた画像処理システムの出力装置用熱転写形ラインカラープリンタを発売してまいりました。このたび、ビデオインターフェースを入力部に備えた小形・低価格のラインサーマルカラープリンタ〈G330-70形〉を開発しました。このラインサーマルカラープリンタ〈G330-70形〉は、パソコン本体からモニタ装置へのビデオ信号を専用ビデオ信号分岐器で分岐し入力するだけの手軽さで、モニタ画面のハードコピーを得ることができます。用紙・インクシートをカセット化し、操作性の向上をはかっており、デザインも最新のオフィス感覚にマッチするよう斬新なものにしています。パソコンが広くオフィスワークへ浸透してきた今日、各種資料作成のカラー化を容易に行うことができるものと期待されています。

主な用途

- プレゼンテーション資料作成に
- 計測システムに
- 会議資料作成に
- PC-CADに
- デザイン検討に

特長

- 新開発のサーマルヘッド、インクシート、熱制御専用LSIの採用により、安定した高品位な印画を達成
- フレームメモリの採用により、データ取込み時間は約2秒。パソコン側は、プリントアウトを待たずに画面変更可能
- A4カット紙100枚自動給紙可能なカセット方式を採用。OHP用紙も自動給紙可能
- 操作キーにメカニカルスイッチと楕円形キートップを採用、さらに使用頻度の高いスイッチを手前に大きく配置した操作性重視の設計
- 文字・線画に対しては解像度を重視した125色モードを、絵画に対しては階調性を重視した4096色モードが選択可能。また色反転機能も備えており目的に応じて最適モードでの印画が可能
- 各種パソコンへ接続を容易にする着脱可能なビデオ信号分岐器の採用

仕様

記録方式	熱転写方式(Y,M,C 3色面順次重ね印画)
ドット密度	150dots/inch(5.9dot/mm)
印画面積	604×400ドットCRTへ接続時 216.7×135.5mm
	画面データ取込み時間 約2秒
印画速度	印画時間 約80秒 モノクロ印画時 約30秒
印画色	基 本 7色またはモノクロ(黒) 質 指定紙または指定OHPフィルム
印画媒体	形 状 カセット サ イ ズ A4サイズ
給紙方式	カセットタイプ カセットフィーダによる100枚自動給紙
インクシート	カセットタイプ 3色カラーインクシート 100画面/巻 モノクロインクシート 300画面/巻
インタフェース	RGBセパレートビデオI/F(ドットクロック12.5MHz～30MHz) 1)コピ機能 最高9枚まで連続自動印画可能 2)濃度調整 3段階調整可 3)階調方式選択機能 面積階調(文字・線画用)…文字・線画:125色 多値ディザ(絵画用)…絵画:4096色
機能 (オペバネ上)	4)色変換 白/黒、白/黒・黄/青 5)印画媒体選択 紙、OHP
外形寸法	430(W)×418(D)×218(H)mm
重量	19.5kg(付属品を含まず)
付属品	用紙カセット、用紙スタッカ、インクシート用紙、インクシートカセット、ヘッドクリーナ、AC電源コード