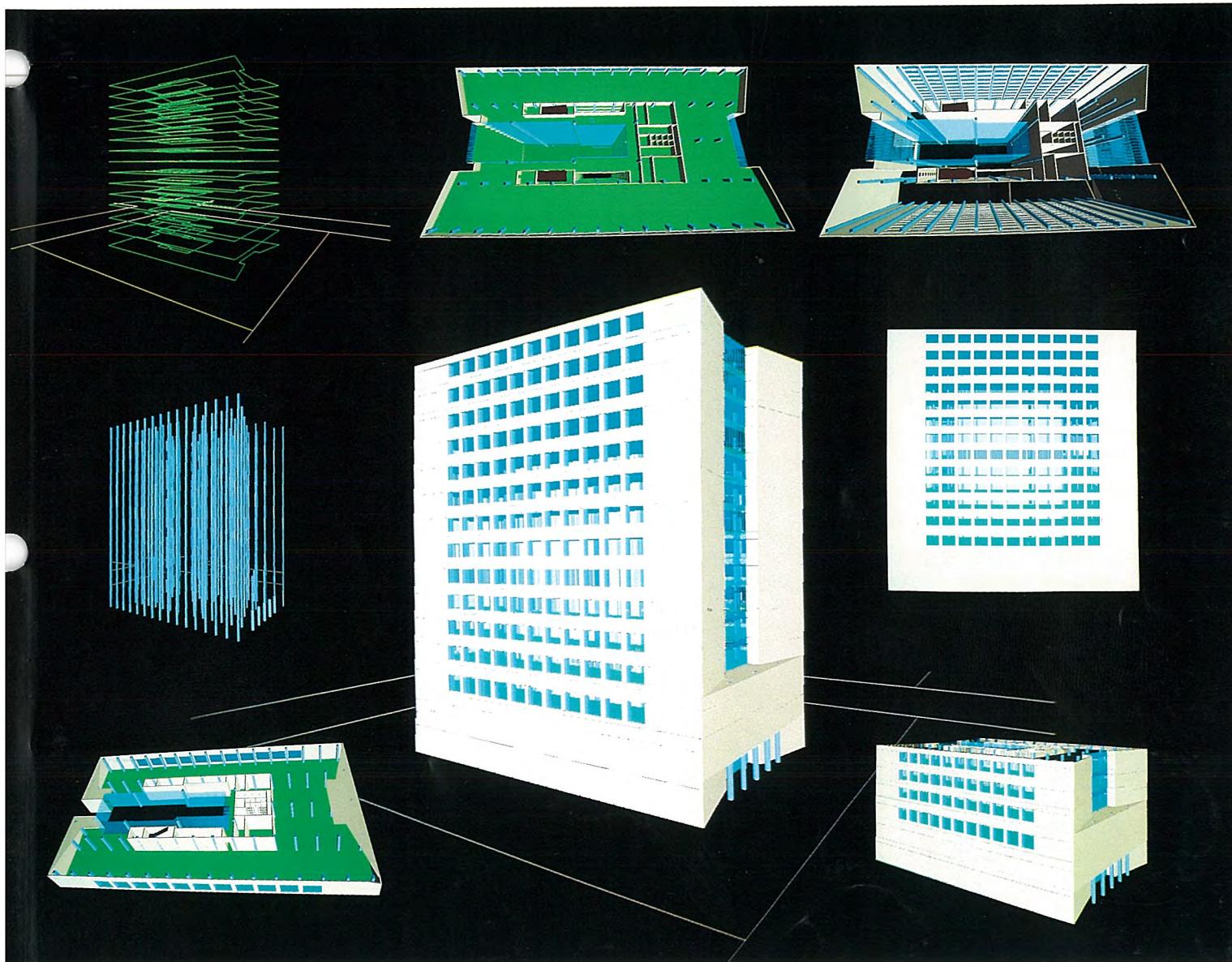


MITSUBISHI 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.60 No.5

5
1986

ビル用設備特集



三菱電機技報

Vol. 60 No. 5 1986

ビル用設備特集

目 次

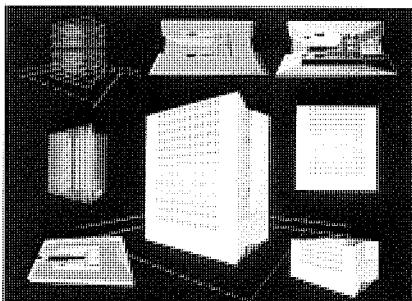
特 集 論 文

ビル用設備の展望	1
ーインテリジェントビルと設備へのインパクトー	1
和泉陽平・鈴木正高	
三菱インテリジェントビルシステム《MIBASS》	3
藤田 明・寺山佳佑・和泉陽平・澤本義裕	
分散処理形ビル管理システム	10
竹内克彦・田中英和・岡野 勝・村瀬和宏	
オフィスビルの照明環境と照明制御システム	15
石井重行・牧原千晴・小泉登夫・久代紀之	
アーク森ビル向け高速新世代エレベーター	20
館野健三・植谷健一・櫻橋 徹・辻 伸太郎・平林輝美	
ビル設備用受配電設備及び発電装置の動向	25
塙本修平・三井信彦・黒田義隆・伊藤 真	
空冷ヒートポンプチラーCAH形カスタムシリーズ	32
横山誠志・大塚 修	

表紙

建築設計のCAD

建築設計図面をデータベース化し、さまざまな仮想視点から展望した建物内・外部を、コンピュータ上で表示させた画像。



普 通 論 文

三菱超電導磁気共鳴イメージングシステム	37
辻 芳郎・菊地 宏・山田忠利・渡邊次男・宮西洋太郎	
磁気共鳴イメージングシステム用超電導マグネット	43
菅 寿郎・渡邊次男・武智盛明・荻野 治・山田忠利	
レーザ距離センサ	48
高鶴和夫・杉山昌之・稻荷隆彦・植木勝也・西木和弘	
ICB蒸着装置	53
伊奈照夫・森 栄作・田中 穀・福田司朗・田中伸雄・山西健一郎	
デュアルポートRAM(M5M4C264)	58
浜野尚徳・増田紀隆・益子耕一郎・諸岡穂一	
コンパクト蛍光灯BB及びBBダウンライト	63
中野志津雄・石井健一・武田隆夫・願念和男・田中紀彦	
特許と新案	74
電源変圧器	

ス ポ ッ ツ ラ イ ト

三菱車両補助電源用インバータ装置<新シリーズ>	68
三菱コンペア式レーザ高速裁断機	69
相間リアクトル内蔵形12相整流器用変圧器	70
三菱総合計装システムMACTUS 620オペレータステーションHM	71
三菱小形電子ポンプ	72
三次元金型CAD/CAMシステム<三菱MELCAD-SDシステム>	73
MULTI16パソコンクラスターシステム	75
一層の充実-MELCOM《EXシリーズ》	76
三菱冷蔵庫<MR-3056C形>電子コントロール付引出し式チルド4ドア	(表3)

アブストラクト

ビル用設備の展望

—インテリジェントビルと設備へのインパクト

和泉陽平・鈴木正高

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P1~2

インテリジェントビルとこれがビル設備機器に与えるインパクトについて、米国の事情、我が国の研究取組の現状についてふれ、次に設備設計計画上必要となる事項についてソフトウェア的思考の必要性を解説する。最後に、今後のインテリジェントビル、オフィス環境作りには、ビルに働く人間をとりまく様々な環境や技術要素を、うまくミックスしながら計画することが必要となることをホロニクスという言葉を使って説明する。

アーク森ビル向け高速新世代エレベーター

館野健三・植谷健一・棚橋 徹・辻 伸太郎・平林輝美

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P20~24

アーク森ビル向けに、インテリジェントビルにふさわしい機能を備えた高速新世代エレベーターを開発し納入した。このエレベーターには、世界で初めて超高速(300m/min)領域にVVVF(可変電圧可変周波数)制御を採用し、大幅な省電力、電源設備容量低減、信頼性及び乗り心地の向上を達成する一方、コンピュータとグラフィックディスプレイをもつ高機能監視システムによってビル管理の効率化を図った。以下、その概要、構成、特長などについて述べる。

三菱インテリジェントビルシステム《MIBASS》

藤田 明・寺山佳佑・和泉陽平・澤本義裕

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P3~9

高度情報時代に対応して、情報・通信・ビル管理の三つの機能を充実させ、入居者のオフィス業務向上を目指したインテリジェントビルが注目されている。当社ではインテリジェントビル向けのシステムを他社に先駆けて開発した。

本稿では、インテリジェントビルの概念・当社システムの概要・特長などについて述べる。

ビル設備用受配電設備及び発電装置の動向

塙本修平・三井信彦・黒田義隆・伊藤 真

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P25~31

ビル用電源設備に要求される機能と、それをどのようなシステム又は機器で具体化するか、計画する立場から解説するとともに、高信頼性の受配電方式の一例としてリングメイン配電方式を紹介し、最新のビル用電源設備用機器及びシステムについて、その代表的なものを説明する。

分散処理形ビル管理システム

竹内克彦・田中英和・岡野 勝・村瀬和宏

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P10~14

ビルのインテリジェント化指向に伴い、ビル管理システムへの要求の高度化、多様化に対応すべく、分散処理方式によるビル管理システムの開発を行った。開発に際しては、空調、照明、受変電、防犯、その他各種ビル設備のトータル管理システムを前提に、構成上の自由度、拡張性、操作性、機能性の高いシステムの構築をねらいとした。

空冷ヒートポンプチラーCAH形カスタムシリーズ

横山誠志・大塚 修

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P32~36

空冷ヒートポンプチラーは、省エネルギー性・無公害性・安全性・取り扱いの容易性などの利点から、一般空調分野に広く利用されている。近年、インテリジェントビルの出現などにより、空調システムの高級化(空調環境の向上)・省エネルギー化が図られている。

これらの背景に基づき、各々のシステムに最も適したユニットを提供すべく開発した、CAH形カスタムシリーズについて紹介する。

オフィスビルの照明環境と照明制御システム

石井重行・牧原千晴・小泉登夫・久代紀之

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P15~19

オフィスビルの環境は、急速な情報化社会の到来により変革期を迎える。一方では作業者の高齢化への対応が情報化と重複した形で課題となってきた。オフィスビルの照明もこれに伴って変革期を迎えており、これまでの一般的な要件に加えて考慮しなければならない顕著な課題が現れてきている。

これら課題への対応について述べ、今後のオフィスビル照明のありかたを実例を交えて紹介する。

三菱超電導磁気共鳴イメージングシステム

辻 芳郎・菊地 宏・山田忠利・渡邊次男・宮西洋太郎

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P37~42

磁気共鳴イメージングシステム(MRI)は、磁気共鳴現象を応用して断層撮像を行う装置である。磁気共鳴信号から鮮明な断層像を構成するため、当社では高均一度、高安定度の強い静磁場を得る超電導マグネットや高利得高周波送受信系を自社開発し、更に画像再構成及び画像処理、シーケンス構成法を独自に開発し、鮮明な画像を得る三菱超電導MRIを開発した。この装置の臨床試験を完了し、有用な多くの臨床データを得ており、ここに報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 20 ~ 24 (1986)

High-Speed New-Generation Elevators for the Ark Hills Mori Building

by Kenzo Tachino, Ken'ichi Uetani, Toru Tanahashi, Shintaro Tsuji & Terumi Hirabayashi

The Ark Mori Building has been designed to exploit the benefits of the intelligent building concept. Mitsubishi Electric has developed and supplied high-speed New Generation elevators for this building with a variety of advanced features that integrate with the building's intelligent systems. The elevators are the world's first ultrahigh-speed (300m/min) models to employ a variable-voltage variable-frequency inverter control system. Gains include outstanding energy economy (permitting a reduction in substation capacity), improved reliability, and greater passenger comfort. The elevators are monitored by an advanced supervisory system employing microprocessors and a color-graphic display for simpler, more efficient management. The article reports on the configuration and features of these elevators.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 25 ~ 31 (1986)

The Latest Substation Equipment and Emergency-Generator Set for Buildings

by Shuhei Tsukamoto, Nobuhiko Mitsui, Yoshitaka Kuroda & Makoto Ito

The article describes the functional requirements of substation equipment for buildings and discusses how to plan equipment and systems to meet these needs. One highly reliable substation technology, the ring-main distribution system, is introduced as part of a representative sampling of new substation equipment and systems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 32 ~ 36 (1986)

Model CAH Custom-Made Air-Source Heat-Pump Chillers

by Seishi Yokoyama & Osamu Otsuka

Because air-source heat-pump chillers are energy efficient, pollution-free, safe, and easy to maintain, they have been used widely in consumer air-conditioning equipment. Mitsubishi Electric has developed the Model CAH line of custom-made heat-pump chillers to match the needs of a wide range of systems for buildings, where they promise to play a key role in increasingly intelligent, comfortable, and energy-saving air-conditioning systems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 37 ~ 42 (1986)

The Development and Performance of the Mitsubishi Superconductive Magnetic-Resonance Imaging System

by Yoshiro Tsuji, Hiroshi Kikuchi, Tadatoshi Yamada, Tsugio Watanabe & Yotaro Miyanishi

Magnetic-resonance imaging systems employ magnetic resonance to generate cross-sectional images. To convert magnetic-resonance signals to clear cross-sectional images, the Mitsubishi system uses a special radio-frequency transceiver and a superconducting magnet that provides a strong, highly stable and highly uniform static magnetic field. Improvements were also made in image-reconstruction, image-processing, and sequence-configuration techniques. Clinical testing has demonstrated that the system is capable of providing large amounts of data in a highly useful form. The article reports on the system and its performance.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 1 ~ 2 (1986)

The Intelligent Building and Its Impact on Building Services

by Yohei Izumi & Masataka Suzuki

The article examines the concept of the intelligent building and its impact on building equipment. The state of the art of this technology in the United States and current research results in Japan are considered. Next, the problem of elucidating key elements in planning and designing such facilities is taken up, with the authors stressing the need for "conceptual software." Finally, using the concept of "holonics," the authors consider the future development of intelligent buildings. To create desirable environments for office workers, it will be necessary for planners to use a careful mix of technological and environmental elements.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 3 ~ 9 (1986)

MIBASS: Mitsubishi Intelligent Building Systems

by Akira Fujita, Keisuke Terayama, Yohei Izumi & Yoshihiro Sawamoto

Intelligent buildings have drawn attention for their potential to raise office throughput and worker productivity by providing information, communication, and building-supervision functions. Mitsubishi Electric leads the industry in the development of systems suited for such applications. The article discusses the chief characteristics of intelligent buildings, outlines the new systems developed by Mitsubishi Electric, and summarizes their features.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 10 ~ 14 (1986)

A Distributed Building-Automation System

by Katsuhiko Takeuchi, Hidekazu Tanaka, Masaru Okano & Kazuhiro Murase

To meet growing demand for advanced and versatile supervisory systems for intelligent building facilities, Mitsubishi Electric has developed a building automation system that employs distributed processing. Compatible subsystems have been developed for air conditioning, lighting, substation control, security, and many other functions, allowing the designer to freely configure a total system that is sophisticated, expandable, and easy to operate.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 15 ~ 19 (1986)

Lighting Environments and Light-Control Systems for Office Buildings

by Shigeyuki Ishii, Chiharu Makihara, Nobuo Koizumi & Noriyuki Kushiro

The rapid arrival of an information-oriented society is bringing major changes in office environments. In Japan, the problems of rapid modernization are compounded by the increasing mean age of Japan's office workers. Office lighting is a typical example, where the basic requirements (in this case adequate illumination) have been complicated by a variety of other factors. Through a series of practical examples, the article examines these special considerations and how to satisfy them, and discusses future trends in office-lighting technology.

アブストラクト

磁気共鳴イメージングシステム用超電導マグネット

菅 寿郎・渡邊次男・武智盛明・荻野 治・山田忠利

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P43~47

磁気共鳴イメージングシステム（MRI）は、磁気共鳴現象を応用した人体の断層撮影装置であり、新しい画像診断装置として期待されている。マグネットは、磁気共鳴イメージングシステムの重要な構成部品の一つであり、磁界の強度、空間均一度、時間安定度について、極めて高度の特性が要求される。当社では、優れた磁気特性とともに、低ヘリウム消費、水平サービスポート、直付磁気シールド取付け可能など多くの特長をもつ全身用超電導MRIマグネットを開発した。

デュアルポートRAM（M5M4C264）

浜野尚徳・増田紀隆・益子耕一郎・諸岡毅一

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P58~62

半導体技術のめざましい発展に支えられメガビット時代を迎ようとしているメモリICは、汎用ICの代表的存在であるが、一方多様化する市場ニーズにこたえ、メモリの基本機能であるデータの記憶だけでなく、記憶されたデータを効率よく処理するための付加機能を内蔵させたメモリの専用化が進みつつある。今回開発したM5M4C264は、画像処理分野に焦点をあてたものであり、本稿では、その開発の背景、構成、特長、応用例につき紹介する。

レーザ距離センサ

高嶋和夫・杉山昌之・稻荷隆彦・植木勝也・西木和弘

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P48~52

半導体レーザと半導体位置検出器を組み合わせた非接触方式の距離センサを製品化した。このレーザ距離センサは、特に鉄鋼用として設置距離が長く（1.5m）とれ、温度や外乱光などの環境対策にも工夫をしている。このため同種の在来センサに比べて高精度（測定範囲150mmに対して±1mm）で高速応答性（500Hz）をもっており、各種方面への応用展開が可能である。ここではセンサの原理、構造、特長などを述べた後、応用例について紹介する。

コンパクト蛍光灯BB及びBBダウンライト

中野志津雄・石井健一・武田隆夫・願念和男・田中紀彦

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P63~67

白熱電球に比べて高効率、長寿命という長所をもつ蛍光ランプを、電球と同等のサイズにまでコンパクト化したものを開発した。この蛍光ランプは従来の直管形蛍光ランプ・環形蛍光ランプに次ぐ第3世代の蛍光ランプとして期待されるものであり、その独特的の形状と優れた性能により蛍光灯照明の新分野を開拓するであろう。ここに、このコンパクト蛍光灯BBと、この専用照明器具の一つとして開発されたBBダウンライトについて報告する。

ICB蒸着装置

伊奈照夫・森 栄作・田中 毅・福田司朗・田中伸雄・山西健一郎

三菱電機技報 Vol.60-No.5-P53~57

ICB（Ionized Cluster Beam）蒸着法は、イオンのもつ効果を薄膜形成に最大限に利用できる方法であり、低温プロセス化、結晶成長及び膜の高付着力化・高密度化を実現できるという特長がある。今回、オプトデバイス、電子部品などの薄膜形成の製造プロセスに適用すべく、大面積に高速度で蒸着可能なマルチノズル形ICB（M-ICB）蒸着装置を開発製品化し、各種デバイスへの適用において、高品質な薄膜が得られることを確認した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 58 ~ 62 (1986)

The M5M4C264 Dual-Port RAM

by Hisanori Hamano, Noritaka Masuda, Koichiro Mashiko & Yoshikazu Morooka

Rapid developments in semiconductor technology have led us into the age of 1Mb memory devices. In addition to greater capacity, these new-generation ICs now incorporate additional functions to boost the efficiency of subsequent data processing, reflecting a trend toward specialization that is visible throughout the semiconductor industry. The M5M4C264 was developed specially to suit the needs of the image-processing field. The article discusses the development background, configuration, features, and typical applications of this new memory device.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 63 ~ 67 (1986)

A Compact Fluorescent Lamp and a Downlight

by Shizuo Nakano, Ken'ichi Ishii, Takao Takeda, Kazuo Gannen & Norihiko Tanaka

Compared with incandescent lamps, fluorescent lamps offer such advantages as high efficiency and long life. A new fluorescent tube has been developed that offers these advantages in the same compact form as an incandescent globe. This successor to linear and circular fluorescent lamps represents a third generation whose unique configuration and advanced performance promise to open a new field of applications. The article reports on a compact fluorescent lamp and downlight in our BB series developed to make use of this tube's advantages.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 43 ~ 47 (1986)

A Superconducting Magnet for Whole-Body Magnetic-Resonance Imaging

by Hisao Kan, Tsugio Watanabe, Moriaki Takechi, Osamu Ogino & Tadatoshi Yamada

Magnetic-resonance imaging is a promising new clinical diagnosis system that employs magnetic resonance to generate cross-sectional images of the object under examination. A large magnet plays a critical role in this system—it must supply a high-strength magnetic field that meets rigid standards of space and time uniformity. Mitsubishi Electric has developed a superconducting magnet that not only offers excellent magnetic characteristics but also features reduced helium consumption and a horizontal service port, and permits direct mounting of a magnetic shield.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 48 ~ 52 (1986)

A Laser Distance Sensor

by Kazuo Takashima, Masayuki Sugiyama, Takahiko Inari, Katsuya Ueki & Kazuhiro Nishiki

Mitsubishi Electric has produced a commercial noncontact distance sensor employing a semiconductor laser and a semiconductor position sensor. This distance sensor has been designed to operate at relatively long distances (typically 1.5m) for use in steel mills, and is protected against the effects of temperature and external lighting. Consequently, it can offer a number of advantages over previous sensors, including higher accuracy ($\leq 1\text{mm}$ in the 150mm measurement range) and more rapid response (500Hz), which open up possibilities for applications in a wide variety of fields. The article introduces the principles of operation, structure, and features of this sensor, and discusses several application examples.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 60, No. 5, pp. 53 ~ 57 (1986)

An Ionized-Cluster-Beam Deposition Apparatus

by Teruo Ina, Eisaku Mori, Tsuyoshi Tanaka, Shiro Fukuda, Nobuo Tanaka & Ken'ichiro Yamanishi

Ionized-cluster-beam deposition provides a highly effective method to deposit ions on a substrate. It offers advantages of low-temperature processing and capabilities for crystal growth and for fabrication of high-adhesion high-density films. To meet the need for rapid deposition over wide areas in modern thin-film processes for optoelectronic and electronic devices, Mitsubishi Electric has developed a commercial multinozzle ionized-cluster-beam deposition apparatus. It has been tested and confirmed to produce high-quality thin films for a wide range of devices.

1. インテリジェントビルの出現

AT&T(アメリカ電信電話会社)の分割を契機に米国でおきた通信事業自由化は、不動産業、建設業、建築設備業などにも多大のインパクトを与え、ハートフォード市のシティプレースビルをはじめとする一連のインテリジェントビル出現をもたらした。この実態は、我が国から米国を訪れる数々の調査団のリポートによって明らかにされているが、一般には次のように解釈されている。

- (1) テナントビルである。
- (2) デジタル交換機、電話、OAコンピュータ、ワークステーション、ビル管理システムなどの情報通信設備や会議室などの施設がテナント入居時に利用可能なようあらかじめ準備されている(いわゆる Shared Tenant Service)。

しかし米国におけるこのような状況は、現在貸ビルが供給過剰にあること、遠距離通信費が高く、かつ電話会社によって料金差があることなど我が国と必ずしも同一状況ではないことは認識すべきである。しかし、今後我が国でも特に地方都市では貸ビルが供給過剰になることが予想されており、また高度情報化時代を迎えると、通信コストの経営に占めるウエートは上昇の一途にあり、テナントが便利で使いやすくしかも費用の安いビルを求めるインテリジェントビル時代が遠からず訪れるものと思われる。

2. インテリジェントビルに対する我が国の取組の現状

インテリジェントビルについて、我が国では今や行政、学会、教育機関、民間会社などにおいて盛んに研究がされつつあるが、以下にその概況を記す。

- (1) 行政：建設省では「インテリジェントビルの設計・施工・管理における総合指針」を昭和61～62年度にかけ、建設業界、不動産業界、情報処理機器メーカーをまじえた官民の調査委員会に検討を行なっている。このほか東京都、横浜市、大阪市をはじめ地方自治体では地域再開発をベースにして、インテリジェントビル、インテリジェントシティ、オフィスパークなどの構想検討を行いつつある。
- (2) 大学・学会：大学の建築学科で研究がされつつあり、刊行物や学会発表もされている。日本建築学会では電子計算機利用委員会が中心となり、学会誌上あるいは学会での発表もいろいろとなされている。また、電気学会ではビル内情報伝送調査専門委員会が調査研究を行っている。
- (3) 建設業界：大手建設業が研究を行っており、インテリジェントビル建設計画や建設着手に関する報道もしばしば見受けられる。
- (4) 電子・電気機器製造業：三菱電機(株)はいち早く、インテリジェントビルの研究開発に着手し、昭和60年11月にはインテリジェントビルシステムMIBASSを発表している。
- (5) その他：電子機器や作業能率研究などに関連した財團法人や民間研究機関、報道機関などが研究会、セミナー活動、調査見学企画を行っており、これらの情報が我々の目にふれる機会も多い。

このほか、郵政省では、いわゆるメカトロ減税(中小企業新技術体化促進税制)によって情報通信設備の導入促進を図っているほか、通商産業省では情報関連機器相互間や利用者間での情報交換が円滑に進むよう「インタオペラビリティ(相互運用性)」の研究会を発足させたなど、間接的にビルのインテリジェント化やオフィス環境向上を促進させる効果をもつ活動もあり、今後、インテリジェントビルに関連した総合的研究や開発の加速化が予想される。

3. オフィス環境の確保と設備機器

インテリジェントビルが必要とされる理由は数多くあろうが、それらを一言で表現するならば「オフィスの環境作り」という言葉に代表されるであろう。つまり快適性、利便性、安全性、先端技術性、省資源、経済性、個性、フレキシビリティ、差別化、信頼性などの点を満足せつつ、究極的にホワイトカラーの生産性を向上させるオフィス環境を作らなければならない。そのためには、下記に示す観点に立った検討が必要である。

- (1) 意匠、構造、空間配置その他を含む建築計画
- (2) 建築設備計画
- (3) 情報処理・通信設備計画
- (4) ビル自動運転計画
- (5) 在館者に対するアメニティ計画
- (6) ビルの総合的運用管理サービス計画

本章においては上記のうち、建築設備計画とインテリジェントビルとの関係について分析を試みたい。従来、建築設備という言葉から受けた印象は、昇降機、空調、受変電などといった重電機器のイメージが強かった。しかし、インテリジェントビルとしての具備条件をいろいろと検討してみると、コンピュータ、デジタルPBX、LAN(ローカルエリアネットワーク)、OA機器といった情報通信設備、セキュリティ設備も、昇降機、空調、受変電設備などと同一レベルに設定し、しかもこれらの使い方や在館者に与える精神的、肉体的影響を考慮しつつ計画を立てなければならないことが認識される。すなわち、もっとソフトウェア的な考え方を設備計画の中に導入してゆかなければならない。このような観点で、設備計画上要求される要点の代表的例と、それを実行することによって得られる効果を表1に示す。

4. ホロニクス志向

従来ともすれば、オフィスは人が働く最低限の機能さえ備えていれば十分であるといった考え方のあったことは否めない。しかし高度成長期を過ぎ、安定成長期と福祉の時代へ突入した経験をもつ我々にとって、働く環境作りを再考しなければならない時期にきていることは否定できない事実である。つまり、オフィスにおいてホワイトカラーの生産性を向上させるオフィス環境作りのためのソフトウェア的思考の導入である。しかし筆者は、これをもう一步進めた思考が必要と考えている。つまりハードウェアとソフトウェアをミックスしたホロニクスへの志向である。

表 1. インテリジェントビルにおけるオフィス環境整備と建築設備計画、設計

設備計画・設計上の要点と効果		生産性向上								快適性向上									
		快適性	利便性	安全性	先端技術性	省資源性	経済性	個別化	差別化	信頼性	快適性	利便性	安全性	先端技術性	省資源性	経済性	個別化	差別化	信頼性
空調	・OA機器類の消費電力増加対策 ・間仕切と空調区画の対応 ・空気の搬送吹出し・吹込みの低騒音化 ・OA機器近傍の温度制御と周囲温度のマッチング ・静电防止・結露防止・防じん対策 ・大形OA機器類の発熱対策と熱回収 ・テナント勤務時間のばらつきに対応した空調方式 ・たばこの煙などの空気清浄対策	○	○	○		○	○	○	○	○	昇降機搬送	・交通量に応じた群管理方式 ・かご内音声案内放送 ・かご内、乗場のCRT表示 ・書類搬送の自動化 ・セキュリティ運転	○	○	○	○	○	○	○
	・VDTのCRT面グレア対策 ・タスクライティングとアンビエントライティングの組合せ ・室全体の輝度分布均一化 ・全体視環境との調和 ・人の在・不在に応じた自動点滅 ・ブラインドコントロール ・作業面上の定期的照度チェック ・執務居住・照明区分の一貫性 ・テナント勤務時間のばらつきに対応した照明制御方式 ・消し忘れの防止	○	○	○	○	○	○	○	○	○		・ワークステーションのレイアウト変更へのフレキシビリティ ・テナントの機器増設、変更に伴う作業を少なくする ・電源コンセント、信号ケーブル取出し口の美観上、保守上の対策 ・作業目的に合ったワークステーションの選定 ・情報に対するセキュリティ確保 ・磁気テープなどに対する温度、湿度などの条件確保 ・ビル利用者への情報サービス強化 ・オフィス家具類の選定据付け、移動の容易性 ・耐震対策 ・十分な作業スペース確保	○	○	○	○	○	○	○
	・OA機器負荷増対策 ・コンセント容量余裕 ・シャフトスペースの余裕 ・自家発電時の電源の質の維持（特にOA機器対策） ・テナントに対する課金の厳密性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	セキュリティ	・テナント区画に応じたセキュリティの確保 ・情報に対するセキュリティ ・セキュリティ機器の作業者への心理的影響の回避 ・情報・通信機器に対する損傷対策 ・適切なセキュリティグレードの設定 ・廃却書類に対するセキュリティ対策	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○
											情報・通信	・電子ファイリング ・データベース ・マルチメディアワークステーション ・情報検索保護 ・オペレーティングシステム ・音声認識・合成 ・音楽・基本機能ソフトウェア ・画像処理・パターン認定	○	○	○	○	○	○	○
												・電子交換機・音響通信 ・LAN, WAN ・多変化 ・音楽 ・光通信 ・会議通信	○	○	○	○	○	○	○
											OA機器、配線	・プロトコル交換 ・マルチメディア通信 ・音楽 ・会議通信	○	○	○	○	○	○	○
												・VDT最適設計 ・色彩分析・研究 ・人間工学 ・オフィスレイアウト設計 ・OA家具設計 ・ワークステーション設計	○	○	○	○	○	○	○

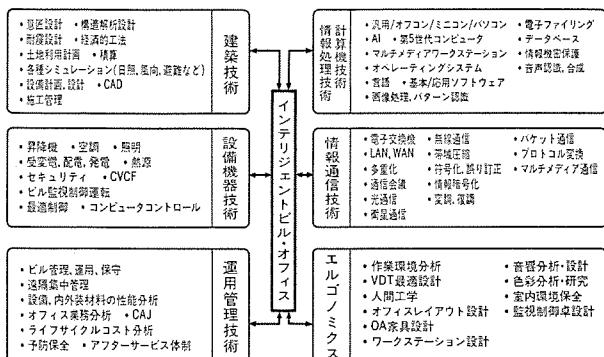


図 1. インテリジェントビルと関連技術

ホロニクスとはホロンを研究する学問といった意味である。ホロンとはギリシャ語のホロス(holos=全体)とオン(on=部分)を合成した言葉であり、個々の要素が自律分散的機能を十分果たしつつ、かつ互いに協調し合いながら全体を構成してゆくという考え方である。これをインテリジェントビルの設計という分野に適用してみる。つまり、オフィス環境作りという全体の目的を達成するためには、建築技術、設備機器技術、計算機技術、情報処理技術、情報通信技術、エルゴノミクス、運用管理技術などに代表される多くの個々の技術(図1参照)が、それぞれ自律分散的機能を果たしつつ、かつ互いに協調し合っ

てゆく必要があるということである。システムや機器を製造する我々メーカーは、ホロニクスを志向しつつ、今後の研究開発製造に取り組んでゆく必要があると考える。

5. むすび

以上、ビル設備を特集するにあたり、インテリジェントビルが建築設備に与えるインパクトといった観点で展望を行ってみた。したがって、本論では設備機器固有の技術的課題や開発動向などについてふれなかった点は御容赦いただきたい。ビル建築はシステム工学をフルに活用できる典型的な分野であり、今後共インテリジェントビルやオフィス環境作りについて、多角的面からの議論が活発に行われることを期待してやまない。

参考文献

- (1) インテリジェントビルの方向を探る、建築雑誌、100、1238、p.2-48 (昭60-9)
- (2) 沖塩ほか：オフィスオートメーションの進展と建築設備、建築文化、10月号臨時増刊、p.5-24 (昭59-10)
- (3) 西原ほか：情報化時代の建築とオフィスプランニング、archi soft, p.24-50 (昭59-10)
- (4) 石井：ホロニック・バス、講談社 (昭60-6)

1. まえがき

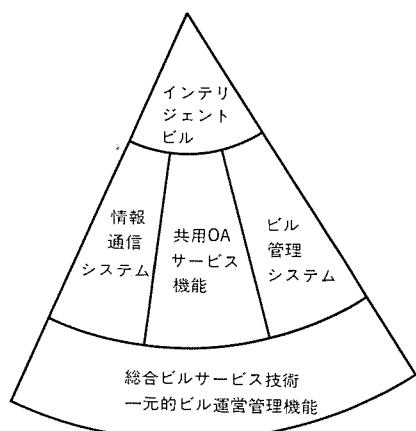
昨今の高度情報社会への急速な進展は、社会の各分野に様々な影響を及ぼしている。建築分野ではコンピュータ技術・通信技術の発展と企業におけるオフィスオートメーション推進ニーズを受けて、ビルに情報通信機能を導入し、付加価値の向上を目指すインテリジェントビルが出現してきている。当社では、かねてからビル機能を設備と情報通信の統合という面から検討を進めてきており、そのトータルシステムを昭和60年11月に三菱インテリジェントビルシステム《MIBASS》(Mitsubishi Intelligent Building Automation Systems & Services:マイバス)として発表を行った。本稿では《MIBASS》の考え方と概要について述べる。

2. インテリジェントビルシステム

2.1 インテリジェントビルの概念

インテリジェントビルは、社会の高度情報化への対応意識と米国の影響を受けて、我が国のビル業界でも最近特に注目を集めている。米国において、インテリジェントビルが誕生した背景は、①アメリカ電信電話会社(AT&T)の分割とデジタル電子交換機の発達によるビル内情報通信サービス業の発生、②ユナイテッドテクノロジーズ社(UTC)のシェアードテナントサービスを前面に出したビル事業戦略、③テナントのオフィスオートメーション(以下、OAとよぶ)時代に対応するビルの要求、電子メールの発達などであるが、我が国でも昭和60年4月の通信事業の自由化もあり、ビル関連業界がインテリジェントビルを本格的に検討はじめている。

インテリジェントビルのとらえ方は様々であるが、筆者らは「ビル所有者によるテナント共用の情報通信システムの装備とサービスの提供、ビル管理システムの充実とOA化対応の執務環境・設備への配慮が行われた高機能ビル」と解釈している。したがってインテリジェントビルの実現には情報通信システムなどの完備とともに、ビル稼働後のシステムオペレーションとビル運営管理サービスの機能が重要となる(図1.)。

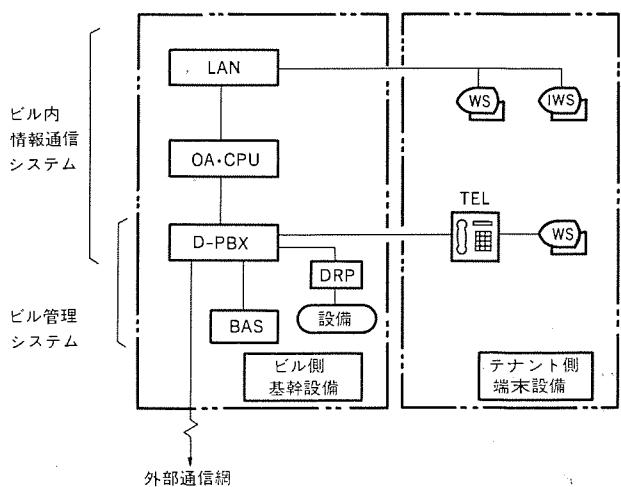


2.2 インテリジェントビルシステムの構築

インテリジェントビルが従来形ビルと異なる点は表1. のとおりであり、その設備システムとしての課題はビル内情報通信システムの導入とビル管理システムの高度化であり、両者のシステム的統合である。当社が提案するインテリジェントビルシステム《MIBASS》(図2.)は、ビル所有者があらかじめ用意して各テナントが共用して利用するビル内情報通信システムと、分散形ビル管理システムを統合化したシステムであり、システムの一元的な管理・運営を支援するサービスの提供も含めたものである。《MIBASS》を導入したビルでは、各テナントが電話機、OA端末機器などをビル側の情報通信ネットワークに接続することにより、

表1. インテリジェントビルと従来形ビルの相違
(テナントオフィスビルの場合)

	インテリジェントビル	従来形ビル
ビルとしての機能	<ul style="list-style-type: none"> ・オフィススペースの賃貸 ・シェアードテナントサービスの提供 	・オフィススペースの賃貸
設備	<ul style="list-style-type: none"> ・テナント共用電子交換機、OAコンピュータほかの設置 ・ビル管理システムの高度化、セキュリティの充実でテナントのオフィス利用上の自由度と安全性向上 ・ビル内情報通信ネットワークの設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・電子交換機、OAコンピュータなどは各テナントが独自に設置
サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・オフィス業務支援サービスの提供 (ワープロ、ドキュメント作成、スケジュール管理、秘書代行サービスなどOA機器貸出しサービスなど) 	<ul style="list-style-type: none"> ・オフィス業務支援サービスなし



用語説明:
 LAN : ローカルエリアネットワーク
 OA-CPU : OA用電算機
 D-PBX : デジタル電子交換機
 BAS : ビル管理システム中央装置
 DRP : 分散形ビル管理端末装置
 TEL : 電話機
 WS : 多機能ワークステーション
 IWS : イメージワークステーション

図2. 《MIBASS》の基本構成

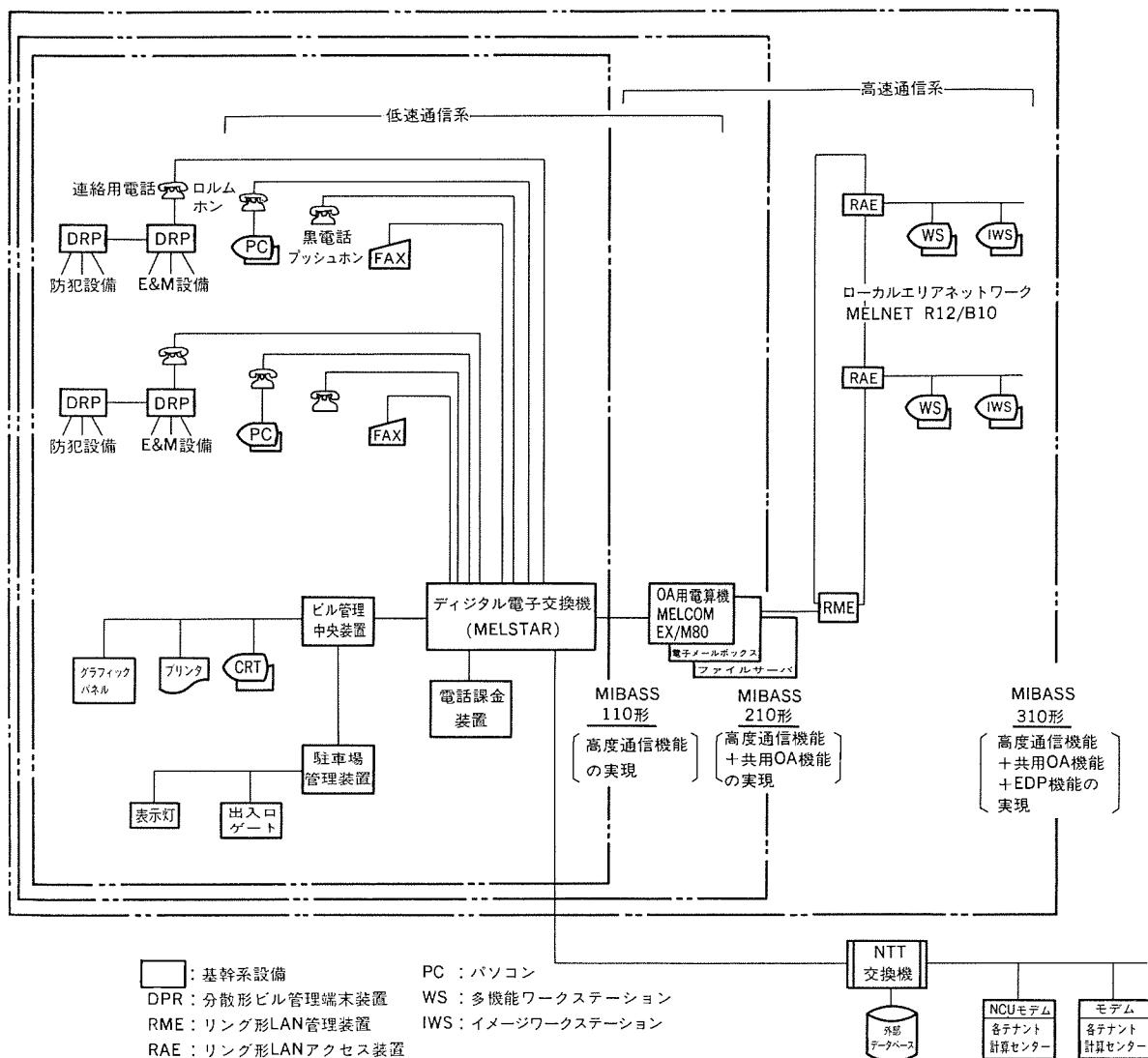
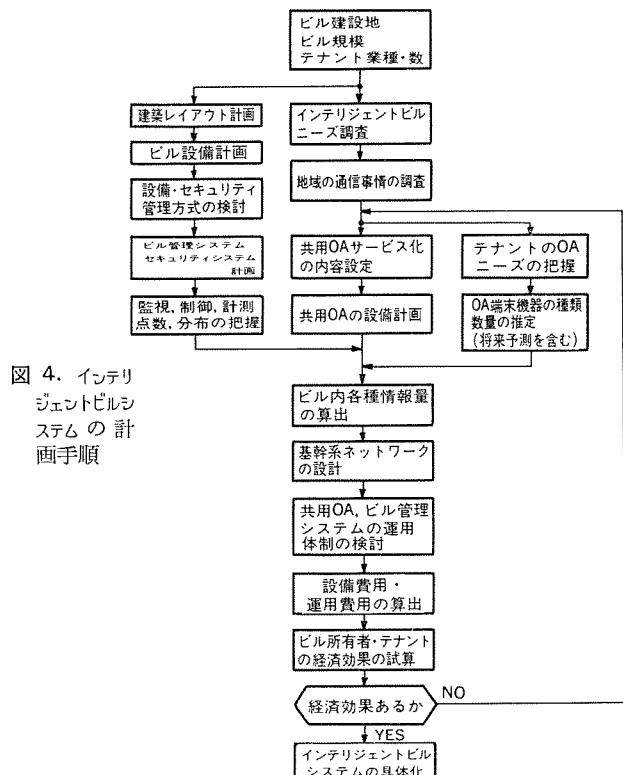


図3. 《MIBASS》の標準タイプ

容易に高度な情報通信サービスを享受できるとともに、質の高いオフィス環境を経済的に実現することができる。

《MIBASS》システムは、オフィス業務に欠くことのできない電話サービスと電話ラインを利用したデータ通信サービスの提供ができるデジタル電子交換機《MELSTAR》を主体として、テナント共用OAサービスのためのOA用電子計算機《MELCOM EXシリーズ》，M80シリーズ，ゲートウェイプロセッサなど構成する。テナントへの情報通信サービスのためのネットワークは、低速通信系と高速通信系で構築する。低速通信系はデジタル電子交換機《MELSTAR》で音声と通信速度64 Kbps(キロビット/秒)以下のデータ通信に対応し、64 Kbps以上の高速通信の必要な情報(例えは、手書き文字や図・表などのイメージデータ、静止画像及び高速かつ大量なデータなど)についてはリング形、バス形のローカルエリアネットワーク(LAN)《MELNET R-12, B-10》で対応する。また、MIBASSのもう一つの要素であるビル管理システムは、空調設備の分散化、セキュリティの充実などへの対応から、設備単位、テナント単位の監視制御機能を持った分散形とし、情報通信システムのネットワークを共用してビル管理機能の高度化と経済性の向上を図っている。

インテリジェントビルでは経済的かつ高度な情報通信機能・OA機能で



テナントを誘引し、またテナントのオフィス業務の効率化をビルとして支援・実現するために電話とデータ通信機能の提供に加えて、各種の共用OAサービス（シェアードテナントサービス）の実施も考えたシステム作りが必要となる。インテリジェントビルとしてどのようなOAサービスが考えられるかは後述するが、ビルのインテリジェント化に当たってはビル規模、テナント業種やOA導入状況、システム化の許容投資額その他多くの事柄を考慮に入れなければならない。《MIBASS》ではビルごとの種々の条件に合うようにシステムを3種類のタイプに分類し、計画検討の便を図った。その概要を図3に示す。また、《MIBASS》を

計画するに当たっての一般的な手順を図4に示した。

3. 基幹情報通信システム

2章でも述べたように、インテリジェントビルにおける共用の情報通信システムは、デジタル電子交換機とLANを中心にしている。以下に、これらの装置が持つ機能のうちインテリジェントビルで有効と思われるものについて説明する。

3.1 デジタル電子交換機

《MIBASS》の低速通信系に使用されているデジタル電子交換機（以

表2. デジタル電子交換機《MELSTAR》の機能

項目	基	本	オプション
(1) 内線サービス機能			
① サービスクラス	○	○	
② 局線発信待合せ	○	○	
③ ホットライン	○		
④ リダイヤル	○		
⑤ 短縮ダイヤル	○		
⑥ COMグループ	○		
⑦ 電話会議	○		
⑧ 著信拒否	○		
⑨ 秘話	○		
⑩ 話中割込み	○		
⑪ 保留音送出	○		
⑫ 自動着信分配	○		
⑬ 著信音識別	○		
⑭ システム着信転送	○		
⑮ 不在転送	○		
⑯ 秘書中継接続	○		
⑰ モーニングコール	○		
(2) 多機能電話機サービス機能			
① ワンタッチ機能ボタン	○		
② オンフックダイヤル	○		
③ スピーカーホン	○		
④ 自動ダイヤル	○		
⑤ RS-232C インタフェース		○	
(3) 中継台サービス機能			
① 著信応答	○		
② 自動再呼	○		
③ シリーズコール	○		
④ 自動保留	○		
⑤ 切込み	○		
⑥ 各種設定変更	○		

項目	基	本	オプション
(4) ネットワーク機能			
① ルート最適化			○
② 専用線中継接続			○
③ サテライト運用			○
④ 中央渡者サービス			○
⑤ う回接続			○
(5) システム機能			
① 内線番号自由設定		○	
② 局線中継台グループ		○	
③ 分散中継台		○	
④ 録音アナウンス応答		○	
⑤ 夜間内線応答		○	
⑥ CPU、基本回路、電源の二重化		○	
⑦ 自動プログラムロード		○	
⑧ 自動誤り訂正メモリ		○	
⑨ 長距離内線		○	
⑩ 音声メール		○	
(6) データ伝送機能			
① データターミナルインターフェース	○		○
② 複合メディア通信			○
③ ブールドモード			○
④ 高速ディジタルインターフェース			○
⑤ X.25インターフェース			○
(7) 保守運用サービス機能			
① メンテナンスコンソールによる登録変更	○		
② 自己診断プログラム	○		
③ 故障部分の自動切離し	○		
④ 遠隔診断、保守	○		
⑤ 故障時局線自動切換	○		
(8) 記録管理機能			
① 詳細課金	○		
② 詳細着信記録	○		
③ 通話統計分析(RAC)	○		
④ サービス機能利用統計	○		
⑤ トラヒック測定	○		

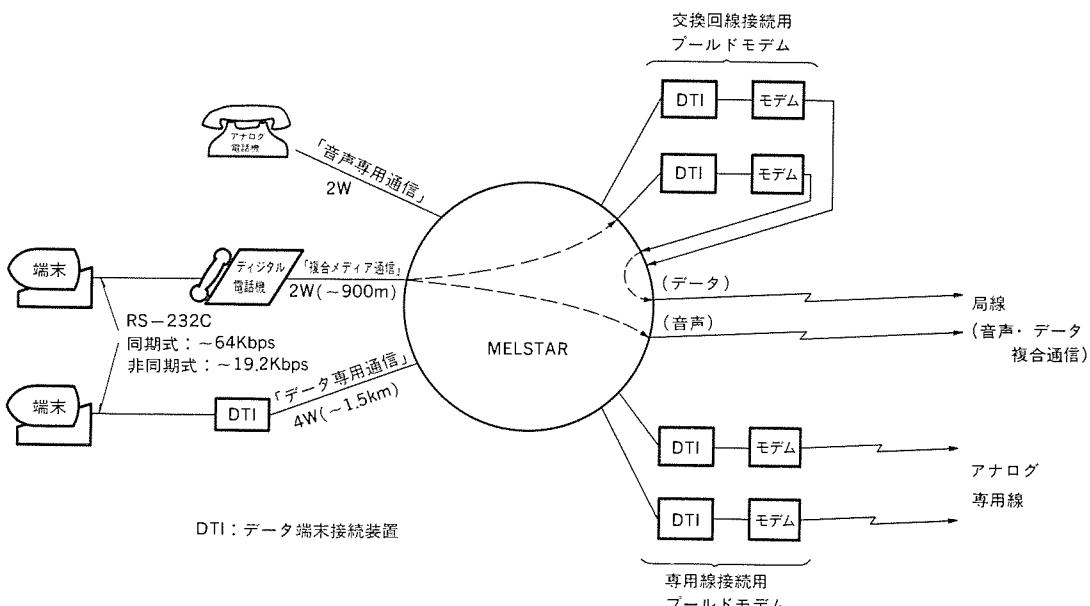


図5. 《MELSTAR》のデータ通信機能

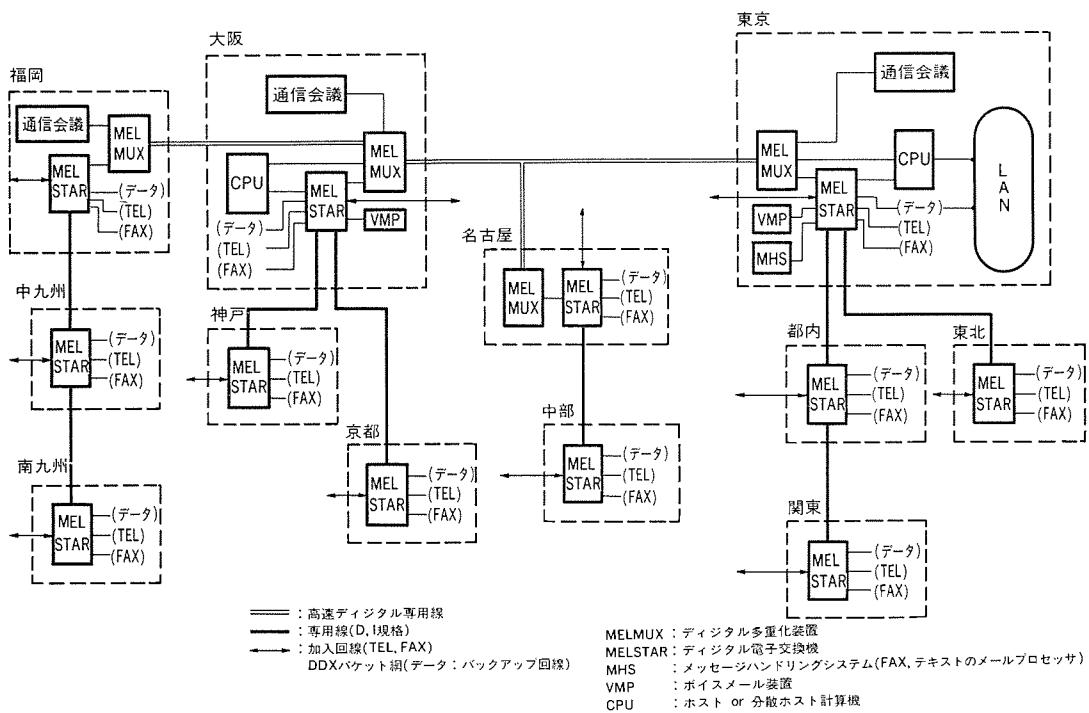


図 6. 企業内情報通信 ネットワーク

下、《MELSTAR》によるとの機能は表 2. に示すとおりであるが、これらの機能は、オフィスにおける電話利用において指摘されている問題点を解決するばかりでなく、今後の通信環境の進展に対応した高機能性を含んでいる。

(1) 音声メール

留守番電話とは異なり、オフィスにおける音声による情報伝達の効率向上が可能な同報・蓄積機能である。連絡・報告・指示などのメッセージについては、相手が話中又は不在時でも伝達でき、通話時間の減少につながる。

(2) 複合メディア通信 (図 5.)

1ペアの電話ケーブルを使用し、音声とデータを時分割多重信号にして同時通信する機能で、今後オフィス内で導入が進むOAネットワークを《MELSTAR》で構築しようとするものである。従来のアナログ式電話機をRS-232Cコネクタ付きのデジタル電話機に交換すれば、パソコン、ワークステーションなどをこの電話機に接続することで、OA機器間の相互通信が通信ケーブルを増設せずに可能となる。このため、ビル建築後にテナントがOA化を行うときなど、通信システムの拡張・変更が容易かつ安価にできる。

(3) プールモード (図 5.)

《MELSTAR》は異なる通信速度のモード (通信用変復調装置) を集中して準備 (プール) しているため、複数の端末が外部のデータベースやネットワークと接続する場合にプールされたモードのうち、必要な通信速度のものを選択して使用できる。ビジネスデータベースやVANをはじめとする各種ネットワークが整備されると、ビルに入居するテナントはこれらの中から必要なものを選択することができるが、この機能を使用すれば各端末で必要なモードを用意しなくて済み経済的である。

(4) ルート最適化

昭和62年末には日本電信電話(株) (NTT) 以外の第一種通信事業者、いわゆる第二電電各社がサービスを開始することになっており、通信における本格的な自由競争の時代へ突入するであろう。このよ

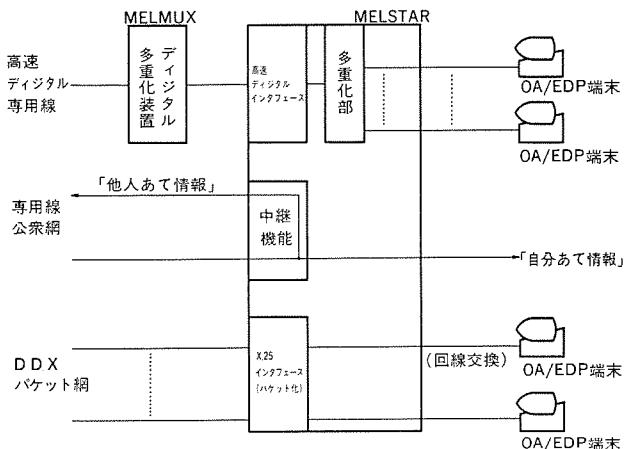


図 7. 外部ネットワークのインターフェース

うな状況下で各企業は、情報通信への期待と同時に通信コスト低減の必要性に迫られるが、これに対処するものが《MELSTAR》のルート最適化機能である。これは、NTTをはじめとする第一種通信事業者のもつ複数の通信回線の中から、通信コストが最も安くなるルートをダイヤルの変換も含めて自動的に選択する機能である。ビルに入居する各テナントが複数の通信事業者と直接契約すると、契約ごとに契約料や月々の基本料金が必要であるため、ビルで交換機を共用化して経済性を追求することになろう。

(5) 外部ネットワークとのインターフェース

OA化的進展による通信量増大に対処するために、各企業がアナログ専用線やDDX網、高速デジタル専用線などを利用した企業内統合ネットワークを構築するケースが増えている。このネットワークの一例を図 6. に示す。図に示すとおり《MELSTAR》は統合ネットワークの中核に位置し、各種の外部ネットワークとの接続が必要である。そのための機能として、《MELSTAR》にはDDXパケット網と接続するためのX.25インターフェース、デジタル多重化装置とのインターフェース機能

や中継機能がある。中継機能とは、図6.に示すように東京・名古屋・大阪の3箇所を結んで相互通信する場合、名古屋に設置する《MELSTAR》が東京・大阪間の通信を中継することで、東京・大阪間の専用線借用が不用となり、通信コストを大幅に節約できるものである。これらの機能をまとめて図7.に示す。

(6) 課金

インテリジェントビルでは各テナントが共用で交換機を使用することから、各テナントが実際に使用した通話料金を計算する必要がある。そのため《MELSTAR》には課金装置を付加することができ、電話機・グループ単位あるいは全体における国内／国外との通話量や通話料金リスト、長時間通話リストなどの諸データ作成が行える。また、日

表3. 《MELSTAR》の仕様

項目	機種 VSCBX	CBX II				
		8000 1キャビネット	8000 2キャビネット	8000 3キャビネット	9000	
交換方式	通話路方式	PCM 時分割方式				
	制御方式	蓄積プログラム方式				
収容回線数	内線*	144	200	500	800	~10,000
	局線	40	40	80	120	~1,600
	局線中継台	1台	6台	8台	16台	~120台
処理系	16ビットミニコン集中制御			32ビットミニコン分散制御		
通話路容量	74 Mbps			74 Mbps～1.11 Gbps		
電源	主電源	DC -48V又はAC 100V±10% 50/60Hz	DC -48V			
	入出力装置電源	AC 100V±10% 50/60Hz				
環境条件	温度	5～30°C (通常) 40°C (MAX)				
	湿度	~90%				
内線電話機	ダイヤル電話機 (10pps, 20pps), プッシュボタン (DTMF), デジタル多機能電話機					

注 *すべてデジタル多機能電話機を使用すると2倍の容量まで可能

日の使用状況をモニタリングする機能も持っております、電話機設置台数などの最適化を行って通信費削減を可能としている。

以上、《MELSTAR》の諸機能のうちインテリジェントビルに有効と思われるものについて概説したが、これらの機能を複数のテナントに提供することから、《MELSTAR》の重要な部分 (CPU, メモリ, 共通回路, 電話) の二重化やプログラムやデータの自動誤り訂正機能などによって高信頼性を維持している。《MELSTAR》の概略仕様を表3.に示す。

3.2 LANの利用

MIBASSでは《MELSTAR》で扱えないような大容量データやイメージデータの通信においては、表4.に示すような各種LANを用意している。今後のOA技術で注目されているものに手書き文書処理があるが、この処理で扱うイメージデータは、大型計算機で処理された経理や給与データと同様にデータ量が非常に多い。パソコン《MULTI 16》の1画面を例にとって、全画面に表示された漢字データ128Kビット(1,000文字)に対しイメージデータは2,048Kビットと約20倍(実際には1画面ぎりぎりと漢字を表示することはないので、両者には実質的に4～50倍の差があると言われている)ものデータ量となる。これを《MELSTAR》の最大通信速度64Kbpsで通信すると、コードデータで2秒、イメージデータでは32秒もかかり実用的ではない。そこで1Mbps以上の高速通信やパケット通信を行って、これらの大量データの通信を行うことが必要となり、これを可能とするのがLANである。

《MIBASS》の高速通信系であるLANは、低速通信系の《MELSTAR》に順次拡張できるよう階層形ネットワーク構成とし、《MELSTAR》と同様にX.25インターフェースをはじめ外部ネットワークとの接続も考慮している。また、共用の通信システムであることから、ルートの二重化、バイパス、ループバック、運転状況ロギング機能などで信頼性の維持を図っている。

4. OAシステムと共用化サービス

4.1 OA化の目的と効果

統合化OAの目的は、従来のデータ処理(EDP)を含めた計算機技

表4. 《MELNET》の仕様

項目	機種	MELNET R-32	MELNET R-12	MELNET B-10	
				同軸LAN	光LAN
ネットワーク形状	リング形	リング形	リング形	バス形	スター形
伝送媒体	光ファイバケーブル(GI形)	光ファイバケーブル(GI形)	光ファイバケーブル(GI形)	同軸ケーブル	光ファイバケーブル(GI形)
伝送方式	光強度変調	光強度変調	光強度変調	ベースバンド	光強度変調
伝送速度	32Mbps	12Mbps	12Mbps	10Mbps	10Mbps
通信アクセス方式	複合交換方式(時分割/トーカンバッシング)	複合交換方式(時分割/トーカンバッシング)	複合交換方式(時分割/トーカンバッシング)	パケット交換方式(CSMA/CD)	パケット交換(CSMA/CD)
ネットワーク総延長	最大 128km	最大 16km	最大 16km	最大 2.5km	最大 500m
ノード間距離	最大 2km	最大 1km	最大 1km	最大 500m	最大 250m
接続可能端末数	最大 6,144(回線交換) 最大 2,048(パケット交換)	最大 256(スタンドアロンシステムでは128)	最大 1,024	最大 1,024	最大 32
ノード当たりの接続可能端末数	最大 96(回線交換) 最大 32(パケット交換)	最大 16(リング管理装置には32まで)	最大 18	最大 18	最大 18
端末インタフェース	Vシリーズ, Xシリーズ アナログインターフェース (音声・FAX)	Vシリーズ, Xシリーズ アナログインターフェース (音声・FAX)	Vシリーズ, Xシリーズ	Vシリーズ, Xシリーズ	Vシリーズ, Xシリーズ
電源	AC 100V±10% 50/60Hz				
環境条件	温度	0～40°C		5～35°C	
	湿度	40～85%		20～80%	

術、通信ネットワーク技術、エルゴノミクスなどを統合化し、オフィスの生産性を高めることにある。また、その効果は職務に応じた生産性向上、人件費やランニングコスト低減、組織管理内容の充実と向上、業務スピードアップ、顧客へのサービス度向上などであり、そのため、企業の全社的、多種多量の集約的データ処理業務を行うEDP基幹業務と企業の各部門別、担当別ごとに必要な日常業務や意思決定業務を含むいわゆる電子秘書的役割を果たすOAオフィス業務とのバランスのとれた統合化がなされなければならない。

4.2 複数テナントによるOAサービスの共用化

複数テナントが入居しているビルにおけるOAサービス共用化を考える場合、4.1節に述べた目的と効果を發揮させることは、テナント各企業の経営姿勢、過去のEDPやOAシステムにかかる保有資産や技術的ノウハウ機密対策などがそれぞれ異なるため、難しい条件が存在することも事実である。そこで《MIBASS》においては、OAサービス機能と四つのカテゴリに分け、テナントの利用判断を容易にするよう図った。

(1) カテゴリ1：デジタル交換機を中心各テナントが共通利用可能なサービス

- (a) 共用デジタル交換機による多機能電話、音声メール、電話会議、最適ルート選択など。
- (b) テナントワークステーションの外部データベース、テナント企業の事務センターや一般コンピュータセンターへの接続。

(2) カテゴリ2：カテゴリ1を含みかつ各テナントが共通利用可能なOAサービス

- (a) 電子メールによる情報伝達
- (b) ワープロやドキュメント作成支援など情報作成
- (c) スケジュール管理、予約、電子電話帳など個人活動支援
- (d) 共用電子ファイルを利用したデータ、文書の情報保管検索
- (e) データ分析・予測、グラフ表示、報告書作成など意思決定支援

(3) カテゴリ3：カテゴリ2を含みかつテナント固有の要求に基づく高度OA機能やEDPサービス

- (a) 経理処理、受発注処理、勤怠管理、給与計算、社内預金取扱などのEDP基幹業務支援
- (b) 食堂、喫茶店、売店などにおけるPOS利用と売上管理
- (c) その他テナント要請に基づく基幹業務支援

(4) カテゴリ4：上記以外の共用サービス

- (a) OA機器類の貸出し、静止画・動画TV会議設備を含む電子会議室、秘書代行などのレンタルサービス
- (b) ワープロ入力、タイプ、コピー、製本、プログラム作成、計算処理などの業務請負
- (c) テナントに対するOAコンサルティングやOA機器の利用、操作に関する教育、トレーニング

4.3 共用OAサービスとセキュリティ対策

テナントの共用OAサービス利用の前提としては、使用されるシステムや機器、データなどに対するセキュリティ対策が十分にとられていないなければならない。《MIBASS》におけるセキュリティ対策の概念を図8に示すが、以下に補足説明をする。

(1) 計算機、電子交換機、通信路などの施設やこれらを収容する部屋、建物、敷地などに対する保護であり、出入者や操作者などを

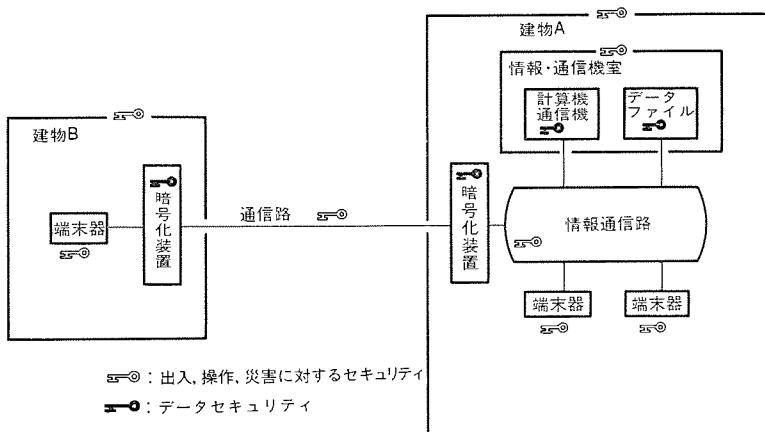


図8. セキュリティ対策

限定するアクセスコントロール及び火災、浸水、地震、停電などに対する建築、設備計画面での対策。

(2) 計算機本体、データメモリ、データファイルに対する対策で、ファイル構造、データ形式の暗号化、機器操作者に対する組織上の責任範囲を考慮したパスワードの適用がされている。このほかシステム故障によるテナントサービス低下や業務支障防止のための二重化構成やワークステーションのインテリジェント化などがとられている。

(3) ビル内、ビル間、システム間など通信路上のデータへの対策で、通信路と端末間に暗号化・復元装置を挿入することによって行うが、このほか、だれがどのデータにいつアクセスしたかを常時監視するオンラインネットワークモニタリング機能も併用している。

5. ビル管理システムと運営サービス

インテリジェントビルにおいて、オフィス環境の向上が情報通信サービスの提供と並ぶもう一つの柱であることを先に述べた。インテリジェントビルにおけるビル管理システムでは、従来システムより更に次の機能の充実が望まれる。

(1) オフィス利用上のフレキシビリティの向上：テナントのオフィス利用に合わせた設備の個別運転・制御、セキュリティ管理が必要である。これには個別空調ユニットなど設備自体の個別化、分散化が前提となる。

(2) 信頼性向上：情報通信設備などのための空調設備、電源設備の独立性確保や冗長設計とともに監視・制御側の信頼性向上が必要となる。この点でも分散形ビル管理システムが有利である。

(3) 課金システムの確立：テナントごとのビル設備利用や受け取る情報通信サービスの多様化で、テナント別の利用に応じた課金管理が必要となる。

以上のような機能充実のために《MIBASS》では、分散形ビル管理システムで図9のように《MELSTAR》のデータ通信機能を利用してネットワークの有効活用や共用情報通信サービスとビル設備管理の一元化を図り、ビル運営の合理化を追求し得るシステムとした。分散形ビル管理システムの詳細は本紙(p.10)の別稿を参照願いたい。

インテリジェントビルでは、新たな情報通信サービスの導入とビル管理の充実からビル運営範囲は図10に示すように従来形ビルに比べて拡大する。特にテナントサービスの部分は従来にない機能で、時代とともに変化するテナントのサービス要求へ対応して行くことでビル事業の拡大に貢献できるものである。インテリジェントビルが提供する情報通信サービスは、テナントのオフィス業務に深いかかわり合いがあること

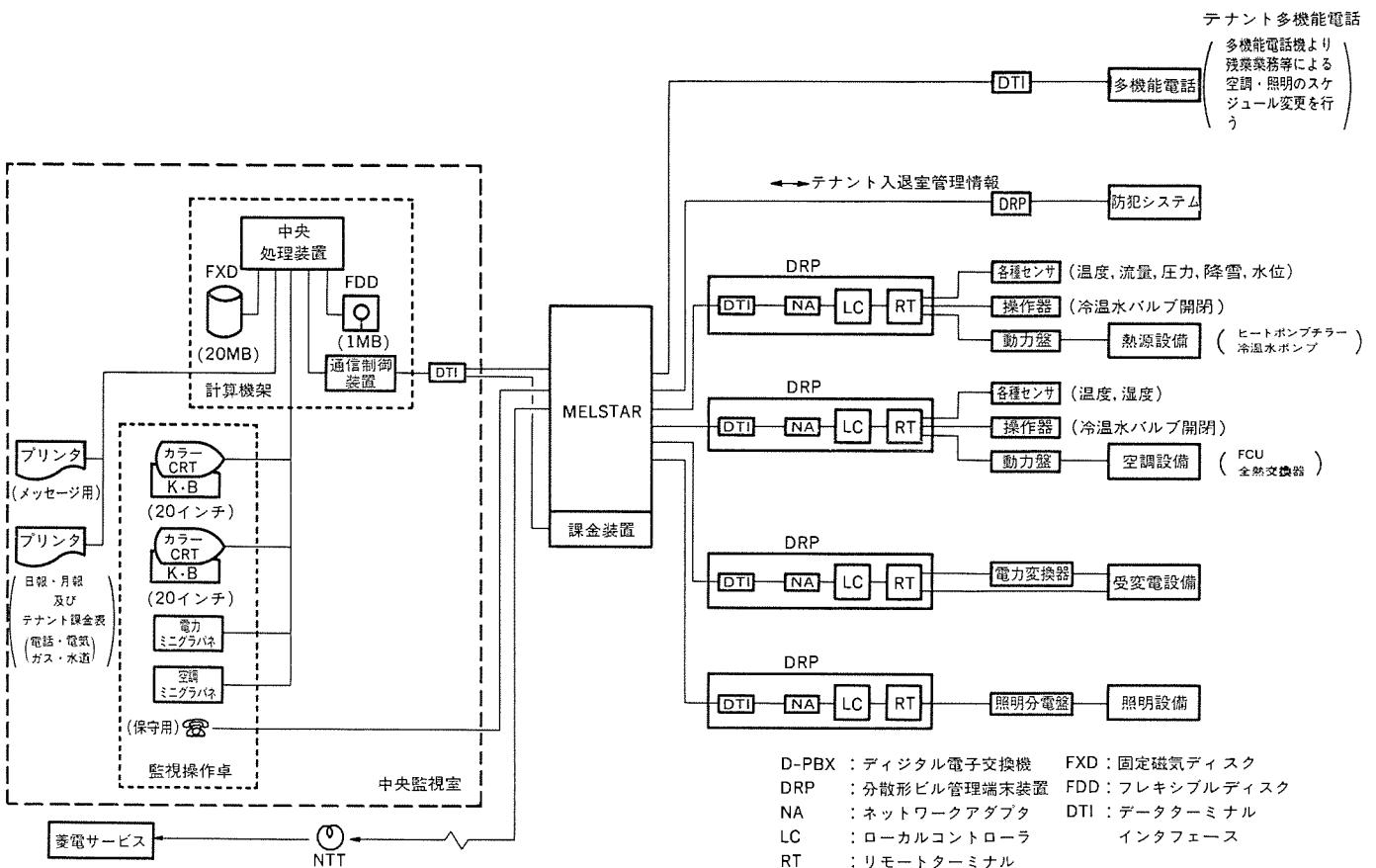


図 9. 《MIBASS》分散形ビル管理システムの構成

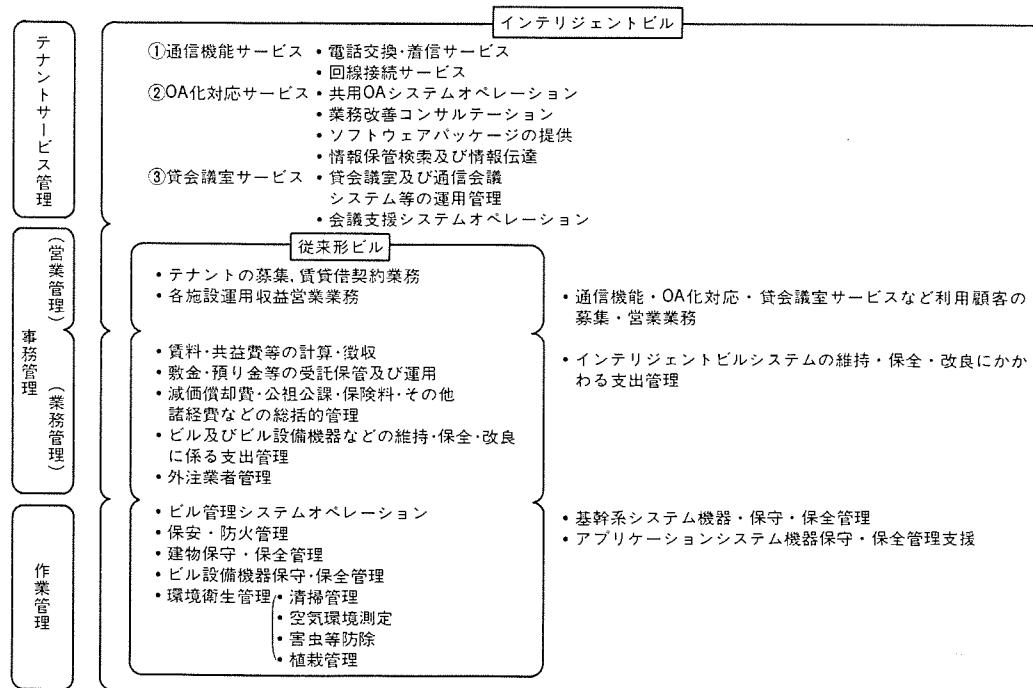


図 10. インテリジェントビルの運営管理の範囲

から、情報通信機器の保守・保全管理では故障回避と故障時の迅速な復旧が強く望まれることになる。高機能で複合的なシステムでは故障部位の発見も困難な作業で、システム全般にわたる総合的なメンテナンス技術の確立が不可欠となり、ビル所有者は従来の設備保守管理能力に加えて、情報通信機器分野の保守管理能力の向上を図ると同時に、外部の専門保守会社とも連携をとり重要機器の運転状況リモート

診断・監視や緊急時の迅速なサービスが受けられる体制整備を行うのが望ましい。

当社ではシステムの提供とともにこれらの管理業務の面でもビル所有者側に協力できるよう、ビル設備保守分野の子会社である菱電サービス(株)を起用し、《MIBASS》システム全般にわたる総合的なサービスを提供し得る体制を整えている。

6. むすび

高度情報社会に対応する新しいビルとして、インテリジェントビルの考え方があらゆる種類のビルに急速に普及するものと思われる。本稿ではテナントオフィスビルを中心にして《MIBASS》の概要を述べたが、《MI-

BASS》はビルの特質をとらえたシステム作りを行うことで、自社オフィスビルはもとよりショッピングビル、ホテル、病院などにも適用可能である。今後インテリジェントビルの普及に伴い、生じるであろう様々なニーズに《MIBASS》としては、情報・通信システムとビル設備システムの統合化並びにサービス支援充実の観点からこだえるべくシステム開発を推進する所存である。

1. まえがき

最近のインテリジェントビルでは、ビル管理システムに対する要求は、機能性、運用性、信頼性及び性能面の各方面において、ますます高度化、多様化している。これら様々な要求に答えるため、従来の集中処理形ビル管理システム《MELBASシリーズ》に加え、分散処理方式による新しいビル管理システム《MELBAS-D》を開発した。以下にその概要を紹介する。

2. ビル管理システムの動向

インテリジェントビルにおけるビル設備管理に対する要求と対応策をまとめると表1のようになろう。これらの対応策を実施するには集中処理形システムでは、中央CPU負荷の増大、ローカル操作機能の欠落、構成上の自由度の不足などから限界がある。今回の《MELBAS-D》の開発に際しては、これらの要求に柔軟な対応をして将来への発展性を備えたシステムを目標として開発を行った。

表1. インテリジェントビルにおけるビル管理システム

要	求	対	処	策
1. 施設利用者の業務に合わせた設備運用	・利用スケジュール（会議室など）に合わせた空調、照明 ・残業時の時間延長サービス（一般事務室）	→ 会議室などの利用スケジュールに合わせた設備管理 自由に利用スケジュールを変更できる設備管理		
2. 快適な環境の確保	・体感温度、作業内容に合わせた室内環境の確保	→ デジタル方式による空調、換気制御（DDC方式） → 快適度（温・湿度の組合せ）を指標とした空調制御作業内容、着衣、外気条件に合わせた環境条件設定 細かな区画割りでの設備運転管理		
3. 設備運転の無駄を省く（省エネルギー）		→ 設備利用スケジュールに合わせたきめ細かな設備管理		
4. 課金管理の公平化	・設備利用の利便性提供に伴い、受益者負担の原則に従った公平な課金が要求される。	→ 設備利用時間（サービス時間）を把握した公平な課金管理		
5. 信頼性の高い監視制御システム	・システム故障時の対策が容易であること。	→ 中央CPUが停止しても、あらかじめ設定されたスケジュールに従い自動運転が維持される（故障時対策が容易） メンテナンスマネジメント機能の充実		
6. 設備の維持、管理レベルの向上	・定期点検、予防保全の充実 ・設備の稼働履歴の正確な把握	→ 運転時間、動作回数の正確な積算 → 保守、点検支援機能充実 (例：防災点検作業の自動レポーティングなど) 部屋単位、ゾーン単位でのセキュリティ管理		
7. セキュリティ管理の充実	・情報セキュリティの高度化への要求	→ 出入口ドアのコントロール（アクセスコントロール） 侵入監視		

3. 基本システム構成

《MELBAS-D》は、図1に示すように、ビル全体の設備機器の中央監視制御を行うためのセンター設備であるメインコントローラ(MC)、設備機器の機側に設置されてローカルで監視制御を実行するローカルコントローラ(LC)、MC-LC間のデータ伝送中継を行うネットワークアダプタ(NA)を基本として構成されている。またLCには、入出力点数の拡張、遠隔信号の省配線接続のために、最大7台までのリモートターミナル(RT)を接続することができる。LCの単独での運転・調整用には、可搬形のメンテナントツール(MT)を用意しており、プラグイン接続して、プログラム、定義データのロード／セーブ、データ設定変更、機器の運転／停止などの操作を行える。

4. システムの特長

《MELBAS-D》は、分散処理形システムの特性である。

(a) 構成機器故障による監視・制御機能低下防止

(b) トータル処理能力の向上

(c) 拡張性、保守性の向上

を生かしながら、下記の点に留意して開発を行った。

(1) マンマシン応答速度の高速化

マンマシン応答速度は、非常時対応の迅速化、操作待ちによるオペレータのいらいら防止などの点から、高速化を図ることが重要である。《MELBAS-D》では、特殊な場合を除き、最長3秒を目標として、データ伝送速度、機器選択、プログラム構造、処理周期などの設計を行った。現実のシステムでは、通常の運用状況下で、1～2秒の応答速度を実現している。

(2) データの保全性

日報、運転時間、検針などの各種データ収集は、ビル管理システムの重要な機能であり、中央CPU、伝送系故障などでデータ消失を生ずると、その間のデータの人手による補完は、大変な作業となる。《MELBAS-D》では、上位系の故障の場合にも、LC側にデータバックアッピング機能を持たせて、一定時間内においては、正確なデータ収録を継続可能としている。

(3) ローカル制御機能の充実

中央CPUの介在なしに可能な制御は、できるだけローカル側で実行し、上位系故障時においても正常な機器の運転の継続、非常時への対応を可能とした。（スケジュール制御、力率制御、運動制御……）

(4) 端末処理装置規模の適正化

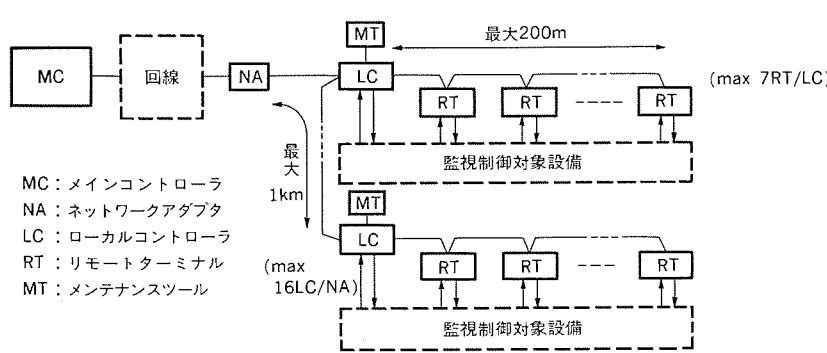


図1. 《MELBAS-D》基本システムの構成

端末処理装置の規模は、小さくするとプログラムの規格化が容易で、装置故障時の監視制御機能の低下防止という利点がある反面、監視制御項目相互の関連付け（インタロック、連動制御など）が、複数の装置間にまたがるため複雑化し、また装置の増加に伴う価格上昇という欠点が生ずる。逆に規模をあまり大きくすると反対の結果となる。《MELBAS-D》では、種々のケースについて検討を加え、この規模を30～50項目を基準に、ハードウェア／ソフトウェアの構築を図っている。

(5) 設備トータル管理システム

空調、換気、照明、熱源、受変電などの設備対応のトータルコントローラ化をねらいとしてソフトウェアの標準化を図り、その上に設備別特殊機能が構築できるようにしている。

(6) 自由度の高いシステム構成

中央CPUと端末処理装置間を各種回線インターフェースで結ぶように、伝送中継装置を設け、自由度の高いシステム構成を可能としている。

5. ハードウェア

《MELBAS-D》を構成する機器の概要を紹介する。

5.1 メインコントローラ

(1) 中央処理装置(CPU)

《MELCOM 70》ミニコンピュータシリーズから対象とするビルの規模に応じて適切なモデルを選択使用し、経済性の高いシステムの構築を可能としている。

(2) 周辺機器

周辺機器は、カラーCRTディスプレイ、プリンタ、グラフィックパネルなどで構成され、CPUとはシリアル回線インターフェースにより接続されるが、機器設置の遠隔化のほか、回線切換装置を介することによる、2台のCPUでの共用装置化(CPUの二重化の場合など)が容易であるなど、フレキシブルなシステムの構成ができる。また、マンマシンの中心装置となるカラーCRTディスプレイは、CRT側にプロセッサ、画面用メモリを内蔵したインテリジェント端末を採用し、CPUによる画面編集負荷及び通信データ量を削減して、表示の高速化を図っている。また、オフラインでの画面作成、修正機能を備えており、ユーザーによる画面変更が容易に行える。

図2.にシステム規模と標準的なMC機器構成を、また表2に構成機器、機器間通信方式を含む基本仕様を示す。

5.2 ネットワークアダプタ

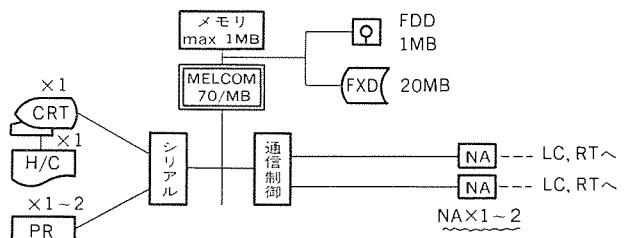
ネットワークアダプタは、MCとLC間のデータ伝送中継装置であり、図3.にその外観を示す。

(1) MC-NA間通信

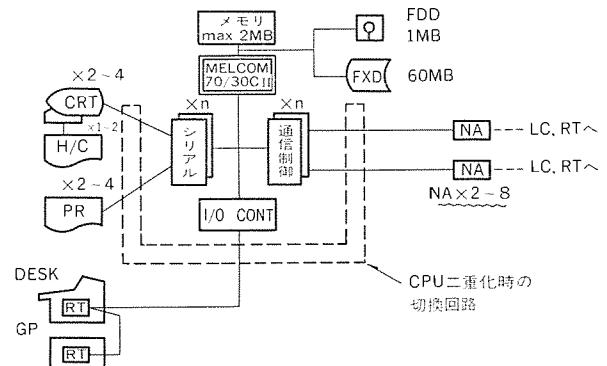
MC-NA間は、図4.に示す種々の接続形態を探ることができる。NAにこのような各種回線サポート機能を持たせることで、《MELBAS-D》では、単館ビル管理システムのみならず、群管理システムや、インテリジェントビルにおけるデジタルPBX、LANなどを経由した種々のデータ伝送形態にも対応することを可能としている。

(2) NA-LC間通信

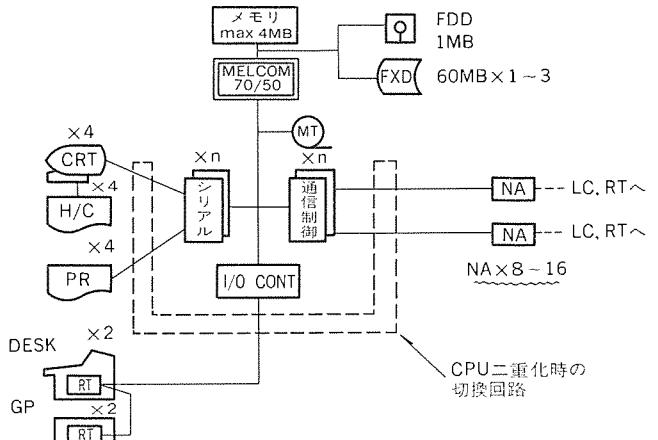
NAには同軸ケーブル(又は光ファイバ)を使用し、マルチドロップ方式で最大16台のLCを接続することができる。NA-LC間通信はポーリング方式により行っており、ポーリングの都度にLC間共通データの送受信を行うことで、LC間相互でのデータ交換を実施している。これにより、複数LC間において、外気温湿度センサの共用化、連動制御などを、MCによるデータ伝送中継処理なしに実施することがで



(a) 小規模システム(1,000項目以下)



(b) 中規模システム(800~4,000項目)



(c) 大規模システム(3,000~10,000項目)

図2. 規模別メインコントローラの構成

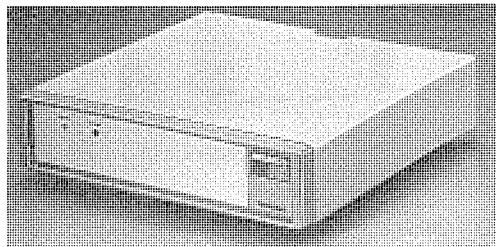


図3. ネットワークアダプタ(NA)

きる。

5.3 ローカルコントローラ

《MELBAS-D》を構成するプログラマブルな端末データ処理装置で、機器(群)単位(熱源、受変電、ポンプ群など)や、管理ゾーン単位(空調機、照明、防犯センサなどをまとめた形)ごとに設置して、ローカルにおける監視制御を実行する。LCのCPU部は、メモリ(ROM/RAM)、時計機構、対NA、RT及びMTの通信ポートなどから構成された1ボードプロセッサで、LCボックス内に実装している。更にLCボックスには、最大3モジュールの入出力モジュールを実装して、対象

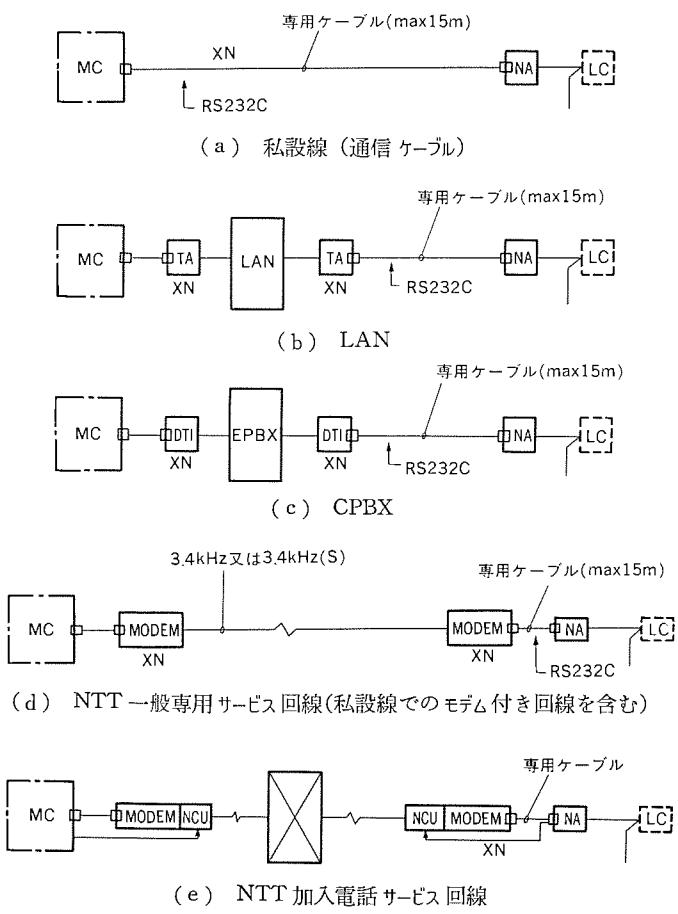


図 4. MC-NA 接続形態

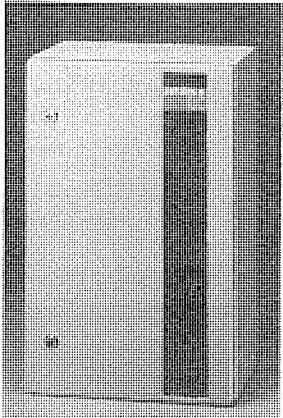


図 5. ローカルコントローラ (LC)

設備との監視制御信号の接続が行える。また入出力点数が不足の場合には、RT を別置設置して拡張することができる。RT とは、シリアル伝送で結合し、総延長 200 m の範囲で最大 7 台まで制御できる(図 5.)。

5.4 リモートターミナル

LC により制御されるプロセス入出力拡張装置で、ハードウェア的には、プロセッサモジュールを実装しないほかは、LC と共に化している。LC と RT 間は、分離設置が可能であり、設備機器のレイアウトに応じて LC, RT を適切に配置し、配線コストの削減を図ることができる。また、シリアル伝送制御には、専用 LSI を採用し装置のコンパクト化を図った。

5.5 入出力モジュール

表 2. 《MELBAS-D》の基本仕様

項目	諸元	
MC 小規模 中規模 大規模	MELCOM 70/MB MELCOM 70/30 C II MELCOM 70/50	(NA 接続台数: 最大 2 台) (NA 接続台数: 最大 8 台) (NA 接続台数: 最大 16 台)
MC～NA間 通信	適用回線 回線 I/F 伝送速度 伝送方式 誤り検定方式	—私設線 (通信ケーブル) —LAN (ローカルエリアネットワーク) —E-PBX (ディジタル交換機器) —NTT一般専用サービス回線 —NTT加入電話回線 RS 232 C 9,600 bps 以下 JIS-BASIC 水平、垂直parity検定
NA	C P メモリ 接続 LC 台数	U—8 ピットマイクロプロセッサ ROM・RAM 計 64 KB 最大 16 台
NA～LC間 通信	伝送ケーブル 伝送距離 接続形状 回線 I/F 伝送速度 伝送方式 誤り検定方式	—同軸ケーブル (5 C 2 V): 標準 —光ファイバケーブル (GI 形): オプション 最大 1 km 1=N (N≤16) マルチドロップ 専用インタフェース 約 100 Kbps HDLC CRC 検定
LC	C P メンテナンスツール I/F 接続 RT 台数	U—8 ピットマイクロプロセッサ ROM・RAM 計 64 KB (バッテリバックアップ付き) 標準装備 RS 232 C 入出力カード 3 枚まで実装可 最大 7 台
LC～RT間 通信	伝送ケーブル 伝送距離 接続形状 回線 I/F 伝送速度 伝送方式 誤り検定方式	—通信ケーブル (CPEVS 0.9φ 1P) 最大 200/m 1=N (N≤7) マルチドロップ 専用インタフェース 約 100 Kbps CDT 方式 隣接位相反転照合と parity 検定の併用
	P I / O	入出力カード 3 枚まで実装可

表 3. 入出力モジュールの種類

入出力種別 モジュール種別	アナログ入力	アナログ出力	デジタル入力	デジタル出力	パルス入力	抵抗出力
タイプ A	4	—	8	8	—	—
タイプ B	8	1	—	—	—	—
タイプ C	—	—	—	—	8	—
タイプ D	—	—	16	16	—	—
タイプ E	—	—	32	—	—	—
タイプ F	—	—	—	—	—	4

注 数字は入出力点数を示す

LC, RT に実装する設備信号接続用入出力モジュールで、一つの信号種別に対応した単機能入出力モジュールと、異種信号を組み合わせた多機能入出力モジュールを用意しており、これらの組合せで、LC, RT への実装効率の向上を図っている(表 3., 表 4.)。

5.6 メンテナンスツール

LC に接続して使用する可搬形構造の保守用ツールで、液晶表示器、操作キー、3.5 インチマイクロフロッピディスクなどから構成されている。MT は、次のような機能を備えている(図 6.)。

- (a) LC プログラム、定義データのロード／セーブ
- (b) プログラム／データの設定、変更
- (c) LC 動作状態の制御／表示
- (d) 機器発停操作

表 4. 入出力信号の仕様

アナログ 入力	入力信号	電圧／電流／抵抗入力
	入力レベル	電圧： $-5 \sim +5\text{V}$, $-1 \sim +1\text{V}$, $0 \sim 100\text{mV}$ 電流： $0 \sim 20\text{mA}$ 抵抗： $0 \sim 135\Omega$, 測温抵抗体 Pt 100Ω / Ni 5084Ω
	精度	電圧 $\pm 0.2\%$ 電流 $\pm 0.3\%$ 抵抗 $\pm 1.0\%$
	絶縁	無し
アナログ 出力	出力信号	電流出力
	出力レベル	$0 \sim 20\text{mA}$ 負荷抵抗 450Ω 以下
	精度	$\pm 0.3\%$
	絶縁	無し
デジタル入力	入力信号	オープンコレクタ又は無電圧 a 接点
	入力レベル	印加電圧 DC 24V , 流出電流 $10 \sim 15\text{mA}$
	絶縁	有り
デジタル出力	出力信号	無電圧 a 接点
	出力レベル	印加電圧 AC/DC 110V 以下, 駆動電流 150mA 以下
	絶縁	有り
パルス入力	入力信号	オープンコレクタ又は無電圧 a 接点
	入力レベル	印加電圧 DC 24V , 流出電流 $10 \sim 15\text{mA}$
	入力維持時間	50ms 以上
	積算けた数	バイナリ 12 ビット
抵抗出力	停電保証	有り
	絶縁	有り
	出力信号	抵抗出力
	出力レベル	$0 \sim 135\Omega$ / $0 \sim 10\text{k}\Omega$
	分解能	50 段階
	絶縁	有り

注 各入力ごとに信号変換モジュールを用意している。

6. ソフトウェア

『MELBAS-D』のソフトウェアは、MC パッケージ、LC パッケージ及びシステム生成パッケージから構成されている。

6.1 MC パッケージ

(1) 監視機能

オペレータの要求操作や、故障・警報発生などにより、機器の運転状況をカラー CRT 画面上に見やすい形で編集して表示する。表示は図形(電力、空調系統図、防災・防犯平面図)、グラフ(折線、棒、円)、



図 6. メンテナンスツール (MT)

一覧表などを用い、また文字は漢字、かなで視認性を高めている。

(2) 制御機能

中央から直接行う制御は、機器の手動による発停制御(個別／系統)、設定制御や複数の LC にまとまる連動制御及び安全確認を要する承認制御(停復電制御、火災連動制御…などである。このほかの制御は、LC 側で自動制御しており、中央からは LC での自動制御機能のオン／オフ、制御パラメータの遠隔設定などを行う。また制御対象機器には、自動／手動、保守中／非保守中の制御モードを個々に持たせており、中央からのモード変更操作により、LC での自動制御対象からの除外、組入れを機器個別に指定することができる。

(3) 記録機能

機器の動作、故障などのアラウンド記録や日報・月報などの帳票記録は、補助記憶装置(固定ディスク、フロッピーディスク)へのペーパーレス記録を基本とし、必要に応じてプリンタへの印字出力を行うことができる。また、補助記憶装置上の記録は、隨時に CRT 上に、表、グラフなどに編集して見ることができるとともに、欠測データが発生した場合に有効な、CRT からの設定／変更機能を備えている。

(4) LC プログラム、データの管理

すべての LC のプログラム、処理定義データは、MC の補助記憶装置に登録、管理しておき、LC からの初期データ転送要求により、MC から LC へダウンロードして、LC の立ち上げを行うことができる。また、スケジュール時刻・パターン、上下限データ、その他各種の運転パラメータは、MC から会話形式で設定変更されるが、その結果は LC 側

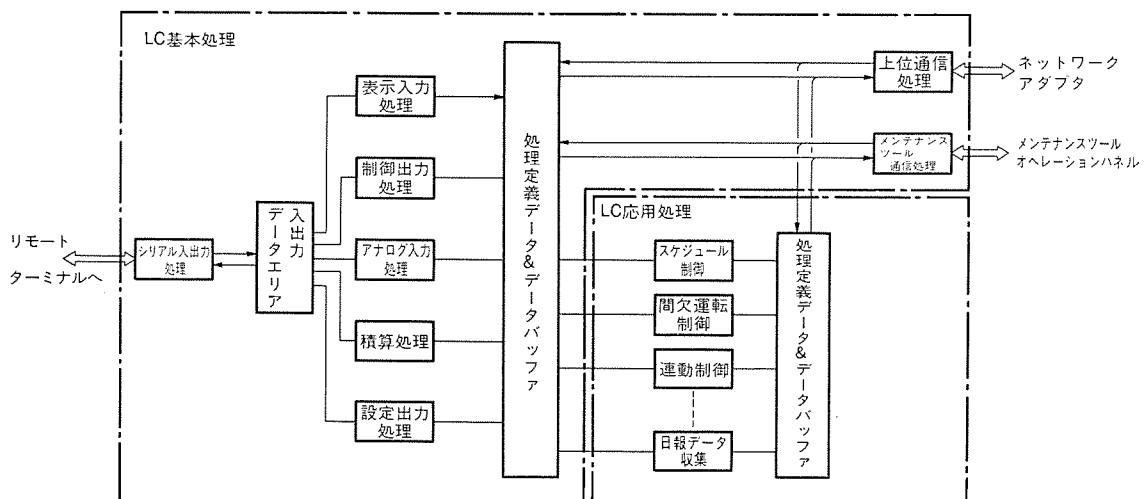


図 7. ローカルコントローラープログラムの構成

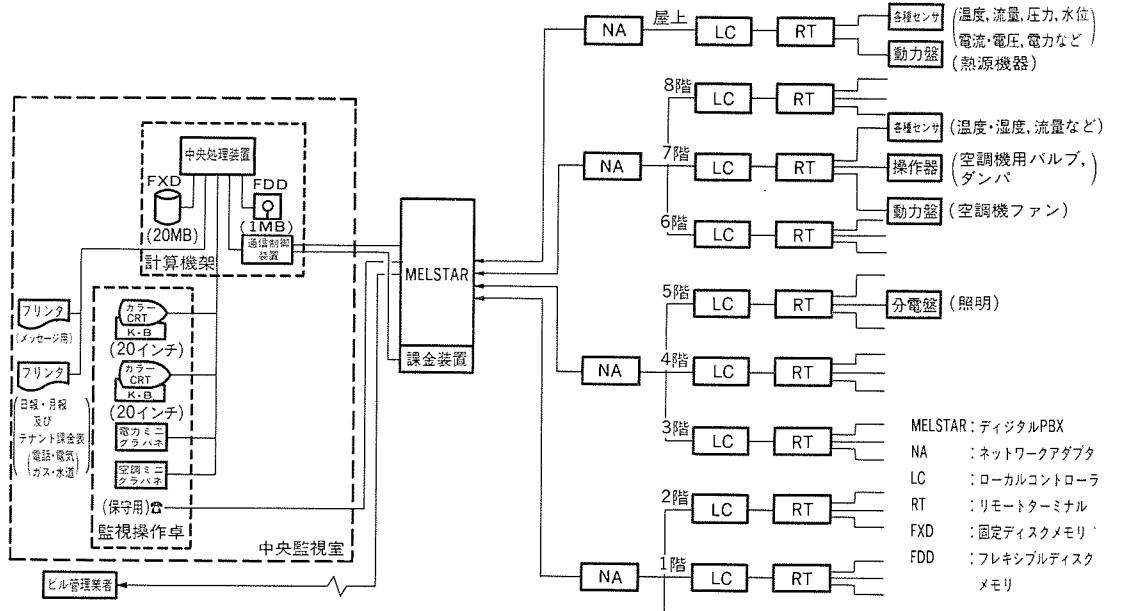


図 8. システム構成例

に送信されるとともに、MC 側でも保持しており、LC 故障の場合も回復時に再送信される。

6.2 LC パッケージ

LC パッケージの構成を図 7. に示す。

(1) 基本処理 ブロック

すべての LC の ROM メモリにファームウェア化して登録されている基本的な処理プログラムである。これらのデータは、LC 立ち上げ時に MC 又は MT からロードされる定義データに従って処理を行う。

(2) 応用処理 ブロック

LC ごとに対象とする設備機器に応じて登録される処理プログラムで、一般には LC 立ち上げ時に MC 又は MT からローディングされる。

6.3 システム生成パッケージ

システム生成パッケージは、可搬性、普及性からパソコン《MULTI 16》上に構築している。システム生成パッケージは次のような機能を備えている。

- 監視制御項目のデータベース作成
- LC, RT への監視制御項目割付け
- LC, RT 製作手配表作成
- 入出力端子リスト作成
- MC 処理定義データ作成
- LC 処理定義データ作成
- LC 応用処理プログラムのロードイメージ生成

7. システム構成例

この《MELBAS-D》を地下1階、地上8Fのインテリジェントビルに適用した例を図 8. に示す。状態・故障信号、計測・計量信号、起動停止制御信号、空調機用冷温水バルブ制御など合計約1,000点である。中央監視室は地下1階にあり、ここにMC、監視操作卓などが設置される。地下1階から8階までの各階の機械室内には、1台のLC

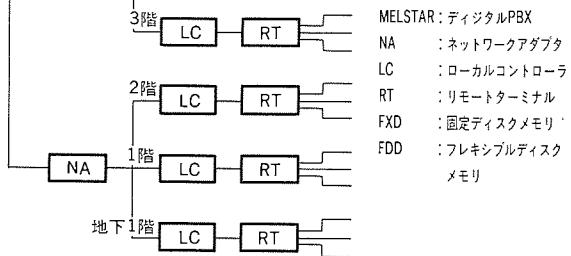


表 5. システム機能例

中央監視室機能	ローカルコントローラ(LC)機能	
	監視機能	制御機能
<ul style="list-style-type: none"> CRT ディスプレイ自動表示 (状態変化、故障警報など) CRT ディスプレイ、リクエスト表示 プリンタへの記録 (アラーム、ロギング) スケジュール管理 時刻校正 保守データ管理 最適制御、省エネルギーのための諸演算 データファイル管理 系全体の運転管理、診断、故障管理 パラメータ類の集中管理、設定、変更 テナント課金計算 防犯管理 	<ul style="list-style-type: none"> 状態監視 故障監視 監視・計量 リミットチェック 消費量積算 運転時間積算 	<ul style="list-style-type: none"> スケジュール起動・停止 ローカル運動 機器台数制御 空調機のPID制御 最適起動停止 節電運転 効率改善 照明制御
	その他の機能	
	<ul style="list-style-type: none"> 中央・ローカル間の伝送制御 データの一時記憶 時刻管理 保守用端末装置接続 	

と2台のRTを、また、屋上の機械室には多数の信号があるため、2台のLCと8台のRTをそれぞれ配置した。更にLCとMCは、デジタルPBXを介して接続され、監視制御信号の伝送を行っている。システム機能を中央側、ローカル側に分けて整理した結果が表5.である。このシステムの特徴はビル管理システムの信号伝送にデジタルPBXを使用していること、空調機の自動制御機能をLCにもたらしていること、テナント退出後はその部屋への照明・空調を強制的に切ることによる省エネルギー制御機能の採用などである。

7. むすび

以上、このたび開発をした分散処理形ビル管理システムの概要を紹介したが、インテリジェントビルにおける要求は、ますます高度化、多様化しており、ソフトウェア/ハードウェアの両面から継続的な検討を進める必要がある。特に今後の課題として、機能面からは、ビルの管理、運用、課金などのビルマネジメント機能、セキュリティ機能の充実、ハード面からは、センサ、機器ベース・データ伝送、電力線搬送、無線伝送などを組み合わせ、オフィスレイアウト変更に柔軟に対応可能な伝送方式の開発、インテリジェントなセキュリティ端末のレポート化などがある。

1. まえがき

近年、我が国のオフィスビル環境は、急速な情報化社会への対応のため変革期を迎える。一方では作業者の高齢化への対応が情報化と重複した形で課題となってきている。オフィスビルの照明もこれに伴って変革期を迎えており、これまでの一般的な要件に加えて考慮しなければならない顕著な課題が現れてきている。

これら課題への対応について述べ、今後のオフィスビル照明の在り方を実例を交えて紹介する。

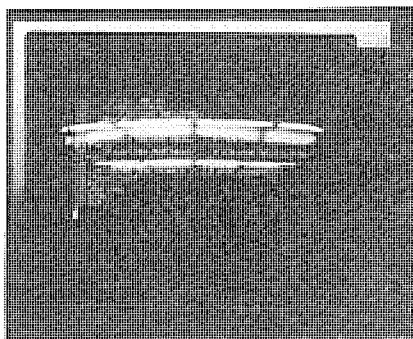
2. VDT作業と照明

オフィスの情報化社会への対応の端的な象徴として、一般事務室へのCRT(Cathode Ray Tube)利用機器の設置が多くなりつつあり、これに伴って照明方式についても従来と考え方を異にする必要が生じてきている。

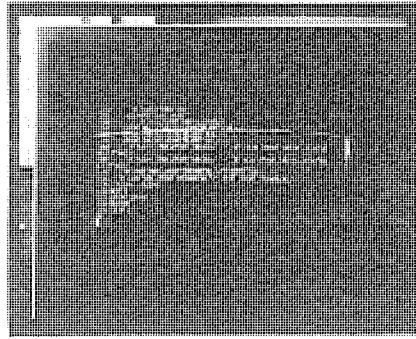
書類を見たり図面を書くなどの一般的な視作業では、グレア(まぶしさ)などの照明の質が考慮されたものであれば明るいほど見やすくなり作業効率も高くなる。しかし、CRTを利用した作業(VDT: Visual Display Terminal作業とも呼ばれる)では、キーボードや原稿面への照明は一般的な視作業と同様であるが、CRT面の照度が高くなると表示された文字や図形の輝度対比が低下し見え方が悪くなる。このようにVDT作業では明るくしたい場所と、明るさを不必要とする場所が隣り合わせに存在し、かつ視作業の中心となるCRT表示面がなめらかにこれへのランプや照明器具の光っている部分、窓、などの映り込みが誤作業や能率低下、更には疲労による様々な障害を引き起こす場合があるので照明計画には十分な検討が必要となる。

労働省では、VDT作業に対する労働衛生の注意事項を指針として発表している。この中で照明については、高い輝度のランプや照明器具などがVDT表示面に映り込まない対策をとることや、表示面の鉛直面照度は500lx以下、また書類やキーボード面などの水平面照度を300~700lxにすることを推奨している。

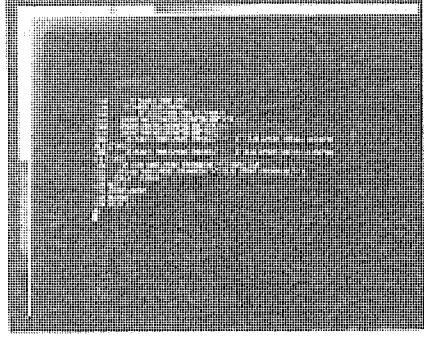
一方、照明学会では、技術指針「新時代における照明の調査研究」



(a) 下面開放形照明器具の場合



(b) 遮光角37°タイプ照明器具の場合



(c) 遮光角45°タイプ照明器具の場合

図 2. CRTへの照明器具の映り込みの様子

と題してVDT照明の考え方を述べており、その中で照明器具の直下方向に対して60°横方向からその照明器具を見上げたときの輝度を次のように推奨している。

OA専用室……CRT面反射防止処理なしの場合: 30 cd/m²以下

” 有りの場合: 300 cd/m²以下

一般事務室…… ” 無しの場合: 200 cd/m²以下

” 有りの場合: 2,000 cd/m²以下

この種の目的に使用する照明器具をOA(Office Automation)にちなんでOA用照明器具と呼んでいるが、OA用照明器具のCRTへの映り込みを検討する場合重要なのが、遮光角(ランプが目に入らない限界線と水平線とのなす角)と遮光角内の輝度である。遮光角の設定にあたっては、CRT面の傾きや曲率及び作業者の目との位置関係を明確にしておかなければならない。前述した労働省の指針の中には以下のようない推奨がされている(図1)。

(1) CRTディスプレイは、その画面の上端が作業者の目の高さより下方になるような高さとすること(目安: 10°以下)。

(2) また、視距離が適正に保たれるよう配置すること(目安: 40~60cm)。

大きさが14形の標準的なCRTに対して目の高さがその上端から10°上方にある場合は、照明器具の遮光角を30°として差し支えない。先に述べた照明学会の技術指針においても、これに基づき照明器具の遮光角を30°とするようにしておらず、他社はほぼこれに従っている。

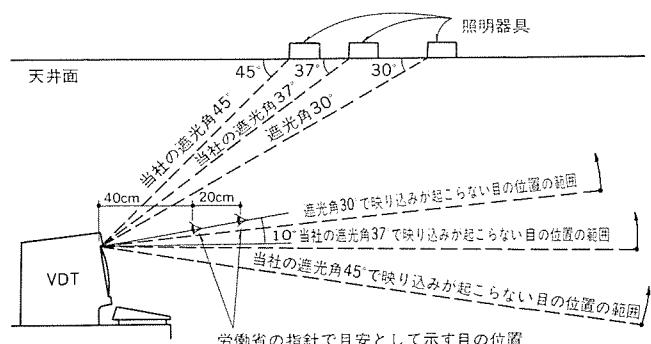


図 1. 照明器具の遮光角と映り込みの関係



図3. 遮光角37°タイプの照明器具(FB 41502形)の施設例

しかし、実際には目の高さを特定されずCRTの上端と目の高さがほとんど同じになることもあります。この場合には遮光角は35°必要となる。更に、14形よりも大きいCRTが設置される場合もあり、そのときに前記の10°を守るために、いすや机の高さを自由に変えることは一般にはむずかしいことを考え合わせると、遮光角は大きいほど良いことになる。しかし、遮光角を不用意に大きくすると、その照明器具の効率が低下する傾向にある。なお、CIE(国際照明委員会)では、遮光角は35~45°が望ましいとしている。これらのことから、当社が開発したOA用照明器具については、その遮光角を37°のタイプ(FB 41502形)と45°のタイプ(FB 41482形)の2本立てとしている。

照明器具の輝度について、前記照明学会の指針における推奨値は実験に基づく値である。当社OA用照明器具では、直下方向に対して60°横方向から見上げたときの輝度は遮光角37°のもので70 cd/m²以下、遮光角45°のもので50 cd/m²以下となっている。

(1) 遮光角37°タイプ(FB 41502形)……蛍光灯40W 2灯用天井埋込形(図3.)

ルーバ:アルミ鏡面パラボリック大形ルーバ

格子150 mm × 150 mm × 高さ100 mm

照明器具の効率:約50%

適する使用場所:VDT作業が混在する一般事務室

(2) 遮光角45°タイプ(FB 41482形)……蛍光灯40W 2灯用天井埋込形

ルーバ:プラスチック製パラボリック鏡面小形ルーバ

格子14.5 mm × 14.5 mm × 高さ11.5 mm

照明器具の効率:約40%

適する使用場所:VDT作業専用事務室

3. テレビ会議室の照明

業務の効率化を目的として近年注目されているテレビ会議システムは、OA化の一環として取り上げられる。現在ではまだ実用試験段階といった感が強いが、これによるメリットは極めて大きいことはだれしも容易に推測できるところであり今後が期待されている。

テレビ会議室において特徴づけられる点は、カメラやプロジェクタといった媒体を通じて、相手の視覚に情報が伝達されることであり、照明はこのことを考慮して検討されなくてはならない。しかし、スタジオのような形態の照明では、会議室としての本来の目的からはずることになり、ここに従来になかった照明方式の必要性が生じてくる。なお、これは照明のみに限るわけではなく、机や他のじゅう

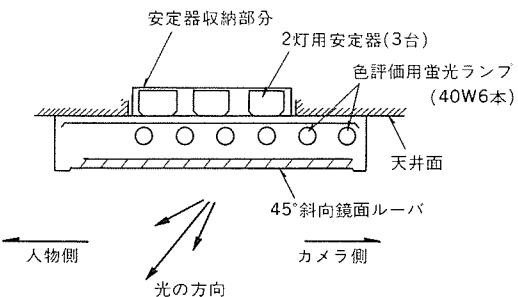


図4. テレビ会議室用照明器具

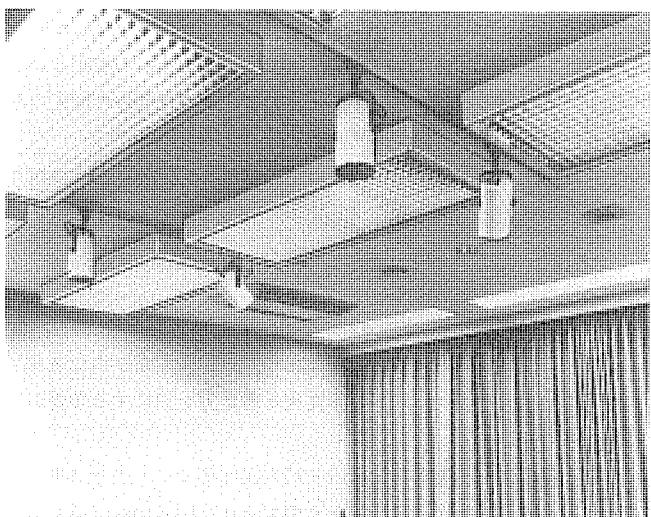


図5. テレビ会議室用照明器具の施設例

(付)器の配置、壁も含めたこれらの配色などその部屋に在存するすべてのものに、これまでとは違った十分な考慮がなされなくてはならないことは言うまでもない。

テレビ会議室照明の要件として、次のような点があげられる。

- (1) カメラの感度に対応した被照明体の鉛直面照度の確保。
- (2) カメラの視野内にランプなどの高輝度の発光物が無い。
- (3) カメラの色に対する特性を考慮したランプの使用。
- (4) フリッカ(ちらつき)の無い光で照明する。
- (5) プロジェクタに映り込まない照明器具の使用及び配置。
- (6) 在席者にグレアをあたえない。
- (7) 被照明体の輝度と背影の輝度が適度にバランスしていること。

図4. はこれらの要件を考慮して考案された蛍光灯照明器具である。以下にその特長を述べる。

- (1) 45°斜向ルーバにより被照明体の鉛直面照度を確保するとともに、カメラ及びプロジェクタ方向への光をカットする。
- (2) 45°斜向ルーバに合わせたランプの最適配置による高効率仕様。
- (3) 自然光に最も近い演色性をもつ(Ra 99)色評価用蛍光ランプの使用。色温度は5,000 Kで最適である。
- (4) ランプ2本を1組とした三相点灯方式によって、照明器具全体でフリッカの極めて少ない光を出す。
- (5) 安定器収納部天井埋込形としているため、外観が薄形となっている。安定器収納部の大きさを一般的な蛍光灯40W 2灯・3灯用埋込形照明器具の埋込穴に入る寸法としているから、一般形照明器具が既設の部屋のテレビ会議室への改修にも対応しやすくなっている(図5.)。

先にも述べたように、テレビ会議室システムは発展段階であり、照

明についてもカメラその他の機器と一体となって改善されてゆくべきものであろう。

4. 高齢化と照明

出生率及び死亡率の急速な低下がもたらした我が国の人構成人口の他国に例をみない急速な高齢化は、オフィスビルの中にも定年年齢の引上げや、若年者の相対的な減少による作業者年齢の高齢化の形で確実に反映してきた。今や多くのオフィスで作業者の平均年齢が40歳を越える時代であるが、30歳以後の加齢は着実に肉体的機能の低下を伴い、特に視力に顕著に現れてくる。一方、視力は環境が高照度であるほど良くなる傾向があり、高齢者の方がその傾向が強いことが確かめられているから、環境照度を高くすることが作業者の高齢化に対して有効である。その値は20歳の作業者に対し40歳で1.4倍、60歳では2倍の照度が必要と言われている。

更に、人が不快を感じるまぶしさの強さは、年齢に逆比例して低下し、高齢になるほどまぶしさに感じやすくなることが明らかになっている。このことから、視力低下を補うため環境を明るくするだけでなく、まぶしさも少ない質の良い照明環境を作ることが重要である。

我が国のオフィスビルの照明については、これまで欧米に比べ明るさ及び照明の質の両面において、立ち遅れが指摘され続けてきたが、構成人口の高齢化がまもなく欧米並みに進もうとしている今日、高齢化の観点からもこれらを反省する時期であろう。明るさについては、既に1979年改正されたJIS Z 9110「照度基準」でもその解説の中で「今後の研究、調査に期待するものであるが当面のところ、いろいろな調査資料は大体青年を対象としていると考えられるので、この照度基準によって照度を決定する場合、高齢者に対しては2倍又は数倍照度を高くすることが望ましい」と述べており、まぶしさの規制については年齢とは関係のない形ではあるが、「事務所照明基準（照明学会、技術指針 JIEG-004（1983）」で室の用途別にまぶしさの規制の程度を定め、まぶしさの少ない照明環境を目指す動きを促している。

以上のように、高齢化に関連した課題はこれまでの一般的な照明要件の再認識であって、オフィスビル用照明器具としては今後はランプ露出形のものの使用は止めて、欧米並みにまぶしさ低減のための下面カバー や下面ルーバ付きのものを用いる方向となるであろう。

5. ビルのインテリジェント化と照明制御システム

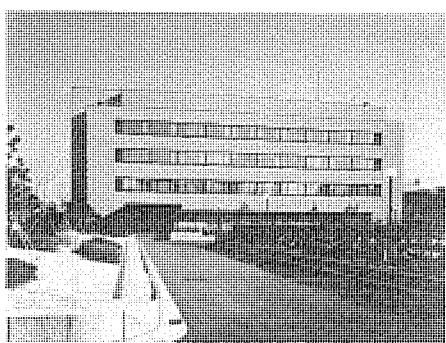
ビルのインテリジェント化とは、ビルへの付加価値付けであり、当然のことながら、初期投資が増加する。このため、ビルオーナーは、投資費用の回収を高くする必要があり、ビルのランニングコストの低減、特に省電力への関心は高くなる。一方、インテリジェントビルへ入居するテナントにとっては、テナント料が通常のビルよりも高いので、最大限のサービスを要求し、インテリジェントビルの特徴であるどこででも簡単に情報を採り出すことができるというメリットを生かすために、ビル内の間仕切り変更の自由度に対する要望が高くなる。

このような、ビルオーナー、あるいはテナントの要望に応じるために照明制御システムが必要となる。具体的には、省電力のためには、昼光利用制御機能、タイムスケジュール制御機能、また間仕切り変更に関しては、照明器具を任意にグループ化して制御するパターン制御機能、各所に設けられ、制御回路が設定可能な遠隔操作スイッチ（壁スイッチ）による壁スイッチ制御機能を提供することにより対応できる。これらの機能をもつ照明制御システムとして、《MELSAVE 96》、《MELSAVE 192》がある。ここでは、インテリジェントビルの実施例により、これらの照明制御システムを用いた効果を説明する。

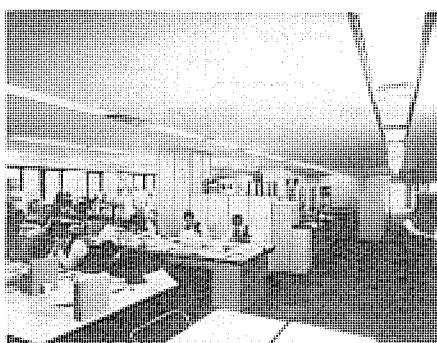
三鷹高度情報センターは、第1期工事終了時点で、4階建て研究開発棟5,327m²（図6.），3階建て研修センター棟1,520m²の2棟の建設を完了している。照明制御システムは、この研究開発棟で使用され

表1. 照明制御システム構成及び機器一覧（三鷹高度情報センター）

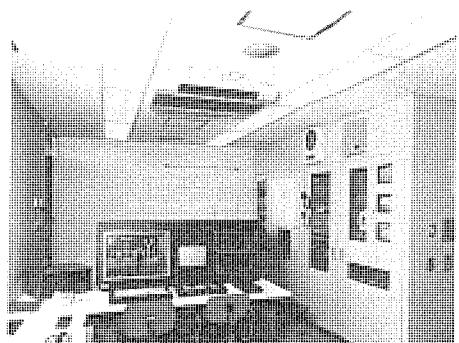
名 称	定 格	台 数
主 操 作 盤	入力電圧 AC 100V 50Hz/60Hz 制御回路数 最大96回路（端末器24台）	1
	入力電圧 AC 100V 50Hz/60Hz 制御回路数 最大192回路（端末器48台）	1
端 末 器	入力電圧 AC 100V 50Hz/60Hz 出 力 AC 100V 2.5A 4回路 点滅用	1
	入力電圧 AC 200V 50Hz/60Hz AC 200V 15A 4回路 点滅用	40
壁スイッチ	入力電圧 AC 100V 50Hz/60Hz AC 100V 2.5A 4回路 点滅用	10
	入力電圧 AC 200V 50Hz/60Hz AC 200V 15A 4回路 点滅用	12
照 明 器 具	2系統用（手動／自動切換スイッチ付き）	20
	蛍光灯 FLR 40W×2灯用 埋込み形	542
	蛍光灯 FL 20W×2灯用 埋込み形	1
	蛍光灯 FL 20W×1灯用 反射笠なし直付け形	6
	蛍光灯 FL 20W×1灯用 プラケット（防水形）	3
	白熱灯 60W ダウンライト	4
	白熱灯 100W ダウンライト	86
	白熱灯 100W（ミニハロゲン）ダウンライト	2
	HID 250W 蛍光水銀ランプ 投光器	8
	HID 150W 高圧水銀ランプ ダウンライト	8



(a) 研究開発棟



(b) 4階事務所



(c) 1階管理室

図6. 三鷹高度情報センター

表 2. 照明制御システム《MELSAVE 96》、《MELSAVE 192》の機器仕様

機器名称	仕様、機能	内 容
主操作盤	伝送方式	サイクリック時分割多重伝送
	伝送距離	250 m
	信号線	専用2心シールド線
	信号方式	ベースバンド
	操作方式	キーボード操作(対話方式)
	表示	液晶表示装置(LCD)
	停電補償	200時間(時計、メモリ)
	タイムスケジュール制御	制御回路数 96[192](調光時48[96]、端末器24[48]台) 制御パターン数 32[40]+非常パターン2 プログラム数 4+1(継続) スケジュール周期 週間 段調光制御 全光、調光、消灯
	マニュアル制御	パターン制御 個別制御
	副操作盤	マニュアル制御 パターン制御 個別制御
出力表示盤	表示	発光ダイオード(LED)、点滅制御状態又は調光制御状態
	表示回路数	96回路以下[192回路以下]
昼光センサ	昼光制御	輝度設定レベル 2段(低輝度、高輝度) 接続台数 4[8] 制御回路数 96[192]
壁スイッチ	壁スイッチ制御	系統数 2(手動/自動切換スイッチ付き) 制御回路数 16/1系統 プログラム設定 主操作盤にて設定
端末器	点滅制御	制御回路数 4/台 制御容量 2.5 A又は15 A(100 V又は200 V)
	段調光制御	制御回路数 2/台 制御容量 15 A(100 V又は200 V)

注 [] 内は MELSAVE 192 の仕様

ている。この棟の照明器具、照明制御システムの構成を表 1. に、更に照明制御システム《MELSAVE 96》、《MELSAVE 192》の概略仕様を表 2. に示す。これらの照明制御システムは、主操作盤(図 7.)で、前もってプログラムを設定し、このプログラムによる制御信号を2心の信号線に乗せて、端末器に伝送し、端末器に接続された照明器具を点滅・調光制御するものである。

機能として、照明器具を個別に、あるいはグループ分けして一括に、遠隔的に集中制御するマニュアル制御、外光の状態を検出し、外光に応じて窓際の照明器具を点滅・調光制御する昼光利用制御、主操作盤で設定された制御対象の照明器具を、壁スイッチにより遠隔的に制御することのできる壁スイッチ制御などがある。この実例では、制御対象照明器具 660 台を 2~3 台ごとの回路にまとめ、1 階、2 階を《MELSAVE 96》、3 階、4 階を《MELSAVE 192》で制御している。照明器具、壁スイッチの配置の例として、研究開発棟 3 階のも

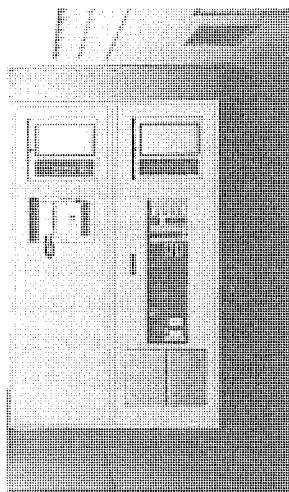


図 7. 照明制御システム主操作盤の施設例
(三鷹高度情報センター)

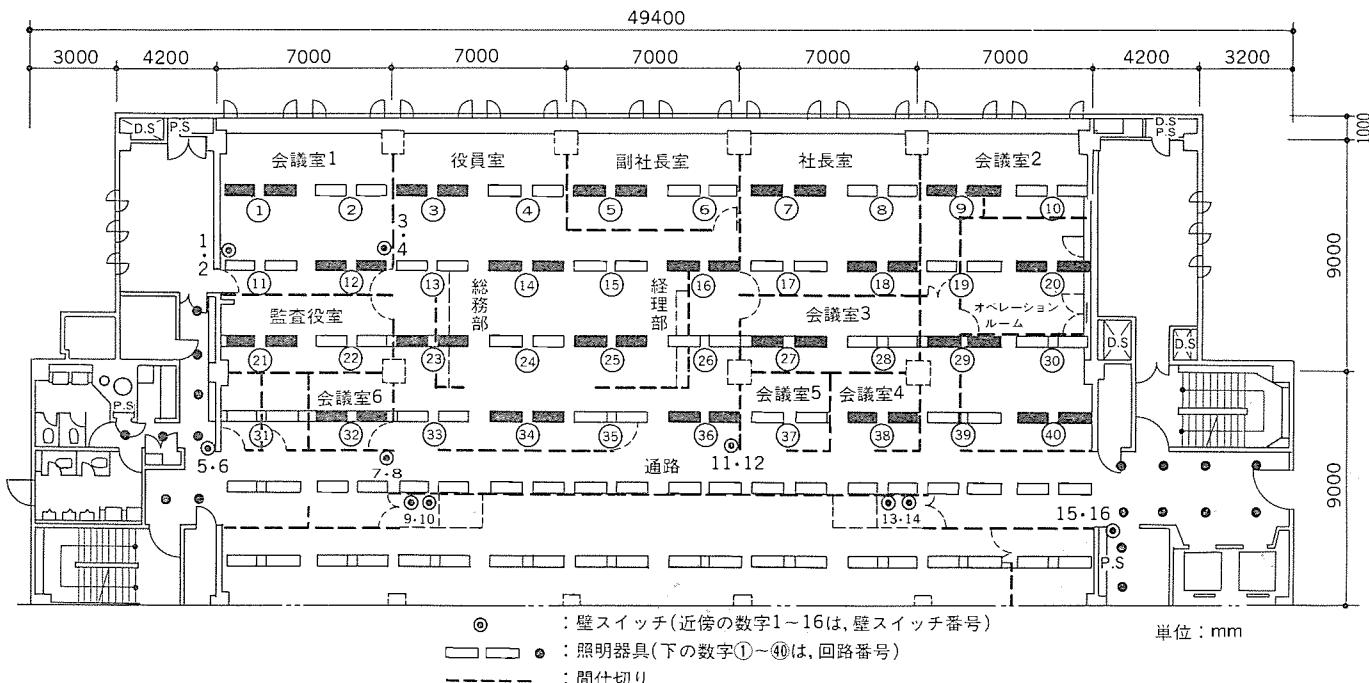


図 8. 照明器具、壁スイッチの配置図(三鷹高度情報センター 研究開発棟 3 階)

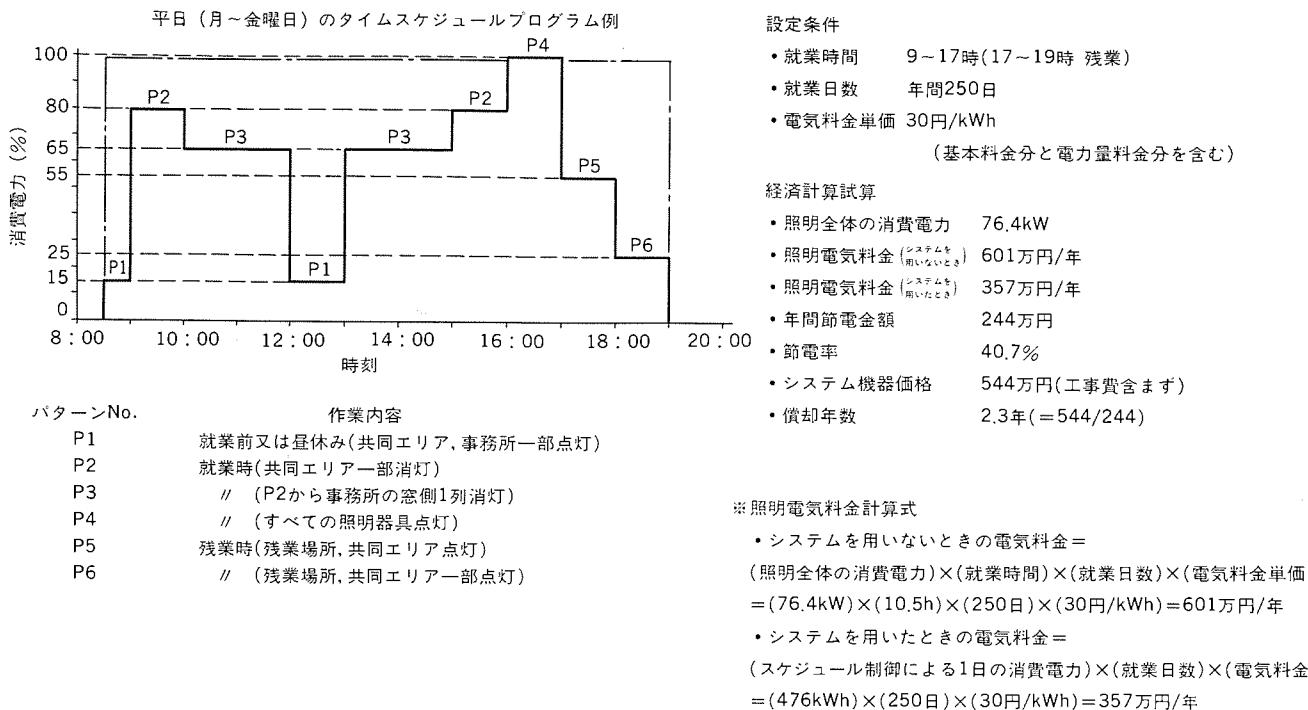


図 9. タイムスケジュール制御と経済計算

のを図 8. にあげる。

ここでは、長手方向 2 台ずつの照明器具（図中、○番号で示す）を 1 回路としてまとめている。

5.1 間仕切り変更への対応

現在、この階は、かなり複雑な間仕切りがされている（図の破線で示される仕切りが間仕切りの線である）。主操作盤で、照明器具を部屋の間仕切りに対応したグループ分けをして、パターン制御あるいは壁スイッチ制御を行っている。間仕切り変更対応の説明のために、図 8. 左上の会議室 1 の間仕切り変更の例をあげる。

現在の間仕切りに対しては、壁スイッチ 1 の制御対象として回路①を、壁スイッチ 2 の制御対象として回路⑪、回路⑫を、壁スイッチ 3 の制御対象として回路⑫を、壁スイッチ 4 の制御対象として回路①、回路②を設定する。このように、壁スイッチに回路を設定することにより、昼光が利用できるようなときには、壁スイッチ 4 により窓側の照明器具を消灯し、暗くなったときには、壁スイッチ 4 により点灯するというように、従来から用いられていた壁スイッチと同様な操作で照明器具を制御することができる。

さて、間仕切りが変り、この会議室を中央で 2 分割し、照明回路①と②、照明回路⑪と⑫の間で仕切って使用する場合には、壁スイッチ 1 に制御対象として回路①、回路⑪を、壁スイッチ 2 に制御対象として回路①を、壁スイッチ 3 に制御対象として回路②、回路⑫を、壁スイッチ 4 に制御対象として回路②を割りあてれば、会議室 1 の分割した左右各会議室の照明器具は、壁スイッチ 1, 2, 3, 4 を用い任意に点滅することができる。

ここでは、簡単な例をあげたが、間仕切り全体に対しても同様の操作により設定が可能である。更に、壁スイッチ制御だけでなく主操作盤において、全照明器具の制御パターンを間仕切りに合わせて設定することにより、タイムスケジュール運転においても、間仕切り変更に対し容易に対応することができる。

5.2 ランニングコスト低減への対応

ランニングコストの低減に対しては、ビルの管理室内に主操作盤を設置し、ここで照明器具の点灯状態を集中管理するとともに、前もって照明制御のパターンを設定し、タイムスケジュール制御を行うことにより省電力を実行している。例えば、このビルでは図 9. に示すようなスケジュールで照明制御を行うと、制御しない場合に比べて、総電力量で約 40% の節電をすることができる。タイムスケジュール制御による省電力は、昼休みの消灯及び共同エリア（玄関ホール、エレベーターホールなどの総電力量に占めるウエートが高く、このビルの場合は、40%程度）の間引き点灯、消灯により大きな効果が得られる。

なお、この試算による経済計算では、照明制御システムの償却年数は約 2.3 年と算出される。一方、事務室内においては、タイムスケジュールによる間引き点灯が、職務の都合あるいは心理的に受け入れ難いなどの要因により、省電力効果があまり得られない場合もある。この場合には、壁スイッチによる制御と、昼光利用制御を合わせて用いることにより、省電力効果を得ることができる。

今後、ビルのインテリジェント化とともに、ビル管理システムの導入がますます活発化して行き、照明制御システムは、ビル管理システムのサブシステムとしての位置づけが強くなるであろう。この場合には、照明制御システムは、上位の制御装置にリンクする必要が生じてくる。更には、空調のサブシステム、避難誘導のサブシステムなど他のサブシステムと連動することにより、より安全快適で省電力効果のある制御ができる照明制御システムの開発が、今後の検討課題となる。

6. むすび

オフィスビルの照明環境と照明制御システム・石井・牧原・小泉・久代

アーク森ビル向け高速新世代エレベーター

館野 健三*・植谷 健一*・棚橋 徹*・辻 伸太郎*・平林 輝美*

1. まえがき

高度情報化時代を迎え、建築設備に対し高機能化・多様化のニーズが高まり、それにこたえるべくビルは変容しつつある。特に各種情報処理システムやセキュリティシステムなどを通信システムによって有機的に結合し、オフィスを効率的に運用する「インテリジェントビル」が脚光を浴びている。

上述のビルにおいては、エレベーターは快適性・安全性・経済性の面で、それぞれのビルにふさわしい一層の機能向上が要求される。快適性の面では現代のオフィスにふさわしいスムーズな動きや運行能率の向上が、安全性の面ではフェイルセーフはもちろんのこと、フェイルソフトを十分考慮した方式が、また経済性の面では電力消費の低減や電源設備の小形化が重要である。更にビル管理の効率化のため、効果的なエレベーター・エスカレーター情報を防災センターなど、ビル集中管理室に提供することが要求される。

これらの要求を満足させるべく、最新のエレクトロニクス技術を駆使した「新世代エレベーター」を開発した。以下、昭和61年4月竣工の最新のインテリジェントビルであるアーケードビルに納入した昇降機システムについて、その概要を紹介する。

2. アーク森ビル向け昇降機設備

都市の再開発が進むなか、東京赤坂六本木で国内最大クラスの再開発が行われ、アーケードビルが誕生した。このアーケードビルは、事務所、ホテル、住宅、文化都市としてのコミュニティ施設を集合し、国際的な政治、経済、文化の中核である同地にふさわしい環境を備えている。

このアーケードビルの中心となるアーケードビルは、図1に示すとおり、地上37階、地下4階、延床面積約18万m²の超高層ビルで、エレベーター40台、エスカレーター7台が設置されている。エレベーター配置を図2に、エレベーターの仕様を表1に示す。

当社は、第1、第4及び第7バンクに合計12台の世界に先駆けて開発したVVVF(可変電圧可変周波数)制御方式エレベーターと、昇降機関連の総合監視システムを納入した。このVVVF制御方式は電力消費が少なく、電源設備容量を大幅に低減するもので、第4バンクには、この方式によるものとしては世界最高速(300m/min)のエレベーターが設置されている。

表1. エレベーターの仕様

バ ン ク 名	号機名	積 載 (kg) (定員)	速 度 (m/min)	用途	停 止 階	停 止 数	昇 降 行 程 (mm)	メー カ ー 及 び 制 御 方 式
1	1~4	1,300 (20)	150	乗用	1・2・4~13F	12	48,700	当社 VVVF
5	18~21							他社
2	5~8	"	210	"	1・2・13~22F	12	82,900	他社
6	22~25	"						
3	9~12	"	240	"	1・2・22~30F	11	113,300	他社
7	26~29	"						当社 VVVF
4	13~16	"	300	"	1・2・30~37F	10	139,900	当社 VVVF
8	30~33	"						他社

注 17、34号機は人荷用(非常用)エレベーター、35~40号機は油圧エレベーターである。

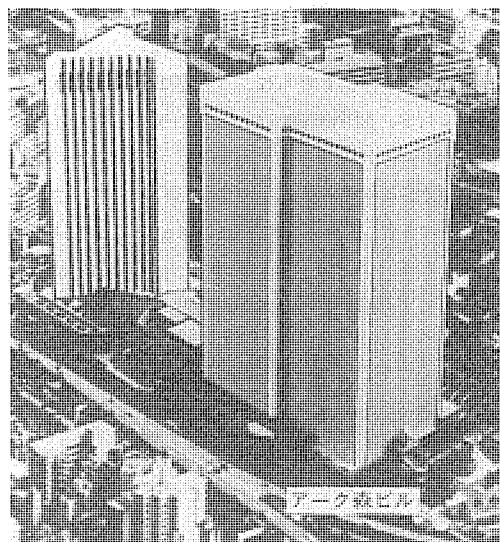


図1. アーク森ビルの全容

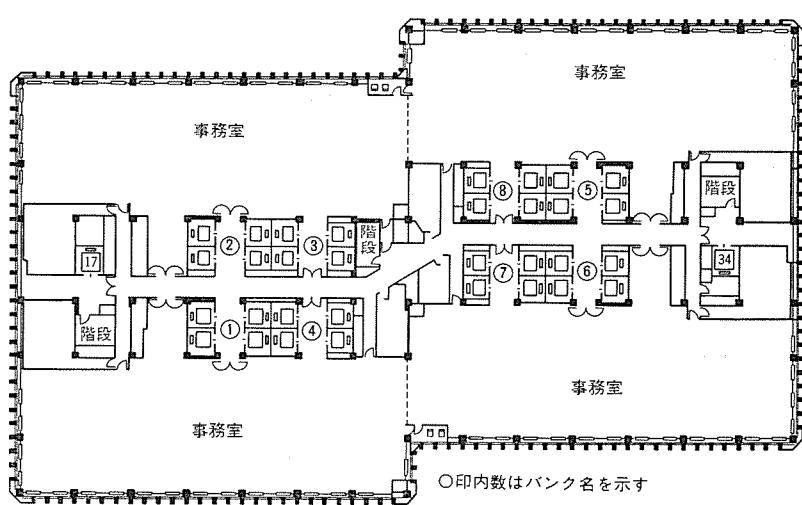


図2. エレベーターの配置(基準階平面図)

3. 昇降機システム

図3に昇降機システムの構成を示す。監視システムは、ビル内の全昇降機の運行情報と監視員の操作手順をCRTに見やすく表示するもので、操作性及び監視の質の向上が図られている。エレベーターとエスカレーターは、信号伝送制御を行うリモートパネルを介して、監視制御を行うコンピュータパネルに光ファイバケーブルでつながれる。

一方、エレベーターシステムは、それぞれのエレベーターを運転制御する各台制御装置と、これらを統轄制御する群管理装置で構成される。群管理装置は学習制御部・割当制御部・乗場制御部、各台制御装置は管理制御部・速度制御部・駆動制御部から構成され、各制御部に専用のコンピュータを配し、全デジタル制御化することによって信頼性とフレキシビリティの向上を図った。

3.1 監視システム

エレベーターの監視システムは、通常運転・災害時管制運転の運行状態の表示、故障・災害時の操作手順の表示を行うとともに、故障・災害履歴を記録するものである。システムの開発においては、特に使いやすいマンマシンインターフェースに重点をおいたシステム設計を行った。

3.1.1 システム構成

アーチ森ビルのエレベーター・エスカレーターは、伝送制御装置であるリモートパネルを介して光通信網によりコンピュータパネルと結ばれており、そ

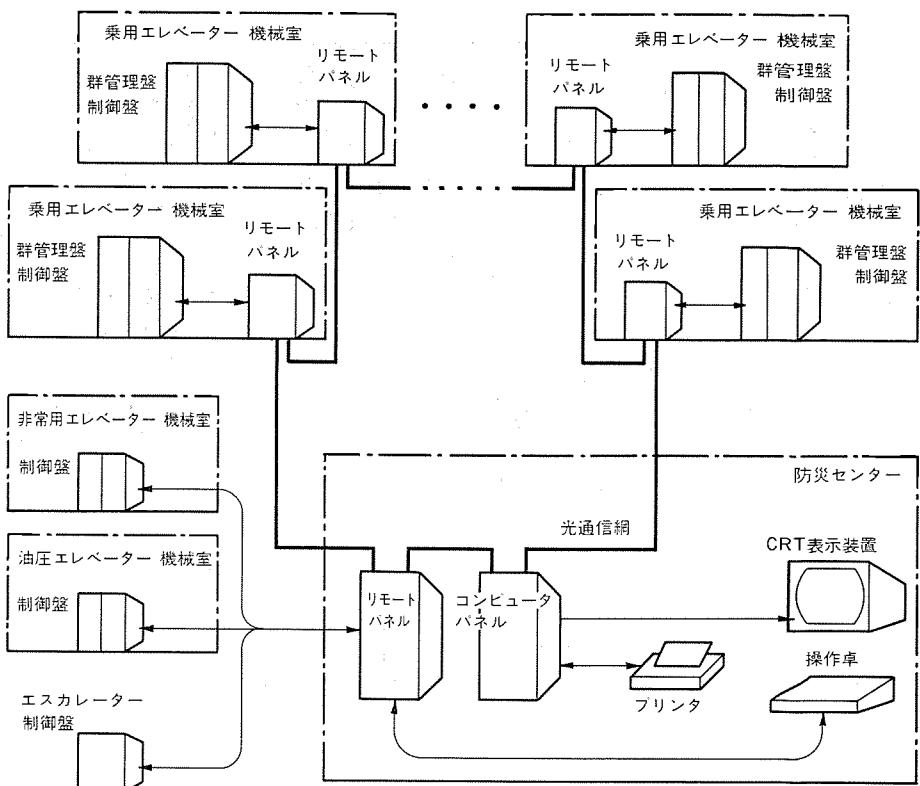


図4. 監視システムの構成

のシステム構成を図4に示す。コンピュータパネルは各エレベーター・エスカレーター及び操作卓との伝送制御、操作卓からの入力指示に基づくCRT表示制御、プリンタ印字制御を行っている。リモートパネルはエレベーター・エスカレーターとの交信、コンピュータパネルとの伝送制御を行っている。リモートパネル設置数は、8バンクある乗用エレベーターの各機械室に1面ずつ、操作卓とその他のエレベーター・エスカレーター用に防災センターに1面、計9面である。

光通信網は、各伝送局であるコンピュータパネルとリモートパネルを通信線によりループ状に結合している。通信線には屋外用プラスチックラップド石英光ファイバを使用した。伝送制御にはHDLC(High Level Data Link Control Procedures)規格に準じた伝送制御手順を採用了。伝送速度は1Mbps(max)である。CRT表示装置は20形カラーラグフックディスプレイ・4,000文字(640×400ドット)を、プリンタは赤黒2色・漢字プリンタを使用した。

3.1.2 表示機能と印字機能

故障時・災害時に備え、操作員があらかじめ操作と表示の見方を学習でき、容易に理解ができるよう説明用ガイダンス画面を豊富にした。説明用ガイダンス画面として操作卓ガイド画面・状態ガイド画面・災害時ガイド画面・システムガイド画面の4画面を、監視用画面として通常時の監視用に3画面、故障時・災害時(地震運転・火災運転・自家発運転・救出運転・機械室温度異常時・故障時)の監視用に6画面を用意した。エレベーター監視卓を図5、かご位置画面の一例を図6に示す。

通常の監視においては、見やすさを重視してかご位置を棒グラフでアナログ表示し、故障・災害時は、正確なかご位置を必要とするのでデジタル表示とした。また、故障・災害時に、ビル内のエレベーター・エスカレーターの設置場所が分かりやすいように、監視画面はビル平面図(図2.)と同様な構成とした。更に、画面を消している間に

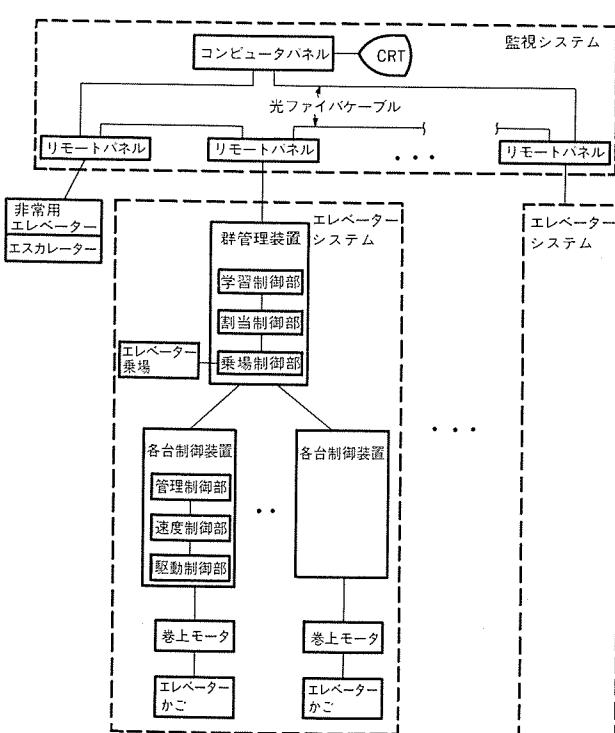


図3. アーク森ビルの昇降機システム



図 5. エレベーター監視卓

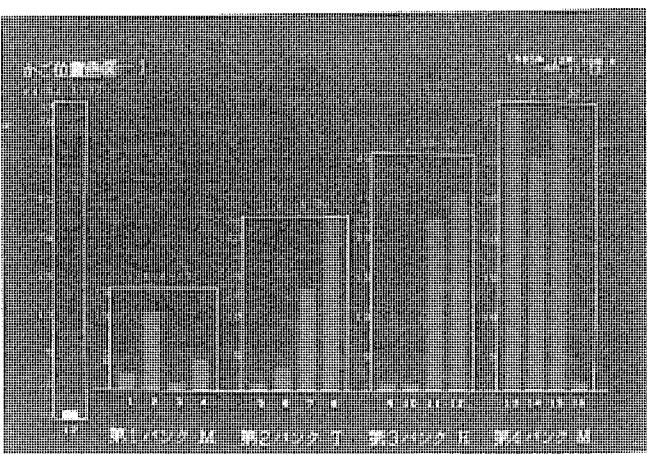


図 6. かご位置画面の一例

故障・災害が発生した場合は、監視画面が自動的に現れるようにし、監視員の注意を喚起するとともに速やかな処置がとれるよう配慮した。

プリンタは故障・災害の発生時刻、種類、エレベーター・エスカレーターの号機名、及びかご位置などを印字する。また、故障・災害の発生メッセージを赤、復帰メッセージを黒で区別して印字するようにしたので、解析、統計処理が容易なデータを提供できる。

3.2 群管理装置

エレベーター群管理装置は、ビルの仕様と時々刻々変動する交通情報に基づいて、複数のエレベーターを効率良くかつ安全に運転制御するものである。アーヴィングビルに納入のものは、心理的待時間評価方式による乗場呼び割当と、即時予報方式による案内を基本とした最高級群管理装置（OSシステム2100 C）である⁽¹⁾。更にこの装置は、「学習機能」「省電力運転」などのインテリジェントビルにふさわしい高機能を標準装備し、快適性・経済性などの向上を図っている。

(1) 心理的待時間評価方式

心理的待時間とは、物理的待時間の長さや満員・予報外れなど不快現象の発生確率を“いろいろの度合”に換算し合成したもので、この心理的待時間が最小になるよう乗場呼びにかごを割り当てる。これによって運行効率の向上とともに、心理面での快適性も向上させた。更に乗場ボタンの操作と同時に、サービスするエレベーターを予報する即時予報によりこの効果を高めた。

(2) 学習機能

図7. は一般的なオフィスビルにおける1日の交通の変動を示したもので、毎日似たような交通パターンとなる。しかし、交通パターンはビルごとに異なるし、同一ビルでも長い間には使用形態の変化とともに変わってしまう。学習機能はエレベーター自身が過去の交通データ（乗降人数、呼び数、待時間など）からビル固有の交通の特徴を学習して近い将来の交通を予測し、そのビルに適合した群管理に修正して自己成長するもので、エレベーターのインテリジェント化の一つの形態である⁽²⁾。

(3) 省電力運転

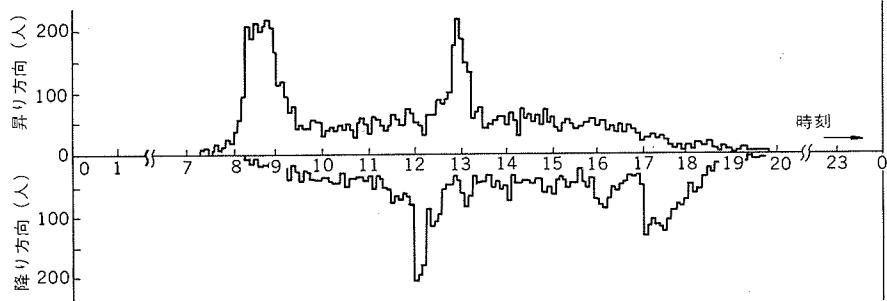


図 7. 交通データと収集時間帯の一例

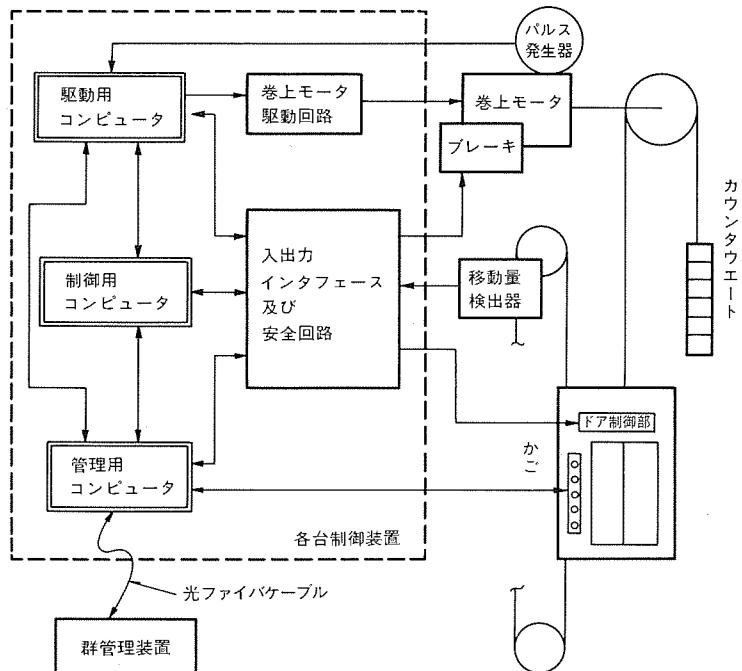


図 8. 各台制御装置の構成

交通状態の変動に合わせて運行管理を行い、あらかじめ設定されたサービス水準を維持しながら電力消費の低減を図るものである。これまでに必要であった人手によるスイッチの操作を自動的に行うので、エレベーター管理業務の省力化にもなる。

3.3 各台制御装置

各台制御装置の構成を図8.に示す。かご呼び登録と運転管理に管理用コンピュータを、位置検出及び速度指令の発生に制御用コンピュータ

を、巻上モータのVVVF制御に駆動用コンピュータをそれぞれ配し、全デジタル制御化を図り制御性能を向上させた。なお、群管理装置と各台制御装置は、信頼性が高く、高速信号伝送が可能な光ファイバケーブルで結ばれている。

3.3.1 速度制御部

速度制御部の重要な機能の一つは、最適な速度指令の発生である。このため制御用コンピュータは、かごの移動量に応じたパルスを可逆計数して位置を計算し、目標停止階までの加減速指令値を演算する。駆動用コンピュータは、パルス発生器の出力から巻上モータの回転速度を高精度で演算し、これを加減速指令値と比較演算して速度制御を行う。

また、着床制御は、従来の金属プレートの形状を磁気的に検出し、階床までの距離に応じたアナログ速度指令を得る方式から、コンピュータにより精密なデジタル速度指令を得る新しい方式に変更した。この方式は、停止階床前の所定点から、あらかじめ記憶された多数の距離・速度パターンの中から、最適なものを自動選択し、着床指令を得るものである。これにより、従来まれにあった加減速指令と着床速度指令のつなぎづれの問題を解決し、これまで以上に安定で良好な着床制御を実現した。

3.3.2 駆動制御部

駆動制御部には、新しく開発したVVVF制御方式を用い、速度150m/minと速度240m/minのエレベーターには、ヘリカル減速機付き巻上機⁽³⁾を、速度300m/minのエレベーターには、ギャレス巻上機を使用した⁽⁴⁾。図9.は速度300m/minのエレベーターの制御盤と巻上機である。

(1) VVVF制御方式

VVVF制御回路には、電圧形のトランジスタインバータを採用し、大電力用トランジスタモジュールを、出力に応じて1個又は3個並列で使用している。また、電流制御ループを備えたPWM変調方式(パルス幅変調方式)によって、直流成分を含まない正弦波出力を発生することにより、巻上機から発生するトルクリップを小さくしている。インバータの制御には16ビットの高性能マイクロコンピュータを適用し、デジタル演算で速度フィードバック制御と、すべり周波数制御を行うことにより、

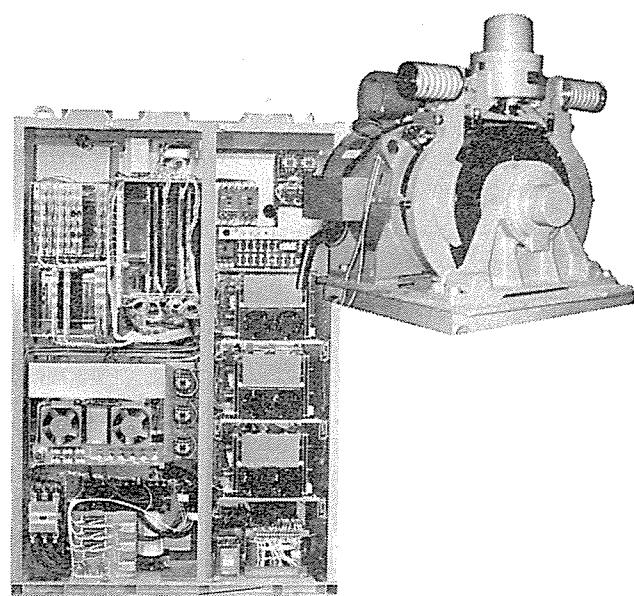


図9. 制御盤と巻上機(定格速度300m/min)

従来の直流電動機と同等以上の制御性能を得た。

(2) 巷上機の小形軽量化

従来、高速エレベーターにはギャレス巻上機が用いられてきたが、アーク森ビル向けのシステムにおいては、速度150m/minと240m/minの領域に、ヘリカル減速機を用いて、電動機とブレーキに要求されるトルクを少なくすることにより巷上機を小形化した。この結果、従来のギャレス巻上機に比べて重量を30~50%減少させた。また、ヘリカル減速機には負荷能力の大きい浸炭焼入れ歯車を使用し、長寿命と高信頼性を実現している。

一方、速度300m/minのエレベーターでは、減速機を用いても減速比が小さくメリットがないので、ギャレス巻上機に2:1ローピングを採用し、高速回転化することによって、重量を約50%低減させた。

(3) 電源設備容量の低減

従来のサイリスタオーバード方式では、電源力率はほぼエレベーターの速度に比例して変化するが、VVVF制御方式では、低速度領域の力率の低下が少ない。一方、エレベーターには各階運転から全速運転までいろいろな運転モードがあり、実稼働状態の分布統計をとると、その平均速度は定格速度の約1/2となる。したがって、速度が定格速度の1/2のときのサイリスタオーバード方式とVVVF制御方式の力率を比較すると、VVVF制御方式の方が約20~30%力率が良くなっています。ビルの電源設備容量を低減することができる。表2.はアーク森ビルのエレベーター用電源設備容量と、従来方式を用いたときの電源設備容量を比較したものである。

(4) 省電力

速度150m/minと240m/minのエレベーターについて、電力消費という点から、VVVF制御方式と従来のサイリスタオーバード方式とを比較すると次のようになる。

- | | |
|---|----------|
| (a) 電動機を交流化し、かつ高速回転化して電動機効率を向上させたことによるロスの変化 | -12~-17% |
| (b) 力率の向上により、入力電流が減少することによる変換器のロスの変化 | -1% |
| (c) 変換器(インバータ)の増加によるロスの変化 | +3% |
| (d) ギヤの使用によるロスの変化 | +5% |

以上をまとめると、5~10%の省電力となる。また速度300m/minのエレベーターも電動機の交流化による効率の向上によって、やはり5~10%の省電力になる。アーク森ビルでは、表2.の値を使用して計算すると、12台のエレベーターで1日当たり最大42kW·hの消費電力量の低減が見込まれている。

3.3.3 ドア制御部

エレベーターのドアには、安全性はもとより静音で滑らかな開閉動作が

表2. 電源設備容量と消費電力量

パンク名	1-BANK (速度150m/min)		4-BANK (速度300m/min)		7-BANK (速度240m/min)	
	VVVF 方式	従来方式	VVVF 方式	従来方式	VVVF 方式	従来方式
電源設備容量(kVA)	96	118	208	260	136	171
消費電力量(kW)	27	29	52	55	43	46

注 消費電力量は、実稼働状態の平均値を推定したものである。

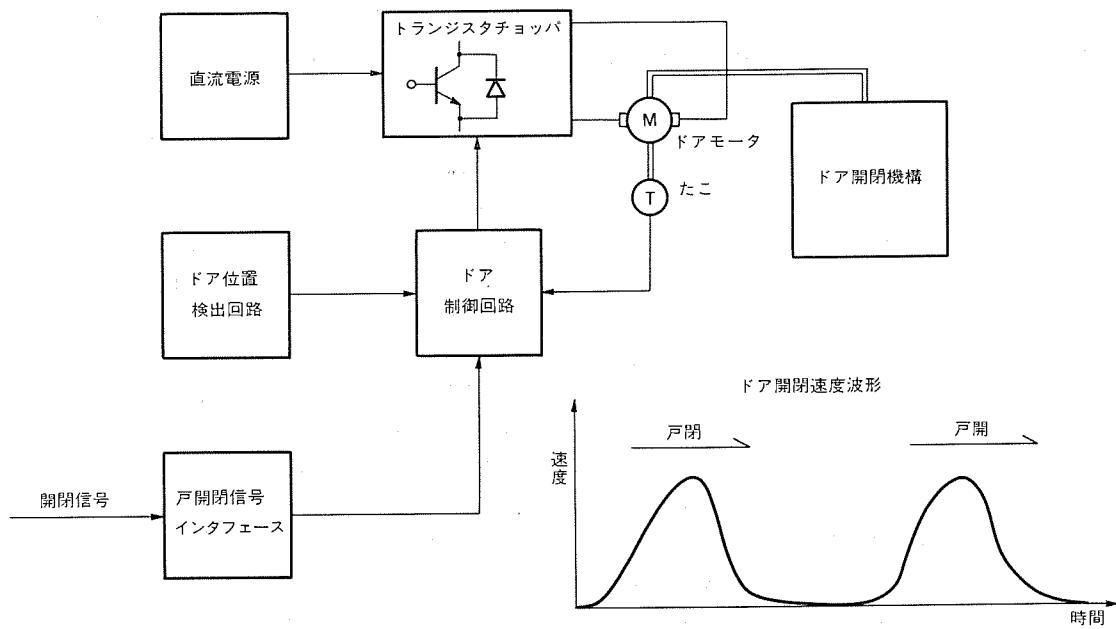


図 10. ドア制御部の構成

要求される。また、意匠的な要求から、階によって鋼板塗装、ステンレスエッティングなど重量の異なる材料が用いられる。このように重量差が生じても、同じ開閉性能を維持しなければならない。更に、高層ビル用エレベーターのドアは使用頻度が高いため、信頼度が高いことが要求される。

これらの要求に対応すべく、新たに開発したドア制御装置の制御部の構成を図10に示す。制御方式は速度フィードバック方式とし、各階にドアの重量差が生じても、同じ開閉性能を実現し、多様な意匠の要求に対応できるようにした。ドアモータ駆動方式は、パワートランジスタによるチョッパ方式とし、静肃性を考慮してスイッチング周波数は20 kHzに高周波化し、モータ磁気音を可聴周波数より高くしている。ドア位置の検出方式は、従来の機械接点方式を光スイッチを採用した非接触方式に変え、信頼性の向上を図った。

3.3.4 制御盤の小形化

コンピュータ相互の適切な機能分担と機能補完により、コンピュータ回路の制御性能を高め、従来リレー・コンタクタで構成していた回路は、法規上必要な回路及び安全をより確実にするための回路の一部を除き、その機能をすべてソフトウェアで実現した。更に、専用LSIの採用による回路の集積化も進め、ハードウェアのサイズ、種類、個数を大幅に削減し、従来の制御盤に比べ、体積で約30~50%の小形化を達成した。

3.3.5 信頼性と安全性の向上

信頼性を向上させるため、起動に先だち主要回路に異常がないかを確認する方式とした。万一、起動後に故障が発生しても、故障の軽重を自動判別し、最寄り階に停止させるか、一度停止させた後最寄り階まで低速走行させるなど、できるだけ乗客をかご内に閉じ込めないように配慮してある。また、故障発生時の各回路の情報をメモ

リに格納し、故障解析を容易にしたため、修復時間の短縮が図れる。なお、主要な安全回路は、交通量が少ない時間帯でエレベーターが使用されていないときには、実際に動作させ、その機能を自動で確認するようにしたため、安全性を一層向上させることができた。

4. むすび

以上、アーチ森ビル向け昇降機システムの構成と特長について紹介した。このシステムは当社の高速エレベーターに対する長年の研究及び実績と、最近のマイクロエレクトロニクス・パワー・エレクトロニクス技術の進歩が結合して完成されたものであり、高度情報化時代のビルの総合的交通をになうエレベーターとして、その快適性、安全性、経済性並びにビル管理の効率向上の点で、需要家各位の要求に答えうるものと確信する。

最後に、このエレベーターの完成にあたり、御指導と御協力をいたいた森ビル(株)殿及びその他関係各位に対し、深く謝意を表する次第である。

参考文献

- (1) 梅田ほか：特注形乗用エレベーター「アクセルシリーズ」、三菱電機技報、56、No. 9 (昭57)
- (2) 仲谷ほか：エレベーター交通パターン学習方式の特性解析、昭和58年電気学会全国大会講演論文集、1888-1889
- (3) 渡辺ほか：高速エレベーター用新制御・駆動装置、三菱電機技報、57、No. 11 (昭58)
- (4) 釜池ほか：VVVF制御のエレベーターへの応用、三菱電機技報、58、No. 12 (昭59)

ビル設備用受配電設備及び発電装置の動向

塙本修平*・三井信彦**・黒田義隆***・伊藤真***

1. まえがき

OA の急速な発展と CATV、VAN、LAN などの高度情報通信装置の実用化により、ビルのインテリジェント化が促進され、オフィスビル、マンションなどに高度情報通信技術を中心とした最先端技術を駆使した高度な機能性、安全性、省エネ設備を備えたインテリジェントビルの建設が増加してきた。ビルのインテリジェント化が進むにつれて、ビルの機能を十分に発揮させるための電源設備への要求機能は拡大し、重要性がますます高くなっている。電子技術を中心とした進歩により、これら要求機能を十分に満足させる電気設備を供給できる段階にきているので以下に紹介する。

2. 要求される機能と具体例

ビル用電源設備に要求される機能を整理すると、次の 6 項目を挙げることができる。

- (1) 信頼性 (2) 安全性 (3) 省スペース (4) 省エネ
- (5) 保守性 (6) 環境調和

これに経済性を加味したものが、ビルを計画する場合のチェックポイントである。計画時のチェックポイントと具体例を図 1. に示すが、日本情報処理開発協会の「コンピュータ・セキュリティに関する分析調査報告書」によると予測損害額の 96 % が地震、火災と報告されているように、インテリジェントビルにとって特に重要なのは(1)と(2)項である。

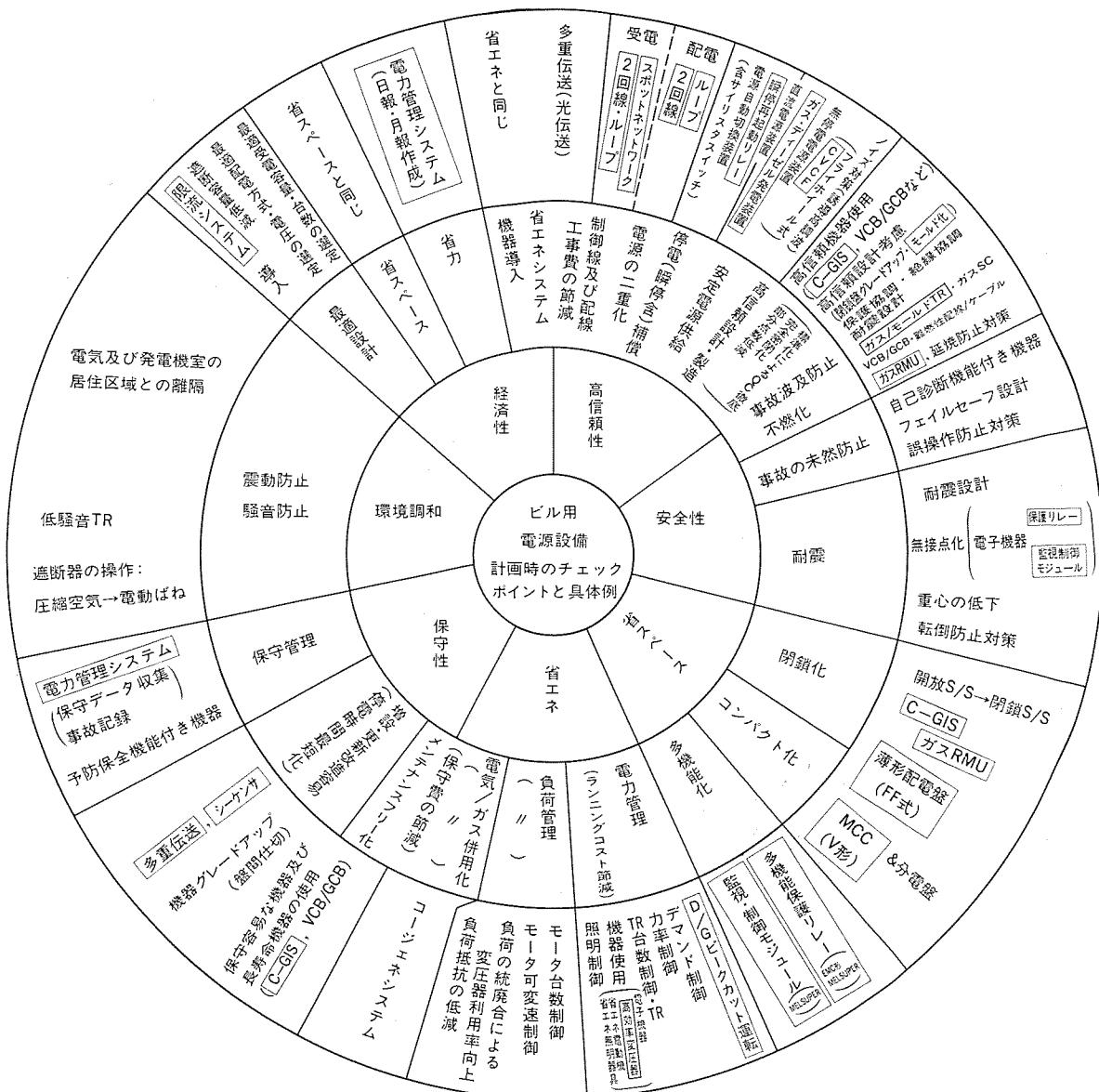


図 1. ビル用電源設備計画時のチェックポイントと具体例

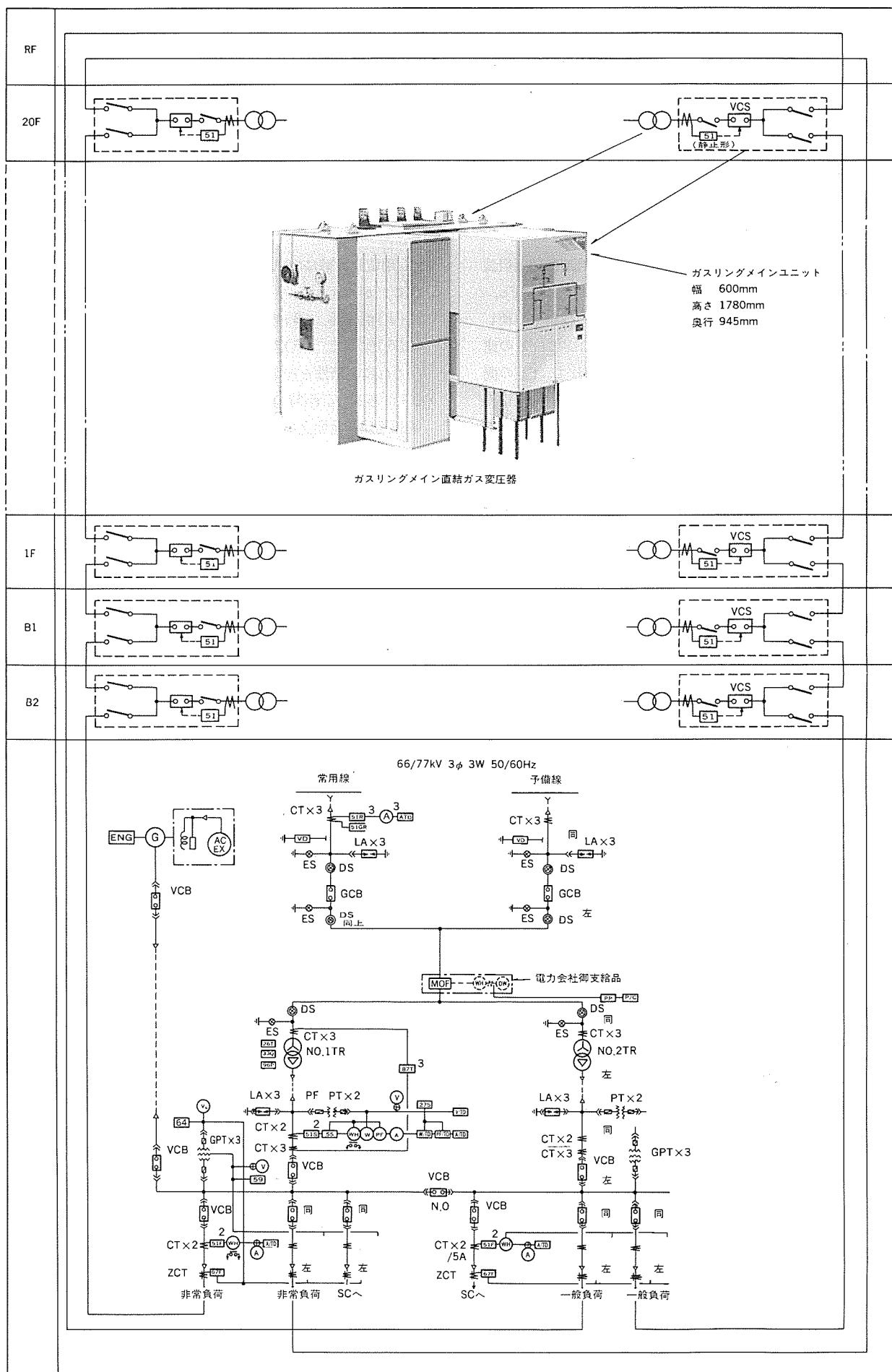


図 2. リングメイン配電方式の例

表 1. 信頼性の高い受電及び配電方式

受電				母線/配電			
NO.	方式		系統構成	NO.	方式		系統構成
1	常用 - 予備 2回線 (6~70kV)	同系統 異系統	予備 常用 自動切換	1	常用 - 予備 2回線	A B	自動切換 常時間 A A' B B
2	ループ (20/30, 60/70kV)		MOF	2	ループ オープン クローズ	どちらか 常時間 常時間	常時間 常時間
3	スポット ネットワーク (20/30kV)		MOF				

3. 高信頼性の受配電方式

表 1. に電源信頼度の高い受配電方式を示すが、電源の高信頼度と経済性とは裏腹の関係にあるので、ビルの種別、規模などにより、最適な受配電方式を選定する必要があるが、これには、機器、配電路、据付け配線工事などの設備全体の機能、経済両面での総合評価をし、全体としてバランスのとれた設備とする必要がある。なお、受電方式はビルの立地条件により、電力会社の送配電網との関係から制約されるので、電力会社との十分な打合せが必要である。

信頼性が高く、かつ経済的な配電方式の一例として、リングメイン方式（オープン・ループ配電方式の一種で、海外の電力会社の配電方式として一般に使用されている）を図 2. に示すが、高層ビルで負荷容量から高圧配電にする場合に受電電気室のほかに各階に電気室を設置する場合に最適である。各階の電気室に SF₆ ガスを封入したガスリングメインスイッチを直結したガス変圧器を設置すると、安全性を加味したシステムが構築できる上、非常にコンパクトであるので各階電気室の省スペースが図れる。また、シャフト内のケーブル本数は、負荷種別ごと（図 2. の例では、一般負荷と非常負荷の 2 系統に分割）に各 2 本でよく、放射状配電方式に比べケーブル本数の節減を図れる上に、シャフトスペースの縮小も図れる。火災時の配電路の延焼防止対策を考慮する場合に、難燃性ケーブル、シャフト内ケーブル貫通部の延焼防止処理などの経済化も図れる。なお、ガスリングメインスイッチは、気中リングスイッチの約 11 千台の実績を踏まえて、更に、コンパクト化と耐候性向上を目指して開発したものである。

4. 最新のビル用機器及びシステム

4.1 特高開閉装置

図 3. に 72 kV, C-GIS の据付け外観を示すが、72~84 kV の C-GIS は、GIS の多数の実績（3,500 ユニット）を踏まえ、過去の豊富な技術をベースに、より一層の縮小化、保守の省力化、環境調和を図るため、1.2 kgf/cm² (20°C) の SF₆ ガスを封入した矩形容器の中に構成機器を一括収納したもので、従来の GIS スペースに対し約 60 % の縮小化を実現している上、遮断器を圧縮空気操作から電動ばね操作に代えたことにより圧縮空気発生装置が不要となり、省力化、省

エネ化、低騒音化を図ることができた。昭和 58 年に 1 号機を納入して以来、3 年間で約 100 ユニットと多数の実績をもっている。

20/30 kV は現在、閉鎖配電盤が主流となっているが、今後 C-GIS が採用されていくと期待している。なお、最近、急速に増加している S/S の老朽化による更新用としてもコンパクトで搬入に有利な上、既設備を運転しながら、少ない遊休スペースを利用しての据付けが可能であり、更新時の停電時間を最小にすることができるので最適である。

4.2 変圧器

表 2. に各種変圧器の特長比較を示すが、安全性というビルの最重要機能から、不燃性のモールド及びガス変圧器の採用が増加しているが、その特長から容量の大きい特高受電用に、ガス変圧器、中小容量の配電

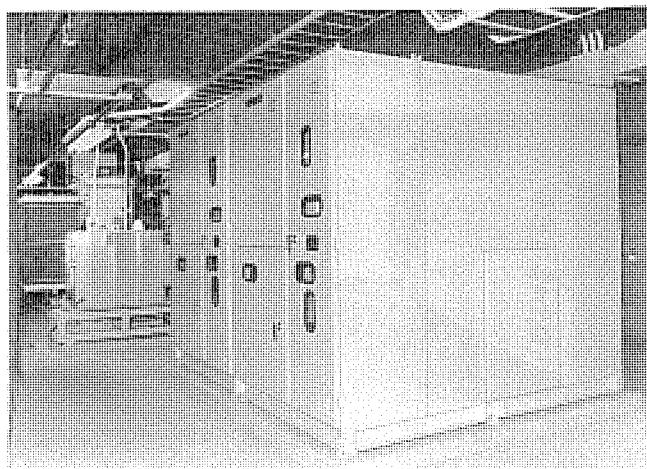


図 3. 72 kV C-GIS の据付け外観 (ケーブル 2 回線受電 2 バンク方式)

表 2. 各種変圧器の特長比較

項目	鉛油入変圧器	モールド変圧器	ガス絶縁変圧器 (蒸発冷却式含む)
絶縁種別	A	F	E
巻線温度上昇	55°C	95°C	70°C
絶縁材料	鉛油 クラフト紙	空気 ブリプレグ エボキシ	SF ₆ ポリエスチル フィルム
電圧範囲	1,000 kV 以下	30 kV 以下	275 kV 以下
容量範囲	1,500 MVA 以下	10 MVA 以下	300 MVA 以下
効率	◎	○	◎
使用場所	屋内・屋外	屋内	屋内・屋外
消防設備	固定式消火設備	大形消火器	大形消火器
耐湿性	◎	○	◎
耐じん性	◎	○	◎
燃焼性	可燃性	難燃性	不燃性
環境調和	○	◎	◎
据付け	油処理作業	ケースとの組合せ 作業	ガス封入作業
保守(定期点検)	2~3年に1回	1年に1回	2~3年に1回

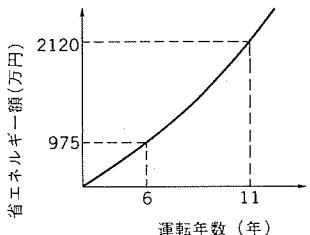
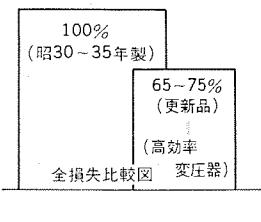


図 4. 高効率変圧器への更新による省エネルギー額の試算例
(10 MVA 3φ 60 Hz 66/6.6 kV)

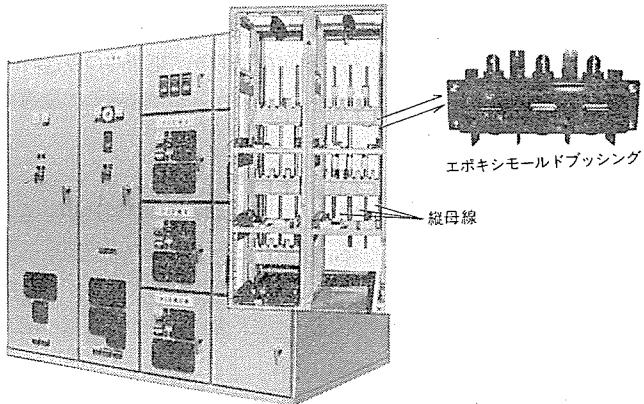


図 5. NX形高压閉鎖配電盤とモールドブッシング



図 6. FF式高压受電設備（薄形）

用にモールド変圧器を使用するケースが多い。また、ランニングコストを節減するために、高効率変圧器の採用も増えている。図4.は昭和30~35年製の10 MVA, 66/6.6 kVの変圧器を高効率変圧器に更新した場合の省エネ効果を示す。

ビルの負荷はビルの種類によって異なるが、一般的に照明、コンセントなどの単相負荷が多いので、三相動力変圧器と単相変圧器を併設しなければならないが、ダブルパワー変圧器は、三相、単相両方を同時に負荷をとることができるので、電気室の省スペースが図れる上、巻鉄心の採用により、無負荷損失を低減し、省エネ効果が期待できる。昭和57年発売以来、かなりの反響があり、75~200 kVAを即納体制で対応している（製作範囲：50~500 kVA）。

4.3 高圧開閉装置

高圧閉鎖配電盤も高信頼化とコンパクト化が図られてきたが、図5.に示すNX形高压閉鎖配電盤は、垂直母線の分岐にモールドブッシングを使用し、真空遮断器（3段積）を収納することで、高信頼性安全性、コンパクト化〔定格短時間電流20 kAで幅600 mm、奥行1,200 mm（集中監視制御方式）〕を実現している。

また、ビル専用機種として、業界で初めて昭和55年に発売したFF式薄形高压受電設備（図6.参照）は、奥行700 mmで、前面

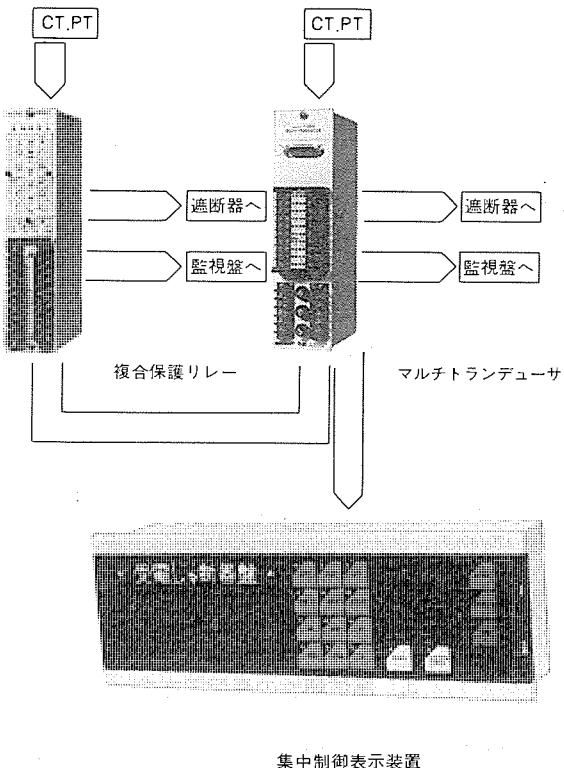


図 7. 複合電子機器搭載閉鎖配電盤のモジュールユニット

操作、前面保守という当時として画期的な縮小化を図り、従来の高压受電設備の電気室スペースの50%以上（当社比）の省スペースを実現したことにより、ビルS/Sの96%（電設工業編集部調べ、昭和57~59年度新規ビル電気設備より）と大部分を占める6 kV受電設備用と特高受電のローカルS/S用に最適のため、現在まで約2,200面の製作実績をもっている。その後、更に顧客ニーズを把握し、59年に運転、保守の安全性、据付け配線上の考慮、計画性向上などの機能アップをしている。またFF式高压受電設備は、コンパクトの上、壁密着又は背面合わせが可能であり、スペースファクタが良いので、老朽化した開放形S/Sなどの更新用としても最適である。またエレベーターで搬出入ができるように、高さ1,850 mmシリーズも発売している。

図7.は60年4月から発売している保護、計測、表示部にマイクロプロセッサ、液晶ディスプレイなどの電子技術を導入し、小型化と信頼性の向上（自己診断機能付き）を図った集中制御表示装置で複合保護リレー、マルチトランジスターユニットと組み合わせて、高压盤に搭載してビル用を中心に多数納入している。

4.4 低圧コントロールセンター

低圧コントロールセンターは、昭和29年に最初に市場に出してから累計生産台数、約13万台になるが、その間、次々と新企画の製品を世に送り出しており、59年に発売開始したV形（図8.参照）は、世界最初の画期的マルチコントローラと汎用伝送装置を搭載し、信頼性、安全性、保守性を徹底的に追求して製品化したインテリジェントコントロールセンターである。このV形Eシリーズの特長は次のとおりである。

（1） EMC形マルチコントローラ1個で、低圧負荷の保護、運転制御に関して一般的に考えられるすべての機能を実現した。

- ・5要素保護（過電流、欠相、短絡、不足電流、地絡）
- ・表示（運転、停止、要因別故障、主回路電流デジタル表示）
- ・瞬時停電時限付き再始動（負荷の優先順位別段起動設定可能）

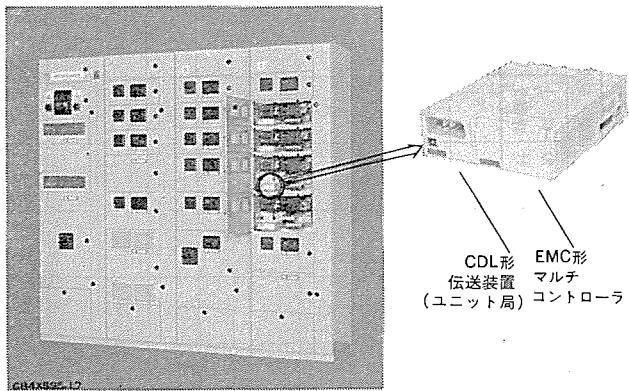


図 8. V形コントロールセンター (Eシリーズ)

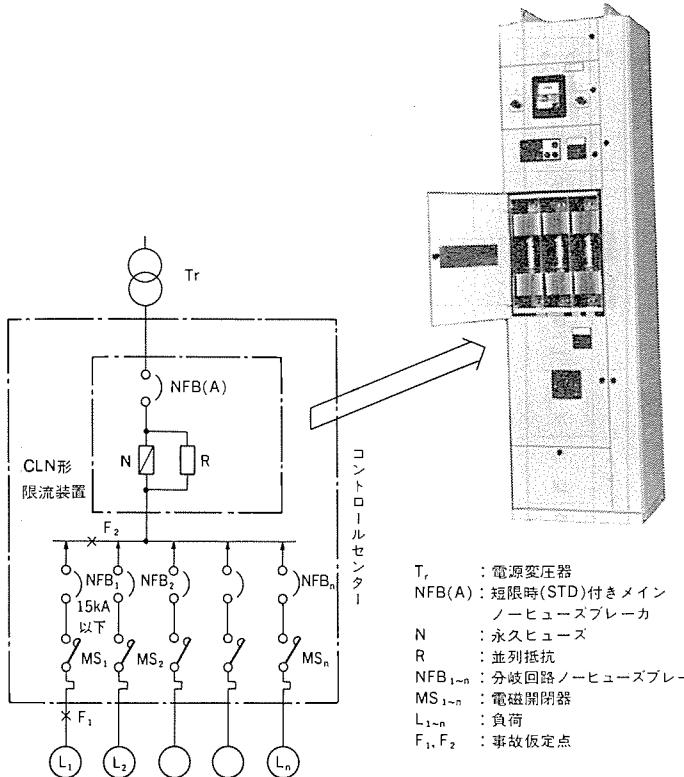


図 9. CLN 限流システム 及び限流装置収納 コントロールセンター

- ・シーケンス（制御方式の変更に柔軟に対応可能）
- (2) CDL 形伝送装置を各 ユニットに収納し、負荷情報を信号伝送バス（光ファイバ）で伝送できるので、制御ケーブルが不要となり、配線工事量が大幅に節減できる。また、上位コンピュータとも接続可能なので、大規模情報システムが構築できる。
- (3) 溶接構造の箱体により、耐震性能と箱体強度を向上させた。
- (4) 運転保守員が安心して運転、保守ができるようにユニットの操作ハンドルの完全なインタロック、垂直母線の鋼板による遮へい、ユニットの自動シャッタなどの安全設計を施している。

ビル用配電電圧は、昭和57~59年新規ビル電気設備（電設工業編集部調べ）によると、91%が低圧と圧倒的に多いが、低圧配電で問題になるのは、短絡電流と保護協調である。多くの回路に、経済的な配線用遮断器を使用するために、短絡電流の大きい領域での保護協調が取りにくいので、選択遮断が難しい。他方、変圧器容量を大きくすることは、機器、配電路が高遮断容量設計となり、一般的に経済的ではない。そこで、図9.に示すCLN形限流装置がクローズアップされる。この装置は世界8か国に特許を持つ永久ヒューズを使

用した繰返し限流遮断ができる画期的なもので、発売以来10年、約2千台（三相分）の納入実績を持ちビル用としても多数納入している。この装置を使用することにより、最高200kAの回路が、汎用配線遮断器の15kAの低レベルまで抑制できるので、インテリジェント化で受電容量が増加しているビル用には、配電路末端分電盤を含めたトータル的な信頼性と経済性を実現できる。

4.5 発電装置

最近のビルは、OA機器の増加及び居住性向上による冷暖房負荷の増加により、空調用動力（冷凍機、送風機、ポンプなど）がビル電力消費量の60%以上を占めるようになり、夏季の電力ピークが増加している。このピークにより、電力設備の利用率が低下し、ビル設備のランニングコストを上昇させている。

ビル設備の省エネの具体例は図1.に示すが、ビル全体のランニングコストを下げるためには、電気・ガス・石油の3種のエネルギーについて検討しなければならない。特に電力ピークを平滑化することが有効な手段であり、電力及び熱供給源としての発電設備を計画する例が増えている。このシステムの一例としては、発電機により空調用動力に電力を供給し、更に原動機の排熱を吸収式冷凍機で回収し、ビルの冷房を行う方法がある。特に排熱を回収するためには、エネルギー効率は60%まで向上している。

また、経済性から発電機を数台設置し、電力需要に応じて台数制御を行うが、現在商用電源との常時並列運転が困難なため、電力と必要熱量の間に過不足が生じる。このために、ビル設備の電力負荷熱量の各時間ごとの変動を十分に把握し、電力と熱負荷がバランスするよう発電機負荷を選定する。更に使用エネルギーが最小となるように、発電機、補助冷凍機などを制御運転し、ビル設備のランニングコストを下げるようしている。このように通常ほとんど使用しない非常用発電機と熱供給源用発電機を兼用し、設備費の低減を図るとともに、ビル設備のランニングコストを下げている。延面積5万m²のビルで、受電容量5,000kVAの特高受電において、夏季及び冬季に各500kWの電力ピークが発生するとして、500kWの発電設備を導入してピークカット（延960時間運転）を実施すると年間1,000万円程度のランニングコストの節減ができるとの計画例もある。

また、最近のインテリジェントビル化により、特殊負荷が増えているので、発電機容量を選定する場合は、下記注意が必要である。

- (1) CVCF負荷の場合：CVCF直流回路のL-C直列共振回路における自己励磁現象のためにハンチングがある。このため、CVCF設備容量が発電機容量の半分以上になる場合には、コンピュータによってシミュレーションしている。
- (2) インバータ負荷の場合：高調波による発電機の過熱、他負荷起動時の電圧降下によるインバータモータの停止などの不具合を発生する。
- (3) HIDランプ（水銀ランプ、メタルハイドランプ、高压ナトリウムランプ）の場合：他負荷起動時の電圧降下が10%以上になるとランプは消灯し、ランプの再始動時間前に発電機負荷として接続されると過電圧となり、ランプの球切れなどの不具合を発生する。これを防ぐために、再始動時間タマを設けるか、瞬時再点灯装置付きランプを使用する。

4.6 CVCF

高度情報化社会の進展に伴い、ビル設備の多様化、高機能化の要求が急増しているが、一方では適用される情報通信機器に対する電力の質の問題がクローズアップされている。

我が国の電力系統の供給信頼度は極めて高く、諸外国と比べても

サービスレベルは上位にあるが、落雷などの自然現象や事故により0.07～2秒程度の瞬時電圧低下は、1需要家当たり地域的に1～10回／年とばらつきはあるものの、平均3～4回／年、生ずると言われている。情報通信機器は電圧変動に敏感であり、数ms～数十msの瞬時電圧低下で停止してしまうものが多く、その対策が必要となってくる。現状では電力系統側で完全に対策することは、技術面や経済面で非現実的であり、需要家側での何らかの対応が適切である。このため、近年、定電圧定周波無停電電源装置(CVCFあるいはUPS)は従来にも増して広範囲に適用されている。

当社は、昭和57年にパワートランジスタを採用したCVCFを製品化したが、更に「高効率化」「高信頼度化」「コンパクト化」を目的とした、《MELUPS-8000シリーズ》を標準化したので紹介する。

(1) 《MELUPS-8600》

《MELUPS-8600》は、三相出力30～750kVAまでの広範囲の容量をカバーし、単機商用同期無瞬断切換システム、並列冗長システム+無瞬断切換システムなど、システム構成を自在に選択できるシリーズで、汎用コンピュータシステムや情報通信システムなど、幅広い応用範囲をもっている。外形寸法は、1,800mm(W)×840mm(D)×1,900mm(H)と従来シリーズに比べて大幅に小形化されている。

(2) 《MELUPS-8300》

《MELUPS-8300》は、単相出力5～50kVAのシリーズで商用同期無瞬断切換機構が標準装備された高信頼度システムである。

(3) 《MELUPS-8100》

《MELUPS-8100》は、OA機器やPOS、FAシステムなど各種端末機器に適用される、単相出力0.5～3kVAの小形CVCFである。一つのキャビネットにインバータ、蓄電池など、無停電に必要な機能をすべて内蔵したオフィス設置形式となっている。

4.7 電力管理システム

電力の経済的管理(デマンド制御、力率制御)、保守管理(保守データ収集、事故記録)などから、電力管理はインテリジェントビルでは重要な不可欠なものとなっている。中小規模の代表的電力管理システムシリーズを表3に示すが、当社では、顧客のニーズに合致し、かつコストパフォーマンスを向上させるべく、更に開発を進めている。

また、多数のテナントを持つ高層ビルやマンションでは、各需要家の各種計量値(電力、ガス、水道)を1箇所に集めて管理する必要があるが、この管理には集中自動検針システムが威力を發揮する。表4にそのシステムの機能及び適用例を示す。

4.8 保護継電システム

4.8.1 保護継電システムの動向と将来

ビル受配電システムでは電磁形も使用されているが、動向としては多機能、省スペース、耐振性能向上などの要求からマイクロプロセッサを利用したデジタル形ユニットの使用が増えてきている。デジタル形ユニットの増えてきた理由は、アナログ形に比べて調整ポイントが少なく生産性が良いという利点のほかに、将来動向として末端まで情報伝送の対象となり情報システムを構築することが予想されるが、改良又はオプションユニット接続などで簡単に伝送に適応できる将来動向対応の良さの利点が大きい。近い将来に簡便で安価な伝送方式が定着し、保護制御計測機能に伝送機能を付加したユニットにより保護継電システムを構成することが標準になると思われる。先取りして対応可能な機種系列を使用するのもよい選択である。

4.8.2 デジタル化保護継電器システム

(1) MPR-1 国内の高圧受配電専用の静止形マルチ継電器

No.	種類	項目	最大点数						記録						デマンド監視・制御						その他						構造・形式	
			合計	P/I	A/I	D/I	D/O	日報	月報	故障操作	記録	監視	制御	上下限	力率	遠方	CRT	漢字プリント	FLD	スケルトン表示	システム変更	ログプログラム	監視	操作	機械式	オプション		
1	MZE-740		14	7	7			○			○											○		○				
2	DN-30		16	8	8			○		○	○						○					△	○					
3	MICAM-300B		30	30	15			○		○	○						○	○	○			○	○					
4	ロガーバック UM-LG-364		192	64	64			○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
5	MICAM-550		253	64	64			○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
6	MICAM-700 II		624	128	128			○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
7	MELFACT-7000 type I		1,440	432	288			○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
8	MELFACT-7000 type II		2,860	864	576			○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
9	MELSAS-25		250	32	64			○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
10	MELSAS-50		500																									
																											TOTAL 500	

表 4. 集中自動検針システム

システム名	点 数	機能					適用例
		表示	自動記録	料金計算	異動処理	広域検針	
MICAM-SD	~192	○	—	—	—	—	アパート マンションなど
MICAM-DC	~192	○	○	—	—	—	アパート マンション 小規模ビルなど
MICAM-AM	~2500	○	○	○	○	○	大規模ビル デパート 公共施設など

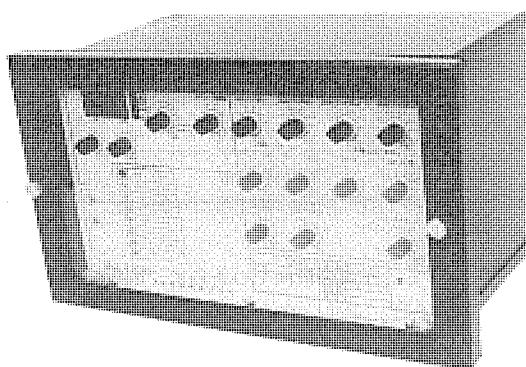


図 10. 静止形保護リレー《MULTICAP》

従来は過電流継電器 2 台と地絡過電流、又は地絡方向継電器 1 台を組み合わせて使用してきたが、マルチ継電器であるため 1 台使用すればよい。マイクロプロセッサを使用し、配変 OCR 及び低圧側 NFB 共に保護協調の取りやすい超反限時の動作時間特性を備えている。

(2) 静止形保護継電器ユニット《MULTICAP》

国内、海外両用の複合機能化電子式の制御保護機能をもつユニットで、従来は、受電及び発電機や高圧モータなどの機器に対して、複数保護継電器、タイマ、補助継電器を適用してきた。単一の保護要素を複数収納した单機能ユニット及び複数種類保護要素、制御機能を収納した多機能ユニットを各々表 5 のようにそろえた。基本的には各機器対象に 1 ユニット適用すればよい。マイクロプロセッサを使用しており、このため、広範囲な各種整定機能、電気量の検出、整定値及び系統電気量の数値表示などの充実したモニタ機能、RUN 表示、異常表示などの自己監視機能、ユニット内のテストスイッチによる容易なテスト機能、などのアナログ方式では実現しにくい機能をも備えている(図 10.)。

表 5. の最初にあるスポットネットワーク受電用ユニットは、逆電力及び過電流保護による遮断と、無電圧及び差電圧による投入と、回生電力検出による不要遮断防止及び不要差電圧投入防止の機能をコンパクトに 1 ユニットとして収納している。逆電力保護の高感度化により、低損失形ネットワーク変圧器との組合せが可能となり、また差電圧の高感度化により、夜間のような軽負荷時にも確実な投入が行える性能となっている。

表 5. 静止形保護リレーユニット《MULTICAP》一覧

	形名	用途	収納要素 器具番号
多機能ユニット	CNP □	スポットネットワーク受電	トリップ: 51 L + 51 H + 67 投入: 84 + 78 + 27
	CGP □	発電機	51 + 46 + 67 R + 51 G (又は 64) + 59
	CMP □	高圧モータ	49 + 50 + 51 + 51 G (又は 67 G)
	CPP □	自家発買電併列運転	67 P + 67 Q + 37
単機能ユニット	CBV □	電圧	27 + 64, 27 + 59, 64
	COC □	過電流	50 + 51
	CPO □	方向過電流	67, 67 + 67 G
	CDG □	地絡方向	67 G
	CAV □	電圧差動	87 G
	CAC □	電流差動	87

5. むすび

ビル設備というと、第一に考慮しなければならないのが、信頼性と安全性であろう。しかし、これは一般的には経済性を加味したものでなければならない。当社はこれまで、コストパフォーマンスの高い受配電設備及び発電装置を供給してきたが、今後は更にビル設備全体としてより協調のとれたシステム化が必要と考える。すなわち、各機器、部品が有機的に接続され、その機能を十分発揮すると同時にビルディングブロック式に総合システムが構築できるような製品化を目指して行きたい。

参考文献

- (1) 昭和 57 年度～59 年度新築ビルディング電気設備一覧表、電設工業(昭 58～60)
- (2) 信崎、ほか：キュービクル形ガス絶縁変電所、三菱電機技報、57, No. 3, p. 236 (昭 58)
- (3) 冷却効果で変わる変圧器、電気計算、p. 39 (昭 60-6)

1. まえがき

インテリジェントビルでは、ビルの所有者により各テナントに共用の情報・通信システムの設備とサービスが提供される。それに伴う空調設備と管理システムは、作業環境の向上を図るために、より便利で快適なものが要求される。また、インテリジェントビルでは、大量の機器が設置されるので、経営上の観点から、従来以上に省力化・省エネルギー化が強く要求され、空調設備では、全自動化、熱回収システムなどの充実が必要となる。

空冷ヒートポンプチラーについては、省エネルギー性・取扱いの容易性などの長所が高く評価され、各分野の熱源機として広く利用されているが、ここでは熱回収運転などが可能なCAH形カスタムシリーズについて紹介する。

2. インテリジェントビルとCAH形カスタムシリーズ

インテリジェントビルでは、設備機器が増大するため、利用できる有効スペースの確保が重要な課題の一つとなるが、空冷ヒートポンプチラーCAH形は空気熱源の屋外設置形なので、専用の機械室や冷却水用の配管スペースが不要なため、建築スペースを有効に利用できる。インテリジェントビル竣工時には、OA機器が少なく、順次設置されることが多く、OA機器の増設、レイアウトに対するフレキシビリティが要求される。チラー方式の空調システムでは、計画時に考慮された空調能力の余裕を超えてOA機器が導入されない限り、熱源機を変更することなく空気調和機（エアハンドリングユニット・ファンコイルユニット）の変更でこれに対応できる。

表1. 人とOA機器の環境基準の目安を示す。OA機器は原則として作業するオフィスの環境基準に適合するように製作しており、機器内部に結露を生じなければ正常に作動する。したがって、空調は人が快適に作業ができる環境を保てばよいが、湿式コピーその他特殊負荷などにより、水蒸気発生の多くなる空間では、空調の開始時や停止時の急激な温湿度変化に対して結露を生じる可能性がある

表1. 人とOA機器の環境基準

	人間	OA機器
温度(°C)	17~28	5~35
湿度(%)	相対湿度40以上 70以下	20~80 結露しないこと
浮遊粉じん(mg)	空気1m³につき 0.15以下	0.16以下
CO(ppm)	10以下	—
CO ₂ (ppm)	1,000以下	—
気流(m/s)	0.5以下	—
振動(G)	—	0.2以下

表2. 従来形オフィスとOA化オフィスの比較

	従来のオフィス	OA化オフィス
人員密度	10 (0.2人/m ²) 50 kcal/人・h	7.5 (0.15人/m ²) 50 kcal/人・h
照明負荷	20 (20 W/m ²)	20 (20 W/m ²)
コンセント及びOA機器負荷	5	45 (300 kcal/台・h, 1台/人とする)
特殊機器	なし	なし
合計	35 kcal/m ² ・h	72.5 kcal/m ² ・h

ので注意を要する。作業環境向上のために、温湿度をきめ細かくコントロールする場合は、冷却・除湿用冷熱源と再熱用温熱源が必要となるが、このとき熱回収が考えられ、再熱コイル付きCAH-FR形が利用できる。

表2. に従来オフィスとOAオフィスの負荷比較を示す。OA機器による負荷はメーカー、機種及びその構成により様々であり、その分布も集中したり分散したりでとらえにくい。コピー機器、大形ファクシミリ、オフコンなどの大量に熱を発生するものを除き、ワードプロセッサ、パソコン、オンライン端末機などに限ってみると、概略100~450 kcal/台・h程度であり、平均値として300 kcal/台・h程度と考えてよい。これらの機器が大量に使用されるため、内部負荷が増大し冬期でも冷熱源の確保が必要となり低外気冷房CAH-FL形が利用される。また、これらの機器から発生する熱を暖房用に熱回収する場合、冷温水同時取出しCAH-FH形が有効となる。回収した熱を厨房・トイレ・シャワー室などの給湯に利用する場合は、給湯コイル付きCAH-FQ形を使用する。

インテリジェントビルでは、設備機器（情報・通信機器を含む）が増大するため、受変電設備も多大なものとなり、少しでも設備容量を減らす工夫が必要で、上記熱回収ヒートポンプ以外に省エネタイプ（散水コイル付き）CAH-FE形の利用も考えられる。チラー方式の空調システムの場合蓄熱槽を利用し、夜間運転を実施することにより、昼夜の電力使用量を平滑化し設備の稼働率を上げることが可能であり、受変電設備の縮小化も図れる。

3. 空冷ヒートポンプチラー CAH形カスタムシリーズ

以上述べたようなインテリジェントビルなどの出現により顧客ニーズも多種多様化しており、これらのニーズに対応できるCAH形カスタムシリーズを開発した。

3.1 空冷ヒートポンプチラーの特長

空冷ヒートポンプチラーCAH形は空気を熱源として運転し、夏期は冷水、冬期は温水を製造するがその特長を列記する。

(1) エネルギー利用効率(C.O.P.)が高い。

表 3. CAH 形 カスタムシリーズ一覧

特 仕 No.	機種	形番							
		25	30	40	50	60	80	100	120
1	給湯コイル付き FQ シリーズ CAH-FQ 形	×	●	●	●	●	×	×	×
2	再熱コイル付き FR シリーズ CAH-FR 形	×	●	●	●	●	×	×	×
3	冷温水同時取出し FH シリーズ CAH-FH 形	×	×	●	●	●	●	●	●
4	低外気冷房 FL シリーズ CAH-FL 形	○	○	○	○	○	○	○	○
5	軽耐塩 FT ₁ シリーズ CAH-FT ₁ 形	●	●	●	●	●	●	●	●
6	重耐塩 FT ₂ シリーズ CAH-FT ₂ 形	●	●	●	●	●	●	●	●
7	マイコン付き FM シリーズ CAH-FM 形	○	○	○	○	○	○	○	○
8	省エネタイプ FE シリーズ CAH-FE 形	○	○	○	○	○	○	○	○

注 ●は受注生産品を示す。

○は標準品を改裝して製品化するものを示す。

×は生産していない機種を示す。

- (2) クーリングタワーを使用しないので、水の飛散・ブローやによる水の消費がない。
- (3) ビルの屋上などに屋外設置されるので専用の機械室が不要である。
- (4) 火気を使用しないので、安全かつ排煙による大気汚染がない。
- (5) 全電気方式のため運転操作が容易である。
- (6) 燃料の管理や冷却水の管理(水温、水質)が不要なため取扱いが容易である。

3.2 CAH 形カスタムシリーズ

CAH 形 カスタムシリーズは、以上のような空気を熱源とするヒートポンプの特長を、更に空調の快適性向上や熱回収など多用途化・省エネルギー化へ拡大するものである。カスタムシリーズは、8 シリーズ、54 機種を用意(表 3.)しているが、本稿では熱回収形を主に以下に説明する。

3.2.1 給湯コイル付き CAH-FQ 形

CAH-FQ 形は 1 台で冷暖房(夏期は冷水、冬期は温水を製造)及び給湯を行うことができる製品である。従来、給湯が必要なシステムでは給湯専用のボイラ(ガス・灯油・電気など)が設置されていたが、CAH-FQ 形には給湯機能が付加されているので、給湯用のボイラが不要となり設備の簡素化が図れる。

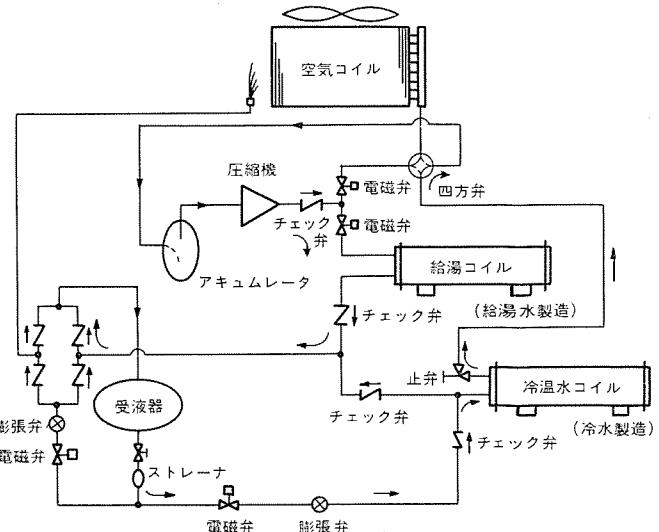


図 1. CAH-FQ 形冷媒回路図

表 4. CAH-FQ 形(給湯コイル付き)運転パターンと使用範囲

運転パターン	モード	冷水	温水	給湯	使用範囲(°C)				
					冷水	温水	給湯	外気	
1	冷房専用	夏	○	×	×	4~12	×	×	15~40
2	冷房+給湯	夏	○	×	○	4~12	×	35~53	—
3	給湯専用	夏	×	×	○	×	35~53	7~25	
4	暖房専用	冬	×	○	×	35~53	×	-10~+15	
5	暖房+給湯	冬	×	○	○	35~53	×	-10~+15	
6	給湯専用	冬	×	×	○	×	35~53	7~25	

(1) 夏期の給湯

図 1.に CAH-FQ 形の冷媒回路図を示す。従来、冷房運転時は空気コイル(凝縮器として作用)から大気へ放熱し、水コイル(蒸発器)で冷水を製造していたが、CAH-FQ 形は大気へ捨てていた熱を全量回収して給湯用温水を製造するようにした。よって「冷水+給湯」運転時は、捨てていた熱により給湯用温水を製造するので、省エネルギー・省マネーな空調システムとなる。

(2) 冬期の給湯

暖房運転時に給湯運転を行うと、暖房能力が低下するので、冬期の給湯運転は暖房を必要としない時間帯(夜間、暖房 サーモ停止時、ホテルでは負荷が小さい昼間など)を選択する必要がある。

(3) 給湯専用

CAH-FQ 形は給湯専用運転も可能である。給湯専用運転は、空気コイルを蒸発器、給湯コイルを凝縮器として作用させ給湯用温水を製造する。

表 4. に各運転パターンにおける使用温度範囲を示しているが、給湯専用運転は外気 7~25°C の範囲としている。給湯専用運転は、空気コイルを蒸発器として使用しているので、外気 7°C 以下では空気コイルへの着霜、外気 25°C 以上では圧縮機がオーバロードになるためである。7°C 以下で給湯専用運転が必要な場合、暖房用温水を除霜熱源に使用できるときは制御方法を変更することにより対応可能である。

また、外気 25°C 以上の場合、送風機の回転数制御を行うことにより、外気 30°C まで運転可能である。

(4) 給湯コイル

給湯コイルは、伝熱管を銅、また、胴管・管板・現地配管接続アダプタをステンレスで製作しているので、赤さびの発生がなく、二次熱交換器を使用せずに直接シャワーなどに使用できる。

(5) 給湯・空調システム

システム例を図 2. に示す。給湯システムは「バッヂ方式」や「開放タンク 1 槽連続方式」・「開放タンク 2 槽連続方式」などの貯湯方式が使用されるが、図 2. は貯湯槽と CAH-FQ 形間の配管方法について示している。

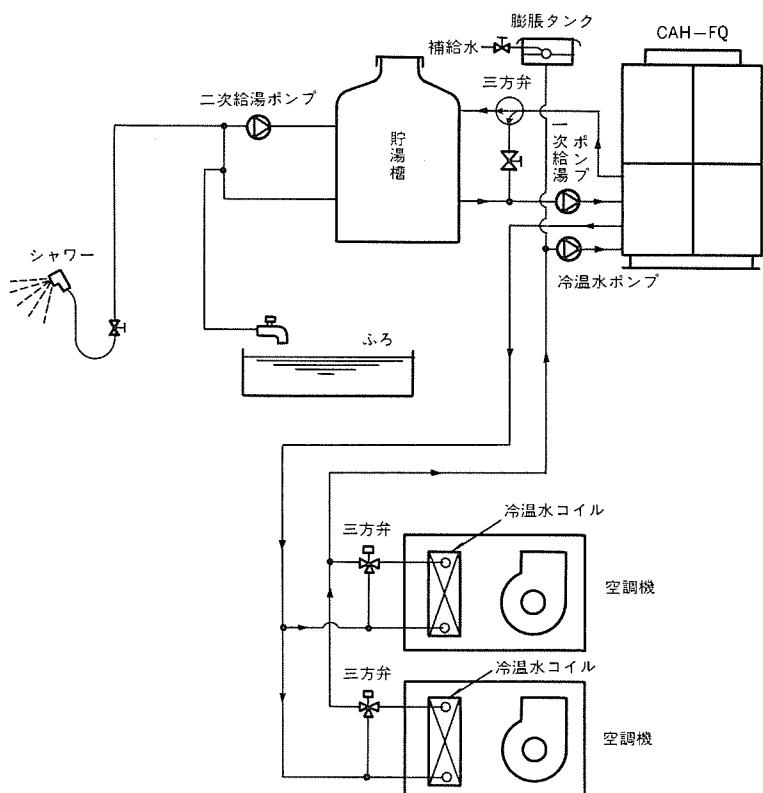


図 2. 給湯・空調システム例

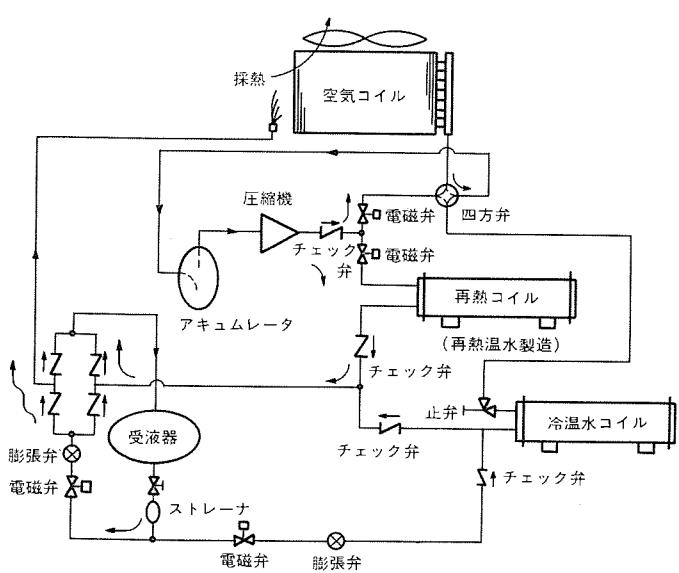


図 3. CAH-FR 形冷媒回路図

3. 2. 2 再熱コイル付き CAH-FR 形

CAH-FR 形は、夏期・中間期に空調負荷側の温湿度制御を行いたい場合に最適な製品である。従来、温湿度制御が必要なシステムでは、ボイラや電気ヒータで再熱用温水を製造していたが、CAH-FR 形には「再熱用温水製造機能」が付加されているので、再熱用温水製造のボイラや電気ヒータの設置が不要となる。

(1) 再熱用温水の製造

図 3. に CAH-FR 形の冷媒回路図を示す。CAH-FR 形と FQ 形の冷媒回路は同じであるが再熱コイルの材質が異なる。再熱コイルは伝熱管に銅、また、胴管・管板・現地接続アダプタを銅で製作している。再熱用温水は、冷房時、空気コイルから放熱していた熱を回収して製造するので、ランニングコストの低減に貢献できる。

(2) 使用範囲

表 5. に各運転パターンにおける使用温度範囲を示しているが、再熱用温水は冷房運転（冷水製造）中に熱回収し、貯湯することを基本としているので「再熱専用運転」は行わないこととしている。

(3) 再熱・空調システム

代表的な例を図 4. に示す。

3. 2. 3 冷温水同時取出し CAH-FH 形

CAH-FH 形シリーズは、インテリジェントビルにおける大形電算機室や大形ビルのインテリアージュ、放送局のスタジオなどで冬期においても暖房負荷と冷房負荷が共存する場合や、

表 5. CAH-FR 形（再熱コイル付き）運転パターンと使用範囲

運転パターン	モード	冷水	温水	再熱温水	使用範囲 (°C)			
					冷水	温水	再熱温水	外気
1 冷房専用	夏	○	×	×	4~12	×	×	15~40
2 冷房+再熱	夏	○	×	○	4~12	×	35~53	—
3 暖房専用	冬	×	○	×	35~53	×	—	-10~+15

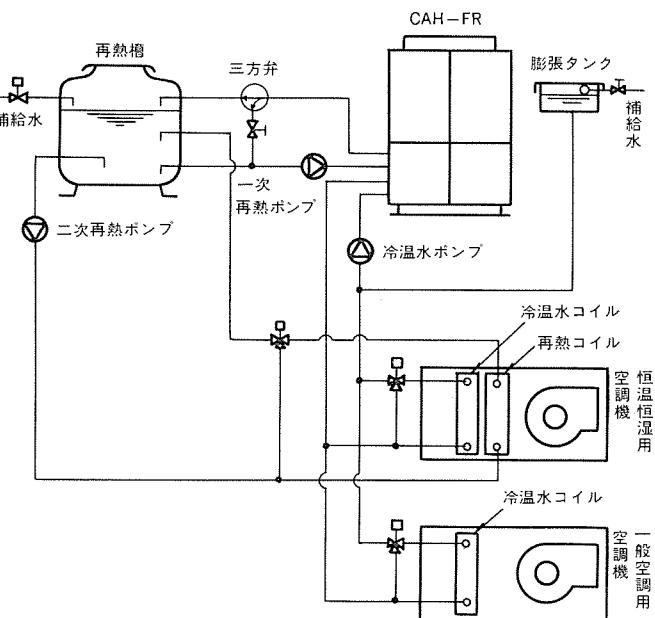


図 4. 再熱・空調システム例

動物実験棟のように恒温恒湿コントロールが必要な空調システムで、冷水と温水が同時に必要な場合に最適である。図5.にCAH-80 FH形の設置例を示す。

(1) 運転パターンと熱回収

図6.にCAH-FH形の冷媒回路図を示す。図に示すように、冷水コイル、温水コイル、空気コイルの3個の熱交換器を使用している。通常、空冷ヒートポンプチラーの場合は、1個の水コイルが夏期は冷水コイルとして、冬期は温水コイルとして作用するが、CAH-FH形の場合には冷水、温水の専用水コイルとなっている。したがって、空調負荷側に対しては4パイプ方式となる。

冷水製造時は空気コイルを凝縮器、冷水コイルを蒸発器として作用させ冷水を製造し、温水製造時は空気コイルを蒸発器、温水コイルを凝縮器として作用させ温水を製造している。冷温水製造時は空気コイルを使用せず、冷水コイルを蒸発器、温水コイルを凝縮器として使用し、冷水と温水を同時に取り出すようにしている。夏期に温水が必要な場合は空気コイルから放熱する熱を回収し、冬期に冷水が必要な場合は空調負荷から熱回収するので冷温水同時取出モードでは省エネルギー運転となる。

(2) 使用範囲

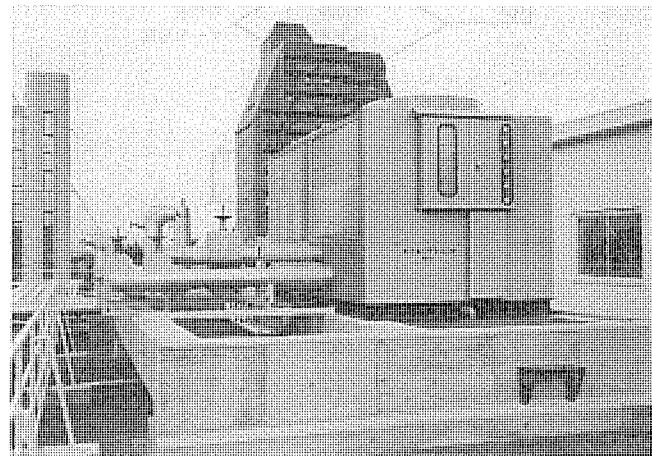


図5. 空冷ヒートポンプチラーユニット CAH-80 FH形（冷温水同時取出し）の設置例

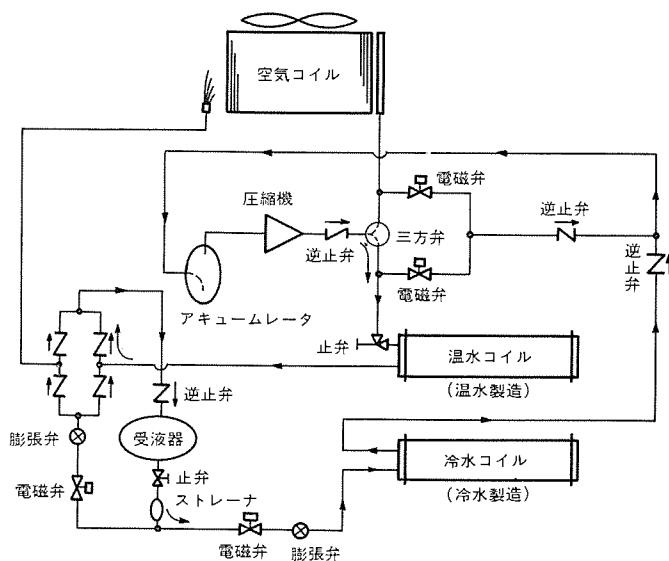


図6. CAH-FH形冷媒回路図

空冷ヒートポンプチラー CAH形 カスタムシリーズ・横山・大塚

表6.に各運転パターンにおける使用温度範囲を示す。外気15°C以下の中间間に冷水専用運転が必要な場合は、送風機のポールチェンジ制御で外気0°Cまで冷水専用運転が可能となる（特殊仕様）。なお、「冷水+温水」運転の場合は、冬期・夏期共に外気温度に関係なく運転が可能である。

(3) 冷温水同時空調システムと制御

図7.に代表的な空調システムの例を示す。恒温恒湿コントロールゾーンには冷水コイルと温水コイルを搭載した空調機が使用され、電気室やインテリアゾーンのように、年間を通して冷却負荷があるゾーンに対しては年間冷却用の空調機、一般冷暖房ゾーンでは冷温水コイルを搭載した空調機が使用され、各々の空調機に対し冷水及び温水を供給しそれぞれのゾーンに適した温度・湿度の制御が行われる。

CAH-FH形の自動制御は、温水タンク、冷水タンクのそれぞれに水温検知サーモを取り付け（客先）、このサーモのそれぞれの要求信号により、冷却専用・加熱専用・冷温水同時の各運転を行うようしている。

3.2.4 低外気冷房 CAH-FL形

インテリジェントビルなどのように、中间期や冬期の一時期に冷却運転及び厳寒期の暖房運転が必要な場合に最適な製品である。

表6. CAH-FH形（冷温水同時取出し）運転パターンと使用範囲

季節	運転パターン	冷 水	温 水	使 用 範 囲 (°C)		
				冷 水	温 水	外 気
夏	冷水専用	○	×	4~12	×	15~40
	冷水+温水	○	○	4~12	35~53	×
冬	温水専用	×	○	×	35~53	-10~+15
	温水+冷水	○	○	4~12	35~53	×

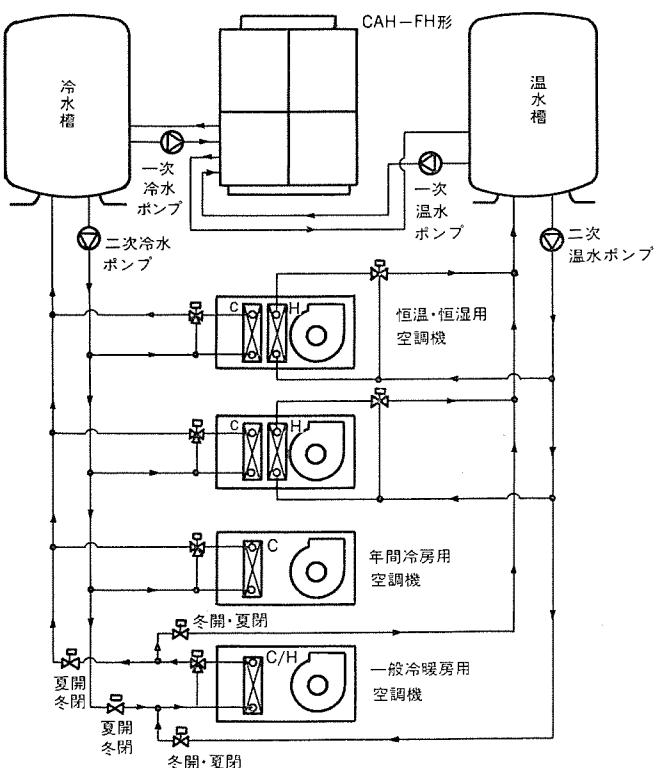
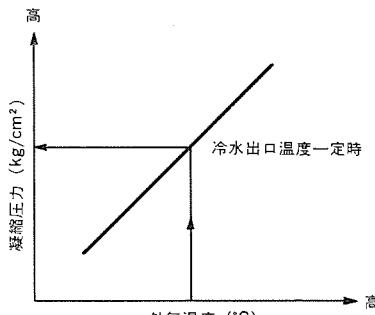
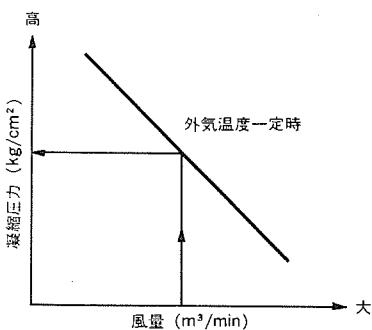


図7. 冷温水同時空調システム例



(a) 外気温度と凝縮圧力



(b) 風量と凝縮圧力

図 8. 外気温度と凝縮圧力、風量と凝縮圧力の関係

(1) 使用範囲

通常、空冷ヒートポンプチラーの冷却運転は、外気 15°C から 40°C の範囲であるが、CAH-FL 形は 0°C から 40°C の範囲で運転が可能である。

(2) 低外気冷房制御

図 8. に示すように空冷式の場合は、外気温度が低い状態で冷却運転すると凝縮圧力が低下し、運転に支障を来すため、CAH-FL 形は外気温度を検知して送風機のポールチェンジ制御（機種により台数制御も行う）を行い、風量を制御することによって低外気冷房を可能とした。図 9. にシーケンスフローの例を示す。

3.2.5 省エネタイプ CAH-FE 形

空調用熱源機は、通常冷房負荷のピーク値に対応して選定（暖房負荷／冷房負荷の比が 1 未満のシステム）されるが、冷房負荷量によっては、熱源機の能力をアップすることにより、前記選定法に対し容量をワンランク下げることが可能な場合がある。CAH-FE 形は、夏期のみ空気コイルに散水することにより、冷房能力を約 20 % アップさせることができる製品で、ピーク負荷が熱源機容量の約 20 % オーバーする場合に最適である。

(1) 散水温度と散水量

冷房能力は散水温度にはほとんど影響されず、空気コイルの吸込空気湿球温度に支配されるので市水で十分である。散水量は 10 馬力当たり $4 \text{ l}/\text{min}$ でよく、これ以上増やしても効果は少ない。

(2) 防食対策

空気コイルに強制散水する場合は、フィンの防食対策が必要であるが、

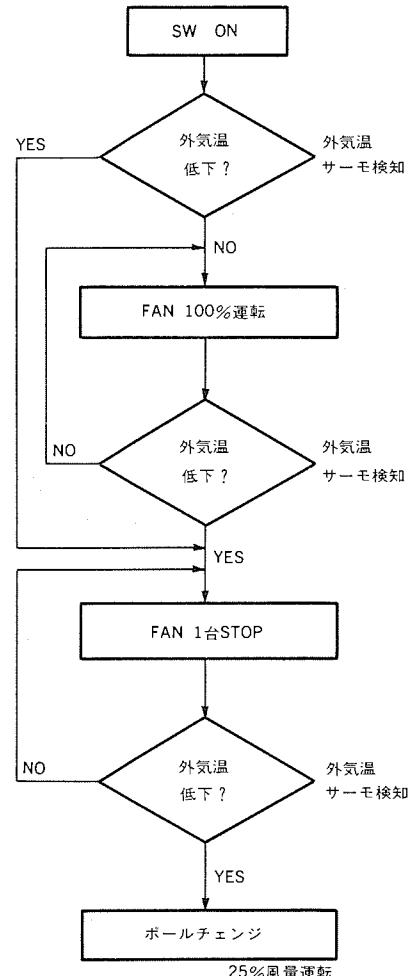


図 9. 制御シーケンスフローの例 (CAH-40 FL 形)

CAH-FE 形は ノンクロムタイプ の水溶性アクリル樹脂をフィンに焼付けコーティングし、フィンの腐食を防止している。

3.2.6 監視制御

インテリジェントビルは、従来のビルに比べビル管理面で複雑化するので、総合的なビル管理システムが導入され、空調システムも管理群の 1 アイテムとして空調機器群のスケジュール発停制御や台数制御、故障、監視などの一括監視制御が行われる。CAH 形カスタムシリーズは、このようなインテリジェントビル用の熱源機器として、ビル管理システムに接続することができるよう外部端子（運転制御用）・無電圧接点（警報及び運転表示）を各種用意している。なお、ビル管理システムからの信号形態がパルスの場合は信号を保持する回路をユニット内に設けることも可能である（特殊仕様）。

4. むすび

未来形オフィスの在り方が模索されている現在、空調設備においても OA 化によって生じる諸問題にどう対応するかは重要な課題である。本稿では、CAH 形カスタムシリーズのうち熱回収形を主に紹介したが、インテリジェントビルの空調を計画する場合の一助となれば幸いである。

三菱超電導磁気共鳴イメージングシステム

辻 芳郎*・菊地 宏*・山田 忠利**・渡邊 次男***・宮西洋太郎†

1. まえがき

生体を断層イメージングする診断装置は目覚ましい発展を遂げ、その代表的装置であるX線CTは広く普及した。しかし近年、X線CTに勝る性能をもつ磁気共鳴イメージングシステム（以下、MRIとよぶ）が注目を浴び、活発な研究開発が行われてきた。

MRIは、物質構成のもと（素）である原子核が、静磁場中において固有の周波数で共鳴状態となる磁気共鳴現象を応用した装置である。この現象は既に1946年に発見されているが、イメージング応用に有用であると示唆されたのは1972～73年のことであり、更に臨床的な有用性が認められ始めたのは1980年にはいってからである。近年臨床研究が進み、MRIの診断装置としての地位が高められてきた。

当社はこの中にあって、診断に必要な鮮明な画像を得ることと、更にMRIの特長であるスペクトル分析を目標として、いち早く超電導MRIを、すべて自社開発することに着手した。これは当社が国内で最初である。

現在、磁場強度0.6Tの三菱超電導MRI（形名MMI-60S形）は、臨床試験を完了し、鮮明な臨床画像データを得ているので、ここに報告する（図1.）。

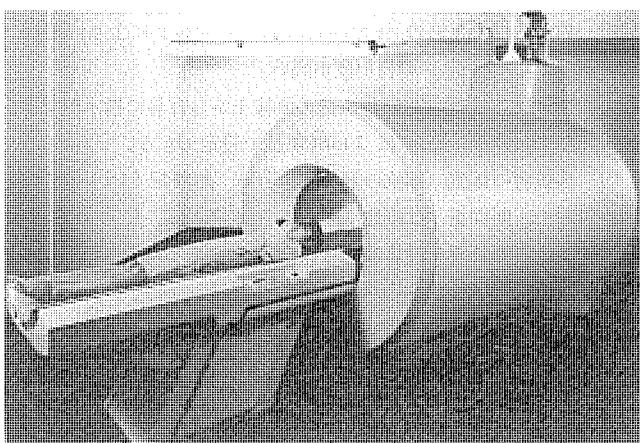


図1. 三菱超電導MRI（プロトタイプ）

2. 三菱超電導MRI開発の目的

X線CTは解剖学的な断層像診断法を確立したが、MRIはX線CTに無い特長をもっている。この特長が次世代の診断装置として期待される理由である。

2.1 MRIの臨床上の期待（主にX線CTと対比して）

MRIは非侵襲的な生体計測技術として応用される。X線CT像は、透過X線に対する吸収率の分布を画像とする形態学的イメージであるが、MRIは形態のみならず、組織内細胞レベルにおける生理学的情報をも画像化する。すなわち、細胞活動に重要な代謝生成物の検出

表1. MRI及びX線CTの比較

項目	MRI	X線CT
画像描出	形態学的像及び細胞組織内生物学的像	形態学的像
早期診断	変性の描出により早期診断可	形や密度に異常が生じてから可
X線被曝	無し	局部被曝
撮像断面	任意の方向の断面	体軸にほぼ直角な平面
骨・空気の影響	受けない	大きく受けける
撮像時間	数分	最少2秒程度
必要なシールド	磁気シールド RFシールド	X線シールド

高磁界MRI）や、MRIの原理に基づく緩和時間情報により、同一断層面でも強調輝度部位の異なる種々の画像が得られ、臨床上高度な診断のできる装置として期待が寄せられる（表1.）。

また、例えば細胞内にしゆよう（腫瘍）性の変質が始まったとき、既にMRIでは描出されるが、X線CTでは腫瘍がある程度大きくなって初めて画像に描出される。すなわちMRIは早期診断が可能である。

MRIはX線被ばく（曝）が無いという大きなメリットがある。一方、静磁場と高周波磁場を用いるが、人体との相互作用は極めて弱いとされている（以下、高周波=Radio Frequency: RFとよぶ）。

X線CTは撮像する際、X線発生部と検出器が、被検者をはさんで対向し、その周囲を回転する。このため得られる断層面は体軸にほぼ直角な面に限られるが、MRIでは可動部分が無く、体のどの方向の断層面でも撮像できる。

このようにMRIは、臨床面からX線CTに勝る、非常に有用な装置であると期待されるのである。

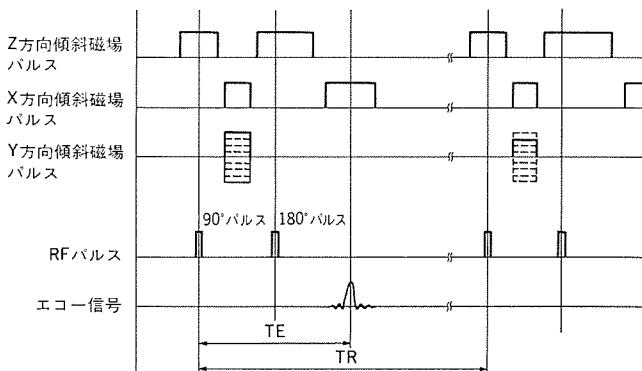
2.2 三菱超電導MRIの開発

この優れたMRIを実現するために、MRIの要素技術を分析すると以下のように分解できる。

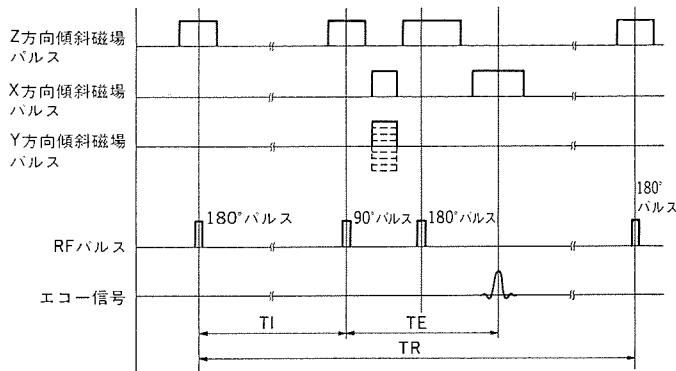
- (1) 高均一、高安定な静磁場を発生する技術。
- (2) 静磁場に重畠するパルス的な傾斜磁場を発生し、これに同期してパルス的なRF磁場を発生印加する技術。
- (3) これらの種々のパルスシーケンスを自在に生成する技術。
- (4) 微弱な磁気共鳴信号のためのRF信号低雑音受信・增幅技術。
- (5) 増幅された信号から画像を描出するための信号処理・画像再構成、及び画像処理技術。
- (6) 高速演算、大容量データ処理ができる計算機技術。

これらの要素技術は、強力な研究開発部門を背景とする、いずれも当社の保有する技術であり、MRI実現のための基礎条件は、十分整っている。

静磁場生成について表2.のように幾つかの道がある。磁気共鳴信号のS/N比は静磁場が強くなるに従い上昇する。鮮明な画像を得るため、磁場均一度、安定度の良い超電導マグネットが有利であり、また、より高磁場によるスペクトル分析への発展性を包含しているこ



(a) SE 法のパルスシーケンス



(b) 1R 法のパルスシーケンス

図 2. MRI の動作パルスシーケンス

表 2. MRI 用マグネットの比較

	超電導電磁石	常電導電磁石	永久磁石
静磁場強度	0.3~2 T 以上	~0.2 T	~0.3 T
静磁場生成	永久電流(電源不要)	定電流制御電源	永久磁石(電源不要)
磁場均一度	極めて良い	良い	問題があると言われている
磁場安定度	極めて良い	良くない	良い
電力消費	少ない	大きい	少ない
冷却の維持	液体 He による超電導維持	水冷によるコイルの温調	磁石は温度に敏感。室内の精密温調要
磁場漏えい	大きい	中程度	少ない
重量	中程度	軽量	重い
運転費用	中程度	大きい	少ない

とから超電導マグネットの採用を決定した。超電導技術は当社の得意とするところで、国内で初めてMRIマグネットの自社開発を行った。

また、マグネット静磁場強度を、信号強度とRF体内浸透深さの関係を検討して、0.6 Tに設定した。

人体周囲に置かれるRFコイルに、0.6 Tに相当する25.5 MHzのRFを有効に、強度分布を均一に放射、受信する技術開発、二次元フーリエ変換法に基づいたパルスシーケンスと画像再構成のためのソフトウェア開発、更にパルス運転される傾斜磁場系、RF送受信系の技術開発など、すべて自社開発した。

三菱超電導MRIは、当社の総合技術力の結集される装置なのである。

2.3 三菱超電導MRIの動作

MRIの動作は以下のとおりである。撮像のためにはRFパルスや傾斜磁場パルスの種々のシーケンスがあるが、三菱MRIは、今後開発される新しいシーケンスにも、即座に対応できるよう設計されている。現在はスピニコー法(SE)、反転回復法(IR)と呼ばれる撮像シーケンスと、RFで励起された原子核が励起後元の状態に戻っていく緩和時間(縦緩和: T_1 、横緩和: T_2)と呼ばれる特有な値の分布を画像化するシーケンスが組み込まれている。

X線CTと異なって種々の画像が得られるのは、信号強度が次のように表されるためである。

$$I_{SE} \approx k \{ \exp(-TE/T_2) \} \{ 1 - \exp(-TR/T_1) \}$$

$$I_{IR} \approx k \{ \exp(-TE/T_2) \} \{ 1 - 2 \exp(-TI/T_1) + \exp(-TR/T_1) \}$$

但し I_{SE} , I_{IR} : 各々SE法, IR法による信号強度

TE : エコー時間, T_1 : 縦緩和時間(但し $T_E \ll T_1$)

TR : 繰返し時間, T_2 : 横緩和時間

TI : 反転時間, k : 密度、装置定数を含む係数

すなわちエコー時間、繰返し時間、反転時間などの撮像時に決められるパラメータで信号強度が変化するので、強調輝度部位を変化させることができる。図2.は、被検者体軸に直角な平面の断層像を得る場合のパルスシーケンス例で、Y方向の傾斜磁場はパルス繰返し時間ごとに少しづつ変化する。

3. 三菱超電導MRIの特長と仕様

0.6 T 三菱超電導MRI、MMI-60 S形は、人体(被検者)内の水素原子核(プロトン)の磁気共鳴を対象としたイメージングシステムである。この装置の特長及び仕様は次のとおりである。

- (1) 信号強度とRF浸透深さの関係から、磁場強度は最適な0.6 Tに選ばれ、低雑音受信系と高分解能A/D変換器により、S/N比の良い磁気共鳴信号が取得でき、鮮明な画像が得られる。
- (2) 信号取得のためのパルスシーケンスは、ソフトウェアにより、選択、設定ができ、イメージングの自由度が高い。
- (3) 撮像断面はマルチスライスも含め画像上から容易に指示ができる、スライス厚さ、位置、ピッチは1 mm単位で設定できる。
- (4) 被検者の体位、部位の形状に合わせ、斜断面(オブリーク)の撮像が可能で、断面指示は画像上で行える。
- (5) 高速演算装置が計算機に内蔵され、256×256ピクセルの画像再構成は10秒/スライス以下の短時間で行える。
- (6) 心拍同期、呼吸同期イメージングが可能で、またサーフェースコイルイメージングができる。
- (7) 超電導マグネットによる静磁場安定度は0.1 ppm/h以下と優れた安定性を実現する。
- (8) 磁場均一度は35 cm球内で10 ppm以下の高均一度で、磁場補正用シムコイルも超電導であり、均一度の安定性も優れている。
- (9) 液体ヘリウム消費量は0.2 l/h以下と少なく、液体窒素や電力消費と合わせても、運転費用は膨大な電力及び冷却水を必要とする常電導MRIより安価である。
- (10) 液体ヘリウム及び窒素の注入は、作業性に優れる水平方向取扱方式でマグネット全高が低く、診察室天井に制約が少ない。
- (11) マグネット中心高が床上930 mm、診察台天板は床上780 mmと低く、医師が被検者の様子をよく観察できる。
- (12) マグネットに直付磁気シールドが取付可能(オプション)で、漏えい磁場領域を狭く抑えることができる。
- (13) コンソールには、高解像度画像ディスプレイとメニュー選択タッチパネル

表 3. 三菱超電導 MRI の仕様

項 目	仕 様
(1) イメージング磁場	0.6 T (プロトン共鳴周波数 25.5 MHz)
(2) イメージング方法	二次元フーリエ変換法 (2 D-FT 法)
(3) イメージング空間 (mm)	頭部用 約 300 W × 270 L 全身用 約 450 W × 350 H × 400 L
(4) 断層面の種類選択	横断 (Transverse) 断面 矢状 (Sagittal) 断面 冠状 (Coronal) 断面 任意傾斜 (Oblique) 断面
(5) 撮像モード選択	スピノエコー (SE: Spin Echo) 反転回復 (IR: Inversion recovery) T1 値画像 (Pure T1) T2 値画像 (Pure T2)
(6) イメージングの空間分解能	頭部用 1 mm 以下 全身用 1.5 mm 以下
(7) 断層像のスライス厚	頭部用 4~20 mm (1 mm ピッチ) 全身用 5~20 mm (1 mm ピッチ)
(8) マルチスライス撮像	標準 15 スライスの撮像
(9) マルチスライスピッチ	スライス厚以上
(10) イメージングピクセル数	最大 512 × 512 データ
(11) イメージディスプレイ	最大 512 × 512 (データ対応表示)
(12) ディスプレイ表示階調	256 階調
(13) 磁場均一度	10 ppm 以下 (35 cm DSV において)
(14) 磁界安定度	0.1 ppm/h 以下
(15) 液体ヘリウム消費量	0.2 l/h 以下
(16) 画像再構成時間	10 秒/スライス以下

付き プラズマディスプレイを持ち操作が容易である。

- (14) 他機種との情報交換容易な画像フォーマットで、病院内 LAN (Local Area Network)への接続が容易である。
- (15) システムすべてが自社開発技術により構成され、ブラックボックス部分がなく、信頼性及びアフターサービスについても行き届いた管理が可能である。

以上の特長をもつ三菱超電導 MRI の仕様を表 3. にまとめる。

4. 三菱超電導 MRI の構成と機能及び性能

三菱超電導 MRI の構成を図 3. に示す。

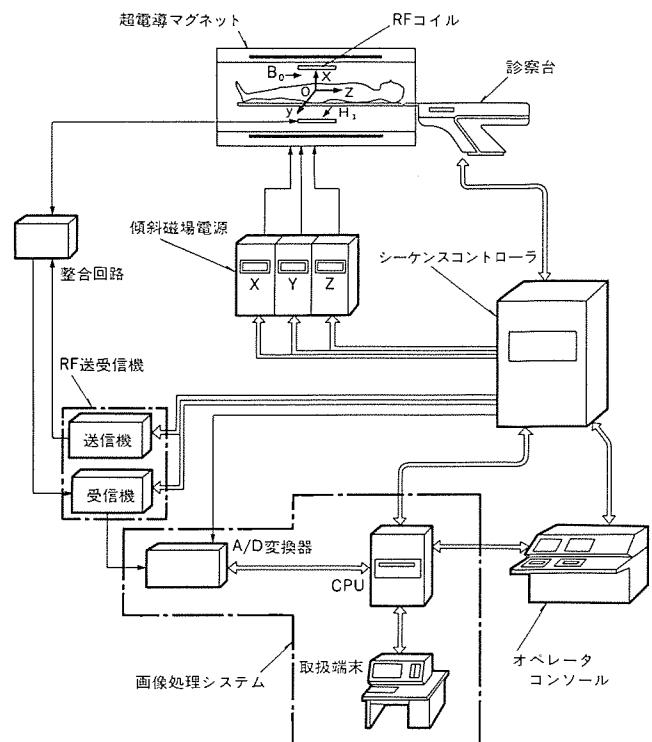


図 3. 三菱超電導 MRI のブロック図

4.1 撮像動作手順

被検者が診察台天板により、静磁場の生成されているマグネット内に導入される。パルス的な RF 磁場と傾斜磁場が動作して被検者の特定の部位に共鳴励起が生じ、その共鳴信号が RF コイルに受信される。この信号は受信機で必要な信号に増幅変換され、A/D 変換器を通して計算機内に貯えられて行く。1枚の画像を得るためにシーケンスコントローラの管理の下で、必要回数信号取得が上記のように繰り返される。同時に、計算機は画像再構成の高速演算を開始し、直ちにオペレータコンソールの画像ディスプレイ上に画像を表示する。種々のパラメータ選択、画像操作はこのコンソール上で可能で、以上のようにして一連の画像を得るのである。

4.2 超電導マグネット

超電導状態とは、4.2 K (絶対温度) のような極低温中で導体の電気

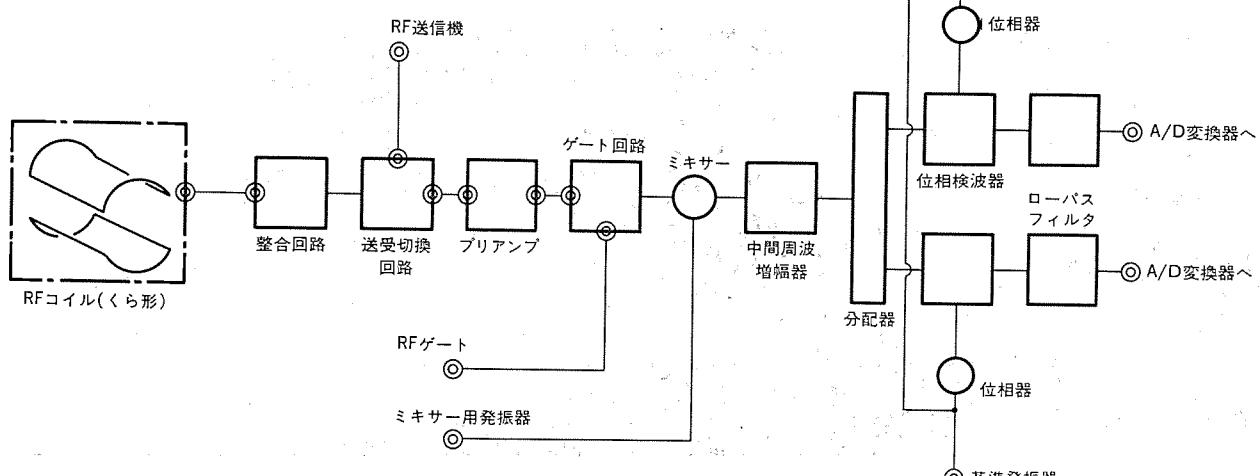


図 4. RF 受信系の回路

抵抗が零になる状態であり、一度電流を流し込むと半永久的に電流は流れ続ける。この状態で発生する磁場は極めて安定である。導体接合部の微少抵抗によりわずかに 0.1 ppm/h 以下の割合で減少する。

画像を構成するためには、共鳴信号が被検者のどの部位から発生したか同定されねばならない。そこで静磁場に傾斜磁場を重畠させる。この傾斜磁場コイルは常電導で、空間的な磁場傾斜を X, Y, Z 軸（被検者の体軸を Z 軸として）の三次元方向に独立して持たせられるよう設置されている。

4.3 RF コイル

磁気共鳴信号を生ずるために RF 磁場を放射し、被検者からの磁気共鳴信号を受信する一種のアンテナである RF コイルは、マグネットの中央部に設置される。送受信を同一コイルで行う場合の送受切換回路や整合回路に工夫が払われている。その概要を、RF 受信系として図 4. IC 受信機の構成を示すが、全利得は 90 dB 以上あり、極めて微弱な信号を增幅することができる。

胸腹部撮像用には大きな全身用コイル、頭部用には送受信に有利な専用の小さな頭部用コイルが用いられる。また特定の表面用に更に小さな眼部用、乳房用、ひじひざ（肘膝）用などのサーフェスコイルが用いられる。

4.4 傾斜磁場電源

傾斜磁場用のパルス電源である。3種類の傾斜磁場コイルに応じて3電源が独立に動作する。画像構成用のパルス繰り返しごとに傾斜磁場を順次変化させるが、X, Y, Z の役割を相互に交代させると、どの軸に平行な断層面でも撮像でき、更に各軸の役割を互いに分担し合うことにより任意の斜断面の撮像が可能となる。

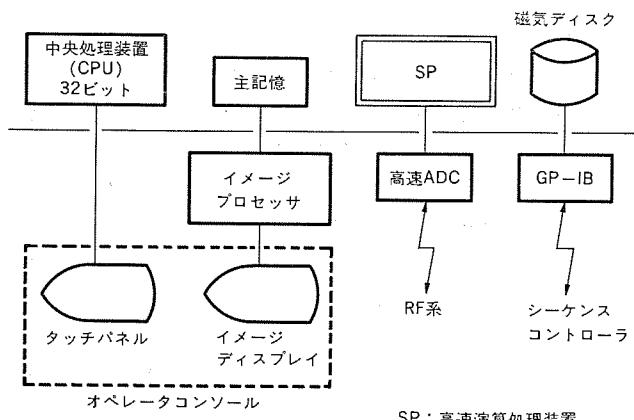


図 5. 画像処理システムのブロック図

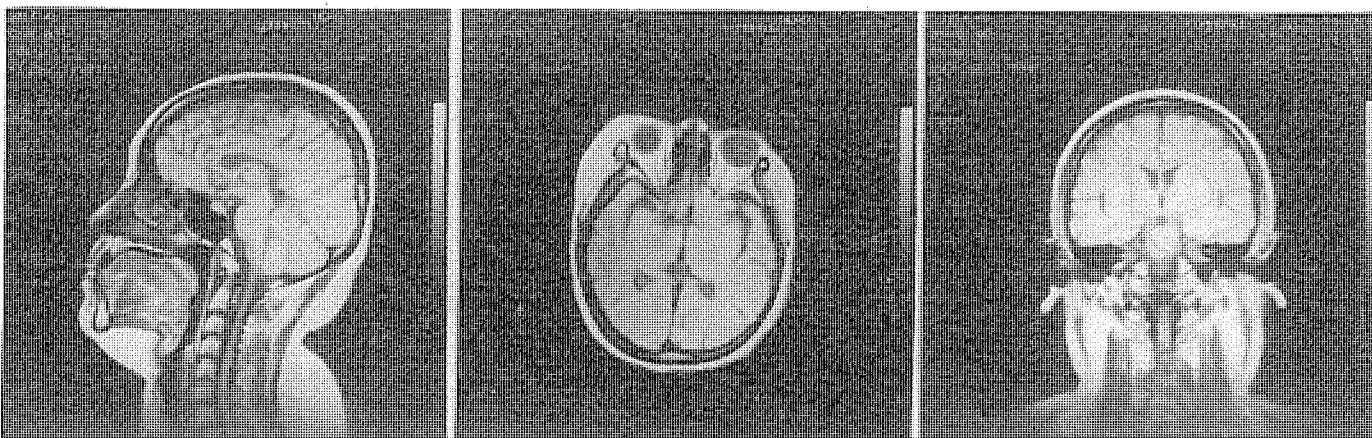


図 6. 種々の断層面による頭部画像

傾斜磁場は最大 5 mT/m (0.5 Gauss/cm) の傾斜を持たせられる。

4.5 RF 送受信機

傾斜磁場パルスと所定の同期をとって RF パルスが発生する。図 2. に示すように磁気共鳴の原理に基づき、RF パルスの振幅はパルスごとに厳密に制御され、また磁気共鳴領域（断層の厚さ）を急峻に区切るため特殊な関数で振幅変調される。

発振周波数は厳密に静磁場中のプロトン共鳴周波数に合わせられ (0.60 T で 25.5455 MHz), 0.1 ppm/h 以下の安定度をもっている。

図 4. IC 受信機の構成を示すが、全利得は 90 dB 以上あり、極めて微弱な信号を增幅することができる。

4.6 シーケンスコントローラ

撮像及び信号取得シーケンスの実時間処理を行なうコントローラである。マイクロプロセッサと MRI 専用のプログラマブルなパルス発生器により、RF 送受信機、傾斜磁場電源、A/D 変換器を動作指令する中枢部である。シーケンスの時間分解能は最少 400 ns まで可能である。

4.7 画像処理システム

当社製最新 32 ビットスピニコンを採用し、高速演算処理装置を内蔵している。この画像処理システムの詳細を図 5. に示す。

(1) A/D 変換器

14 ビットの分解能を持ち、最高 500 kHz の高速サンプリングの能力を持っている。サンプリング速度は撮像内容により自動的に選択される。

(2) コンピュータ

32 ビット《MELCOM 350-60/300》計算機を採用し高速データ処理を、また内蔵形高速演算処理装置により画像再構成と画像処理演算を行う。二次元フーリエ変換による画像再構成は 10 秒/スライス以下である。

(3) 外部記憶

135M バイト 固定ディスク装置及びフロッピディスク装置を装備するが、オプションとしてこれらの増設、磁気テープ装置や光ディスク装置の接続は容易に可能である。各種撮像シーケンスのデータはここに記憶されている。

4.8 オペレータコンソール

通常、撮像パラメータの選択、画像の観察を行う部分で、診断操作の中心となる所である。

画像ディスプレイは 14" モノクロ CRT (カラーはオプション) で 512 × 512 のピクセルに対応する表示が可能である。対話用にはキーボードもあるが通常はプラズマディスプレイとタッチパネルにより、メニュー選択操作を中心とする。

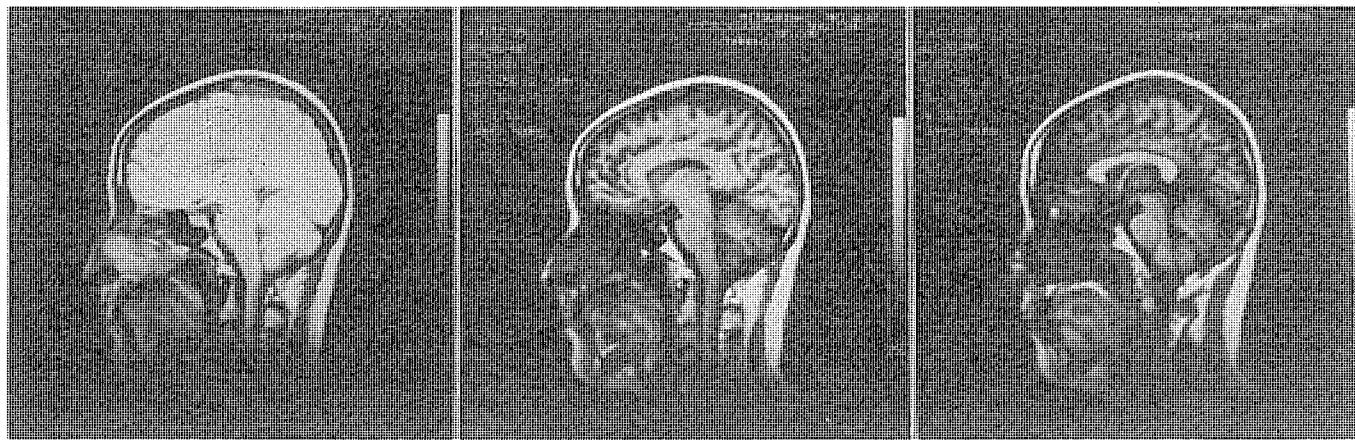
心とした容易なオペレーションを実現している。

4.9 診察台

被検者が横が(臥)し、マグネット内に診断部位を容易に移動させられるように設計されている。挿入される天板は、マグネット中心を90cm越える範囲まで移動できる。

5. 臨床診断データ

三菱超電導MRI、MMI-60 S形による臨床データ写真を以下に示す。

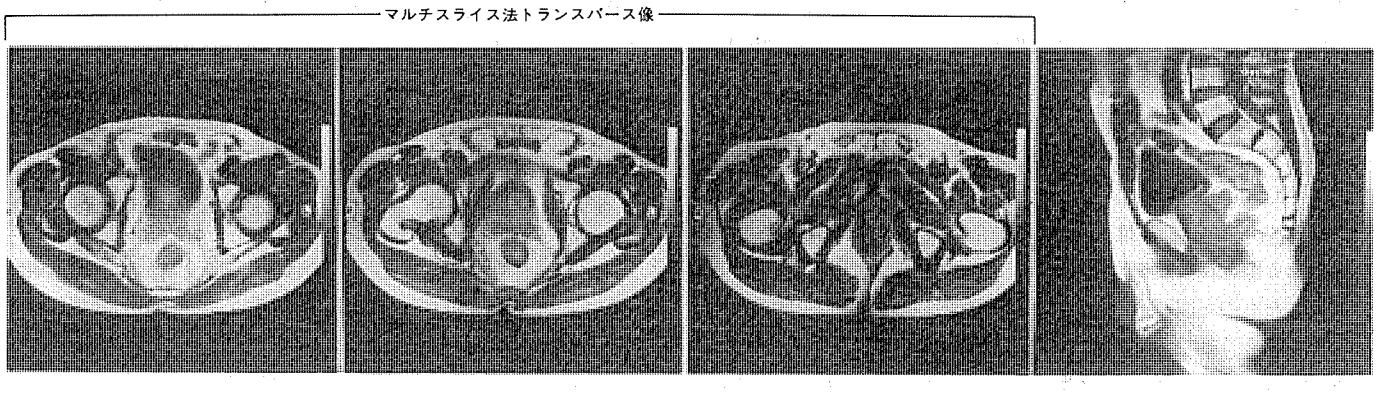


(a) スピンエコー (SE) 法

(b) 反転回復 (IR) 法

(c) 反転回復 (IR) 法

図 7. 撮像法の異なる頭部画像



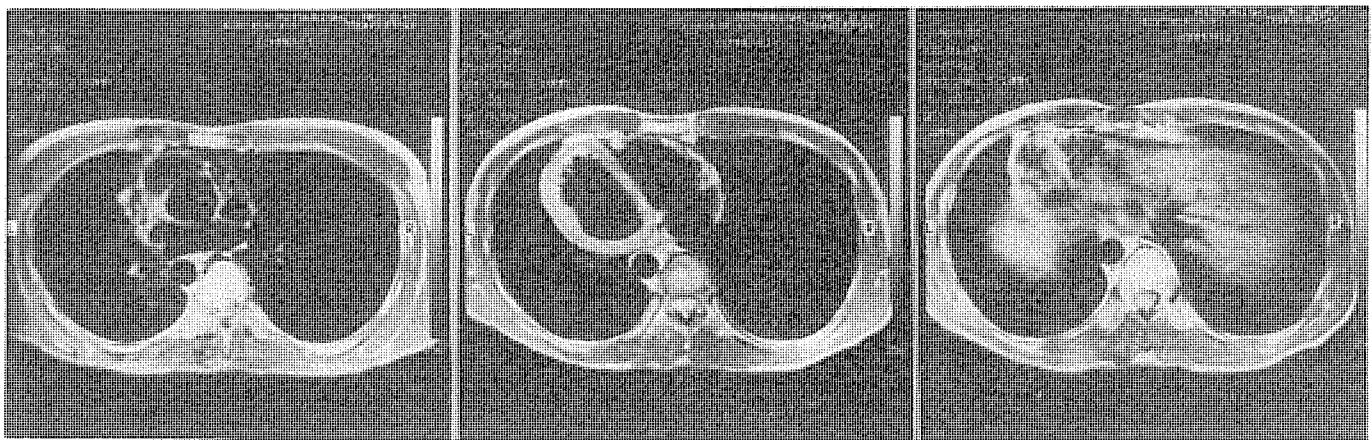
(a) スライス面1

(b) スライス面2

(c) スライス面3

(d) 腹部 サジタル後

図 8. マルチスライス 法による腹部画像



(a) 肺動脈弁近傍

(b) 心室部

(c) 心臓底部 (肝臓)

図 9. 心拍同期による胸部画像

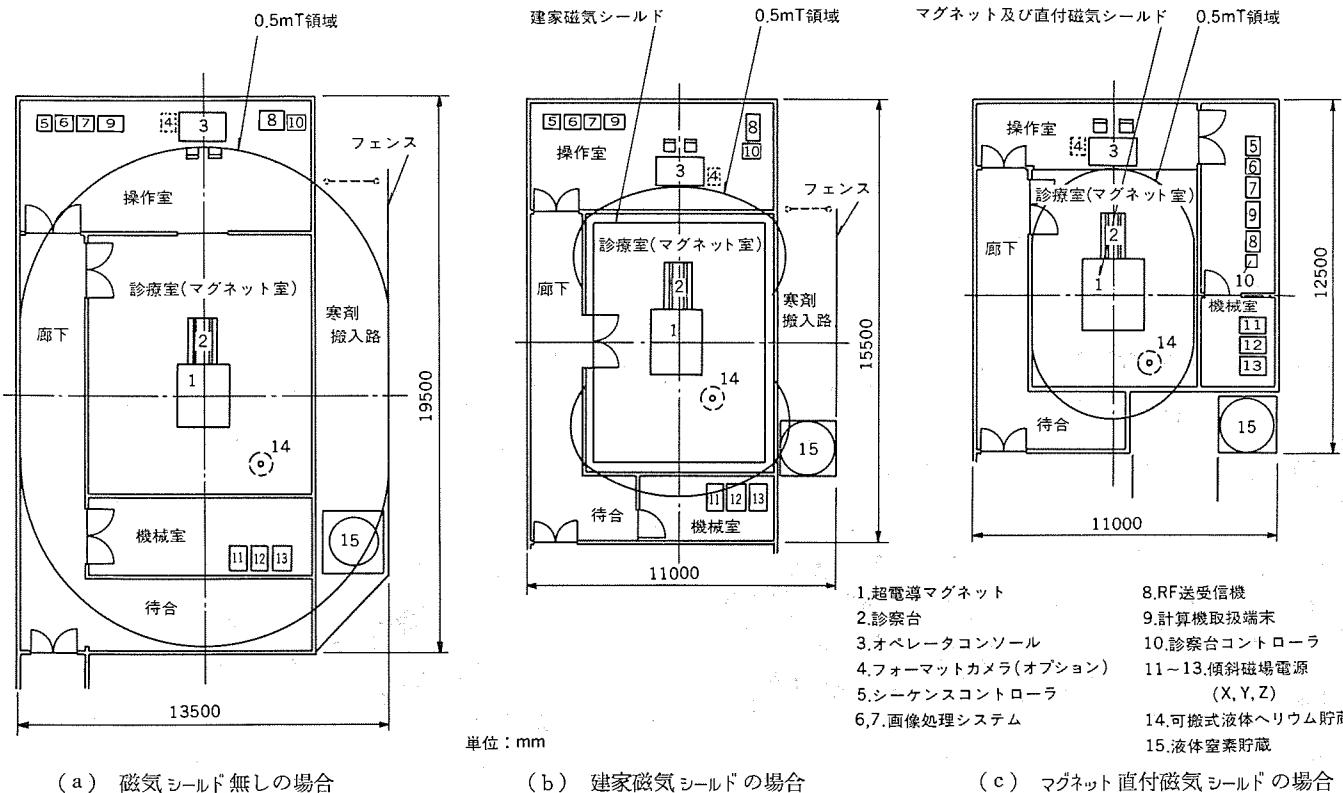


図 10. 漏えい磁場 0.5 mT となる領域の大きさ

の水分・脂質など) の分布の画像化である。同図(b)は、(a)と同じ断面を反転回復 (IR) 法により撮像したもので、主に縦緩和時間の差異による画像化である。このように種々の目的に応じて撮像法を選び適切な画像を構成できる。同図(c)は異なる断层面の IR 像である。

図 8. は、腹部を画像化したものである。同図(a)～(c)はトランスペラス像で、体軸方向に位置の異なる複数断層を撮るマルチスライス法と呼ばれる撮像法による画像である。この下腹部部位をサジタル像として撮像したものが同図(d)で、前立腺に腫瘍が見られる前立腺がん(摘)の例である。

図 9. は、心拍同期による胸部のイメージングである。心電計により、心臓の拍動期信号をトリガとして MRI が動作する。同図(a)では心臓の弁や肺動脈部が描出され、(b)では左右の心室が画像化されている。

6. 超電導 MRI の周囲との関係

超電導 MRI の最大の性能を発揮させ、周囲との干渉をなくすために幾つかの考察を行う。

超電導(常電導も同様) マグネットは、空心コイルであるため磁場漏えいが生ずる。その目安として、心臓ペースメーカーを基準に 0.5 mT (5 Gauss) の磁場となる領域について検討したものが図 10. である。同図は 0.6 T マグネットの設置例を示しており、磁気シールドの無い場合、建家に磁気シールドを施した場合、マグネットに直付磁気シールドを施した場合で、磁場漏えいの差異が明らかである。

一方、磁気シールドの無い場合、診察室外の近傍で トラック のような大きな鉄体が移動すると磁場均一度に影響する場合がある。したがって磁気シールドの設置又は進入制限区域の設定が好ましい。

次に、磁気共鳴は微弱な RF 信号を扱うので、放送電波などの混入があると画像が劣化する。また印加 RF が診察室外に漏えいしないためにも電波遮へいが必要である。地域にもよるが 80~90 dB 程度の遮へいを施すのがよく、通常マグネット設置の診察室に遮へいを施す。

7. 今後の動向及び目標

当社は、超電導 MRI の開発をいち早く行ってきたが、当初懐疑的であった超電導 MRI の国内普及は、画質、保守費などに優れるため、今やむしろ定着化しつつある。

今後、MRI の普及のため、高速撮像法の開発、更に高 S/N 信号取得、より高速の画像再構成、操作性の向上などに開発の重点が移っていくことになる。

また、MRI の特長であるスペクトラル分析とそのイメージングを臨床的に行なうために、高磁界イメージングを目標として更に開発を進めていく予定である。

8. む す び

超電導マグネットを用いた磁気共鳴イメージングシステムの自社開発を進め、臨床試験において鮮明な画像を得、一連の臨床データを取得し、ここに三菱超電導 MRI、MMI-60 S 形は所期の成果を上げることができた。

この装置の開発にあたり、種々の御指導をいただき、また臨床データの御提供をいただいた、群馬大学医学部附属病院中央放射線部の諸先生、並びに群馬県立小児医療センターの諸先生に深甚の謝意を表するものである。

(昭和 60-12-27 受付)

磁気共鳴イメージングシステム用超電導マグネット

菅 寿郎*・渡邊次男**・武智盛明**・荻野 治***・山田忠利+

1. まえがき

磁気共鳴イメージングシステム (Magnetic Resonance Imaging System : 以下、MRIと記す) は、磁気共鳴現象を応用した人体の断層画像撮影装置である。磁気共鳴現象によるイメージの原理は、X線 CT と同時期に考案されているが、臨床利用への関心が高まったのは 1980 年以降わずか数年のことである。MRI は生体組織中の原子核、例えば水素原子核 (プロトン) の密度あるいは緩和時間の分布を対象としており、組織コントラストの高い画像が得られ、放射線被ばく (曝) がなく、断層面選択の自由度が高いなどの特長がある。また、形態診断のみならず、生体の機能診断の可能性があり、近年の急速な装置性能の向上と臨床応用の増加に伴いその有用性が認められ、新しい画像診断装置として期待を集めている。

マグネットは MRI の重要な構成部品の一つであり、磁界の強度、空間均一度、時間安定度について極めて高度の特性が要求される。このため当社では、MRI 技術の開発と併行して MRI 用マグネットの技術開発を行い、超電導方式による全身用マグネットとして国産初の製品を開発しているが⁽¹⁾、今回、更に大幅な性能改善を図った人体全身用マグネットを開発した。本稿では、MRI 用マグネットに要求される磁場技術と当社が開発した超電導 MRI 用マグネットについて紹介する。

2. MRI 用マグネットの要件

図 1. に磁気共鳴イメージングシステムの構成例を示す。磁気共鳴イメージングは、高均一静磁場中におかれた人体に、傾斜磁場及び高周波磁場を印加して行われる。したがって、磁場発生、制御技術は MRI

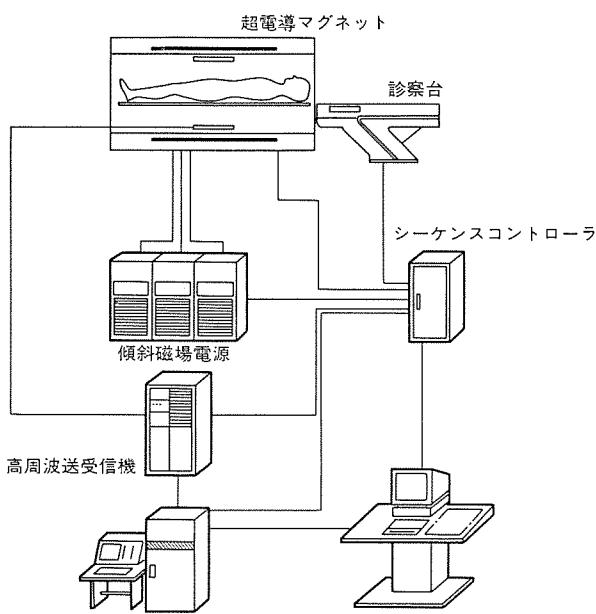


図 1. 磁気共鳴イメージングシステムの構成

において基本的な技術である。MRI 用マグネットには次の条件が要求される。

- (1) 磁気共鳴信号の取得に必要な高い静磁界を発生できること。
- (2) 撮像空間内の磁界が均一であること。
- (3) 磁界強度が時間的に安定であること。

磁界強度はシステムの特性を左右する重要な要素である。磁気共鳴信号の強度は静磁場に比例するので、S/N 比の良い画像を得るためにには、一般に高磁界が有利と考えられる。磁界強度は MRI の実用化の初期の段階では、0.1~0.15 T (テスラ) が主体であったが、最近では 0.3 T 以上の高磁界が指向されている。また、磁界強度の変動は磁気共鳴周波数の変動を招き、画質の低下を来すため、空間的に均一で、時間的にも安定な磁場が要求され、全身用マグネットでは、通常、視野空間内で 10~20 ppm 程度以下の均一度と、0.1 ppm/h 程度以下の時間安定度が要求される。

MRI 用マグネットとしては、超電導マグネット、常電導マグネット及び永久磁石のいずれの方式も用いられている。常電導マグネットは、比較的安価で、外形もコンパクトであるが、励磁電力と冷却能力の制約から発生磁界は 0.2 T 程度が実用的な限界であり、また、磁界安定度も電源変動の影響を受けやすい難点がある。また、永久磁石は、励磁電力が不要で漏えい磁界が低いという特長があるが、磁界均一度が低く、高磁界発生が困難であり、重量が過大となるなどの問題がある。これに対し、超電導マグネットは、次のような特長をもっている。

- (1) 超電導コイルは抵抗損失が無く、高電流密度の電流が通電できるため、高磁界を発生することができる。
- (2) 永久電流モードで運転することにより、減衰が少なく、時間的に安定な磁界が得られる。
- (3) 電流シムコイルの併用により、良好な空間均一度が得られる。
- (4) 導体の抵抗損失がないため、無電力運転が可能である。

以上のとおり、超電導マグネットの磁気特性は、高品質画像を得るために適した特性をもっており、特に 0.3 T 以上の高磁界用としては、技術的にも経済的にも超電導方式が有利と考えられる。このような観点から、高性能 MRI 用として、超電導方式によるマグネットを開発した。

3. 三菱超電導 MRI マグネット MSM 形の仕様と特長

全身用 MRI を対象として、表 1. に示す仕様の超電導マグネットを開発した。マグネットの外観を図 2. に示す。このマグネットの特長は次のとおりである。

- (1) 超電導シムコイルを採用している。このため、
 - (a) 磁界補正能力が大きく、良好な磁界均一度が得られる。
 - (b) シムコイルも永久電流モード運転のため電源変動や温度変化の影響を受けず、高い磁界安定度が得られる。
 - (c) シムコイルも永久電流モード運転のため常規運転電源が不要で、電力消費が無く、また、冷却水も不要である。

表 1. 三菱超電導 MRI 用 マグネット MSM 形の仕様

形 式	MSM-100-50	MSM-100-60
磁 気 特 性		
磁 界 出 力	0.5 T	0.6 T
磁 界 均 一 度	10 ppm (35 cm DSV)	10 ppm (35 cm DSV)
磁 界 安 定 度	0.1 ppm/h	0.1 ppm/h
運 転 モ ー ド	永久電流モード	永久電流モード
シ ム コ イ ル	超電導	超電導
開 口 径	1,000 mm	1,000 mm
冷 却 特 性		
冷 媒 消 費 量		
液 体 ヘ リ ュ ム	0.2 l/h (冷凍機取付け時 0.1 l/h)	
液 体 窒 素	1.0 l/h (* 0.1 l/h)	
冷媒 保 持 時 間		
液 体 ヘ リ ュ ム	10 週間	
液 体 窒 素	2 週間	
付属品 (オプション)		
直 付 磁 気 シ ー ル ド	取付け可	
熱 シ ー ル ド 冷凍機	取付け可	

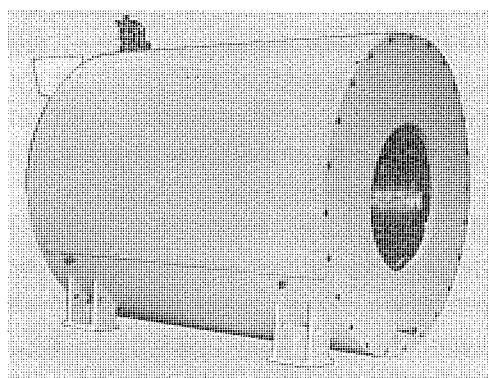


図 2. 全身用超電導 MRI マグネット（直付磁気シールド付き）の外観

(2) 寒剤消費量が極めて少ない。

超電導マグネットの運転には、コイルを極低温に維持するための冷媒として液体ヘリウムと液体窒素が必要であり、冷媒の費用がランニングコストの大半を占める。ヘリウム消費量としては、従来、0.4~0.5 l/h が一般的であったが、本機では高性能クライオスタットの開発により、ヘリウム消費量は 0.2 l/h 以下となっており、ランニングコストの低減、冷媒補給の長インタバ化を実現している。また、冷凍機の取付けが可能で、冷媒消費量を更に低減することができる。

(3) 水平方式のサービスポートを採用している。このため、

- (a) 垂直方式に比べ、天井高の低い部屋にも設置が可能である。また、マグネットルームへの搬入路についても、高さ方向の制限が大幅に緩和される。

- (b) 冷媒注入液作業をマグネット側面から行うことができ、冷媒注入液の作業性が優れている。

(4) 直付磁気シールドの取付けが可能で、漏えい磁場を大幅に低減することができる。このため、周辺機器との離隔距離を小さくすることができ、漏えい磁界の管理区域も縮小されるので、MRI の設置面積を低減することができる。

(5) 耐振強度が大きく、冷却状態で輸送、据付けができる。このため、

- (a) 現地での再冷却作業が不要で、再冷却用の冷媒も不要のため経済性に優れている。

- (b) 据付け、調整の作業時間が短縮できる。

(6) クライオスタットが全溶接構造のため、耐真空性能が優れており、

真空劣化によるヘリウム消費量増加のおそれがない。

4. マグネットの構造

4.1 主コイル

MRI 用マグネットは高均一度が要求されるため、コイル方式の選定が設計上重要な問題である。本機では、比較的短いコイル長で高均一度が達成でき、クライオスタットへの収納に有利な高次補償ソレノイド形を使用した。

コイル導体にはニオブチタン (NbTi) 多心超電導線を使用した。電流デグレーデーションを抑制するため、電磁力や熱応力による巻線のずれや変形を防止し、機械的に安定な巻線となるよう巻線構造と巻線方法に工夫を施している。また、高次補償コイルの磁界均一度は、巻線の寸法誤差に極めて敏感なため、工作上の寸法誤差を最小とするよう細心の注意を払って製作した。

MRI 用マグネットは、永久電流モード運転による安定な磁界が利用される。永久電流は超電導マグネット特有の励磁方式であり、通電した超電導コイルの両端を超電導体（超電導スイッチ）で短絡して電源を切り離し、超電導線で構成された閉回路を循環する電流を利用するものである。永久電流はコイルの残留抵抗によってわずかずつ減衰し、これが磁界の時間安定度を定める。残留抵抗の最も大きな要因は超電導線の接続抵抗であり、0.1 ppm/h 以下の減衰率を得るために、コイルの全接続抵抗を $10^{-9} \sim 10^{-10} \Omega$ 以下とする必要である。当社では、超電導線の接続法について独自の方法を開発し⁽²⁾、極めて高い磁界安定度を実現した。

4.2 シムコイル

高次補償設計の採用により、理論的には主コイルのみによって所望の均一度をもつコイルの設計が可能であるが、実際には製作上確保できる寸法精度の限界や、マグネット周辺の磁性体の影響により誤差磁界が発生し、実際に得られる磁界均一度は、理論限界値より低下する。また、本機は、漏えい磁界低減のための直付磁気シールドの取付けが可能となっているが、直付磁気シールドの取付けによっても磁界均一度は大幅に変化する。シムコイルは、このような誤差磁界を打ち消し、均一度を補正するために使用されるものであり、図 3. のように多数の円形及びくら形コイルを組み合わせて、軸方向及び径方向の空間高調波成分に対応した磁界出力をもつシムコイルを構成す

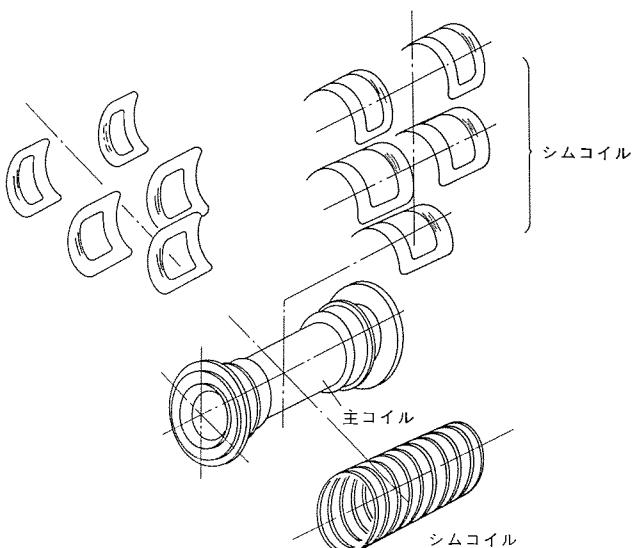
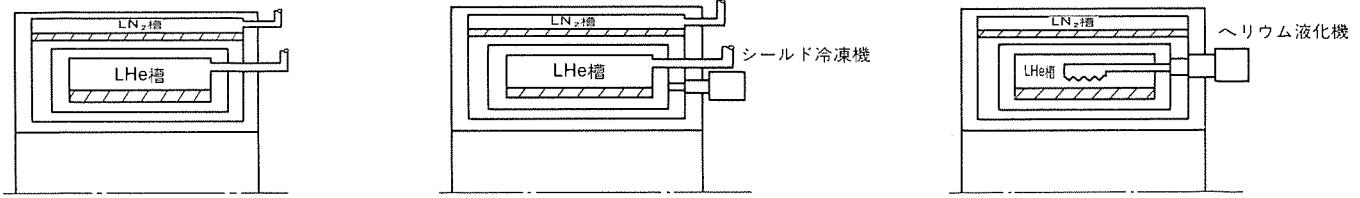


図 3. MRI 用超電導マグネットのコイル構成



(a) 開放式

(b) 热シールド冷凍機式

(c) ヘリウム液化機式

図 4. MRI マグネットの冷却方式

表 2. MRI マグネット冷却方式の比較

方 式	利 点	欠 点
開 放 式	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性が高い ライフサイクルコストが最も低い 騒音がない メンテナンスフリーである 	<ul style="list-style-type: none"> 他方式に比べヘリウム消費が多い 冷媒の定期的補給が必要
熱シールド冷凍機	<ul style="list-style-type: none"> 開放式に比べヘリウム消費が少ない ライフサイクルコスト中等 液化機に比べ信頼性が高い 	<ul style="list-style-type: none"> 定期保守点検が必要 若干騒音を発生する やや高価である
ヘリウム液化機	<ul style="list-style-type: none"> ヘリウム消費が無く補充不要 	<ul style="list-style-type: none"> 高圧ガス取締法の適用対象となる 他方式に比べ信頼性に問題が残る 定期保守点検が必要 他方式よりライフサイクルコストが高い 若干騒音を発生する

る。本機では 10 種 12 チャネルのシムコイルを設けており、特にシムコイルの磁界出力は、直付磁気シールド取付け時にも対応可能な容量をもたせている。

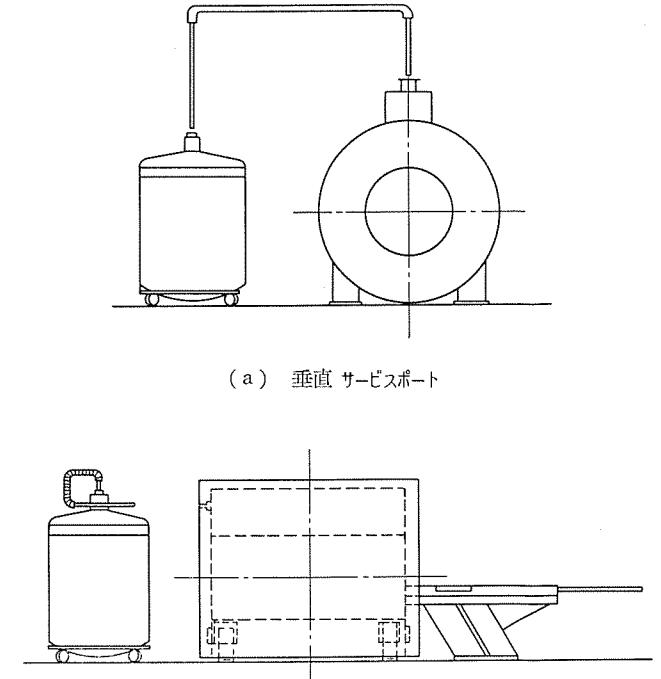
4.3 クライオスタッフ

超電導マグネットは、コイル導体を超電導状態で使用するため、極低温に維持する必要がある。このため、クライオスタッフと呼ばれる極低温容器に収納し、液体ヘリウム及び液体窒素で冷却される。本機のクライオスタッフは、MRI 用超電導マグネットの課題であった、冷媒消費量、形状、輸送強度などについて改良を図り、画期的な製品となっている。

4.3.1 ヘリウム消費量の低減

MRI 用超電導マグネットは、永久電流モードによる無電力運転が行われるが、外部から侵入する熱によって液体ヘリウムが蒸発する。コイルを収納したヘリウム槽は排気管を通じて大気に開放されており、蒸発ヘリウムガスは大気に放出される。全身用超電導 MRI マグネットのヘリウム消費量は、従来、0.4~0.5 l/h 程度が一般的であり、年間を通して常時冷却運転される MRI 用マグネットでは、冷媒費用が運転費の大半を占める。したがって、クライオスタッフの熱侵入量の低減は、設計上重要な問題である。

クライオスタッフは、熱侵入を抑えるため真空断熱構造とし、更に液体窒素及び蒸発ガスヘリウムで冷却された多重熱シールドを設けて、放射による熱侵入の低減を図っている。また、更にヘリウム消費量を低減するため、図 4 のように、冷凍機あるいは液化機を付加する方式が検討されている。各方式の得失は表 2 に示すとおりである。冷凍機あるいは液化機を付加する方式は、冷媒費が低減する反面、初期コストが高く、また、冷凍機の運転電力が必要となるので、ライフサイクルコストとしての評価が必要である。本機では、冷凍機無しで



(a) 垂直 サービスポート
(b) 水平 サービスポート

図 5. サービスポート形式と所要天井高

ヘリウム消費量 0.2 l/h 以下の高性能 クライオスタッフを開発適用しており、開放式で優れた経済性を実現することができた。また、このマグネットには、熱シールド冷凍機の取付けも可能であり、冷凍機の取付けによって、ヘリウム消費量を 0.1 l/h 以下に低減することができ、冷媒の補給間隔を更に長くすることができる。

4.3.2 水平サービスポート

従来、MRI 用超電導マグネットでは、冷媒の注液や給電に使用するサービスポートが、クライオスタッフ上部に設けられたものが一般的であり、注液管挿入に要するスペースを確保するため天井高が高くなる傾向があった。本機では、サービスポートをクライオスタッフの側面に設けて水平構造としている。このため、図 5 に示すとおり、所要天井高が低くできるとともに、注液作業がマグネット側面から実施できるので作業性も改善される。

4.3.3 耐振強度

コイルを収納したヘリウム槽や熱シールド槽など、低温構造物の支持材には、十分な支持強度と同時に伝導熱侵入を極力小さくすることが要求される。従来の MRI 用超電導マグネットは、所要の断熱性を確保するため耐振強度が低く、輸送に当たっては、補強を施すため、いったん昇温し、輸送完了後再冷却を行うのが一般的であった。本機では、支持材の材質と構造を工夫することにより、開放式でヘリウム消費量 0.2 l/h 以下の低熱侵入化と同時に、冷却輸送可能な強度を保たせることができた。これによって輸送後の再冷却が不要とな

り、再冷却用冷媒の節減と据付け期間の短縮が可能となった。

5. MRI 用マグネットの磁気遮へい

MRI 用超電導マグネットには空心コイルが使用されるため、マグネット周辺に漏えい磁界を生ずる。MRI 用マグネットは高磁界が要求される反面、安全及び周辺機器保護上問題となる限界磁界はかなり低い。したがって、マグネット設置室の広さに制約がある場合は磁気遮へい対策を施し、室外への漏えい磁界を管理する必要がある。漏えい磁界低減対策としては、マグネット自体を磁気遮へいする直付シールド方式、及び設置室壁面に遮へい材を施す建屋シールド方式が考えられる。

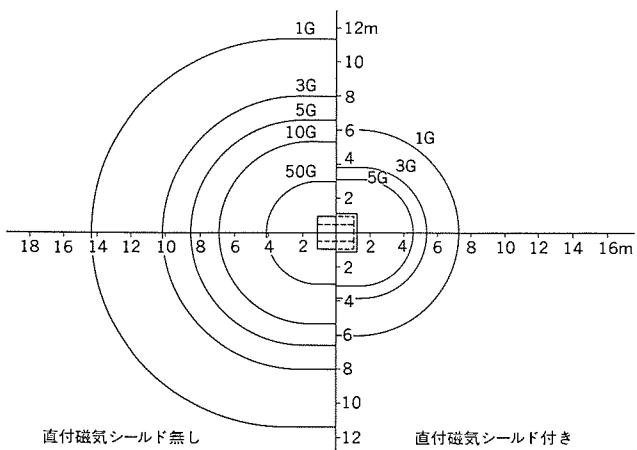


図 6. 直付磁気シールドの遮へい効果

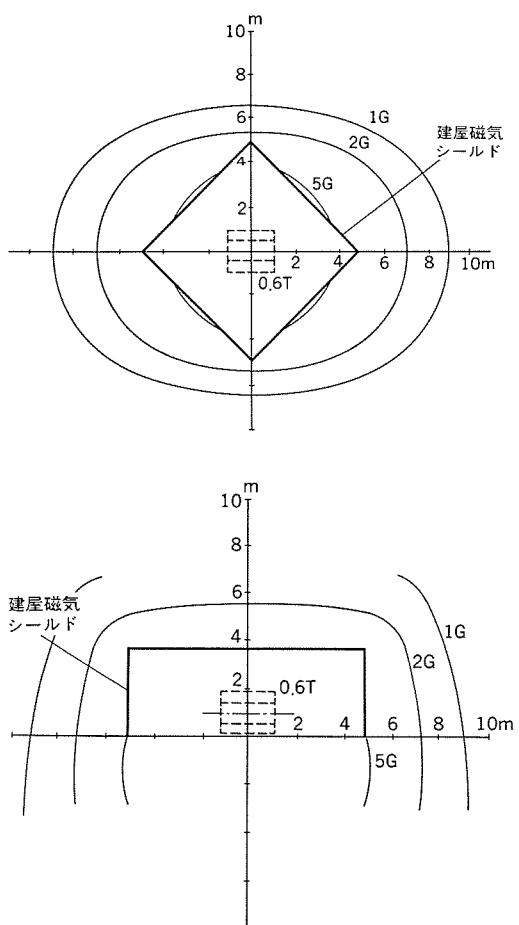


図 7. 建屋磁気シールドの遮へい効果

本機では、マグネットに直接取付け可能な直付シールドを開発し、大幅な漏えい磁界低減を実現することができた。また当社では、建屋シールドの技術も開発適用している。

5.1 直付磁気シールド

本機では、マグネットに直接取付け可能な磁気シールドを開発した。MRI マグネット用磁気シールドは、磁界の遮へい効果と同時にマグネットの磁界均一度、被験者のアクセスも考慮することが必要である。本機は水平サービスポート式 クライオスタットの採用により、マグネットの外周に突起がなく、磁気シールドに貫通孔の少ない単純な構造が採用できる。このため、良好な遮へい効果が得られている。図 6. は、直付磁気シールドによる漏えい磁界の低減効果を示すものであり、直付磁気シールドの取付けにより、漏えい磁界が 0.5 mT(5 Gauss) を超える領域の面積は、約 1/4 に縮減できることを示している。

5.2 建屋磁気シールド

この方式は、マグネット設置室の壁面に磁気遮へい材を施すものである。図 7. は、側壁及び天井の 5 面に、鉄板による磁気遮へいを施した場合の遮へい効果を示したものであり、室外の漏えい磁界を大幅に低減することができる。

6. MRI マグネットの設置環境評価技術

6.1 MRI マグネットの磁界解析技術

MRI 用マグネットは高均一磁界が要求されるので、設置環境における磁性構造物の磁界均一度に与える影響を十分把握する必要がある。また、安全性及び周辺機器の保護の観点から、マグネットの発生する漏えい磁界の管理が重要である。当社では、このための磁界解析技術を開発し、MRI の設置計画段階において、磁界均一度及び漏えい磁界の事前評価が可能となっている。この目的に使用する磁界解析プログラムは、建屋の構造材、周辺機器などマグネット周辺の鉄体の影響を考慮した広領域の三次元解析が要求される。また、マグネットは 10 ppm 以下の高均一度が要求されるため、磁界解析もこれに対応した極めて高精度の解析技術が必要である。マグネットの磁界解析法としては、従来、差分法、有限要素法などの手法が用いられているが、これらの手法では、MRI マグネットに要求される広領域かつ高精度の解析は不可能であった。このため、独自の手法による MRI

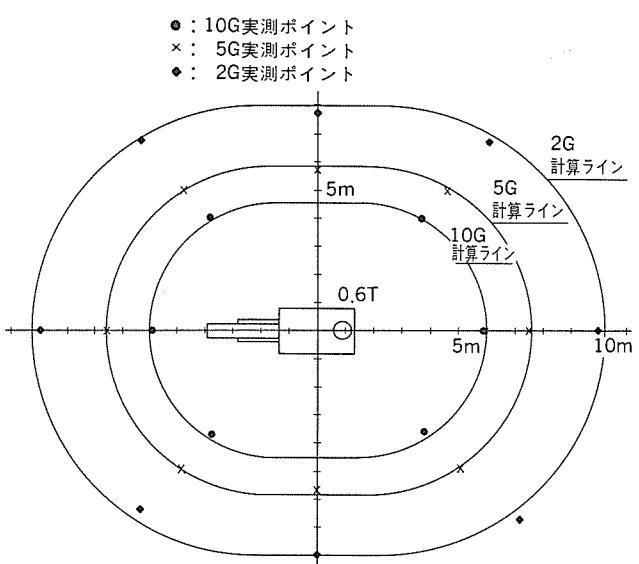


図 8. MRI マグネットの漏えい磁界分布

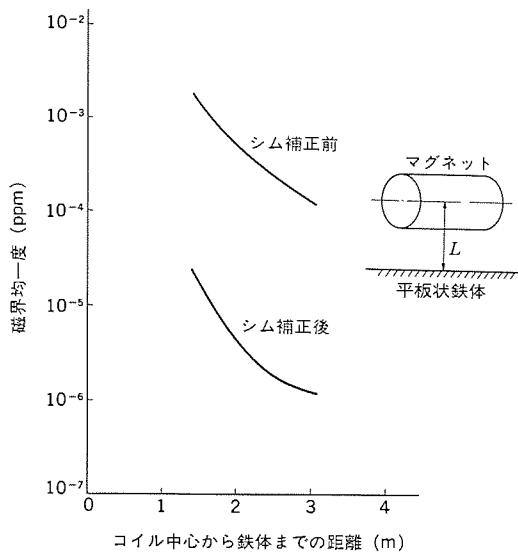


図 9. 平板状鉄体の磁界均一度に与える影響

用マグネットの磁界解析プログラムを開発した。

この手法は、表面磁荷法⁽³⁾に基づく解法であり、数値計算のための要素分割が鉄体表面に限られるため、開領域の解析が可能で、比較的少ない未知数で一般三次元の磁界解析を行うことができ、MRI用マグネットの磁界解析に適した特長をもっている。

6.2 漏えい磁界解析

漏えい磁界解析は、MRIマグネットの配置検討に当たって重要な検討項目の一つである。マグネット周辺の鉄体の影響が無視できる環境では、軸対称近似により容易に漏えい磁界の推定が可能であり、図8.に示すとおり実測値とよく一致する結果が得られる。しかし、周辺鉄体の影響が無視できない環境では、鉄体を含む場の一般三次元解析が必要となる。前節の解析法は、この目的に最も適した方法である。また、設置スペースの制約により周辺機器に対する漏えい磁界が過大な場合、磁気遮へい対策が必要となるが、前節の解析法は、このような磁気遮へいの設計と遮へい効果の評価にも不可欠の手段となっている。図7.は、その適用例の一つである。

6.3 磁界補正技術

MRIマグネットの設置に当たっては、周辺の磁性体がマグネットの磁界均一度に与える影響の評価とその対策が重要である。この検討には、

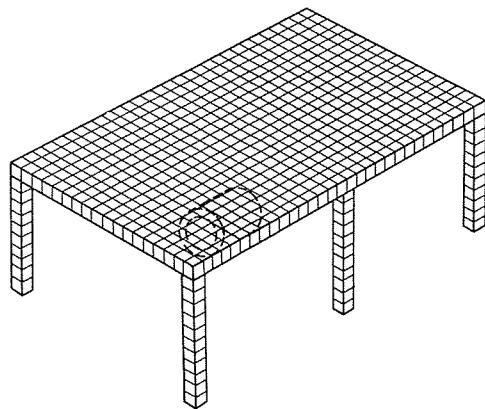
(1) 外部鉄体を考慮したマグネットの磁界均一度解析

(2) 磁界補正シミュレーション技術

が必要である。当社では、磁界補正について、マグネットの粗磁界分布をもとに最適シム電流を決定し、高均一度を得るための技術を開発しております⁽⁴⁾、マグネット設置後の調整はもちろん、磁界解析技術との併用により、周辺磁性体を考慮した設置環境における磁界均一度や所要シム出力の事前評価が可能となっている。

図9.は、天井磁気シールドなど、平板状鉄板の近接限界の解析結果を示すものであり、鉄体が接近するとシムの所要アンペアーテンが増加すると同時に、シム補正後の到達均一度も悪化し、均一度の点からも近接限界が定まることを示している。

また、図10.は、配筋の多い天井、柱のある環境にマグネットを設置する場合の磁界補正のシミュレーション例であり、配筋によって乱さ



(a) 建屋配筋の要素分割図

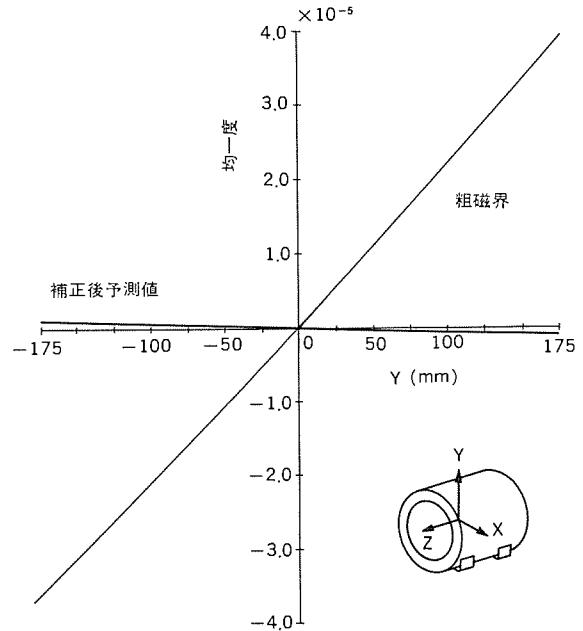


図 10. MRI マグネットの磁界均一度解析

れた磁界均一度が、シム調整により補正できることを示している。

7. む　す　び

全身用超電導MRIマグネットを開発した。今回開発したマグネットは、超電導MRI導入の制約となっていたランニングコスト、設置スペースなどの条件の改善を目指したものであり、低ヘリウム消費、水平サービスポート構造、直付磁気シールドなど多くの特長をもった製品である。完成後、マグネット単体及び直付磁気シールド取付状態で特性試験を行い、所期の性能をもつことを確認した。当社では、引き続き同一方式による高磁界マグネットを開発中である。(昭60-12-27受付)

参　考　文　献

- (1) 菅, ほか: NMR-IS用超電導マグネットの開発, 1C01 (昭59年NMR医学研究会)
- (2) 守田, ほか: 電気学会静止器研究会, SA-83-66 (昭58)
- (3) 中村, ほか: 電学誌, 96, No. 9, p. 443 (昭51-9)
- (4) 山本, ほか: 昭59電気学会全国大会 No. 854

レーザ距離センサ

高嶋和夫*・杉山昌之*・稻荷隆彦**・植木勝也***・西木和弘***

1. まえがき

鉄鋼を中心とする一般産業分野において、物体までの距離を非接触で、かつ高速に測定したいという要求は極めて多い。例えば鉄鋼プラントの熱間圧延ラインで、高速走行する赤熱鋼板の位置や寸法を測定する距離センサには非接触式以外には考えられず、また高速応答性も不可欠である。つまり高速で移動する物体や高温物体、粘性物体などの位置や寸法を測定したい場合には非接触式の距離センサが必ず(須)となる。また、最近のプロセスの高度化に応じて在来距離センサの高性能化も望まれている。

このような背景から当社では、小形で大出力の半導体レーザと高分解能をもつ半導体位置検出器を組み合わせた三角測量方式のレーザ距離センサを開発し製品化した⁽¹⁾。

本報では、この中から特に鉄鋼分野などの厳しい環境下での使用を考慮したレーザ距離センサについて述べる。このセンサは、温度や外乱光によるドリフト対策として従来にない特長的な工夫が施されている。この結果、同種の在来センサに比べて設置距離が長く(1.5 m)取れるようになり、また、高精度(± 1 mm)で、高速応答性(500 Hz)も持っているので各種方面への応用展開が可能である。

ここではレーザ距離センサの原理と構成及び性能を述べた上で応用事例についても紹介する。

2. 測 距 原 理

高速、高精度で、かつ非接触計測を行うには光学式が最も適している。光を用いた測距方法には大別して次の三つの方式が考えられる。一つは、レーザ光の持つ高い干渉性を利用するもので、マイケルソン干渉計として古くから知られていて、光の波長オーダーの高精度測定が可能である。二つ目は、強度変調をかけた光を対象物体に照射し、反射光との位相差から距離を算出するもので、数十mから数千mの

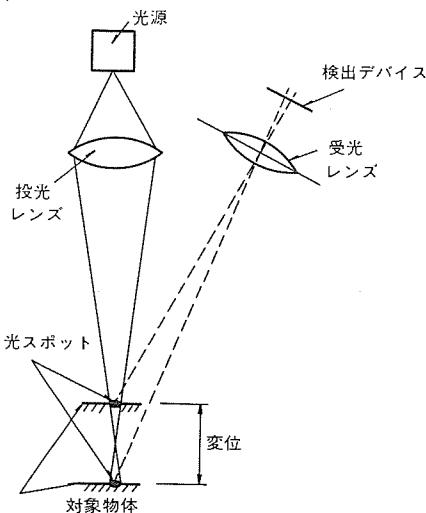


図 1. レーザ距離計の原理

長距離測距に適している。三つ目は、光スポットを対象物体に照射し、物体上の光スポット照射位置を別の角度から検出し三角測量式に距離を演算するもので、数ミリメートルから数メートルまでの測距に用いられる⁽²⁾。

一般産業分野用としては、測定範囲や精度、コストの面などから三角測量式のものが適しており、今回開発したレーザ距離センサもこの方式を採用している。

図1.は、レーザ距離センサの原理を示す図である。光源からの光束を投光レンズにより集束し、光スポットとして対象物体に照射する。この光スポットを別の位置に設けた受光レンズにより撮像し、検出デバイス上に結像すれば、対象物体の変位に対応して光スポットの結像位置が変化する。検出デバイスは、光スポットの結像位置に比例した電気的出力を発生するので、これにより対象物体の変位が逆算できる。

ここに用いている検出デバイスは、半導体位置検出器 (Position Sensitive Device, 以後 PSD と記す) と呼ばれるもので、走査形のイメージセンサに比較して応答が早く不感部もない上、変調光にも応答し処理回路も簡単であるなど多くの利点をもつものである。中でも最大の特長は変調光に対する応答特性で、これにより光源の変調成分のみ選択的に処理して、背景光の影響を全く受けること無く測定することが可能となる。

図 2. b, PSD の構造を示す⁽³⁾。PSD の二つの電極に発生する出力電流は入射光量と位置の関数となり式(1), 式(2)で表される。

目的の距離出力 (P) は PSD 受光長や光学系の倍率など他の定数を含めて (K) とおき、各出力の差と和の比を取ることにより、

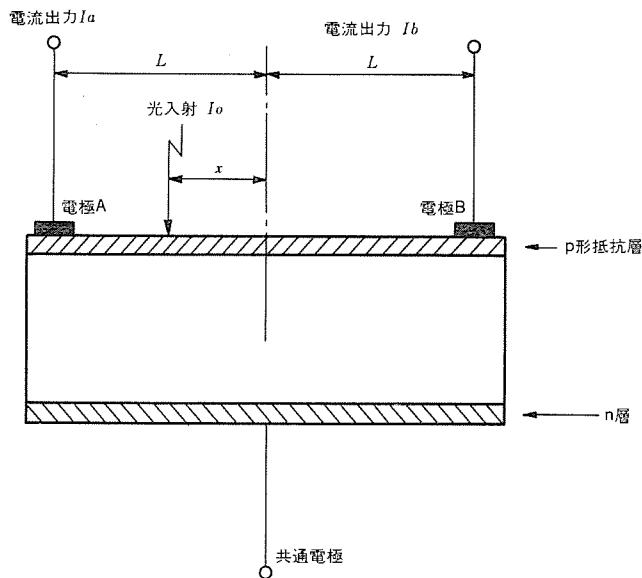


図 2. PSD の構成

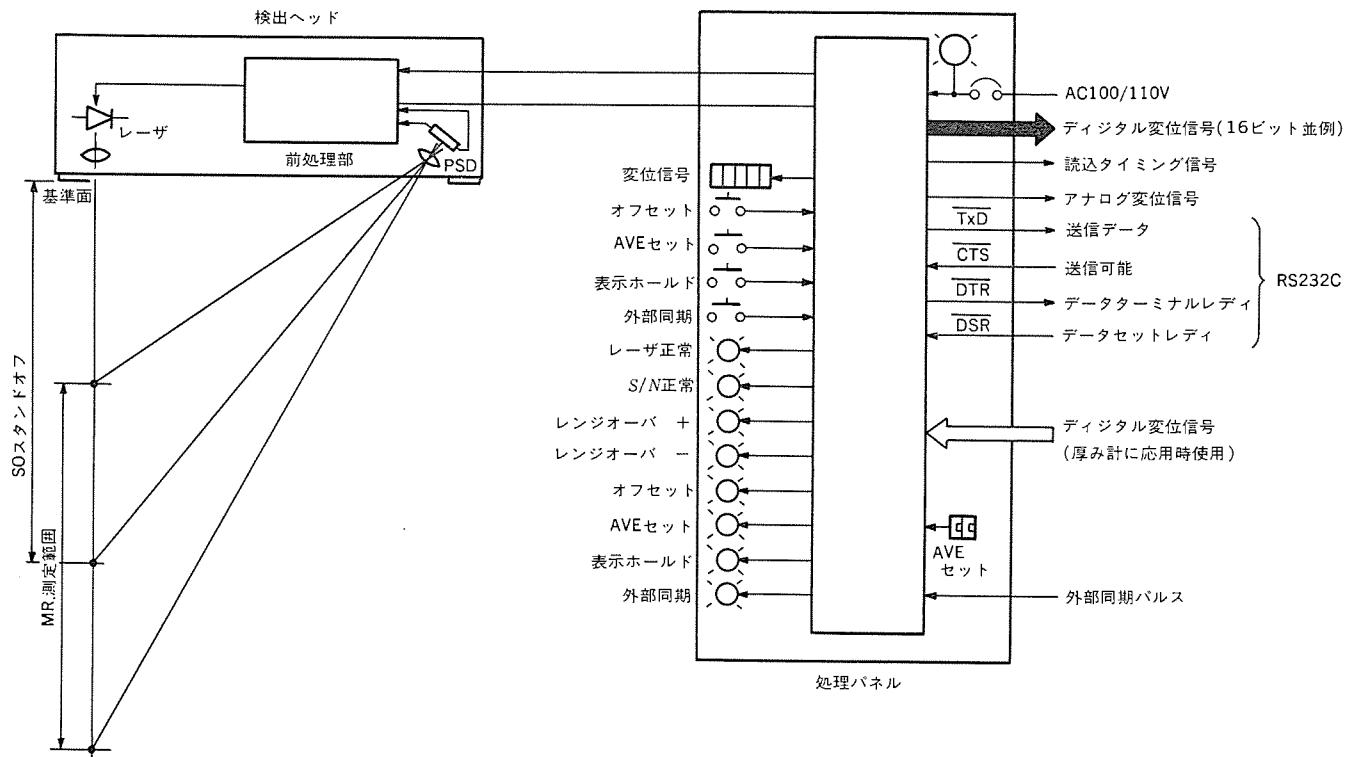


図 3. レーザ距離センサの構成

$$P = \frac{I_a - I_b}{I_a + I_b} \cdot K \quad \dots \dots \dots (3)$$

として求まる。ここで、定数(K)はレンズの焦点距離など光学部品の製造ばらつきを含み1台ごとに値が異なる。実際のレーザ距離センサでは事前に(K)を測定し、数値テーブル化して処理回路に搭載する。

3. 構成

図3に製品化されたレーザ距離センサの構成図を示す。この距離センサは、検出ヘッドと処理パネルから構成される。

検出ヘッドは、投光部と受光部と前処理部からなっている。投光部の光源には高出力の半導体レーザを用い、受光部の位置検出器にはPSDを用いた。半導体レーザを高周波で変調駆動し、対象物体に照射された光スポットをPSD上に撮像する。前処理部では、PSDの二つの電極に生じる2系統のアナログ信号をアナログスイッチで切り替え、高速のA/D変換器を用いてデジタル信号に変換し、処理パネルに伝送する。検出ヘッドから処理パネルへの伝送は、平衡形直列伝送方式を採用することにより、200mまでの長距離伝送を可能にした。また、投光部の駆動回路は、半導体レーザの出力と受光部PSDの受光レベルとを監視し、フィードバックすることによって、常に最適なレーザパワーを出力するよう制御されている。また、温度などの条件の厳しい環境で使用する場合を想定して、検出ヘッドに取り付けられる水冷ユニットやエアバージュニットを準備している。

処理パネルは、演算処理回路とPIO(プロセス入出力)回路からなっている。演算処理回路には、16ビットのマイクロプロセッサが搭載され、演算はすべてこのマイクロプロセッサが行う。距離出力は、デジタル並列信号としてDC48Vオープンコレクタ出力のほか、アナログ出力、RS232C出力により、外部機器とのインターフェースが可能である。幅計や、平坦度計などのように、複数台の距離センサを用いて計測システムを



図4. 検出ヘッド

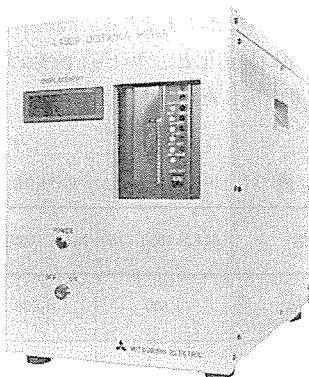


図5. 処理パネル

構築する場合には、演算処理回路を経由して上位コントローラ(例えば《MELPLAC》)とデータリンクできる。そのほか、オフセット機能、アベレージング機能などがある。図4.は検出ヘッド、図5.は処理パネルの外観を示す。

4. 特長

このレーザ距離センサは、以下に示すような在来センサにない対策を

施されているので、鉄鋼の熱間圧延ラインなどのような条件の厳しい環境においても安定した性能を維持できる特長がある。

(1) 温度ドリフト対策

PSDの二つの電極に発生するアナログ出力を2系統のアナログ回路で処理する場合には、個々のドリフト差により誤差が生じる。対策として、アナログスイッチによる時系列処理によりアナログ回路を1系統化し、温度ドリフト100PPM/°C以下を実現した。また、演算はすべてデジタルで処理するため演算のドリフトはない。投光軸のずれや光スポットの強度分布の変動は、温度変化に対して非常に微妙で、設置距離が長いほどその影響は大きくなる。投光部を温度コントロールすることによって、安定した光スポットを軸ずれなく対象物体に照射している。更に外フレームが熱膨脹しても、三角測量方式の基準辺となる受光器間距離が一定となるように工夫されている。

(2) 外乱光対策

受光部には光学フィルタを用い、レーザ光の波長領域以外の外乱光を除去した。更に半導体レーザを高周波で変調し、受光部側でこの変調成分のみを処理することにより、外乱光の影響を受けないようにしたので、1,300°Cまでの高温物体を測定することができる。

(3) S/N対策

受光レベルとノイズレベルとのS/N比は距離出力のばらつきに逆比例する。設置距離が長くなると、距離の2乗に逆比例して受光レベルが小さくなるため、十分なS/N比を確保するための工夫が必要である。投光部には、高出力の半導体レーザと開口数(N_A)の大きな投光レンズを使用し、受光部には口径の大きなレンズを用いた。また、対象物体の反射特性を考慮に入れた最適投受光角度を選定し、長距離高精度を実現した。

5. 性能

この距離センサの性能を表1に示す。総合精度は、距離出力のばらつきのほか直線性と温度ドリフトを含んでいる。直線性は、PSD上の位置出力と対象物体までの距離の関係を補正テーブルとしてもつことで、±0.05%を実現した。温度ドリフトと距離出力のばらつきについては4章で述べたとおりである。高速応答性は、A/D変換器を含むアナログ回路の高速化と、16ビットマイクロプロセッサによる演算時間の短縮化により実現した。

表1. レーザ距離センサの性能

形名	MLS-1500/150	MLS-1000/130	MLS-500/65
スタンダオフ(mm)	1,500	1,000	500
測定範囲MR(mm)	150	100	60
総合精度(mm)	±1.0	±0.7	±0.4
分解能(%)	0.025	0.025	0.025
直線性(%)	+0.05	±0.05	±0.05
温度ドリフト(PPM/°C)	100	100	100
応答性(Hz)	500	500	500

6. 応用例

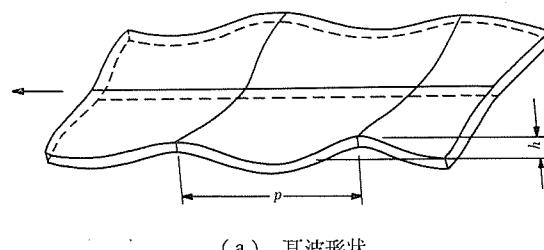
6.1 热延平坦度計⁽⁴⁾

6.1.1 測定原理と構成

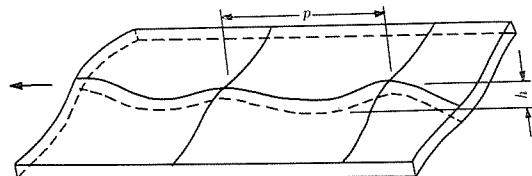
熱延鋼板の形状は、圧延時の板幅方向の圧下量の不均一などにより、図6.(a), (b)に示すような耳波あるいは中のびと呼ばれる形状不良が発生する。高品質な鋼板を生産するために、鋼板の形状制御の必要性が強まっている。のために高温多湿という熱間圧延ラインの悪環境下で、高速かつ高精度に鋼板の形状をオンライン計測できる熱延平坦度計が強く求められている。

図7.(a)に鋼板の走行方向に発生している板波の断面を示す。この板波をレーザ距離センサで計測し、ある一定区間における板波の弧長を演算する。図7.(b)に板波の弧長を求める原理を示す。鋼板が一定距離走行するごとに、変位 Y_1, Y_2, \dots, Y_n を計測し、式(4)により鋼板の弧長を三角形近似で求める。鋼板の幅方向において、複数箇所の弧長を同様にして求めると、形状不良度に対応して、弧長に差が生じる。最も短い弧長との差分から、鋼板の形状不良度として定義されている伸び率を式(5)で演算する。

$$L_n = \sum_i^n \sqrt{(Y_i - Y_{i-1})^2 + V_i^2(t_i - t_{i-1})^2} \quad \dots \dots \dots (4)$$



(a) 耳波形状



(b) 中のび形状

図6. 耳波形状と中のび形状

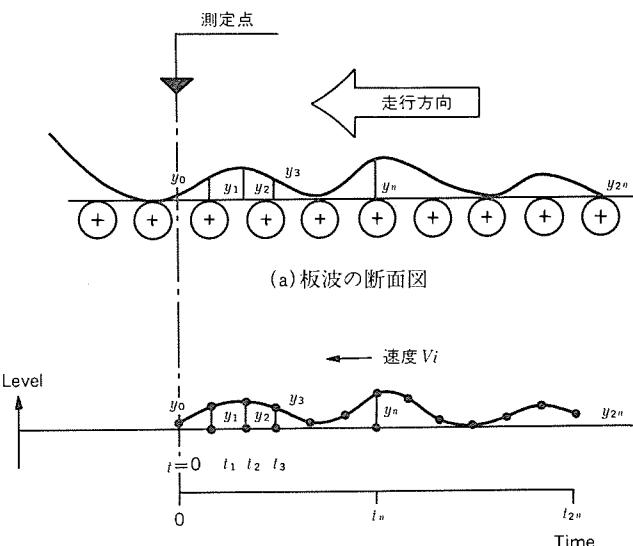


図7. 伸び率の演算原理

$$\beta_n = \frac{L_n - L_{min}}{L_{min}} \times 100 \quad (\%) \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

ここに、 L_n ：板幅方向 n 点における弧長

$L_{min} : L_n$ のなかで最も短い弧長

β_n : 板幅方向 n 点における伸び率

なお、伸び率の定義を図 8. に示す。また、伸び率のかわりに急峻度も、よく使用されており、それは式(6)で定義される。

L_{min}, L_2, L_3 : 板のしわ(板状)の長さ、 L_{min} は最も短い板長さ

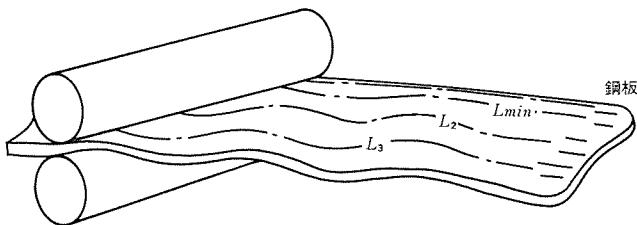


図 8. 伸び率定義図

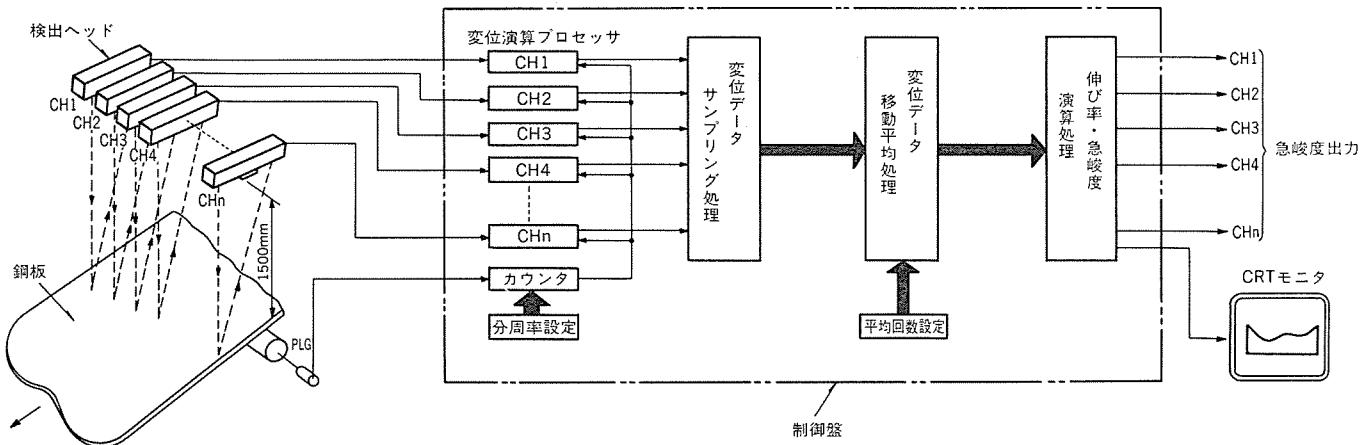


図 9. 平坦度計の構成図

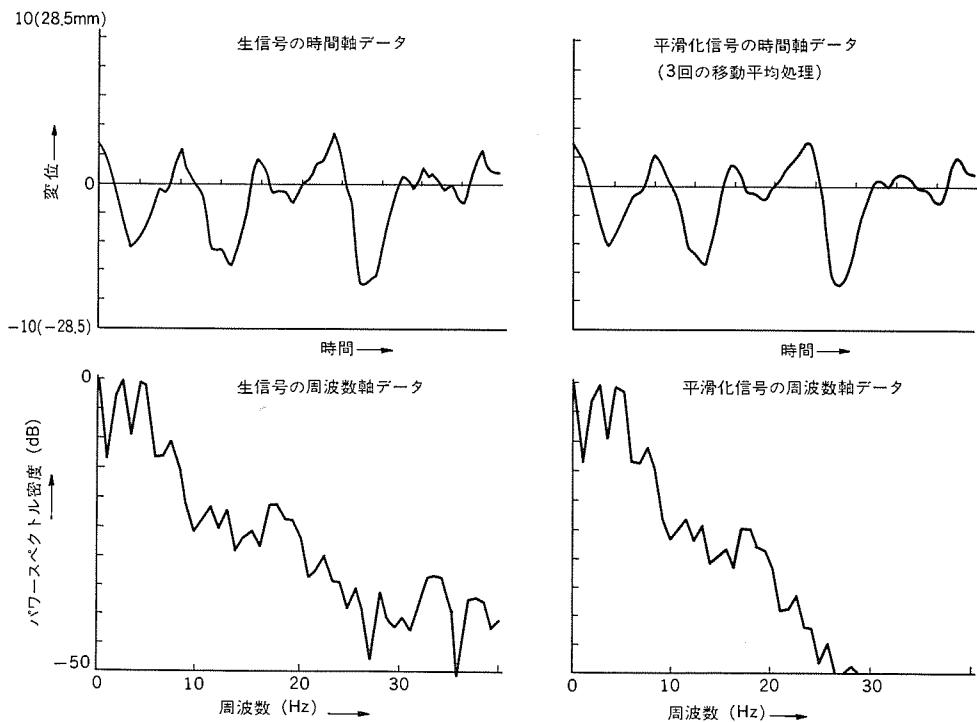


図 10. 平滑化の効果

図 9. に装置構成を示す。

6. 1. 2 オンライン検証

実際の熱間仕上圧延機の最終スタンドの出側直近に、レーザ距離センサを板幅方向に3台設置し、長期間のフィールドテストを実施した。圧延中の鋼板には、板波に比べ比較的周波数の高い振動雑音があり、この雑音を除去するため、鋼板の変位を移動平均処理して高周波成分を平滑化している。平均処理回数と平滑化される周波数帯域の関係をオンラインデータから解析し、熱間圧延における雑音除去の効果を確認した。図10.に平滑化の効果の一例を示す。

次いで、変位サンプリングピッチと急峻度誤差の相関性を明らかにし、平坦度計としての性能を評価するとともに、現場オペレータによる目視判定との比較においても良い一致が得られることを確認した。

図 11. のオンラインデータ例に示すように、熱間圧延ライン特有の悪環境下において平坦度計測の安定性が実証されている。

6.2 溶銅の湯面レベル計測⁽⁵⁾

銅の連続鋳造設備において、溶銅の湯面レベルを自動計測すること

は、安全性及び自動化にとって急務となっている。

銅湯面は一般的に鏡面に近い表面性状をもっているため、レーザ距離センサは図12.(a)に示すように正反射光を受光するような光学系が必要である。また、湯面は流れ込む溶銅の影響で常に波打っており受光信号のレベルが変動する。しかし有効 S/N レベル以上の受光信号をサンプリングし、演算処理することで安定した計測が可能である。実ラインでの実証テストでは、通常操業時の計測に加え、オペレータにより強制的に湯面レベルを変化させて計測し、レーザ距離センサの有効性を確認した。他の溶融金属の湯面レベル計測に対しても同様にして適用できる。

6.3 檻鋼の偏心計測

棒鋼やシールドパイプなどの圧延中

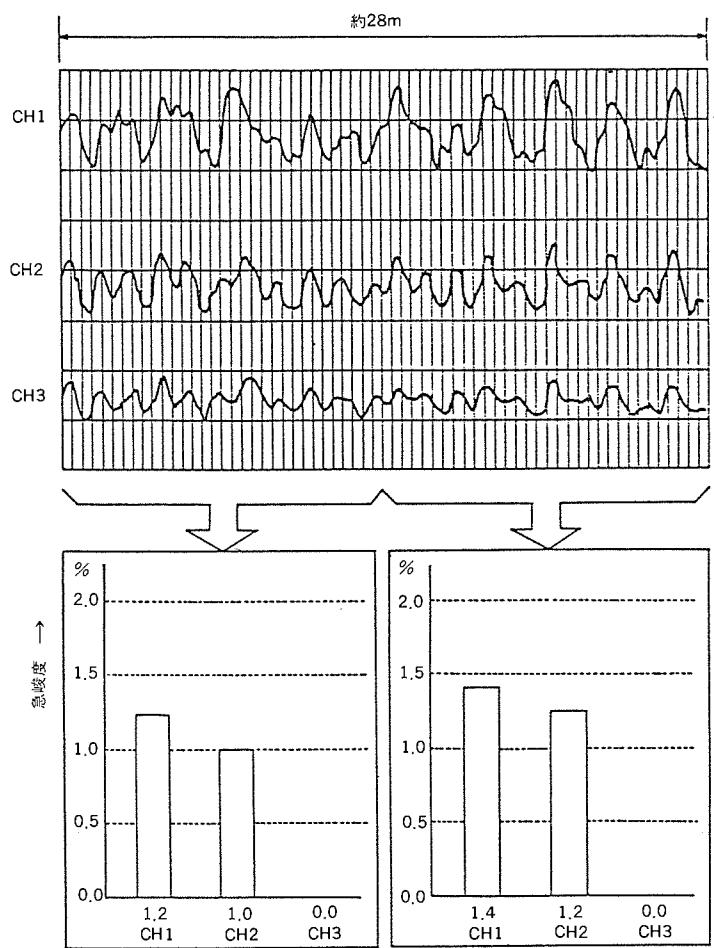


図 11. オンラインデータ

における心振れ（偏心）計測についても要求が多い。

断面の外形が円形をなす物体の中心座標の計測は、図 12. (b) に示すような構成で行え、3台のレーザ距離センサの出力値から物体中心位置が演算できる。この場合、物体の偏心量によってはレーザ光の照射位置が傾斜面にずれて受光レベルが変動するが、平均化処理の回数を制御することで安定した出力が得られる。また、物体が回転を伴って偏心しても測定可能であるので、モータのシャフトの心振れ計測などにも応用できる。

6.4 鋼板の板幅及び板厚計測

圧延ラインでは圧延中の鋼板の板幅や板厚を計測し、圧延機の制御や、製品の管理を行っている。

図 12. (c) に2台のレーザ距離センサによる物体の幅（厚み）計測例を示す。2台のセンサで同期計測するため、物体の蛇行や振動に対しての誤差が発生せず高精度で計測できる。

6.5 鋼板カタナリー計測

連続焼鈍ラインにおいて鋼板のカタナリ（たわみ）量を計測し、適正なカタナリ量を保持することが鋼板品質上必要とされている。

図 12. (d) はカタナリ量計測例であるが、高温の炉内でなく炉外から計測できるため実用性が高い。

7. むすび

以上、半導体レーザを光源とした三角測量式のレーザ距離センサにつ

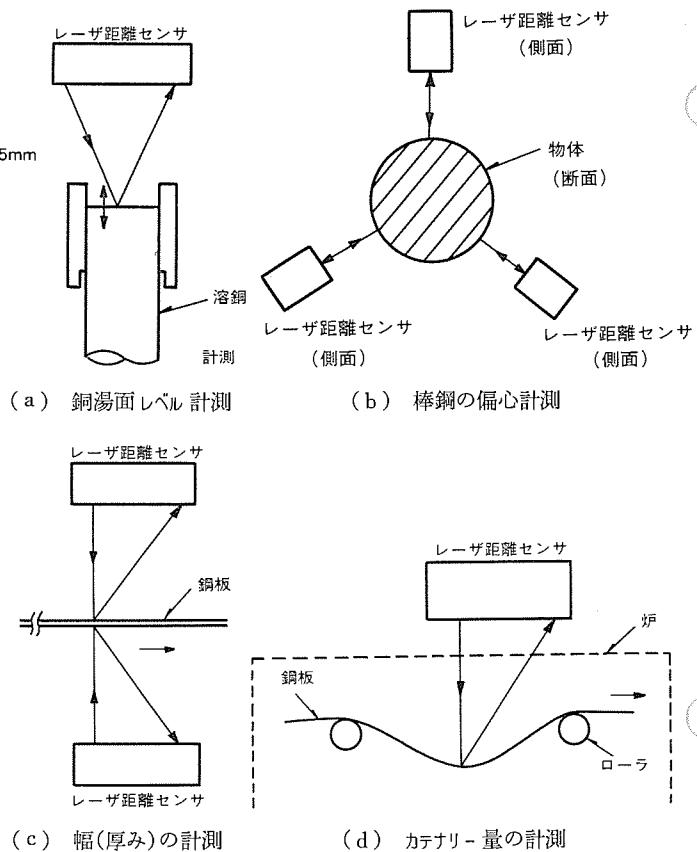


図 12. 実施例

いて述べた。ここで述べたレーザ距離センサは、鉄鋼分野のような悪環境下での使用を想定し、温度や外乱光対策を完全に施す一方、設置距離を長くして現場への適用を容易にしたので汎用センサとしても用いることができる。

また、このレーザ距離センサは、計測ニーズに合わせて計測範囲や精度、設置距離などを容易に設定でき、検出ヘッドの超小形化も可能であるので広範囲の応用展開が考えられる。現在は、ここで述べた鉄鋼用途の事例以外にもロボット用の近接覚センサや三次元測定機用センサ、レーザ加工機用ハイトセンサなどへの適用を進めている。

このレーザ距離センサは、実際に鉄鋼の圧延現場においても長期間のフィールドテストを実施し安定性を実証済みであり、今後、多方面への導入が期待される。

参考文献

- 高嶋, ほか: 鉄鋼ライン用レーザ距離計の開発, 鉄と鋼, 70, No. 13, SEP (昭59)
- 杉山, ほか: 半導体レーザと半導体位置検出器を用いた距離センサ, オプトロニクス, No. 39 (昭60)
- 山本, 倉橋: 最近の半導体光検器, 電気学会光応用視覚研究会資料 (昭56-8)
- 杉山, ほか: 烙延鋼板形状検出装置の開発, 鉄と鋼, 70, No. 13, SEP (昭59)
- 高嶋, ほか: レーザ距離計, 鉄と鋼, 71, No. 12, SEP (昭60)

ICB蒸着装置

伊奈照夫*・森栄作*・田中毅*・福田司朗*・田中伸雄*・山西健一郎**

1. まえがき

近年、オプトデバイス、電子部品、メモリデバイスあるいはエネルギーデバイスなどの高性能化に対する要求が高まるにつれ、薄膜の機能・品質向上が重要な課題となってきている。

イオンを用いた薄膜形成技術は、イオンの運動エネルギーによって薄膜の特性を変えることができるため、高機能で高品質な薄膜の形成手段として注目を集めている。イオンを用いる薄膜形成法のうち、ICB(Ionized Cluster Beam)蒸着法⁽¹⁾は、京都大学イオン工学教室、高木俊宜教授の発明によるもので、蒸着物質をクラスタ(塊状原子集団)化し、これに電子を照射してイオン化させて基板に蒸着する方法である。この方法ではクラスタを構成する原子の数は数百個をピークにした幅広い分布を持っているが、加速電圧を変えることにより、薄膜形成に適した数eV～数百eVの幅広いエネルギーを実効的に得ることが可能である。

M-ICB蒸着装置は、ICB蒸着法の特長を生かしつつ、大面積(10インチウェーハ)に高速度で蒸着できるよう、マルチノズル形のイオン源を採用したものである。また、幅広い用途を対象に全自动運転、蒸着条件の設定変更、データの自動収録ができるように構成しており、ICB蒸着装置の実用機として高く評価されている。なお、ICB蒸着法は米国を始めとして、世界各国で研究段階から実用化段階に入りつつあり、日本国内でも既に数多くの製品が製造販売されている。

本稿では、ICB蒸着法の原理と特長、及び当社で製品開発したM-ICB蒸着装置の製品を紹介するとともに、適用例を挙げてICB蒸着法により成膜した薄膜の特性について述べる。

2. ICB蒸着法の原理と特長

2.1 蒸着の原理

ICB蒸着法の原理を図1に示す。まず、るつぼを高温に加熱して中に充てんした蒸着物質を蒸気化させ、るつぼに設けた小孔(ノズル)から高真空中(10^{-2} Pa以下)に噴出させることにより、断熱膨脹により

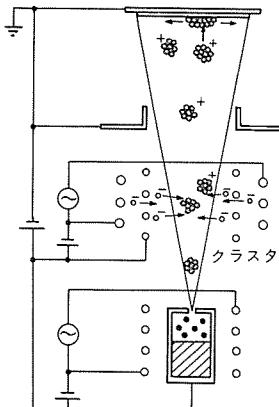


図1. ICB蒸着法の原理

基づく過冷却状態を起こし、クラスタと呼ぶ塊状の原子集団を形成させる。このクラスタは、数百個程度の原子が互いに緩く結合した状態をとる。クラスタの一部は、るつぼ上方に設けたイオン化部で電子照射されて、1価のイオンとなる。更に、このイオン化クラスタとともに、蒸着しようとする基板上へ付着させて薄膜を形成する。

2.2 ICB蒸着法の特長

ICB蒸着法の特長は、

- (1) 多数の原子から構成されるクラスタを、1価のイオンにして電圧加速することにより、原子1個あたりのエネルギーを数eVから数百eVの広範囲に制御できるため、化学的結合、エピタキシャル成長などの低温プロセス化が実現できる。
- (2) イオン化クラスタの運動エネルギーにより、基板表面の活性化、核形成、注入などの効果があり、高付着力・高密度の膜が得られる。
- (3) クラスタが基板衝突時に壊れて個々の原子となってマイグレーション(移動拡散)するため、均質で滑らかな膜が得られる。
- (4) 酸素ガス又は窒素ガス雰囲気中で蒸着することにより、酸化膜又は窒化膜を形成できる。
- (5) 複数のイオン源を用いて蒸着することにより、多層膜や混合物膜を形成できる。

ことにある。

一般に、イオンの運動エネルギーは、各原子間の活性度を高め、薄膜の結合力や結晶核の成長に変化を与える。図2.は、各種蒸着法における蒸着粒子のもつエネルギーを比較したものである。図から分かるように、ICB蒸着法においてはクラスタの構成原子数が幅広い分布をもっているため、イオン化クラスタに加速電圧を印加することで、広いエネルギー分布をもった蒸着粒子を発生することが可能となる。1~10eVの範囲のエネルギーは基板表面の残留ガスなどの不純物の除去に効果があり、また、10~100eVのエネルギーは薄膜の核成長に有効に作用する。このエネルギー分布の広がりが、他の蒸着法にはみられないICB蒸着法の大きな特長の一つである。なお、同図のたて軸は蒸着速度を相対的に示している。マルチノズルを用いるM-ICBでは、蒸着速度も他の方法と同程度以上を達成でき、薄膜形成手段

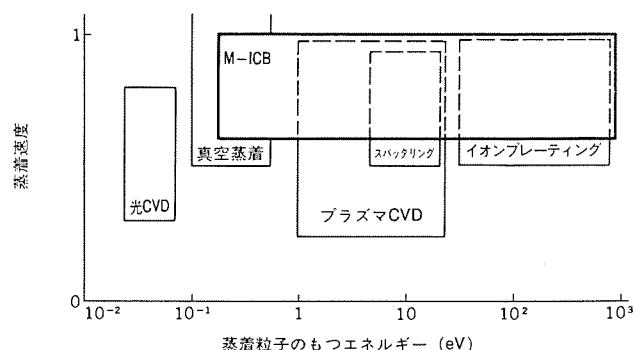


図2. 各種蒸着法のエネルギーレベルの比較

として実用段階に達したと言える。

また、蒸着物質を酸素 (O_2) ガス、あるいは窒素 (N_2) ガスなどの反応性ガスと反応させて、酸化物・窒化物などの薄膜を形成する方法を反応性 ICB 法と呼んでいる。この方法も、イオンの運動エネルギーを有効に利用することにより、薄膜の品質向上に大きな効果を挙げることができる。

3. M-ICB 蒸着装置

当社では、“マルチノズル”形イオン源を採用し、大面積に高速度で蒸着できる M-ICB 蒸着装置の製品化を行った。

3.1 システム構成

今回、当社で開発製品化した M-ICB 蒸着装置の外観を図 3. に示す。この装置では、蒸着部・電源部・計測制御部とを一体化したパッケージ形としている。この装置の標準仕様を表 1. に示す。

(1) マルチノズル形イオン源

この装置には、大面積にわたって均質な蒸着膜を形成するため、25 個のノズルを持ったマルチノズル形のイオン源を採用している。このイオン源を用いることにより、銅 (Cu), アルミニウム (Al), クロム (Cr) を例にとると、6 インチウェーハ ($\phi 150$) 上に 50~300 nm/min の速度で蒸着できる。また、金 (Au) を 10 インチウェーハ ($\phi 250$) に蒸着する場合では、10 nm/min の蒸着速度が得られる。

イオン源では、るっぽが 2,000°C 程度の極めて高温に加熱されるため、主要部には耐熱性に優れたタンタル (Ta), モリブデン (Mo), カーボン (C), タングステン (W) などの材料を用いている。

るっぽの加熱には電子衝撃 (ボンバード) 方式を採用している。この方式の特長は、

- (a) るっぽを均一に加熱でき、クラスタの発生を安定化できる。
- (b) るっぽの大容量化へも比較的容易に対応できる。
- (c) るっぽの温度応答性が優れ、自動制御に適している。

などである。

(2) 蒸着部

蒸着部は真空槽と排気系機器及び計測機器で構成している。真空槽にはマルチノズル形イオン源と基板ホルダのほか、基板加熱用ヒータ、シャッタ、膜厚センサ、熱電対などを標準装備している。また、必要に応じて、基板回転機構、反応性 ICB 用ガス導入ポートなどを付加することができる。排気系機器のうち主排気には、目的に応じて油拡散

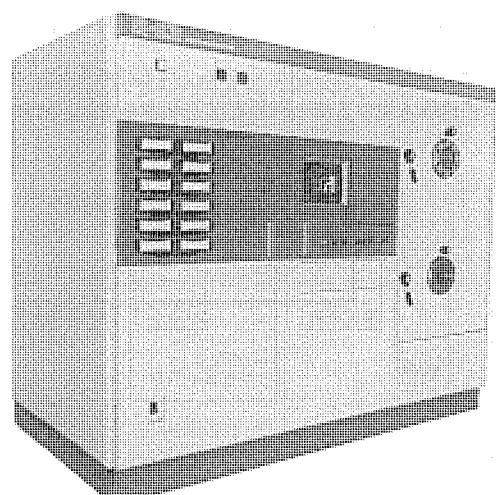


図 3. M-ICB 蒸着装置の外観

表 1. M-ICB 蒸着装置の仕様

項 目	仕 様
イ オ ン 源	イオノン源台数 るっぽ加熱電源 (電子ポンバード方式)
	DC 1.35 kV
	イオノン化電源
	DC 600 V-1 A
加 速 電 圧	DC 10 kV
性 能	反応性ガス導入
	最大基板寸法
	蒸着速度(金の場合)
	最高基板温度
制 御 方 式	到達真空度
	運転方式
	制御方式
	モニタリング
ユ ー テ ィ テ ィ テ ィ	電源容量
	冷却水量
	操作室気圧
	据付け寸法(mm) (油回転ポンプは別置)
	重量
	AC 200 V-50 A
	20 L/min
	4~7 kgf/cm ²
	2,400×1,500×1,800
	1,700 kg

ポンプ、クライオポンプ又はターボ分子ポンプを選択して装備することができる。

(3) 高圧電源部

マルチノズル形イオン源を作動させる高圧電源部は、電子ボード用、イオン化用、電圧加速用など 5 種類の電源で構成し、それぞれ独立に制御している。各電源は高電位になるため、光ファイバを介して周波数変調方式で帰還制御し、蒸着条件に適合した安定な動作を実現している。また、過電流が発生した場合には、瞬時に電源を遮断して、イオン源の自己復帰とともに再投入する方式をとっている。これにより過電流の発生を抑え、成膜を安定的に連続して行うことができる。

(4) 計測制御部

計測制御部は、蒸着膜厚・蒸着速度・基板温度・真空度・イオン電流及び各電源の電圧電流などを一括表示する CRT と、その他の入出力機器及び自動制御を行うマイコンなどで構成している。この装置の計測制御ブロック図を図 4. に示す。

主な入出力機器の種類と機能を以下に述べる。

- (a) キーボード：蒸着条件の入力変更を行う。
- (b) 操作スイッチ：あらかじめプログラムされた運転シーケンスによって自動運転あるいは手動運転の操作を行う。
- (c) CRT：真空運転及び蒸着運転時のモニタ値をグラフィックに表示する。また、運転条件の設定値を表示する。
- (d) FDD：運転条件設定値を保存する。また、運転モニタ値を記録する。

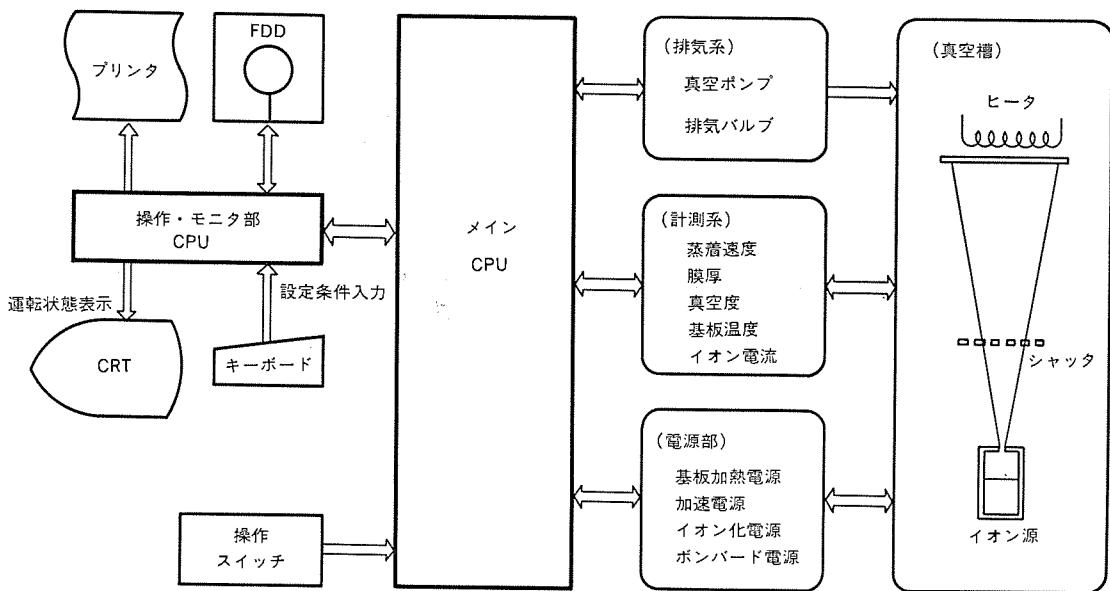


図 4. 計測制御 ブロック 図

(e) プリンタ：運転 モニタ 値を設定時間間隔で出力する。

膜厚の計測には水晶振動子式膜厚計を用いており、高精度に蒸着膜厚を制御できるとともに、安定な蒸着速度制御を行っている。なお、蒸着膜の堆積、あるいは蒸着時間の進行に従って、運転条件を4段階まで変化させることができ、多様な成膜条件に対応できる。

3.2 マルチノズル形イオン源の特性⁽²⁾

M-ICB 蒸着装置の大きな特長の一つであるマルチノズル形イオン源の開発により、大面積に高速度でもって均一厚さで均質な特性を持つ蒸着膜を形成することが可能になった。イオン源の重要な特性は、基板上でのイオン電流密度分布、蒸着膜厚分布及び蒸着速度の制御性である。このうち、蒸着速度の制御性については 3.1 節に既述したので、その他の特性について以下に述べる。

(1) クラスタの軌道解析

イオン源のマルチノズルから噴出した蒸気はクラスタとなり、イオン化部においてイオン化され、更に電圧加速されて基板へ到達する。このときのイオン化クラスタの軌道は、次の運動方程式で表すことができる。

$$m \frac{d^2S}{dt^2} = \rho E \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、
m : イオン化クラスタの質量

S : イオン化クラスタの軌道

t : 時間

ρ : イオン化クラスタの電荷量

E : 電解強度

この運動方程式を数値解析した結果の例を図 5. に示す。図中の実線の軌道は、イオン化クラスタがイオン化部の中央高さの位置でイオン化された場合の軌道を示している。イオン化クラスタをイオン源の上方で集束させることにより、広い面積にイオンビームを到達させるよう、イオン化部、加速電極部の適正配置を行っている。なお、図中の破線は中性クラスタの軌道であり、イオン化されなかったため電界の影響を受けないことを示している。

(2) イオン電流密度分布

基板上でのイオン電流密度の測定結果として、蒸着材料が金(Au)で加速電圧が 5 kV の例を図 6. に示す。横軸はノズルから 600 mm

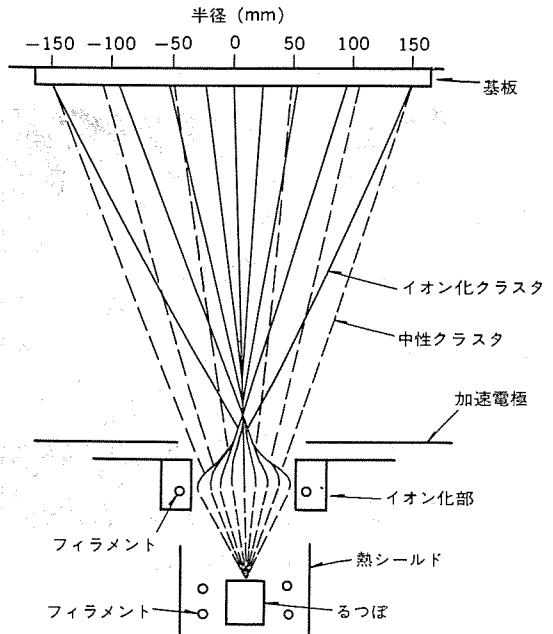


図 5. クラスタの軌道 シミュレーション 結果

離れた基板での中央からの半径であり、たて軸はイオン電流密度(単位面積あたりに到達するイオン電流)を基板中央での値でもって規格化した値をとっている。なお、マルチノズルを用いて高速蒸着を行うと、イオン化クラスタビームの基板上での広がりが大きくなり、イオン電流密度分布の平坦化に著しい効果が現れてくる。

(3) 膜厚分布

このイオン源では、基板上に均一厚さの膜を形成するために、25個のノズル配置、ノズルの径及び長さなどに工夫をこらしている。噴出蒸気は Prandtle & Meyer 理論で表されるように、マルチノズルからある広がり角をもって音速で基板へ到達する。

マルチノズルイオン源で得た基板半径上の膜厚分布の測定結果を図 6. に示す。

膜厚Tの分布特性は、一般に次式で近似できることが広く知られている。

$$T = T_0 \cos^n \theta \quad \dots \dots \dots (2)$$

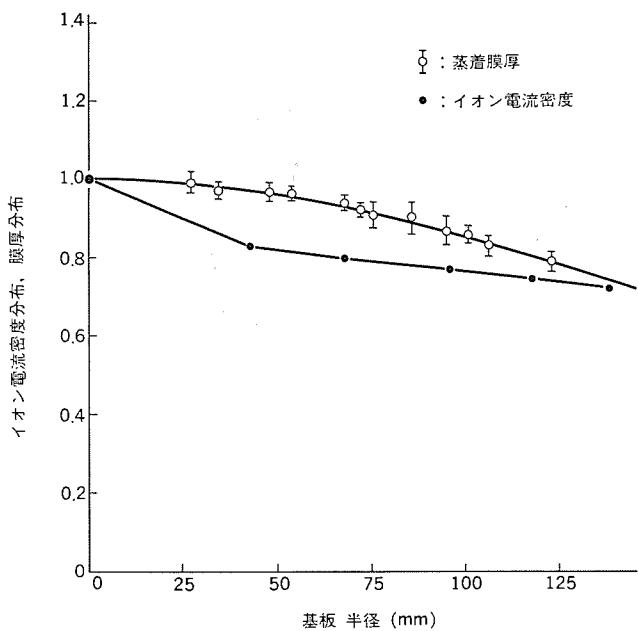


図 6. イオン電流分布及び膜厚分布特性

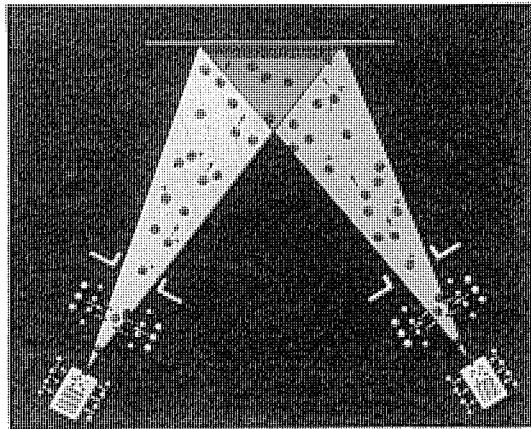


図 7. 2 元素混合物形成の概念図

ここに, T_0 : 基板中央での膜厚

θ : るつぼ表面の法線に対する角度

である。また、指数 n はノズル形状などによって定まる値である。
図 6. から $\phi 250$ の全面積において、膜厚分布は $\pm 12\%$ 以内に収まることがわかる。

3.3 多元素薄膜への適用

一つの真空槽に複数のイオン源を設けて、異なる蒸着材料を用いれば、多元素混合の薄膜形成が可能となる。図 7. は 2 台のイオン源を用いた場合の蒸着概念図である。また、同じ構成で、2 元素を交互に噴出させることにより、多層膜の形成もできる。

4. ICB 蒸着膜の特長

薄膜の機能的な特性と付着力は、イオン化の割合及びイオンの運動エネルギーに左右されるため、薄膜の高品質化への要求が高まるほど、エネルギーレベルを広範囲に変えることができる ICB 蒸着法は、その特長を発揮できる。以下に、代表的な適用例を示し、ICB 蒸着膜の特長について述べる。

4.1 光学的反射膜

銅 (Cu) 基板上の金 (Au) 薄膜を例にとる。蒸着速度 6 nm/min,

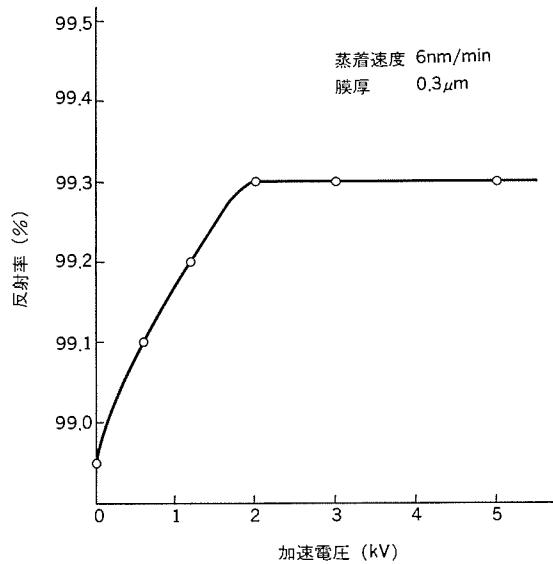


図 8. 反射率の加速電圧依存性

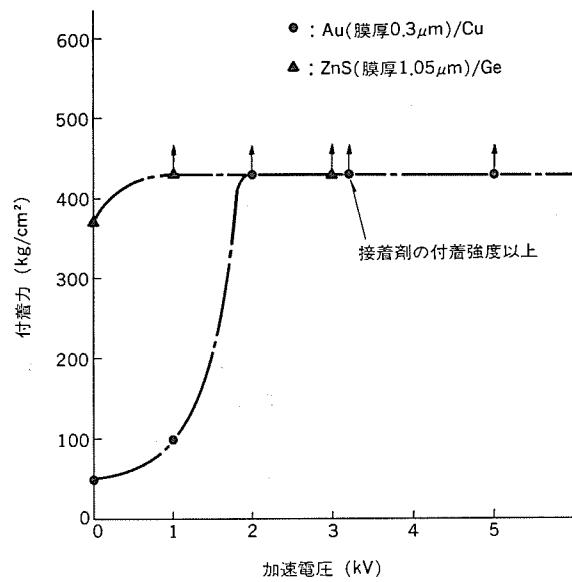


図 9. 付着力の加速電圧依存性

膜厚 0.3 μm 、イオン化電流 0.5 A で形成した薄膜に対する赤外線の反射率の測定結果を図 8. に示す。反射率は加速電圧の上昇に伴って改善され、2 kV 以上では 99.3 % の高反射率を実現している。加速による運動エネルギーによって膜のパッキング密度が向上し、反射率に有効に作用することを示す例である。

次に、引き倒し法により測定した付着力の結果を図 9. に示す。図から、付着力も加速電圧の上昇につれて向上し、2 kV 以上では評価用接着剤の付着力を超えていることが分かる。

4.2 光学的透過膜⁽³⁾

ゲルマニウム (Ge) 基板上への硫化亜鉛 (ZnS) 薄膜を例にとる。Ge への付着力測定結果を図 9. に、また、透過率について蒸着後の値とエージング後の測定値を図 10. に、それぞれ示す。両図から加速電圧の上昇により、透過率に関する薄膜の耐熱性が改善されるとともに、付着力も向上していることがわかる。図 10. では、基板両面に蒸着を行った場合の赤外線の透過率の波長依存性、及び 10 μm 波長における透過率の加速電圧依存性を合わせて示している。薄膜の耐熱性改善は、蒸着の後工程や適用環境などを考慮すると、実用上重要

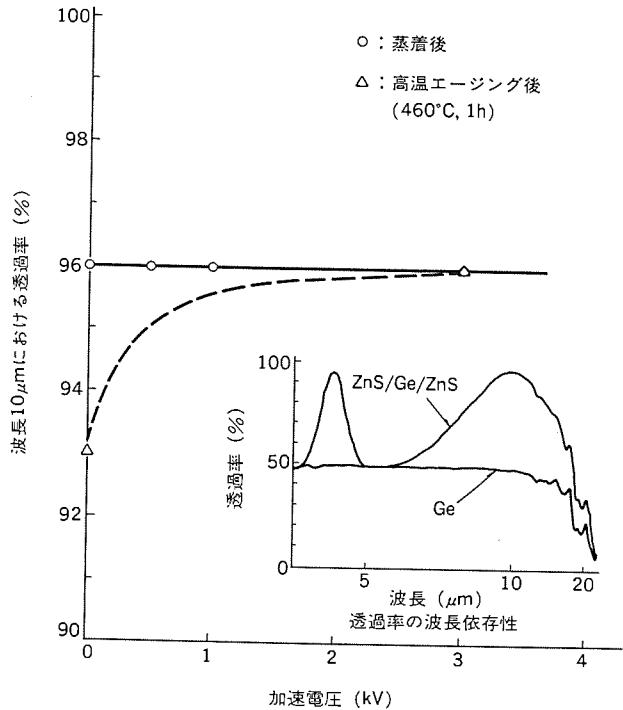


図 10. ZnS/Ge/ZnS の透過率特性

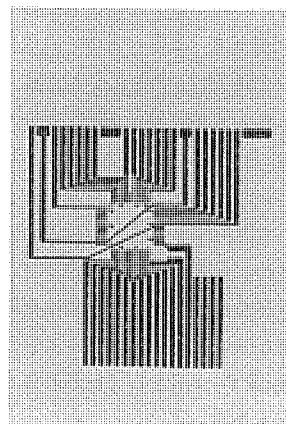


図 11. 有機膜上の銅プリント配線

な課題である。

4.3 有機基板上の金属膜

有機基板上に Cu 薄膜を形成した例を図 11. に示す。加速電圧を印加 (3 kV) すると、イオン化クラスタのもつ運動エネルギーにより、膜のピンホールは大幅に減少し、膜がち（緻）密になるとともに、高付着力の薄膜を得ることができる。

4.4 酸化膜⁽⁴⁾

反応性 ICB 法により、蒸発物質として二酸化けい素 (SiO_2) を用い、Si 基板上にけい素酸化物 ($\text{SiO}_x : x \leq 2$) 薄膜を形成した場合の、真空槽内の酸素 (O_2) 分圧と薄膜の屈折率の関係を図 12. に示す。 O_2 分圧により SiO_x の屈折率が変化し、 $1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 以上では熱酸化 SiO_2 の屈折率である 1.46 に等しい値が得られている。これは SiO_2 が蒸発時に一部分解して生成した SiO_x が、イオンの働きにより真空槽内の酸素と反応を起こし、この反応の度合が酸素分圧に依存して

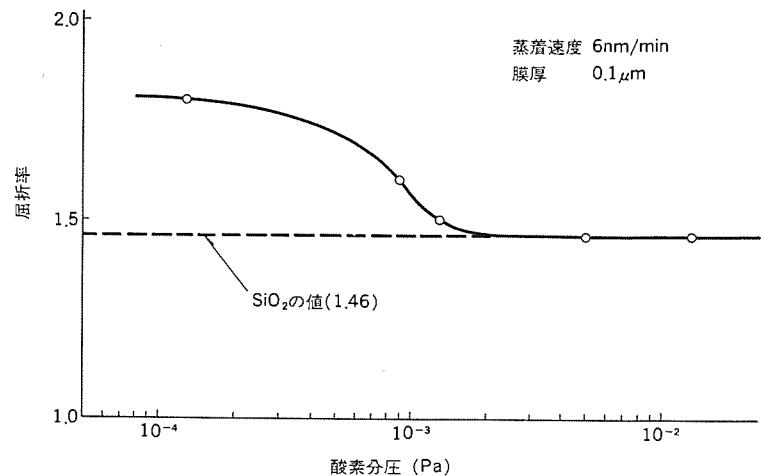


図 12. SiO_x 膜の屈折率の酸素分圧依存性

いるものと考えられる。

このように ICB 法によると、加速電圧を始めとする蒸着パラメータの選択によって、高機能特性、高付着力、高パッキング密度の薄膜を得ることができる。更に、電気的特性及び結晶性などの制御も含め、今後オプトデバイス、電子部品などの幅広い分野への適用が可能であると考えられる。

5. むすび

ICB 蒸着法は、イオンのもつ効果を最大限に利用できる優れた薄膜形成法として、各種デバイスの製造プロセスに適用されつつあり、国内外で高く評価されている。

M-ICB 蒸着装置は、ICB 蒸着法を多種多様な薄膜製造プロセスに適用できるよう、大面積に高速で蒸着でき、全自動運転が可能な装置として製品化した。オプトデバイス、電子部品などの薄膜形成にこの装置を適用したところ、イオン化クラスタのもつ数多くの役割が、薄膜の特性向上に大きな効果を与えていていることが確認できた。

今後、M-ICB 蒸着装置は、数多くの分野の薄膜製造プロセスに適用されていくことが期待できる。

(昭和 60-12-20 受付)

参考文献

- (1) 高木：薄膜形成におけるイオンの役割、日経エレクトロニクス、No. 279, p. 188 (昭 56)
- (2) T. Ina, M. Hanai, H. Ito and Y. Minowa : Distribution of Ion Current Density of Ionized Cluster Beam Deposition Apparatus with a Multi-Nozzle Crucible, IPAT '85, p. 16 (1985)
- (3) K. Yamanishi, H. Tsukazaki and Y. Hashimoto : Characteristics of ZnS and PbF_2 Thin Films Deposited by Ionized Cluster Beam, IPAT '85, p. 458 (1985)
- (4) Y. Minowa, K. Yamanishi and K. Tsukamoto : SiO_2 Films Deposited on Si by an Ionized Cluster Beam, J. of Vac. Sci. & Tech. B, Vol. 1-No. 4, p. 1148 (1983)

デュアルポートRAM(M5M4C264)

浜野尚徳*・増田紀隆*・益子耕一郎**・諸岡毅一**

1. まえがき

半導体技術のめざましい発展に支えられたメモリICは、高集積、高速、低価格化が進められてきた。ダイナミックRAM(以下、DRAMとよぶ)においては、64Kビットに続き、256Kビット、更には1Mビットの製品も出てきた。このように、高集積化とともに、その市場は拡大の一途をたどってきたが、しかし一方では、高集積化の故に、小形システムへの適用の困難さが問題とされだした。また、周辺機能の集積、民生品への適用など、ニーズの多様化に応じたメモリが市場に提示されつつある。

本稿では、今回開発した256K(64K×4)ビットデュアルポートRAM(M5M4C264)について、その構成、特長、応用例につき紹介する。

2. デュアルポートRAM

従来のメモリは、図1.に示すようにデータの入出力線は、それぞれ一对となっており、単一のデータバスに結合されるよう構成されている。このような構成においては、異なった二つの機能ブロックがメモリをアクセスする場合は、時分割にて交互にアクセスする以外に方法はない。したがって、システムの動作速度を向上させるためには、メモリ及び各機能ブロックの動作速度を向上させることにより、システムの速度を向上させるよう図られてきた。

しかしながら、図2.に示すようにメモリにデータの入出力線が二対設けられ、その各々が、独立に動作可能であれば、前述のように時分割にてメモリをアクセスする必要がなく、同時にアクセスすること

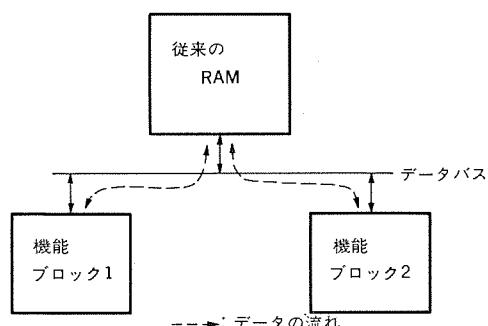


図1. 従来のメモリを用いたシステム構成

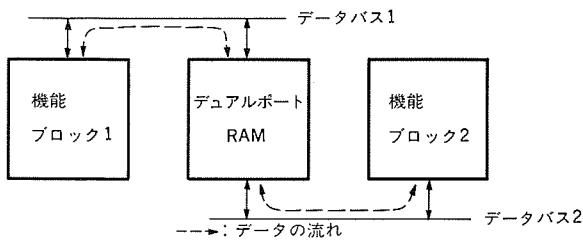


図2. デュアルポートRAMを用いたシステム構成

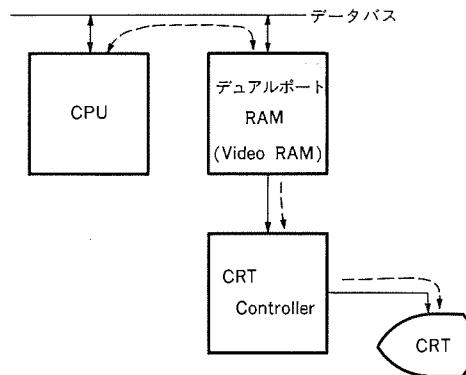


図3. M5M4C264を用いたCRT表示装置

ができるため、システムの動作速度は飛躍的に向上する。このように、データの入出力線を二対もち、各々が独立に読み出し、書き込みができるよう構成されたRAMが、デュアルポートRAMである。

このようなデュアルポートRAMは、図3.に示すようにCRTの表示装置においては特に有効なものであり、CRTに対して高速に画像データを送り出し表示する一方、新たな画像データをRAMに書き込む作業を並行して実行できるため、画像の更新をすみやかに行うことができる。また、CPUとCRTC(CRT Controller)の動作を時分割にする必要がなく、各々独立に動作可能であるため、システム設計において複雑なタイミングを考慮することから解放される。このようなメモリは、画像データ用として使われることが多く、ビデオRAMと呼ばれることがある。

以下、デュアルポートRAM(M5M4C264)の特長と構成及びその応用例について述べる。

3. M5M4C264の特長

図4.に今回開発した256KビットCMOSデュアルポートRAM(M5M4C264)のチップ写真とピン配置を、表1.に各ピンの機能を示す。

図5.に示すように64K語×4ビット構成のランダムアクセスメモリ(RAM)

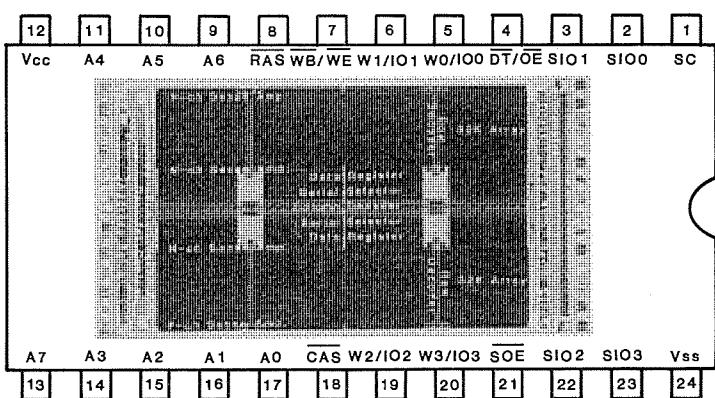


図4. Die Photo and Pin Configuration

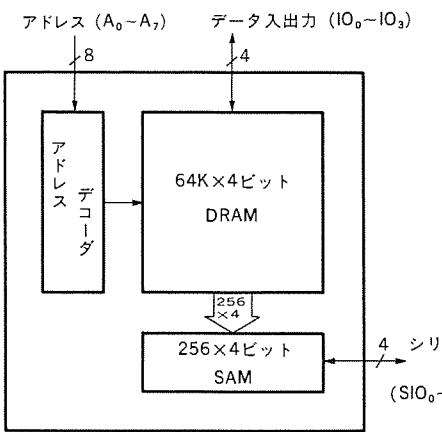


図 5. M5M4C264 の構成

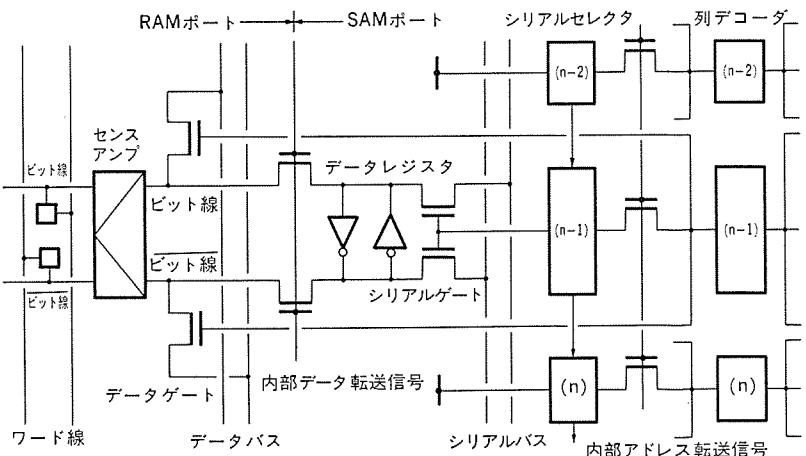


図 6. RAM ポートと SAM ポートの関係

表 1. ピン機能

SC	Serial Control	Input
SIO 0-3	Serial Input and Output	Input/Output
DT	Data Transfer	Input
OE	Output Enable	Input
W 0-3	Write Select in Write Per Bit	Input
100-3	Data Input and Output	Input/Output
WB	Write Per Bit	Input
WE	Write Enable	Input
RAS	Row Address Strobe	Input
A 0-7	Address Input	Input
Vcc	+5 V Supply	Power Supply
CAS	Column Address Strobe	Input
SOE	Serial Output Enable	Input
Vss	Ground	Power Supply

M) ポートと 256 語×4 ビット構成のシリアルアクセスメモリ(SAM) ポートが同一チップ上に配置され、両者は 1,024 ビット幅の双方向内部バスで結合されている。RAM ポートは、行デコーダ、列デコーダ、センサアンプ及び 8 個の 32 K ビット ダイナミックメモリセルアレーから構成される。SAM ポートは、データレジスタとシリアルセレクタから構成される。

チップ中央に位置する列デコーダの両側に SAM ポートのシリアルセレクタとデータレジスタが並ぶため、チップの短辺長が 4.86 mm と長くなることと、SAM ポートの入出力用と制御用に新たに 6 端子が必要となること、の 2 点から従来のダイナミック RAM の標準である横幅 300 ミル (7.62 mm) のデュアルインラインパッケージ (DIP) に収容することに困難が生じ、横幅 400 ミル (10.16 mm) の 24 ピン DIP がデュアルポート RAM の標準になりつつある。

3.1 RAM ポートと SAM ポートの関係

図 6. は RAM ポートと SAM ポートの関係を表す回路図である。RAM ポートの動作は、従来の DRAM と同様である。すなわち、RAS 信号の立下り時にチップ内にラッチされた行アドレスにより選択されたワード線の電位が上昇し、1 トランジスタ 1 キャッシュ形メモリセルに記憶されている情報電荷がビット線に読み出され、センサアンプがビット線の電位変化をビット線対の他方の電位と比較・增幅する。次に CAS 信号の立下り時にチップ内にラッチされた列アドレスにより選択された列デコーダ出力の電位が上昇し、その列デコーダに対応するセンサアンプの增幅情報がデータバスに読み出され、出力プリーメインアンプを通してチップ外部に情報が出力される。RAM ポートへの情報書き込みは、以上の経路を逆にたどることにより実行される。

続いて、RAM ポートと SAM ポートの間のデータ転送を図 7. を用いて説明する。RAM ポートの出力制御信号 OE の機能も兼ねてい

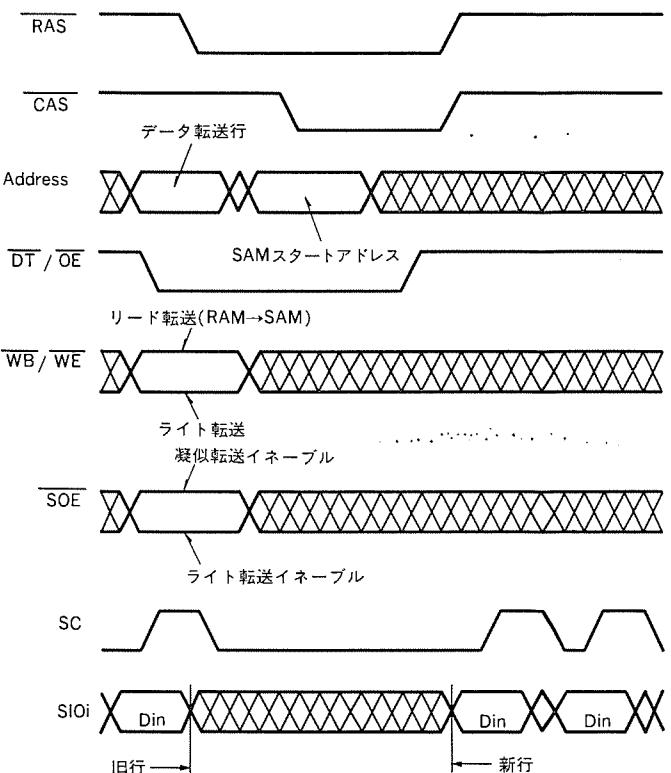


図 7. データ転送サイクル

るデータ転送制御信号 DT/OE 信号を、RAS 信号の立下り時に “L” レベルにすると、チップはデータ転送サイクルに入る。同時に、後述するライトペリットモード制御信号を兼ねる書き込み制御信号 WB/WE 信号の状態により、データ転送の方向が設定される。すなわち、RAS 信号の立下り時に WB/WE 信号が、“H” レベルであれば RAM ポートから SAM ポートのデータレジスタへのデータ転送(リード転送)，WB/WE 信号が “L” レベルであれば SAM ポートのデータレジスタから RAM ポートへのデータ転送(ライト転送)が、1,024 ビット同時に実行される。リード転送時には、内部データ転送信号が “H” レベルとなり、CMOS インバータの交差接続で構成されるデータレジスタにセンサアンプ出力が伝達される。逆にライト転送時には、ワード線の電位上昇と同時に内部データ転送信号を “H” レベルとし、ビット線にデータレジスタの情報を伝達してからセンサアンプを活性化する方式をとっている。

リード転送後は、シリアル読出しサイクルが、ライト転送後はシリアル書き込みサイクルが実行される。RAM ポートの記憶情報を変更せずに、

シリアル書込みサイクルを設定したい場合には、ライト転送サイクルのRAS信号立下り時にSOE信号を“H”レベルにすることにより、データ転送を禁止しつつシリアル書込みサイクルが設定される疑似転送サイクルが実行される。なお、データ転送サイクルにおける行アドレスは、データ転送の対象となるRAMポートの行アドレスを示し、列アドレスはデータ転送完了後のシリアルアクセスの開始アドレスを指定する。

シリアルサイクルは、データ転送サイクル時の列デコーダ出力により、予備設定されたシリアルセレクタから順に次段のシリアルセレクタがSC信号によって活性化され、その出力によってデータレジスタとシリアルバスがシリアルゲートを介して接続されることで実行される。

3.2 M5M4C264の付加機能

以上述べた双方向内部データ転送機能と、シリアルの読み出し／書き込み機能のほかにM5M4C264は以下の機能をもっている。

(1) リアルタイムデータ転送機能：データ転送期間にも途切れなくシリアルICデータを読み出す機能であり、CRTディスプレイの帰線（ブランギング）期間以外のタイミングにおいてもデータ転送を可能とする。

(2) ライトパーピット機能：RAMポートの書き込みにおいて、4ビット中の任意のビットの書き込みを禁止する機能である。図8のタイミングチャートにおいて、RAS信号の立下り時にWB/WE信号が“H”レベルであれば、通常の4ビット同時書き込みが実行され、RAS信号立下り時にWB/WE信号が“L”レベルであれば、同時に“L”レベルであるWi/IOi ($i=0 \sim 3$)からの書き込みデータがチップ内にラッピングされない。ビット単位のデータ書き換えがサイクル時間の長いリードモードファイライトサイクルを要せずに実行できる。

(3) CASビフォアRASリフレッシュ、ヒドリフレッシュ、RASオンリーリフレッシュ

(4) ページモードアクセス

などの機能が付加されている。

3.3 M5M4C264の電気的特性

M5M4C264の諸特性の標準値を表2に示す。CMOS回路とNMOS回路の長所を最大限にいかすことにより、以下の特性を得ている。

(1) 低消費電力：CMOSセンスアンプの採用により、容易となつたビット線1/2V_{CC}プリチャージ方式と、行デコーダとシリアルセレクタを除く周辺回路へのCMOS回路全面採用により、スタンバイ電流0.7mA、アクティブ電流43mAが達成された。この低消費電力は、装置の発熱量を抑制し冷却ファンなどの負荷を軽くするので画像端末の軽量小型化とノイズ低減につながる。

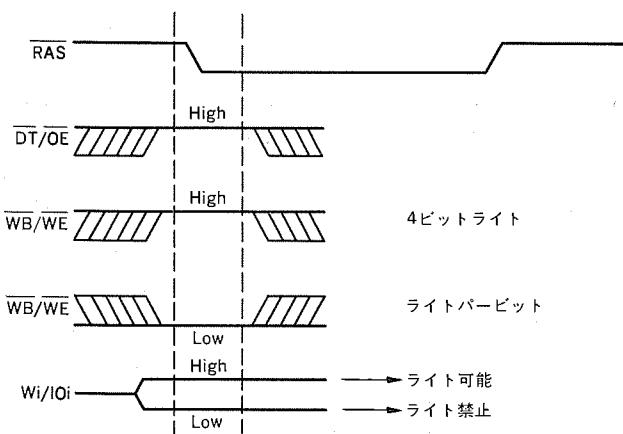


図8. ライトパーピット機能

(2) 高速アクセス：高速にゲートを駆動することを要求される行デコーダとシリアルセレクタには、NMOSダイナミック回路を用い、微小電位差の増幅にはCMOSダイナミックセンスアンプとCMOSカレントミラー形プリアンプを採用することにより、行アクセス時間65ns、シリアルアクセス時間20nsを達成した(図9)。

(3) 広い動作マージン：同一チップ上に非同期で動作する回路が近接しているため、相互干渉による回路誤動作の防止が重要である。M5M4C264においては、高速に動作するシリアルセレクタをRAMポートのメモリセルアレーから離していることと、データレジスタと列デコーダをCMOS回路で構成したことにより、シングルポートの場合と同様の広い動作マージンを実現した。

表2. M5M4C264の性能

構成	
RAMポート	64K×4b
SAMポート	256×4b
パッケージ	24pin, 400mil DIP
プロセス	1.5μm N-well CMOS
セル寸法	5.7μm×10.4μm
チップ寸法	4.86mm×9.18mm
行アクセス時間	65ns
列アクセス時間	28ns
シリアルアクセス時間	20ns
アクティブ電流	
RAMポート	33mA
SAMポート	10mA
スタンバイ電流	
(CMOS入力)	0.7mA
(TTL入力)	2.0mA
リフレッシュ	256cycles/4ms
冗長構成	4rows

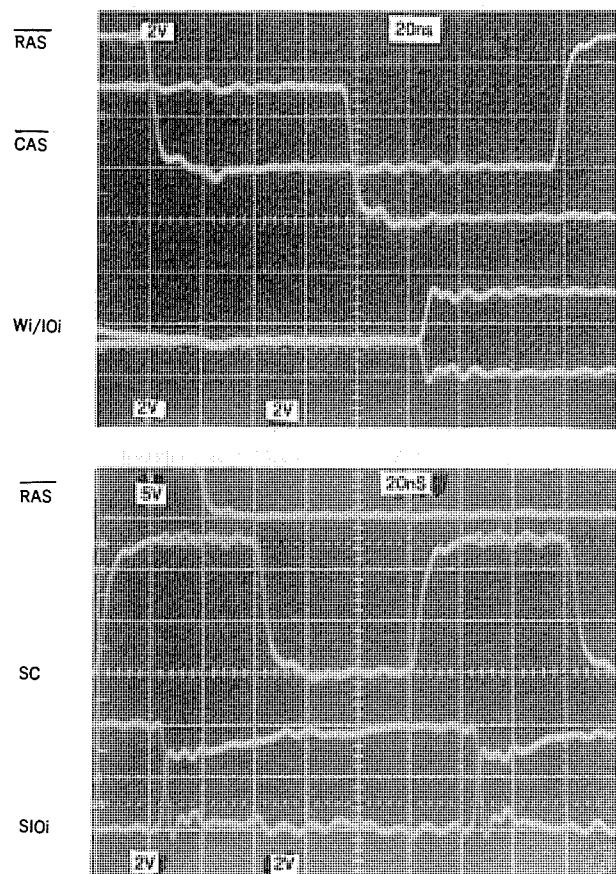


図9. 出力波形

4. デュアルポート RAM (M 5 M 4 C 264 P) の応用例

4.1 640×200 画素グラフィックディスプレイへの応用

次にこのデュアルポート RAM を 3 個使った、640×200 画素の 16 色ビットマップディスプレイの例を示す。

必要なビット数は $640 \times 200 \times 4 = 512\text{K}$ であり、リアルタイムデータ転送機能を使えば 2 個のデュアルポート RAM で構成できるが、この例では 1 水平走査線をそれぞれ 3 個のデュアルポート RAM の 1 行のメモリセルに対応させ、16 色のカラーデータを 4 ビットに対応させて 768×256 画素の表示メモリを構成し、その中の 640×200 画素を CRT に表示させた（図 10.）。

したがって 56 行分と 128 列分のメモリが余分となるが、この部分はスクロールなどの画面移動機能に有効に使用できる。この例では、水平ブランディング期間に RAM 部と SAM 部との間のデータ転送を行させ、RAM メモリセルのリフレッシュを 4 行分実行させた。

CPU はこの RAM, SAM 間の転送と RAM リフレッシュの時間を除いた他のいかなる時間にも RAM ポートをアクセスできる。この例でも水平走査期間を $62.6\text{ }\mu\text{s}$ で、RAM ポートのサイクルタイムを 230 ns とすれば、 $(62.6 - 5 \times 0.23) / 62.6 = 0.98$ となり、CPU はこのデュアルポート RAM に対し、98% の高いアクセス効率をもつことができる。

SAM からの出力データは、水平表示期間 $44.7\text{ }\mu\text{s}$ に 640 画素を CRT へ転送するから、1 画素当たりの転送時間は約 70 ns であり、このデュアルポート RAM のシリアル I/O サイクルタイム 40 ns の規格を十分に満たせる。

4.2 1,280×1,024 画素グラフィックディスプレイへの応用

更に高分解能のグラフィックディスプレイとして使用されている $1,280 \times 1,024$ 画素のカラーグラフィックディスプレイに応用した例を示す。

このようなディスプレイは、水平ブランディング期間を含めた水平走査期間に 1,700 画素分の走査をして、垂直ブランディング期間を含めた垂直走査期間に 1,050 ラインの水平走査線を 60 Hz で走査するノンインタレス走査方式が使われる。この場合、CRT へ転送する 1 画素当たりの転送時間は、 $1 / (60 \times 1,050 \times 1,700) = 9.3\text{ ns}$ となる。

このディスプレイの例では、フレームメモリを 1 画素 16 色の 4 ビットとし、行方向 4 個 × 列方向 5 個の計 20 個のデュアルポート RAM で構成

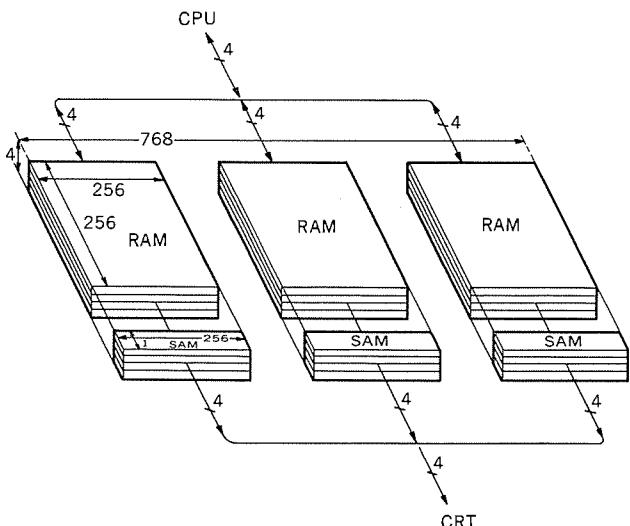


図 10. 3 個のデュアルポート RAM を使った 640×200 画素のカラーグラフィックディスプレイシステム用フレームバッファ

し、1 水平走査線を 5 個のデュアルポート RAM の 1 行分のメモリセルに対応させた（図 11.）。

RAM と SAM 間のデータ転送と、RAM メモリセルの 1 行分のリフレッシュは水平ブランディング期間に実行させた。CPU はこの期間を除いた期間に、自由に RAM ポートをアクセスできる。水平走査期間を $15.8\text{ }\mu\text{s}$ とすると、CPU のアクセス効率は、 $(15.8 - 2 \times 0.23) / 15.8 = 0.97$ と 97% の高い値を達成できる。

このメモリ構成の 1 行 5 列～4 行 5 列を、それぞれ第 1 グループ～第 4 グループとすると、CRT へのデータ転送は SC クロックの 1 クロックで 5 画素 ($4 \times 5 = 20$ ビット) を並列に読み出す転送レートで、まず第 1 グループから、256 クロックで 1 水平走査線分の 1,280 画素を読み出し、これを 256 水平走査線分行う。次に第 2 グループ、第 3 グループ、第 4 グループと 1,024 水平走査線まで続ける。このデュアルポート RAM からの出力を、4 個の 5 ビット並列直列変換器で 4 ビットの並列カラー信号に変換し CRT へ出力する。SC クロックを 46.7 ns とすれば、1 画素転送時間 9.3 ns を実現できる。

4.3 TV, VTR への応用

このデュアルポート RAM を TV, VTR に応用すれば、動画 2 画面、マルチ画面、ストロボ画面、モザイク画面などの機能や、高画質のスチル、スロー、倍速、スピードサーチなどの機能や、画像データのプリント出力が可能となる。このような機能を実現するには、各放送局からのビデオ信号や、VTR からの再生ビデオ信号の 1 フィールド分を実時間で記憶でき、再生できればよい。ここでは、放送局内で使用するレベルの超高画質を実現できる NTSC 方式のシステム例を示す（図 12.）。

このシステムは $4 f_{sc}$ (f_{sc} は色副搬送波周波数 3.58 MHz) でサンプリングした輝度信号 Y の系列と、 $2 f_{sc}$ でサンプリングした色差信号 R-Y, B-Y を $4 f_{sc}$ で多重化した色差信号 C の系列との構成からなる高分解能のコンポーネント符号化方式であり、Y, R-Y, B-Y の 3 信号とも 8 ビットに量子化しており、超高色採度が得られる。

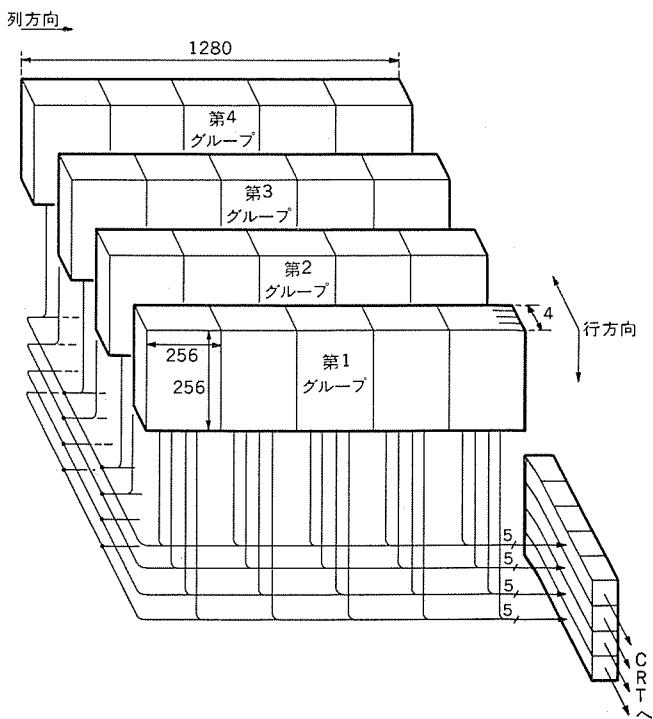


図 11. 20 個のデュアルポート RAM を使った $1,280 \times 1,024$ 画素のカラーグラフィックディスプレイシステム用フレームバッファ

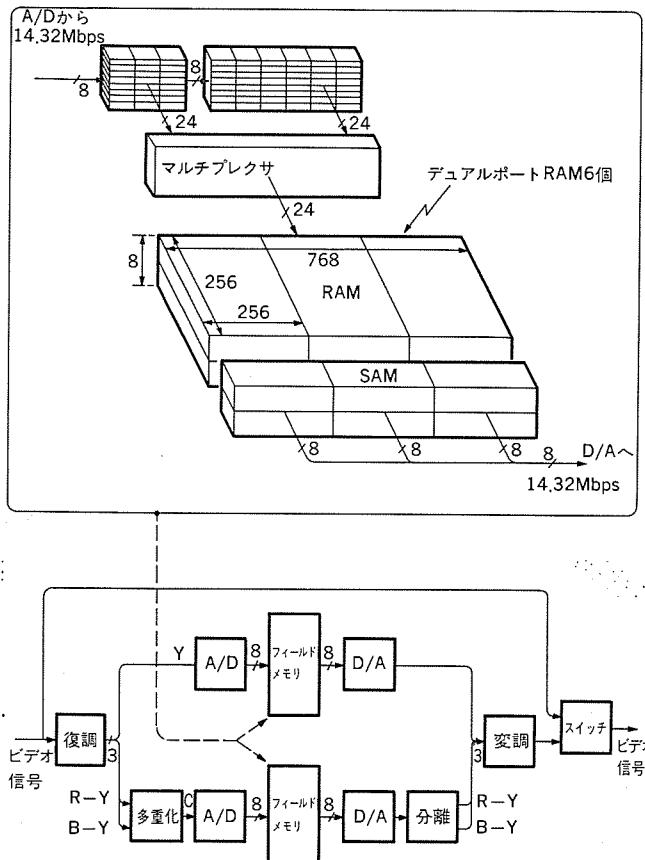


図 12. デュアルポート RAM を使った TV, VTR 用 フィールドメモリ

まずビデオ信号を復調器で Y, R-Y, B-Y 信号に分離して、Y 信号と、R-Y, B-Y の多重信号 C を、それぞれ A/D 変換して 8 ビットデータとし、デュアルポート RAM へ書き込む。デュアルポート RAM を Y 系列、C 系列共に 6 個使用して、1 フィールドを 768 × 256 画素で構成する。

すなわち、ブランкиング期間を除く水平走査期間 ($53.6 \mu s$) に RAM 1 行 256 メモリセルの 3 列分 768 画素を表示すると、1 画素当たりの走査時間は 70 ns ($=1/4 f_{sc}$) となる。水平走査線 262.5 ラインの垂直走査期間からブランкиング期間を除いた有効表示走査線は、244 ラインであり RAM の列アドレス 256 をこれに当てる。

デュアルポート RAM へのデータの書き込みは、RAM ポートから行い、データの読み出しが SAM ポートから行う。Y, C データの 1 画素当たりの転送時間は 70 ns であり、この速度で RAM に書き込みできないから、ページモードを使って 420 ns に 3 サンプリング分の Y, C データを 2 回書き込む。SAM ポートからの読み出しが 70 ns で十分に余裕がある。

RAM 部から SAM 部へのデータ転送は読み出しビデオ信号の同期信号の期間に行うが、デュアルポート RAM への書き込みと読み出しのビデオ信号は同期していないので、RAM 部から SAM 部への転送時間と RAM ポートへの書き込み時間が同時に生じる場合がある。この場

合は書き込みデータを一時バッファに記憶しておき、後の書き込みビデオ信号の同期信号期間に追加書き込みをする。

RAM メモリセルのリフレッシュは書き込みビデオ信号の同期信号の期間で RAM, SAM 間の転送が実行されないときに 1 水平走査当たり 4 回実行する。家庭用 TV, VTR であれば、これほどの高画質は不要であり、量子化ビット 6 ビット、 256×256 画素で実用できる。この場合にはデュアルポート RAM は 3 個でよく、大幅に低コストで実現できる。

4.4 その他多くの分野への応用

これら表示システムの画像メモリは、外部データを SAM ポートからシリアルに入力できる。この機能を使えば、種々のデータ転送機能を簡単に装備できる。例えば、外部からブランクデータを SAM 部のすべてに入力し、これを RAM 部へ転送すれば高速クリア機能となり、RAM 部のデータを SAM 部へ転送し、更に他の RAM 部へ転送すれば高速コピー機能となる。

また他のシステム、例えば通信回線、ビデオカメラ、又は他のデュアルポート画像メモリとの画像メモリとの間で SAM のシリアル I/O ポートを通し、文字、画像データを高速に送信、受信すれば、CPU との競合を最少にして多くのシステムと最適なインターフェースを構築できる。

このほかにも次のような画像処理を中心とした多くの応用分野がある。

- (1) 通信・FAX・コピー・プリンタ・ロボット・電子カメラ
- (2) ビデオカメラ・ビデオディスク・ビデオテックス・文字多重
- (3) EDTV・ハイビジョン

これらの分野に対し、このデュアルポート RAM を使用すれば、それぞれの用途に最適なメモリシステムを設計できる。

5. むすび

以上述べたように、今回開発したデュアルポート RAM(M5M4C264)は、画像処理分野に焦点を当てて、従来のメモリでは困難であった画像データの入出力と、データ処理のリアルタイム性を向上させることをねらったものであり、従来のメモリがデータを記憶するというメモリの基本機能を重視してきたのに対し、記憶したデータを効率よく処理することを重視して開発されたものである。このような特定分野向けのメモリは、1984年に出現したばかりであり、画像処理分野は、もちろん、音声処理、データ通信などへの進出、また価格の低下に伴い、民生市場においても新製品、新市場が創出され、様々な分野向けに特殊機能を内蔵し、最適化されたメモリが出現していくであろう。

当社においても広範な市場の要求にこたえるべく、より高性能で使いやすいメモリの開発を目指しているが、これらの実現のために、LSI の製造技術はもちろんあるが、システム全体を考慮し最適化を図ることがより一層重要である。

コンパクト蛍光灯BB及びBBダウンライト

中野志津雄*・石井健一*・武田隆夫*・願念和男*・田中紀彦*

1. まえがき

蛍光ランプの歴史を振り返ると、直管形蛍光ランプから始まり環形蛍光ランプへと、更に近年においては、U字形蛍光ランプや電球形蛍光ランプの実用化へと光源の小形化への努力がなされてきており、これによって一般照明用光源として主流を占めるに至っている。一方、蛍光ランプよりも古い歴史をもつ白熱電球も効率が低く短寿命であるという欠点をもちながら、そのコンパクトさ及びその光色がかもしれない雰囲気が好まれ、また照明器具設計の自由度が大きいということから実用光源として根強い需要がある。このような白熱電球が使用されている分野にまで、白熱電球に比べ電力費1/3、寿命3~6倍、発熱量1/3という大きなメリットをもつ蛍光ランプを更に広く普及させるために、電球100W相当の明るさ(光束)を実現しつつ電球のサイズと同等にコンパクトな蛍光ランプの開発が望まれていた。

ここでは、当社独自の4本のガラス管を接合する技術により実現した、直管形蛍光ランプ・環形蛍光ランプに次ぐ第3世代の蛍光ランプとして期待される、電球(100W)を超す光束で、電球並みにコンパクトになった“コンパクト蛍光灯BB”(BB: Best and Bright)(図1.)と、この専用照明器具の一つとして開発された、高効率で配光制御の機能が高い多段パラボリック反射板を採用した“BBダウンライト”的構造、性能について報告する。

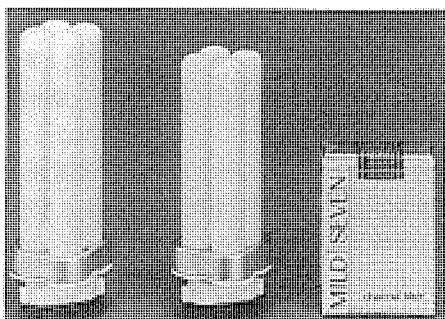


図1. コンパクト蛍光灯BBと電球(左から、27Wタイプ、18Wタイプ)

2. コンパクト蛍光灯BB

2.1 ランプ構造

コンパクト蛍光灯BBの開発のねらいは、可能な限りコンパクトで電球より明るく、一般的の蛍光灯安定器で点灯でき、更には大量生産ができるランプ構造の具現化にあった。このような構造を決定する主な因子は、①発光管構造(4本チューブ構造)、②放電中の水銀蒸気圧、③発光管寸法、④蛍光膜の性能である。

2.1.1 4本チューブ構造

一般に、蛍光ランプで高い光束を得るために長い発光長が必要であり、コンパクト化とは矛盾する。しかし、放電路を屈曲させることにより、十分な発光長を確保しつつコンパクト化を図ることは可能で

ある。所定の管径、管長のガラス管を、発光管全体としていかなる形状にどのように成形加工するかはコンパクト蛍光ランプの基本となる重要なポイントであり、これを決めるに当たって次の事項を十分に考慮した。

- (1) コンパクトな発光管形状であること。
- (2) 大量生産が容易にできる構造であること。
- (3) ガラス加工工程中の高温加熱による蛍光膜の劣化、損傷により、光束低下を起こさないこと。

これらの要件を満たし、高光束かつコンパクトな蛍光ランプを実現するために、4本のガラス管の接合による密着発光管構造(4本チューブ構造)及びその製造法を確立した(図2.)。この製造法によれば、極めてコンパクトな発光管が自動機により容易に製造できる上、ガラス管接合加工時には蛍光膜がいまだ形成されていないため高温にさらされることはない。

また発光管端部の密閉は、電球形蛍光灯《ピカッ灯びかいちくん》の開発⁽¹⁾で培った高信頼性のガラス・セラミックシールを採用し、気密の信頼性を確保するとともに発光管足部をすべてセラミック基板に接着することにより、製品として必要な強度を十分に満足する構造となっている。コンパクト蛍光灯BBは、この4本チューブ構造により放電路は一方の電極から一方の頂部接合口を経由し、次いで足部接合口

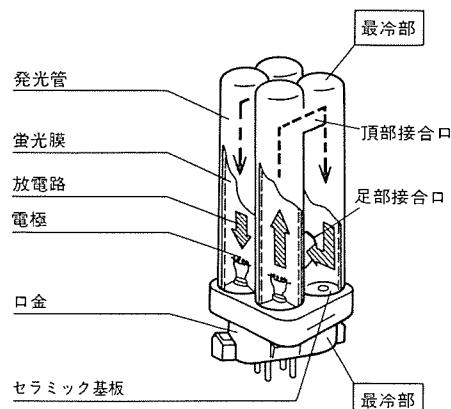


図2.(a) 4本チューブ構造

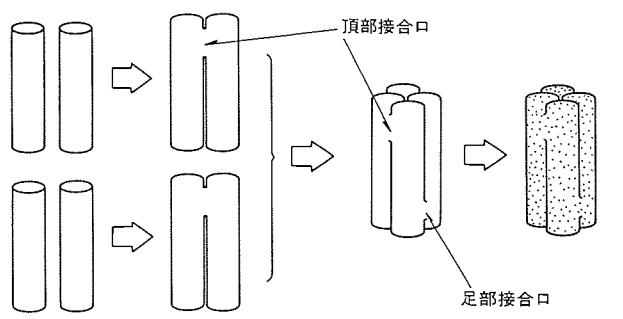


図2.(b) 発光管の製造法

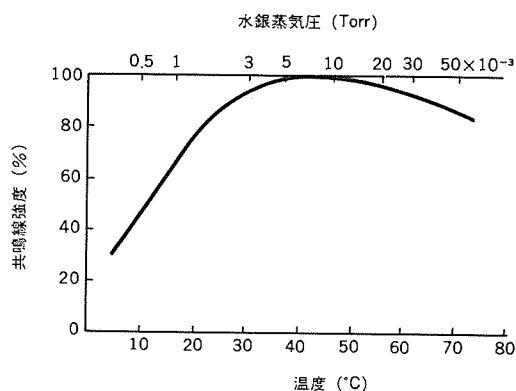


図 3. 水銀蒸気圧による水銀共鳴線放射の変化⁽²⁾

をくぐり抜けて他方の頂部接合口を経て他方の電極に至る。すなわち、管長（電極間距離）の約1/4のランプ全長で十分な発光長を確保し、可能な限りのコンパクト化を実現している。

2. 1. 2 最冷部構造

蛍光ランプは、水銀蒸気中の放電により水銀原子から放射される紫外線（主として波長254 nm の共鳴線）により、ランプ管壁の蛍光膜を発光させて照明に利用しているが、この紫外線の発生強度は放電中の水銀蒸気圧により大きく変化する（図3.）。したがって、蛍光ランプでは水銀蒸気圧が～ 6×10^{-3} Torr のとき、言いかえれば水銀蒸気圧を決めるランプ内の最冷部の温度が約40°Cのとき最も高い効率(1 W当たりの光束)が得られる。しかし、コンパクトで高出力の蛍光ランプを実現したい場合には、ランプの管壁負荷(発光管内壁1 cm²当たりの入力電力)が大きくなるために管壁温度が高温となり、ランプの最冷部温度は40°Cを大きく超えるので、特別な最冷部を形成する必要があった。

これを解決し、コンパクトな形状で最適水銀蒸気圧を設定でき、電球以上の光束を実現したのがコンパクト蛍光灯BBのダブル最冷部構造である（図2. (a)）。この最冷部はランプの先端部と口金内の細管部の2箇所に形成され、それぞれ主放電路から離れているために、ランプの点灯方向によってその一方が必ず最冷部となる。例えば、口金上向点灯と水平点灯ではランプの先端部が、また口金下向点灯では口金内の細管部がそれぞれ最冷部となる。主放電路からの距離を適切に選定したことにより、それぞれの最冷部温度は40～50°Cに設定することができ、点灯方向にかかわらず最も高い効率の得られる水銀蒸気圧が実現できている。

2. 1. 3 発光管寸法

蛍光ランプの発光管管径は、効率の面でランプ電力や電流に対応した最適管径範囲が存在する。そして一般に、管径は太い方が放電の安定性、始動性が良く、また管壁負荷も小さくなるので蛍光膜の発光性能の劣化が少くなり有利である。しかし、コンパクト性という面から考えると、管径が太いほど所定のランプ電圧を得るために管長も長くなってしまい好ましくない。ここでは、ランプ特性とコンパクト化が両立する管径（外径φ16.5 mm、内径φ15mm）を採用した。

管長は一般に長いほど効率は高くなるが、ランプ電圧も高くなる。したがって一般の蛍光灯安定器で点灯する場合、安定放電を得るためにには管長をある範囲の中で選定しなければならない（図4.）。更に安定器の温度上昇やランプ電流を所定のレベルに保たなければならぬ。したがって管長は、このような条件を加味してランプ電力に

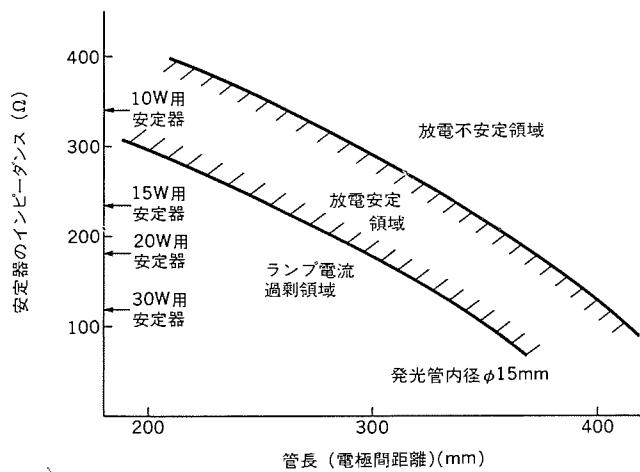


図 4. 安定放電を得るための管長の選定範囲

応じて変えた。

2. 1. 4 蛍光体の高温特性の向上

コンパクト蛍光灯BBは一般蛍光ランプに比べ、発光管を極端に小形化してあるので、管壁負荷が2～3倍と高くなり、発光管の管壁温度は最冷部を除いて100°Cを超える。したがってこのランプには、当社3波長域発光形蛍光ランプ『ルピカエース』で実績をもつ高効率希土類蛍光体（セリウム、テルビウム共付活りん酸ランタンなど）の組成、合成法に検討を加え、100°C以上の高温でも発光強度が低下しないものを使用している。

2. 2 ランプの諸特性

2. 2. 1 明るさ（光束）及び形状寸法

コンパクト蛍光灯BBの開発のねらいは、具体的には一般電球以上の光束を電球の1/3の電力で、しかも電球のサイズ並みのコンパクトな形状で実現することである。これにより器具設計の自由度を大きくし、蛍光灯器具分野の拡大を図ることはもとより、従来、電球が使用されていた分野にまで蛍光ランプを普及させることが可能となる。

前述のように、4本チューブ構造に加え、ダブル最冷部構造の採用により水銀蒸気圧を最適化したことによる効率向上と、蛍光体の高温特性を改善したことによる効率向上により一般電球と同等以上の光束が得られた。コンパクト蛍光灯BB 27 Wタイプで1,550 lm(ルーメン)（一般電球100 Wの光束1,520 lm）、18 Wタイプで1,070 lm(一般電球60 Wの光束810 lm)である。また形状寸法は、2. 1. 1節で述べた4本チューブ構造の実現により一般電球並みのサイズにまでコンパクト化され（例えば27 Wタイプの全長138 mm、発光部幅34 mm），高輝度が得られるので、従来の蛍光ランプに比べ器具のデザインや配光制御が容易である（図5.）。

2. 2. 2 光源色

コンパクト蛍光灯BBは、コンパクトな形状を生かして電球が主に使用されている分野に、更には従来の蛍光灯照明の分野にも、一新されたデザインの器具で使用されることが期待できる。したがって光源色は、電球色（色温度2,800 K）と三波長昼白色（『ルピカエース』色、色温度5,000 K）の2種類とした。それぞれの分光エネルギー分布を図6. (a), (b)に示す。なお、平均演色評価数 R_a は電球色で84、『ルピカエース』色は83であり、共に高演色形で物の色の見え方があざやかである。電球色では緑色蛍光体（セリウム、テルビウム共付活りん酸ランタン）と赤色蛍光体（ユーロピウム付活酸化イットリウム）を使用し、『ルピカエース』色は更に青色蛍光体（ユーロピウム付活クロロりん酸ストロンチウム）

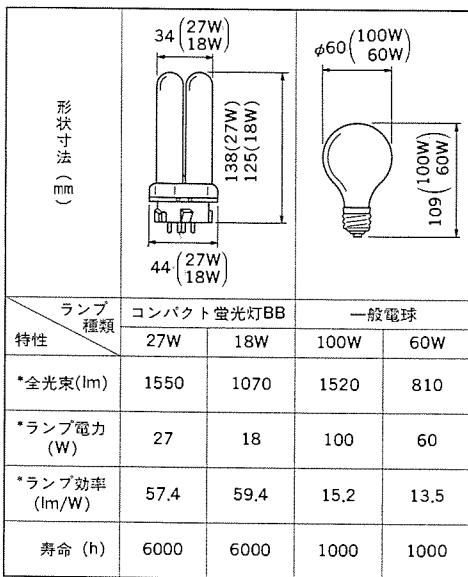
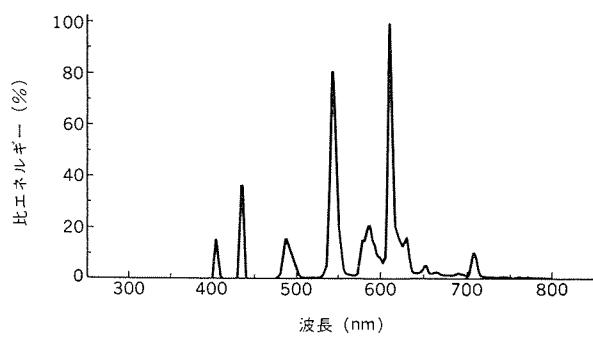
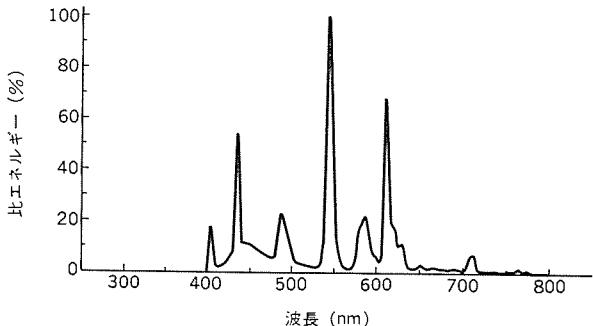


図 5. 電球との形状、性能比較



(a) 電球色(色温度 2,800 K)



(b) ルピカース色(色温度 5,000 K)

図 6. 分光分布

△) を付加使用している。

2.2.3 光束立ち上り特性

このランプは、一般蛍光ランプに比べてコンパクトであるが、最冷部の温度は一般蛍光ランプと同等になるように設定してあるので、光束が安定するまでの時間は一般蛍光ランプ並みである。常温(25°C)では点灯後1分以内、低温(5°C)では約5分で光束は安定する。

2.2.4 周囲温度と光束及び電気特性

コンパクト蛍光灯BBは一般蛍光ランプと同じように、周囲温度により光束と電気特性が変化する(図7)。ランプは常温(15~25°C)で、最高効率が得られる管壁最冷部温度(水銀蒸気圧)に設定してあるが、周囲温度の変化により最冷部束度が変化するため、光束と電気

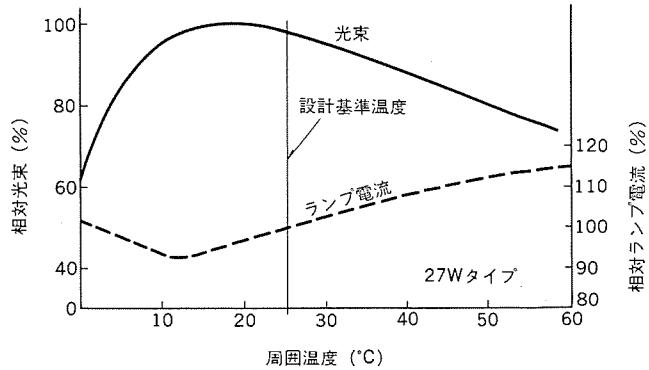


図 7. 周囲温度と光束、ランプ電流

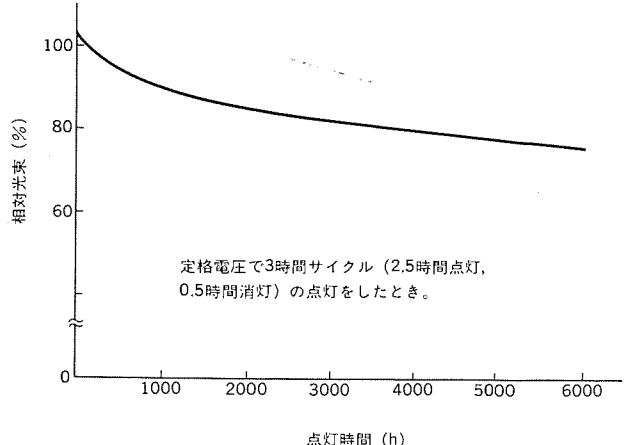


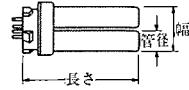
図 8. 点灯時間と光束

表 1. コンパクト蛍光灯BBの定格表

大きさ	形名	光色 (色温度)	定格 ランプ 電力 (W)	全光束 (lm)	ランプ 効率 (lm/W)	定格 寿命 (h)	ランプ 電流 (A)	寸法(mm)			適合 グロースタータ
								長さ	幅	管径	
18W	FDL18EX	ルピカース色 (5,000K)	18	1,070	59.4	6,000	0.375	125	34	16.5	GX10q FG-1E FG-1P
	FDL18L	電球色 (2,800K)	18	1,070	59.4	6,000	0.375	125	34	16.5	GX10q FG-1E FG-1P
27W	FDL27EX	ルピカース色 (5,000K)	27	1,550	57.4	6,000	0.620	138	34	16.5	GX10q FG-1E FG-1P
	FDL27L	電球色 (2,800K)	27	1,550	57.4	6,000	0.620	138	34	16.5	GX10q FG-1E FG-1P

注 (1)上記定格は標準値を示し、特性は100時間点灯後周囲温度25°Cで下向き点灯(口金上)したときの値である。
(2)定格寿命は、定格電圧で3時間サイクル(2.5時間点灯、0.5時間消灯)の点灯をしたときの平均寿命を示す。

ランプ寸法図 FDL18は20W用蛍光灯安定器、
FDL27は30W用蛍光灯安定器が適合する。



特性が変化する。特にこのランプはコンパクトであるため、小形の密閉器具など、一般蛍光ランプでは使用されなかったようなランプの周囲温度が高くなる領域で使用される場合がある。周囲温度が高くなるとそれにつれて電流も増加するので、器具の設計に当たってはランプ及び安定器の温度上昇を低減することに十分注意をはらう必要がある。

2.2.5 光束維持特性

このランプはコンパクトであるために、管壁負荷が一般蛍光ランプの2~3倍と高く、蛍光膜の特性劣化などを十分考慮する必要があった。前述の改良された希土類蛍光体の発光性能の経時劣化が少ないことに加え、ガラスと蛍光膜との間に設けた酸化アルミニウムの保護膜で、

ガラスからのナトリウムと水銀との反応による着色の防止を図った。その結果、ランプを長時間点灯したときの光束維持特性は一般蛍光ランプと同等になり、100時間点灯後の光束値に対して3,000時間点灯後でも80%以上となっている(図8.)。

2.3 ランプの機種と定格

コンパクト蛍光灯BBは合計4機種(表1.)を製品化したが、これらは使用目的に応じて使い分けることができる。27Wタイプは30W用蛍光灯安定器で、18Wタイプは20W用蛍光灯安定器で使用できる。また、ランプ電力に応じて口金とソケットに誤使用防止溝を施してあるので、ランプと安定器の定格違いによる誤使用は避けられる構造となっている。

3. BBダウンライト

ダウンライトは、器具本体を天井内に埋め込んで取り付け施工する埋込形照明器具であり、天井下面に現れる部分が薄く小さく見え、すっきりとしたイメージをもつ器具である。天井からの圧迫感がなく、空間が広く見えるため、店舗、ホテル、住宅などに数多く使われている。現在、ダウンライトに使われている光源は、白熱電球、ハロゲン電球、蛍光ランプ、水銀ランプなどであり、用途に応じて選択されているが、その中でも白熱電球が多く使われている。ユーザーからダウンライトを見ると、明るく、コンパクトで電力費が安いものをという要望がある。しかし、これまでのランプ、器具ではこれらの要望を同時に満足させていなかった。

今回開発されたBBダウンライトは、コンパクト蛍光灯BBのもつ特長を十分に生かすとともに、白熱灯ダウンライトと同等に使える配光と器具効率(器具からなる有効光束/ランプ光束)をもつことを目標に設計された器具である。

3.1 器具構造

器具は、ランプを垂直配置したものと水平配置したものと、各基本タイプとした。垂直配置した器具は、光でのかた(配光)が対称形で効率の良い器具である。水平配置タイプは、器具の高さを小さくすることができ、天井ふところが低くなる建築傾向に合致するものである。

反射板は、アルミ製で表面が鏡面状(又は梨地状)に仕上げられており、着脱は容易で器具本体上面から突き出している3本のばねにより保持されている。グロースタータ(点灯管)は、ランプ発光部からのふく射熱を避けるため、器具内部に配置し、交換は反射板を取りはずして行うこととした。図9.にBD3001WLを例にとり、その構

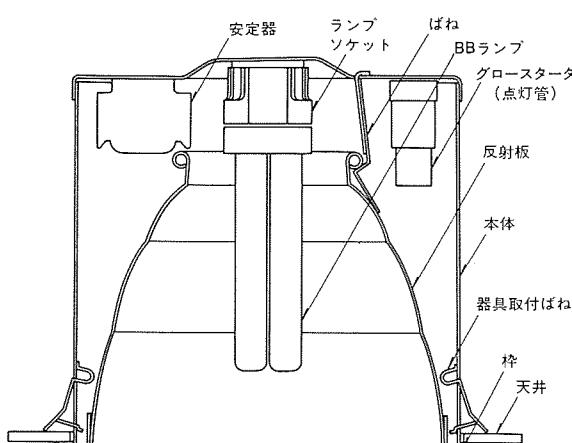
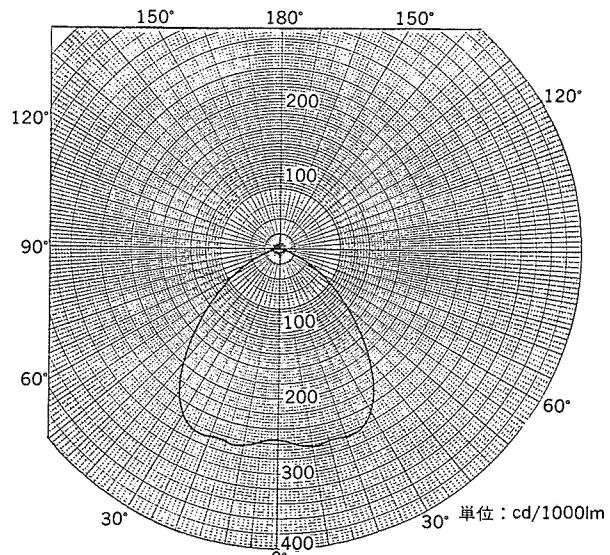
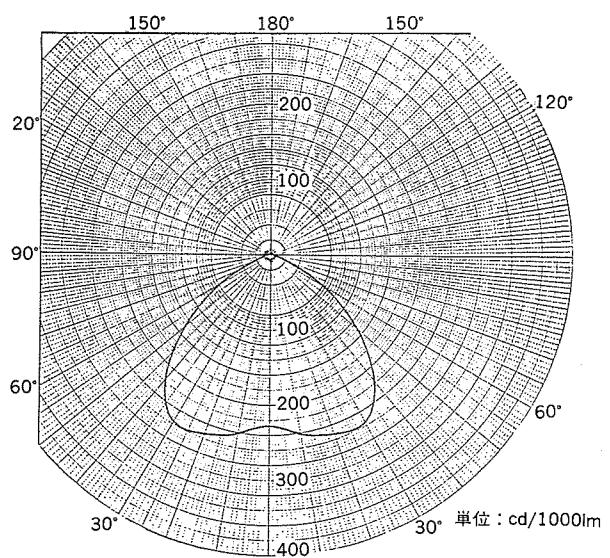


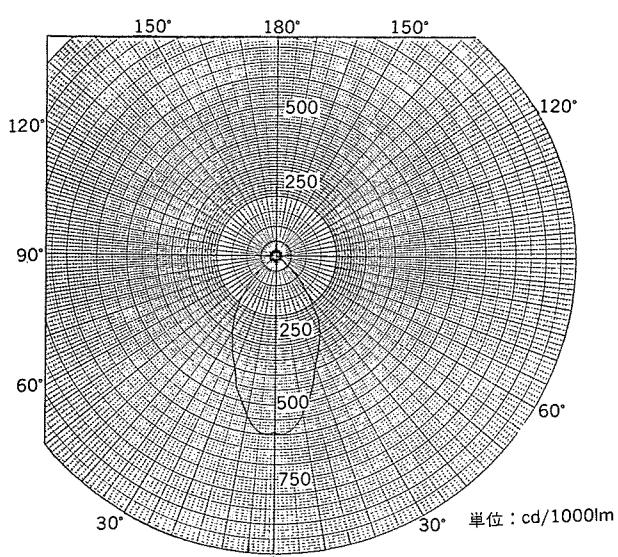
図9. BBダウンライトの構造



(a) BD 2001 WL (18 W タイプ)



(b) BD 3001 WL (27 W タイプ)



(c) BD 3041 WL (27 W タイプ)

図10. BBダウンライトの代表的配光曲線
(ランプはコンパクト蛍光灯BB)

表 2. BB ダウンライトの定格表

形名	器具形状 (mm)	コンパクト 蛍光灯BB	器具効率 (%)	遮光角 (°)	定格電圧 (V)	定格入力 電流(A)	定格消費 電力(W)	重量 (kg)	備考
BD2001WL		18W	62	20	100 50/60Hz	0.375	21.5	1.0	反射板の表面処理と 枠の色ちがいの機種 がほかに7機種ある。
BD3001WL		27W	65	20	100 50/60Hz	0.62	32	1.5	"
BD3041WL		27W	56	30	100 50/60Hz	0.62	32	1.5	"
BD3081WL		27W	54	30	100 50/60Hz	0.62	32	1.6	"

造を示す。

3.2 反射板設計の手法

ダウンライトは、その配光により光学的に分類されるが、ベース照明として多く使われる広照形、中照形配光の器具になるよう反射板を設計した。また、遮光角についても考慮を払った。遮光角とは、天井面と視線の作る角度が何度になるとランプ発光部が見えなくなるかという角度であり、主に不快グレアから視環境を守るという考え方から生まれたものである。一般に、遮光角を小さくすると器具効率が上がり、大きくすると器具効率が下がる傾向になる。BB ダウンライトの遮光角は、20° と 30° の 2 種類を設定した。これは、器具効率、配光形状、反射板開口口径、器具埋込高さの相互関係を考慮して決定したものである。

反射板の設計は、以上述べた制約条件のもとで、いかにして最良な反射板形状を見い出すかである。今回は、以下の手法で設計した。(1) 配光予測プログラムを使用し、パソコン《MULTI 16》で設計する。予測精度を高めるため、コンパクト蛍光灯 BB の光学的な分析を行なう(配光測定、輝度分布測定、測定結果からパソコンに入力できる形のランプデータを作成する)。

(2) 結果を検証するため、試作反射板でその配光を実測する。

以上の手法で完成した反射板は、基本曲線を放物線とし、その放物線を何段かに重ねた形状、又は、直線と放物線を組み合わせた形状となった。

3.3 配光

図 10. (a), (b), (c)に BB ダウンライトの代表的配光曲線を示す。遮光角 20° の器具(図 10. (a), (b))は、その配光形状がバットウイング(こうもりが羽を広げた形)と称せられる形状であり、鉛直面照度を高くとれるので、人の顔、壁、展示品などを明るく照明できる。また、床面照度の均一度を上げやすいという特長ももっている。遮光角 30° の器具(図 10. (c))は、その配光形状が縦長であり、比較的高い天井にも使用できることともに、落ちついしたイメージ作りができる。

3.4 機種と定格

合計 32 機種(標準品としては 8 機種、他は注文品)を製品化した。これらの使い分けは、低照度で十分なところでは 18 W タイプ用器具を、比較的高い照度を必要とするところは 27 W タイプ用器具を選択する。反射板(銀色鏡面、銀色梨地、金色鏡面、金色梨地)や枠(鋼板製、アイボリーホワイト色塗装、ホワイトブロンズめっき、金色めっき)の色、仕上げによる選択も可能である。代表機種の定格を表 2. に示す。

経済比較条件

器具形名	器具価格(円)	ランプ価格(円)	ランプ寿命(h)	消費電力(W)
BD3001WL	14000	1600	6000	32
LD6135	6000	190	1000	95

- ・電力料金 = 30 円/kWh
- ・年間点灯時間 = 3000h

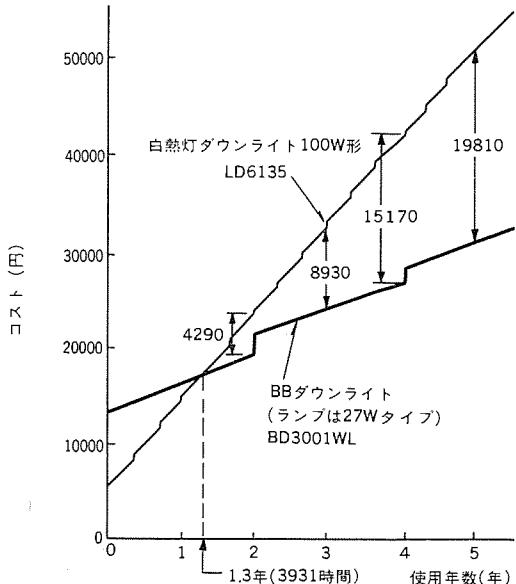


図 11. BB ダウンライトと白熱灯 ダウンライトの経済比較

3.5 経済性

図 11. に白熱灯 ダウンライト(当社)との経済比較の例を示す。BB ダウンライト BD 3001 WL の購入価格は白熱灯 ダウンライトの約 2.3 倍と高価であるが、消費電力は約 30% と少ないため、1.3 年後には器具購入価格の差額は電力費差額で回収され、以降 BB ダウンライトの経済性が発揮される。4 年間使用の場合、BB ダウンライトではランプを 2 個使用し、この間白熱灯 ダウンライトは 12 個必要となり、電力費と器具、ランプ購入価格を合計すると、BB ダウンライト使用で 15,170 円の差額を回収できる。ダウンライトは多灯で使用することが多く、例えば 100 灯使用していれば、約 150 万円の差額が回収できる。ランプ交換の費用の差額などを考慮すれば、この回収金額は更に大きくなる。

4. む す び

今回開発したコンパクト蛍光灯 BB は、従来の一般蛍光ランプに比べ極めてコンパクトであり、しかも一般電球 100 W の光束を超える光束を、コンパクト蛍光ランプの分野で初めて達成した。

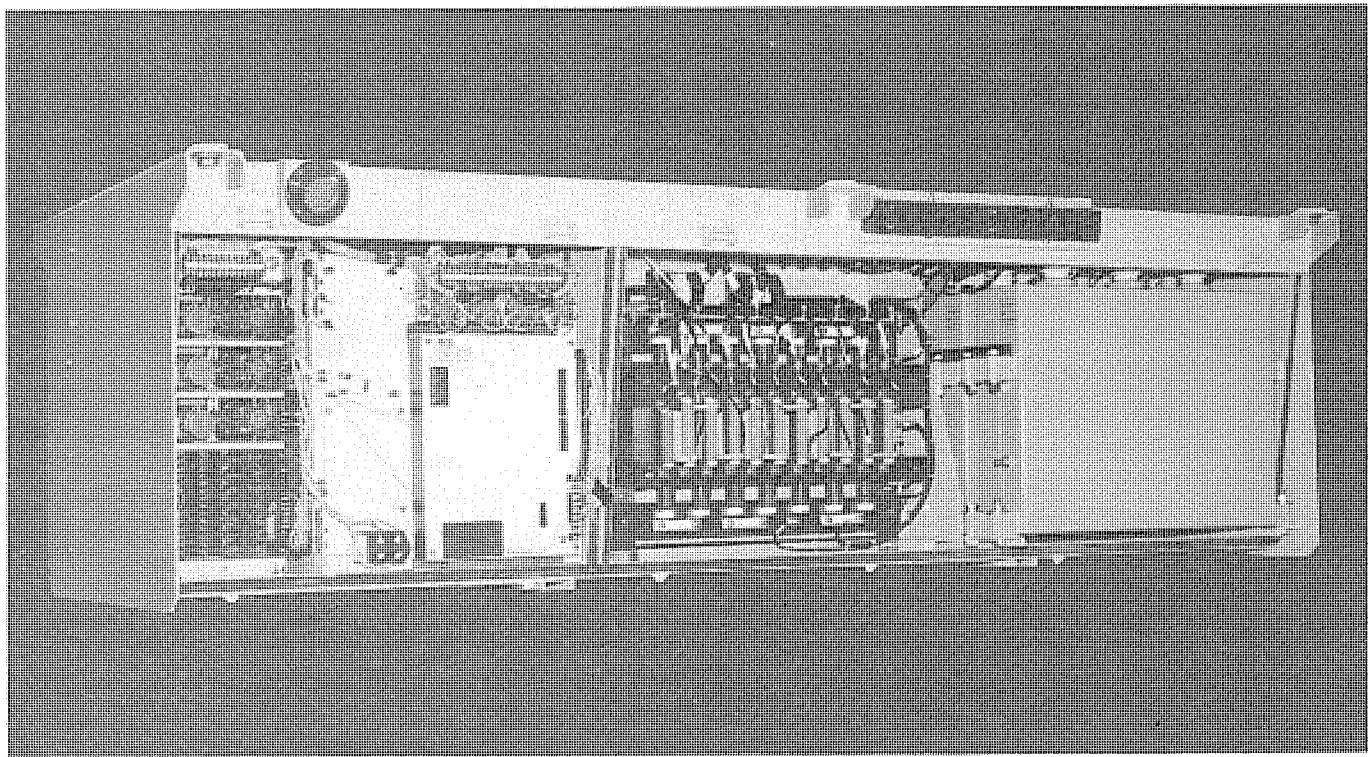
これにより、従来の一般蛍光ランプに比べ照明器具のデザインの自由度が大きくなり、また配光制御も容易であるので、これまでにない蛍光灯照明の新分野が開拓されるであろう。

また従来、電球の使用が余儀なくされていた、例えばダウンライトの分野などにも、ここで紹介した BB ダウンライトのようなタイプの器具の導入が可能となり、省エネルギー光源として広く使用されることが大いに期待される。

参 考 文 献

- 1) 山崎ほか：新しい構造をもつ電球形蛍光灯《ピカッ灯》かいちゃん，三菱電機技術，58，No. 11，p. 54 (昭 59)
- 2) 照明学会編：照明ハンドブック，p. 162，1978 年版

三菱車両補助電源用インバータ装置 〈新シリーズ〉



近年、車両用補助電源装置のパワーアップ化、エレクトロニクス化、そしてシステムのグレードアップ化が急テンポに進んでいます。こうした新時代のニーズに応えて三菱電機は、パワーエレクトロニクス技術を駆使したSIV(Static-Inverter)装置を標準シリーズ化しました。この装置は、電力半導体進歩の流れにそって、高圧チオツ部にGTOサイリスタ、低圧インバータ部にパワートランジスタを採用することにより、素子の特性をフルに発揮できるなど優れた数々の特長をもっています。とくに600V以下のいわゆる低圧領域のインバータのはとんどはトランジスタ化へ向かっている今日、いち早くこの思想を取り入れた本装置は本格的なSIV時代にふさわしい車両用補助電源装置といえましょう。

特長

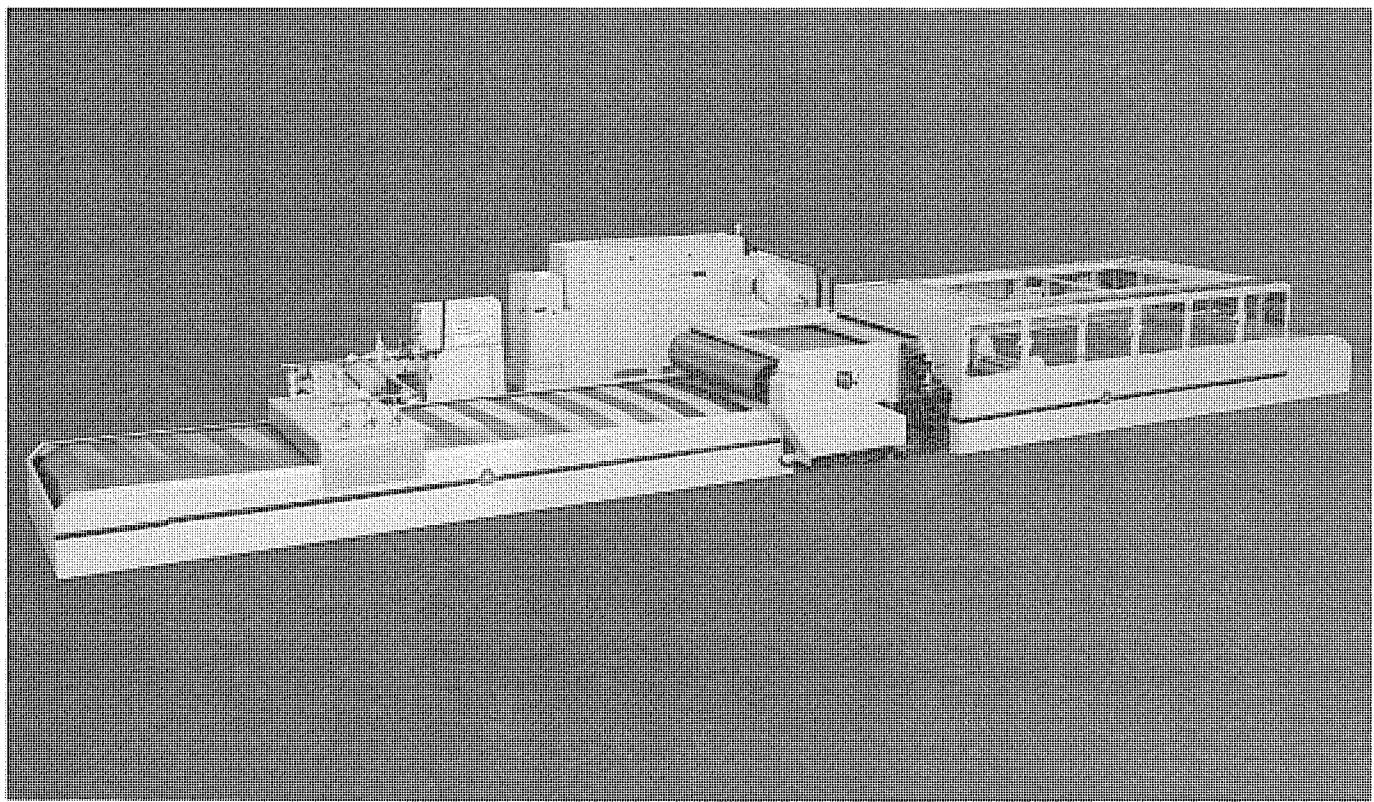
- GTOサイリスタおよびパワートランジスタモジュールの採用により、従来のSIV装置に比べ小形・軽量になっています。(当社比)
- 無負荷で63dB以下、定格負荷で67dB以下と低騒音です。
- 回転部品がなく、またシーケンサの採用によりリレー回路を無接点化して信頼性を向上しました。
- パワートランジスタは転流回路および素子並列スナバー回路が不要なためインバータまわりの損失が低減され高効率化が図れます。
- 保守が容易です。

仕様

項目	標準仕様	備考
方式	主回路方式 GTO2重チオツパトランジスタ 12相インバータ	
	制御方式 チオツ定電圧制御	
	冷却方式 自然冷却方式	
入力	定格電圧 DC1500V 電圧変動範囲 1000~1800V	瞬時変動 $\Delta V = \pm 300V$
出力	定格出力容量 100%連続 相数 3相	歪率 $= \frac{\sqrt{\sum (\text{各調波実効値})^2}}{\text{基本波実効値}}$
	定格電圧 200V, 440V	
	電圧精度 +5%~-10%	
	定格周波数 60Hz、他	
	周波数精度 ±1%	
	負荷力率 85%	
	波形歪率 10%以下	
	使用条件	
	周囲温度 -10~+40°C	
	制御電源 DC100V(70~110V) 制御空気圧 5.0kg/cm²±20%	

スポットライ

三菱コンベア式レーザ高速裁断機



21世紀へ向けて、アパレル産業界においても工場の自動化がすすみ、より確かな作業やエネルギーの節約が求められています。こうした新時代のニーズに応えて、独自の技術を誇るレーザ発振器と高速・高精度制御技術を組み合わせた背広服地裁断用のコンベア式レーザ高速裁断機を開発しました。

このレーザ裁断機は、上位計算機からの指令によりレーザ光線を所定の裁断パターンにて光走査することにより、コンベア上に延反された服地を連続して裁断していくことができます。光走査テーブル裁断範囲は4m×1.8mと広く、2パンツ仕様の背広でも一度に裁断することが可能です。

特長

- レーザ光線による切断であり、切断幅が細く、かつナイフカッターのように裁断方向を考慮する必要がないのでパート間隔をゼロとする裁断が可能です。歩留り90%以上が可能です。
- 裁断パターンはマグネットテープあるいはフロッピーディスクの交換で自由に行うことができます。多品種少量生産に最適です。
- レーザ発振器は当社独自の技術が生かされた3軸直行方式でよりコンパクトになっています。またレーザガスの消費量を少なくするガス封じ切方式を採用した省エネシステムです。

機械仕様

レーザ発振器	レーザの種類 発振器形式 定格出力 ガス消費量 ガス交換所要時間	炭酸ガス 三軸直交型 シングルモード 500W 100時間毎に100ℓ 30分
加工テーブル	最大加工寸法 加工速度 加速度 最小設定単位 精度	4m×1.8m 68m/min 0.9g 0.02mm ±0.05mm
運搬	方式 運搬時間	コンベア 10秒

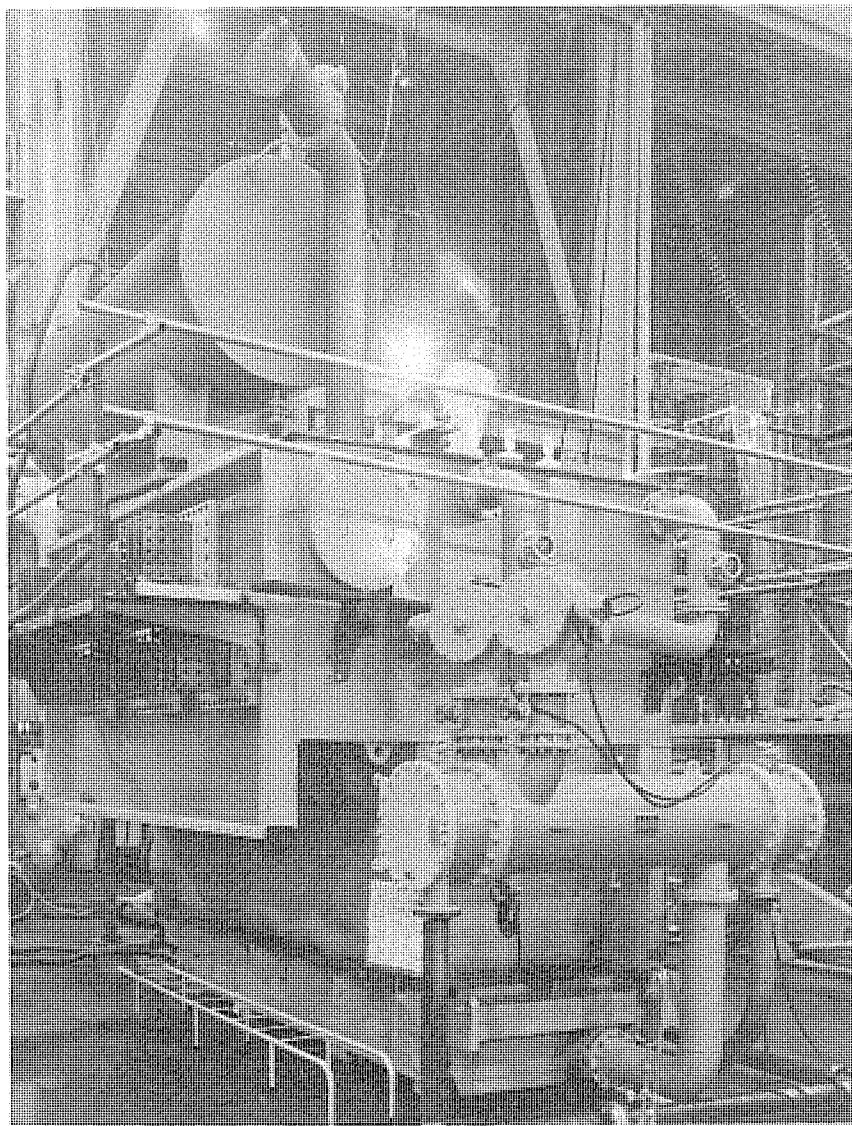
ユーティリティ

電源	レーザ発振器用 補機及び制御用	200/220V 50/60Hz 3φ 16kVA 200/220V 50/60Hz 3φ 15kVA
冷却水	クーリングタワー 補給水	3冷却トン 0.6ℓ/min
エアー	ドライエアー	4kg/cm ² 100ℓ/min
レーザガス	レーザガス 置換ガス	He:N ₂ :CO ₂ :CO=28:60:8:4 N ₂ (メンテナンス用)

ランニングコスト

電力	400円/hr
エアー	36円/hr
レーザガス	8円/hr
合計	444円/hr

相間リアクトル内蔵形12相整流器用変圧器



このたび三菱電機では、国内工業会社殿向けとして二重星形(Double Star)結線を採用した相間リアクトル内蔵形12相整流器用変圧器を完成しました。従来方式では、二重星形の中点間に別置形の相間リアクトルを設置する必要がありました。この変圧器では直流巻線の各相相互間に小形軽量な相間リアクトル(合計6個)を変圧器タンク内で直流大電流ブスバーに直結する新しい方式となっています。また、このクラスの整流器用変圧器では、これまで直流側端子は二面で引き出し、整流器と接続するのが一般的でしたが、今回相間リアクトル内蔵により一面で引き出す構造となっています。こうした数々の特長を満載して、三菱整流器用変圧器は、性能・構造面で一段と向上したものになりました。

特長

●省スペース

相間リアクトルを内蔵し、整流器を片面に配置した省スペース設計。

●回路構成の簡素化

別置相間リアクトルとの接続のための直流大電流ブスバーの引き回しを不要にした簡素化構造。

●低騒音・低振動設計

変圧器タンク内に小形相間リアクトルを内蔵し、リアクトルの騒音・振動が極めて少ない環境調和設計。

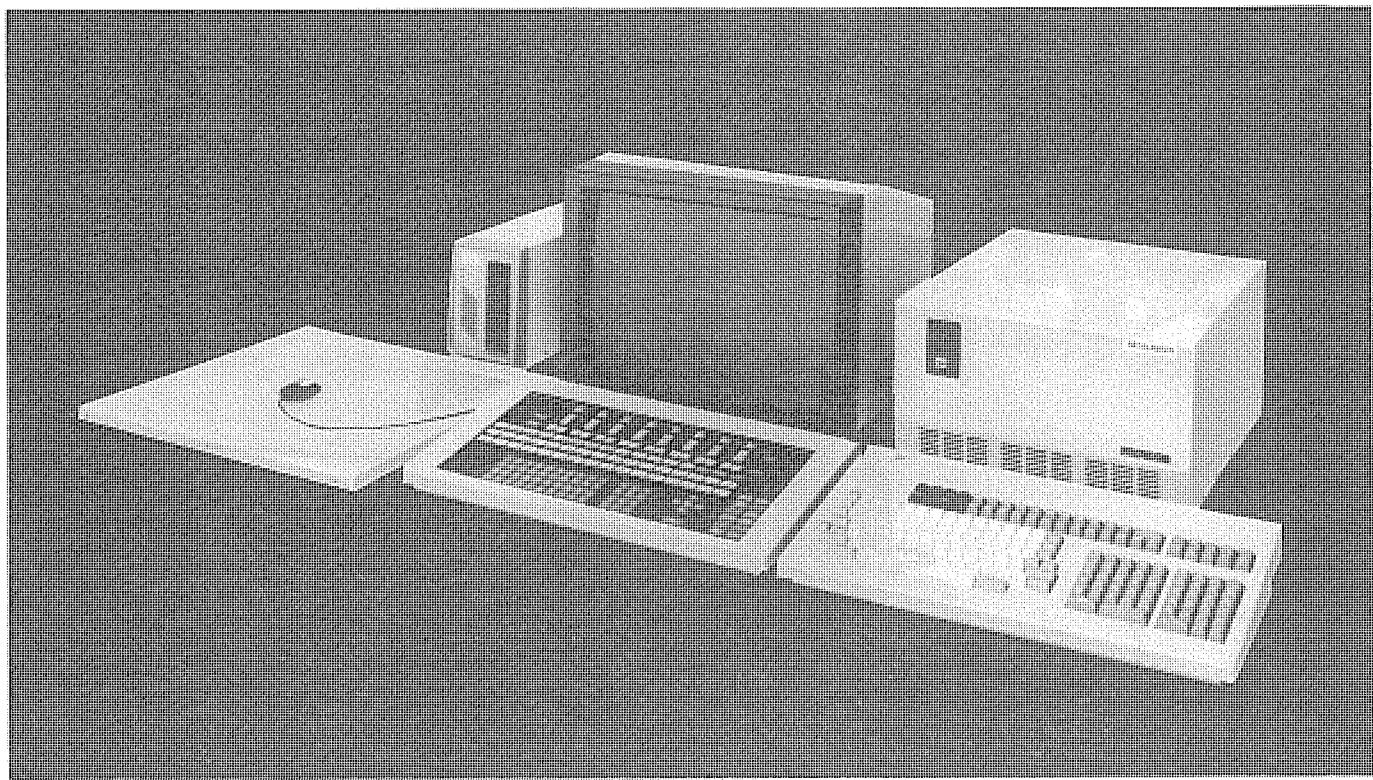
●保守・点検の容易化

整流器を含めた機器全体の保守・点検の簡単なシンプル設計。

主な仕様

項目	仕様
相 数	3/2×3相
周 波 数	60Hz
容 量	
交流 側	16460kVA×2
直 流 側	23280kVA×2(40kA×2)
三 次 側	10000kVA
電 壓	
交 流 側	77000V
直 流 側	336-303-275V×2
三 次 側	6600V
結 線	
交 流 側	△ Y, △ Y
直 流 側	
三 次 側	
冷 却 方 式	送油水冷式
備 考	相間リアクトル内蔵

三菱総合計装システム MACTUS 620 オペレータステーションHM



このたび三菱電機は、総合計装システムMACTUS 620におけるマンマシンインターフェース部の機能アップを図ったくオペレータステーションHMを完成しました。

特長

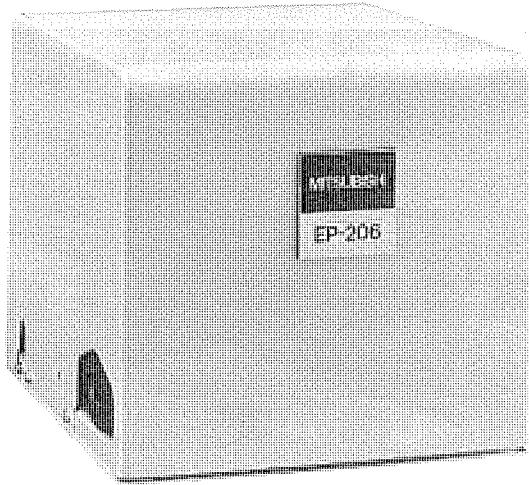
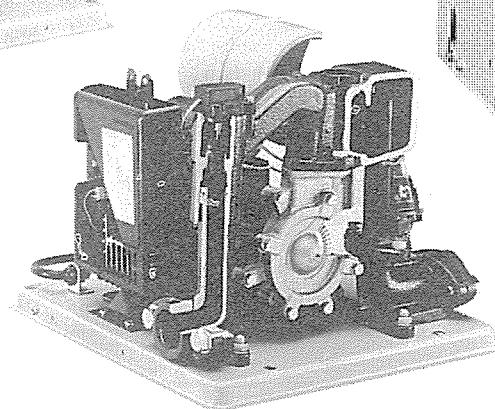
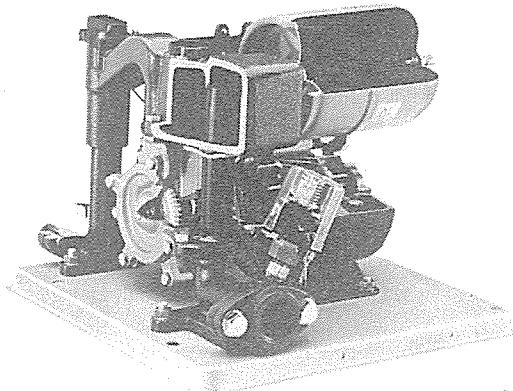
- 画面表示用CPU性能を大幅に向上させるとともに、画面構成データの専用メモリ(セグメントメモリ)を設け、ホストCPUの負荷を軽減しました。
- グラフィック画面は、ビルダ・メインテナンス機能を使ってプログラムレスで実現できるので、ソフトウェアの生産性を向上させるとともに、表示速度の高速化を図りました。
- 736×560ドット・表示色64色の高解像度CRTにより、より鮮明な画面を実現しました。
- カラーハードコピーを接続することができ、画面と同様の64色印字を実現しました。
- 5インチ1MBのフロッピーディスクとともに5インチ20MBのハードディスクを備え、データ処理性能を大幅にアップしました。
- オペレータステーションHMの構成機器はすべて機能別にコンポーネント化されており、〈デスクトップ〉〈オペレータコンソール組込み〉どちらでも設置することができます。

仕様

項目	仕様
形名	MACTUS 620 オペレータステーションHM
CPU	16bit
メモリ	主メモリ：2MB セグメントメモリ：1MB
CRT	20インチカラーCRT、64色 表示エリア：348×265mm、736×560ドット 表示キャラクタ：92列×56行＝5152文字
ディスクユニット	5.25インチ 1MB フロッピーディスク 1ドライブ 5.25インチ 20MB ハードディスク 1ドライブ
カラーハードコピー (オプション)	熱転写方式 多色印字、240×240ドット/インチ

スポット

三菱小形電子ポンプ



特長

- 电子制御機構の採用により、ポンプの異常状態（高温、低温、過電流など）に対し、センサがすばやく感知し、保護します。
- ポンプの運転、停止を圧力スイッチと流量スイッチの併用で行う方式にしたことにより、従来のように圧力スイッチのON～OFF間での脈動を解消しました。（蛇口開度一定時）
- 従来の圧力タンク付に比べ、重量で約30%、体積で約65%減を図りました。（当社200W比）
- 多水量形の設計により当社従来形に比べ、浅井戸使用時、約20%揚水量がアップしました。
- 温度センサと半導体ヒータの採用により自動的に凍結を防止します。
- 可変式圧力スイッチの採用により、浅井戸使用時は押上高さを高くすることができます。

三菱家庭ポンプは永年の実績の中で、新製品の開発、改良を重ね市場において好評を得てまいりましたが、このたび、従来の圧力タンク方式の自動式ポンプシリーズに加え、新シリーズとして「三菱小形電子ポンプ」を開発しました。

このポンプは時代の波である電子化技術を駆使し、保護機能を一段と充実させるとともに小形、軽量化、定圧給水化、多水量化を図り、多様化する市場ニーズに応える新鋭機です。

仕様

項目	形名	EP-155/156		EP-205/206		EP-405/406			
ポンプ	形式			うず流れ形ポンプ(自吸式)					
	吸上高さ	m	8	3	8	3	8		
	押上高さ	m	9	14	12	18	16		
	揚水量(全揚程12m)	ℓ/min	21	24	24	28	38		
	流量スイッチOFF点流量	ℓ/min		1.5			3		
	圧力スイッチON/OFF圧力	kg/cm ²	1.1/1.4	1.6/1.9	1.6/1.9	1.9/2.2	1.7/2.0		
	配管口径	mm(B)	20(¾)		25(1)		30(1½)		
	電動機形式		コンデンサンラン単相誘導電動機						
	電源		単相100V						
	定格出力	W	150		200		400		
	周波数	Hz	50/60						
	消費電力	W	400		500		850		
	製品重量	kg	16		20		25		

スポットライト

三次元金型CAD/CAMシステム 〈三菱MELCAD-SDシステム〉

このシステムは、58年度から3カ年にわたる中小企業事業団の技術開発事業「三次元金型CAD/CAMシステム」として開発された原型システムをもとに製品化されたもので、三菱MELCAD-SDシステムとして61年2月発売されました。この原型システムは、次の6点を目指して開発されました。

- ①プレス用金型、プラスチック射出成形用金型の設計・製造のいずれにも使用できるものであること。
- ②三次元形状を取り扱えること。(構造解析、自由曲面処理、シミュレーション等)
- ③操作が簡単なこと。(対話型、図面の修正、編集機能)
- ④金型の設計製造時間が大幅に短縮できること。
- ⑤図面入力から部品指示情報、NC加工情報までCAD/CAMシステムの一連のシステムとすること。
- ⑥低価格であること。

特長

開発目標をうけ、製品化システムは次のような数々の特長をそなえています。

- プレス用金型CAD/CAMシステムとプラスチック射出成形金型CAD/CAMシステムが両方同時に使用可能です。
- 金型部品を標準化するとともにフレーム/モールドと型構造を規定し、総抜き型/送り抜き・曲げ(固定ストリッパ)型/(可動ストリッパ)型とサイドゲート型/ピンポイント型を標準データベース化しています。
- フレーム設計/モールド設計と同様、ドリル加工/リーマ加工等14種類の穴アケ加工手順も標準データベース化されています。
- 自動展開・歩留り/配管干渉・樹脂流動解析などの設計計算を行います。
- だれでも違和感なく使える日本語による入出力操作を行います。
- 加工精度の高いNCデータ作成ができるようにCAD/CAMのデータベースを一体化しています。
- 設計・製図時間の短縮のために三次元ワイヤフレームによる作図に二次元による製図を可能としています。
- 低価格なグラフィックディスプレイ装置(M4381-2C)および32ビットミニコンピュータ(M70 MX/2000)の利用により価格の低減を図っています。

機能(プレス用金型CAD/CAMシステムの場合)

①概要設計

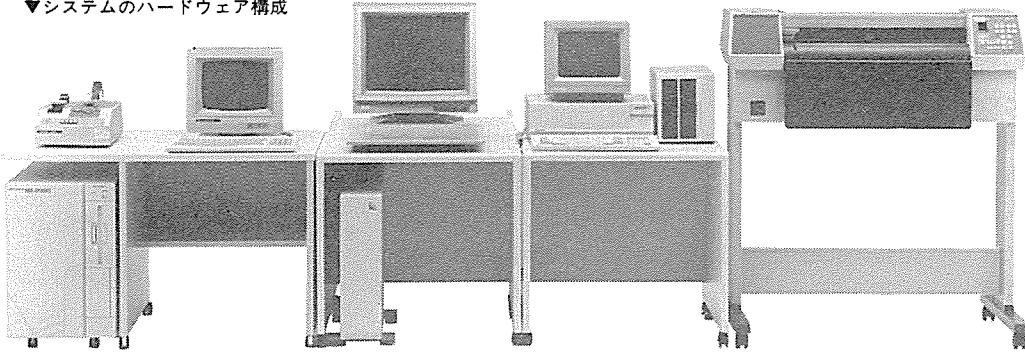
加工内容(抜き、曲げ)、形式(単工程、順送)など従来通りの手法で設計し構想をまとめます。

②板取り及び工程設計

三次元ワイヤフレームモデルによる対話形图形編集機能(モデル・モード)と自動展開計算・歩留り計算機能(いわゆるCADシステム)を使って、製品形状定義/展開形状の作成と配置/加工順設定を行い、ストリップレイアウト図を完成させます。

③ダイベース組付け設計

▼システムのハードウェア構成



ダイベースの型、プレートサイズ(呼び寸法)あるいはプレート厚を指示することにより関連するコンポーネントを一括し、ダイベースとして製図します。またガイドリフタ、パイロットピンなどフレームを構成する他のコンポーネントも同様の操作で製図されるとともに、名プレートへの加工穴アケ情報も生成されます。

④パンチ・ダイ設計

丸パンチなど標準パンチは、③の手順と同様です。その他のパンチ・ダイは、②と同様の手順であり、加工情報(WEDM加工、MILLING加工)も付加されます。この過程で、必要に応じ、二次元作図機能(ドラフトモード)を使用します。

⑤作図・作表

ダイを構成するコンポーネントを組立図・部分図・部品表として作図・作表します。また必要に応じて加工図も作図されます。

⑥加工情報編集

③および④で作成された加工情報は、2½次元加工/WEDM加工/穴アケ加工に分割され、必要に応じ加工条件・加工動作など付加され工具軌跡を算出し、CLデータとして保存・編集されます。

⑦ホストプロセッサ

CLデータをもとにNCデータを作成します。

*プレス用金型の設計・製造に本システムを適用した結果、NCデータ出力までの時間が100時間から50時間に短縮された例も報告されています。

基本仕様

機能	分野	プレス型	プラスチック型
	解析曲面	—	○
三次元曲面	自由曲面(彫像曲面)	—	○
	自由曲面(フィレット曲面)	—	○
	パターン化した形状入力	○	○
C	標準部品	○/●	○/●
ベース	標準構造	○/●	○/●
	射出成形機仕様	—	●
A	プレス機仕様	●	—
D	図形編集機能	三次元/二次元	
	曲げの展開計算	○	—
	歩留り計算	○	—
	荷重計算	○	—
	樹脂流動解析	—	○
	配管干渉チェック	—	○
	JIS製図基準準拠	○	○
	部品表	○	○
C	加工シーケンス	○/●	○/●
ベース(A加工)	工具情報	○/●	○/●
	工具経路のマクロ化	○/●	○/●
A	切削条件	○/●	○/●
M	加工時の干渉チェック	○	○
N	荒取り・仕上げの区別	○	○
C	ワイヤカット用	○	○
D	マシニングセンター用	○	○

○:有 —:無 ◎:有(登録済) ●:有(利用者が登録)

電源変圧器 (特許 第1132540号)

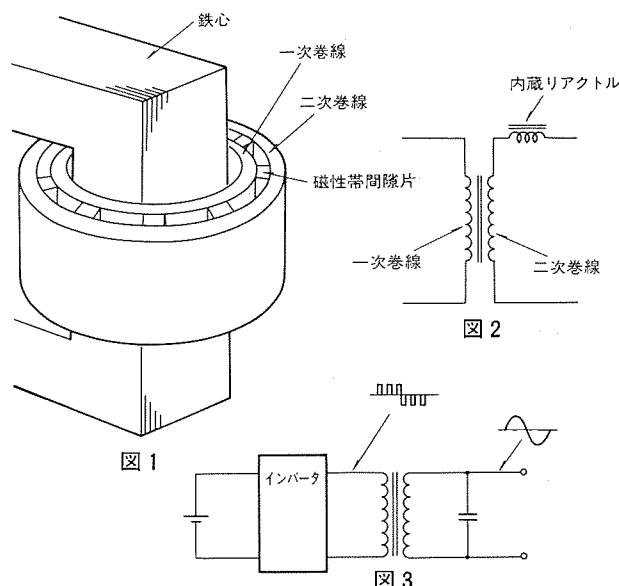
発明者 林 伸一郎

この発明は変圧器作用と交流 リアクトル作用の二つの機能を有する電源変圧器に関するもので、一次巻線と二次巻線の冷却用間隙片を磁性帯で構成するものである。

図1. は磁路を形成する鉄心の脚柱に一次巻線と二次巻線を巻き、それぞれの巻線間に磁性帯の間隙片を挿入した状態を示す。磁性帯間隙片は冷却用通風のための用途と共に リアクトル作用を有する。即ち一次巻線に印加された電圧は鉄心内に磁束を生じ、等アペアーテンの法則により一次及び二次巻線に電流を流す。しかしながら鉄心内の磁束は一部図示の如く磁性帯間隙片を通ってもれ磁束となり巻線と有効に交叉しない。これが リアクトル作用を行う理由で電気的等価回路を示すと図2. の如くなる。等価 リアクトル容量は変圧器容量の30~40%まで製作できる。

近年、パワーエレクトロニクス 素子を使用した電力変換装置が、電力及び産業界に多く採用されつつある。これらの変換装置の出力には変換器特有の高調波成分を含有しており、波形整形のため LC フィルターが使用される。この場合、本発明の変圧器を使用すると、リアクトルを内蔵しているため、コンデンサの追加のみでフィルターを構成でき、装置を小形、軽量に、また外付リニアクトルによる騒音がないなどの特長を有する装置を実現できる。図3. はインバータ装置と組合わせ

て使用した時の概念図を表わすものである。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 60 No. 6 電力機器の予防保全

特集論文

- 電力機器予知・予防保全の技術展望
- タービン発電機及び水車発電機の予防保全
- 発電機の異常監視システム
- 電動機のDSS 対策と余寿命推定
- 配電盤機器の劣化寿命
- 変電機器における予防保全—監視システム—
- 電力機器監視用センサ

普通論文

- エンジントランジメント シミュレーションシステム
- ユーテルサット TDMA 基準局
- 三菱オフィスコンピュータ《MELCOM 80》システム1のハードウェアとソフトウェア
- リモートコントロール送信機専用プロセッサ
- 中規模構内光伝送方式用諸装置—32 Mbps CSMA/CD 光 LAN—
- 三菱簡易形パターン検査装置《MELCESS-I》

三菱電機技報編集委員会

委員長 鶴田敬二
委員 峯松雅登
" 松村充
" 三道弘明
" 高橋宏次
" 藤井学
" 三輪進
" 郷鉄夫
" 高橋誠一
" 杉岡八十一
" 木戸一之
幹事 岡田俊介
5号特集担当 和泉陽平
鈴木正高

三菱電機技報 60卷5号

(無断転載を禁ず)

昭和61年5月22日 印刷
昭和61年5月25日 発行

編集兼発行人	岡田俊介
印刷所	東京都新宿区榎町7 大日本印刷株式会社
発行所	東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100) 菱電エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報」 Tel. (03) 243-1767
発売元	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 233-0641 (代), 振替口座東京6-20018
定価	1部 500円送料別 (年間予約は送料共6,700円)

スポットライト

MULTI 16パソコンクラスタシステム

パソコンの多機能化、高性能化に伴い、パソコンの利用もOAソフトウェアによる非定型業務処理や、ホスト計算機のオンライン端末といった個別の利用からさらに進んで、ホスト計算機によるビジネスデータ処理システムとパソコンを有機的に統合したシステムOAの時代を迎えています。ホスト計算機による集中処理から多機能パソコンを活用した分散処理化の傾向が顕著となっています。

三菱電機はこのようなニーズを踏まえ、ビジネス・パソコンとして定評のあるMULTI 16シリーズによる、低価格でコストパフォーマンスに優れたクラスタ・システムを開発しました。

特長

● クラスタ機能

MULTI 16を最大15台までクラスタ・コントローラMULTI/TCへ同軸ケーブルで接続、ホスト計算機と一本の通信回線で接続できるため、通信費の負担を最小に抑え、低価格のパソコンによるコストパフォーマンスが良く、高性能のオンラインクラスタシステムを構築できます。

MULTI/TCにはM5000/55EVシステムサーバとパソコンクラスタ専用ソフトウェアを採用しています。

● マイクロメインフレームリンク(MELLINK/PC)

ホストのデータベースとパソコンのOAソフトウェアを有機的に結合し、MULTI 16IIIの統合的な操作環境のもとでホストデータを利用した定型、非定型のOA業務が強力に行えます。

● マルチ・タスク機能

MULTI 16IIIは日本語コンカレントCP/M-86のもとで、オンライン端末コミュニケーション、OAソフトウェアなどをマルチ・タスクで同時に実行できます。また、ディスプレイ画面の切替はワンタッチで行えます。

● 共有ディスク

クラスタ・コントローラMULTI/TCには40Mバイトの大容量ディスクがあり各種MULTI 16IIIから共有して利用できます。共有ディスクからOAパッケージを起動する場合でも、使用するMULTI 16の台数分をご購入いただけます。又、パソコンはMULTI 16III 20MBハードディスク内蔵版をご推奨いたします。

機能

● オンライン端末機能(3270SNA/SDLC)

- ①3270SNA/SDLC機能をコミュニケーションします。
- ②異線表示/印字、ANK/漢字混在フィールドもサポートしています。
- ③複数のMULTI 16IIIでプリンタの共用が可能です。
- ④ファイル転送機能があります。
- ⑤LU(ロジカルユニット)数は最大16LU(CRT±PR≤16)をサポートします。

● マイクロメインフレーム・リンク(MELLINK/PC)

①MELファイル変換

ホストのデータはMELファイル形式でMULTI 16IIIに転送されます。(オンライン端末・ファイル転送機能)MELLINK/PCではこのMELファイルを各OAソフトウェアに通じたファイル形式に変換します。

②OAソフトウェアのデータ交換

OAソフトウェア間のデータを変換し、相互利用を実現します。



③OAソフトウェアの起動

OAメニューに登録し、メニュー選択による起動ができます。

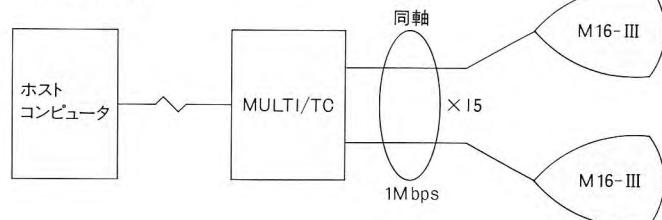
④自動実行

データ印刷、変換、OAソフトウェアの起動等一連の処理を記録しておくことで、ワンタッチでこれらの処理を繰返し実行することができます。

● 日本語コンカレントCP/M-86

- ①最大4タスクを同時実行します。
- ②CRT画面の切替はワンタッチで行えます。
- ③FSXによるカナ漢字変換(拡張文節変換)を採用しています。(Foreign language System Entention)
- ④クラスタ・コントローラのディスクファイルを論理ドライブ名指定によりアクセスできます。

システム構成



一層の充実 MELCOM《EXシリーズ》

高度情報化社会の進展により、コンピュータには高性能化、高機能化がつよく求められています。このたび三菱電機では、こうした時代のニーズに応えるべく、最新のハードウェア・ソフトウェア技術を駆使して、汎用コンピュータ《EXシリーズ》のより一層の充実を図りました。



仕様

●主記憶装置

項目	形名	EX830	EX840	EX850
記憶容量	4~8MB	4~24MB	8~32MB	
記憶素子	N-MOS	256Kビット/チップ		
データ幅		8バイト		
増設単位		4MB	8MB	
エラー・チェック	ECCエラーチェック・1ビットエラー訂正			2ビットエラー検出

●磁気ディスク制御装置(E8280-06)

項目	仕様
接続チャネル	ブロック・マルチプレクサ
データ転送速度	3.0MB/sec
E1880最大接続台数	8台(32アドレス)
チャネルスイッチオプション	2チャネル・4チャネル
寸法(mm)/重量(kg)	800×780×1400 / 200

●磁気ディスク装置

項目	形名	E1880-AI	E1880-BI	E1880-AC	E1880-BC
内蔵デバイス		1	0	2	0
コントローラ数					
クロスコード	不可	不可	可	可	
接続条件	E1880-BI 3台まで	E1880-AI及び BIのみ接続	E1880-BC 3台まで	E1880-AC及び BCのみ接続	
装置構成	2スピンドル/装置 (885+交代1)シリンドラ/アクチュエータ	2アクチュエータ/スピンドル 15トラック/シリンドラ	2520MB/装置		
媒体構成					
記憶容量					
位置決め時間	33(最大)/16(平均)/5(最小)msec				
回転数		3600r.p.m.			
回転待ち時間		8.3msec(平均)			
データ転送速度		3.0MB/sec			
寸法(mm)	1130×900 ×1790	750×900 ×1790	1130×900 ×1790	750×900 ×1790	
重量(kg)	740	480	740	480	

特長

●大容量主記憶

最大実装主記憶サイズを32MBに拡張、ユーザ数・プログラムサイズの増加に対処できます。またオペレーティングシステム《GOS/VS》は大容量主記憶を最大限に活用する方式を採用し、一段とレスポンスタイムが向上しました。

●大容量ディスク

記憶容量の大規模化(1台あたり2.5GB)によりオンライン・バッチ処理のデータ量増大に対応することができます。同時に高速化・省スペース化も実現しました。

●日本語ページプリンタ

半導体レーザによる高機能プリンタ、リモートプリンタ出力プログラム《WSPRINT》の開発により、容易にソフトオーバーレイやグループコピー、イメージグラフデータの印刷ができるようになりました。



●日本語ページプリンタ(M4217)

項目	仕様
印刷方式	レーザビームによる乾式電子写真方式
印刷速度	M4217-1/3: 最大10枚/分(A4サイズ) M4217-2/4: 最大15枚/分(A4サイズ)
文字サイズ	英数カナ: 約5.6, 7ポイント 日本語: 約7, 9, 12ポイント
文字間隔	通常 縮刷
行間隔	4, 6, 8, 12行/インチ
フォーマット印刷	ソフト、オーバーレイ
解像度	240ドット/インチ
用紙	A3, B4, A4, B5, A5, レター 普通上質紙
漢字コード	MELCOM標準漢字コード
寸法(mm)/重量(kg)	750×650×1000/約200

三菱冷蔵庫<MR-3056C形> 電子コントロール付引出し式チルド4ドア



三菱電機は「引出し式チルド4ドア」冷蔵庫を業界で初めて商品化し、「約0°C」の新温度帯による「食品の質」の保存について高い評価をいただいています。

このたび当社は、多様化する食品の特性や消費者のニーズにあわせて主力の300・330ℓクラスで、電子コントロール及びダブルチルドの付いた冷蔵庫「電子コントロール付引出し式チルド4ドア」を新発売しました。

特長

- 電子コントロールによる前面操作パネルを採用しました。扉を開けずに各室の温度調節が可能です。
- ①クイック冷凍ボタンを押すと、3時間連続運転により、素早くフリージングします。
- ②クイックチルドボタンを押すと、引出しチルド内を「-2°C」で強制冷却。食品を急速に冷やしたいときや、チルドルームに一度に大量の食品を入れたいとき便利です。
- 冷蔵室の天井部には棚を引出すと同時に透明なふたが開くスライドシェルフ式のチルドコーナーを採用しました。専用の温度調節器で「約0°C」にコントロールします。
- 好評の引出しチルド室に電子制御冷気ダンパーを採用しました。シビアな温度コントロールにより「食品の質」を保存しま

す。引出しチルドは使い易い位置にあり、なかの食品が見やすく、出し入れが簡単で、冷気が逃げにくくなど多くのメリットがあります。

●断熱材や制御回路の改善により容積効率を大幅に向上し、305ℓクラスの冷蔵庫は従来の当社280ℓクラスの冷蔵庫とほぼ同じスペースに据付けることができます。

●当社独自の使い勝手をさらに充実しました。

- ①製氷皿や貯水箱の出し入れに便利な床面製氷コーナーを採用。フリーザールームはアルミトレイと透明のフタ付きです。
- ②プラスチックボトルも入るボトルコーナー付きのフリーザーポケットを採用。なかの食品が見やすい透明なスモーク調です。

③冷蔵室扉にはワイドなオープンポケットを採用。ボトルポケットとあわせてビールびんなら12本まで収納できます。

仕様

形名	MR-3056C
有効内容積(ℓ)	305(冷凍室62・冷蔵室131・チルドルーム48・野菜室64)
外形寸法(mm)	1783×590×600
高さ×幅×奥行(除ハンドル)	
製品重量(kg)	69
電動機定格消費電力 50/60Hz(W)	93/101
電熱装置定格消費電力 50/60Hz(W)	150/150
年平均1ヵ月当りの消費電力量 50/60Hz(kWh/月)	26/26