

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.60 No.4

4

1986

普通論文集



三菱電機技報

Vol. 60 No. 4 1986

普通論文集

目次

普通論文

関西電力(株)神戸変電所納め275kV, 300MVA CGPA変圧器……………	1
三浦良和・瀬藤憲治・祖開克二・西本 昂・新海 拓	
海外電力事業向けSCADA及び通信システム……………	6
山中彪生・流郷忠彦・炭谷周作・ミシェル・ヨセフ	
新限流技術“VJC”……………	10
吉安 一・高橋 貢・村井 裕・和田勇一・石井勇雄・村田士郎	
次世代のインテグレートドオートメーション コントローラ《MELIAC》……………	13
真篠幸雄・安居院憲彰・藤井信明・菊地原博夫・小川 出	
新形汎用インバータにおける新技術……………	20
長南克彦・多田英明・甲藤政之	
加工条件のリアルタイム制御による高速・高品質レーザ切断……………	26
森安雅治・平本誠剛・星之内 進・大峯 恩	
エレベーターのモダンゼーション……………	30
舟橋謙三・加藤博士・加藤 清・松田 靖	
東京工業大学納め重イオンライナック……………	35
上田和宏・金沢正博・朝井克治・奥田成明・田中常稔	
日本道路公団納め関越自動車道ハイウェイラジオシステム……………	41
持田明孝・宮崎嘉光・渡川 茂・岡野 勝・児山淳弥	
磁気ディスク装置用薄膜ヘッド……………	48
堀端慎二・大寺 進・由良信介・佐々木 肇・横山一男	
256KビットCMOSスタティックRAM……………	53
篠原尋史・河野芳雄・一瀬勝樹・和田知久・河合邑司	
ハイスピードCMOSロジックM74HCシリーズ……………	57
速水貞博・宮崎行雄・守谷純一・沖高毅則・谷口正治	
ワンチップマイクロコンピュータROMコード電送・処理システム……………	63
藤本 稔・三輪久晴・船木 博・片岡敏彦・池敦子	

特許と新案…………… 72

超音波探触子装置

スポットライト

三菱トランジスタ式無停電電源装置MELUPS-8000シリーズ……………	67
三菱ディーゼル発電パワーカセット……………	68
電磁かくはん装置……………	69
中容量防滴保護形電導機(Lシリーズ)……………	70
大容量トランジスタインバータMELTRAC210……………	71
三菱ストアオートメーションシステムJC-1……………	73
統合化ソフトウェアA1 MARKII……………	74
バス運行管理システム…………… (表3)	

表紙

バス総合運行管理システム

表紙は、東京の目黒駅を中心とする4路線6系統のバスに、この3月から導入され本格稼働している「バス総合運行管理システム」の停留所の写真で、このシステムは東京急行電鉄殿と当社とがシステム共同開発を行ったものである。

このシステムは、バス離れの進んでいる都会のバスの復権を図るため、

①道路の渋滞状況に見合った適正車間の設定(等間隔運転の確保)により待ち時間を減少。

②路線の途中停留所に、次に来るバスの到着時刻をリアルタイムで予測表示する。

などして乗客に対するバスの信頼性を回復し、併せてバス事業の合理化を図った業界初のシステムである。

関連記事：裏表紙のスポットライト参照



アブストラクト

関西電力(株)神戸変電所納め275kV, 300MVA CGPA変圧器

三浦良和・瀬藤憲治・祖開克二・西本 昂・新海 拓

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P1～5

関西電力(株)神戸変電所向けとして、輸送上の制約を受けないCGPA (Coil Group Packed Assembly)変圧器を納入した。この変圧器は、重量物である鉄心とコイルを分離して防湿フィルムで完全にバックした状態で輸送するもので、これによって輸送重量を大幅に軽減した。完成したCGPA変圧器(275kV, 300MVA)は、従来方式の普通三相に比べ輸送重量で $\frac{1}{2}$ 、特別三相に比べ据付け面積で14%、損失で2%の軽減が図られている。

新形汎用インバータにおける新技術

長南克彦・多田英明・甲藤政之

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P20～25

汎用インバータは、トランジスタ化及びマイコンの本格的な導入による機能向上に加え、操作性、信頼性の向上も相まって、近年飛躍的に各産業分野に普及している。このたび、一般産業機械、工作機械用として、従来品に比べて制御機能、モータ駆動特性などの向上を図った新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》を開発し、量産化した。

本稿では、製品化における新技術の概要について述べる。

海外電力事業向けSCADA及び通信システム

山中彪生・流郷忠彦・炭谷周作・ミシェル・ヨセフ

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P6～9

海外の電力事業向け遠方監視制御／データ収集(SCADA)システム及びそれに付随する通信システムについて、まずその構成要素及び規模／機能に応じたシステム構成法について述べた後、特に国内向けシステムと比較した場合の機能、構成及びハードウェア上の特徴について論じるとともに、既納システムにおける実例を紹介し、最後に今後の動向について述べる。

加工条件のリアルタイム制御による高速・高品質レーザー切断

森安雅治・平本誠剛・星之内 進・大峯 恩

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P26～29

出力形態をパルスと連続との間で高速に切換ができるというSD式CO₂レーザーの最大の特長を生かしたリアルタイム制御高速高品質レーザー切断技術を開発した。この技術は被加工物の移動速度を検出し、コンピュータに記憶された加工ノウハウを含むデータベースに基づいてレーザー出力と出力形態を制御するものである。この方式では、複雑形状部品の切断においても、常に最高速度で完全自動切断ができるので、従来に比べて加工能率が大幅に向上した。

新限流技術“VJC”

吉安 一・高橋 貢・村井 裕・和田勇一・石井勇雄・村田士郎

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P10～12

接点周辺を絶縁物にて履うことにより、アークの足の広がり制限するとともに、電極蒸気の流れを制御する方式VJC(Vapour Jet Control)を開発した。この方式は限流性能に優れ、新形NFBに採用されている。この制御方式下のアークは、接点物質と絶縁物の蒸気から構成され、絶縁物の蒸気がアークの高温部コアの接点物質の蒸気を周辺から包み込むようになっている。これは30年来提唱されている学術的なアークのモデルとは大いに異なる。

エレベーターのモダニゼーション

舟橋謙三・加藤博士・加藤 清・松田 靖

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P30～34

設置後20年程度以上経過したエレベーター・エスカレーターが近年急激に増加しており、これらを効率的に更新するモダニゼーションは社会的な要請となりつつある。モダニゼーションにおける主要課題は、旧式の設備を最新形の設備に更新するのに、いかにして休止期間を短縮して施工するかという点にある。

ここでは、エレベーターにおけるモダニゼーションの考え方と、各種の改修パターン、短工期工法などについて紹介する。

次世代のインテグレートッドオートメーション コントローラ《MELIAC》

真篠幸雄・安居院憲彰・藤井信明・菊地原博夫・小川 出

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P13～19

次世代の統合化オートメーションとして、物と情報の一元化を図るインテグレートッドオートメーション(IA)を提唱。IAシステムの概念と、その中核機種として今後のトータルシステムに向けて開発されたIAコントローラ《MELIAC》、及びその適用について紹介する。《MELIAC》は、最新のCPU(i-80286)を搭載し、リアルタイム マルチタスクOS、強力なネットワークをサポートする情報管理・情報制御時代の新しいコントローラである。

東京工業大学納め重イオンライナック

上田和宏・金沢正博・朝井克治・奥田成明・田中常稔

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P35～40

東京工業大学原子炉工学研究所に、インタディジタルH形重イオンライナックを納入した。LiからNbまでの重イオンを加速できるようになっている。加速エネルギーは核子当たり最大2.5MeVである。この加速器は東京工業大学殿の御指導を得て完成したもので、CWの加速イオンビームが得られること、重イオン加速器として小形であることが特長である。初期性能としてはほぼ計画性能が得られている。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 20 ~ 25 (1986)

Advanced Engineering on New General-Purpose Inverters

by Katsuhiko Chonan, Hideaki Tada & Masayuki Katto

The performance of general-purpose inverters has recently undergone dramatic improvement thanks to the adoption of transistorized circuitry and the widespread use of microprocessors. Ease of handling and reliability have also improved. Inverters have therefore found increasingly widespread applications in many industries. Mitsubishi Electric has developed and mass-marketed the FREQROL-K3 series of general-purpose inverters that features more sophisticated control functions with better motor running characteristics. The article summarizes the new technical features of this series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 1 ~ 5 (1986)

A 275kV 300MVA Coil-Group Packed-Assembly Transformer (a Core-Demountable Transformer with Its Own Transportation System)

by Yoshikazu Miura, Kenji Seto, Katsuji Sokai, Noboru Nishimoto & Hiromu Shinkai

Mitsubishi Electric has delivered a coil-group packed-assembly (CGPA) transformer to the Kobe Substation of Kansai Electric Power Co. Its heaviest components, the iron core and coils, were separated from the transformer main unit and completely packed in moisture-proof film for transportation, greatly reducing the transported weight. The 275kV/300MVA CGPA transformer is six-seventh the transportation weight of previous conventional three-phase transformers, needs 14% less installation space than special three-phase transformers, and is designed to achieve a 2% improvement in loss factor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 26 ~ 29 (1986)

A High-Speed, High-Quality Cutting Laser with Adaptive Control

by Masaharu Moriyasu, Seigo Hiramoto, Susumu Hoshinouchi & Megumi Omine

Mitsubishi Electric has developed adaptive (real time) control of laser cutting that achieves high-speed switching between the pulsed-wave and continuous-wave power-output modes. It thus fully exploits the characteristics of the silent-discharge CO₂ to ensure high-quality cutting. The laser output is controlled by detecting the speed of movement of the workpiece and referring to a computerized database that stores the required cutting know-how. It allows fully automatic cutting of complex workpieces at the highest practicable speed, and achieves remarkable efficiencies over conventional methods.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 6 ~ 9 (1986)

Supervisory-Control and Data-Acquisition (SCADA) Systems and Telecommunication Systems for Power Utilities Abroad

by Torao Yamanaka, Tadahiko Ryugo, Shusaku Sumitani & Michel G. Youssef

The article discusses the system components of supervisory-control and data-aquisition (SCADA) systems for electric-power applications and their accompanying communications systems. It also discusses the design of system configurations in terms of system scale and functions. The article goes on to compare these SCADA systems with those for the Japanese market, and concludes with a description of the hardware features, actual application examples, and future prospects.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 30 ~ 34 (1986)

Methods of Modernizing Elevators

by Kenzo Funahashi, Hiroshi Kato, Kiyoshi Kato & Yasushi Matsuda

The number of elevators and escalators that have run 20 years or more since their initial installation is growing rapidly, and the call is for an efficient method of modernizing this equipment. The main problem in such upgrading or replacement with the most modern equipment is how to reduce the out-of-service time. The article discusses the possible patterns and approaches to elevator modernization and available methods of abbreviating the time taken.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 10 ~ 12 (1986)

Vapor-Jet Control (VJC): A New Technique for Current-Limiting Interruption

by Hajimu Yoshiyasu, Mitsugu Takahashi, Yutaka Murai, Yuichi Wada, Isao Ishii & Shiro Murata

This VJC current-limiting interruption system controls arc-spot size and electrode-vapor flow by covering the area around the contacts with insulation material. This system has excellent current-limiting characteristics and has been adopted for our new No-Fuse breakers. With the VJC technique, the arc is formed of vapor from the contact material and the insulating material. The insulator vapor envelopes the high-temperature core of the contact-material vapor. Thus, arc behavior differs significantly from the conventional arc model established over the last thirty years.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 35 ~ 40 (1986)

A Heavy-Ion Linear Accelerator for Tokyo Institute of Technology

by Kazuhiro Ueda, Masahiro Kanazawa, Katsuji Asai, Shigeaki Okuda & Tsunetoshi Tanaka

Mitsubishi Electric has delivered an Inter-digital H heavy-ion linear accelerator to the Nuclear Reactor Research Laboratory of Tokyo Institute of Technology. It has been designed to accelerate heavy ions from lithium (Li) to niobium (Nb). The maximum accelerating energy is 2.5MeV per nucleon. The accelerator was completed under the direction of Tokyo Institute of Technology. Its main features are the provision of a CW-accelerated ion beam from a unit smaller than other heavy-ion accelerators. Initial performance is generally as planned.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 13 ~ 19 (1986)

MELIAC: An Integrated Automation Controller for Next-Generation Automation Systems

by Yukio Mashino, Kensho Agui, Nobuaki Fujii, Hiroo Kikuchibara & Izuru Ogawa

Mitsubishi Electric sees integrated automation (IA), which will integrate the flow of both materials and information, as characterizing next-generation automation systems. The Corporation has developed the MELIAC IA controller as a key element in any such future total system. The article introduces this innovative controller, designed for a new era of data management and control, and its potential applications. It uses the latest i-80286 CPU, and supports a real-time multitask operating system and powerful network capabilities.

アブストラクト

日本道路公団納め関越自動車道ハイウェイラジオシステム
持田明孝・宮崎嘉光・渡川 茂・岡野 勝・児山淳弥

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P41～47

ハイウェイラジオシステムは、高速道路の路側に設置された送信機及びアンテナから、一般カーラジオ（周波数1,620kHz）を通してドライバーに道路交通情報を提供するシステムである。従来から迅速できめ細かい情報提供のために、コンピュータを利用した音声合成装置の導入が検討されてきたが、このたび、関越自動車道に中央音声合成方式の本格的ハイウェイラジオシステムを納入したので紹介する。

ハイスピードCMOSロジックM74HCシリーズ

速水貞博・宮崎行雄・守谷純一・冲高毅則・谷口正治

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P57～62

CMOS標準ロジックの特長である低消費電力、高雑音余裕度特性を維持しながら、LSTTL並の高速化を実現したハイスピードCMOSロジックM74HCシリーズ140品種の製品化を計画し、このうち昭和61年4月までに80品種の製品化を完了した。M74HCシリーズは3 μ mルールシリコンゲートプロセスの採用で、4000Bシリーズより高速化を図り、更に破壊耐量も向上させている。ここでは設計及び諸特性などを中心に報告する。

磁気ディスク装置用薄膜ヘッド

堀端慎二・大寺 進・由良信介・佐々木 肇・横山一男

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P48～52

情報処理システムで用いられる磁気ディスク装置の高速・大容量化に対応した薄膜ヘッドを開発した。バルク材から機械加工にて製作される従来のヘッドに対して、金属磁性薄膜を用いており、半導体製造技術と同様の微細加工技術にてヘッドを精微にかつ一括大量生産できる。このヘッドの構造設計・浮上特性解析・製造プロセス技術を確立して、一層の高記録密度が可能になり、当社の固定ディスク装置M4875に搭載されている。

ワンチップ マイクロコンピュータ ROMコード電送・処理システム

藤本 稔・三輪久晴・船木 博・片岡敏彦・的地敦子

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P63～66

ワンチップマイコン、MASK-ROM製品において、ROMコード入手からマスク製作までの期間を短縮するために、①顧客から支給されたROMコードを公衆回線を介して伝送するシステム、②ROMコード処理、マスク作画データ作成後、マスク会社へ公衆回線を介してマスク作画データを伝送するシステムを開発、実用化したのでその概要を報告する。

256KビットCMOSスタティックRAM

篠原尋史・河野芳雄・一瀬勝樹・和田知久・河合邑司

三菱電機技報 Vol.60・No.4・P53～56

次世代大容量メモリの一翼を担う256K CMOSスタティックRAMを開発した。メモリセルをNMOS、周辺回路をCMOSで形成したMixed CMOS方式で、ゲート長1.3 μ mの微細化プロセスを使用している。設計では、内部同期信号をワード線の3値制御やセンスアンプに適用し、アクセス時間70ns、消費電力275mWと、バランスのとれた高性能特性を得た。構成は32K語×8ビットで、28ピン プラスチックDIPに封止している。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 57 ~ 62 (1986)

Series M74HC High-Speed CMOS Logic Devices

by Sadahiro Hayami, Yukio Miyazaki, Jun'ichi Moritani, Takenori Okitaka & Masaharu Taniguchi

Mitsubishi Electric plans ultimately to market 140 high-speed CMOS logic devices that retain the low power dissipation and high noise immunity characteristics typical of such devices while achieving speeds comparable with LSTTL devices. As of April 1986, the Corporation is already marketing 80 of these products in its Series M74HC.

The use of a $3\mu\text{m}$ -rule silicon-gate process enables these devices to realize higher-speed processing than the 4000B series with improved resistance to breakdown. The article discusses the design aspects and characteristics of Series M74HC.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 41 ~ 47 (1986)

A Highway Advisory-Information Radio System for the Kan-Etsu Expressway

by Akitaka Mochida, Yoshimitsu Miyazaki, Shigeru Togawa, Masaru Okano & Atsumi Koyama

This highway advisory-information radio system uses transmitters and antennas installed at the roadside to provide traffic information to drivers tuning their car radios to a frequency of 1,620kHz. The requirement for faster and more detailed information than previously possible led to the investigation of computer-synthesized voice transmissions. The article introduces a Mitsubishi radio system supplied to the Kan-Etsu Expressway for a full-scale highway advisory-information service using synthesized voice transmissions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 63 ~ 66 (1986)

ROM-Code Transmission and Processing Systems for Single-Chip Microcomputers and Mask ROM LSI Devices

by Minoru Fujimoto, Hisaharu Miwa, Hiroshi Funaki, Toshihiko Kataoka & Atsuko Matoike

To reduce the time taken from first acquisition of the ROM code for single-chip microcomputers and mask ROM devices until mask fabrication, Mitsubishi Electric has developed and marketed two new systems, one for ROM-code transmission through public-switched telephone lines and the other for transmission of mask-drawing data to a ROM mask-manufacturing company after the initial ROM-code processing, also by public-switched lines. The article outlines these systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 48 ~ 52 (1986)

A Thin-Film Head for Magnetic-Disk Drives

by Shinji Horibata, Susumu Otera, Shinsuke Yura, Hajime Sasaki & Kazuo Yokoyama

Mitsubishi Electric has developed a thin-film head for high-speed, large-capacity magnetic-disk drive units. This recently developed head replaces the conventional bulk material with a thin magnetic film. The use of fine-fabrication technology similar to that employed in semiconductor production engineering allows mass-production of precisely fabricated heads. The head-construction design, flying-characteristic analysis of the head slider, and manufacturing-process engineering combine to achieve higher recording densities, and have been used in the Corporation's M4875 fixed-disk drive.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 4, pp. 53 ~ 56 (1986)

A 256K-Bit CMOS Static RAM

by Hirofumi Shinohara, Yoshio Konno, Katsuki Ichinose, Tomohisa Wada & Yuji Kawai

Developed for the next generation of large-capacity memories, this mixed CMOS RAM features an NMOS memory cell and CMOS peripheral circuits, and has been fabricated at a level of $1.3\mu\text{m}$ gate length. As a result of application of an internal sync signal to the word line for tri-level control and the sensing amplifier, high-performance characteristics including 70ns access time and 275mW power dissipation have been obtained. This new RAM with its well-balanced high-performance characteristics has a configuration of 32K words $\times$ 8 bits and a plastic dual-in-line package.

関西電力(株)神戸変電所納め 275kV, 300MVA CGPA変圧器

三浦良和*・瀬藤憲治*・祖開克二*・西本 昂*・新海 拓*

1. ま え が き

変圧器の高電圧・大容量化が進み、その輸送寸法・重量は増加する傾向にある。一方、国内では、発・変電所の適地減少に伴って変圧器の輸送上の制約は年々厳しくなっている。特に山間部に建設されることの多い水力発電所向け変圧器や都市近郊の変電所向け変圧器においては、輸送上の対策を必要とする場合が多い。

当社は、昭和53年7月から約3年間にわたり関西電力(株)との共同研究により、変圧器を輸送する上で最大重量物である鉄心とコイルを分離し、吸湿防止用のフィルムで密封した上で輸送する新しい輸送方式を適用したCGPA (Coil Group Packed Assembly) 変圧器を開発した。

このたび当社では、この技術を適用した実用器の第一号として関西電力(株)神戸変電所に275kV, 300MVA 4号主変圧器を製作し納入した。変電所は神戸市の北部の六甲山系に位置しており、北攝変電所から275kV 2回線で受電した電力を、神戸市街地及びその北・西部に至る地域に77kV 12回線で送電する超高圧変電所である。当社は昭和53年に、同変電所向けとして275kV, 300MVA 2・3号主変圧器を2台納入した。変圧器は輸送途上の寸法・重量制限により本体を三分割した特別三相構造とし、道路・橋りょうなどの補強を行った上で組立輸送した。

完成したCGPA変圧器は、特別三相器に比べ輸送重量を約1/3に軽減することができ、従来必要であった輸送上の対策は全く不要となった。工場から変電所までは、小形低床トレーラによる道路輸送

を行い大幅な輸送費の低減を達成した。変圧器本体は、普通三相構造とすることができるため、従来器に比べ損失及び据付け面積でも低減を図ることができた。ここに、275kV, 300MVA CGPA変圧器について紹介する。

2. 変圧器の定格

CGPA変圧器の定格諸元は次のとおりである。

形 式： 三相 60Hz 外鉄形 負荷時タップ切換変圧器

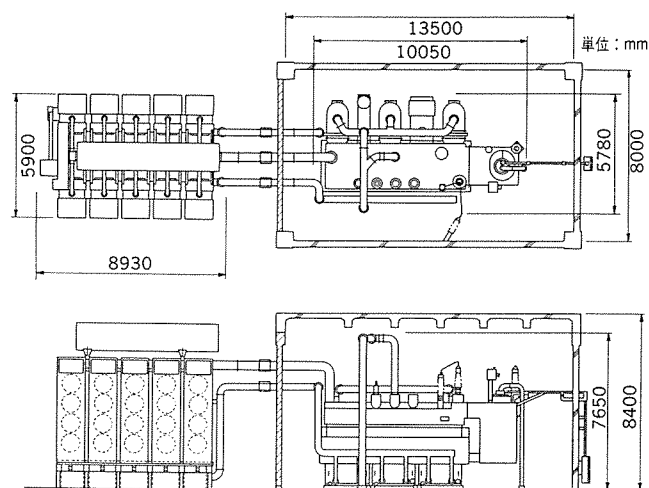
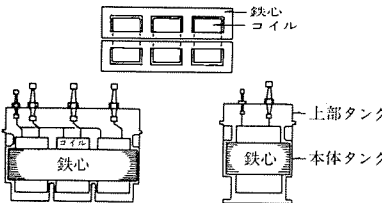
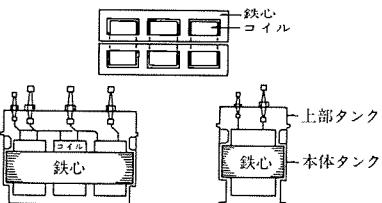
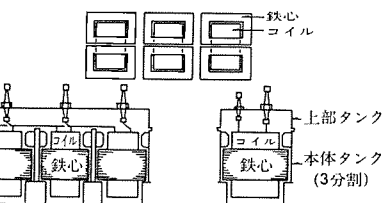
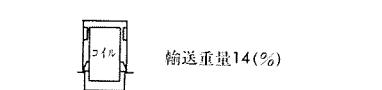
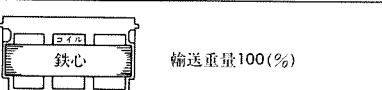
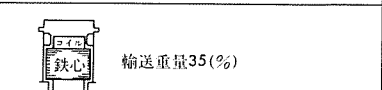


図 1. 神戸変電所納め三相 275kV, 300MVA CGPA 変圧器の外形

表 1. 変圧器の輸送の一例

	CGPA方式	組立輸送方式	
		普通三相	特別三相
	1相分のコイルグループをバックした状態で各相独立の下部タンクに入れ、輸送カバーで密封して1相ごと輸送する。鉄心はコイルと別に輸送する。	巻線・鉄心を三相一体構造として、一つのタンクに収納し、輸送カバーで密封して輸送する。	巻線・鉄心を3分割して、各相ごとタンクに収納し、輸送カバーで密封して輸送する。
本体の構造			
本体の輸送	 輸送重量14(%)	 輸送重量100(%)	 輸送重量35(%)
輸送の手段	30形低床トレーラ	シュナール式大形貨車 180形シュナール式トレーラ	シュナール式貨車 80形低床トレーラ

送油風冷式（本体：防音建屋，別置冷却器：50 ホン）

容 量： 一次 300 MVA

二次 300 MVA

三次 90 MVA（安定巻線）

電 圧： 一次 262.5±25 kV（±8 点均等 ステップ） 星形

二次 77 kV 星形

三次 22 kV（安定巻線） 三角形

絶縁階級： 一次線路 200 号

一次中性点 80 号

二次線路 70 号

二次中性点 70 号

三次 20 号

インピーダンス： 一次・二次間 18 %（300 MVA 基準）

端 子： 一次 油ダクトで仕切板によりケーブルに接続

二次 油ダクトで油中貫通プッシングによりケーブルに
接続

三次 1 相のみ気中プッシングにより引出し接地

負荷時タップ切換器： MRTⅢ-1000 形 1 台

図 1. は、この変圧器の主要寸法を示す外形図である。

3. CGPA 変圧器と組立輸送変圧器

超高圧，300 MVA 級変圧器の輸送諸元は，普通三相組立輸送方式の場合，全長 10 m，重量 160 トン 程度になり，輸送手段としては，シュナール式の大形貨車及び 180 形シュナール式トレーラを使用する。普通三相式で輸送上の制約を受ける場合は，三相を 1 相ごとに分割した特別三相組立輸送方式，更に 1 相を 1/2 に分割した六分割特別三相輸送方式などの輸送単位を小さくした分割輸送を採用する。輸送重量は普通三相方式に比べ特別三相方式では 35～40 %，六分割

特別三相方式では 20～25 % に軽減可能であるが，本体の材料の増加や，据付け面積及び損失の増加を伴う。

昭和 53 年納め神戸変電所向け 2・3 号特別三相変圧器の輸送重量は，約 60 トン であるため，工場から最寄駅まではシュナール式貨車による鉄道輸送を行い，駅から変電所まではシュナール式トレーラに積み替えて輸送した。当時，輸送のための道路・橋りょうなどの補強対策は 10 箇所以上に及んだ。今回の CGPA 変圧器では重量物であるコイルと鉄心を分離して輸送するため，輸送重量は 1 相当たり約 22 トン で特別三相式の約 1/3 となり，工場から変電所までは 30 形低床トレーラによる道路輸送を行っている。

表 1. に CGPA 方式と組立輸送方式について輸送の比較を示す。

4. CGPA 変圧器の構造及び特長

CGPA 変圧器は，コイルと鉄心を吸湿防止用のフィルムで密封して，

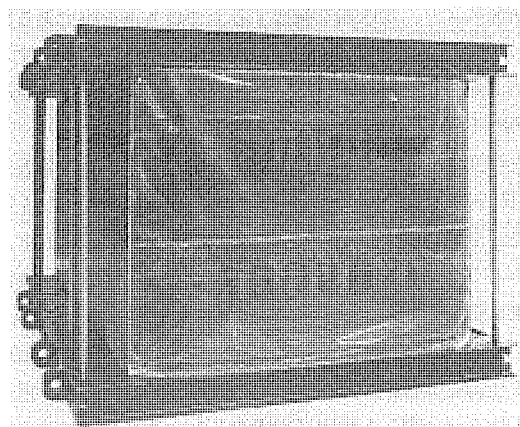


図 2. パックされたコイルグループ

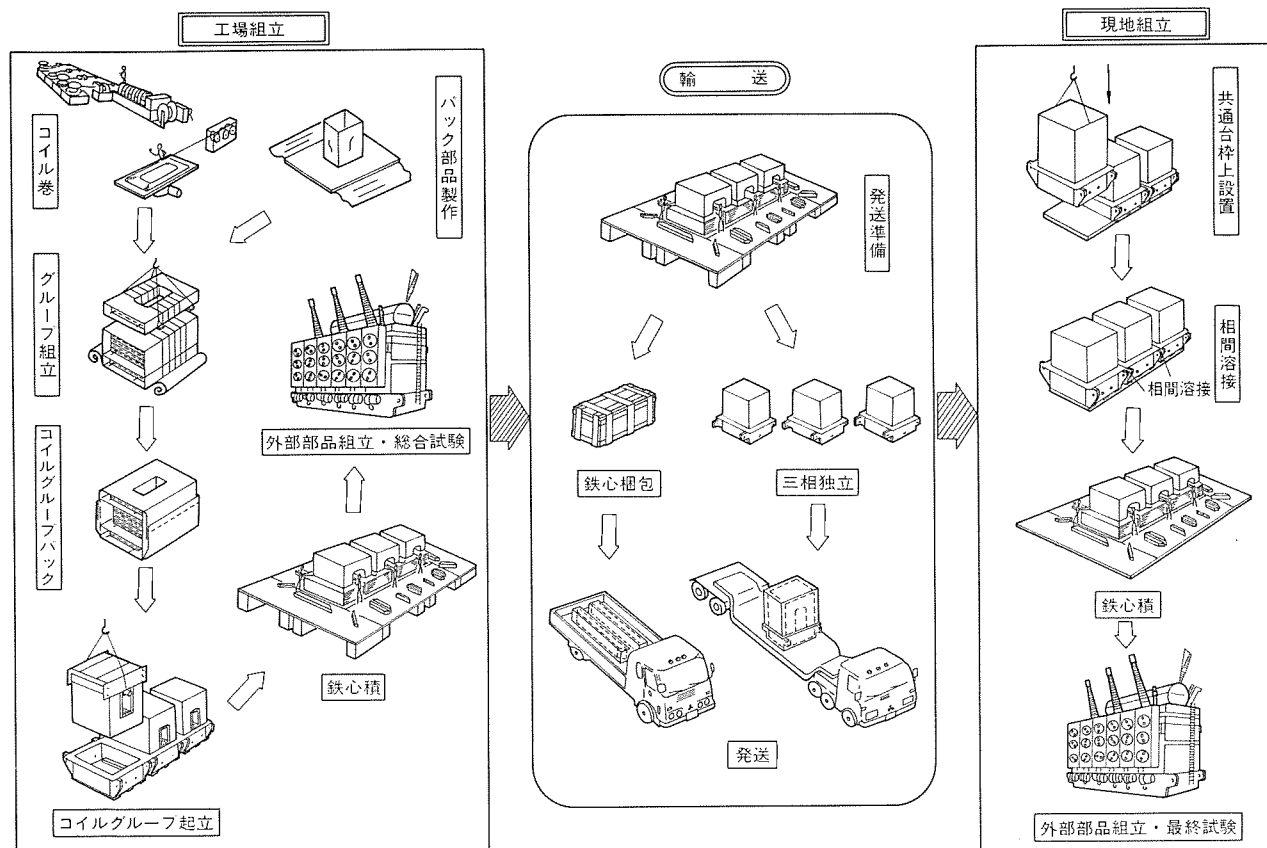


図 3. CGPA 変圧器の出来るまで

それぞれを分離輸送するとともに、現地での鉄心組立作業中にコイル絶縁物への吸湿防止を図ったものである。

当社は、高電圧・大容量変圧器はすべて外鉄形で製作しており、CGPA 変圧器についても外鉄形を採用している。外鉄形変圧器では起立したコイルグループの内外周を取り囲むように鉄心を配置し、鉄心は方向性けい素鋼帯を同一幅に切断したものを水平に順次積み重ねる。したがって、CGPA 変圧器における現地での鉄心組立作業は大きな装置を必要とせず容易に行うことができる。

4.1 バック材料とその加工法

変圧器にとって最重要部であるコイルを絶縁するための絶縁物をシールするバック材料は、防湿性に優れ耐油性・耐熱性・機械強度及び電気的な諸特性について良好であり、加工が容易であることが要求される。バック材料としては、先の共同研究で各種サンプル試験を実施した結果、十分効果が検証されているふっ素樹脂系のフィルム（厚さ 100 ミクロン）を選定した。

バック材料の加工は、フィルムを必要な寸法に裁断した後、ヒートシール器を用いて熱溶着により接合成形する。ヒートシール器は帯状ヒータに通電して加熱・加圧によってフィルムを接合するもので、作業性はきわめて良い。ヒートシール後のバックフィルムは、プレスボードの保護板と一体となって、コイルグループに組み込む構造となっている。

図 2. はバックされたコイルグループを示す。

4.2 CGPA 変圧器の製作工程

図 3. に CGPA 変圧器のできるまでを示す。フィルム及び保護板からなるバック部品は、コイルグループ組立工程でグループに組み込み、コイルの上・下部通油口を除いてヒートシールした後で乾燥する。この後、下部タンクにコイルグループをつ（吊）り込み鉄心積を行う。バック部品を組み込む作業以外は、通常の変圧器の組立作業と同様である。工場での総合試験を終了後、三相リード接続を外してコイルグループ上部通油口をバック材で密封し鉄心を解体する。鉄心解体後は各相それぞれに輸送用カバーを取り付け、下部タンクの相間部を切断し各相を分離して輸送する。一方、鉄心はあらかじめ決められた輸送単位に分割した後、防し（錆）こん（相）包してコイルとは別送する。

現地に到着したコイルグループは、相間部を再溶接し三相一体構造にした後で輸送カバーを取り外して鉄心積を行う。鉄心積後に共通の上・中部タンクを取り付けて、上部バックを開封して三相リード接続を行う。この後、絶縁油を注入して最終試験を実施する。

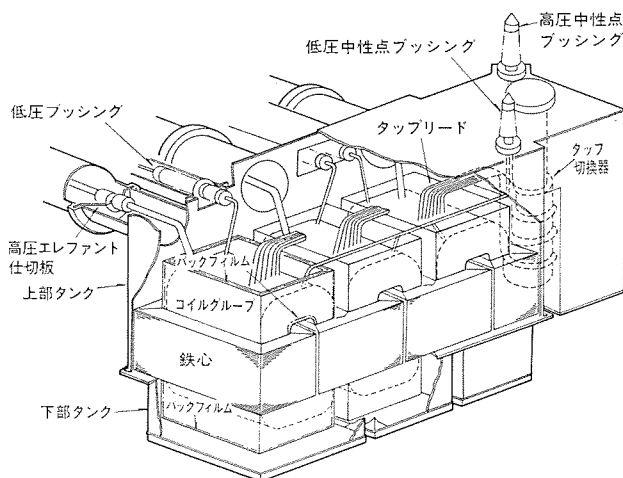


図 4. CGPA 変圧器の構造図

4.3 CGPA 変圧器の構造

図 4. に CGPA 変圧器の構造を示す。現地鉄心積中にコイル絶縁物を吸湿から防止するバック材は、コイルグループの下部通油口を除く内・外全周を覆うように配置されており、鉄心積時にフィルムが損傷するのを防止するために、上・下通油口以外はすべてプレスボード製の保護板でフィルムを保護するようにしている。コイルグループの下部通油口は開放されているが、現地での鉄心積中には下部タンク内に絶縁油を注入して油封することで外気を遮断するので下部については特にバックする必要はない。

コイルは外鉄形変圧器の標準である矩形平板コイルを、必要に応じて数枚から十数枚組み合わせたものに絶縁物を組み込んで、高・中・低圧グループを構成する。更にそれらのグループを交互に並べた交互巻線コイル配置を採用して、漂遊損失及び電磁機械力の低減を図った設計としている。

鉄心構造については、既設変圧器は輸送制限のため単相鉄心を三組組み合わせた特別三相式であったが、CGPA 方式では、外鉄形標準の普通三相鉄心構造である。この場合の鉄心総重量は既設品に比べ約 15 トンの軽減を図ることができる。中・小容量クラスの CGPA 変圧器では、コイルグループの寸法は大きくないためコイル起立輸送が可能な場合が多い。一方、高電圧・大容量変圧器では、コイルグループ寸法の増大に対処するため輸送の際にグループを横倒しにしたり、1 相を更に分割するなどして輸送単位を小さくする方法が採られる。

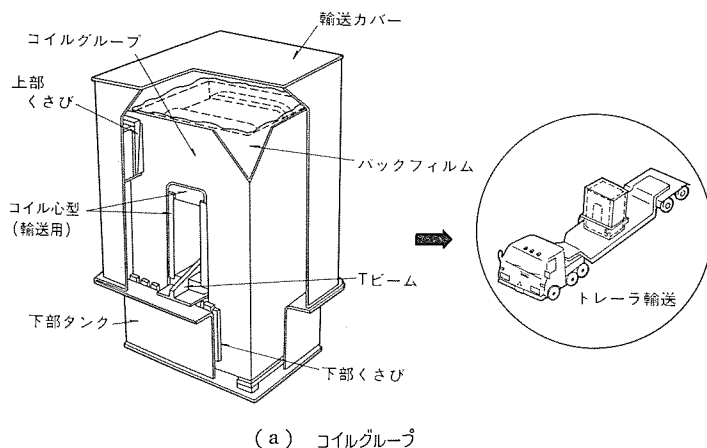
今回の CGPA 方式では、コイルグループは工場組立状態のまま起立輸送している。このため変圧器の下部タンクは各相分割可能な構造とし、コイル輸送時に輸送用タンクの一部として用いる方法を採用している。輸送前の下部タンクの相ごとの分離及び現地搬入後の再結合は、下部タンクの相間部（2 箇所）を切断及び溶接する方法を採用した。この相間部は狭い（隘）なため、作業による切断・溶接は困難である。そこで自動溶接装置を開発してこの作業を行った。溶接については、スパッタが少なく溶接が安定しているサブマージ溶接を採用し、前もって工場内で溶接・切断実験を行い、何ら問題のないことを確認した上で製品に適用することで十分な成果を上げることができた。

4.4 輸送

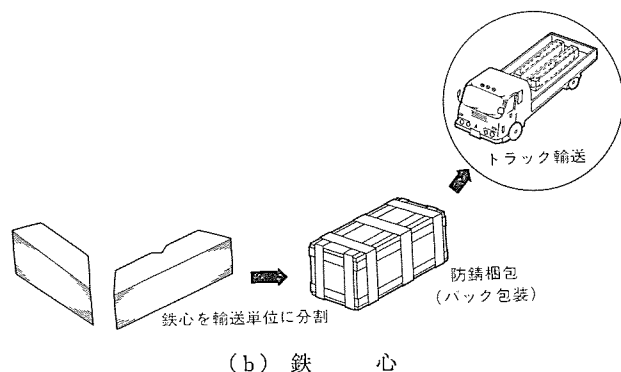
バックされたコイルグループは、輸送時の振動・衝撃によるコイルの変形・ずれ及び損傷に十分耐える構造でなくてはならない。そこで、輸送に当たってコイルの上部及び下部を木製の「くさび」により、それぞれ輸送カバー及び下部タンクに固定するとともにコイルの中央部については、締付プレートを用いてコイルを締め付けた上でタンクに固定している。また、脚鉄心を組み込むコイル窓内には鉄心と同形状の心型を入れ、下部サポートによりコイルの重量を支持する方法を採用した。タンク内にはこれまでの組立輸送と同様に、吸湿防止のために低露点のガスを封入して輸送した。図 5. に CGPA 変圧器の輸送を示し、図 6. に輸送中の CGPA 変圧器を示す。

コイルグループは現地に到着後、タンク内封入ガス圧が正圧であることを確認して輸送カバーを外し内部を詳細に点検したが何ら異常は認められなかった。また、輸送中の振動を記録するために取り付けた加速度計の読みは最大でも 1.0 G であり、管理値に比べ十分低い値であった。

鉄心の輸送については、工場における鉄心解体後に検査及び油切り処理（ベキング処理）して輸送単位に分割する。分割した各鉄心ブロックは端面を防錆塗装した上で防錆紙で包装後、その外側をシュ



(a) コイルグループ



(b) 鉄心

図 5. CGPA 変圧器の輸送

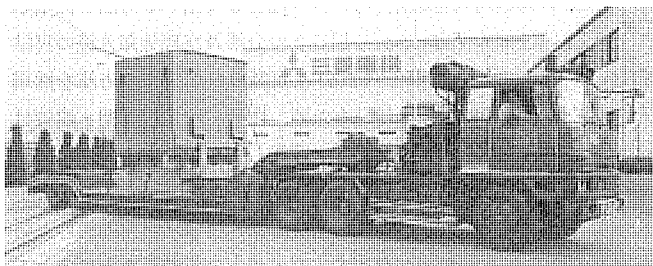


図 6. 輸送中の CGPA 変圧器

リンク包装し木箱に納めてトラックにより輸送を行った。現地に搬入された鉄心は開梱後入念に点検を行い、輸送による変形・傷及び発錆が全く無いことを確認している。

5. CGPA 変圧器の現地組立

5.1 現地の作業環境

今回、変圧器は防音建屋内（有効寸法：幅 8 m、長さ 13.5 m、高さ 7.4 m）に設置されるため、変圧器の現地組立は鉄心積を含めほとんど屋内作業となる。鉄心積を含む現地での中身組立作業は、できるだけ防湿・防じん対策を施した環境で行うことが望ましい。このため建屋床面は防じん塗装を行い内壁及び天井部はすべてビニールシートで覆っている。また、建屋内へは乾燥空気発生装置を用いて常時乾燥空気を送り込むとともに、自動記録計による湿度の監視や粉じん計を用いて浮遊じん量を測定した。これらの測定の結果、現地でも工場並の作業環境であることが確認された。

防音建屋前面には、機材搬入のための前室及び部品類の一時保管場所として、じゃばら式のテントハウスを設置している。テントハウスの大きさは、幅 8 m、長さ 10 m、高さ 7 m であり、建屋とテントハウス

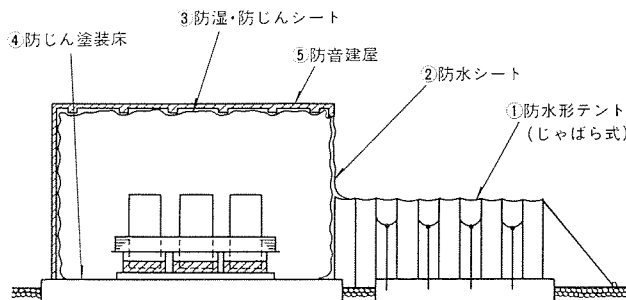


図 7. 防音建屋及びじゃばら式 テントハウス

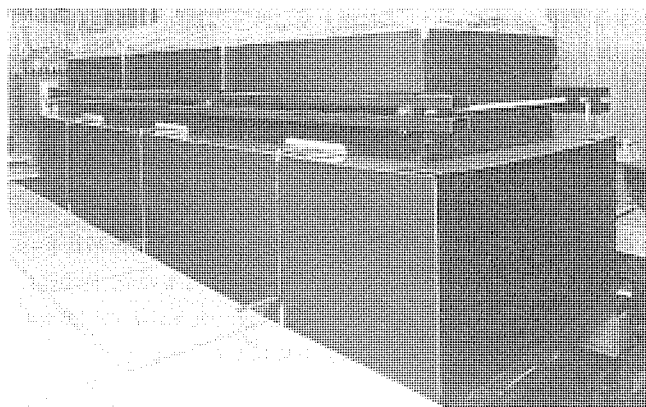


図 8. 鉄心積完了後の CGPA 変圧器

の間は間仕切シートで仕切られており、建屋と一体となった構造である。図 7. に防音建屋及びじゃばら式 テントハウスの構造を示す。

5.2 現地組立

現地搬入された CGPA 変圧器は下部タンク間部を溶接した後、横持装置を用いて建屋内へ引き込み基礎上へ設置した。鉄心積作業は、テントハウス内に保管している鉄心を作業ごとに必要数量分、建屋内に搬入して工場と同様の方法で行った。鉄心積作業中は下部タンクを油封して外気を遮断し、更に下部タンクに設けた排油弁からパックされたコイルグループ内に、逐次ドライエアを供給して絶縁物の吸湿防止を図っている。現地での鉄心積に要した日数は約 7 日間であった。図 8. は、鉄心積完了後の CGPA 変圧器を示す。

鉄心積完了後、上・中部タンクを取り付けて上部通油口のパックを開封した。このとき、バックフィルムは再パック代を残して周囲を切り取り、残り代は保護板の中に収納している。これは将来、変圧器の移設などを考慮して再パックが可能にしたものである。この後の中身リード結線作業からは、通常の変圧器の現地組立作業と同様である。

工場組立から現地組立完了後まで、絶縁物の吸湿状態を水分測定用のサンプルにて監視した。その結果、絶縁物内の水分量は最終組立完了後において、275 kV 変圧器の基準値 1.0 % を十分満足し、パックのシール効果が非常に優れていることが確認できた。図 9. に絶縁物内の水分の変化を示す。変圧器の現地搬入から試験・検査を含む組立完了までに要した数は 55 日であった。

5.3 現地試験

現地試験は通常組立輸送変圧器で実施する項目に加えて、表 2. に示される試験を行った。特に、無負荷試験及び部分放電試験では、工場試験時に現地試験回路を想定した試験条件で実施し、現地試験での値と比較する方法を採用した。CGPA 変圧器では鉄心は現地

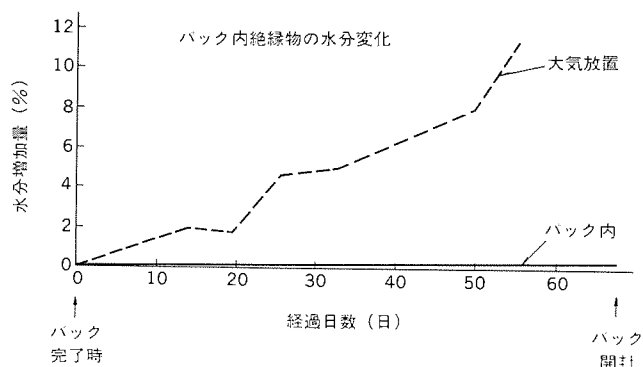


図 9. 絶縁物内の水分変化

表 2. 通常の現地試験に加え実施した確認試験

試験項目	内 容	結 果
インピーダンス試験	高圧—中圧間及び高圧—低圧間について測定し、各インピーダンスが工場実測値に比べ有意差のないことを確認した。	良 好
無 負 荷 試 験	無負荷損失及び励磁電流を測定し、工場実測値と比較し有意差のないことを確認した。	良 好
部分放電試験	試験相を 100%励磁し、内部部分放電が生じないことを ERA 法及び油中マイクにより確認した。	良 好

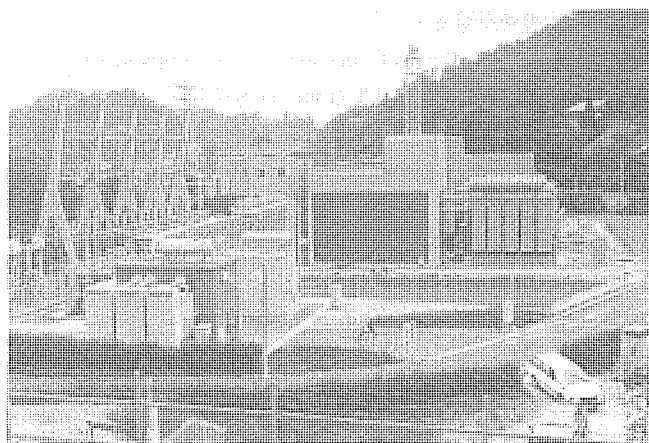


図 10. 関西電力(株)神戸変電所と 275 kV, 300 MVA 主変圧器バンク

にて再組立されるが、試験結果が示すように再組立による特性の劣化は認められなかった。部分放電試験についても、定格励磁状態で各相ともにバックグラウンドノイズ以下であり全く異常のないレベルであった。また、その他の結果についても良好であった。

6. CGPA 変圧器適用の効果

CGPA 変圧器を適用することにより、輸送重量が大幅に軽減でき、輸送上の制約は格段に改善される。このことは、道路・橋りょうな

表 3. 従来方式と CGPA 方式の変圧器諸元の比較

		普通三相方式	特別三相方式	CGPA 方式
仕 様		三相 60 Hz 275/77/22 kV 300/300/90 MVA 外鉄形送油風冷式負荷時タップ切換変圧器 低騒音形		
輸 送	最大輸送重量 (トン)	160	60	22
	輸 送 手 段	180 形 シュナー ベル式トレーラ	80 形低床トレー ラ	30 形低床トレー ラ
据 付 け	総重量 (%)	88	100	88
	据 付 け 面 積 (m ²)	55	64	55
	現地組立日数 (日)	40	43	55
損 失	鉄 損 (%)	90	100	90
	銅 損 (%)	100	100	100
	合 計 (%)	98	100	98
	補機損 (%)	97	100	97

どの補強を含めた輸送対策及び輸送ルート of 制限などの輸送問題が根本的に解決し、発・変電所建設に当たって適地選定の自由度が拡大することになる。しかも、変圧器設計の適正化が図れ、従来必要とされた本体の分割による材料・損失及び据付け面などの増加をなくすることができるなど、その効果は非常に大きいものがある。表 3. に 275 kV, 300 MVA 変圧器について、従来方式の場合と CGPA 方式を採用した場合の比較を示す。

7. む す び

今回、CGPA 方式の実用化第一号器として関西電力(株)神戸変電所向け 4 号主変圧器の構造、輸送、組立及び試験についてその内容を紹介した。

この CGPA 変圧器の製作を通して、今後更に高電圧・大容量化する変圧器を輸送するための貴重な技術及びデータを得ることができた。また、発・変電所建設に当たり変圧器の輸送上の問題解決に向けて大いに前進したと言える。275 kV, 300 MVA CGPA 変圧器の完成により、今後、更に輸送条件の厳しい 500 kV 変圧器への実器適用も十分可能となった。

最後に、この変圧器を製作する機会を与えていただくとともに、開発・製作に当たって終始御指導、御援助をいただいた関西電力(株)の関係各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 松村, 菅: 三菱電機技報, 54, No. 11, p. 37 (昭和 55 年)
- (2) 松村, 田村: 昭和 54 年電気関係学会関西支部連合大会 G3-38
- (3) 松村ほか: 昭和 55 年電気学会全国大会, 570

海外電力事業向けSCADA及び通信システム

山中 彪生*・流郷 忠彦*・炭谷 周作*・ミシェル・ヨセフ**

1. ま え が き

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) システムは今や電力系統の運用に不可欠な存在となっている。

SCADA システムの機能、構成は基本的には国内、海外とも同じであるが、具体的にはかなり異なった機能を取り入れたり、ハードウェアやシステム構成も国内とは若干異なる場合が多い。また、いわゆる先進諸国と開発途上国を比較すると、前者においては電力系統の発展とともに SCADA 技術も進歩し、その進歩に応じて無人化や自動化が進んできたのに対し、後者においてはインフラストラクチャとしての電力系統を急速に拡充するに当たり、その合理的な運用と運転保守要員の不足を補うために当初から SCADA システムが導入されることが多く、この発展形態の違いがシステム構成や機能、またその運用における考え方の違いに表れているとも考えられる。

本稿では、まず海外電力事業向け SCADA 及びそれに付属する通信システムの要素及び構成法について一般的に述べた後、特に国内向けシステムと比較した場合の機能、構成及びハードウェア上の特徴について論じるとともに、既納システムにおける事例を紹介し、最後に今後の動向について述べる。

2. SCADA 及び通信システムの要素と構成

2.1 要素と構成概念

図 1. は SCADA 及び通信システムの要素と構成を一般的に表したものである。図の左側は親局(Master Station)、右側は子局(Remote Station)であり、SCADA システムの構成要素としては、

(1) MM(Man-Machine Interface)

操作員に視聴覚の出力を与え、また操作の入力を受けるもので模擬系統盤、CRT、制御卓、プリンタ、記録計などがある。

(2) DPS(Data Processing System)

システムの頭脳に当たる中央処理装置、及び周辺制御装置などからなる部分である。

(3) MTU(Master Terminal Unit)

大規模なシステムの場合に子局との間のデータ送受信を制御するもので FEP(Front End Processor) とも呼ばれる。

(4) RTU(Remote Terminal Unit)

子局側端末装置で、親局と交信して子局データの送信、親局からの制御指令の解釈と出力及び場合によってはローカル自動制御などの機能も行う(左側の RTU は親局に極く近い場所に設置される場合を示している)。

がある。

親局、子局間の通信システム(Telecommunication System)として、①電力線搬送、②通信ケーブル、③無線、④光ファイバケーブルによる場合を併記しているが、通常はこのうちの一つのみを用いるか、一つを main にし他の一つを back-up として使用する。

構成要素としては、送電線やケーブルのほかに、

(1) 電力線搬送関係

PLC (Power Line Carrier) equipment, CD (Coupling Device), CC (Coupling Capacitor), LT (Line Trap)

(2) 通信ケーブル関係

AR・IT(Arrester, Isolating Transformer)

(3) 無線関係

MUX(Multiplexer), RAD(Radio Equipment)

(4) 光ファイバケーブル関係

MUX・OMD(Multiplexer, Optical Modem)

がある。

通信システムを介して伝送されるものは、SCADA システムの信号

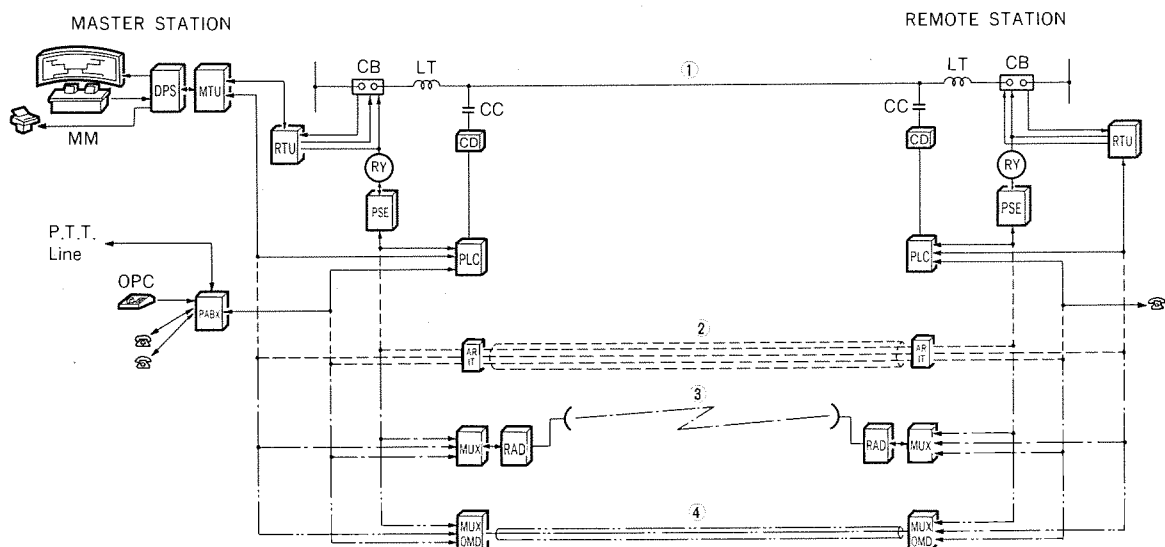


図 1. SCADA 及び通信システムの要素と構成

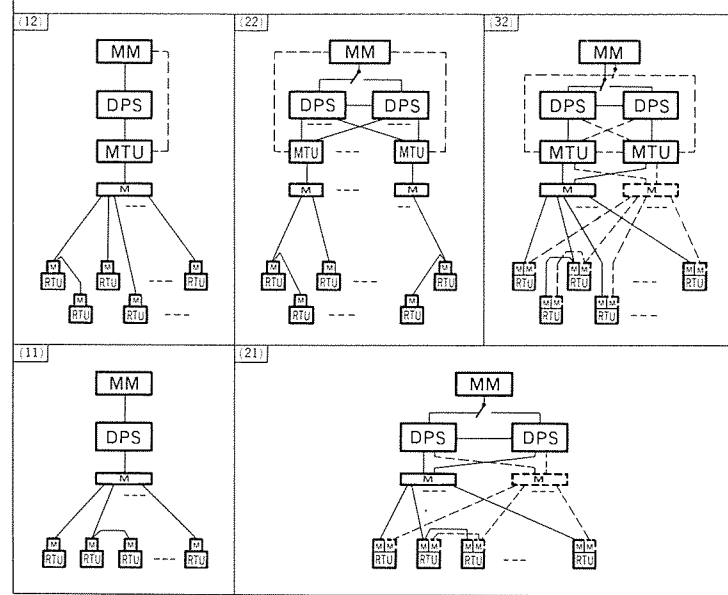


図 2. 機能・規模と信頼性・保守性によるシステム構成法の分類

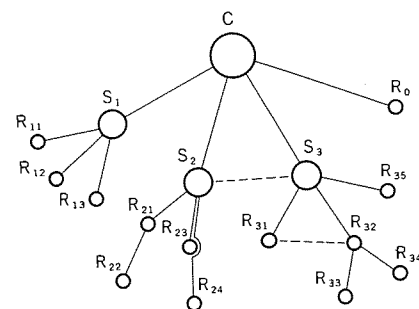


図 3. 通信ネットワーク構成の概念図

のほかに電話や電力系統保護のための信号があり、関連装置として PABX (Private Automatic Branch Exchange) や PSE (Protection Signalling Equipment) がある。

2.2 機能・規模と信頼性・保守性による構成法の変化

図 1. では RTU は 2 箇所であるが、実際には数十箇所とか百箇所を超える場合もあり、また親局の機能としては単なる監視制御及びデータ収集といった基本的な SCADA 機能のみの場合から電力系統運用のための高度な制御機能を含む場合まである。このような機能、規模の違いと要求される信頼性、保守性によりいろいろな形のシステム構成が採用されるが、図 2. は典型的なものを類別表示したものである。

図 2. (11) は最も簡単な構成で小規模なシステムに採用される。しかし子局の数が多く DPS の処理すべきデータが多くなった場合、あるいは DPS に複雑な制御を行わせる場合には、(12) のように MTU を設け、DPS から RTU と交信する機能を抜き出してこれに行わせる。MTU と MM 間の破線は、系統監視盤などマンマシンインタフェースの一部が直接 MTU に接続される場合もあることを示している。

次にシステムの信頼性、保守性が重視される場合には、(21) のように DPS (あるいは更に伝送手段) を二重化する。これにより片系ダウンの場合のバックアップが可能となり、信頼性が増すと同時に、システムを停止させずに点検することが可能となる。MTU がある場合は (32) のように、DPS, MTU 共二重化すれば同様の効果が得られるが、(22) のように MTU を数個の RTU ごとに分割する方法もある。この場合は、MTU ダウンの際、関連 RTU との交信が停止するが、その影響は全システムからみれば一部分に限られる。

2.3 通信ネットワークの構成

図 2. では、一つの親局と複数の子局との間で構成されるシステムについて述べたが、更に大規模なシステムでは親局の上に更に上位の親局を設けたり、親局と子局との間に、幾つかの子局のデータを集約して親局と交信を行う中継局を設けたりした階層構成がとられるため、通信ネットワークは図 3. のような構成となる。C は中央制御所、S は

サブセンター、R は子局である。S₁ のグループは放射状であり、サブセンターと各子局との間は 1:1 の交信が可能である。S₂ のグループは連珠状で R₂₁, R₂₂ のように伝送手段が共通の場合は呼出し (Polling) 方式などにより 1:N 方式の交信を行わねばならない。しかし、R₂₃, R₂₄ のように、地理的には同じ配置でも伝送手段が独立な場合は S₁ のグループと同じである。S₃ グループの R₃₂, R₃₃, R₃₄ のような構成の場合は、3 局を対等に 1:3 の形で交信を行う方法と R₃₂ を前記の中継局とする方法がある。破線は一回ルート又は S₂, S₃ 間の場合は横同士の通信ルートともなる。

3. 海外向け SCADA 及び通信システムの特徴

2 章に述べたシステム構成及び構成要素について、特に国内向けと比較して特徴のあるもの及び傾向が強いものについて以下に論ずる。

3.1 SCADA 機能上の特徴

(1) SCADA 対象項目

SCADA 対象項目数は、国内向けに比べて多くなる傾向がある。これは国内では、例えば故障表示をその程度により重故障、軽故障などに分類して一括して伝送したり、保護リレーの動作を種類ごとにまとめて伝送し動作した遮断器との組合せにより運転員が回線を判断するなどの方法で伝送項目の減少を図ることがよく行われるが、海外ではそれらをすべて個別に伝送することが多いことによる。子局が遠く離れている場合も多く、現場に行かなくてもできるだけ詳細を知りたいという意向からも項目数が増えることになる。

(2) SER (Sequential Events Recording) 機能

子局から親局へのデータ伝送に通常数秒程度を要するため、保護リレーが動作した結果遮断器がトリップするなど極く短時間に推移する事象の順序づけは親局にては不可能である。通常は親局で操作員が系統監視盤や CRT 画面を見るだけで状況、推移を理解できるので国内ではまだほとんど使用されていないが、海外では監視入力に変化があると 1 ms から 10 ms 程度の分解能により順序をつけ、time tag を付して子局から伝送し、親局で時系列に整理してプリントアウトする SER 機能の要求が多い。この機能の付加に際しては、親局及

び各子局同士を分解能程度の時差で同期させるための時刻同期機能も必要となる。

(3) マンマシンインタフェース

マンマシンインタフェースのハードウェア及び入出力の方法は特に国内と変るところはないが、表示文字についてアルファベット以外にもその国の文字を要求されることがある。これは我が国でもアルファベットとカナ、更に漢字も使っていることからむしろ類似点とも考えられ、欧米メーカーに対して有利となるところである。

(4) ソフトウェア

電力系統管理に関する高度な機能は国内、海外ともおおむね同様であるが、SCADA 機能に近いアドバンスソフトウェアで専ら海外で要求されるものに状態推定 (State Estimation) がある。これはデータの妥当性を他のデータから推定しチェックするとともに、一部のデータが欠損した場合にそれで補う機能であり、通信回線の故障などに際して有効である。

なお一般に、操作員の操作の手引きやチェックを行ったり、増設、変更時のデータベース追加変更を容易に行えるようなソフトウェアが要求される。

3.2 通信システム上の特徴

(1) 親局・子局間の交信方式

海外では、親局、子局間に十分な伝送チャンネルが得られない場合が多く、複数の子局を共通の伝送チャンネルに接続して呼出し (Polling) により交信を行う方式がよく用いられる。

また 3.1 節(1)に述べたように伝送項目数が多いため、1:1 対向の場合でも全データのサイクリック伝送とはせず、状態変化のみを伝送し親局から受信の確認をとる方式が多い。

(2) 音声帯域内の多重化

上記(1)項と同じ理由から、限られたチャンネルをできるだけ有効に使うため、複数のデータを周波数分割多重により同時に伝送したり、電話の音声を 2 kHz でカットし、その上に SCADA のデータや PSE (保護用信号伝送装置) の信号を乗せることが行われる。

(3) 電話交換システム

これも狭あい伝送路対策として、子局の電話器を親局の PABX に直接接続せず、途中に小形 PAX (Private Automatic Exchange) を置きこれを介して接続することにより、PABX-PAX 間を中継幹線 (Trunk line) にしてチャンネル数の減少を図ることが行われる。複数の PAX が PABX に対し放射状に設置される場合と、PAX の先に更に PAX を設けたいわゆるタンデム方式にする場合がある。

3.3 ハードウェア上の特徴

(1) 環境条件

熱帯や砂漠地帯では、通常子局側装置も空調された部屋に設置されるが、空調機故障の場合も考慮して厳しい耐環境性を要求されることが多く、周囲温度 55°C や相対湿度 100 % での動作保証、防じん対策などが必要となる。

(2) メンテナンス

メンテナンスの容易性はもちろん国内でも重要であるが、特に海外ではオンコールのサービスが実際上不可能となる場合が多いので、客先による点検、予備品との交換が容易な設計にするとともにメンテナンスマニュアルなどドキュメンテーションの整備が重要となる。

(3) 制御室のデザイン

制御室及びそこに設置される機器の設計に当たっては、国内向けと同様人間工学的配慮が必要であるとともに、SCADA システムの顔に

相当する部分なので、見学者も意識しいろいろな要求が出るところである。系統監視盤及び制御卓の色は、通常客先と打合せの上決定するが、砂漠地帯ではオアシスを連想する青や緑系統が好まれるようである。

4. 実例における特徴の紹介

3 章に述べた主な特徴や傾向は、すべての場合に必ずしも出てくるものではないが、以下実例において現れているものを紹介する。

4.1 システム構成

図 4. に SCADA 及び通信システムの構成例を示す。SDC (System Dispatch Center) は、図中の変電所 01 に隣接した発電所の構内にあり、各変電所は 132 kV の送電線 (各区分 2 回線) で結ばれている。SCADA システムとしては、SDC が親局、16 箇所の変電所が子局であり、通信システムとしては各区分 2 チャンネルの PLC (電力線搬送) により SCADA 用のデータ及び電話、保護用信号の伝送などを行っている。

図 5. に SDC と変電所 01、及び他の 1 変電所 (中間地点) におけるシステム構成を示す。各ブロックの略号は、図 1. とほとんど同じなので説明は省略する。なお、図 1. にない VIT (Video Image Transmission) は、変電所の状況や SDC から図面などを静止画像で伝送するものである。図 6. は SDC の制御室である。

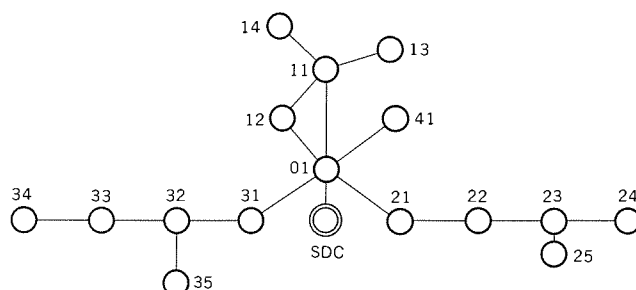


図 4. SCADA 及び通信 ネットワーク 構成

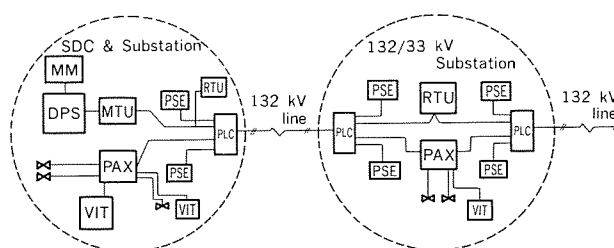


図 5. SCADA 及び通信 システム 構成

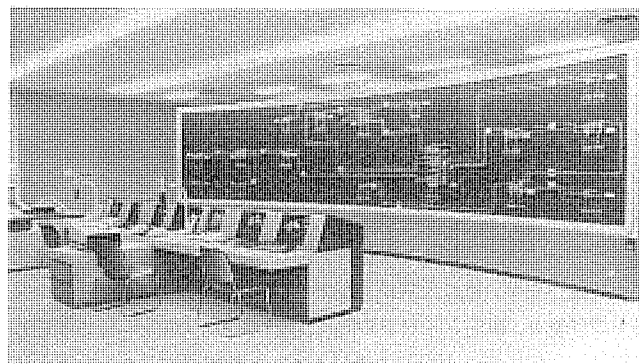
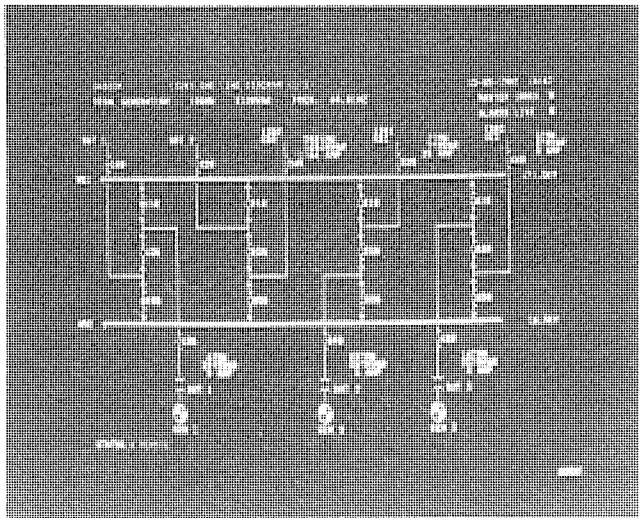
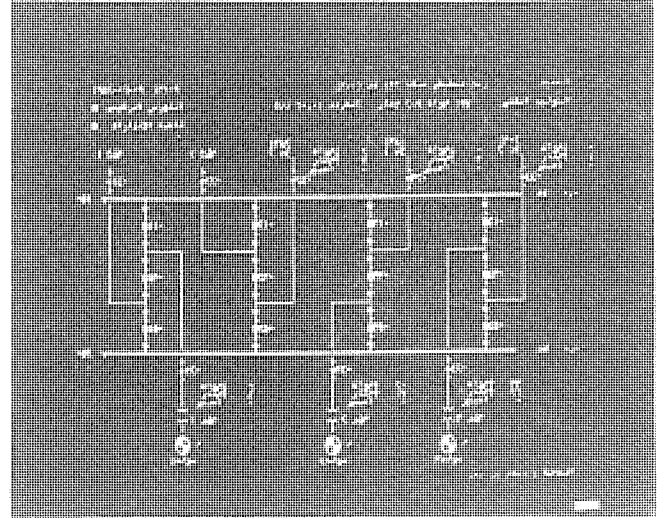


図 6. SDC 制御室



(a) English



(b) Arabic

図 7. CRT 画面

4.2 特徴

4.2.1 SCADA 機能

個別表示を行うため監視項目が多く、計測項目も多い。また各 RTU には SER 機能が付加されており、1 ms の分解能で順序づけ及び time tag の付加を行い、通常の状態変化の伝送とは別に親局に伝送し、DPS により整理され印字される。

マンマシンインタフェースにおいては、系統監視盤に英語とアラビア語による表示を併記するほか、CRT 表示についても操作卓の押しボタン選択により英語/アラビア語の切換が行えるようになっている(図 7.)。

アドバンスソフトウェアについては、通信系統がそれほど複雑でないため状態推定は行っていないが、発電所が 2 箇所それぞれ変電所 01 及び 11 の近くにあり、それらに対する AGC (Automatic Generation Control) を行っている。

4.2.2 通信システム

図 4. から分かるように、子局が親局に対しおおむね連珠状に接続されており、各区間の伝送路が PLC 2 チャンネルのみなのでこれを有効に使うため、まず各 PLC の音声帯域を周波数分割し、2 kHz 以下を電話音声及び信号 (DTMF : Dial Tone Multi Frequency), VIT の画像及び制御信号などに使用し、その上を SCADA 信号及び PSE に使用している。SCADA 信号の伝送は子局を北部、東南部、西南部の 3 グループに分けてそれぞれ 2 チャンネルの伝送路を共有し、600 band の伝送速度でポーリング方式により行っている(図 2. の分類では (22) の構成となる)。なお符号には、符号効率が高く国際規格でもある HDLC (High-level Data Link Control procedures) のフォーマットを採用している。

また電話交換システムは、図 5. のように PAX をタンドムに接続することにより、2 回線を共用して各枝路につき同時に 2 組の通話を可能としている。更に子局同士の 2 組の通話により回線がふさがった場合を考慮して、親局からの割込みができるようにしている。

4.2.3 ハードウェア

砂漠地帯に設置され、夏冬、昼夜の温度差が激しいので、子局側装

置は防じん対策を行った上で、 $-5 \sim +55^{\circ}\text{C}$ の温度変化に対し動作保証している。

メンテナンスについては、客先にてモジュール単位の保守、点検ができるよう予備品及びマニュアル、試験器、測定器などを供給している。

制御室のデザインについては、模擬系統盤の盤面を状態表示灯が浮き出るようにダークブルーとし、系統盤下部、制御卓、プリンタ収納ケースなどを若草色としている。

5. む す び

以上、海外の電力事業向け SCADA 及び通信システムの構成、特徴について述べたが、一般的に言ってそれらの特徴は、海外の場合、子局の状況をできるだけ詳細に再現させ、また制御したいという希望が強い一方、それに対する伝送路が十分得られない場合が多く、そのためにシステム構成やその要素にいろいろと工夫をこらすことにより出る特徴に、厳しい環境条件とメンテナンスや増設、変更時の容易性に対する要求が加わって出てくるものと考えられる。もちろんこれらの特徴のうちの多くは、国内でも状況により同様あるいは類似の形態をとることもあり、また SER など最近注目され導入が検討されている機能もある。

今後の動向としては、SCADA 機能の高度化、システムの複雑化が更に進み、それに伴って保守、点検の容易なハードウェアや操作員の支援を行ったり、電力系統の増設、変更に対応できるソフトウェアの要求がますます高まるものと思われる。一方、通信システムについては、狭い伝送路しか得られないケースは今後とも予想され、それを最大限に利用する工夫は更に必要であるが、光ファイバなどの導入により徐々に高速大容量の伝送路が得られるようになり、そのような制約もなくなるとともに親局、子局間の交信形態や機能分担も次第に変化するであろう。また更に上位の局との交信については、通常コンピュータリンクとなり、現在のところほとんど 1:1 対向による交信が行われているが、将来はパケット交換システムも導入されるものと考えられる。

1. ま え が き

低圧配電系統は、その規模及び容量において、ますます大きくなりつつある。このような状況下では、直列機器の電力損失を低減することが必要であり、トランスなど直列機器のインピーダンスが大幅に低減された結果、事故時の短絡電流が増大することになった。これに対処するために、系統保護の観点からは短絡電流を限流することが必要である。近年、この限流機能は、特に重視されるようになった。配線用回路遮断器は、低圧用保護機器として一般的である。この遮断器においては、限流性能を確保するためには電源電圧に対抗して、できるだけ早く、アーク電圧を上昇させる必要がある。このために従来、種々な手法が用いられてきた。例えば、開極スピードの向上、アークの伸長、磁性消弧板によるシリーズアークスポットの形成などである。我々は気中アーク現象の基礎的研究により、このほど“VJC”(Vapor Jet Control)と呼ぶ新しい限流手法を開発した。

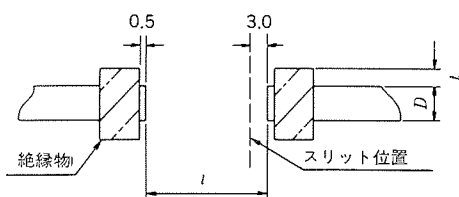
このVJCは、接点の周囲を絶縁物で覆うことにより、アーク陽光柱を制御する方法で従来のどの手法とも異なるものであり、短い電極距離においても、高いアーク電圧を発生することができる。ここでは、この新しい手法におけるアークについて電圧・電流特性、アークの外観そしてアーク空間の分光学的解析を行ったのでその概要を述べる。

2. 新制御技術 VJC

2.1 実験条件

図1.に示すような電極配置にて、アークの電圧・電流特性を測定し、同時に高速コマ取りカメラにより、アーク外観を観測した。一部の条件下においては、アークの分光観測も行った。アーク電流は約8msのパルスであり、そのピーク値は最大15kA程度である。

電極先端はCu-W合金(Cu70%, W30%)にて構成されている。電極径は、3, 5, 7, 22mmの4種類であり、電極距離は、5, 10, 20mmの3種類である。図中、Case①, ②, ③では、電極の周囲は絶縁物にて覆われており、絶縁物の厚さ t は2.5mmである。Case④, ⑤においては、絶縁物は使用していない。この実験においては、絶縁物としてフェノール樹脂を使用している。アークは、0.16φのCu細線にて始動される。アークの外観観測のため、



Case	電極直径 D (mm)	絶縁物 厚み t (mm)	電極 距離 l (mm)
①	3	2.5	5, 10, 20
②	5		
③	7		
④	22	絶縁物 なし	
⑤	5		

図1. 電極配置

め、高速カメラのコマ速度は6,700コマ/秒であり、各コマの露出時間は1.6μsである。

分光学的測定は、Case①, ②, ③, ⑤について行った。スリットの位置は、図1.に破線で示しているとおりである。全体の光学配置は図2.に示している。時間分解スペクトルを収集するために、レンズの前に電磁力にて駆動されるシャッタを設置している。シャッタの動作時刻は、分光器内に設けられたホトダイオードにより、光信号を検出することによって監視されている⁽¹⁾。

2.2 アーク電圧

アークの電圧・電流波形の一例を図3.に示す。これは図1. Case②の電極距離20mmに対応するものである。図3.において、アーク電圧の最初のスパイクは、ヒューズの溶断によって発生するものである。図4.には観測波形から得られたアークの電圧・電流特性を示している。(a), (b), (c)は、それぞれ電極距離が5, 10, 20mmの条件下における特性である。図において矢印は時間の経過を示している。従来、大気中フリーバーニングアークにおいて、そのアーク電圧は、1kA以上の大電流になると電流の値によらずほぼ一定の値を示すものと考えられていた。Case④の電極径22φに対するアーク電圧特性がその一例である。これに比べ電極径が小さく、かつ絶縁物を装着したCase①, ②, ③は、電流が大きい領域において、圧倒的に高いアーク電圧を示している。Case⑤は電極径が小さく、Case②から絶縁物を取り除いた条件の例として示しているものである。この条件下のアーク電圧は、Case④のそれよりも高く、Case②のそれよりも低いことが分かる。図4.から次のことが分かる。

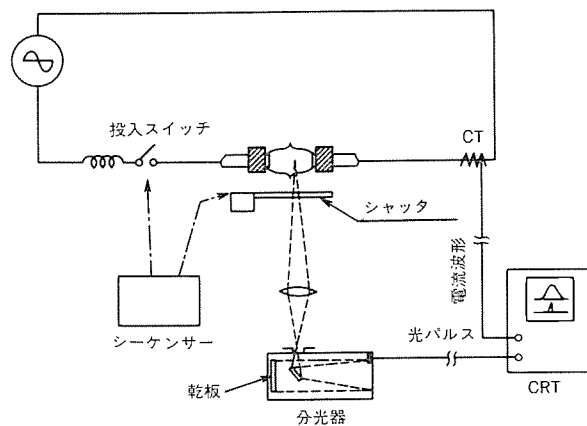


図2. 光学配置

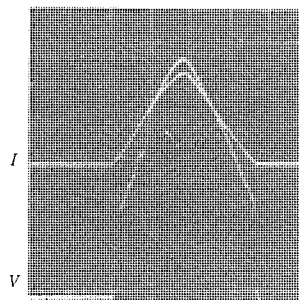


図3. 電流とアーク電圧波形
I : 電流(4.5 kA/D),
V : 電圧(45 V/D),
T : (2 ms/D)

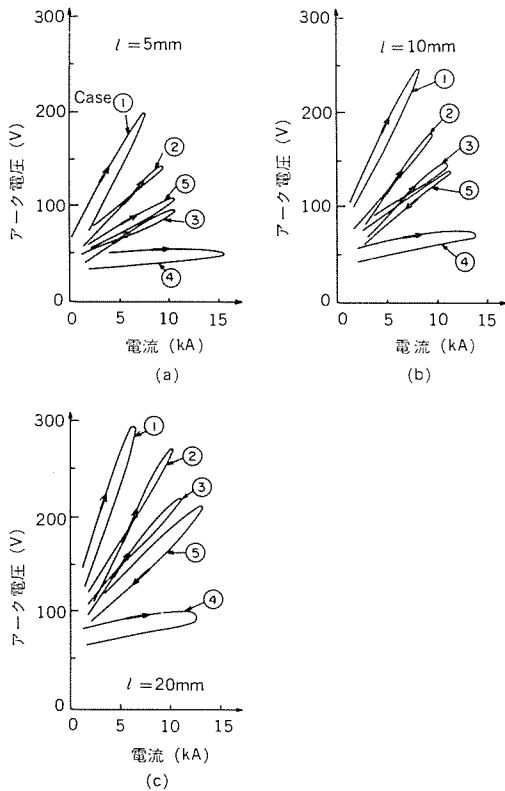


図 4. 電流とアーク電圧の関係 (a) $l=5\text{ mm}$, (b) $l=10\text{ mm}$, (c) $l=20\text{ mm}$

- (1) 絶縁物がない場合、距離一定のもとでは、電極径の小さい方がアーク電圧が高い (Case ④と⑤の比較)。
- (2) 距離と電極径が一定なら、絶縁物がある方が電圧が高い (Case ②と⑤の比較)。
- (3) 絶縁物がある場合、距離一定のもとでは、電極径の小さい方がアーク電圧が高い (Case ①, ②, ③の比較)。

すなわち、アーク電圧は電極径が小さいほど高く、また、絶縁物を装着すれば更に高くなるのが分かる。特に注目すべきことは、低圧配線用遮断器の限流性能に大きな影響を及ぼす、開極初期に相当する短ギャップ領域において、絶縁物を装着したものは、高いアーク電圧を発生するという点である。

ここでは、絶縁物の厚みを 2.5 mm に固定して行ったものについて述べたが、この電流域においてはアーク電圧は絶縁物の厚みの増大とともに上昇し、厚み 2.5 mm で飽和し、これ以上は厚くしても電圧は増加しないことが分かっている。

2.3 アーク外観とアーク直径

図 5. に観測されたアークの典型的な外観を示す。写真は Case ② の距離 20 mm にて観測されたものであり、電流値は 10 kA である。細線発弧直後の期間を除いた全電流期間においてペーパージェットは、図 5. に示すように両極から吹き出し、電極間に衝突し衝突面を形成している。強い発光部はコアと呼ばれる部分であって、その温度は $6,000\text{ K}$ 以上であり、電流の主たる通路になっている⁽²⁾⁽³⁾。以後アークコアの直径を単にアーク直径と略称する。アーク直径は、電極径、電極距離、絶縁物の有無及び電流値によって異なる。図 6. には電極距離 20 mm の場合の陰極から 3 mm の位置におけるアーク直径の変化を示している。(a) は絶縁物を装着した Case ①, ②, ③ の場合のアーク直径の変化であり、図中に電流 7 kA 時 (上昇時) に観測されたアークの外観も示している。(b) は、絶縁物のない

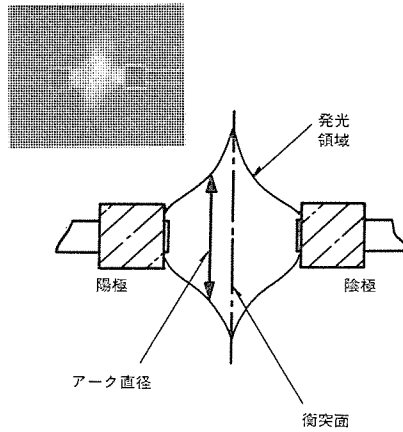


図 5. アーク外観 ($l=20\text{ mm}$, 10 kA 時のアーク)

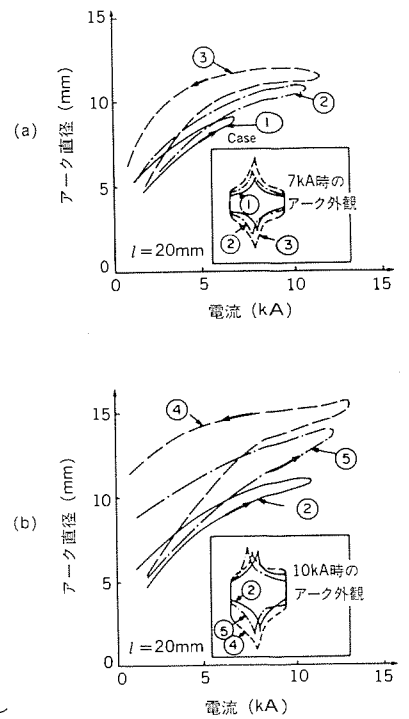


図 6. 電流とアーク直径 ($l=20\text{ mm}$) (a) 絶縁物有り, (b) 絶縁物無し

Case ④, ⑤ のアーク直径の変化を示しており、参考として Case ⑤ に絶縁物を装着した Case ② も合わせ示している。

図 6. によるとアーク直径は、電流の変化に対し履歴特性を示し、電流の立上りの過程より立下りの過程の方が、同一電流に対して大きい値を示す。立上りの過程においては、電極径の小さい方がアーク直径が小さい。そして立下りの過程においても、この事情は変わらない。まとめれば次のようである。

- (1) 電極径が小さいほどアーク直径は小さい (Case ①, ②, ③の比較、及び Case ④, ⑤の比較)。
- (2) 同一電極径なら絶縁物を装着した方が、アーク直径は小さい (Case ②, ⑤の比較)。

以上述べたことを図 4. と対照すれば、電圧の大きいものの方がコア直径は小さい傾向を示していることが分かる。これらより、次のように推論できる。すなわちアーク直径は、電極径を小さくすることや絶縁物を装着することで縮小し、この結果、アーク抵抗が増大しアーク電圧が上昇している。

2.4 スペクトル

絶縁物がアーク空間に及ぼす影響を、スペクトル分析により検討した。スペクトルの観測範囲は、 $3,000\sim7,000\text{ \AA}$ である。観測は距離 20 mm で Case ①, ②, ③, ⑤ において行った。実験を通じて観測されたスペクトルは、Cu I, Cu II, W I, H I, N II の原子及びイオンの線スペクトルと、CN 分子のバンドスペクトルである。観測されたスペクトルのうち、N II は前記のすべての条件下で、アークの発弧初期の短時間に観測された⁽³⁾。Cu I, Cu II, W I, H I は、すべての条件下で観測されるスペクトルである。これらのスペクトルのうち、Cu I と Cu II 及び H α は、アーク全期間中にわたり観測され、W I はアーク期間中の後半部に強く表れる。図 7. に観測されたスペクトルの例を示す。(a) は Case ⑥ においてとられたもの、(b) は絶縁物の有る Case ② においてとられたものである。図には $5,300\sim4,800\text{ \AA}$ 及び $4,000\sim3,700\text{ \AA}$ のスペクトルを示している。前者の波長領域には明瞭な Cu II のスペクトルが見られる。Cu II の線スペクトルの長さは、Cu II の発光イオンが存在する高温空間の直径を示しているが、この

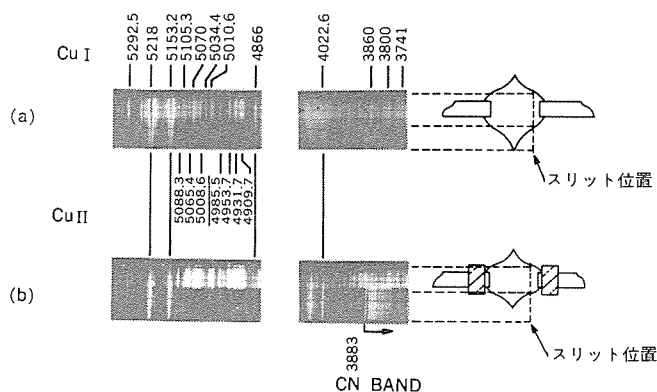


図 7. スペクトル

直径は前述した写真上で発光しているアークコアの直径に対応する。コアの外側は Cu I の原子スペクトルが支配的な低温空間であり、外炎と呼ばれる部分である。図(b)の Cu II の線スペクトルの長さは、図(a)のそれより短く、かつ、その端部の境界がより明瞭である。

絶縁物の有る(b)のスペクトルにおいて、絶縁物の構成元素の C 原子のスペクトルは、コア及び外炎のどちらにも検出されないが、3883 Å の位置に CN 分子のバンドスペクトルが認められる。一方、このバンドスペクトルは、絶縁物の無い Case ⑥ のスペクトルには表れてはいない、これより CN 分子の C 原子は絶縁物から放出されたものと考えられる。CN バンドスペクトルの長さは長く、Cu I スペクトルの更に外側にまで明瞭な発光強度の大きい線として認められる。このことは、CN 発光分子はアーク外炎遠方に多量に存在していることを示唆している。以上をまとめると次のようである。

- (1) C 原子のスペクトルが観測されないということは、少なくとも励起エネルギーの高い Cu II のスペクトルが認められるコアにおいては、C 原子の数があるとしても、ごく微量であることを示唆している。
- (2) 外炎の低温部に CN 分子が存在することから考えて、外炎高

温部、すなわちコアの近傍には絶縁物から放出された C 原子が存在するものと考えられる。C 原子の発光が認められないのは、C 原子の励起エネルギーレベルが高く外炎部における温度領域では、十分に励起されないためであると考えられる。(付録参照)

(3) Cu II スペクトルに見られるように、絶縁物を装着したものは、そうでないものに比べ、コアと外炎との境界が明瞭である。このことは、径方向の温度がコアと外炎の境界にて、より急激に変化していることを示している。

以上アーク空間の分光学的観測結果から次のことが推論される。すなわち絶縁物は、気体を放出し、この気体の冷却作用によって、2.3 節に示したようにアーク直径が縮小し、抵抗が増大し、2.2 節にて示したように、アーク電圧が上昇する。このように接点の周りに絶縁物を設けることにより、アークの断面積を制限して従来に比べ高いアーク電圧を発生することが可能である。我々は電極蒸気流を制御する観点から、これを VJC と称する。

3. む す び

従来の限流手法に代る新しい限流技術として VJC を開発した。この VJC 技術は、新しい配線用遮断器シリーズに適用され、小形・高性能化を実現した。新しいシリーズ(スーパスクラム)は限流性能はもとより、遮断及び機構のすべてにわたり、技術の革新を行い、当社独自技術による新しい NFB として生れかわっている。

ここでは VJC とその適用についての概要を述べた。なお、このほかに今回、汎用形 CS シリーズの性能向上のための新遮断技術として、新転移遮断方式が開発されていることをつけ加えておく。

参 考 文 献

- (1) 吉安ほか: J. Phys. D: Appl. Phys., 16 (1983) 2213-2221
- (2) 奥田ほか: IEEE Trans. Plasma Sci. PS-8 No. 4 (1980)
- (3) 吉安ほか: J. Phys. D: Appl. Phys., 15 L 91-4

付 録

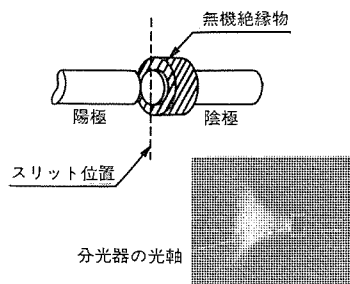


図 8. 電極配置とスペクトル観測のための光軸

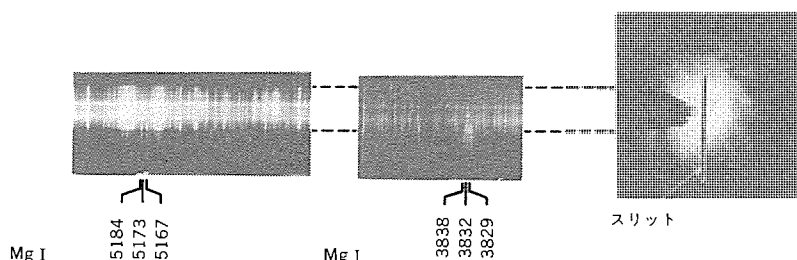


図 9. 観測されたスペクトル

絶縁物として有機材料を使用したときには、絶縁物から出た C 原子が存在すると考えられるコアの近傍において、原子スペクトルが観測されていない。コア近傍における絶縁物元素の存在を確認するために、絶縁物として低い励起レベルの Mg 原子を含む Mg_2O_3 を多量に含んだ無機物(ミオナイト)を使用して、スペクトルを収集した。Case ②の条件にて無機物を使用した場合、アーク電圧及びコア直径の特性は、有機物のそれらとほぼ同一である。このことより考えて、アーク空間に及ぼす無機物の影響は、有機物とほとんど同一であると考えられる。

分光観測は図 8 に示すような電極配置にて、アークの軸に対し斜め方向から行った。陽極は絶縁物を装着せず、陰極にのみ絶縁物が装着されている。アークの陽光柱の形状は、

図中の写真に示すように陰極からのページェットの吹付けが陽極のそれより強く、流れが陽極方向へ偏っている。スペクトル分析のための光軸は、破線にて示すとおりである。このような方向から観測すれば、アーク陽光柱の組成は径方向に分解できる。

図 9 には観測されたスペクトルを示す。写真は光軸方向から見たアークの様子を示している。スペクトルによると、コアの部分には Mg I の発光がなく、外炎のみに、そして特にコア近傍に強く発光が表れており、3.3 節の推論を正当化するものとなっている。

次世代のインテグレートドオートメーション コントローラ 《MELIAC》

真 篠 幸 雄*・安居院憲彰*・藤 井 信 明**・菊地原博夫**・小 川 出**

1. ま え が き

近年のユーザーニーズの多様化、経済成長の低迷により、製造業では製品の多様化、多品種小ロット化、高品質化の要求にこたえるためフレキシブルで、かつきめ細かな対応が必要不可欠となってきた。一層の合理化投資が必要となった生産工場では、経営資源の有効活用、生産量の変動や新製品の市場投入に即時応じられるシステムの構築などを真剣に検討している。言いかえれば、工場内の部門ごとに行われてきたオートメーションに限界を生じ、それらの統合化によるトータルシステム化の必要性が生じたといえる。

当社ではこのような状況にかんがみ、新しい概念のもとに統合化したオートメーションとして、インテグレートドオートメーション（以下、IA とよぶ）システムを提唱した。

本稿では、この IA システムの概念、及び近年のマイクロエレクトロニクス技術、分散ネットワークなどの伝送技術、日本語処理などのソフトウェア技術などの飛躍的な進歩から生まれた次世代の IA 用コントローラ《MELIAC》（図 1.）を紹介するとともに、その適用につき述べる。

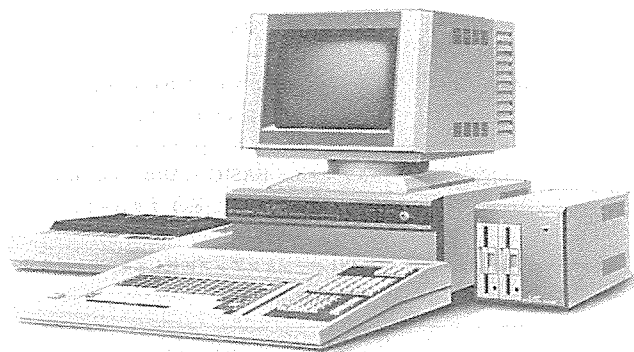


図 1. 《MELIAC》の外観

2. IA システムの概念

工場内を流れていく製品(物)は、多くの情報が付随し、かつその情報が時々刻々更新されながら移動している。製品が多品種小ロット化すればするほど、物にまつわる情報量が増大し、物と情報の同期がとり難くなる。その結果として、市場のニーズに即時対応ができず、生産性の向上が図れぬまま行き詰まりの結果となる。これは、現状のシステムが情報領域と製造領域とで情報のオンラインリンクがなされておらず、また、生産にかかわる研究・開発部門などの横のリンクも含めたシステムの統合化がなされていないことによる。すなわち、単なる制御だけでなく、情報制御あるいは情報管理を伴った形として、制御と情報の一体化を進めてゆき、OA、LA、PA、FA など管理システムから製造現場の自動化システムに至るあらゆるオートメーションを統合し、トータルの自動化、言いかえればインテグレートしたオートメーションシステムとしてとらえることが必要となってきた。

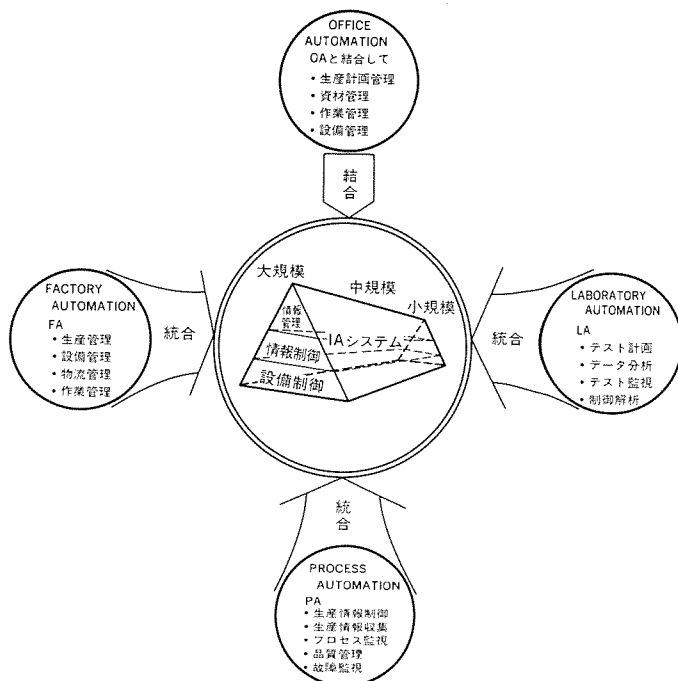


図 2. IA システムの概念

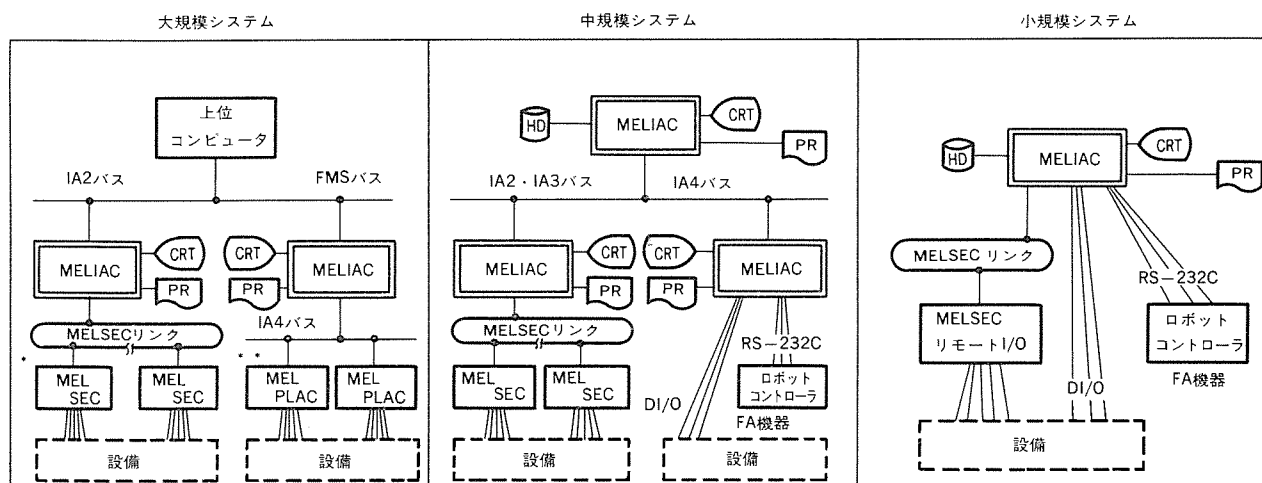
マイクロプロセッサの応用技術によるデータ伝送機能をもった自律分散形コントローラの出現は、近年のネットワーク化を加速している伝送技術と相まって、IA システムの実現を可能ならしめ、情報を加工・処理して付加価値を高めた情報アイデンティティ、情報制御へのアプローチを容易なものとした。

このような背景のもとに、当社は経営ネットワークを中心としたトップダウンの動きと、製造現場部門での設備自動化、事務・物流部門での事務機械化など部門別に個別に進められているボトムアップのオートメーションの動きとを有機的にオンラインで結合し、統合化したオートメーションを“IA”と呼び、新しい概念にとらえている。

IA システムを階層で示すと、設備制御、情報制御、情報管理からなる三角形で表せ、大小様々なシステムにおいて各階層間の情報量・制御量を適正に分担するハードウェアシステムの組合せを実現することで示される。その基本は階層形自律分散システム化と、それを支援する強力なネットワークによるフレキシブルなシステム構築にある。IA システムの概念を図で示すと、図 2. のようになる。

3. 開発のねらい

IA システムを構築するハードウェアは、従来の設備制御、情報制御、情報管理などの各階層に特化されたコントローラあるいはコンピュータでは使い難い。一部の大規模システムを除いて、これらは技術的にも経済的にも現実的ではない。中小規模の IA システムをコマーシャルベースで構築するには、制御から情報処理までを包含して処理できる、IA 用コントローラが必要となる。この思想の元に IA システム構築上のキ



- ・ : MELSECはプログラマブルコントローラを示す。
- ・ ・ : MELPLACはプラントコントローラを示す。

図 3. IA システム 構成例

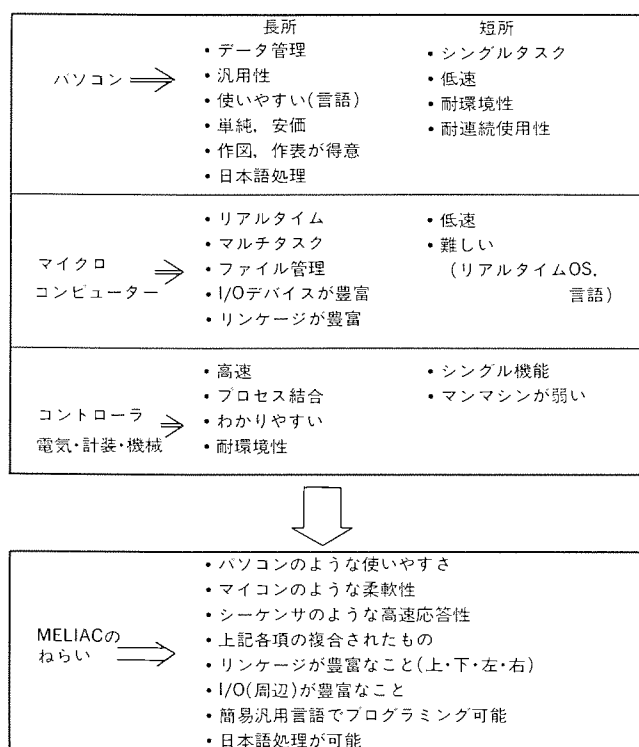


図 4. 《MELIAC》のねらい

一コンポーネントとして、次世代の IA コントローラ《MELIAC》を開発製品化した。

《MELIAC》は、大規模システムでは生産制御レベルコントローラとして、中規模システムでは管理用コンピュータとして、また小規模システムではスタンドアロンで適用できるよう、プロセス入出力とシーケンス命令をも備えた総括コントローラとして、種々のシステムに対応できるものとした(図 3. 参照)。また、従来から広く利用されてきたパソコン、マイコン、コントローラの各々が持つ短所をなくし、長所を伸ばしたコントローラであり、そのねらいとするところを図 4. に示す。

開発にあたっての主たる基本指針を、以下の 5 項目とした。

(1) より多様化する制御システムに対応し、比較的大規模なシステムから小規模なシステムまで、柔軟性/拡張性に富んだシステム構成が

表 1. 《MELIAC》の特長

特 長	内 容
設備制御にマッチングしたリアルタイム処理機能	リアルタイム・マルチタスク OS の採用による高レスポンス。 高性能 CPU 及びマルチ CPU 構成の採用。
分散システム支援リンケージ機能	上下左右全方位の豊富なネットワーク。 インタフェースカードのインテリジェント化。 サポート S/W の充実。
設備の直接制御機能の充実	ダイレクト IO, リモート IO の装備。 シーケンス制御命令のサポート。
豊富なプログラミング言語	リアルタイム BASIC (IARB) 言語のほか、汎用言語 (PL/M, C, etc) をサポート。
Upward Compatible の思想	CPU バージョンアップに対しても、現在の S/W 財産が利用可能。
優れたマンマシン性	高解像度カラー CRT, 日本語グラフィックプリンタ, 多機能シートキーボードの採用。

できるコントローラシステムの実現。

(2) DDC 方式電気制御と情報制御とを有機的に結合する統合化システム構成が可能なこと。

(3) ソフトウェアの生産性、保守性を優先すると同時に、アドバンスド制御にも対応可能なフレンドリーな制御用言語体系の採用。

(4) 操作性、保守性を重視し、マンマシンインタフェース機能を強化すると同時に、各種リンケージ機能が豊富なこと。

(5) 各構成要素は徹底したモジュール化、インテリジェント化を図り、自立性の高いものとすると同時に、各要素間を有機的に結合するネットワーク機能を強化すること。

上記のねらい、及び基本指針に基づいた《MELIAC》の特長を、表 1. にまとめた。

4. ハードウェア・ソフトウェア

IA コントローラは、前項にあげた特長面での機能のほか、産業用の制御、情報統合化マシンとして種々の機能が要求される。ここでは、これらの機能の実現技術を軸に、ハードウェア、ソフトウェアの両面から述べる。

4.1 ハードウェア

4.1.1 ハードウェア構成

《MELIAC》の基本構成外観を図1.に、またハードウェアシステム構成を図5.、ハードウェア一覧を表2.にそれぞれ示す。

ハードウェアは図5.に示すように、基本構成部、オプション部及びその間を結合するシステムバスで構成している。ユーザーのシステム要求に応じてビルドアップが可能であり、拡張性、柔軟性の高い構成になっている。

4.1.2 リアルタイム高速処理

リアルタイムでかつ高速な処理機能を実現するために、メインCPUは最新の高性能CPUチップであるインテル社のi-80286を採用している。またCRT、キーボードなどの端末制御用に専用のインテリジェントコントローラとしてサブCPUを配し、更に各種インタフェースカードにも各々専用のCPUを搭載することにより、メインCPU側の負荷軽減を図っている。各専用CPUには、端末制御、通信制御などの機能をファームウェア化して装備しており、2ポートメモリを介してメインCPUと結合されるマルチCPU構成を採用している。これによってアプリケーションサイドのソフトウェア負荷が軽減されるとともに、容易にかつ高速な処理が可能となっている。

4.1.3 ネットワークシステム

分散システム化を支援すべく、強力なネットワークシステムを提供可能と

している。表3.に、ネットワーク一覧を示している。表に示すように、計算機接続などの上位層に対しては、6Mbps(メガバイト/秒)又は0.5Mbpsのバスインタフェース、あるいはCLA(Computer Linkage Adapter)インタフェースをサポートしている。プログラマブルコントローラ(以下、PCとよぶ)などの下位層に対しては《MELSEC-リンク》あるいは2Mbps、0.5Mbpsのバスインタフェースを、更に端末機器などに対しては汎用のRS-232C、GPIBなどのインタフェースをサポートしており、システムに応じて最適なネットワークシステムが構築できる。

また、前述の各インタフェースカードのインテリジェント化及びOSのサポートシステムの機能により、効率的なリネージ機能が容易に実現できる。

4.1.4 入出力システム

設備制御機能充実の一環として、PC(《MELSEC》)経由のリモート入出力システムを可能としているほか、直結の入出力も可能な構成としている。

マンマシン機能としては、高解像度カラーCRT、用途に応じてシートの切替が可能なシートキーボード、日本語表示が可能なグラフィックプリンタなどからなる周辺装置を採用して、視認性、操作性を重視した構成としている。

また、多機能マシンとして、主メモリのほかに1Mバイト×2のフレキシブルディスク、20Mバイトのハードディスクなど、大容量のメモリが利用可能となっている。

4.1.5 高信頼性

産業用マシンとして、24時間連続運転、工場内使用などに対する高信頼性、耐環境性が要求される。《MELIAC》では、従来からのコントローラに関するノウハウを生かし、以下のような対策を実施している。

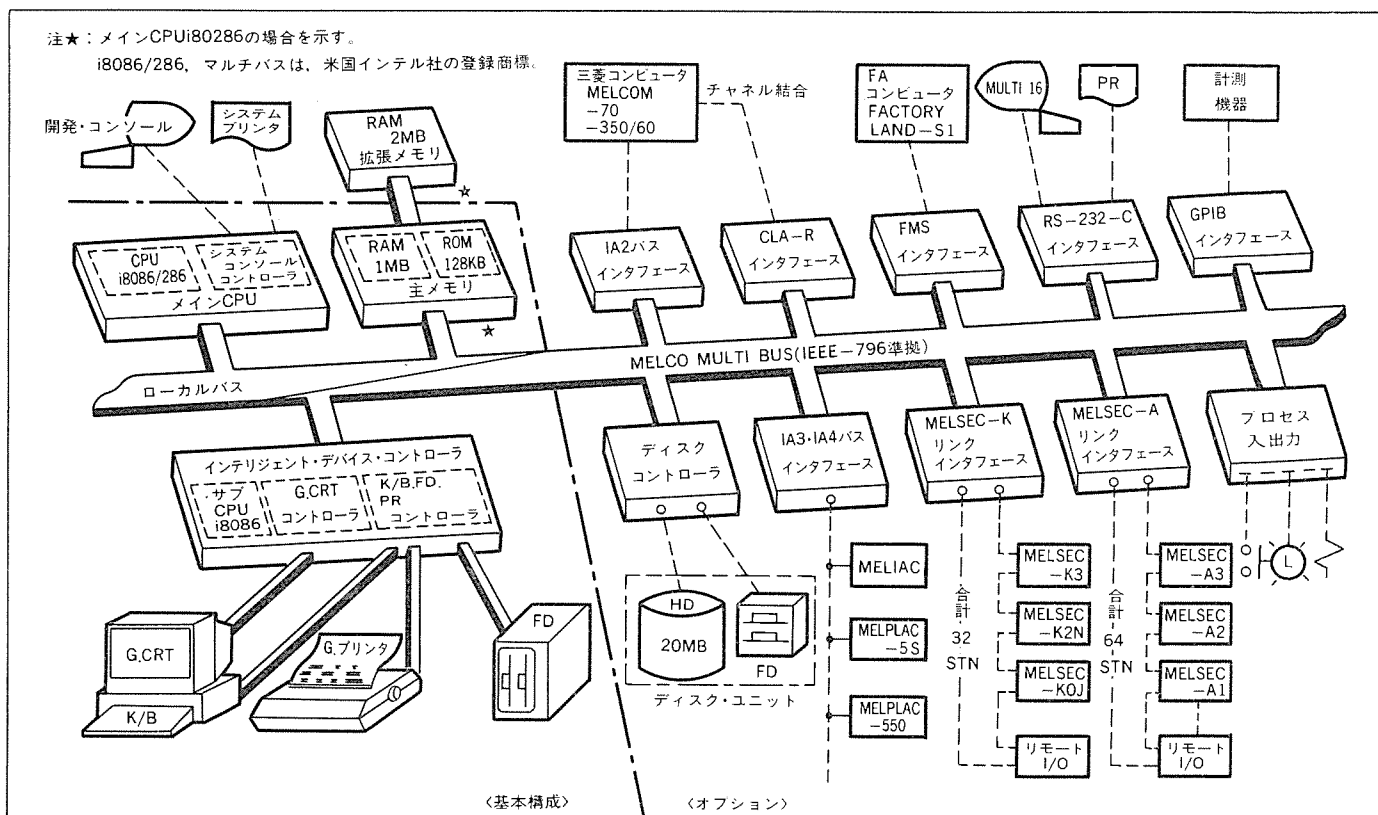


図5. 《MELIAC》ハードウェアシステム構成

表 2. ハードウェア 一覧

区 分	手 配	品 名	形 名	スロット	概 略 仕 様
ユ ニ ッ ト	○	基本ユニット	STD-UNIT	10	430 W×450 D×200 H 電源込み
	△	拡張ユニット	EXT-UNIT	10	"
		サイドキャビネット形	SIDE-CABI		500 W×600 D×700 H
基 本 カ ー ド	メ イ ン 側	○	CPU カード	A 2 FF	2 i 8086, i 8087 IA-4 バス I/F 付き
		◎		A 2 AF	2 i 80286
	サ ブ 側	○	メモリカード	A 2 GF	1 RAM : ROM :
		○	サブ CPU カード	A 2 BF	2 i 8086, CRT-C (カラー)
		△		A 2 CF	2 i 8086, CRT-C (モノクロ)
		○	FDPR カード	A 2 DF	1 K/B, PR, FDC
		△	拡張バスバッファカード	A 2 EF	1 インタフェース拡張用
イ ン タ フ ェ ー ス カ ー ド	タ N W	△	IA 2 バス	A 4 EF	1 6 Mbps, 128 STN
		△	FMS バス	A 4 DF	1 0.5 Mbps, 9 STN
		△	CLA-R	A 4 CF	2 10 KBps
	P C N W	△	IA 3 バス	A 4 GF	2 2 Mbps, 16 STN
		△	IA 4 バス	A 4 FF	1 0.5 Mbps, 16 STN
		△	MELSEC-K リンク	A 4 AF	1 0.5 Mbps, 33 STN
			MELSEC-A リンク	A 4 HF	1.25 Mbps, 65 STN
	汎 用 ・ N W	△	シリアルインタフェース (RS-232 C)	A 5 AF	2 RS-232 C 9.6 Mbps, 2 CH
			パラレルインタフェース (GPIB)	A 5 CF	1 GPIB 100 KBps
	周 辺 I/F	△	HD : FD-C インタフェース	A 3 AF	1 HD-C 2 CH, FD-C 2 CH
			MT-C		
	I/O	△	DI/DO	A 6 AF	1 DC 5 V DI (16点) DO (16点)
		△	"	A 6 BF	1 DC 24 V DI (16点) DO (16点)
		△	"	A 6 CF	1 DC 24 V DI (32点)
		△	"	A 6 DF	1 DC 48 V DI (16点) DO (16点)
周 辺 機 器	○	ディスクユニット			フロッピ (5インチ×2)
	△				HD (5インチ) FD (5インチ×2) 430 W×450 D×150 H
	△				HD (5インチ) FD (8インチ×1) "
	△	CRT			12インチモノクロ 640×480 ドット
	○				14インチカラー7色 640×480 ドット
	○	キーボード	DCS 370 A		シートキーボード
	△	プリンタ	NM-9300 S		漢字プリンタ : ドットインパクト方式。10インチ・セントロ
	△		NM-9400 S		" " 15インチ・セントロ

注 ○印 : 基本構成, ◎印 : i 80286 シリーズ, △印 : オプション, 無印 : 計画中

表 3. ネットワーク 一覧

種別・クラス	コンピュータネットワーク			プログラマブルコントローラ ネットワーク				汎用インタフェース	
品 名	IA-2 バス	FMS バス	CLA-R	IA-3 バス	IA-4 バス	MELSEC-K リンク	MELSEC-A リンク	RS-232 C	GPIB
形 式	ループ	バス	—	バス	バス	ループ	ループ	—	バス
通 信 形 態	N : N	N : N	1 : 1	N : N	N : N	1 : N	1 : N	1 : 1	1 : N
伝 送 路	光/同軸	同 軸	28心信号線	同 軸	同 軸	光	光	12心信号機	16心信号機
接続ステーション数	128 STN	9 STN	—	16 STN	16 STN	33 STN	65 STN	—	15 STN
ステーション間距離	(光)(同軸) 2/1 km	1 km	—	2 km	500 m	1 km	1 km	—	5 m
総 延 長	128 km	1 km	1 km	2 km	500 m	5 km	10 km	15 m	20 m
通 信 方 式	サイクリック+ 会話形	トークンパッシ ング方式	インタロック方 式	トークンパッシ ング方式	トークンパ ッシング方式	ボーリング方式	ボーリング方式	—	3線ハンド シェイク
伝 送 方 式	時分割チャネル 多重化方式	半二重ビット シリアル伝送	8 ビット パラレル伝送		半二重ビット シリアル伝送	半二重ビット シリアル伝送	半二重ビット シリアル伝送	半二重ビット シリアル伝送	8 ビット パラレル伝送
伝 送 速 度	6 Mbps	500 Kbps	10 KBps	2 Mbps	500 Kbps	500 Kbps	1.25 Mbps	~9.6 Kbps	100 KBps
適 用 (接 続 機 種)	MELCOM 70-MX 3000 350-60	FACTORY LAND S ₁ FACTORY LAND C ₁ MELIAC 問	MELCOM 70-MX 3000 350-60 350-50	MELIAC 問 MELPLAC	MELIAC 問 New MELPLAC New CRT MELPLAC- 5S (MELPLAC- 550)	MELSEC-K シリーズ	MELSEC-A シリーズ	MULTI 16 他社コンピュ ータ各種端末	計測機器
							(注)仕様未決定		

(2) システムバスとして、IEEE-796 を基本にし、RAS 機能を充実した MELCO MULTI BUS を採用。

(3) 電源シーケンス及び故障検出回路をユニット内蔵形とし、かつ故障検出、表示機能を充実。

4.2 ソフトウェア

4.2.1 ソフトウェア構成

図 6. に《MELIAC》のソフトウェアレパートリーを、図 7. にソフトウェア体系を示す。

ソフトウェアはリアルタイム OS である IAC・RMOS を核とし、各種ネットワーク及び端末サポートサブシステム、及び各種ユーティリティから構成され、ユーザー言語としてはリアルタイム BASIC・IARB のほか、PL/M などの汎用言語をサポートしている。

4.2.2 リアルタイム OS (IAC・RMOS)

設備制御にマッチングした情報制御システムの構築には、リアルタイム処理機能が必要不可欠である。《MELIAC》のOSとしては、汎用のリアルタイム／マルチタスク機能をもつインテル社のiRMX 86／286を基本として、これを《MELIAC》の環境に適合するよう、独自にIAC・RMOS(IAC・Realtime Multitask Operating System)を拡張開発した。その特長は、リアルタイム処理、マルチジョブ処理、及び高速ネットワーク処理機能にあり、ユーザーに対し高度な処理機能を手軽に取り扱える環境を提供する。

またユーザー言語として、後述のリアルタイム BASIC(IARB)を標準装備しているほかに、iRMX 86/286 がサポートしている汎用言

語(PL/M, C ほか)もオプションとして提供可能としている。これにより、生産性、フレンドリィ性といった面からのユーザーの選択権をも提供することが可能となる。

4.2.3 リアルタイム BASIC (IARB)

標準装備の ユーザ 言語として、手軽に扱え、かつ ユーザフレンドリ
な BASIC の言語体系を基本に採用し、《MELIAC》用の リアルタイム
BASIC として IARB (IA Realtime BASIC) を独自に開発した。
一般の BASIC 言語に比べ、以下の機能を追加、強化した。

- (1) ネットワーク 処理 コマンド
- (2) 割込み処理 コマンド
- (3) マルチジョブコマンド
- (4) シーケンス 制御 コマンド (Bit Operation)
- (5) 生産管理用 マクロコマンド

以上の追加機能により、《MELIAC》が提供する高度な環境をパソコン並みに手軽に取り扱えるようにした。

4.2.4 ソフトウェア開発支援

ユーザのソフトウェア開発をより効率化する意味で、IARB のプログラム開発はターゲットマシン上はもとより、《MULTI 16》などのパソコン上でもソースプログラムの開発が可能となるよう、親和性をもたせている。

また、デバッグ機能として通常のエディット機能のほかに、各種のエラーメッセージ機能、IARBトレース機能、ネットワークトレースログ機能などを用意しており、デバッグ効率を大幅に向上させている。

4.2.5 ユーティリティ

上記トレースログ機能などのデバッグ用ユーティリティのほかに、以下に代

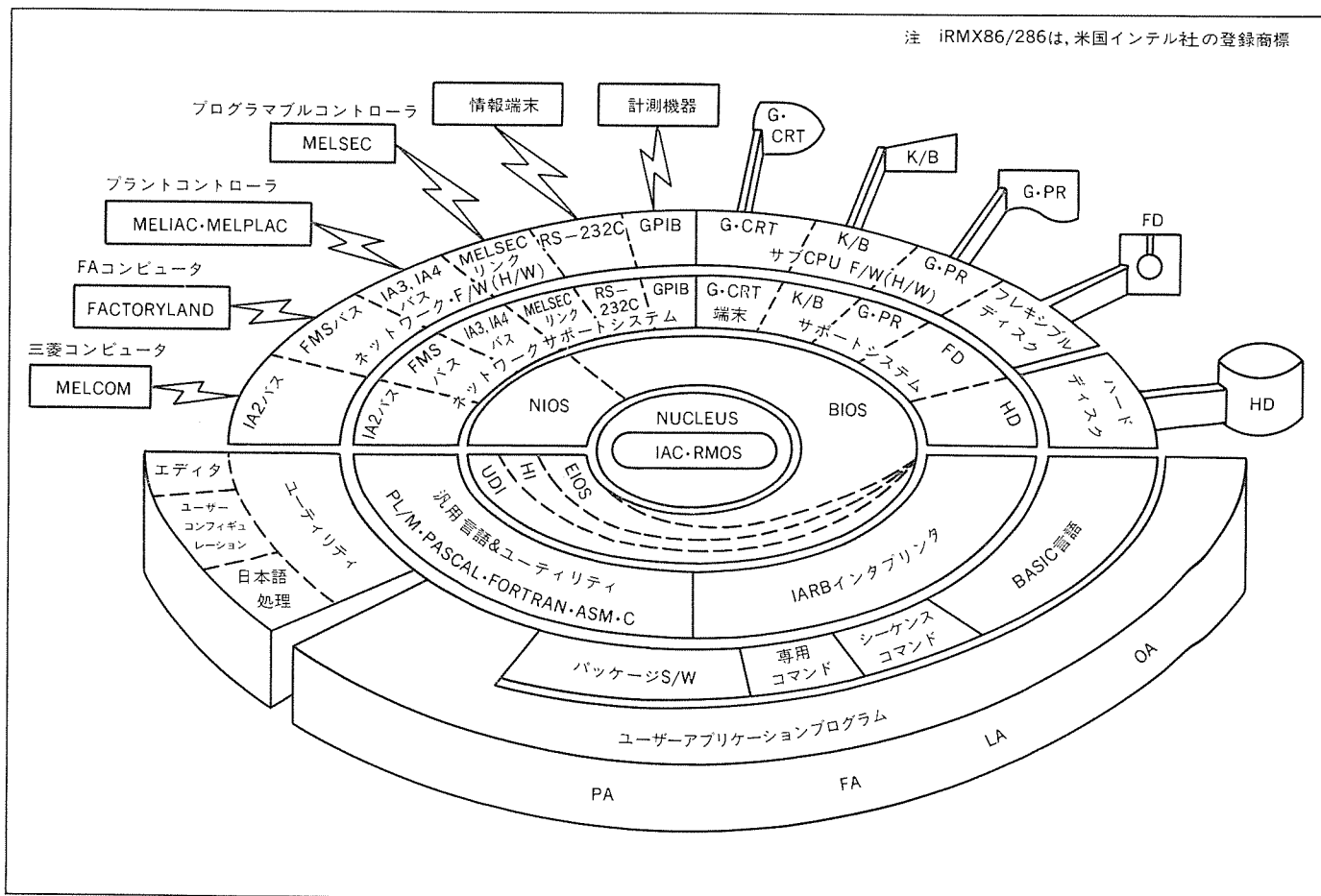
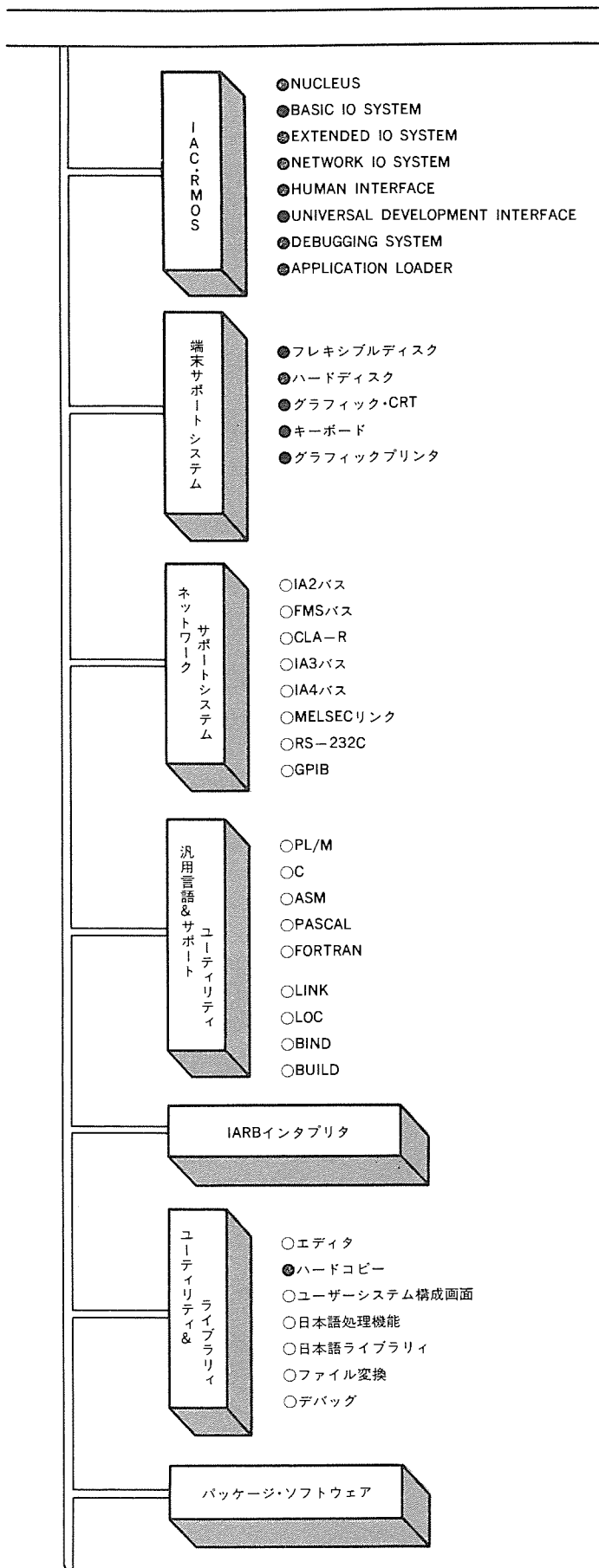


図 6. 《MELIAC》ソフトウェアレポートリー



注 ●印基本S/W, ○印オプションS/W

図 7. 《MELIAC》ソフトウェア体系

表されるような各種のユーティリティを用意している。

(1) システム生成, インタフェース初期設定用対話画面などのシステム設定用ユーティリティ。

(2) 汎用パソコンのもつ各種パッケージソフトウェアのプログラムソースの移植,あるいは計算機のデータファイル変換に使用可能なファイル変換用ユーティリティ。

(3) ディスクのフォーマット,バックアップコピーなどのヒューマンインタフェース(HI)コマンドユーティリティ。

5. 《MELIAC》の適用

5.1 大規模システムの生産制御レベルコントローラとしての適用 (図 3., 図 8. の大規模システム参照)

経営レベルの汎用計算機から生産計画情報を,工場管理・製造管理レベルのファクトリーコンピュータに渡し,一方,ファクトリーコンピュータではそれを展開して日程計画情報を生産指示レベルまでブレイクダウンする。このレベルでは,計画変更業務にかかわるマシン機能の使いやすさ,及び展開の元データとなるマスタ類の管理に注意を払わねばならず,関連の処理がばく大になって大形の計算機が必要になることがある。またファクトリーコンピュータは,下位側からの情報に基づいた生産実績の管理をはじめ,設備稼働データや品質データについても管理していく傾向にある。つまり,物を単に生産すればよいという段階から,如何に高品質の製品を無駄なく迅速に作るかという段階に移行する動きである。換言すれば,直接作業の管理から間接作業の管理へも目を向けるということである。

このような動きに対応するためには,高速で大量のデータを扱わねばならず,ファクトリーコンピュータですべての情報を処理するには無理がある。すなわち,機能分担を考えたシステムとする必要がある。そこで,生産制御レベルに専用のコントローラとしてIAコントローラを配し,階層形自律分散構成をとることになる。

上位側との情報伝送はワードデータが主体で,メッセージ通信の形態をとることが多い。したがって,《MELIAC》のような,高速リアルタイム性と大容量ファイル伝送に適したネットワークインタフェースを豊富に持つ新しいコントローラが必要となる。

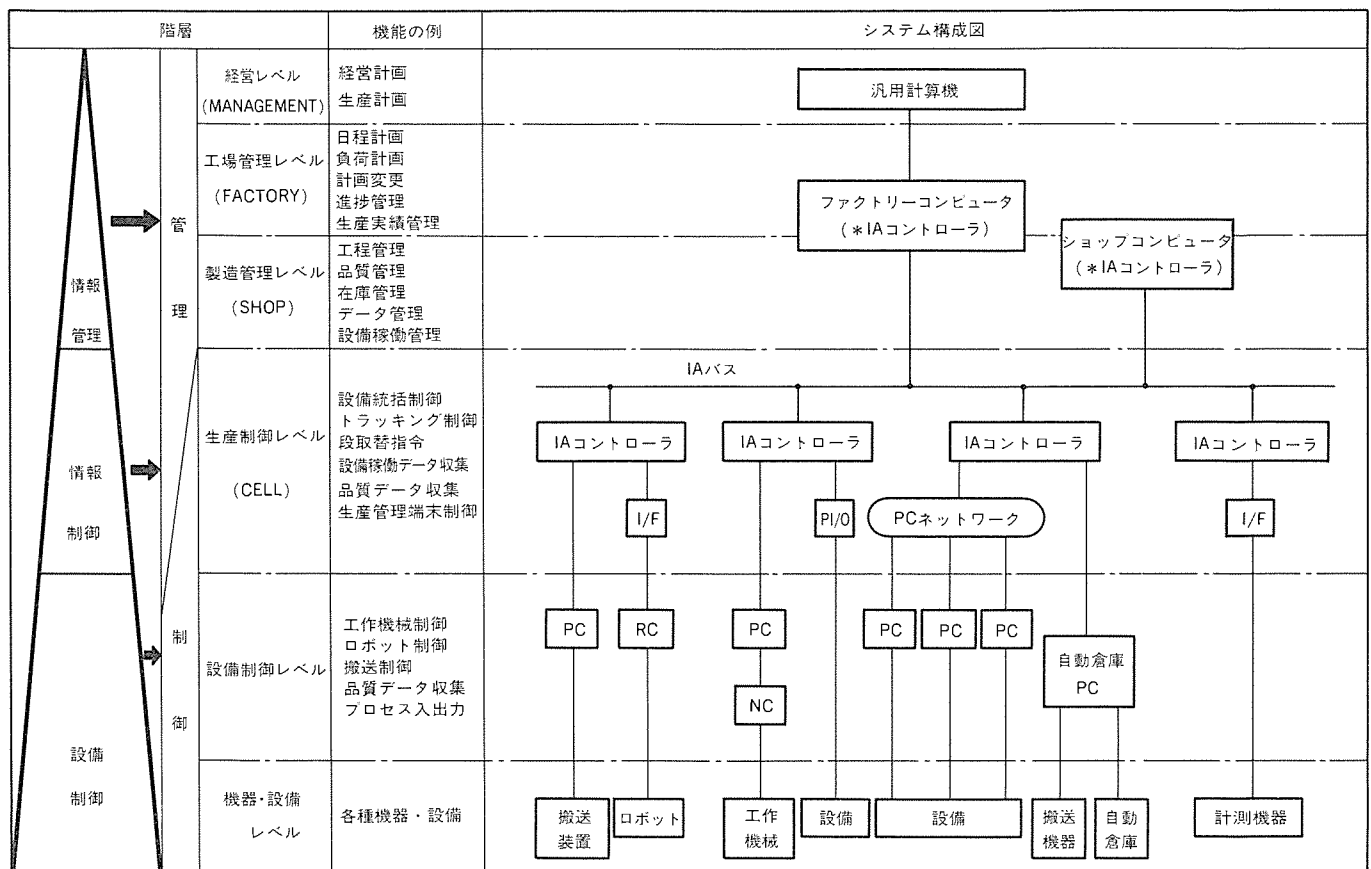
また,下位側の設備制御レベルのコントローラは,一般にプラントコントローラやPC,計装コントローラなどであるが,これらとも緊密に結ばれる必要がある。情報の内容は,設定値や品質データなどのワードデータも増えつつあるが,普通は起動指令や設備の稼働状態などのビットデータが多く,伝送方式もサイクリック伝送で常時データの更新が行われている。《MELIAC》は,これらの下位側と高速伝送路で直結でき,またBASICで簡単にワード処理ができる。更に一般のBASICを拡張してビット処理命令群を持たせているので,生産制御レベルのコントローラとして十分にその特長を生かすことができる。

生産制御レベルのコントローラは,物と情報の一元管理を行う最前線に位置するため,次のような機能を要求されている。

(1) 一元管理のため,物のトラッキング制御を行うが,物の動きをとらえたり,情報を取り出したり,情報を付加したりする各種の生産管理端末群が容易に接続できること。

(2) オンライン検査装置やオフライン分析計などが,マイコンやパソコンで演算して蓄えていたデータを物にリンクさせて有効に使わねばならず,これらの装置と通信できる必要がある。

《MELIAC》は,これらの要求にこたえて最適な機能分担による自律分散制御構成を組むことができる。しかしながら,一挙に大規



注 *印中規模システムではファクトリーコンピュータ又はショップコンピュータとしてIAコントローラを用いる。

図 8. 大規模・中規模* システム への適用

模システムを構築できる対象工場はまれであり、一般にはその前段階として中規模システムを構築することが多い。

5.2 中規模システムへの適用 (図 3., 図 8. の中規模システム参照)

IAコントローラ 1 台を製造管理レベルに位置づけ、高速バスで生産制御レベルのIAコントローラを必要台数接続するシステム構成である。これは、経営レベルとのデータのやりとりが確立する前段階として、比較的機能分割のしやすい経営レベルと製造管理レベルを分離して進める方式である。現状の一般的な企業の体制からみても、新設ラインの建設よりも既設ラインのグレードアップの例が多く、セル単位(部門単位)で増設していけるこの方式が、最も多く検討されていると考えられる。

導入ステップとして、最初に設備の自動化に伴うグレードアップを行い、続いて入荷・出荷の合理化によるグレードアップをと、部門別にIAコントローラを導入していく。物が上流から下流へと流れるのに合わせて、IAコントローラ間を高速ネットワークで結んでいく。このようにして、IAシステムを段階的に現実のものにしていくことができるわけである。

5.3 小規模システムへの適用 (図 3. の小規模システム参照)

図 3. に示すように、小さなシステムの場合には、スタンドアロンで製造管理レベルから生産制御・設備制御レベルまでを、1 台のIAコントローラで実現することができる。この場合も、IAの概念である三角形(図 2.)のすべての階層を包含する形となる。

6. む す び

IAコントローラ《MELIAC》の誕生により、すべての自動化システムをIAの概念のもとにとらえて、IAシステムを具現化していくことにより、ユーザーの最適トータルシステム作りが可能となった。

大きな課題であるソフトウェアの面においても、《MELIAC》は、言語としてBASIC以外に高級言語との組合せができるため、高速性、汎用性のある機能群は、パッケージ化(BASICからCALLできるサブルーチン)することが可能である。また、大規模・中規模のシステムで培ったノウハウをパッケージとして生かし、更に小規模システムには埋め込みソフトウェアとして活用していくことができる。

今後は、IAコントローラの一層の高機能化・高性能化を目指すとともに、MAPを含む新しいネットワークについても検討を加え、より広く、より密な結合によるIA化を推進する所存である。

(昭和61-1-17 受付)

新形汎用インバータにおける新技術

長南克彦*・多田英明*・甲藤政之*

1. ま え が き

汎用インバータは、トランジスタ化及びマイコンの本格的な導入による機能向上に加え、操作性、信頼性の向上も相まって、近年飛躍的に各産業分野に普及している。

当社では、一般機械用途に適した汎用インバータ《FREQROL-Kシリーズ》⁽¹⁾を発売し好評を博してきたが、このたび、機能、性能を一段と向上させた新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》を開発し、量産化した。《FREQROL-K₃シリーズ》は、従来の《FREQROL-Kシリーズ》のフルモデルチェンジ品ではあるが、外形、取付寸法を含め、機能、性能面に互換性を持たせてある。また、自動盤、小形旋盤など小形工作機械の主軸駆動用、精密級研削盤のと(砥)石軸駆動をはじめ、荷役、搬送機械のほか、各種産業機械用途に適する機能、性能を充実させた。

本稿では、多機能化、高性能化した新形汎用インバータ(《FREQROL-K₃シリーズ》、図1.)の概要及び製品化における新技術について述べる。

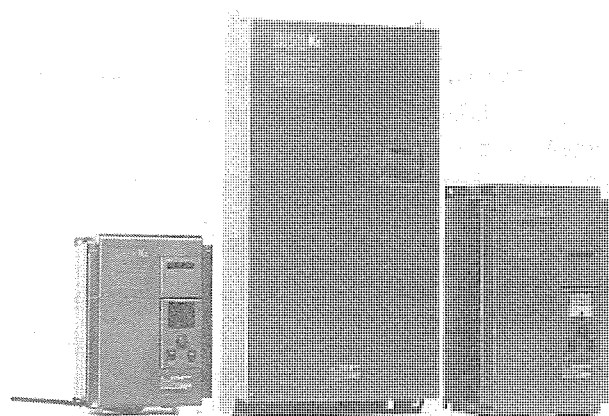


図1. 多機能化した新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》の外観

2. 開発の背景

汎用インバータに対する市場の要求は年々多機能化、高性能化の点で高まっている。図2.に多機能化、高性能化されたNCサーボ用及び汎用サーボ用可変速装置と、汎用インバータをはじめ、従来の可変速モータの位置付けを示す。汎用インバータは、従来の図2.のAゾーンの範囲をカバーしていた。しかし、図3.の製品化の背景に示すように、市場ニーズは、変速範囲の拡大、高速応答を含む機能、性能の向上を求めている。

新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》は、これらの市場ニーズにこたえるべく、図3.に示す周波数分解能の向上、トルクブースト機能の充実、などの具体事例を基に技術開発を行った。特にソフトウ

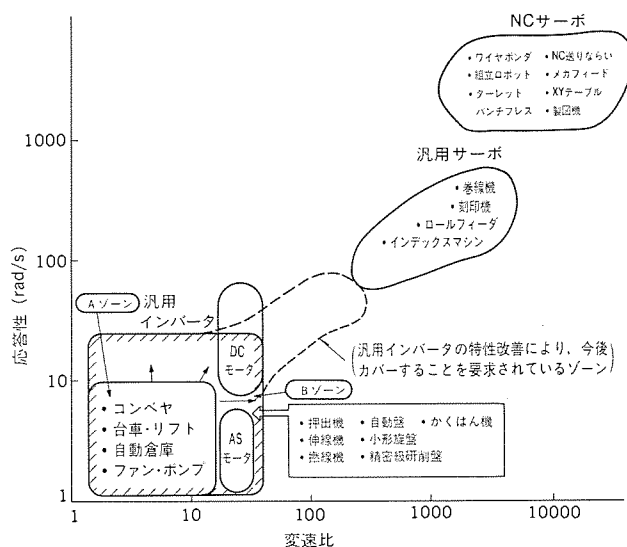


図2. 各種可変速装置の位置付け

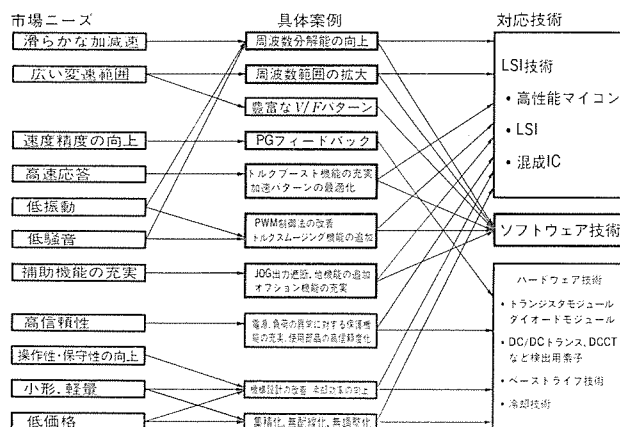


図3. 製品化の背景

ウェア技術の開発により、加減速時の滑らかさ、変速範囲、応答性、振動特性及びジョギング機能などの補助機能の点で、従来の汎用インバータに比べ、大幅な機能の拡充を図った。更に、PGフィードバック制御による負荷変動に対する速度精度を実現(オプションにて)するなど、機能、性能両面を改善し、図2.のBゾーンの範囲をカバーすることが可能になった。

3. 新形汎用インバータの概要

市場ニーズへの対応技術として、マイコンの高性能化及びその利用技術(ソフトウェア技術)の向上が重要なポイントになっている。新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》では、周辺LSI機能を内蔵した多機能なワンチップマイコンを活用することにより、機能の拡充並びに高性能化を図り、次に述べる特長をもっている(表1.)。

(1) 周波数分解能が0.015 Hz(最高周波数60 Hz時)とアナログに

表 1. 新形汎用インバータの仕様

形 式		FR-K 3	
最大適用モータ出力 (kW)		2.2~3.7	5.5~55
最大出力電圧		三相 200 V/50 Hz, 220 V/60 Hz, 230 V/60 Hz	
電 源	電 圧 ・ 周 波 数	三相 200V/50Hz, 200V~230V/60Hz	
	許 容 電 圧 変 動	180~220 V 50 Hz, 180~253 V 60 Hz	
	許 容 周 波 数 変 動	± 5 %以内	
制 御 仕 様	制 御 方 式	正弦波近似 PWM 制御・電圧制御方式	
	出 力 周 波 数 範 囲	1~60 Hz, 2~120 Hz, 4~240 Hz 選択 (22 kW 以上は 240Hz 選択 安全スイッチ付き)	
	始動周波数 (Hz/最高周波数)	0.5/60 Hz, 1/120 Hz, 2/240 Hz	
	周波数分解能(Hz/最高周波数)	0.015/60Hz, 0.03/120Hz, 0.06/240Hz	
	周 波 数 精 度	最高周波数の ±0.5% (25±10°C)	
	PG フィードバック制御	内蔵オプション追加にて可能	
	出 力 電 圧/周 波 数 比 率	9 通り切換 (V/F一定, 50, 60, 120 Hz 以上 V 一定の選択可)	
	ト ル ク ブ ー ス ト	手動及び自動トルクブースト有り	
	制 動 ト ル ク	回生制動 70% 以上 (短時間) (11 kW 以上は 20% 以上) DC ダイナミックブレーキ (3 Hz 以下) 使用の有無選択スイッチ付き	
	過 電 流 耐 量	150% 1 分間, 200% 0.5 秒 (11 kW 以上は 165%)	
運 転 仕 様	周 波 数 設 定 信 号	DC 0~5 V, 補助入力 0~±10 V (入力抵抗 11 kΩ)	
	加 減 速 時 間	0.2~3 秒 (0.2 秒とび), 1~15 秒 (1 秒とび), 10~150 秒 (10 秒とび) 切換	
	運 転 信 号	正転, 逆転個別. JOG モード (5 Hz 固定) 付き	
	リセット, インバータ出力停止	保護機能リセット端子, インバータ出力停止端子付き	
	出 力 信 号	インバータ運転中, 設定周波数一致 (オープンコレクタ出力)	
	異 常 出 力 信 号	1 b 接点 (常時閉, 保護回路動作時閉接点), AC 230 V 0.3 A	
保 護 機 能		過電流失速防止, 回生過電圧失速防止, 過電流遮断, 過負荷遮断 (電子サーマル), 過負荷警報, 不足電圧・瞬時停電保護, 内蔵ブレーキ抵抗保護, 自己診断トリップ, ファン過熱保護	
周 囲 温 度		-10~+40°C 凍結のないこと	-10~+50°C 凍結のないこと
保 護 構 造 (JEM 1030)		IP 50 (全閉鎖形)	IP 20 (閉鎖形) (15 kW 以上は開放形 IP 00)

近づき, 滑らかな加減速を実現した。

(2) 最高出力周波数 (60, 120, 240 Hz) が切換可能及び豊富な V/F パターン (9 通り) が選択可能となり, 広範な負荷特性に適合が可能である。

(3) 始動周波数が 0.5 Hz, 最低運転周波数 1 Hz (最高周波数 60 Hz 時) と大幅に変速範囲が拡大した。

(4) 自動トルクブースト (始動トルク最大 150%), 手動トルクブーストの機能選択により, ダイナミック加速が可能である。

(5) ジョギング機能 (5 Hz 固定), インバータ出力停止機能 (ブレーキ付きモータ使用時に有効) の追加により, 応用動作機能が拡大した。

(6) 豊富なオプション (内蔵形 11 種) の選択が可能である。

(a) 速度変動率 1% 以下を実現する PG フィードバック制御ユニット (FR-PPG)

(b) 可変速度ジョギングにも使える 3 速設定ユニット (FR-PSSI)

(c) デジタル入力信号用 D/A コンバータ (FR-PDA)

(d) モータの発生トルクをスムーズに, かつ増大が図れるトルクスムージング制御ユニット (FR-PTS)

(e) 負荷側地絡過電流保護ユニット (FR-BGF/PGF)

ほか, がある。

(7) 本体カバーの取外しには, ドライバは不要 (2.2~11 kW), 豊富な内蔵オプションもワンタッチで装脱着可能, 保護機能の充実と個別 LED 表示により迅速な故障判断が可能, 230 V/60 Hz 電源にも対応可能, など, 使いやすさを徹底的に追求した。

4. 新形汎用インバータの新技術

従来の汎用インバータに比べ, 機能, 性能の向上を実現させた新形汎用インバータ《FREQROL-K₃》における新技術の代表例を, 以下に紹介する。

4.1 多機能化 (マルチマイコン)

従来ハードウェア構成であった制御回路にワンチップマイコンを導入し, 汎用インバータに要求される多機能, 高性能化にこたえている。新形汎

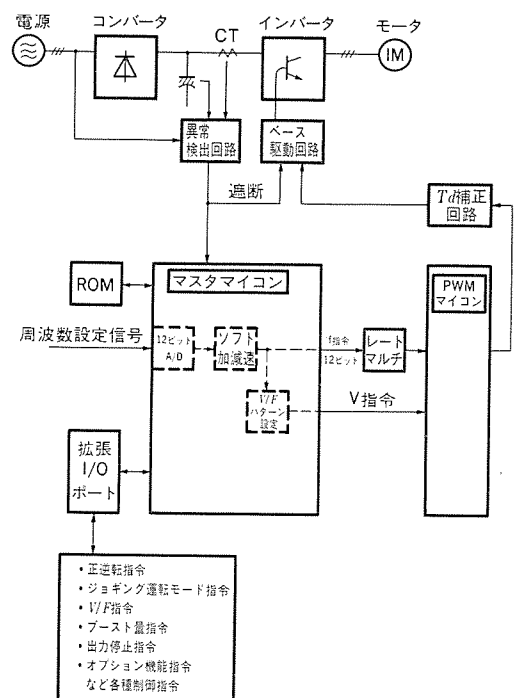


図 4. 回路ブロック図

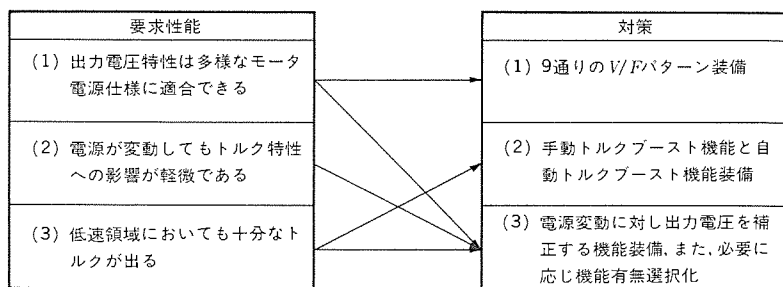


図 5. トルク特性に関する要求性能と対策

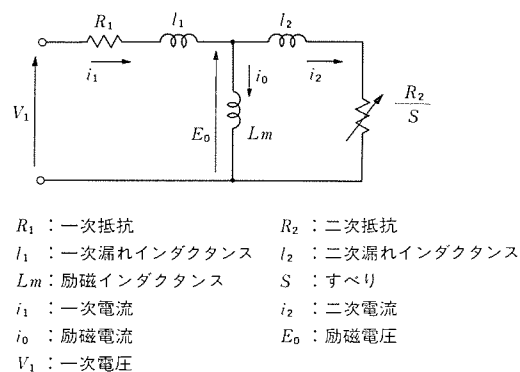


図 6. 汎用モータの等価回路

用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》の回路構成ブロック図を図4.に示す。

多機能化は、機能の集積であるマイコン(以下、マスタマイコンと称す)と、波形制御をつかさどるマイコン(以下、PWMマイコンと称す)との2本柱で行っている。マスタマイコンには、ジョギング運転指令、ブースト量指令など各種機能の制御指令が拡張I/Oポートを通して指令され、処理されている。また、客先からのアナログ周波数指令信号は、マイコン内で12ビット演算処理される。これにより、従来の8ビット演算処理に比べ出力周波数分解能は大幅に向上された。マスタマイコンのソフトプログラムを外部ROMに収納しているためソフト変更が容易で、各用途、要求対応に最適な機能、性能を発揮させることができる。

一方、PWMマイコンはPWM出力波形生成用として使用されているため、高速演算処理が要求される。マイコン化は、本質的には演算処理速度に制約があるという問題があるが、従来回路では実現不能であった機能の高集積化、多様化が可能であるなどのメリットが大きく、積極的に採用している。

4.2 低速トルクの増大(トルクブースト)

汎用インバータは、汎用モータ、特殊モータを問わず、複数台であっても可変速駆動できるものである。したがって、最も基本的な出力トルク特性という観点から要求される性能についてまとめると、図5.左欄のようになる。従来の汎用インバータでは、これらの要求を必ずしも十分には満足されておらず、中でも低速領域におけるトルク特性の向上が課題であった。

これらの課題に対し、新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》において実施した対策について図5.右欄に示す。すなわち、

- (1) モータの電源仕様に对应できるように、9通りのV/Fパターンを装備(V/F比一定、50、60、120Hz以上V一定の選択可)
- (2) 負荷に最適な出力トルクの調整ができるように、V/Fパターンのブースト調整をあらかじめ行う手動トルクブースト機能(M/BST)と、自動的に行う自動トルクブースト機能(A/BST)を装備
- (3) 入力電源対応で出力電圧を一定に補正する機能を設け、必要に応じた選択が可能

とし、トルク特性の向上を図った。

以下、手動トルクブースト、自動トルクブーストに関し説明する(図6.参照)。よく知られているように、電圧の低い低速領域では、一次インピーダンス電圧降下、特に $i_1 R_1$ による電圧降下の影響を無視できない。空けき磁束を一定に保つべく V_1/f_1 (f_1 :一次周波数=インバータ出力周波数)を一定に制御しても、励磁電圧 E_0 は V_1 から $i_1 R_1$ だけ降下するので、電流が増加すればそれだけ空けき磁束は減少し、トルクが出にくくなる。このことを考慮して、あらかじめ電圧値を高めに設定しておくのが一般的である。これが手動トルク

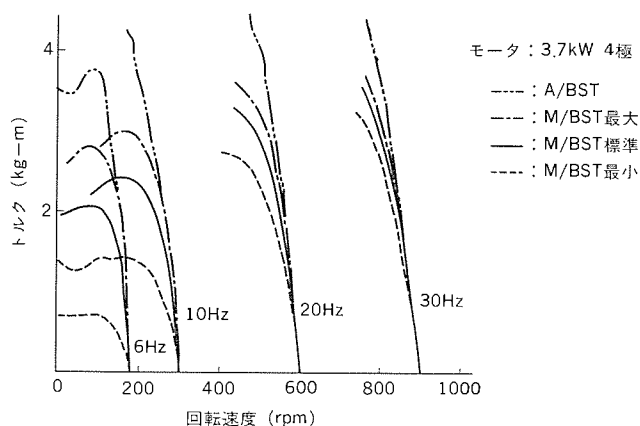
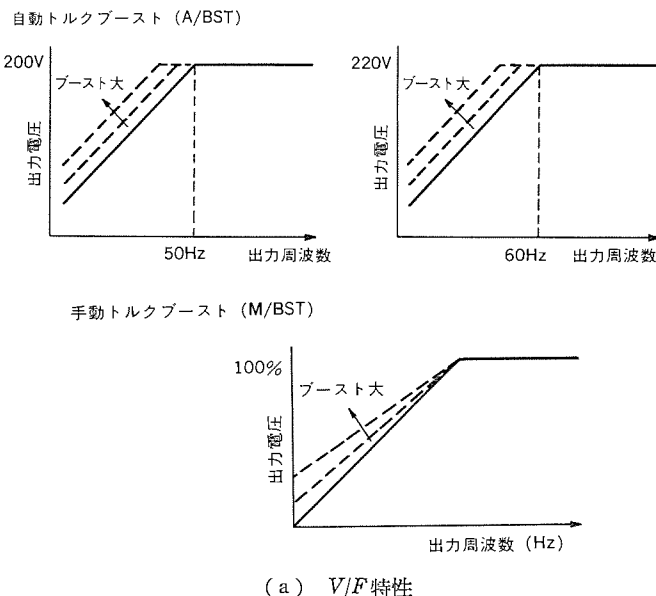


図 7. トルクブースト時V/F特性とトルク特性例

スト処理であり、負荷に応じて調整できるようにしている。トルク特性を向上させるためには、更に電圧値を上昇させればよいわけであるが、無負荷時、励磁電圧が過大となり磁束飽和領域に入るため過大な電流が流れる。したがって、必要以上に電圧を上昇させることができない。トルク特性を更に改善するためには、これらの現象を避けるように制御すればよい。すなわち負荷に無関係に適正励磁を保つべく、適正なV/Fパターンを基準として、負荷の増加に合わせて出力電圧を補正増大させればよい。これが自動トルクブーストである。高分解能化と多機能マイコンの採用により、これらの制御を高性能

に実現した。手動トルクブーストの場合、最大出力トルクは、自動トルクブーストと比較して大きくとれないが、あらかじめ設定できるため高応答であるという特長がある。これらの特長を負荷の特性にあわせて、どちらかのモードを選択する。図7.に汎用モータ3.7kW 4極において、手動及び自動トルクブーストを用いた場合のトルク特性例を示す。自動トルクブーストを用いた場合は、手動トルクブースト最大時よりも大きなトルク特性が得られ、また、すべりも小さくなっている。

4.3 安定性向上 (T_d 補正：トルクスムージング)

汎用インバータの主流である、電圧形正弦波PWMインバータは、各相アームの上側、下側の素子のうち一方がオンすることを原則としているが、実際の回路では短絡防止期間 T_d を設け、その期間は上下アーム素子をオフとすることにより、スイッチング遅れに起因する短絡を防止している。

この短絡防止期間 T_d では、上下アーム素子が共にオフしている無制御期間であるため、出力端子の電位は還流ダイオードを流れる出力電流の極性に依りて決定される(図8.参照)。すなわち、正の出力電流の場合は負の電位に、負の出力電流の場合は正の電位となる。短絡防止期間 T_d は一定に定められているため、出力電流極性に対応した矩形波状の固定電圧が、正弦波変調出力電圧に重畳される(図9.参照)。これは、本来制御しようとした出力電圧波形、及び電圧値からはずれることを意味する。この様子を式で表すと次のようになる⁽²⁾。

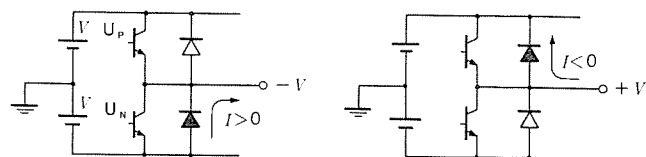
$$V_{UV} = V \cdot A \cos(\omega t + \phi) - \frac{V \cdot T_d \cdot B}{T_c} \left(\cos \omega t - \frac{1}{5} \cos 5\omega t + \frac{1}{7} \cos 7\omega t - \dots \right)$$

ここで、 V_{UV} ：線間電圧、 V ：インバータ直流部電圧、 A 、 B ：電圧出力係数、 ϕ ：力率角、 T_d ：短絡防止期間、 T_c ：PWMのキャリア周期、である。上式において、第1項は本来制御しようとした電圧成分を、第2項は短絡防止期間 T_d の影響による電圧成分を表す。したがって、短絡防止期間 T_d の影響の度合は力率とキャリア周波数によっても異なることがわかる。負荷が増加し力率が良くなると、第1項、第2項の位相が近づくので、出力電圧は減少する(図10.参照)。また、キャリア周波数が高いほど出力電圧は減少する。

この現象は、特に出力電圧レベルの低い低速領域で、モータ駆動特性に次のような影響を及ぼす。

- (1) 軽負荷時の不安定現象を助長する⁽²⁾。
- (2) 力率が良いほど出力電圧が下がるため、出力トルクが減少する。
- (3) 出力電圧波形ひずみが大きくなるため、回転リップルが増大する。

従来の汎用インバータでは以上のような現象が存在し、適用分野の拡大の上で制約となっていた。新形汎用インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》においては、これらの短絡防止期間 T_d の影響を解決する独自の波形改善回路(以下、 T_d 補正回路と称す)を採用することにより、大幅な性能改善を図った。図11.と図12.に上記(1)、(2)項に対応した特性改善データ例を示す。図11.は汎用モータ(30kW 4極)を軽負荷で駆動したときの電



(a) 正の電流の場合 (b) 負の電流の場合

図8. 短絡防止期間の出力電位

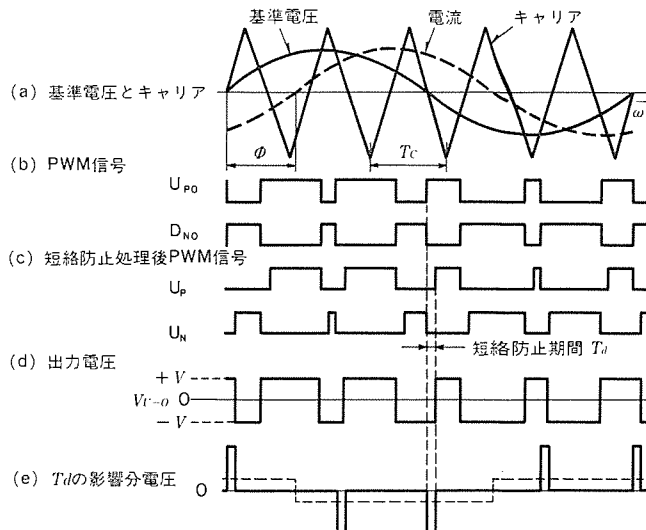


図9. 短絡防止期間 T_d の影響

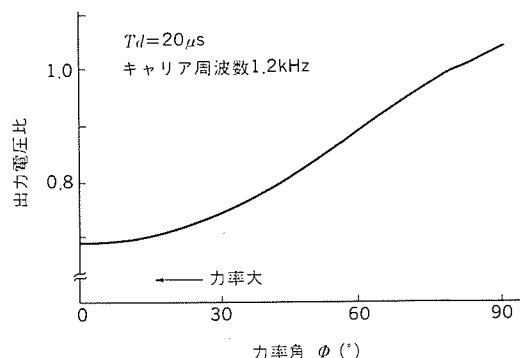


図10. 短絡防止期間 T_d による出力電圧変化例

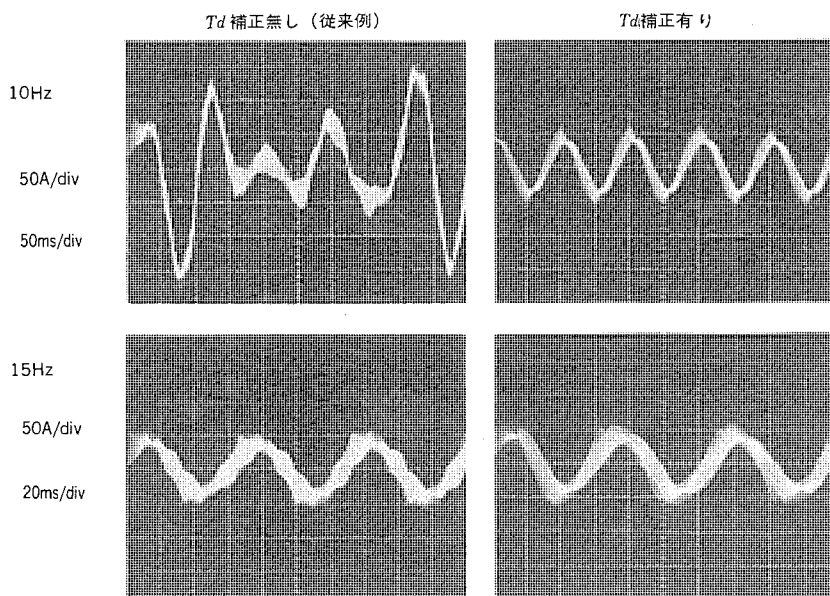


図11. 出力波形改善例

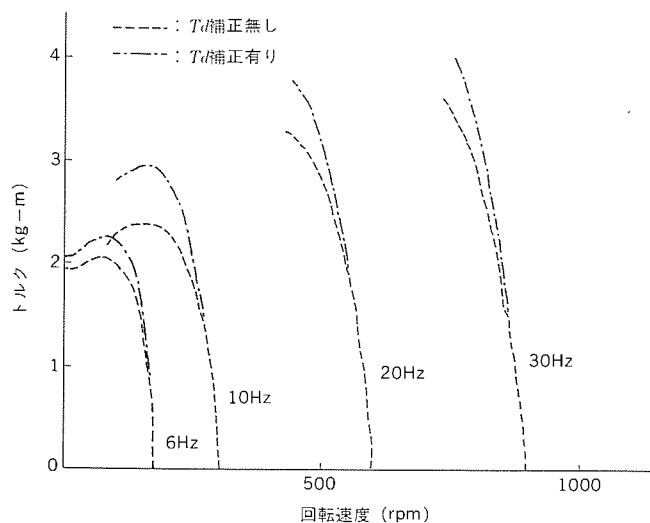


図 12. トルク特性改善例 (モータ 3.7 kW, 4 極)

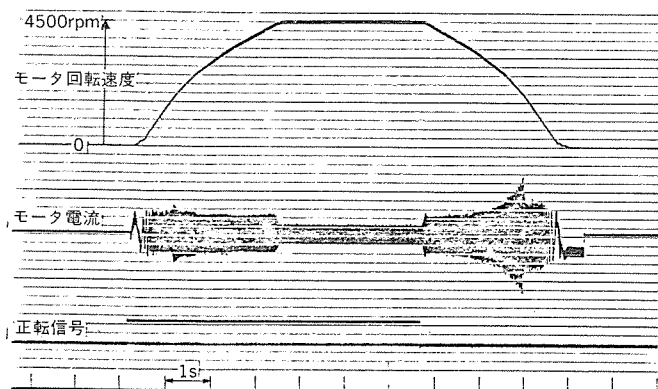


図 13. 加減速特性例 (モータ 3.7 kW, 4 極, 負荷 GD^2 0.18 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

流波形である。従来の汎用インバータでは、軽負荷時、低速領域において不安定となる場合があるが、 T_d 補正回路を用いることにより 10 Hz 時のデータのように極めて安定となる。また、同図 15 Hz 時のデータから矩形波成分の重畳により電流波形もひずんでいたものが、ひずみのない正弦波電流に改善されていることがわかる。図 12. は汎用モータ (3.7 kW 4 極) の低速領域のトルク特性例である。 T_d 補正回路を用いた場合は、負荷トルクが大きくなっても短絡防止期間 T_d に起因する出力電圧の降下現象が無いため、最大トルク値が上昇し、かつ、すべりも小さくなる。

4.4 加減速時間の短縮 (非線形加減速パターン)

加減速パターンは、あらかじめ選択された加減速時間に従った等速変化パターンが標準である。しかし、自動盤などの小形工作機械の主軸駆動には急加減速特性が要求される。この場合は、出力トルク特性を十分に生かした加減速パターンを用いて特性改善を図る。この例として、3.7 kW, 4 極モータを 5.5 kW のインバータで駆動したときの加減速特性を図 13. に示す。

4.5 速度精度の向上 (PG フィードバック制御)

電圧形インバータで汎用モータを駆動する場合、負荷の変動により、すべり分だけ回転速度が変動する。《FREQROL-K₃シリーズ》では、回転速度精度を要求する用途に対し、モータに指速発電機 (PG) を取り付け、インバータにオプションを内蔵することにより、PG フィードバック制御が可能となる。

汎用モータの PG フィードバック制御としては、速度指令と回転速度とを比較して増幅し、すべり分の補正を行う「すべり補正方式」と、

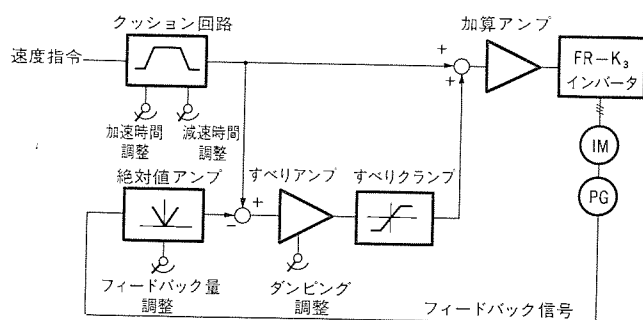


図 14. PG フィードバック制御ブロック図

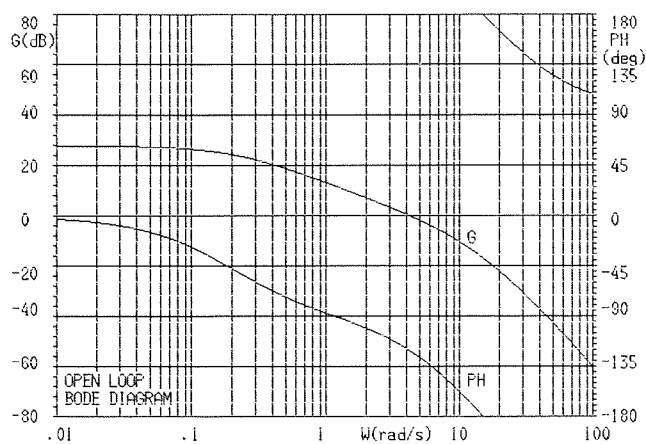


図 15. 開ループボード線図

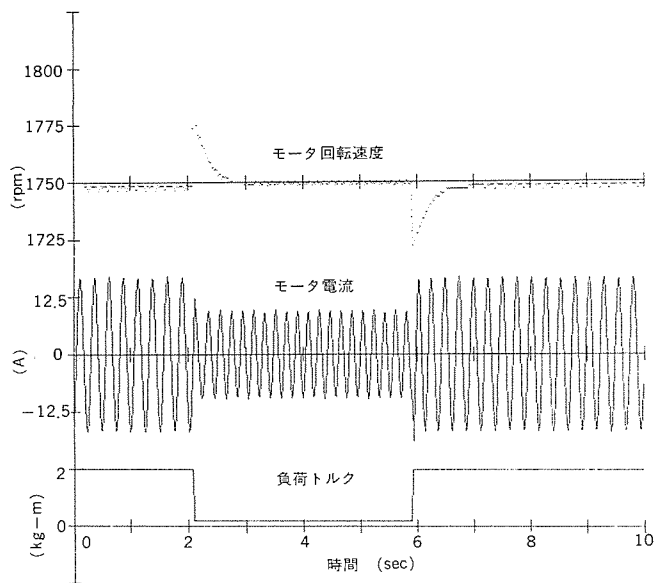


図 16. インパクト負荷応答

速度指令と回転速度との差を増幅し、すべり周波数として回転速度に加算する「すべり周波数制御方式」が一般に用いられている。《FREQROL-K₃シリーズ》では、客先の調整の容易さなどを考え、前者のすべり補正方式を採用している。

図 14. に《FREQROL-K₃シリーズ》の PG フィードバック制御方式のブロック図を示す。系全体の安定性、応答性、定常偏差などはコンピュータシミュレーションにより求め、考えられるあらゆる負荷が接続された場合にも安定に、応答よく制御できるよう最適定数を設定した。

図 15., 図 16., 図 17. にシミュレーション結果の一例を示す。図 15. はモータの負荷としてモータ GD^2 の 10 倍を取り付けた場合の一

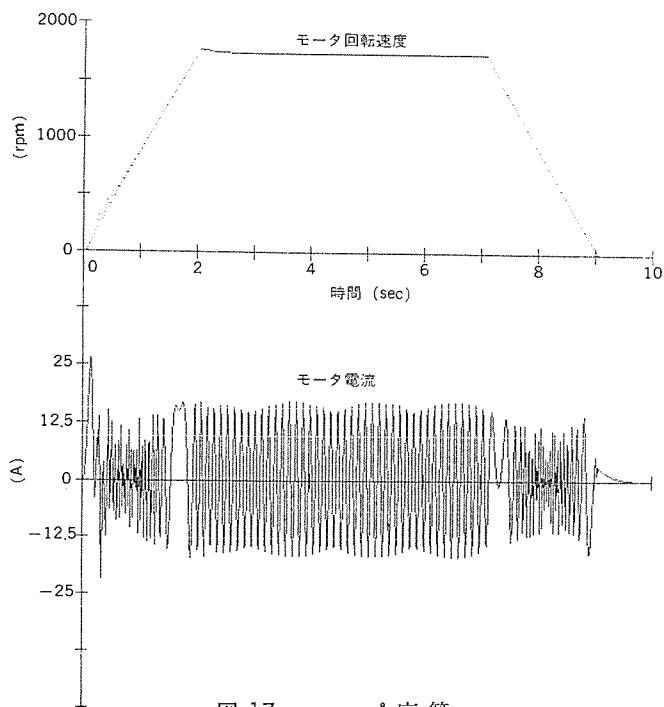


図 17. ステップ応答

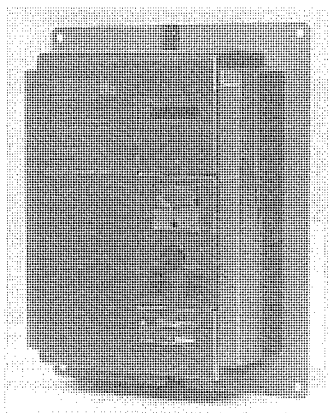


図 18. 半埋込シャーシ (FR-K 3-3.7 KM)

巡達関数のボード線図である。遮断周波数が約 4 rad/s で、位相余裕が約 60° と安定な系であることが分かる。図 16. はインパル負荷応答特性のシミュレーション結果、図 17. はステップ応答特性のシミュレーション結果である。

4.6 冷却効率の向上 (半埋込構造)

オイルミストや粉じんの多い環境では、密閉盤にインバータを収納して使用することがしばしばある。この場合、インバータの半導体素子などの損失により発生する熱が盤内に拡散する。このため温度上昇を抑制すべく、密閉盤の外形寸法をインバータ体積に比べ、格段に大きくする必要がある。

この欠点を除去する目的から、新形インバータ《FREQROL-K₃シリーズ》では密閉性を保持したままでも盤面に対し、半埋込取付けが可能な構造にしてある。図 18. に半埋込用取付フレームを装着した 3.7 kW インバータの例を示す。

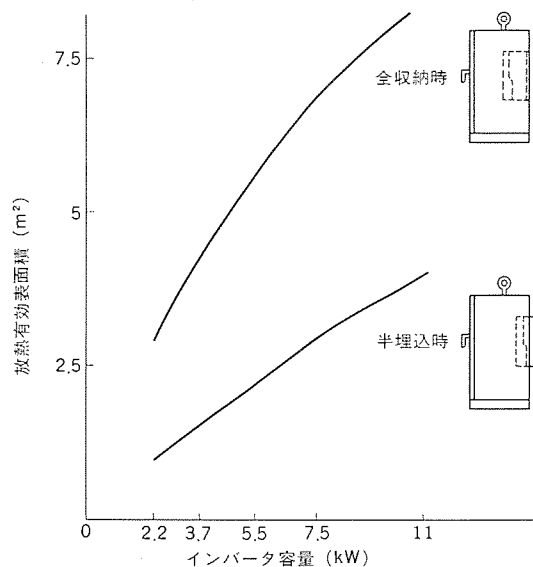


図 19. 放熱有効表面積

一般的に、盤内損失 W と盤内温度上昇 ΔT には次式の関係がある。

$$W = K \cdot \frac{A \cdot \Delta T}{D}$$

ここで、 K : 盤材料の熱伝導率、 D : 盤材料の厚み、 A : 放熱有効表面積、である。

半埋込状態では、インバータ裏面のフィンからインバータ損失による発熱の約 60% が放出されるため、上式から内部温度上昇 ΔT を一定とすると、全収納状態に対し表面積を 40% に減少することが可能である。図 19. は、盤内温度上昇を 10 deg 以下にするための必要表面積を各容量ごとに図示したもので、半埋込構造の優位性を示すものである。

5. む す び

以上、新形汎用インバータの新技術の内容、主に機能、性能が著しく向上した点について紹介した。

汎用インバータは、今後もマイコンの機能及びその応用技術の向上により機能拡充、高性能化が進展し、図 2. に示す破線の領域、すなわち性能面で汎用サーボの領域に近づくべく技術革新が進むと予想される。

我々は、今後も機能、性能の向上を図ることはもとより、高信頼性かつ低価格な汎用インバータを市場に提供するため、需要家各位の御指導を得ながら、更に努力を続けていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 長南ほか：新形汎用インバータ、三菱電機技報、57, No. 7(昭 58)
- (2) 村井ほか：PWM インバータで駆動される誘導電動機の安定性について、電学論 B, 105-5 (昭 60-5)

加工条件のリアルタイム制御による 高速・高品質レーザー切断

森 安 雅 治*・平 本 誠 剛*・星之内 進*・大 峯 恩*

1. ま え が き

CO₂レーザー切断は、被加工物上に高エネルギー密度に集光されたレーザービームを照射しつつNC装置によって、被加工物あるいはレーザービームを移動させて所望の形状を切り出すもので、多種多様で複雑な形状をNC装置のプログラムを変えるだけで簡単に切断できるという特長を持っている。そして、加工形状が固定されるうえ金型の製作に時間のかかるプレス加工に代るフレキシブルな板金加工手段であるこのCO₂レーザー加工機が、製品の多様化や製品寿命の短命化に伴う多品種少量生産や開発試作期間の短縮に対応するために、急速に生産ラインに導入、実用化されている。

一方、複雑な形状を切断する場合、コーナ部では切断速度が遅くなる。このため比較的高速度・大出力の条件で切断すると、コーナ部では入熱過大となり切断品質が低下する。逆に高品質の切断を行うためには、コーナ部での速度変化の影響がほとんどない極めて低速度・低出力の条件に設定して切断能率を犠牲にせざるをえなかった。また、加工条件の設定にも長時間を必要としていた。これらの問題点を解決してCO₂レーザー加工機の機能アップを図るため、レーザー切断における加工条件因子と切断品質との関係を明確にして適正加工条件のデータベースを構築するとともに、このデータベースに基づいて、コーナ部などで時々刻々変化する切断速度を検出して加工条件をリアルタイムで制御する高能率・高品質レーザー切断技術を開発した。

2. 現状のレーザー切断システムと問題点

板金加工用レーザー切断システム（三菱電機製《MELCUT-510A》）の一例を図1.に示す。このシステムは、最大加工可能寸法が1,615 mm×3,048 mmであり、被加工物の自動位置決め装置と小物部品・スクラップ仕分装置を備えたXY2軸被加工物移動形で、被加工物のロード、アンロード、切断加工、製品・スクラップ処理までの一連の全自動加工ができるものである。このようにレーザー切断では、NC装置によりプログラムの変更のみで所望の複雑な形状の切断ができるだけでなく、前後工程を含めた完全自動化が容易にできる。

複雑な形状を切断する場合、一定の切断速度をインプットしてもコーナ部など切断方向が急変する部分では、図2.に示すように実際の切断速度が時々刻々変化する。この図は、エッジ角度 $\theta=30^\circ$ の鋭角コーナ部を5 m/minで切断した場合の実切断速度を測定したもので、5~0 m/minの間を変化しているのがわかる。したがって、現状のように加工条件を固定して切断する場合、高速度・大出力の条件を用いると実切断速度が遅くなるコーナ部において入熱過大となり熱飽和がより顕著になるために、溶損が生じて切断品質が極端に低下する。切断品質を確保するためには、コーナ部における速度変化の小さい極めて低速度で低出力の加工条件を用いなければならないために、加工能率の低下が避けられない。また、現状の加工条件のマニュアルインプット方式では、プログラム変更時の加工条件の設定にも長い時間を要していた。

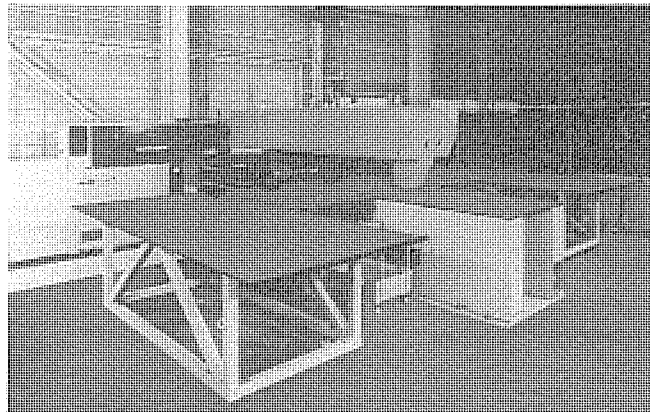


図 1. 薄板板金加工用レーザー切断システム（三菱電機製 MELCUT-510A）

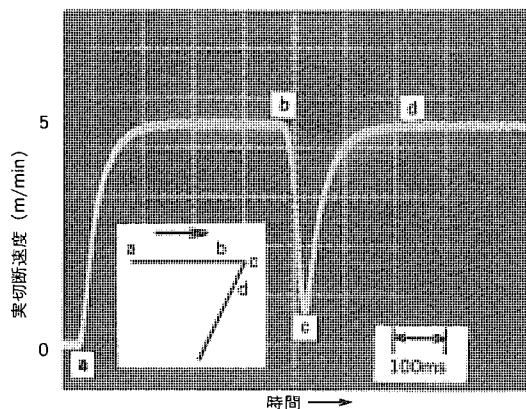


図 2. コーナ部における実切断速度の変化

以上の問題点を解決するため、適正加工条件の自動設定及びコーナ部などの実切断速度の変化に応じた加工条件の制御による高品質、高能率の切断ができる加工制御技術の開発が望まれていた。

3. 切断品質に及ぼす加工条件基本因子の影響

レーザー切断品質の評価項目であるドロスフリー、形状精度を代表するエッジ溶損長さ、切断面粗度の3項目に対して、切断速度、出力、出力形態など加工条件基本因子の影響について検討した。実験には三菱電機製CO₂レーザーML-10E（定格出力500 W、ビームモードTEM₀₀）を使用し、板厚4.5 mm以下の軟鋼板（SPHC）を対象として表1.に示すように、集光レンズの焦点距離は127 mm、焦点位置は被加工物の表面に固定し、出力、出力形態及び切断速度を変化させて直線及び鋭角の切断を行った。

なお、出力形態がパルスの場合には、ピーク出力を500 Wに固定してパルスデューティによって平均出力を変化させた。

3.1 ドロスフリー切断及びエッジ溶損長さと加工条件基本因子
一例としてSPHC板厚1 mmの場合の出力形態（連続出力、パルス出力）に対するドロスフリー切断領域を図3.に示す。図中の実線は連

表 1. 実験条件

CO ₂ レーザ加工機	定格出力: 500 W ビームモード: TEM ₀₀
材 質	SPHC
板 厚	4.5 mm 以下
出 力 形 態	連 続 パルス (ピーク出力 500 W)
集光レンズの焦点距離	127 mm
焦点位置 [α _b 値] (焦点距離に対するワークディスタンスの比)	1.00
ノズル 径	φ 1.5 mm
酸素ガス流量	33 ℓ/min
ノズルとワークとの間隔	1 mm

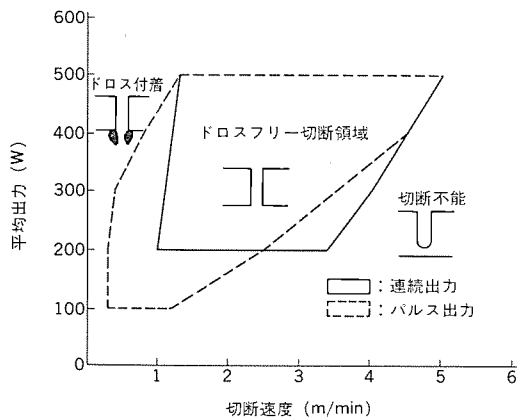


図 3. ドロスフリー 切断領域 (SPHC 板厚 1 mm)

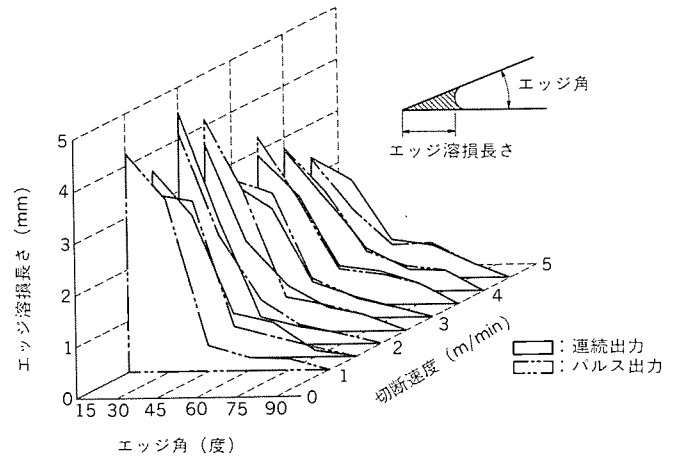
続出力、破線はパルス出力に対する領域を示している。ドロスフリー切断領域は、出力形態によって低出力・低速度側で明確な差があり、パルス出力の方が有利であることがわかる。

次に、エッジ溶損長さに及ぼす各加工条件因子の影響を検討するために、エッジ角度が 15° から 90° までの鋭角形状の切断実験を行った。図 4. は SPCC 板厚 1 mm について切断速度をパラメータとして平均出力、(a) $P=400$ W と (b) $P=100$ W のときのエッジ角度とエッジ溶損長さの関係を示したものである。ここで、エッジ溶損長さは、図中に示すように理想的な切断鋭角エッジ部の先端から実際に切断されたエッジ部の先端までの長さとした。実線で示した連続出力の場合と二点鎖線で示したパルス出力の場合ではほぼ同じ傾向を示している。しかし低出力の場合ほどエッジ溶損長さが小さくなる傾向があるので、低出力側でのドロスフリー切断領域が広いパルス出力を用いれば、図 4. (b) に示すようにエッジの溶損長さを大幅に低減できる。

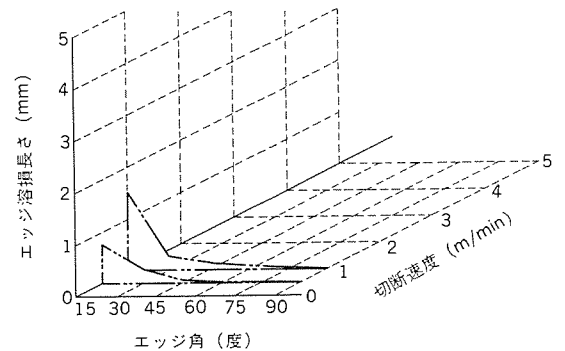
以上の実験結果から、ドロスフリーとエッジ溶損長さの 2 点から評価した場合には、出力形態はパルスの方が有利であることがわかった。

3.2 切断面粗度と加工条件基本因子

ドロスフリー、エッジ溶損長さで評価した形状精度のほかにレーザ切断品質の重要な評価項目として切断面粗度がある。図 5. は SPCC 板厚 1 mm の場合の切断面粗度と切断速度、出力形態との関係を示したものである。切断面粗度は、連続出力の場合には低速になるほど大きく、パルス出力 (パルス周波数 100 Hz) の場合には高速になるほど大きくなっている。なお、切断面粗度は 3 番目に高い山と 3 番目に深い谷の標高差と定義された 10 点平均粗さ R_z を採用した。また、図 6. に示すように切断面粗度は、パルスの周波数によっても変化する。



(a) $P=400$ W の場合



(b) $P=100$ W の場合

図 4. 鋭角切断におけるエッジ溶損長さ (SPHC 板厚 1 mm)

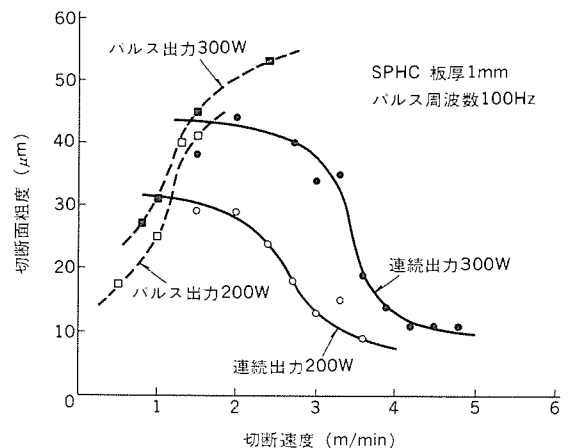


図 5. 出力形態の切断面粗度への影響

パルスの周波数が 100 Hz から高くなるにつれて切断面粗度が小さくなり、400 Hz 前後で最小となる。更にパルス周波数が高くなると徐々に連続出力の場合に近づいていくことがわかった。すなわち、切断面粗度をよくするためには、低速度側ではパルス出力、高速度側では連続出力に出力形態の切換が必要である。

3.3 切断品質と加工条件基本因子との関係

ドロスフリー、エッジ溶損長さに代表される形状精度や切断面粗度などレーザ切断品質に影響を及ぼす加工条件基本因子は、切断速度、出力及び出力形態 (連続出力/パルス出力) の三つであり、レーザ切断の高品質化のためには、切断中には常にこれら三つの加工条件基本因子が適正な組合せとなるように出力ビームを制御することが必要で

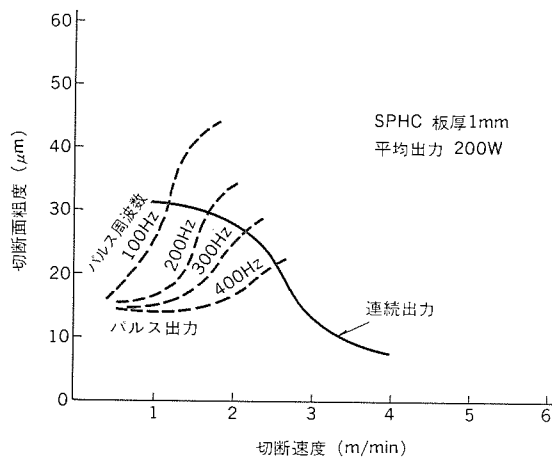


図 6. パルス 周波数の切断面粗度への影響

ある。

すなわち、形状切断の場合には、コーナ部などで変化する実切断速度に対応した適正な出力に制御するとともに、高速度・高出力側では連続出力、低速度・低出力側ではパルス出力に出力形態を切り換えなければならない。

4. リアルタイム制御による高速・高品質レーザ切断

レーザ切断品質に影響を及ぼす加工条件基本因子の切断速度、出力及び出力形態が常に適正な組合せとなるように、加工中の実切断速度を検出して出力及び出力形態を制御するリアルタイム制御レーザ切断技術を開発した。

4.1 適正加工条件のデータベース

ドロフリー、エッジ溶損長さ、切断面粗度に関する実験結果に基づいて、材質と板厚ごとに切断速度、出力、出力形態の三つの加工条件基本因子の適正な組合せを選定した。図 7. に一例として SPCC 板厚 1 mm の場合の適正加工条件を示す。切断速度と出力との適正な組合せは、条件の選択範囲を広く、かつ制御を簡単にするためにドロフリー切断領域の最大出力・最高速度の点と最小出力・最低速度の点を結ぶ直線とした。切断速度に応じてこの直線に従い出力を制御するとともに、切断面粗度が小さくなるように実切断速度が出力形態の切換速度 F_i より大きいときは連続出力、小さいときにはパルス出力 (パルス周波数 400 Hz) に切り換える。また、制御最低速度 F_{min} 以下では切断及び制御を安定にするために制御せずに出力を一定とした。

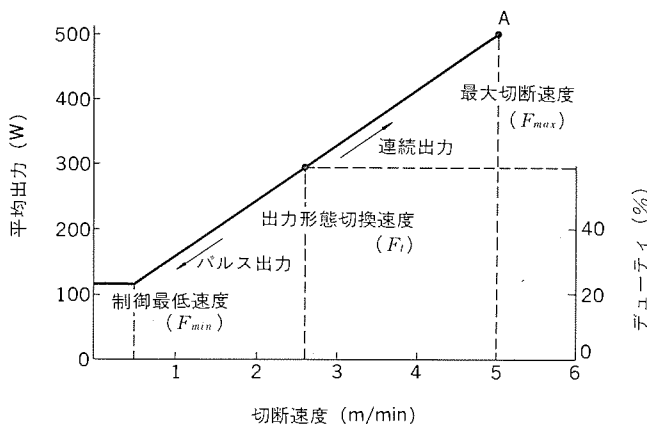


図 7. 適正加工条件 (SPHC 板厚 1 mm)

以上のような切断速度と出力との関係及び出力形態の切換速度 F_i 、制御最低速度 F_{min} は、適正加工条件として材質、板厚ごとに整理してデータベースに記憶している。

4.2 リアルタイム制御方式

リアルタイム制御装置のブロック図を図 8. に、装置外観写真を図 9. に示す。この装置は、被加工物を載せて移動させる二次元加工テーブルの X 軸及び Y 軸の駆動モータの回転数を検出して実切断速度を演算する実切断速度検出装置と、適正条件を記憶したデータベースと、インプットされた材質・板厚に対応した適正加工条件を選び出して実切断速度に応じた出力・出力形態に適応制御するための制御装置で構成されている。

次にリアルタイム制御における各加工条件基本因子の制御原理について説明する。まず、データベースからインプットされた材質・板厚に対応した切断速度と出力の適正加工条件データ、出力形態の切換速度 F_i 、制御最低速度 F_{min} がデータベースから選出される。切断速度として最大切断速度 F_{max} を NC 装置にインプットした場合、図 10. (a) に示すように、切断方向が急変する所 (C 点近傍) で実切断速度が通常の F_{max} から急激に遅くなる。図 10. (c) に示すように、実切断速度が F_i より大きい場合には連続出力モード、小さい場合にはパルス出力モードが選択される。連続出力モードでは、その出力は図 10. (b) に示すピーク電流に比例して制御される。また、パルス出力モードではそのパルスピーク出力はピーク電流に比例して制御され、平均出力は図 10. (d) に示すデューティによって制御される。以上のように、レーザ発振器の放電電流は図 10. (e) に示すようにピー

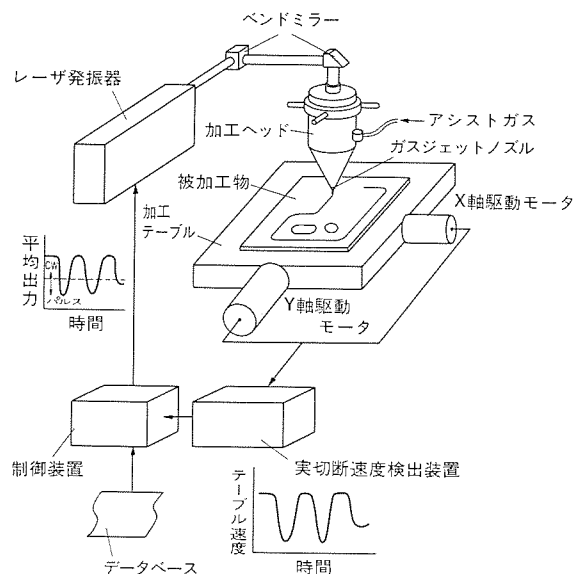


図 8. 実切断速度検出による出力・出力形態のリアルタイム制御装置のブロック図

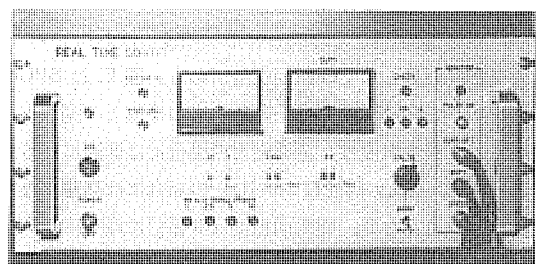


図 9. リアルタイム制御装置の外観

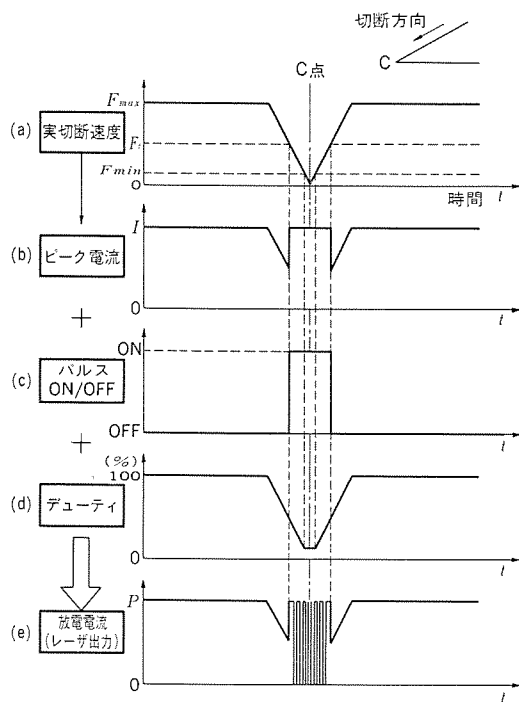


図 10. リアルタイム制御の制御原理

ク電流、パルス ON/OFF、デューティの三つの制御信号によって制御され、常に切断速度に応じた適正な出力及び出力形態が得られる。

4.3 リアルタイム制御の有効性

リアルタイム制御の有効性を実証するため、リアルタイム制御を行った場合と制御しない場合との切断品質の比較を行った。図 11. に SPH C 板厚 1 mm の鋭角コーナ部の切断結果の比較例を示す。(a) は制御しなかった場合のコーナ部で連続出力、出力 500 W、切断速度 5 m/min、(b) はリアルタイム制御を用いた場合のコーナ部でその切断速度は(a)と同じ 5 m/min、出力形態がパルスモードのときのパルス周波数は 400 Hz である。リアルタイム制御によって、同じ切断速度であるにもかかわらずエッジ溶損長さが大幅に減少し、形状精度が向上しているのがわかる。また、切断面粗度も、制御なしの(a)の場合には 15 から 60 μm 程度まで変化するが、制御した(b)の場合には 15 から 25 μm 程度と大幅に向上している。ちなみに、従来の制御しない方法によってこの程度の切断品質を得るためには、パルス出力モードで平均出力 100 W、切断速度 0.5 m/min という極めて低速度・低出力の加工条件を選ばなければならない。すなわち、リアルタイム制御により切断速度が 10 倍になり切断能率が大幅に向上している。

更に、鋭角切断のエッジ角とエッジ溶損長さの関係をリアルタイム制御あり、なしの場合について比較した結果を図 12. に示す。制御によって切断品質は大幅に向上している。

以上の結果から、リアルタイム制御によって切断能率を犠牲にすることなく良好な品質の切断ができることが実証された。

5. む す び

薄板のレーザー切断品質に及ぼす加工条件基本因子—切断速度、出力、

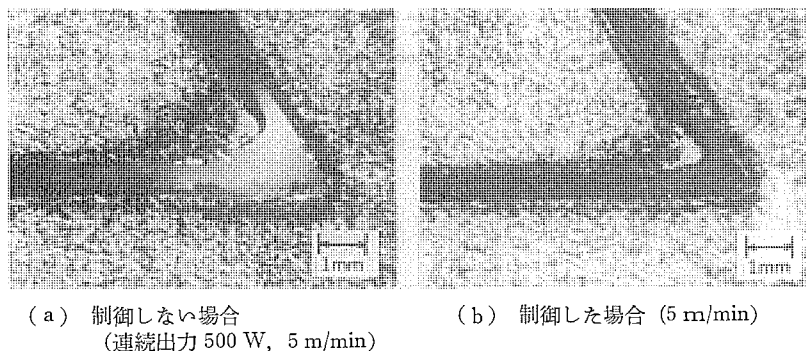


図 11. リアルタイム制御による切断品質の向上

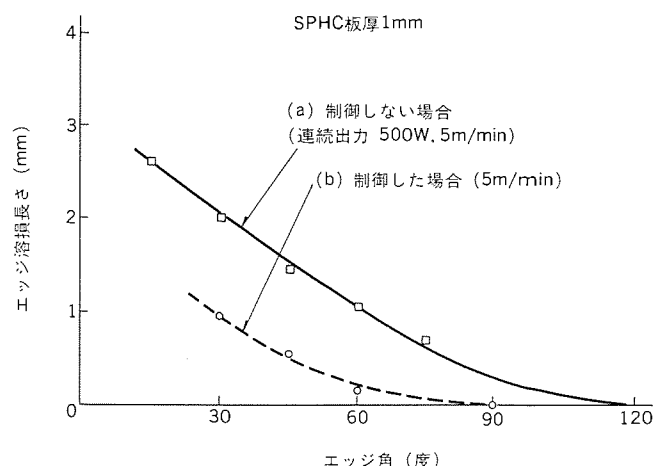


図 12. リアルタイム制御によるエッジ溶損長さの減少

出力形態(連続出力/パルス出力)の影響を明らかにして、検出した実切断速度に応じてこの3因子が常に適正な組合せとなるように、出力及び出力形態をリアルタイム制御することによって、高品質化と高能率化とを同時に実現できるレーザー切断技術を開発した。

リアルタイム制御方式を用いれば、材質・板厚をインプットすることによって加工条件だけでなくピッチング条件も自動設定可能となるので、これらの条件設定が不要になるという効果もある。リアルタイム制御の効果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 加工ノウハウを折り込んだ適正加工条件データベースの採用によるレーザー切断品質の向上と安定化
- (2) 高品質を保ったままでの高速度切断による切断能率の向上
- (3) 加工条件の自動設定・制御によるレーザー切断の完全自動化

現在、社内生産設備に適用し実用評価試験を行っており、更に性能向上を図るとともに、早期製品化の検討を行っている。

エレベーターのモダニゼーション

舟橋 謙三*・加藤 博士*・加藤 清**・松田 靖***

1. ま え が き

設置後15年ないし20年以上経過したエレベーター・エスカレーターが近年急激に増加しており、これらを効率的に更新するモダニゼーションは社会的な要請となりつつあり、需要も増大している。

モダニゼーションにおける主要課題は、旧式のエレベーター・エスカレーターを最新形の機種に取り替える際に、如何にして休止期間を短かく施工するかという点であり、当社は、永年にわたりこれらについての研究・開発に努力してきた。

ここでは、エレベーターにおけるモダニゼーションの考え方と、各種のパターン、短工期工法などについて紹介する。

2. モダニゼーションの考え方と効果

2.1 モダニゼーションの考え方

エレベーターの技術は時代の変遷につれて進歩しており、図1.に当社エレベーター技術の変遷の概要を示す。最近では、パワーエレクトロニクス技術やマイクロコンピュータ技術によるエレクトロニクス化が急速に進み、性能も飛躍的に向上している。また、安全性の向上や省エネルギー化などの社会的要請も年々高まり、それに対応した多くの技術や付加機能が

開発されており、相対的に古い年代のエレベーターは最新のものに比べて性能・機能上の格差がめだってきている。したがって、モダニゼーションは最新の機種に取り替える方法が最も有効であり、そのための経済的なシステムを開発することが必要である。

一方、モダニゼーションのための施工工事は、通常営業中のビル内で行われるため、エレベーターの休止期間を極力短縮すること、溶接などの火気発生作業や騒音発生作業を極力少なくすることなどが要請されるので、これらのシステムや工法を開発した。

2.2 モダニゼーションの効果

おおむね15年以上前の旧形エレベーターを、最新形にモダナイズした場合に得られる主要な効果を以下に述べる。

(1) 運転性能と乗り心地の改善

制御技術の進歩により、かご内負荷や周囲温度の変動があっても、常にスムーズな加減速と精密な着床が実現され乗り心地性能は大幅に改善される。図2.に旧形のAC-2方式と最新形のVVVF制御方式の速度曲線の比較の例を示すが、円滑な加減速特性に加えて、走行時間が大幅に短縮されており運行効率が向上する。

(2) 消費電力と電源設備容量の低減

VVVF制御方式の採用により、消費電力はAC-2方式に比べて半

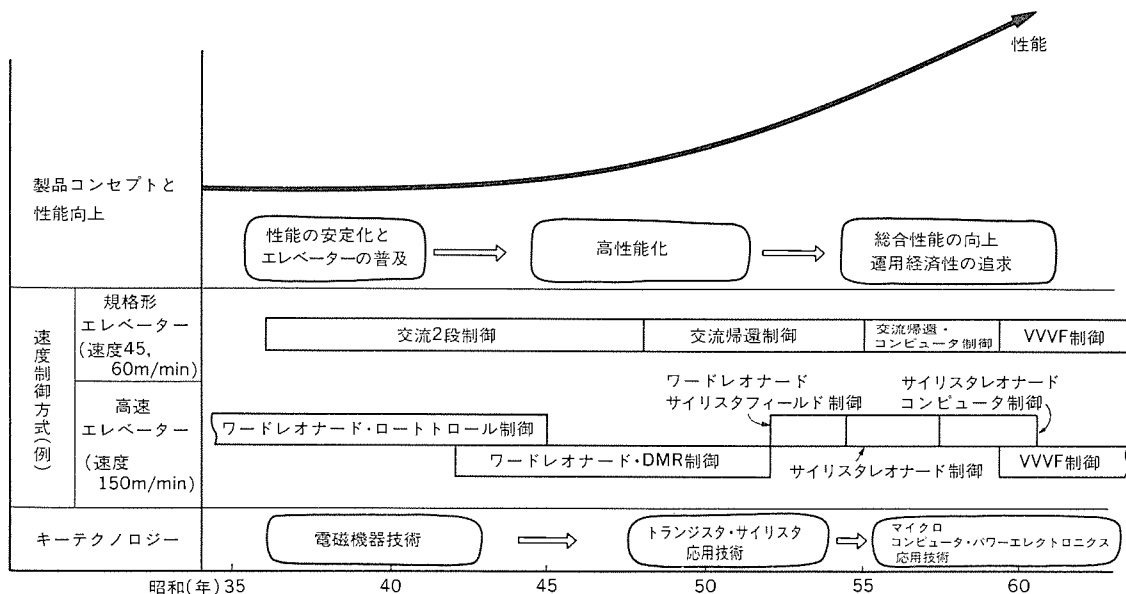


図1. 当社エレベーター技術の変遷

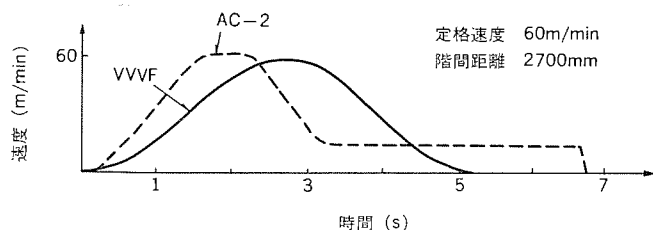


図2. AC-2エレベーターとVVVFエレベーターの速度曲線比較

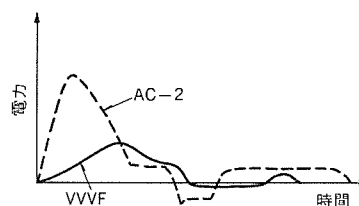


図3. AC-2エレベーターとVVVFエレベーターの電力消費比較

分以下（当社比）に低減される（図 3.）。また電源設備容量も半分以下ですむので⁽²⁾、余った電源設備容量は、空調や OA システムなどで増加する電源需要に転用することが可能となる。

（３）耐震性の向上

現行の建築基準法施行令の耐震基準に基づき、機械室の機器は原則として水平震度 1.0、昇降路の機器は水平震度 0.6 による耐震設計を行うほか、ロープ・ケーブルの保護措置などを実施する。これに対し古いエレベーターでは、おおむね水平震度 0.3～0.5 によって設計されているので、モダナイズにより、地震に対する安全性が大幅に向上する。

（４）信頼性の向上

制御機器のエレクトロニクス化が進み、古い機種で使用していた電磁継電器やセレクト装置などをマイクロコンピュータに置き替えたことなどにより、信頼性が向上している。また、万一、階間で停止した場合にも低速で最寄階まで走行させて乗客を救出する機能なども装備されている。

（５）かご室意匠の更新

新しい意匠内装材の出現、デザイン技術や製造技術の進歩により、ビルの種類や性格などに応じた各種のデザインを準備しているので、ビルの顔ともいえるかご室や乗場の意匠を最新のものに更新することができる。

2. 3 モダニゼーションの方式

上記に述べた背景並びに市場の多様なニーズを考慮し、エレベーター用モダニゼーションの基本的な方式を表 1. に示す。

表 2. は最も需要の多い旧形の規格形エレベーターを、最新の《アドバンス V》タイプのエレベーターにモダナイズする場合のパターンを示す。このように、許容停止期間、客先要望による工事の分割、エレベーターの設置状況などによる流用機器の可否などの多様なケースに応じられるよう各種のパターンを準備し、これらに対応するシステム、機器及び工法の開発を行い標準化した。

以下の説明では、この《エレベッタアドバンス V》モダニゼーション用各パターンの内容を中心に説明する。

3. 撤去新設及び準撤去新設

撤去新設は全機器を一式取り替える方式であるが、準撤去新設は既設機器の一部を流用することにより、工事の簡易化と停止期間の短縮化を図り、しかもモダナイズ後の性能は新設エレベーターと同一にすることをねらいとした方式である。表 2. に示すようにパターン (PT.) 2～4 の 3 種類を設定し、現場の状況などに応じて適当なパターンを選択できるようにしている。

表 1. エレベーター用モダニゼーションの方式

モダニゼーションの方式				
撤去	撤去	新設	新設	新設
分	割	改	修	修
種	分	改	修	修

表 2. 《エレベッタアドバンス V》モダニゼーションのパターン

方 式	モダニゼーションパターン		施工によるエレベーターの停止期間 ⁽¹⁾ (日)			工 事 内 容
	パターン No.		標 準	短工期	SS 工法 ⁽²⁾⁽³⁾	
撤 去 新 設	PT. 1	—	33	27	—	・全機器を一式取り替える
準 撤 去 新 設	PT. 2	乗場流用	28	22	—	・三方枠、乗場の敷居、ハンガーケース、乗場インジケータ用ボックスを流用し、その他の機器は取り替える
	PT. 3	乗場、レール、釣合いおもり流用	24	20	—	・PT. 2 の流用機器に加えて、レール、釣合いおもりも流用し、その他の機器は取り替える
	PT. 4	乗場、レール、釣合いおもり、機械台流用	20	15 ⁽³⁾⁽⁴⁾	2×4 回	・PT. 3 の流用機器に加えて機器台も流用し、その他の機器は取り替える。戸閉装置は L 4-EE 戸閉を適用する
	PT. 5	1 st 乗場戸閉モダナイズ 2 nd かごモダナイズ 3 rd 制御改修 4 th 耐震・法令化	— — — —	— — — —	2 2 2 2	・三方枠、乗場の敷居流用で、L 4-EE 戸閉を適用し、乗場の戸の取り替えと全域クロウザ化を行う ・1 st に引き続き、レール、釣合いおもりを流用し、かご関係（かご室、かご枠、かご床、かご戸閉、かご操作盤等）の取替えを行う ・2 nd に引き続き、機械台、乗場インジケータ用ボックスを流用し、機械室関係機器と乗場インジケータの取替えを行う ・昇降路機器の耐震強化工事及びフエニッシュプレート取付けの安全強化工事を行う
分 割 改 修	PT. 6	1 st 乗場戸閉モダナイズ 2 nd 操作・信号器具モダナイズ 3 rd かごモダナイズ 4 th 制御改修 5 th 耐震・法令化	— — — — —	— — — — —	2 2 2 2 2	・PT. 5 の 1 st と同じ ・1 st に引き続き、乗場インジケータボックスを流用し、かご操作盤、かご内インジケータ、乗場インジケータの取替えを行う ・2 nd に引き続き、レール、釣合いおもりを流用し、かご関係（かご室、かご枠、かご床、かご戸閉等）の取替えを行う ・3 rd に引き続き、機械台を流用し、機械室関係機器の取替えを行う ・PT. 5 の 4 th と同じ

注 (1) エレベッタアドバンス V シリーズ P 9-2 S, CO-45, 60 8 停止の事例を示す。

(2) SS 工法の各ステップごとの停止期間は、現場の状況等によっては 3 日以上になることがある。

(3) PT. 4 の短工期及び SS 工法は原則として下記の条件の場合に適用できる。

(a) 乗場の三方枠・敷居・インジケータ用ボックス、レール、釣合いおもり、機械台（コンクリートの機械台は除く）が流用できること。

(b) 戸閉装置は L 4-EE 戸閉であること。(c) 分割改修の場合は上表の順序であること。

(4) 現場の作業条件によっては 10 日間とすることも可能である（本文の 5.1 節参照）。

3.1 かごサイズの標準化

現行の規格形エレベーターは、用途（乗用・住宅用・寝台用）及び定員、速度に応じて昇降路寸法やかごサイズの標準を設定し、生産の合理化を図っている。しかし、昭和47年のJISの改訂により、それ以前のものと現行のものでは昇降路寸法、かごサイズなどが異なり、また技術の変遷に伴ってドア形式やドアまわりの基本寸法も異なっているため、モダンゼーション用機種のかごサイズはほとんどの場合、現行の標準が利用できない。このため、約15年以上前に設置されたエレベーターを対象に調査を行って、《エレパット》系列モダンゼーション用機種のかごサイズとドアサイズの標準を設定した。

なお、標準設定に当たり以下の点を考慮した。

- (1) 既設エレベーターの定格（定員・速度など）を極力確保するようにした。
- (2) 最新形の《エレパットアドバンスV》のかご意匠が適用できるものとした。
- (3) 耐震上の措置など現行の法令に定める技術基準に適合可能なサイズとした。
- (4) 準撤去新設及び後述の分割改修用のドア形式には、2枚戸片開き(2S)、2枚戸中央開き(CO)に加えて1枚戸片開き(SS)ドアも加えた(SSドアは現行標準にはないが、既設の旧形エレベーターで使用しているものがあるため)。

3.2 準撤去新設における流用機器

乗場の三方枠、ドア用敷居、乗場戸閉装置用ハンガーケース、乗場インジケータ用ボックス、巻上機用機械台などは、建物にモルタルで固着又は大理石などの建築内装材に埋め込まれているため、これらの機器が流用できれば据付け工期が大幅に短縮でき、更に建築付帯工事が不要となることから経済的なメリットも大きい。

準撤去新設では、上記の機器並びに工期短縮の効果が大きく、かつ性能上問題の少ないレール・釣合いおもり等の機器を流用することとした。しかし、既設エレベーターの機種・設置年代・現場の据付け状況などによっては上記の機器が流用できない場合もあるので、検討の結果機器流用の基本パターンとして表2.のPT.2～PT.4を設定した。

15年以上も前に据え付けられた既設の機器は、その大部分は現行の機器と形式や基本寸法が異なっており、流用機器と新設機器との接合部分において特殊な対策を必要とするが、これらについて次のように対応できるようにした。

- (1) 新設エレベーターに使用する標準ドア装置を一部アレンジして、既設流用品のドアハンガーケースや乗場の敷居に適合するようにしたモダンゼーション用ドア装置のシリーズ化を行い、多様なモダン化に適應できるようにした。
- (2) 既設品流用の乗場インジケータ用ボックス及び乗場ボタン用ボックスに、最新形の標準機器を収納可能としたモダンゼーション用乗場インジケータ及び乗場ボタンを標準化した。最新形の乗場インジケータや乗場ボタンには、配線用コネクタや機械室制御盤との間の直列伝送用インタフェースが必要であり、これらを既設のボックスに収納させるため、機器の小形化や実装設計の変更などを行って対応した。

3.3 乗場戸閉流用電子化ドア装置

エレベーターの改修工事のうち乗場関係の工事は、作業量が全体の約1/4を占めるのみならず、はつり作業などによる騒音発生や溶接作業などによる火気発生が問題視されることが多いため、乗場工事の簡易化は大きな課題である。この点にかんがみ、かご側の戸閉装置

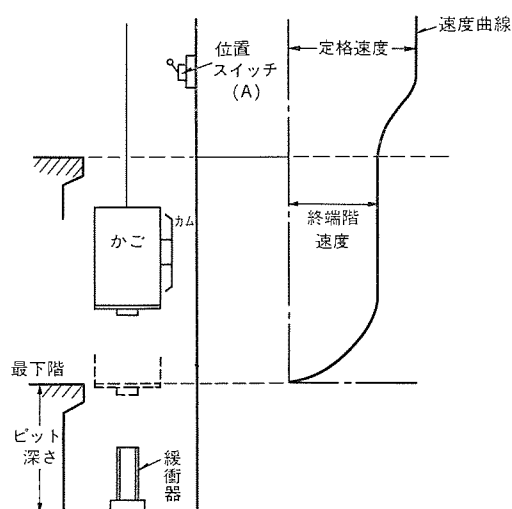


図4. 終端階強制減速走行の動作図

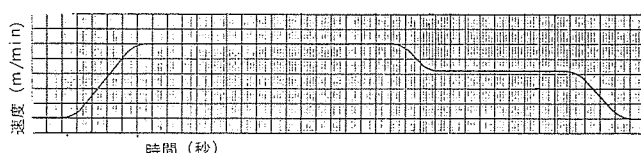


図5. 終端階強制減速走行特性 (1F→5F)

は最新形の高性能電子駆動のL4形戸閉装置に取り換えるが、乗場側戸閉装置には既設のEE形戸閉装置を流用し、両者を組み合わせたモダンゼーション用ドア装置を開発した(L4-EE形ドア装置)。

このドア装置の使用により、電子駆動による円滑で静粛な高性能ドアに更新されるのみならず、乗場まわりの改修作業時間は約1/3に短縮され、更に騒音発生や火気発生も大幅に消滅できた。

3.4 終端階強制減速走行制御

昇降機関連の法令も幾多の変遷をたどっており、古いエレベーターの構造が現行法令に適合しない場合がある。特に昭和33年以前に据え付けられたものをモダン化しようとする、同一定格速度でも昇降路構造のうち、ピット深さや頂部すき間の寸法が現行法令を満足しない場合が生じその対策が必要になる。既設建物の昇降路寸法の拡張は実際上不可能なので、このような場合に、終端階の1階床手前で強制的に減速又は停止する制御を行い終端階への走行はピット深さ又は頂部すき間に見合った速度を超えないようにする方法が認められている⁽¹⁾。

当社はVVVF制御エレベーター用の終端階強制減速走行制御方式を開発した。図4.にこの方式の動作図を示す。図において、かごが下降走行中位置スイッチAを通過すると速度パターンを強制減速パターンに切り換えて、ピット寸法に見合った速度（通常は定格速度の1段階下の速度）までいったん減速して走行を続け、その後正規減速パターンにのせて終端階に着床させる。図5.はこの制御を実施したエレベーターの速度曲線の実測例を示し、良好な乗り心地性能が確認された。

この方式は頂部すき間寸法が不足する場合にも同様に適用可能であり、これらの場合において定格速度を下げることなくモダン化することができる。

4. 分割改修

上述の撤去新設又は準撤去新設は、ほぼ全面的に最新の機種に更新

されるので、モダニゼーションの理想的な方法と考えられるが、一時に停止する期間をもっと短くしたいとか、費用的に工事を分割したいという顧客要望も多い。分割改修モードは上記のニーズを考慮して設定したもので、エレベーターの構成機器又は機能別に幾つかの改修工事に分割して施工し、最終的には準撤去新設と同様な形にモダナイズできるようにしている。

4.1 分割改修用メニューの構成

《エレベータドバンス V》モダニゼーション用分割改修のパターンは表 2. に示すとおりであり、下記の点を考慮して設定した。

(1) 工期短縮を重点とし、後述の短工期工法との整合性を考慮したパターン構成とした。分割改修の各ステップごとの停止期間は、標準仕様の《エレベット》系列エレベーターの場合で2～3日程度としている。

(2) 分割改修の施工順位は、改修後の外観変化が明確で改修効果がアピールしやすい顧客からの要望も強い意匠関係のモダナイズを優先し、次いで乗り心地や信頼性向上の改善が行える制御改修を行うこととした。なお従来の改修工事の分析結果から、かご操作盤、インジケータなどの操作・信号器具の更新需要が多いことから、かごモダナイズを更に分割して操作信号器具モダナイズを加えたものが表 2. の P T. 6 である。

(3) 分割改修は表 2. に記載の順序で施工する(施工の間隔は数か月から数年間にわたることがある)ことを原則とし、最終形は準撤去新設の P T. 4 と同一の機器構成となるようにした。なお隣接した各改修工事を一括施工することにより、分割回数を減らすことも可能としている。

4.2 分割改修用インタフェース

改修工事は既設のエレベーターシステムを部分的に更新するものであるため、既設のシステム・機器と、更新するシステム・機器との接合部分に適切なインタフェース(I/F)を必要とする。特に最新形エレベーターの制御装置は、IC やマイクロコンピュータを使用した電子化システムであるのに対して、既設エレベーターではリレー系のシステムのため特殊な

I/F が必要である。以下に、今回開発した I/F のうち主要なものを述べる。

(1) 操作・信号器具用 I/F

分割改修のかごモダナイズ又は操作・信号器具モダナイズを施工する際に必要となる I/F である。かごボタンや乗場ボタンなどの操作器具は電子化システム用の微弱な信号レベルに対応したものを使用するため、既設のリレー系制御盤と直接接続することはできない。このため、信号レベル変換用の I/F が必要であり、また、インジケータなどの表示灯についても動作電圧を整合させる I/F が必要で、これらを開発した。図 6. に機械室に設置した I/F 収納用リレー盤を示す。

(2) 新形ドア駆動用 I/F

かごモダナイズを施工する際ドア装置を新形に取り替えるため、これを既設の制御盤で駆動する必要がある。新形ドア装置ではドモータをトランジスタによる電子式駆動としているが、これを既設制御盤からのリレー出力で駆動できるように、ドア制御装置を一部変更したモ

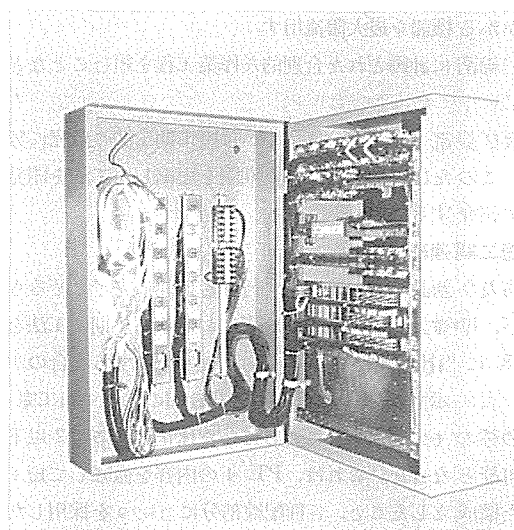


図 6. I/F 用リレー盤

表 3. 短工期連続工法工程表

仕様：P9-^{2S}CO-60, 8 停止

項目	作業内容	期日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			土	日	月	火	水	木	金	土	日	月
1	作業準備・仮囲い設置											
2	最上階作業床設置											
3	カウンタおもり固定											
4	機械室機器移設											
5	かご解体搬出											
6	機械室機器搬出入											
7	機械室機器据付け											
8	かご搬入組立、配結線											
9	機械室配結線											
10	昇降路内機器取付配結線											
11	機械室床仕上げ											
12	乗場扉取替クローザ取付け											
13	乗場インジケータ結線											
14	昇降路内耐震工事											
15	低速調整、乗場扉調整											
16	高速調整											
17	社内検査											
18	官庁検査引渡し											

適用条件
 (1) 準撤去新設 P T. 4 の場合に適用する
 (2) 重量物の揚重(搬出、搬入)が昇降路以外からできること。
 (3) ストックヤードの確保ができること。
 (4) 振動、騒音の発生がある程度容認されること。

ダミー用 ドア 装置の適用と既設制御盤の改造によって対応している。

なお、上記とは逆に制御改修が先に施工されて、既設 ドア 装置を新形の電子系制御盤で駆動する場合もあるので、これに必要な I/F も開発している。

5. 短工期工法

モダンゼーションの工事において休止期間を短縮するために、製品又は工法上で配慮を要することは、現地組立作業を極力少なくするためプレアセンブリ化を図ること、ガイドレール・乗場機器など撤去・新設に手間のかかる機器を最大限流用す

ること、綿密に計画された合理的な作業工程を組むことなどが挙げられる。

当社及び三菱電機サービス(株)は早くから短工期工法の研究に努力してきたが、このたび、画期的に休止期間を短縮した工法を開発したので以下に紹介する。

5.1 短工期連続工法

撤去工事及び新設工事を連続して行い短期間に完了させるもので、このたび、準撤去新設 PT. 4 の工事における超短期の工法を開発した。表 3. に当社旧規格形 エレベーターをモダン化する場合の工程表を示すが、表に示す適用条件のもとに 10 日間の休止で施工完了でき、従来この種の モダンゼーション に要していた休止期間の 1/2 以下とすることが可能となった。これは、PT. 4 の内容を徹底して短工期化を目指した構成としたこと、各種配線部分にコネクタを採用したこと、工事中的 エレベーターを移動作業床として使用する「WOS」工法⁽³⁾を活用したこと、撤去工事と新設工事の並行作業など合理的な作業工程を確立したこと、などにより達成できた。

5.2 Step by Step 工法 (SS 工法)

SS 工法は、工事内容を複数のステップに分割し、例えば土・日曜日などの休日に各ステップごとの工事を行い数回この過程を繰り返してモダンゼーションを完成させる工法である。このためには、各ステップごとの工事内容が独立しており、かつ所定期間内に施工できると、各ステップの終了ごとに正規運転が可能な安全性と信頼性が確保できるシステムとなし得ること、の要件が必要である。

このたび開発した旧規格形 エレベーターモダン化用 SS 工法の工程表を表 4. に示す。この場合、4 ステップに分割し各ステップは最短 2 日間ずつ、延べ 8 日間の休止で完成させる。各ステップの工事内容は、分割改修 PT. 5 の場合と同一として分割改修用機器との共用を図るとともに、最終形は準撤去新設と同一機器構成になるようにした。以下に各ステップごとの工事の概要を示す。

(1) 第 1 期 乗場戸閉 モダン化

乗場 ドア まわりの部品の取替えとともに、全域 クローザ 機構の取付工事を行い ドア まわりの安全性を向上させる。

表 4. SS 工法標準工程表

仕様：P9-2S
CO-60,8 停止

NO	工事内容	金	土	日	月～木	金	土	日	月～木	金	土	日	月～木	金	土	日	月
1	第一期工事用機材搬入・事前準備	←															
2	第一期工事(乗場戸閉モダン化)		←	→													
3	第二期工事用機材搬入・事前準備					←	→										
4	第二期工事(かごモダン化)						←	→									
5	第三期工事用機材搬入									←	→						
6	第三期工事(制御改修)										←	→					
7	第四期工事(耐震・法令化工事)														←	→	
8	乗場意匠更新(三方棒塗装)										←	→			←	→	
9	引継検査、官庁検査、引渡し																←
	エレベーター休止期間		←	→			←	→			←	→			←	→	

(2) 第 2 期 かごモダン化

かご室及びかご周辺機器の取替えを行う。ドア装置は L4-EE 形となる。この段階では、制御盤は既設品を使用するため操作・信号器具 I/F などを取り付ける。

(3) 第 3 期 制御改修

機械室の巻上機・制御盤及び電気関係機器、更に乗場インジケータ・乗場ボタンなどの取替えを行う。制御装置が更新されたので第 2 期で取り付けした I/F は取りはずす。

(4) 第 4 期 耐震・法令化

昇降路内耐震対策工事とフェニックスプレート取付工事などを行い、安全性を向上させるとともに現行法令に適合させる。

このように SS 工法は利用者の迷惑を最小限にし、かつ短期間で施工する画期的な工法であり、上記で述べた以外に例えば連休を利用した方式など幾つかのメニューを準備している。

6. む す び

旧規格形 エレベーターのモダンゼーションの方法を中心に紹介した。オーダー形エレベーターやエスカレーターについても、標準化に困難な面があるものの、同様の考え方に基づいて積極的な展開を図っている。更に今後は、昭和 45 年以降大量に市場投入された住宅用規格形エレベーターの更新時期が近づいていることから、より一層経済的に、短休止期間でモダン化できる方法の開発が必要になると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 昇降機の技術基準の解説 (1984 年版), 日本エレベーター協会
- (2) 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)
- (3) 国岡ほか: 移動足場工法による中高層ビル向けエレベーターの据付け, 三菱電機技報, 57, No. 11 (昭 58)
- (4) 舟橋ほか: エレベーターのモダンゼーションと実際, 設備と管理, 昭和 58 年 5 月号

東京工業大学納め重イオンライナック

上田 和 宏*・金 沢 正 博*・朝 井 克 治*・奥 田 成 明*・田 中 常 稔*

1. ま え が き

東京工業大学から重イオン照射実験用の重イオン加速器システムを受注し、製作納入したのでその概要を報告する。今般東京工業大学で計画された内容は、加速する重イオンとして Li から Nb までの全核種を対象とし、核融合炉ブランケット材料などの材料物性の研究、更に広く重イオン物理の研究を目的としたものである。このため重イオン加速器システムとしては、低加速エネルギー・高電流、高加速エネルギー・低電流、エネルギーの可変範囲が広いことが望まれ、負イオン源、前段加速器としてタンドム形直流加速器、後段加速器としてインタディジタル H 形重イオンライナックの組合せ構成が選択された。両加速器の出力をそれぞれ利用できるようビーム輸送系、照射系を設けており、したがって複合照射実験装置と称される。

前段加速器の前力エネルギーは 0.24 MeV/A、後段加速器は 2.5 MeV/A である。/A は“核子当たり”を意味している。インタディジタル H (IH) 形ライナックは、ヴィデレ形の変形と言えるもので、この計画のエネルギー領域ではシャントインピーダンスが高く、加速空洞の径を通常のアルパシ形約 1/2 と小さくできる利点をもっており、この計画には最適方式と考えられた。IH 形はミュンヘン工科大学で製作された例⁽¹⁾があるが、ここでは東京大学原子核研究所で改良された方式⁽²⁾を採用し、構造に必要な寸法は東京工業大学でモデル実験に基づき決定された。図 1. に IH 形ライナックの原理図を示す。詳細は 3 章に述べる。

図 1. で、加速空洞内にドリフトチューブを並べ半数は空洞上部から、半数はリッジ台上から支持する。ドリフトチューブは、逆電界になったときにイオンを保護する役割を果たす。空洞に TE₁₁₁ モードで定在波を立てると磁力線は円筒の軸に平行に流れ、電流が円筒面を方位角方向に流れる。この結果、隣り合うドリフトチューブはそれぞれ正負に帯電し、その間のギャップに生じる電圧がイオンを加速する。空洞内で電界がほとんどギャップに集中することがシャントインピーダンスの高い理

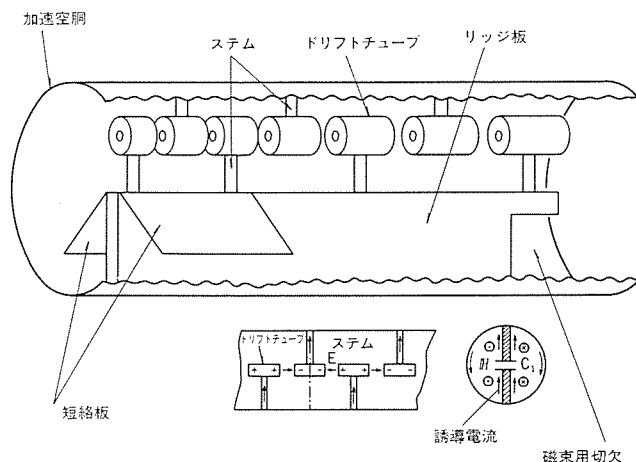


図 1. インタディジタル H 形ライナックの原理図

由である（加速エネルギーが高くなると単位長さに配置できる加速ギャップ数が減り、シャントインピーダンスは低下する）。ドリフトチューブ長は加速エネルギーとともに長くなるので、ギャップ長／ドリフトチューブ長を一定にすると電界分布は入力部に集中し、加速効率の低下、放電の危険を生じる。このため空洞全体にわたって加速電圧を平坦化する必要があり、入力部にウイングチューナー、出力部にリッジ切欠き形チューナーを設け、インダクタンス分を入力部で小さく出力部で大きくして、加速空間の電界を平坦化する方式を今回採用した。

東京工業大学での 1/4 モデル試験で良好な結果を得て、この製品の設計製作に入った。設計の主眼は加速器としての性能と精度を確保するための構成各部の展開である。

2. 全 体 構 成

複合照射実験装置は前段加速器の低エネルギー重イオンでの材料科学研究と、前段加速器の出力を重イオンライナックで加速した重イオンビームによる重イオン物理研究を行う装置である。装置全体の構成と配置は図 2. のようになっている。

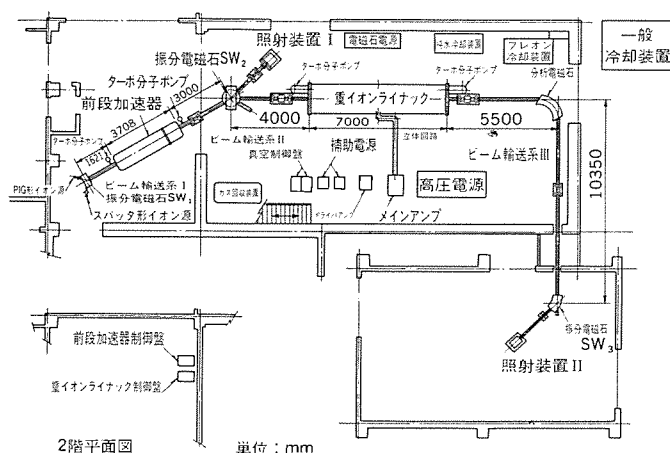


図 2. 複合照射実験装置の構成と配置

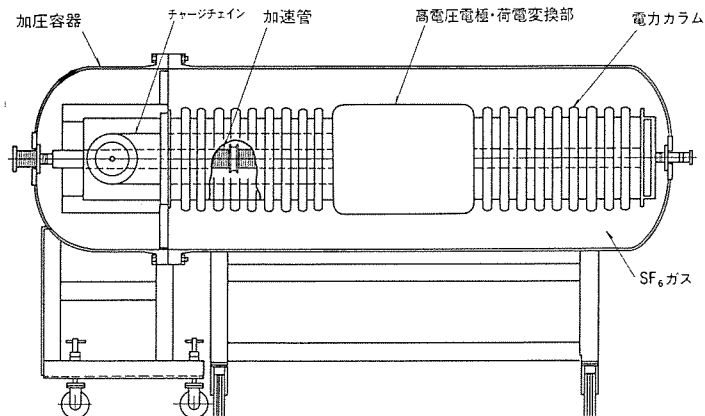


図 3. 前段加速器の構造

(1) 重イオン源

東京工業大学で開発・改良された重イオン源が、この装置用に用意された。気体を原料とするイオン用には PIG 形、固体を原料とするイオン用にはスパッタ形が採用されている。

(2) ビーム輸送系 I

2 種のイオン源の切換とイオン種の選択に用いる振分電磁石 SW₁、ビームダクト、Q 電磁石などで構成されている。

(3) 前段加速器

米国 National Electrostatics Corp. 製の 5 SDH-2 形ペレットロンを採用し新設した。主要構造を図 3. に示す。加速機能として次の性能をもっている。絶縁カラム電圧：1.6 MV、電圧安定度：±1 kV、チェーンの高電圧電極への輸送電荷量：300 μA (ペレットチェーン 2 本)。絶縁カラムの中央部は、正の高電圧電極で内部にガスによる荷電変換部がある。加速管部へのガスの流出を防ぐための排気装置も設けられている。入射する負イオンは高電圧電極に向けて最大 1.6 MeV まで加速される。高電圧電極内の荷電変換部で負イオンがいろいろな荷電数の正イオンに変換され、接地電極に向けて更に加速される。加速エネルギーは正イオンの電荷数で変わるが、例えば S⁻ が S⁴⁺ に変換されると加速電圧 1.54 MV のとき、7.7 MeV (0.24 MeV/A) に加速される。

(4) ビーム輸送系 II・照射装置 I

前段加速器の出力ビームは、そのまま材料の照射試験に用いられるとともに、次の主加速器・重イオンライナックに入射される。振分電磁石 (-15°, +15°)、Q 電磁石、照射チェンバー、荷電変換器などで構成されている。荷電変換器はカーボンではなく(箔)である。変換率は、例えば S⁴⁺ イオンから S⁸⁺ になるのは約 10 % である。

(5) 重イオンライナック

複合照射実験装置の最も主要な部分で、原理は 1 章で述べたが従来のアルパシ形に比べて小形で加速効率がよい。ビームの収束は従来形と同様ドリフトチューブに内蔵した Q 電磁石で行うが、ドリフトチューブが小さいため分割コイル形 Q 電磁石を採用し、フロンで直接冷却している。高周波電源の 48.0 MHz、65 kW の高周波は誘導性カプラでライナックに給電され所要の高周波電界を発生する。S⁸⁺ の場合、q/A = 1/4 でライナックで約 10 MV の電圧ゲインを得て出力エネルギーは 80 MeV (2.5 MeV/A) となる。重イオンライナックの構成、構造、性能について次章以降に詳しく述べる。

(6) ビーム輸送系 III・照射装置 II

重イオンライナックの出力を重イオン物理の研究に用いるため、90 度偏向磁石、45 度偏向磁石、Q 電磁石などを設けている。

(7) 高周波電源

重イオンライナックに給電する高周波源である。出力は同軸管 WX-120 D で重イオンライナックに接続している。詳細は 4 章に述べる。

(8) 冷却系

一般冷却系、純水冷却系、フロン冷却系の 3 系で構成している。フロンはドリフトチューブ内の分割コイル形 Q 電磁石を直接冷却するもので、絶縁と腐食の点から冷媒として R 113 を選択した。沸点が 47.5°C と低いので入力温度を 15°C 以下に制御している。

純水系は重イオンライナックの空洞、チューナー前段加速器、電磁石、メインタップの冷却を行っている。一般冷却系はこれら 2 系の一次冷却水である。

(9) 真空系

重イオンライナックの排気に 3,500 l/s のターボ分子ポンプ 2 台、前段加

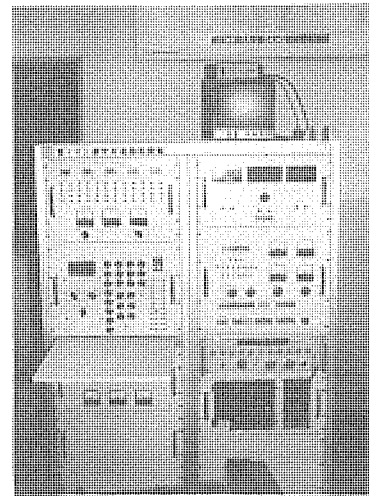


図 4. 制御盤の外観

速器の排気に 500 l/s のターボ分子ポンプ 2 台、ビーム輸送系にイオンポンプ 4 台を用いている。

(1) 制御盤

前段加速器制御盤、重イオンライナック制御盤に分けて構成している。重イオンライナック制御盤は、給電する高周波の運転・制御、チューナーの制御を行い、磁石電源の運転・制御、真空系の表示も行っている。外観を図 4. に示す。

3. 重イオンライナックの構造

重イオンライナックは複合照射実験装置の基幹をなす装置である。またインタディジタル H 形構造の本格的加速器としての世界初の試みという位置付けもされている。これを計画どおりの日程で実現するのが我々の課題であった。このために、次のように理念を立てエンジニアリングを追求した。

(a) 各部の構成を展開して持つべき性能を確定。将来の拡張性の有無から固定/取り外し可能な選択も行う。

(b) 組立精度の確保は、調整機構のいたずらな付加を求めず、部品段階の必要精度を確保して組立を単純化する。

(c) 選択に分歧のあるものは、東京工業大学殿の御協力を得て試作試験を行い、その結果から決定する。

図 5. に重イオンライナックの構造を、図 6. に外観写真を示す。加速空洞は内径 1.4 m、長さ 7 m の円筒形で両端フラジ式真空容器である。周囲に、Q 電磁石入ドリフトチューブ取付孔、真空計測孔、のぞき孔、L・C チューナー取付孔、真空排気孔、マンホールなど 37 個のポートが設けられている。空洞内はリッジが立ち、入射側のリッジ側面に 2 対のウイングチューナー、上面に 22 個のドリフトチューブを取り付けている。このドリフトチューブの間に空洞上面から Q 電磁石入りのドリフトチューブが取り付けられ、また、移動形のチューナーとして C チューナーを 2 個、L チューナーを 1 個設け、C チューナーは共振周波数の粗調に、L チューナーは空洞全体の AFC (自動周波数調整) の制御機構として用いている。

重イオンライナックの機能上必要な要件は次の諸点である。

(a) 2×10^{-7} Torr 以下の高真空の維持——真空が劣化すると重イオンの荷電数が変化し加速効率が低下する。

(b) ドリフトチューブの配置の軸心精度が ±0.25 mm 以内。

(c) 軌道安定性を得るため、ドリフトチューブ内の Q 電磁石の磁場

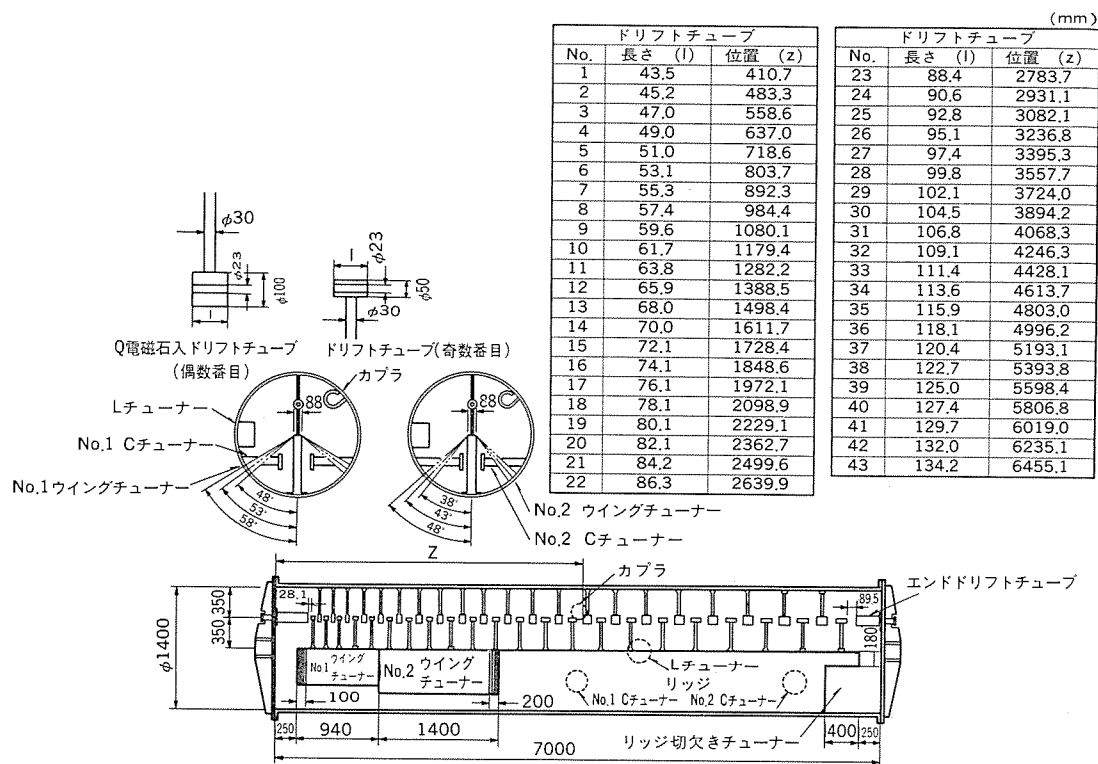


図 5. 重イオンライナックの構造

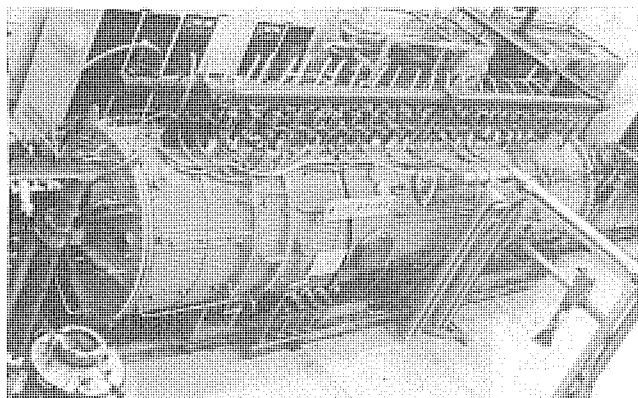


図 6. 重イオンライナックの外観

こう配が 4.5 kG/cm 以上⁽³⁾。

(d) 高周波特性をよくするため、表面抵抗及び接触抵抗を極力小さくする。

(e) 調整後の空洞内電界分布を維持するため、温度分布が一様となる冷却を行う。

以上の要件を満たすために、我々は設計を次の方針で行い製作もこの方針を貫いた。

(a) 加速空洞を鉄-無酸素銅のクラッド板で製作し、ポート部もクラッド板か銅板で製作して銅部で溶接接合する。フラッジ合せとなる部分には C リング形 コンタクトを入れる。真空孔のように大きい孔には電流路をアイリス板として設ける。

表 1. 重イオンライナック構造の要目

		寸 法 (mm)	移動・調整式	材 料	RF コンタクト	冷 却
加 速 空 洞		1,400 φ×7,000 L	—	鉄・銅クラッド	ステンレスOリング +銀Cリング	ステンレスパイプパネル +サーモセメント } に純水冷却
リ ッ ジ	バ ー	88×6,500 L	—	ステンレス銅 +銅めっき	同 上	内部を純水冷却
	ブ レ ー ト	600×6,500 L	—	銅		銅パイプを純水冷却
ドリフト チューブ	Q 磁 石 な し	50 φ×43.5~134.2 L	—	銅	ステンレスOリング (銀めっき)	内部を純水冷却
	Q 磁 石 あり	100 φ×45.2~132.0 L	0.5 mm	ステンレス銅 +銅めっき	同 上	フロン冷却
電界平坦化 チューナー	No. 1 ウィングチューナー	840~940 L	48~58°	銅	ステンレスOリング +銀Cリング	銅パイプを純水冷却
	No. 2 ウィングチューナー	1,200~1,400 L	38~48°	銅	同 上	同 上
	Cチューナー	300 φ	380 mm	ステンレス銅 +銅めっき	フィンガーコンタクト	内部を純水冷却
L チューナー		300 φ	300 mm	同 上	同 上	同 上
カ プ ラ		210 φ	0~90°	銅	ステンレスOリング (銀めっき)	同 上

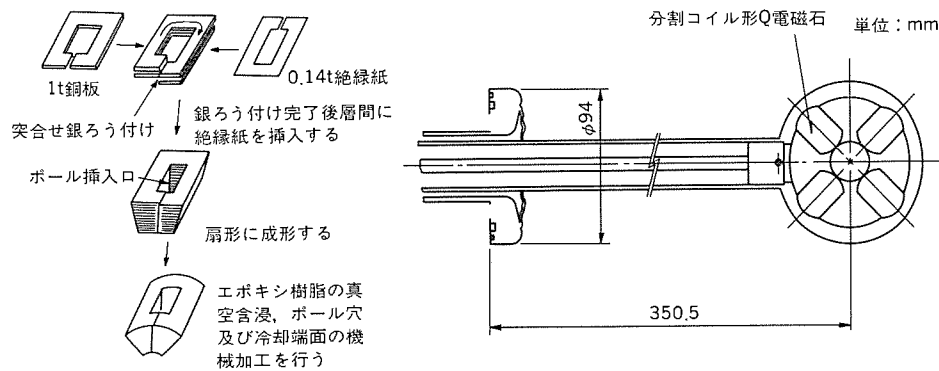


図 7. ドリフトチューブ (分割コイル形 Q 電磁石)

- (b) 加速空洞はペーキング可能な構造、構成とする。
- (c) リッジに支持されるドリフトチューブの軸心は機械加工精度で得る。支持構造体はステンレス鋼にピロリン酸銅めっきをし、変形を防ぐとともに高周波特性を保つ。
- (d) 加速空洞内面及び内部構造体の表面は、すべて銅又は銅めっきとし必要な部分のボルトは銅めっき品を使用する。
- (e) ドリフトチューブに収納する Q 電磁石は分割コイル形を採用する。冷却はフレオンで直接冷却する。このドリフトチューブとステムはステンレス鋼にピロリン酸銅めっきして製作する。

製作した加速空洞の要目を表 1. に示し、分割コイル形 Q 電磁石の入ったドリフトチューブを図 7. に示す。

4. 高周波源

重イオンライナックに給電する高周波源は、3 段増幅の増幅器で、広帯域トランジスタアンプ、3 極管のドライバアンプ、4 極管のメインアンプで構成した。真空管アンプはグリッド接地同調方式で 50 Ω ダミー負荷で周波数 45~55 MHz、最大出力 (パルス, CW) 80 kW が得られる。出力は同軸管 WX 120 D で加速空洞に給電する。インピーダンスマッチングはカプラの回転とメインアンプの出力結合コンデンサの調整で行い、VSW

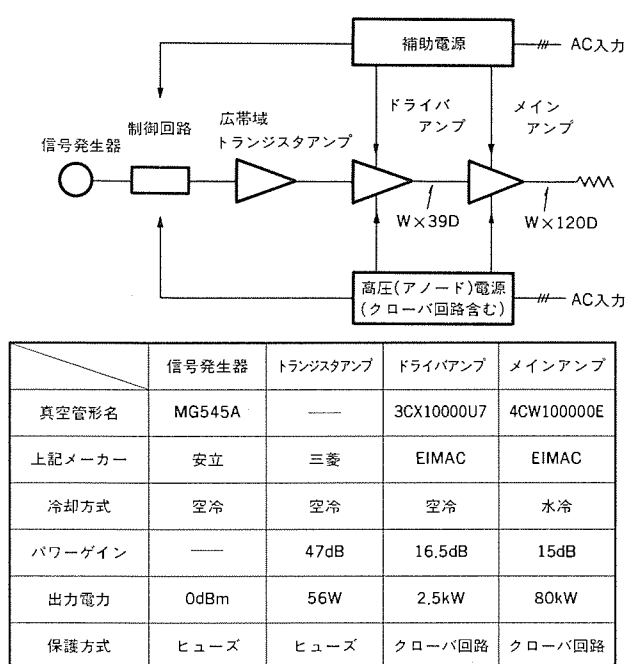


図 8. 高周波源の概要

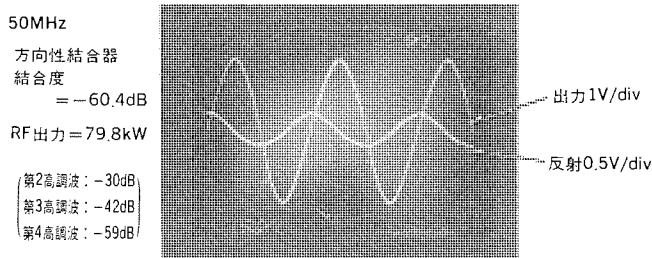


図 9. 高周波源出力波形

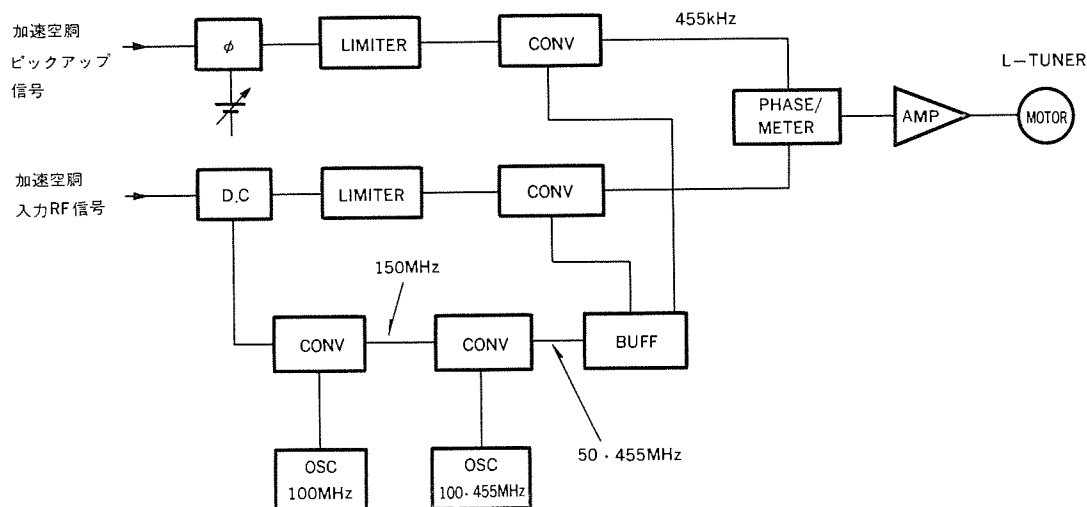


図 10. AFC 回路ブロック図

$R=1.5$ が得られた。主要諸元を図 8. に示す。80 kW 出力運転（ダミー負荷、仕様要求値 65 kW）の真空管能率 65%，高調波成分は 45~55 MHz にわたって第 2 高調波 -30 dB 以下，第 3 高調波 -42 dB 以下である（図 9.）。またアップチェインとしての実用帯域幅は 800 kHz あり加速空洞の温度変化による共振周波数の変量を十分カバーできる。

AFC 回路のブロック図と特性を，図 10.，図 11. に示す。L チューナーの周波数補正範囲は約 50 kHz である。AFC 回路は空洞のピックアップ信号と増幅器出力方向性結合器信号をダブルバランスミキサーで 455 kHz に変換し位相検波して，L チューナーを制御する。位相安定度は $\pm 0.5^\circ$ 以下（約 600 Hz）が得られた。AGC 回路は上記ピックアップ

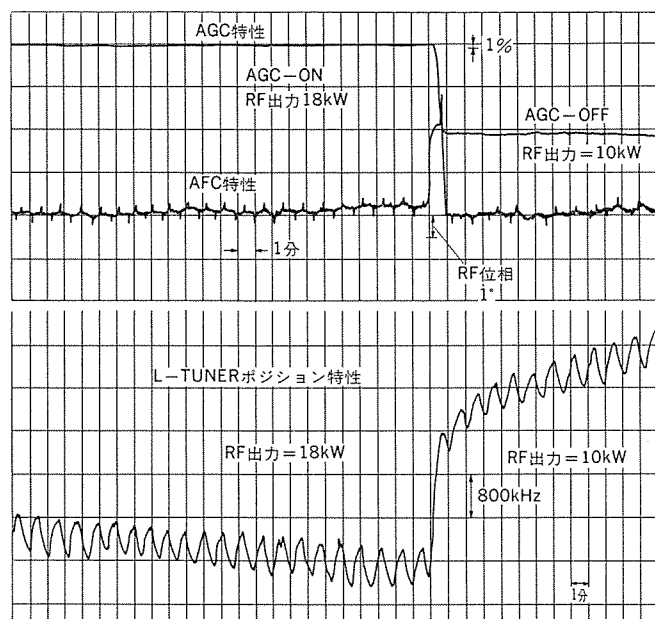


図 11. AGC, AFC 特性

信号を検波し，RF 出力設定値と比較して RF 入力を制御する。 $\pm 0.5\%$ 以下が得られている。

5. 据付け調整及び初期運転の状況

5.1 加速空洞の組立精度

加速空洞，電磁石の据付けは厳しい精度が要求され，中でも加速空洞内部のドリフトチューブの軸心精度は ± 0.25 mm 以内が必要である。43 個のドリフトチューブ組立調整を 3 回試みて最終的に ± 0.1 mm 以下の組立精度を実現した。

5.2 加速空洞のアウトガス量と到達圧力

加速空洞は容積が 1×10^4 l，内表面積 7×10^3 cm² と大きく，かつ構造が複雑で排気条件はよくない。このため加速空洞単体で 250°C のベーキングを行い表面の吸着ガスの除去を行って後内部を組み立てている。組立後リークテストをフード法で行い，バイトン O リングの透過量に関する理論計算値よりも少ないことで外部リークはないと判断した。真空引開始後の真空度と放出ガス量の測定値を図 12. に示す。真空引開始後 264 時間で真空度 1.8×10^{-6} Torr，アウトガス量 0.9×10^{-10} Torr·l/s·cm² となって目標値を達成した（図 12.）。

5.3 分割コイル形 Q 電磁石の運転

分割コイル形 Q 電磁石は，上部つ（吊）りドリフトチューブ 21 台と両端のエンドドリフトチューブ合わせて 23 台が組み込まれている。ドリフトチューブ内の Q 電磁石は，三つのグループに分けて 3 台の電源で励磁される。表 2. にこの運転状況を示す。所定の磁場こう配を得たときの電流値はそれぞれ，185 A，135 A，100 A で各 8 l/min のフロンで冷却して連続使用できている。

5.4 加速空洞の特性

加速空洞の共振周波数，Q 値，電界分布の測定結果を図 13. に示す。これは東京工業大学にてなされたものである。Q 値は 21,500，シャントインピーダンス 205 M Ω /m が得られている⁽⁴⁾。シャントインピーダンスは小

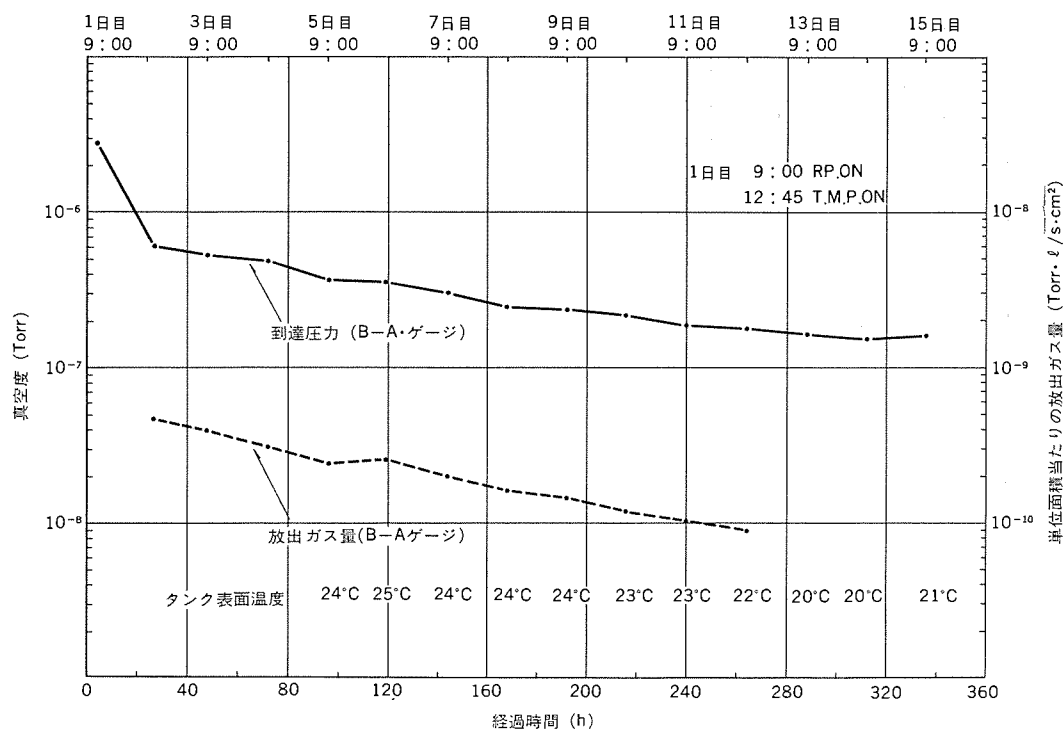


図 12. 真空引開始後の真空度と放出ガス量

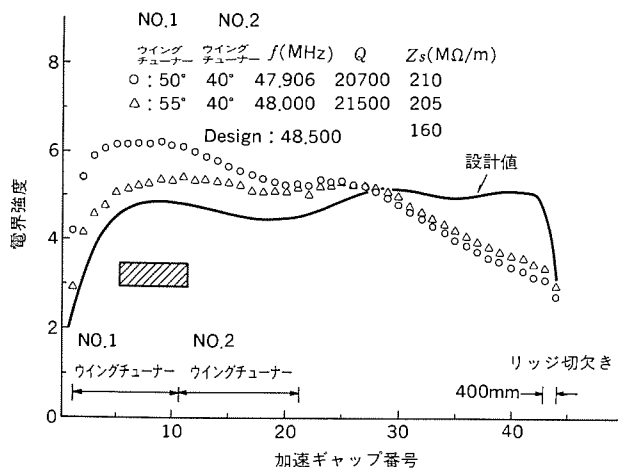


図 13. 共振周波数, 加速電界分布及び シャントインピーダンス

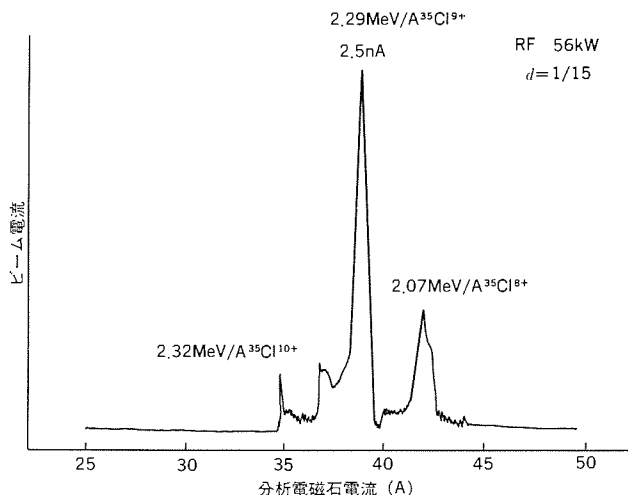


図 14. Cl イオンの出射 エネルギースペクトル

表 2. 分割 コイル 形電磁石の運転状況

No.	電 流 (A)	磁 場 ⁽¹⁾ (GB)	極 性	ターン数 (T/P)	フレーション 流量 (l/min)	磁極長 (mm)	備 考
Q ₁	185	5,050	N	15.5	8.0	25.2	磁場とう配 4.5 kG/cm Q電磁石 8 台に 対して電源 1 台
Q ₂	185	5,120	S	15.5	8.0	29.0	
Q ₃	185	5,070	N	15.5	8.0	33.1	
Q ₄	185	5,140	S	15.5	8.0	37.4	
Q ₅	185	5,140	N	15.5	8.0	41.7	
Q ₆	185	5,100	S	15.5	8.0	45.9	
Q ₇	185	5,070	N	15.5	8.0	50.0	
Q ₈	185	5,195	S	15.5	8.0	50.0	
Q ₉	135	3,650	N	15.5	8.0	52.0	磁場とう配 3.5 kG/cm Q電磁石 6 台に 対して電源 1 台
Q ₁₀	135	3,805	S	15.5	8.0	52.0	
Q ₁₁	135	3,825	N	15.5	8.0	52.0	
Q ₁₂	135	3,750	S	15.5	8.0	52.0	
Q ₁₃	135	3,675	N	15.5	8.0	52.0	
Q ₁₄	135	3,725	S	15.5	8.0	52.0	
Q ₁₅	100	2,925	N	15.5	8.0	77.0	磁場とう場 2.5 kG/cm Q電磁石 7 台に 対して電源 1 台
Q ₁₆	100	2,775	S	15.5	8.0	77.0	
Q ₁₇	100	2,950	N	15.5	8.0	77.0	
Q ₁₈	100	2,950	S	15.5	8.0	77.0	
Q ₁₉	100	2,825	N	15.5	8.0	77.0	
Q ₂₀	100	2,725	S	15.5	8.0	77.0	
Q ₂₁	100	2,785	N	15.5	8.0	77.0	
Q _{IN}	60	1,000	S	16.0	8.0	77.0	磁場とう配 ⁽²⁾
Q _{END}	60	1,000	S	16.0	8.0	77.0	1.5 kG/cm

注 (1) ドリフトチューブ内管壁面で測定

(2) テープコイル形 Q 電磁石

形モデルのデータをもとに大学側で予想された値より約 20% も高く、加速空洞内部で高周波コンタクトに十分配慮した設計、製作、組立の成果といえる。

5.5 ハイパワーテスト

以上の準備実験の後、加速空洞に高周波電力の給電を開始した。当初 1 kW 以下の低電力でマルチパルスが発生し、この領域を通過

するのに 16 時間を要したが、その後順調にエージングが進み 50 kW 以上の電力投入が可能になった。

5.6 初期ビーム加速テスト

東京工業大学で Cl^{8+} , Cl^{9+} , Cl^{10+} の加速テストが行われた。結果を図 14. に示させていただく。RF 56 kW で、 $^{35}\text{Cl}^{9+}$ が得られており、初期ビーム加速テストとしては目標をほぼ達成したといえる。

6. む す び

東京工業大学に納入した複合照射実験装置の概要を述べ、とりわけ重イオンライナックについて詳しく述べた。今回製作した III 形重イオンライナックは、この方式の本格的な重イオンライナックとして世界初号機である。東京工業大学、東京大学原子核研究所で多年研さん(鑽)を積まれた、加速方式、空洞製法、分割コイル Q 電磁石など多くの新技術を基に、当社の加速器エンジニアリング技術で計画日程どおりに実現したもので、今後の加速器技術の発展に寄与するものと期待している。

これはまた、新井栄一教授をはじめとする東京工業大学の諸先生方の熱意のたまものとして誕生したもので、幾つかの技術的な困難を新井教授の物心両面にわたる御指導を得て乗り切ってきた。ここに記して心からの謝意を表したい。東京大学原子核研究所の平尾泰男教授にも有益な御助言をいただいたことを感謝している。(株)日本製鋼所、東北金属(株)には製作に当たって大きな協力をいただいた。併せて謝意を表する次第である。

(昭和 60-12-19 受付)

参 考 文 献

- (1) Improved Performance of the Munich Heavy Ion Postaccelerator IEEE Trans. of Nucl. Sci. Vol NS-30, No. 4, Aug. (1983)
- (2) リニアック研究会報文集 (55-8) 101
- (3) 東京工業大学: 重イオン複合照射実験装置用加速器システムの設計 (昭 59)
- (4) リニアック研究会報文集 (60-9) 99

日本道路公団納め関越自動車道ハイウェイラジオシステム

持田 明孝*・宮崎 嘉光*・渡川 茂*・岡野 勝**・児山 淳弥***

1. ま え が き

関越自動車道は、東京練馬を起点とし、埼玉県、群馬県を経て新潟県長岡に至る延長約245 kmの高速道路であり、昭和60年10月の前橋～新沢間約75 kmの完成をもって全線開通した。図1.に示すとおり、この道路は北陸自動車道長岡～新潟黒崎間55 kmを含めて、東京～新潟間約300 kmを結ぶ我が国初の列島横断道路となり、経済交流、物資流通など地域経済の発展と観光資源の開発に大きく貢献している。この道路の中間部は、谷川岳直下を貫く、道路トンネルとしては日本最長の関越トンネル(10.9 km)を境として、その南と北では全く気象条件の異なる道路であり、また東京起点部は交通量が多く、全線開通によりさらに重要な道路となっている。

このような特徴を持つこの道路において、安全かつ円滑な交通流を維持するために、従来の可変標識板による視覚情報提供に加えて、音声によるよりきめの細かい聴覚情報提供を行うハイウェイラジオ設備が設置されている。以下に関越自動車道高崎交通管制室管内のハイウェイラジオシステムについて紹介する。

2. システムの概要

ハイウェイラジオシステムは、高速道路の路側に設置した送信機から、一

般カーラジオ(周波数1,620 kHz)を通して、ドライバーに道路情報を提供するシステムであり、従来の可変標識板の内容をより詳しく伝達し、かつ可変標識板に表示しきれない複数情報を提供することができる。図2.にハイウェイラジオシステム系統図を示す。

(1) 高崎交通管制室

交通管制室では、パトロールカー、非常電話、気象観測設備、交通量計測設備、ITVなどにより、道路上で発生する様々な事象を収集している。ハイウェイラジオの中央設備は高崎交通管制室に設置し、多種多様な事象に即応して的確な情報を伝えるために、事象登録、メッセージ編集、更に音声合成機能を持たせている。また新潟交通管制室のハイウェイラジオ中央設備と通信回線で接続し、互いに自局管内の全端末の放送有無、放送内容を交換し合い、相手局端末の状況を把握できる構成としている。

(2) 管理事務所

交通管制室から端末への音声回線、及び監視制御用回線の分岐を行うとともに、管理事務所管内の端末の放送有無、放送の内容の音声モニタを行う傍受装置モニタを設置している。

(3) 端 末

道路路側から車線に送信する送信機及び空中線、放送中に放送区間の予告、開始、終了をドライバーに示す可変式案内標識板、及びこれらを監視制御する遠方監視制御装置から構成され、これらの機器はすべて道路路側に設置している。所沢・川越地区は上り線、渋川・月夜野地区は下り線を情報提供の対象としている。

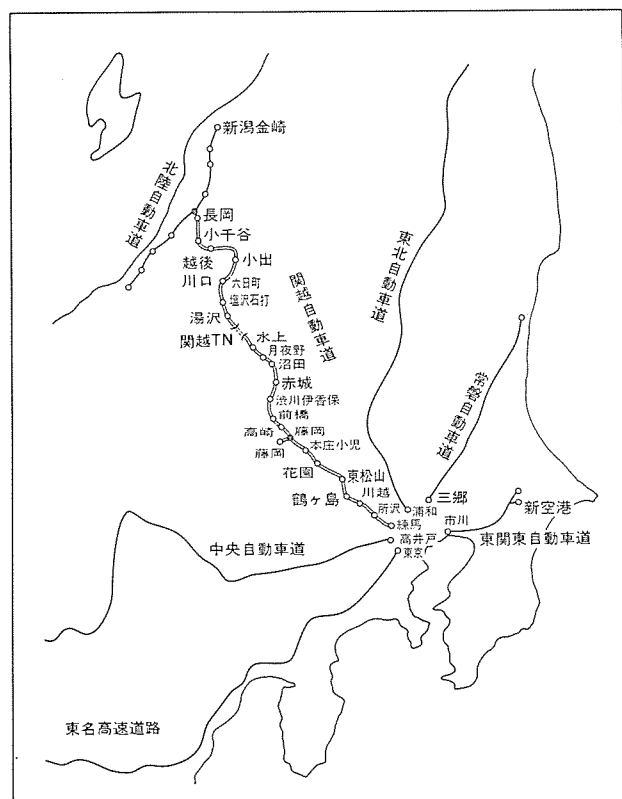


図1. 関越自動車道路線図

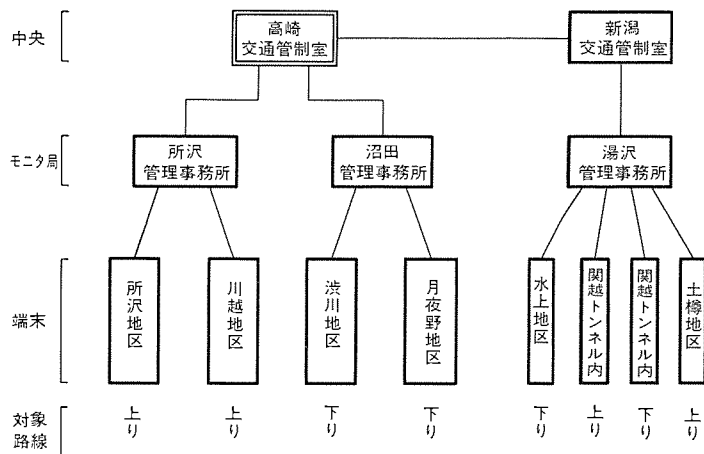


図2. システム系統図

3. 設計条件

ハイウェイラジオシステムのハードウェア、ソフトウェア基本仕様に関し、過去高速道路調査会⁽¹⁾、メーカー・キンググループなどで種々の検討がなされてきた。これらをふまえて、以下に関越自動車道ハイウェイラジオシステムの基本設計条件について述べる。

(1) メッセージの基本構成

表 1. にメッセージの基本構成を示す。従来の可変標示板は、最も優先順位の高い 1 事象の情報提供を行っていたが、ハイウェイラジオでは、同時に複数事象（最大 3 事象）を最長 40 秒のメッセージとして伝えることができることとした。

(2) 情報提供ゾーン

表 2. に情報提供ゾーンの基本構成を示す。従来の可変標示板による情報提供と相互補完し、全体としての情報提供レベル向上を目指している。

(3) 放送運用レベル

メッセージの内容を、あらゆる事象を想定してあらかじめ準備しておくことは困難であり、必要なメッセージの種類（基本文章パターン、挿入単語）は多分に長期の運用によって検証されるものである。よって今回のシステムでは、あらかじめ用意した 800 文節の組合せによる

表 1. メッセージの基本構成

(1)メッセージの長さ

最長40秒程度とする。

(2)反復回数

2回反復聴取可能とする。

(3)話す速さ

330文字(漢字かな混り文)/1分程度

(4)文章編集方法

文節800パターンの組合せ-----今回システム
(基本文章パターン 500 } の組合せ)---最終形態
(挿入単語 1,000 }

(5)メッセージの構造

前文	最大3事象とする。
事象1に関する情報	
「また」	
事象2に関する情報	
「さらに」	
事象3に関する情報	

(6)前文の構造

構成要素	
①情報提供者	こちらは日本道路公団です。
②提供対象者	新潟(東京)方面へ走行中の方に
③結び	お知らせします。

(7)事象表現

① 縦断位置 → ② 横断位置 → ③ 事象 → ④ 規制 → ⑤ 渋滞 → ⑥ 行動勧告

表 2. 情報提供ゾーンの基本構成

インターチェンジ

中間点

出口

可変式メッセージ板

インターチェンジ

予告区間

情報提供区間

行動判断区間

従来からの電光式情報板

：インターチェンジ流出部情報板

：中間点情報板

(1) 予告区間

1km

(2) 情報提供区間

40秒のメッセージを始めてから終わりまで完全な形で
2回聞ける区間（区間長：3メッセージ長）

走行速度(km/h)	1メッセージ長(m)	区間長(km)
100	1,110	3.3
80	890	2.7
60	670	2.0

(3) 行動判断区間

2.5kmを標準とする

（但しインターチェンジ間距離が短い場合これ
以下とする）

④自動放送、メッセージの不足に対処するため、その都度ディジタル録音・登録可能な音声量子化装置による②手動放送、更に装置ダウン時のバックアップ用③割込み放送の三つの放送運用レベルを設けた。

4. 中央ハードウェア構成

高崎交通管制室に設置される中央設備としては、放送文章の編集及びプリントアウトを行う自動放送用メッセージ編集卓、手動放送、割込み放送及び機器の動作故障監視・制御を行う操作卓、運用記録用プリンタ、各種入出力インタフェース、放送文章編集・音声合成を行う制御装置、及び音声信号の切換、端末機器の監視制御を行う放送出力切換装置で構成している。これら中央設備のハードウェア構成を図 3. に、ハードウェア仕様を表 3. に示す。

4.1 制御装置

- (1) 制御装置の CPU として、三菱ミニコンピュータ《MELCOM 70 シリーズ・モデル 50》を使用し、補助記憶装置 (FXD) 38 M バイト 2 台をそれぞれ、音声登録用と制御用に使用している。コンソール CRT とフレキシブルディスク (FDD) はシステム管理・保守用である。
- (2) プリンタ・CRT などの周辺機器制御、及び遠方監視制御装置との監視制御信号入出力用にシリアル入出力機構を用い、操作パネルの入出力用プロセス I/O モジュール、時計モジュールはチャネルインタフェース機構経由で CPU に接続している。
- (3) 手動放送用音声入力信号をディジタル化する音声量子化装置及び自動放送・手動放送の音声合成を行う発声ユニットは、高速パラレル

表 3. 中央ハードウェア仕様

装置	項 目	仕 様
制 御 装 置	(1) 処理装置	MELCOM 70 シリーズ・モデル 50 16 ビット 1 M バイト 補助メモリ FXD 38 M バイト×2 FDD 1 M バイト×1
	(2) 音声量子化装置	LOG-PCM (CCITT G 711 μ -law 準拠) 8 ビット サンプリング周波数 8 kHz 周波数帯域 300~3,000 Hz
	(3) 発声ユニット	LOG-PCM (CCITT G 711 μ -law 準拠) 音声復号則 音声復号化速度 64 Kbps 周波数帯域 300~3,000 Hz 出力チャネル数 5
	(4) 通信制御装置・モデム	4,800 bps 半二重通信方式 HDLC-UN クラス 16 値直交振幅変調 (CCITT V 29 準拠) 4 線式通信回線
放 送 出 力 切 換 装 置	(1) 出力切換部	発声ユニット入力 0 dBm/600 Ω 平衡×5 回路 操作卓入力 " ×2 回路 線路送信出力 " ×4 回路 モニタ出力 " ×1 回路
	(2) 遠方監視制御部	MELFLEX 400 サイクリック・ポーリング方式 対向方式 1=N(N=4) 伝送速度 1,200 bps 変調方式 周波数偏移変調 (1,700 $\pm$ 400 Hz) 符号方式 電気学会 44 ビット方式 適用回線 4 線式通信回線

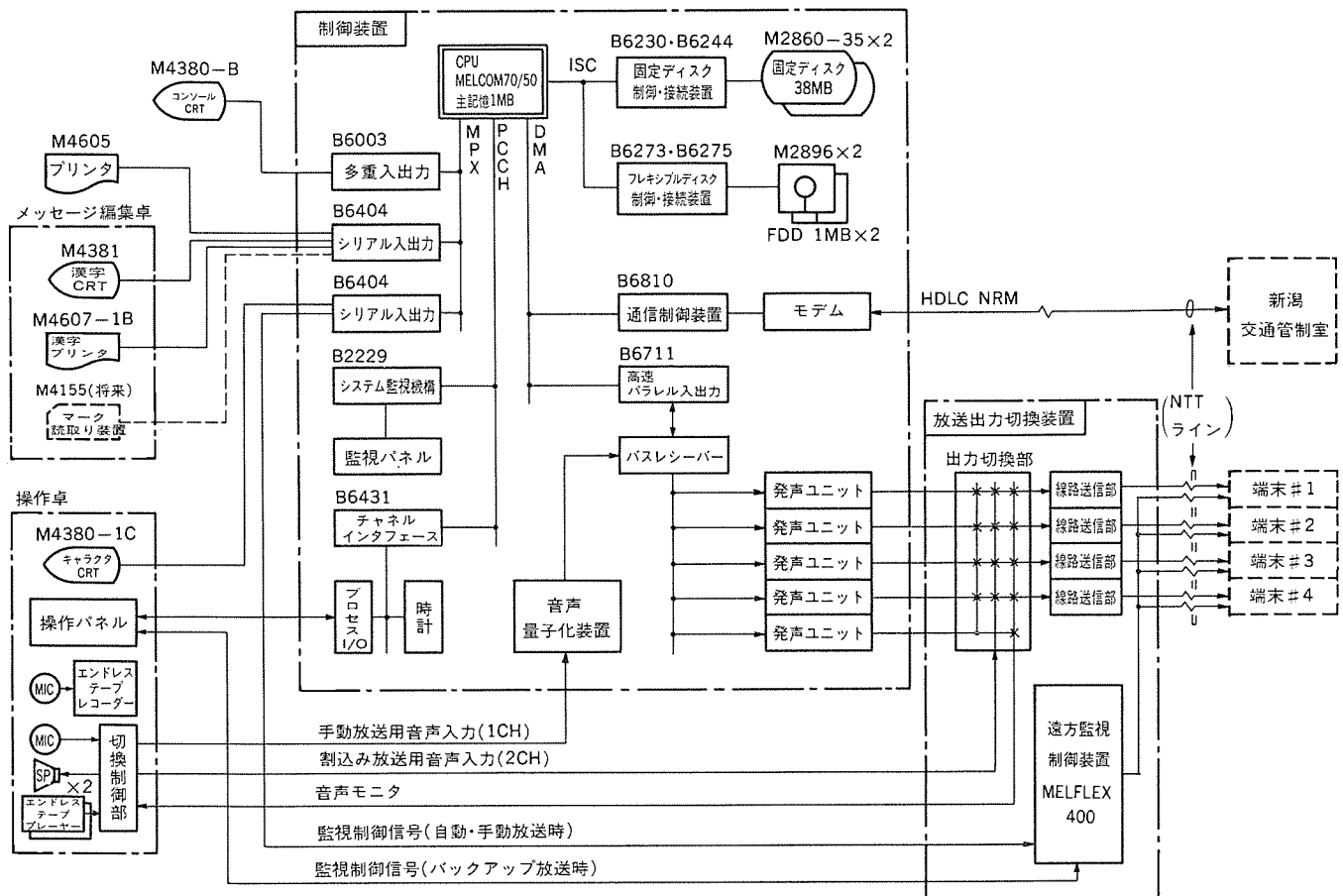


図 3. 中央ハードウェア構成

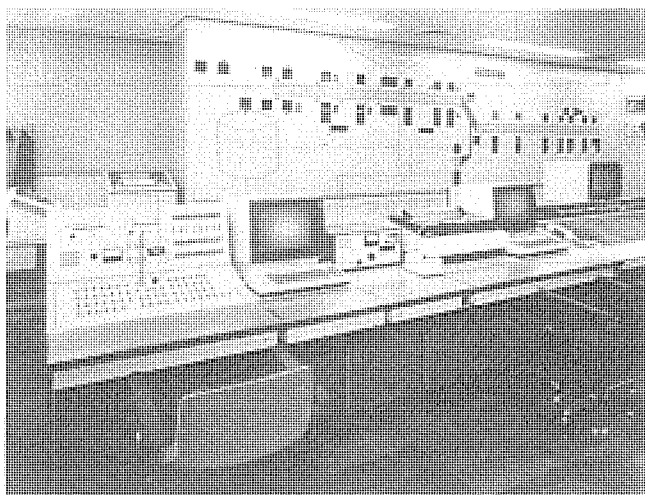


図 4. (a) マンマシン 機器の外観

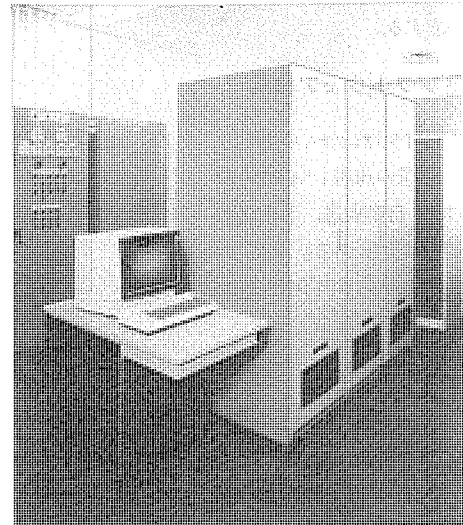


図 4. (b) 制御装置・放送出力切換装置の外観

入出力機構経由で CPU に接続している。発声ユニットは端末4箇所及びモニタ用の計5台使用し、端末用発声ユニット異常時は、モニタ用を操作卓の指令により代用することができる。

(4) 通信制御装置とモデムは、新潟交通管制室のハイウェイラジオ制御装置とのデータ交換用であり、互いの端末の放送内容を JIS 漢字コードで送受信している。

4.2 放送出力切換装置

(1) 出力切換部は、発声ユニットからの音声入力及び操作卓からの割込み放送用音声入力を切り換えて、線路送信部から端末送信機へ、

あるいは音声モニタとして操作卓に出力する。これらは制御装置ダウン時も機能するよう、ハードウェアベースで実現している。

(2) 遠方監視制御装置は、三菱広域監視制御用伝送装置《MEL-FLEX 400》を使用し、端末遠方監視制御装置と1:4の対向で1,200 bps(ビット/秒)のデータ伝送を行い、端末送信機、空中線、案内標識板の監視制御を行っている。この装置も制御装置ダウン時は、操作卓のパネルから、端末機器を個別に監視制御できる構成としている。

4.3 マンマシン機器 (図 4.)

(1) メッセージ編集卓は、漢字 CRT と漢字プリンタからなり、事象入力から放送までの操作を行う自動放送用のマンマシン機器である。また将来第一報事象入力用として、光学式マーク読取り装置が接続できるよう考慮している。

(2) 操作卓は、手動放送・割込み放送用マンマシン機器である。手動放送用メッセージは、操作卓のマイクロホンから音声量子化装置を経由してデジタル化し、最大 40 秒のメッセージを 16 メッセージまで FXD に登録可能としている。キャラクタ CRT キーボードの操作により、登録番号と放送端末を指定することにより、放送が開始される。このとき制御装置から遠方監視制御装置に、当該送信機、室内標識板に動作指令が出力される。割込み放送は制御装置ダウン時のバックアップ放送として、エンドレステープレコーダー・プレーヤー又はマイクロホンにより、同時に 2 箇所での放送が可能である。

(3) プリンタは、このシステムの運用記録として、機器の動作・故障記録、事象登録内容、放送内容を時刻信号とともに記録する。

5. 中央ソフトウェア機能

図 5. にハイウェイラジオシステムの処理フローを示す。放送の運用レベルは先に述べたように、自動放送、手動放送、割込み放送の 3 レベルある。ここではメッセージ編集卓からの自動放送について述べる。

5.1 事象の登録

各種の情報収集手段で把握された道

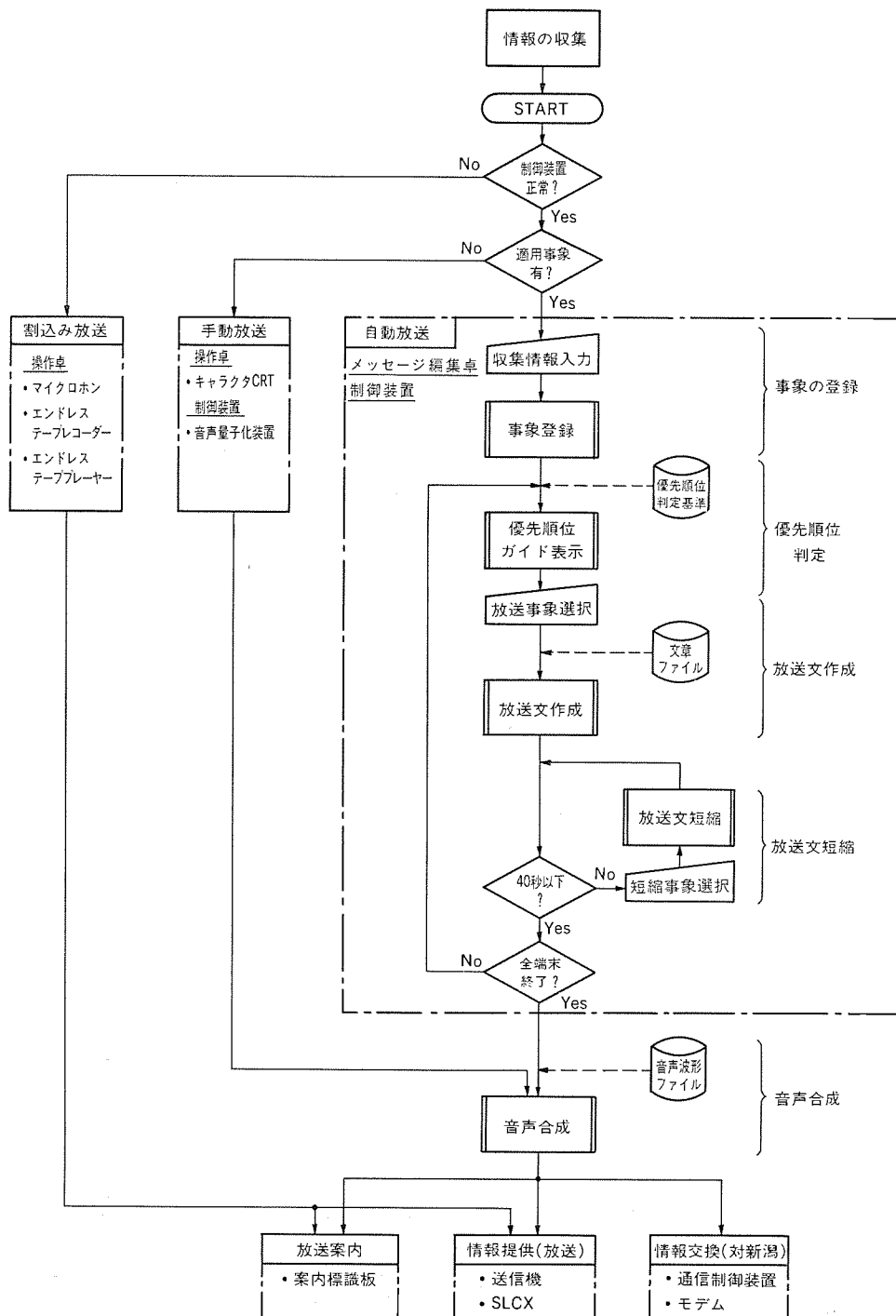


図 5. ハイウェイラジオシステム処理フロー

所沢/川越 地区	1985年 9月27日 13時58分
事象	出口渋滞
(01) 位置	環状
(02) 渋滞	2キロ
(03) 谷間情報	渋滞
(04) 和光情報	なし

○該当のファンクションを押して下さい。

[F1]ブロック選択 [F2]モード選択 [F3]事象登録選択 [F4]事象選択 [F5]前パラメータ
[F6]入力終了 [F7]画面切替 [F8]登録

(a) 事象登録画面

所沢/川越 地区	事象一覧表	1985年 9月27日 14時57分
[H1][H2]		
事象登録	位置	優先順位
01	☆ 環状	出口渋滞
02	☆ R16	環状・環状
03	☆ 14.5km	渋滞
04	☆ 19.5km	渋滞
05	☆ 加越・所沢	渋滞
06	☆ 加越以北・環状	渋滞

○更新する事象番号を選択して下さい。

(b) 登録事象一覧表

図 6. CRT 画面例

路事象に関する情報（発生位置、事象種類・程度・原因、交通規制、渋滞など）を、漢字 CRT キーボードから会話形式で入力する。事象種別は 19 種に分類しており、各種別ごとに CRT インプット画面を用意している。第 1 報入力の簡略化のために、その時点で判明している項目のみインプット後、入力終了のファンクションキー操作により、未入力項目はデフォルト値（事象詳細内容不明、規制なし、渋滞なし等）が入力される。事象登録は、上り線、下り線各々 20 の計 40 事象まで可能であり、既登録事象の内容更新、抹消も同様に漢字 CRT により行う（図 6.（a））。

5.2 優先順位判定

事象の新規登録・更新・抹消があるごとに、優先順位を判定し、漢字 CRT の登録事象一覧画面（図 6.（b））に、端末ごとの放送優先順位（1～3 まで）を表示する。優先順位は基本的には、事象種別ごとにレベル付けがあり、同一優先順位レベルの複数事象は、放送区間に近い方を優先する。また事象によっては、それを原因とした渋滞が発生した場合、優先順位の格上げがなされる。優先順位判定基準は、渋川・月夜野の北地区と、所沢・川越の南地区では若干異なっている。

5.3 放送文作成

端末ごとに選択された事象と、その登録内容に従い、あらかじめ用意された文章ファイルから該当文節を取り出し、その組合せにより放送メッセージを作成する。メッセージは表 1.（5）のように、まず前文を置き、複数事象選ばれている場合は、「また」、「さらに」の接続

詞で結ぶ。事象表現のうち行動報告は、規制・渋滞の度合いにより、数種用意されているが、1 メッセージ中、最終の事象にのみ付けることにより、表現がくどくならないよう配慮している。

5.4 放送文短縮

前項までのフローで作成された放送文が、40 秒を越えている場合は、以下に述べる手順で短縮し 40 秒以内にまとめる。放送文の短縮は、まずオペレータにより短縮すべき事象が選択される。その事象の短縮アルゴリズムは、表 1.（7）の事象表現を、第 1 step で④の表現省略、第 2 step で③の表現簡略化（交通事故がありました等の第一報的表現）、第 3 step でその事象全体の放送取りやめの順である。

5.5 音声合成

40 秒以下に編集された放送文は、文章ファイルの文節に対応した、音声波形データの音片を発声ユニットに転送することにより、音声として端末送信機に送り出される。同時に案内標識板の制御、及び新潟交通管制室への情報伝送を行う。

6. 端末構成

端末設備としては、中央設備からの音声信号を中波帯（A3E：1,620 kHz、出力 10 W）、に変換する送信機、路側に設置して送信機からの出力を道路上へふく射する空中線、送信機出力を複数の空中線に分配するとともに、送信機と空中線のインピーダンス・整合を行う分配整合器、空中線の終端に設置する終端抵抗器と、放送中に放送区間の予告、開始、終了をドライバーに示す可変式案内標識板、及

表 4. 端末ハードウェア仕様

項目	仕様	項目	仕様
送信部	(1) 定格出力 (2) 出力許容偏差 (3) 送信周波数 (4) 送信周波数偏差 (5) 同期入力 (6) 同期出力 (7) 変調方式 (8) 変調度	遠方監視制御装置	(1) 機種 (2) 制御項目 (3) 監視項目
	10 W/50 Ω 不平衡 10 W+20% -50% 以内 1,620 Hz ±10 Hz 以内 3 kHz 0 dBm 600 Ω 平衡×1 " 0 dBm 600 Ω 平衡×1 両側帯波幅変調 (A3E) 1,000 Hz -2 dBm 入力時 80±5% 以内 " 0 dBm 入力時 95% 以上		MELFLEX 220 最大 10 (送信機 1号/2号) (標識 1号/2号)
	(9) ひずみ率 (10) 搬送波の振幅変動率 (11) S/N (12) 変調周波数特性		最大 24 (送信機 1号/2号) (送信機 1号故障) (送信機 2号故障) (標識 1号故障) (標識 2号故障) (音声入力断) (空中線故障)
線路送受信部	(1) 線路入力 (2) 出力 (3) 線路補償 (4) 圧縮比 (5) S/N (6) ひずみ率	2分配整合器	(1) 使用周波数 (2) 分配比 (3) 挿入損失 (4) 入力インピーダンス (5) 出力 (6) 定格入力電力
	-30~0 dBm 600 Ω 平衡×1 0 dBm 600 Ω 平衡×4 PEF 0.9φ 0~20 km の特性を 300~3,400 Hz 帯域内で 1,000 Hz に対し ±3 dB 以内 入力 1,000 Hz+10 VU 時 出力 0 dBm を越えないこと " -2 VU 時 出力 -2 dBm " -2 VU 以下 直線的であること		1,620 kHz 1:1 又は 4:1*(分配比は設計値により異なる) 1 dB 以下 50 Ω 不平衡 500 Ω 平衡(避雷器付き)×2 10 W
出力切換部	(1) 送信出力切換 (2) 同期出力切換 (3) 現用/予備切換条件 (4) 誘導線監視	終端抵抗器	(1) 使用周波数 (2) 入力回路 (3) 許容入力電圧 (4) その他
	入力 10 W/50 Ω 不平衡×2 出力 10 W/50 Ω 不平衡×1 入力 0 dBm 600 Ω 平衡×2 出力 0 dBm 600 Ω 平衡×1 手動操作、遠方操作又は現用送信機故障時予備機に自動切換 断線監視		1,620 kHz 500 Ω 平衡 10 W 直流電流による誘導線断線探知機能付き
案内標識板		案内標識板	(1) 表示窓 (2) 表示方式 (3) 変換数 (4) 内部照明 (5) 照明点灯条件 (6) 注意灯
			・TYPE 1 (1 km 先、放送中) 強化ガラス 8 t 有効寸法 幅 1,700 mm×高さ 2,000 mm ・TYPE 2 (ここまで) 強化ガラス 5 t 有効寸法 幅 930 mm×高さ 930 mm
			字幕式 2 可変 (消滅を含む) ・TYPE 1: 40 W 8 灯, 20 W 1 灯 ・TYPE 2: 20 W 4 灯
			表示時点灯 黄色フリッカランプ (TYPE 1 のみ)

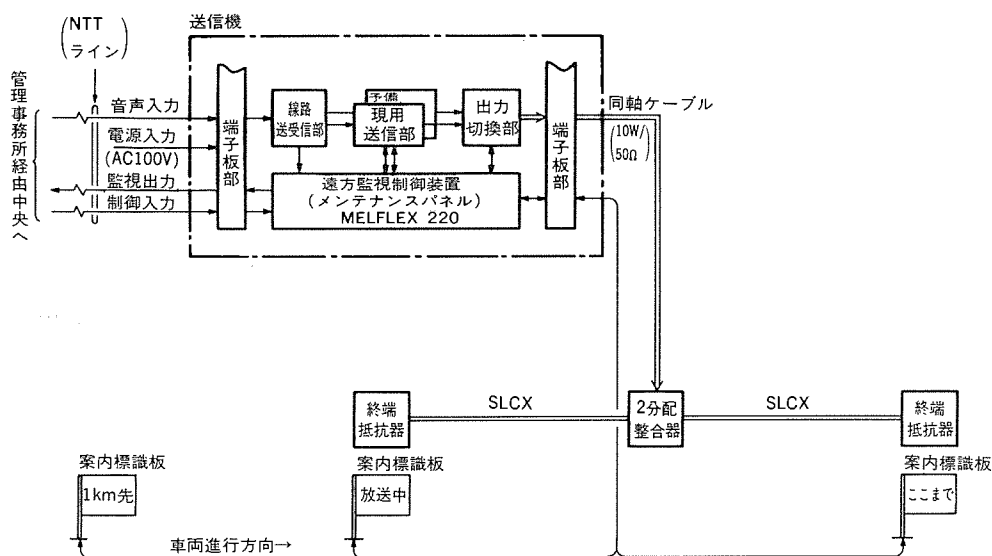


図 7. 端末ハードウェア構成

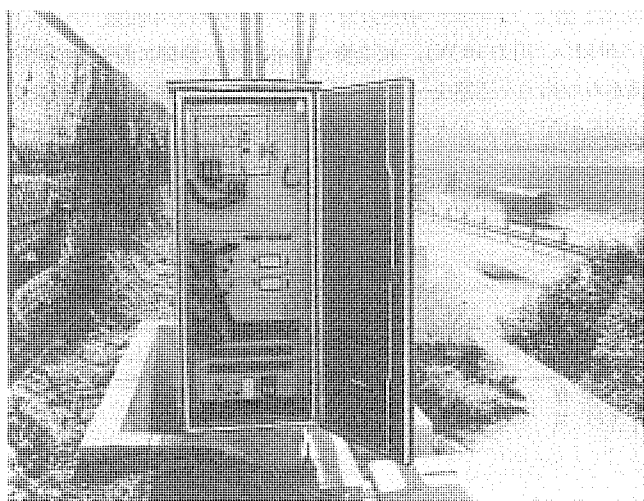


図 8. 送信機の外観

びこれらを監視制御する遠方監視制御装置で構成している。これら端末機器の構成を図 7. に、ハードウェア仕様を表 4. に示す。

6.1 送信機 (図 8.)

(1) 送信機は、送信部、線路送受信部、出力切換部、遠方監視制御装置、端子板部、きょう(筐)体で構成される。内蔵パネルは前面保守としており、すべての保守点検を前面から行うことができる。

(2) 送信部は、10 W 出力の中波ラジオ送信機であり、送信周波数の 1,620 kHz は、水晶発振器を内蔵しているほか、送信機複数台並

列運転時外部から印加した 3 kHz にも同期して得られるようにしている。送信部は現用/予備の二重化で信頼性を高めている。

(3) 線路送受信部は、NTT ラインとの信号インタフェース部であり、入力音声信号の線路補償と分配、リミッタ増幅機能及び同期信号の増幅、分配機能などをもっている。

(4) 出力切換部は 2 台の送信部出力の切換装置であり、現用送信部障害時には、自動的に予備送信部出力を空中線へ切り換える。また空中線 (SLCX) の断線検知機能を持ち、断線検知時には警報接点を出力する。

(5) 遠方監視制御装置は、中央に設置した同装置との間で送信機、案内標識板の監視制御、及び空中線の断線監視を行うものであり、小容量遠方監視制御装置《MELFLEX220》⁽²⁾ を適用している。またメンテナンスパネルを設けて、手元での監視・制御を可能としている。

(6) 端子板部には、NTT ライン 入出力用、電源入力用保安器、及び分配整合器出力用同軸避雷器を実装している。

6.2 空中線

今回 ハイウェイラジオ 設備の空中線として、道路公団として初めて漏えい同軸ケーブル⁽³⁾ (SLCX Spiral Leakage Co-axial Cable) を使用した。SLCX は原則として路側地中に埋めるものであり、美観・保守性が良く、従来問題であった結合損失も強電界型の採用により解決できた。使用した SLCX の仕様を表 5. に、道路上の電界強度分布測定データを図 9. に示す。

(1) 表 5. に示すように SLCX は、A 形、B 形の 2 種類あり、A 形は送信機の近傍地点に、B 形は空中線の端末近傍地点に使い分けられている。

(2) 道路上の電界分布は、ほぼ全サービス区間にわたって 70 dBμV 以上を確保できており、これは設計値とほぼ一致している。図 9. は 2 車線の渋川地区のデータであるが、3 車線の所沢地区でもほぼ同様なデータを得ている。

(3) 橋りょう(梁)部での SLCX の布設は、路面上へ設置すると橋梁部の鉄筋などの影響が大きく十分な電界強度が得られないが、路面から 1~1.5 m の高さに引き上げて設置することにより、ほぼ土工区間に近い電界強度を得ることができる。

(4) 道路外への電界漏えい量は、地形条件による差はあるものの、

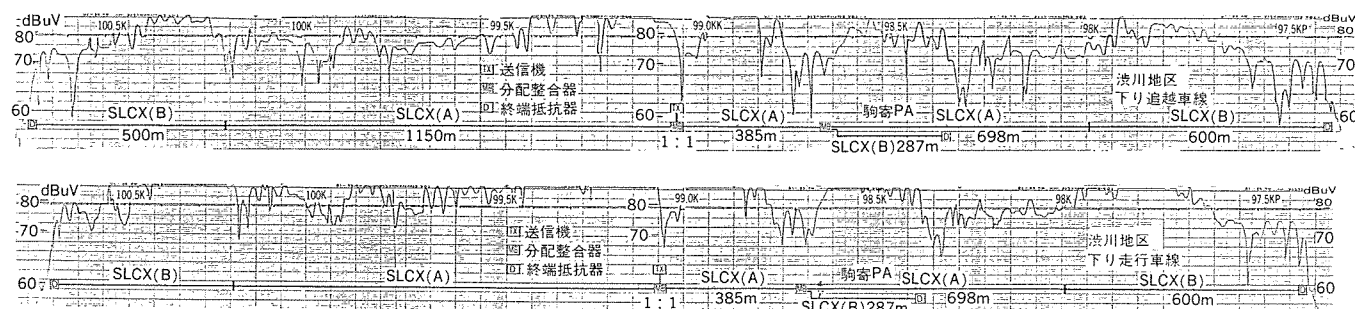


図 9. 電界強度実測データ

表 5. 漏えい同軸ケーブル (LCX) の構造及び特性

項 目			SLCX-12 D-A		SLCX-12 D-B	
構 造 寸 法	磁 性 コ ア		外径：約 6.5 mm		外径：約 6.5 mm	
	内 部 導 体		軟銅線横巻		軟銅線横巻	
	絶 縁 体		ポリエチレン（外径：約 12 mm）		ポリエチレン（外径：約 12 mm）	
	外 部 導 体		絶縁体上に適当本数の 0.2 mmφ 電気用軟銅線及びエナメル線にて片方向編組を施し外部導体とする		絶縁体上に適当本数の 0.2 mmφ 電気用軟銅線及びエナメル線にて片方向編組を施し、外部導体とする	
	メ ッ セ ン ジ ャ ー ワ イ ヤ		7 本／1.4 mmφ 亜鉛めっき銅より線		7 本／1.4 mmφ 亜鉛めっき銅より線	
	外 被	材 料	黒色ポリエチレン		黒色ポリエチレン	
		メ ッ セ ン ジ ャ ー ワ イ ヤ 部	厚 さ (mm)	1.0	厚 さ (mm)	1.0
			外 径 (mmφ)	約 5.2	外 径 (mmφ)	約 5.2
			ケ ー ブ ル 部	厚 さ (mm)	1.5	厚 さ (mm)
	外 被	ケ ー ブ ル 部	外 径 (mmφ)	約 15.5	外 径 (mmφ)	約 15.5
電 気 的 特 性	既 算 重 量 (kg/km)		450		460	
	絶 縁 抵 抗 (MΩ・km)		1,000 以上		1,000 以上	
	絶 縁 耐 圧 (V/分間)		A. C. 1,000		A. C. 1,000	
	特性インピーダンス（参考値）(Ω)		1,620 kHz	50	1,620 kHz	50
	伝 送 損 失（標準値）(dB/km)		1,620 kHz	8	1,620 kHz	10
	結 合 損 失 (dB)	10 m 地 点	1,620 kHz	65	1,620 kHz	55
		14 m 地 点	1,620 kHz	70	1,620 kHz	60

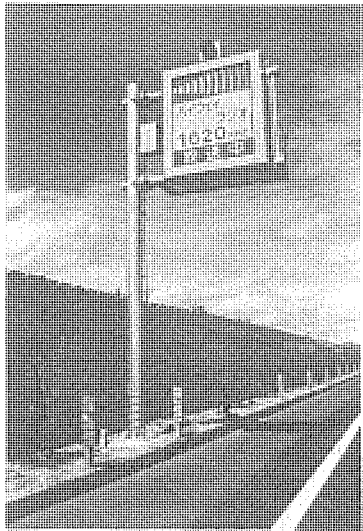
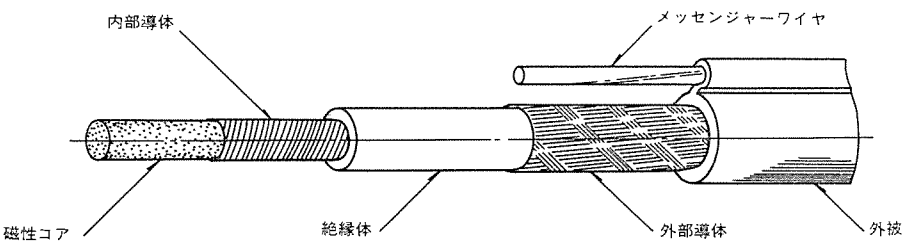


図 10. 案内標識板の外観

最も漏えい量の大きな橋梁部、高架部などにおいても、ほぼ 500 m 離れで 40 dBμV 以下に減衰している。

6.3 案内標識板 (図 10.)

案内標識板は、放送の予告、開始、終了を示す種類に分離され、それぞれ表 2. に示す位置に設置している。情報提供区間中にサービス

エリアあるいはパーキングエリアがある場合は、エリアから本線に出た直後にも、開始地点と同じ放送中を示す案内標識板を設置している。案内標識板はいずれも字幕内照式 2 可変であり、放送を行っていない場合は消滅（白）としている。

7. む す び

以上関越自動車道 ハイウェイラジオシステムについて、その概要を述べた。このシステムで採用した中央・端末のハードウェア構成は、今後供用されるハイウェイラジオ設備の基本モデルとなり得ると考える。今後更に情報入力自動化、及びよりきめ細かい音片組合せによるメッセージ編集アルゴリズムの検討を加えてゆく所存である。最後にこのシステムの計画・設計施行にあたり、終始御指導をいただいた日本道路公団並びに関係者各位に謝意を表する。(昭和 60-12-9 受付)

参 考 文 献

- (1) (財)高速道路調査会：中波帯を利用した道路交通情報提供システムに関する調査研究(その 3) (昭 57-2)
- (2) 村田ほか：小容量遠方監視制御装置《MELFLEX 220》, 三菱電機技報, 59, No. 3 (昭 60)
- (3) 岡本ほか：開放形伝送線路の道路交通への応用と路側通信, 交通工学, 19, No. 4 (昭 59)

磁気ディスク装置用薄膜ヘッド

堀端 慎二*・大寺 進*・由良 信介*・佐々木 肇**・横山 一男*

1. ま え が き

磁気ディスク装置は、情報処理システムの大容量周辺記憶装置の主流機種として重要な地位を占めている。近年、システムの急速な発展に伴い、高性能磁気ディスク装置の需要が高まっているため、記憶容量の大容量化・装置の小形化・情報転送速度の高速化が図られている。装置性能向上の原動力は、ディスク媒体面上の記録密度の増加であり、10年で20倍前後の向上がなされてきている。このような急激な記録密度の向上は、磁気ヘッドや記録媒体をはじめヘッド浮上技術、位置決め技術、信号処理技術などの多面的な技術の進歩に支えられている。磁気ヘッドとしては、記録密度と情報転送速度の向上に伴い、バルク材のフェライトを用いた従来形ヘッドが高周波磁気特性及び機械加工技術の点から限界に近づきつつあり、最近、半導体製造技術を用いた薄膜ヘッドが採用されてきている。薄膜ヘッドは、優れた磁気特性をもつ金属磁性薄膜を使用できること、及び写真製版技術による高精度の加工技術を利用した構造設計による書込み／読出し特性の向上と微小磁極・コイルによる低インダクタンスの点から、記録密度と情報転送速度の向上に適しており、磁気ディスク装置をはじめ各種磁気記憶装置に使用されつつある。

このたび、小径サイズの固定ディスク装置への適用に対応した薄膜ヘッドを開発したので、以下では、①ヘッド構造設計、②製造プロセス、③スライダ設計、④電気特性について述べる。

2. ヘッド構造設計

現在、磁気ディスク装置用として実用化されている薄膜ヘッドは、基本的にはIBM社が発表した3370形ヘッド⁽¹⁾と同様であり、従来形ヘッドと同じ動作原理を用いた書込み／読出し兼用ヘッドである。従来形ヘッドが、フェライトブロックを研削・研磨して成形加工し、磁極に被覆銅線を巻いて作られていたのとは異なり、薄膜ヘッドは、電気めっきやスパッタ法などによる薄膜形成技術と写真製版による微細加工技術によって基板上にヘッド素子を形成し、基板を切断・加工してスライダとして完成する。このスライダは、ステンレス鋼のばねからなる支持機構によってディスク面に加圧されているため、起動・停止時にはディスク面と接触しているが、ディスクの周速に応じてディスク面から浮上し、情報の書込み／読出し動作が行われる。

薄膜ヘッドの構造模式図を図1.に、ヘッド素子部の拡大写真を図2.に示す。薄膜ヘッドはコイル断面積が小さいため直流抵抗が大きい、コイル巻線部及び磁極が微小に形成されているためインダクタンスが非常に小さくなり、共振周波数が十分高くなっている。従来形ヘッドではコイル巻数はインダクタンスにより制限を受けているが、薄膜ヘッドの場合には電気特性上の制限は少なく、製造プロセス上の精度・歩留りなどによる制限を受けることになる。このため、使用される磁極材料の周波数特性と相まって情報転送速度の高い領域、及びトラック幅精度が要求される高トラック密度にて特長が発揮されてくる。今回開発した薄膜ヘッドは、コイル巻数を従来の8ターンの(IBM

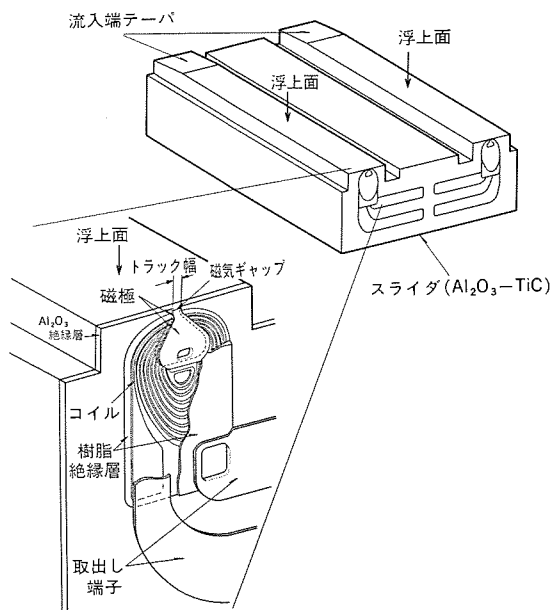


図 1. 薄膜ヘッドの概略斜視図

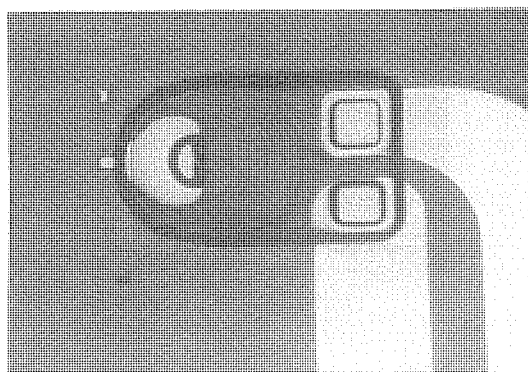


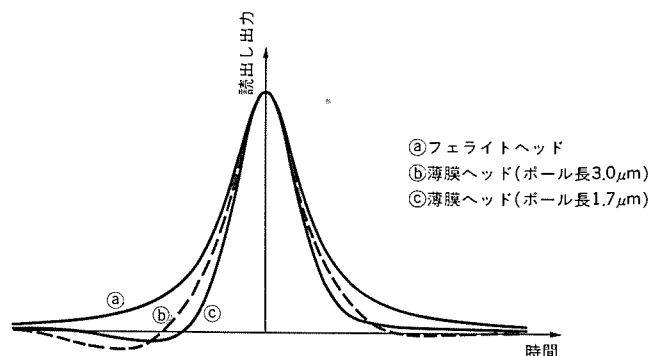
図 2. 薄膜ヘッド素子の外観

3380) から19に増加させている。これは、小径ディスク用として相対速度の低下に伴う読出し出力の低下に対処するためであり、コイルを2層構造にした。

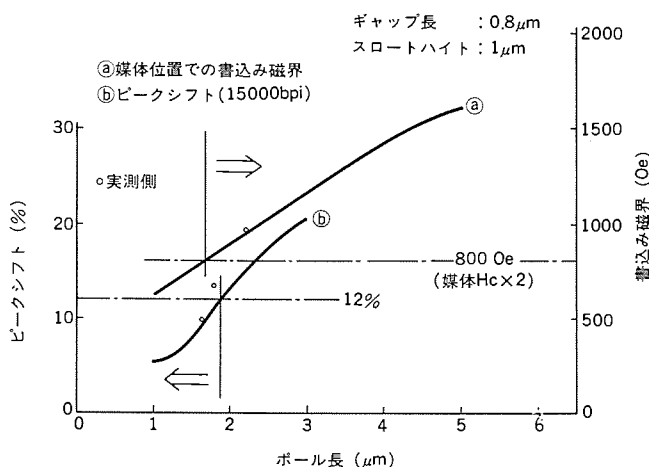
薄膜ヘッドは、従来形ヘッドに比べて磁極の厚みが極端に薄くなるため、従来形ヘッドとは異なった書込み／読出し特性を示す。磁気ディスク装置では専用の消去装置はなく、古い情報の上に新しい情報を重ね書きして情報を更新する。このため、記録媒体の厚み全体を飽和書込みできる磁界が必要である。書込み動作の解析では、磁極の飽和を考慮した非線形の計算が必要であるため、有限要素法を用いた数値計算を行った。記録媒体位置での書込み磁界を算出して、薄膜ヘッドの先端部寸法及び形状を設計したが、ポール長(先端部磁極厚)とスロートハイト(ギャップ深さ)の及ぼす影響が大きい。一例を図3.に示すように、抗磁力が400 Oe (32 kA/m)、角形比が0.8、膜厚が0.8 μm である記録媒体の場合には、媒体中心位置で800 Oe

(抗磁力の2倍)の書き込み磁界が必要であり、薄膜ヘッド各部の寸法は、ギャップ長を $0.8\mu\text{m}$ 、スロートハイトを $1\mu\text{m}$ とした場合には、ポール長を $1.65\mu\text{m}$ 以上になければならないことがわかる。また、ここでは詳細は省略するが、計算によるとスロートハイトについては $1\mu\text{m}$ 以下に制御することが不可欠である。

一方、読出し時には線形に動作すると考えられるので、有限要素法によって求めた線形領域のヘッド磁界分布と逆正接関数の磁化分布を仮定した記録媒体内磁化とから相反定理を用いてシミュレートした。その結果の読出し孤立波形例を図3.に示す。従来形ヘッドに比べ、薄膜ヘッドは磁極外縁部の効果が現れており、ポール長が小さくなるに従って読出し波形が急峻になっている。また、薄膜ヘッドで



(a) 孤立波 シミュレーション 波形



(b) 薄膜ヘッドポール長とピークシフト、書き込み磁界計算

図3. 書き込み/読出し特性計算例

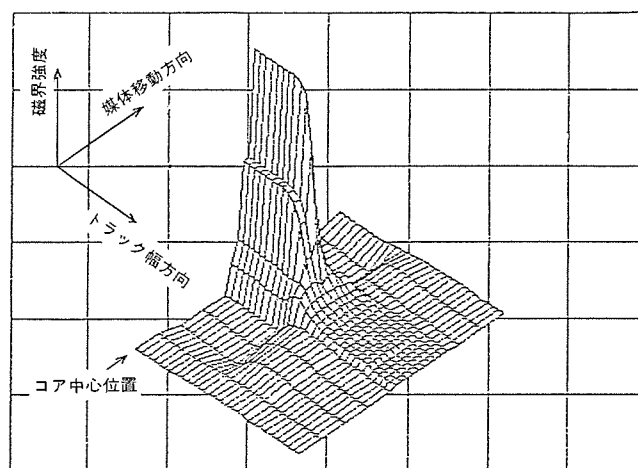


図4. 薄膜ヘッド磁界分布の三次元計算例

は波形の立下りが立上りに比べ、なだらかになっているが、これは上部磁極が持ち上がっている形状のため磁極外縁部の効果が軽減されていることによるものである。この孤立波形を重ね合わせて記録密度特性及びパターンピークシフトを算出し、ポール長・ギャップ長・浮上量の影響を調べた。例えば、浮上量が $0.3\mu\text{m}$ で、厚みが $0.6\mu\text{m}$ 、媒体固有分解能が $0.6\mu\text{m}$ の記録媒体を用いた場合において、記録密度が15,000 bpi (2-7 RLLC) のパターンピークシフト計算例を図3. (b)に示してある。同時に実測例も示してあるが、シミュレーション例より大きな値になっており、ポール長の大きな領域で差が広がっている。これは、実際の測定に用いた記録媒体の特性が計算における仮定と異なっていること、及び測定回路による影響が主原因と推定される。パターンピークシフトは約15%以下にすることが要求されているため、実測値との差を考慮して、計算値としては12%以下に抑えることが必要である。このためには、ポール長を $1.85\mu\text{m}$ 以下にしなければならない。

磁極形状のうち隣接トラックからのクロストークに関係するものについては、三次元解析が不可欠である。有限要素法による三次元計算にて算出したヘッド磁界分布の一例を図4.に示す。これから前述と同様の手順にてクロストーク特性を求め、トラック密度、位置決め精度及び位置決め誤差による消し残り雑音あるいは製造プロセス精度を考慮して、上部磁極と下部磁極それぞれのトラック幅の最適値を決定した。

3. 製造プロセス

3.1 製造プロセスの概略

薄膜ヘッド製造プロセスの概略を図5.に示す。この製造プロセスは、基板上に多数のヘッド素子を一括して形成するウェーハ加工プロセスと、この基板を加工して一对のヘッド素子が搭載されたスライダを形成す

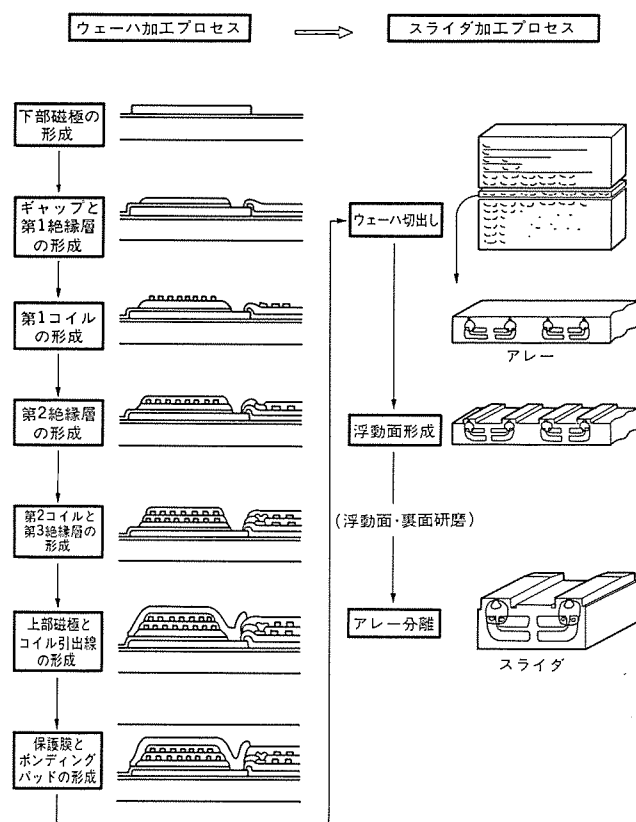


図5. 薄膜ヘッド製造プロセス

るスライダ加工プロセスから成る。

まず、 Al_2O_3 スパッタ膜を形成後鏡面仕上げされた $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 系基板上に、めっき用電極膜としてパーマロイ膜をスパッタ法で形成し、この上に写真製版によって磁極寸法を規定するレジストフレームを形成する。次に、めっき法によってパーマロイ膜を数 μm 形成する。その後、不要の磁性膜を逆スパッタリングと化学エッチングによって除去して下部磁極を形成する。下部磁極形成後、ギャップ材の Al_2O_3 膜をスパッタ法で形成し、上下磁極接続部の Al_2O_3 膜については化学エッチングにより除去する。更に、この Al_2O_3 膜上に感光レジストを写真製版によってパターニング後、加熱・硬化して第1絶縁層を形成する。第1絶縁層上に下部磁極を形成したと同様の方法で第1コイルを銅で形成する。このようにして、第2絶縁層、第2コイル、第3絶縁層及び上部磁極を順次形成する。コイル引出し線は上部磁極形成時に同時に形成し、ヘッド素子の保護膜として Al_2O_3 膜を $40\sim 50\mu\text{m}$ スパッタ法で形成する。その後、 Al_2O_3 膜を化学的にエッチングし、このエッチング部にスパッタ法とめっき法によって銅パッド材を充てん後、平面研磨によってボンディングパッドを形成する。

以上のようにして、基板上に整列・形成されたヘッド素子を基板からアレーとして切り出す。切り出されたアレーは、個々のスライダについてアレー状態で一括して溝加工とテーパー加工を行う。更に浮上面は、平面度を $0.05\mu\text{m}$ 以下、面あらしを $0.01\mu\text{m}$ 以下に仕上げる。その後、浮上面裏面研磨によってスライダ寸法に仕上げた後、アレーから一対のヘッド素子が搭載された個々のスライダに切断・分離する。最後に、ヘッド先端部を高精度に研磨し、所定のスロートハイトをもつ薄膜ヘッドが搭載されたスライダとして仕上げる。

3.2 磁性膜の形成と膜特性

薄膜ヘッドの磁極磁性膜としては、高飽和磁束密度・高透磁率が必要であるが、パーマロイ薄膜は、これらの特性を満足し、更にバルク材に比べて高周波特性にも優れている。このパーマロイ膜を磁気ヘッドの磁極として使用する場合は、磁性膜厚と磁極先端寸法を精度良く形成すると同時に、その磁性膜の組成を制御し、一軸異方性を付与することが必要である。

一般に磁性膜の形成法として、蒸着・スパッタリングなどの乾式法とめっき法(湿式)があるが、乾式法では複雑な形状に対する膜厚の均一性に乏しく、磁極寸法の高精度加工が困難である。他方、めっき法では写真製版によって形成された高精度のレジストフレームを用いた手法(フレームめっき⁽¹⁾)によって、高精度の磁極寸法が容易に得られる。また、複雑な形状に対する膜厚の均一性が良く、磁性膜厚もめっき時間によって容易に制御することが可能である。更に量産性に富み、生産コストが安いなどの理由から、磁性膜はめっき法により形成している。しかし、パーマロイなどの合金めっきでは、一般に膜組成の制御が困難であり、特に上部磁極のような形状の複雑な場合、その組成はばらつきやすい。そのため磁極のめっきでは、膜厚が均一で、広い電流密度範囲で膜組成の変動が小さい低電流密度法を採用している。図6.に磁極部の膜組成分析結果を示す。この図から低電流密度法では、高電流密度法に比べ均一な膜組成が得られやすいことが認められる。また、めっき法では基板上的膜厚分布は電極やめっき槽の形状によって決まる一次電流分布と関連しているが、両電極間に電流分布を制御する遮へい板を使用し、基板上的膜厚分布を改善している。この結果、膜厚分布は10%以内に、膜組成は1%以内に制御することができた。

磁極の磁性膜のめっきでは、透磁率を大きく、応答性を速くする

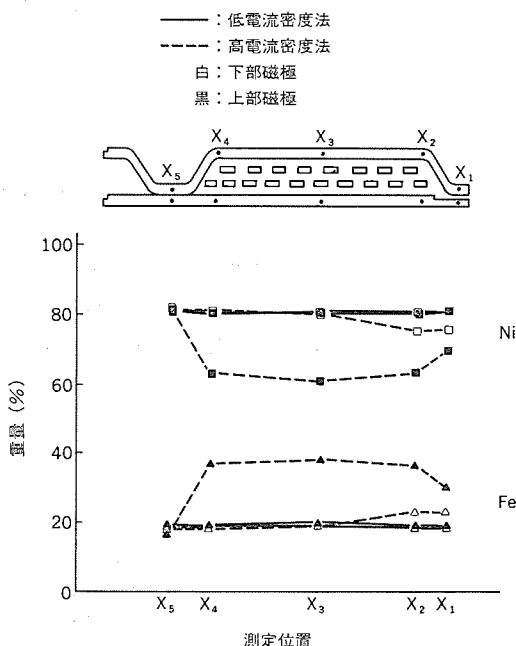


図6. 磁極部の膜組成

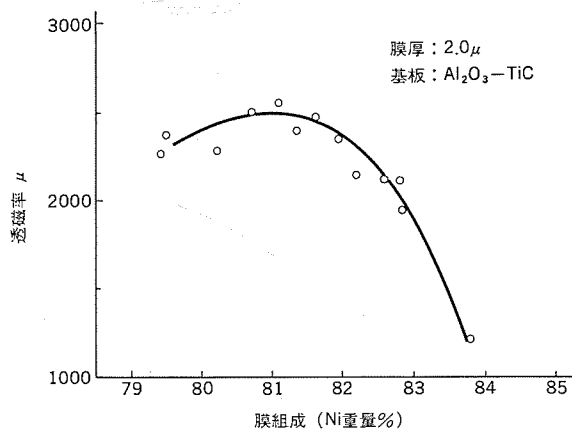


図7. パーマロイ膜の透磁率

ために外部から印加した磁場中でめっきを行い、磁極のトラック幅方向を磁化容易軸とする一軸異方性を付与している。この磁性膜の一軸異方性は膜組成と外部磁場強度に依存し、そして必要な外部磁場強度はめっきにおけるレジストフレーム幅と磁極形状(磁極幅)と関連している。言い換えれば、磁極幅の細くなっている磁極先端部では形状から生じる反磁界が大きいので、ここに十分な一軸異方性を付与するためにはかなり大きな外部磁場を必要とする。実際、81~83 Ni重量%の膜組成では、700 Gauss以上の外部磁場を印加してめっきを行い、ピッター法やSEM観察などによって一軸異方性を確認している⁽²⁾。

図7.にパーマロイ膜の透磁率と膜組成の関係を示す。この図からパーマロイ膜では約81 Ni重量%で大きな透磁率を示し、83 Ni重量%よりNi含有量が大きくなると透磁率は急激に小さくなることが認められる。一方、磁極としての透磁率は、膜組成とトラック幅方向の一軸異方性特に磁極先端部の異方性によって決まる。この一軸異方性は外部から印加した磁場中でめっきを行うことによって付与されるが、以後のプロセス条件によって磁性膜の応力が変化するとともに一軸異方性も変化する。前述の製造プロセスでは、磁わい(歪)定数

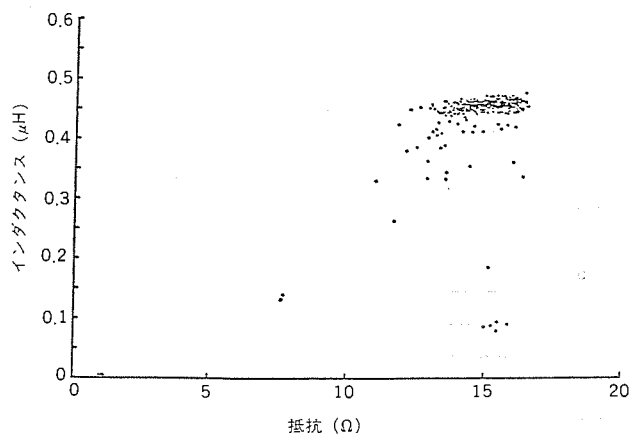


図 8. インダクタンスの分布図

λ が正のものでは一軸異方性は悪化し、 λ が 0 近傍のものではほとんど変化せず、 λ が負のものでは一軸異方性はある領域までは良くなる。したがって、一軸異方性の付与された磁極を形成するためには、 $\lambda \leq 0$ の膜組成にすることが必要である。

このように、薄膜ヘッドの磁性膜を形成する場合、磁極の透磁率と膜組成のばらつきから 81~82 Ni 重量 % に膜組成を管理している。

3.3 測定及び評価

ウェーハ加工プロセスでは、各工程での寸法・膜厚の測定、表面観察及び磁性膜の組成の測定を行い、ヘッド素子完成後の Al_2O_3 保護膜形成前後において、すべてのヘッド素子について抵抗とインダクタンスを測定している。図 8. に測定したインダクタンスの分布図を示す。

4. スライド設計

スライドは、ディスク回転時にヘッドを浮上させ、ディスク面の動的変動に追従して浮上量を一定に保つ働きがある。浮上量が小さいほど書き込み/読出し特性は向上するが、スライドとディスクが接触し、「クラッシュ」を起こす確率は高くなる。スライドとディスクが接触するかどうかは、ディスクの表面精度で決まり、スライドが接触しない限界の最小浮上量に安全を見込んで浮上量を設定する。

スライドの設計には、気体軸受の理論に基づいた数値解析によるシミュレーションを利用する。この数値解析は $0.1 \mu\text{m}$ 以上の浮上量に適用でき、スライドに加わる浮上力や浮上量、浮上姿勢、空気膜のばね定数及びスライドの動的追従特性が計算できる⁽³⁾。

4.1 浮上量の設定

図 1. に示すスライドでは浮上量を変える設計パラメータとしては、浮上面幅が最も有効である。計算シミュレーションにより浮上面幅と浮上量の関係を求め、所望の浮上量を実現するスライドを設計している。しかし、実際のスライドは、スライド加工、アセンブリ工程などで生じる誤差のため浮上量のばらつきを生じる。したがって、これらの誤差の影響も考慮し、計算しなければならない。例えば、浮上面のふくらみ（クラウン）は、浮上量に与える影響が大きい。図 9. はクラウン量をパラメータとして、浮上面幅と浮上量の関係を数値解析により求めたものである。クラウン量のほぼ半分が浮上量変動値となっている。同図の測定値はクラウン量公差が $0.1 \mu\text{m}$ 以下のスライドであり、浮上量のばらつきはクラウン量に起因している。

4.2 スライド追従特性

浮上中に形成される空気膜ばね、スライド、サスペンションを振動系と考

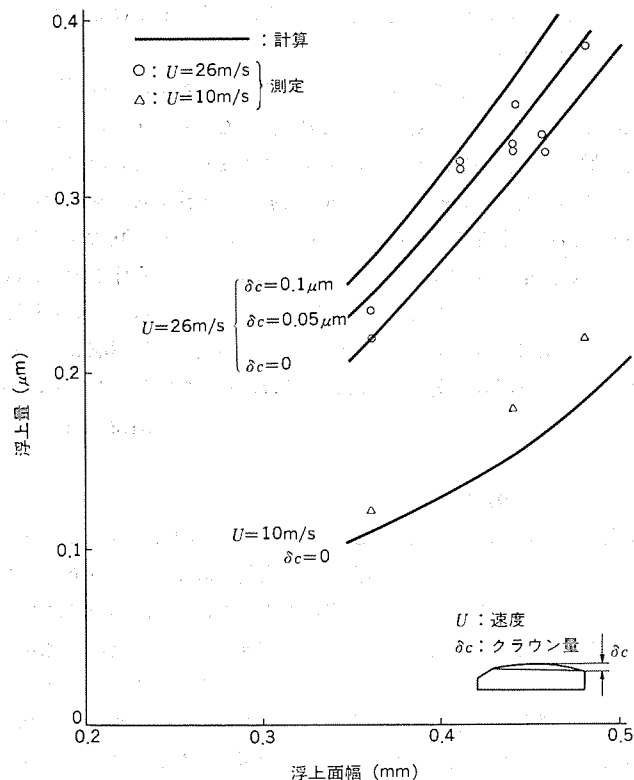


図 9. 浮上面幅と浮上量の関係

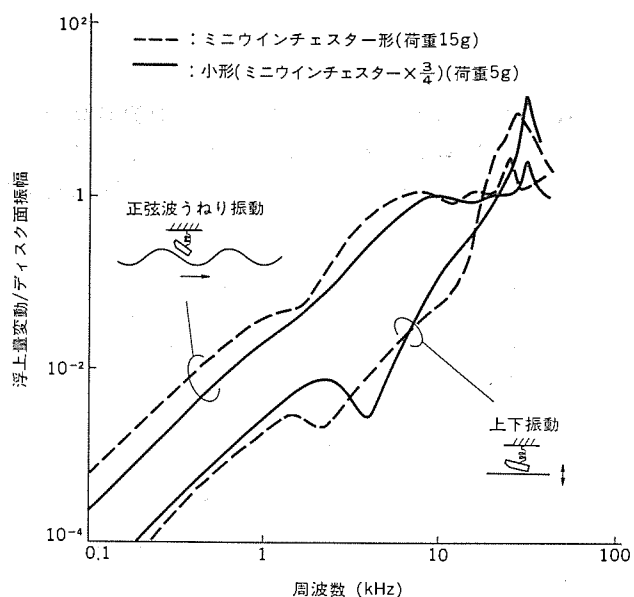


図 10. ディスク振動に対する浮上量変動の周波数応答

えると、動的な追従性に影響する要因は以下の三つである。①サスペンション振動特性、②空気膜ばね剛性、③スライドの大きさ・質量。

浮上中のスライド・サスペンション系（ミニウィンチェスター形）の低次の固有振動数は有限要素法を用いた計算によると、1~2 kHz にある⁽⁴⁾。これは、4.3 節で述べる装置を用いた加振実験でも確認された。これに対して、数値解析により得られた空気膜ばね、スライド系の共振周波数は 20 kHz を越える。したがって、実用上サスペンションの振動特性の影響は極めて大きい。

空気膜ばねの剛性は、サスペンションの剛性に比べ、はるかに大きい（ $\geq 10^3$ 倍）。これがスライドが高い追従性をもつゆえである。空気

膜ばねの剛性は、荷重を大きくすること、浮上量を下げることなどにより増加する。

スライダの質量は小さいほどスライダ・空気膜ばね系の共振周波数を上げることになり、追従性は向上する。また、ディスク面のうねり振動に対する追従性は、スライダの大きさで決まり、小さいほど良い。

機械的強度の弱い薄膜媒体用に低荷重・小形スライダを検討している。荷重を小さくすることにより、CSSの摩耗を軽減できるからである。荷重はミニインチェスターの1/3(5g)とし、全体の大きさはミニインチェスターの3/4である。図10は、このスライダの追従特性の計算結果である。ただし、サスペンションの振動特性は考慮していない。荷重を下げると空気膜のばね剛性は、1/2になる。しかし、小形化することにより、ミニインチェスターとほぼ同等の追従特性を示している。

4.3 浮上量の測定

浮上量の測定は、白色光干渉法が簡便かつ一般的である。この方法は、スライダをガラスディスクに浮上させ、白色光による干渉色を目視で調べるものである。しかし、目視による色の判定は、浮上量によっては誤差の大きい範囲がある。また、0.2 μm 以下では色の変化がほとんどないため、浮上量の測定は不可能である。そこで干渉スペクトルを自動測定し、浮上量を算出する装置を開発した。この装置では、浮上量0.07 μm 以上を $\pm 0.01 \mu\text{m}$ 精度で測定できる。更に、干渉光の時間変化を測定することにより、ディスク上に浮上するスライダの浮上量の動的変動やサスペンション支持アーム加振による浮上量の変動も測定している。

5. 電気特性

コイル巻数が19である薄膜ヘッド素子部の直流抵抗は約17 Ω であり、インダクタンスは約0.3 μH 、共振周波数は100 MHz以上である。インダクタンスについては、従来形のモノリシックフェライトヘッドに比べて巻数当

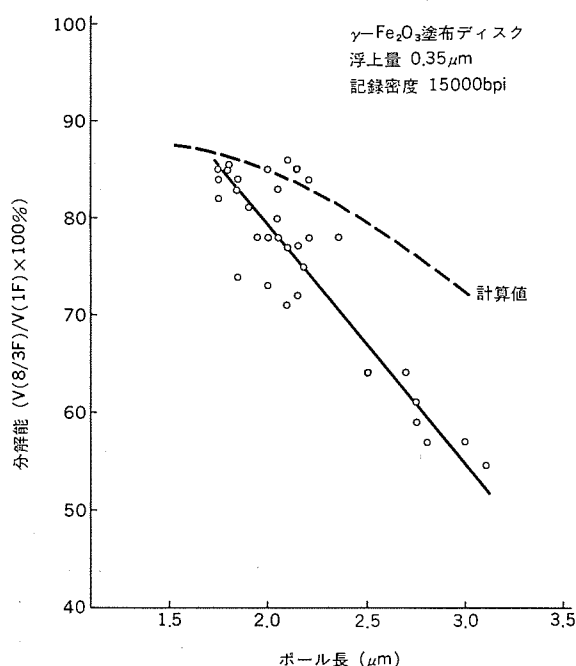


図 11. 薄膜ヘッドのポール長と分解能

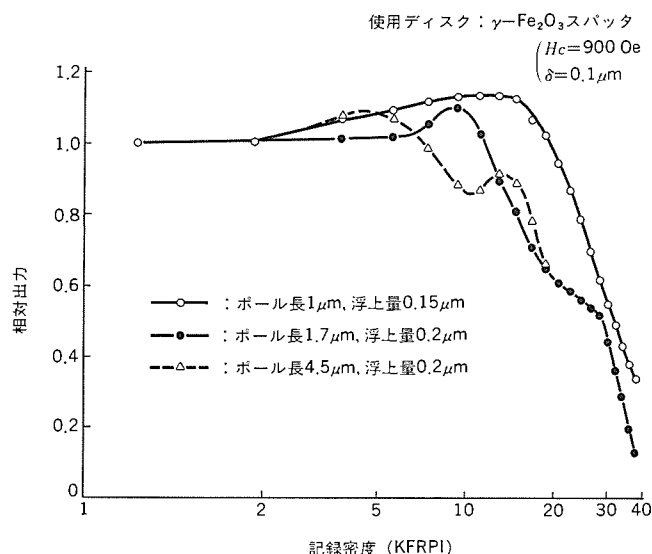


図 12. 薄膜ヘッドと $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ スパッタディスクの組合せ特性

たりで約1けた小さくなっており、書込み電流の立上り時間及び読出し特性に好影響を与えている。

図11. に $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 塗布ディスクを用いた場合のポール長と分解能との関係を示すが、ポール長の増大とともに分解能が低下していくことがわかる。また、実測値は有限要素法によるヘッド磁界分布から相反定理を用いて算出した値より低めになっている。この原因としては、計算では考慮していない書込み磁界分布の影響が現れているものと推定され、磁界分布のなだらかな領域(ポール長大)で両者の差が顕著になっている。

$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ スパッタディスク試作品とポール長の異なる薄膜ヘッドを組み合わせて測定した記録密度特性を図12. に示す。孤立波出力の1/2になる記録密度(D_{50})は約30 KFRPIであるが、薄膜ヘッドの有限ポール長の影響により記録密度特性にうねりを生じている。ポール長が小さいほど良好な特性を示しているが、書込み性能、特に重ね書き特性を考慮すると、今後の高記録密度化に際しては、記録密度特性の第2の山を利用できるような信号処理あるいは磁極外縁部による効果を軽減したヘッドが必要となってくるであろう。

6. む す び

小径磁気ディスク装置用としてコイル巻数が19の薄膜ヘッドを開発し、塗布ディスクと組み合わせて、M4875固定ディスク装置⁽⁵⁾(記憶容量: 408 MB, 記録密度: 14,100 bpi, 1,000 tpi)に搭載した。M4875の記憶容量は、薄膜ヘッドの採用及び信号処理の改善により、従来の1.6倍に向上している。今後は、より一層の高速大容量化を図るため、周波数特性を改良した薄膜ヘッドと低浮上化技術を組み合わせて高記録密度技術を開発していく。

参 考 文 献

- (1) IBM Disk Storage Technology (1980-2)
- (2) 田辺ほか: 昭和57年度電通学会全国大会論文集, p. 281
- (3) 小野ほか: 機械学会論文誌, 45, No. 391 (昭54-3)
- (4) 中村ほか: 機械学会講演論文集, 840-6 (昭59-3)
- (5) 坂井ほか: 三菱電機技報, 59, No. 12, p. 16 (昭60)

256KビットCMOSスタティックRAM

篠原 尋史*・河野 芳雄*・一瀬 勝樹*・和田 知久*・河合 邑司*

1. ま え が き

技術革新と大量生産により10年以上もの間、絶えずビット単価を下げ続けてきた半導体メモリは、今やコンピュータをはじめあらゆる電子機器に用いられるようになった。MOSスタティックRAMには、完全非同期動作の簡便性とバイトワイド構成により、小規模システムでの応用に適した汎用中速品⁽²⁾に加えて、性能上の利点をいかした高速品⁽³⁾と低消費電力品⁽³⁾の3種類の製品系列がある。技術的には、周辺回路を消費電力の小さなCMOS、メモセルを大容量化に適したNMOSで構成するMixed CMOS方式が64KビットスタティックRAM以来主流となり、全系列をカバーするようになった。ただし、低消費電力品でも特に小さなスタンバイ電流を要求される分野には、メモセルもCMOSで構成したFull CMOS方式が用いられる。大容量化に際しては、Mixed CMOS方式の汎用中速品が先行する。現在、この分野での主力は64Kビットに移行しており、高速品とCMOSメモセルを用いた低消費電力品がこれに続いている。

一方、近年のマイクロプロセッサの高性能化によりバイトワイド構成であっても高速性の要求は強まっており、また、低速であればCMOS化したダイナミックRAMでも一部の応用に代替可能なため、汎用中速品といえどもアクセス時間100ns前後の高速性は必ず(須)である。当社ではこの流れに沿ってアクセス時間70nsの8K語×8ビットMixed CMOSスタティックRAM(M5M5165P)⁽¹⁾を製品化しているが、大容量化した次世代の後継機種として、256K Mixed CMOSスタティックRAM⁽⁴⁾(M5M5256P)を開発した。本稿では、このRAMの設計・製造技術及び諸電気特性を紹介する。

2. 開発のねらい

M5M5256の位置づけは、使いやすさを基調とした汎用中速製品である。しかし、高性能化の要求にこたえるため、汎用品としてのコスト内で速度と消費電力の総合性能の向上を追求した。したがって、開発にあたって以下の目標を設定した。

- (1) 32,768語×8ビット構成
 - (2) 標準28ピンプラスチックDIPパッケージ
- ピン配置を図1.に示す。

- (3) 冗長回路設計

不良メモセルと置換する冗長メモセルとして予備行と予備列の両方を設け、様々な種類の欠陥に対して救済可能とし、歩留の向上を図る。

- (4) 高速アクセス時間

最大アクセス時間を70/100/120nsとし、サブ100ns特性を実現する。

- (5) 低消費電力

内部同期回路を用いて低周波動作時の消費電力を大幅に節約するとともに、過渡電流も極力抑えて、最小サイクルでの最大平均電流及びピーク電流を軽減する。また、NMOSメモセルの負荷素子を極めて

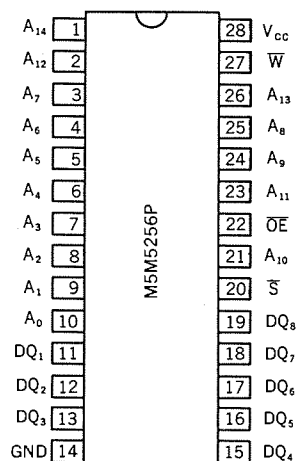


図1. ピン配置

高抵抗に制御することにより、データ保持電流を最大100μAとバッテリバックアップ応用可能なレベルとする。

3. 設計技術

3.1 チップ構成

メモセル配列の行数と列数は、メモリ容量の平方根に比例する。したがって、大容量メモリになると、メモセル配列での信号の遅延時間及び消費電力が大きくなるので、これらを最小限度に維持することが重要な課題となる。

当RAMのブロック図を図2.に示す。メモセル配列は、2個の行デコーダにより4個の512行×128列からなるブロックに分割され、Y4,

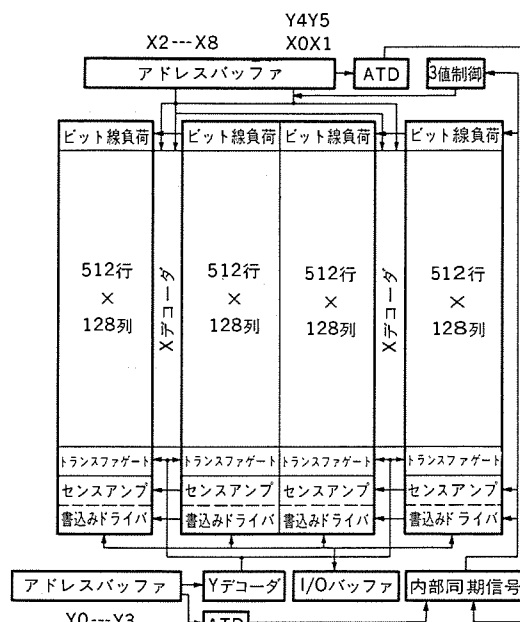


図2. ブロック構成図

Y5アドレス信号が1ブロックのみ活性化する。このため、動作時にビット線に流れるカラム電流は、全列を活性化する場合の1/4に節約される。更にワード線が短いために、この部分での遅延時間が短縮される。ワード線に使用するゲート材料に通常のポリシリコンを用いても遅延時間は約10 nsであり、70 nsのアクセス時間を得るには十分な速さである。各ブロックは8ビット構成に対応して8個の512行×16列の小ブロックに分かれており、各小ブロックにセンスアンプと書き込みドライバが付いている。1センスアンプあたりの列数が少ないため、読出し時にメモリセルが駆動する負荷容量は、ほとんどビット線容量だけであり、高速化に有利である。

3.2 内部同期回路

M5M5256Pは外部からのクロックを必要とせず、完全非同期に使用することができる。しかし、チップ内では、アドレス変化を検知したATD (Address Transition Detect)信号を用いてワード線、データ線、センスアンプ、書き込み回路を制御する内部同期方式を採用している。

内部同期方式の低消費電力化への応用として、独自のワード線電圧の3値制御方式を開発した。図3.にタイミングダイアグラムを示す。同図(a)は、サイクルの初めに選択されたワード線が電源電圧 V_{cc} まで上昇し、ビット線にメモリセルデータを伝える。その後、センスが完了し、読出しデータが確定すると、ワード線は自動的にGND電圧に落ち、直流ビット線電流を遮断する。同時にセンスアンプも不活性化し、RAMはオートパワーダウン状態となる。このとき、ビット線はビット線負荷を通してプリチャージ電圧まで充電されるが、読出し時のビット線振幅が小さいため、充電電流は少なく済む。

同図(b)では、書き込み信号を任意の時期に任意の期間与えることが可能という規格上の要求がある。したがって、オートパワーダウン状態にあっても、書き込み信号が入力されれば、ワード線電圧を回復させて、メモリセルを活性化しなければならない。ところが、書き込みデ

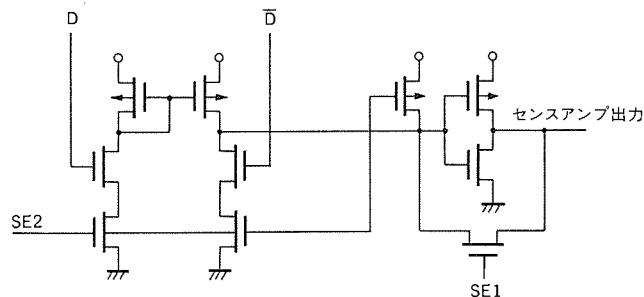


図4. センスアンプ回路

ータがビット線からメモリセルに伝わる遅延時間は短いため、ワード線電圧を電源電圧以下に設定してトランスファゲートのインピーダンスを大きくしてもタイミング性能の悪化は問題にならない。当RAMでは、確実に書き込みが行えるメモリセル電圧を考慮し、ワード線電圧を電流電圧に依存しない一定の3.5 Vに設定した。この結果、書き込み時にビット線負荷からメモリセルに流れる直流ビット線電流をほぼ半減することができた。また、非選択列のビット線振幅も同様に減少するため、書き込み終了後わずかな電流ですみやかにプリチャージできる利点がある。

センスアンプは図4.に示したとおり、通常のCMOSカレントミラー回路とCMOSインバータを組み合わせた単純な構成であるが、二つの内部同期信号を用いて高性能化を図った。同期信号SE2はパワーカット用で、チップ非選択、ブロック非選択あるいはオートパワーダウン時にセンスアンプ電流を遮断する。同期信号SE1はセンス開始直前にセンス出力をイコライズする働きがあり、これにより、センス出力が中間状態から変化するため、高速動作が可能となる。

3.3 冗長回路

不良メモリセルを置換する冗長メモリセルとして、4本のスペア列と1本のスペア行がある。各スペア列はブロック内の任意の列と置換可能であり、スペア行は1/2行単位で2ブロック内の任意の行と置換可能である。置換の実行はレーザ光によるポリシリコンヒューズの溶断で行う。

4. 製造プロセス

M5M5256Pは、2層ポリシリコン構造からなるNMOSメモリ部とCMOS構造からなる周辺回路部で構成されており、基本構造はM5M5165Pと同じである⁽¹⁾。どちらもソフトウェア率の低減のためにNMOSメモリセルをPウェル内に形成し、周辺回路のCMOSはPウェル内のnチャネルトランジスタとnウェル内のPチャネルトランジスタで形成されている点も同じである。両者を加工寸法で比較するならば、後者の2 μ mルールに対し、1.3 μ mルールを採用している。表1.に64 KスタティックRAMと256 KスタティックRAMの主要なパラメータの比較を示す。

既に2 μ mルールにて、縮小投影露光や異方性ドライエッチングが用いられていたが、1.3 μ mルールでは更に低温平坦化技術を駆使しなければ精密加工は不可能となっている。まは加工技術のみでなく、アルミ電極配線のエレクトロマイグレーションやトランジスタ特性の変動などの信頼性が大きな問題となってきている。フォトリソグラフィにおいてはパターン切れを良くするために、開口数NAの大きいステップを使用するとともに、重ね合せ精度を大幅に改良する必要がある。ゲート電極配線やコンタクトなどの重要な転写工程においては、単純なグローバルアライメントに加え、より高精度なLSA (Laser Step Alignment)

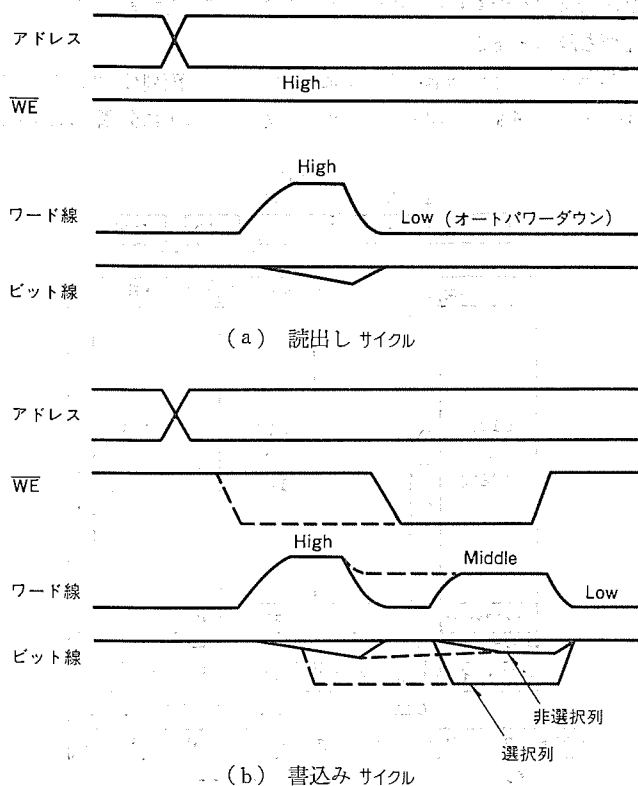


図3. タイミングダイアグラム

表 1. プロセスパラメータ

	64 K スタティック RAM	256 K スタティック RAM
	M 5 M 5165	M 5 M 5255
プロセス	2 層ポリ Si 1 層 Al	2 層ポリ Si 1 層 Al
ゲート長 (NMOS)	2.0 μm	1.3 μm
ゲート長 (PMOS)	2.5 μm	1.8 μm
ゲート酸化膜厚	400 $\text{\AA}$	280 $\text{\AA}$
接合深さ (n^+)	0.25 μm	0.20 μm
接合深さ (p^+)	0.5 μm	0.4 μm
n^+ 拡散層 (線幅/間隔)	2.5 $\mu\text{m}/2 \mu\text{m}$	1.6 $\mu\text{m}/1.4 \mu\text{m}$
ポリシリコン (線幅/間隔)	2 $\mu\text{m}/2 \mu\text{m}$	1.2 $\mu\text{m}/1.2 \mu\text{m}$
コンタクト寸法	2 $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$	1.2 $\mu\text{m} \times 1.4 \mu\text{m}$
Al (線幅/間隔)	3.5 $\mu\text{m}/2.5 \mu\text{m}$	2.2 $\mu\text{m}/1.7 \mu\text{m}$

マークを用いたアライメント方式を採用し、重ね合せ精度が 3σ で 0.3 μm 程度を達成している。

微細化 CMOS トランジスタの問題点は、P チャネルトランジスタのパンチスルーによる耐圧低下である。P チャネルトランジスタにおいてパンチスルーが起きやすい理由として、ボロンの拡散係数が大きく x_j が深いこと、及びチャネルが表面より深い所にあることがあげられる。このため熱処理温度をできるだけ下げてボロンの拡散を抑制し、かつチャネルドーピングの濃度プロファイルを急峻にしなければならない。M 5 M 5256 P の製造プロセスにおいては、チャネルドーピング後の熱処理温度をすべて 900°C 以下にしている。

最初に述べたように、256 K スタティック RAM のプロセスにおいて低温平坦化は必須技術である。高集積化に伴い平面的にはますます微細化しているが、反面、縦構造の縮小化は信頼性あるいは電気特性上問題があるため不可能である。縦構造の縮小化の影響は常圧 CVD デポジションにおいて特に顕著で、コンタクト形成前にデポジションした PSG 膜のカバレージは非常に悪くなる。一方、 p^+ 抵抗層の拡散深さ x_j を浅く保つために、熱処理温度を上げることができない。熱処理温度が低いと PSG のリフローが不完全となり、アルミ配線のくびれや断線が起きる。このため 256 K スタティック RAM のプロセスでは PSG の平坦化のために、SOG (スピンオンガラス) を使用して熱処理温度を下けている SOG はシラノールを溶媒に溶かしたもので、回転塗布した後シンタすることにより、ほとんど CVD 酸化膜と同じ性質の膜質が得られ、かつ溝部を選択的に埋め込む性質をもっている。

SOG 膜を効果的に利用すると、PSG 膜を全くリフローしなくても十分な平坦性が得られ、精度良いアルミ配線加工が可能となっている。図 5. にメモセル内のアルミ配線の SEM 写真を示している。第 1 ポリシリコン・第 2 ポリシリコン・アルミ配線がほとんど同一線上にパターン配置されているが、くびれ等がなく精密加工が可能となっている。

スタティック RAM のスタンバイ電流を大きく左右するものに、メモセルの負荷として用いているポリシリコンの抵抗値がある。メモセルサイズの縮小に伴い高抵抗長の確保が困難になり、メモビット数が増大するため、スタンバイ電流は大きくなる傾向にある。バッテリーバックアップを可能にするには、1 本あたりの高抵抗値をできるだけ大きくする必要がある。高抵抗を流れる電流はポリシリコンの界面のバリアによって制御されている。このためポリシリコンの成長法を最適化して、できるだけ粒径を小さくし、かつポリシリコンが後の熱処理によって成長するのをできるだけ抑制し、また横方向からのりん(燐)、ひ(砒)素の拡散を防止することにより、1 本あたり 500 G Ω を達成している。

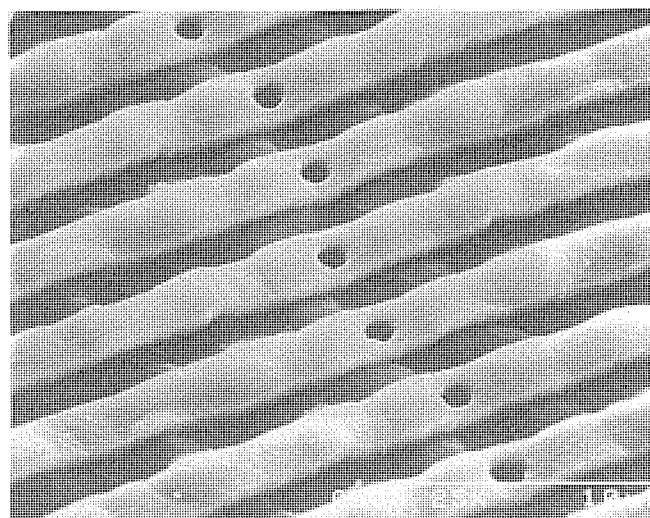


図 5. メモセル写真

5. 電気特性

256 K CMOS スタティック RAM のチップ写真を図 6. に示す。チップサイズは 5.67 $\times$ 9.18 mm² である。図 7. は、室温、電源電圧 $V_{CC} = 5 \text{ V}$ の標準条件での出力写真で、アドレスアクセス時間 $t_a(A) = 45 \text{ ns}$ を示している。高温でのアクセス時間特性を図 8. に示す。 $T_a = 70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 4.5 \text{ V}$ の最悪条件でも $t_a(A) = 63 \text{ ns}$ と高速性能を保っている。また、独自の CS スピードアップ⁽⁴⁾ 回路により、 $t_a(A)$ と同程度の CS アクセス時間 $t_a(S) = 46 \text{ ns}$ を得た。動作時における電源電流 I_{CC1} の電源電圧依存性を図 9. に示す。サイクル時間 $T_C = 100 \text{ ns}$ でも I_{CC} は 40 mA 以下である。サイクル時間が長くなるとオートパワーダウンが働き、 I_{CC1} は一層小さくなる。スタンバイ電流 I_{CC2} を決める負荷ポリシリコンの抵抗値は大きな温度依存性を持つが、 $T_a = 70^\circ\text{C}$ の高温でも I_{CC2} は 100 μA 以下であり、バッテリーバックアップ応用可能なレベルである。

CMOS 固有の問題点として、寄生 npnp サイリスタが導通し過大電流が流れるラッチアップ現象がある。しかし、Mixed CMOS 構成では、CMOS 部分が面積的に余裕のある周辺回路に限られる利点がある。ラッチアップ対策を施したパターンレイアウトと、ウェル不純物プロファイルの最適化により、定格内の実使用条件でラッチアップフリーを実現した。 α 粒子によるソフトエラーに関して、Mixed CMOS 構成の M 5 M 5165 P⁽¹⁾ と同程度の耐 α 粒子特性を得ている。M 5 M 5256 P の特長を表 2. にまとめる。

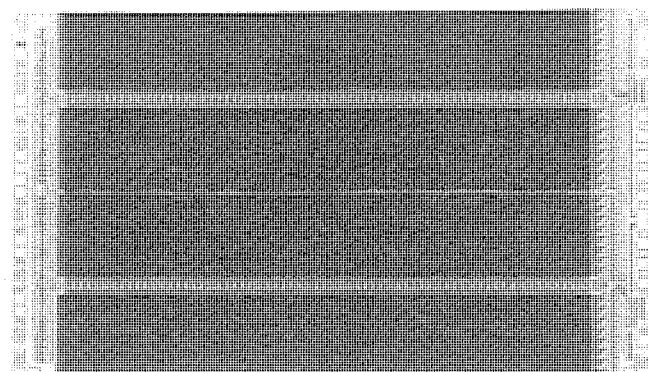


図 6. チップ写真

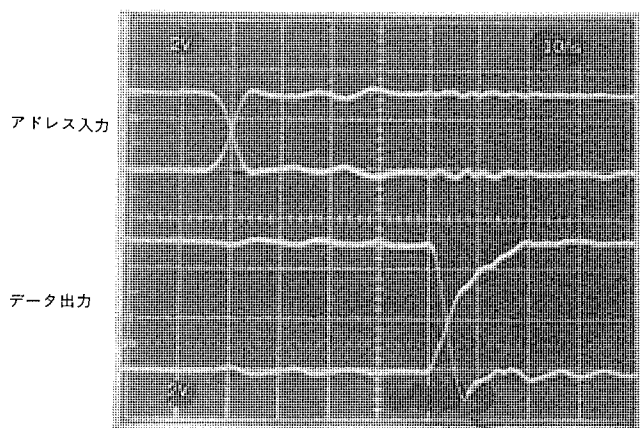


図 7. 出力波形写真

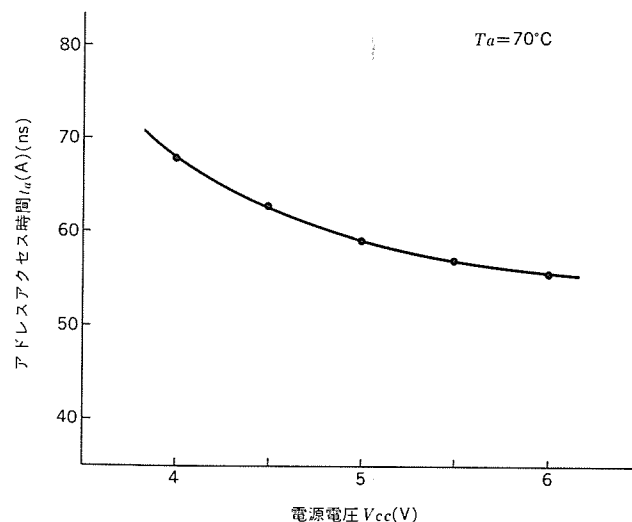


図 8. アクセス 時間特性

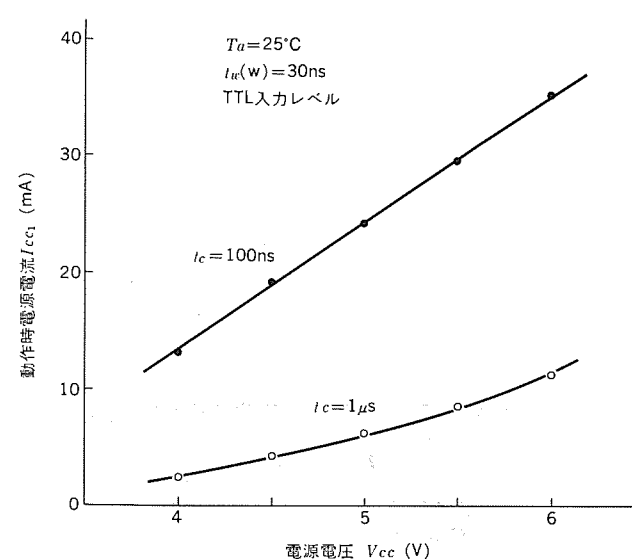


図 9. 電源電流特性

表 2. M5M5256P の特長

構 成	32 K 語 × 8 ビット
ブ ロ ッ ク	2 層ポリシリコン
	ダブルウェル CMOS
メ モ リ セ ル	高抵抗負荷形 NMOS
メ モ リ セ ル サ イ ズ (μm^2)	123.25
チ ッ プ サ イ ズ (mm^2)	52.05
使 用 電 源	5 V 単一
入 出 力 レ ベ ル	TTL
ア ド レ ス ア ク セ ス 時 間 (ns)	70/100/120 (最大)
チ ッ プ セ レ ク ト ア ク セ ス 時 間 (ns)	70/100/120 (最大)
サ イ ク ル 時 間 (ns)	70/100/120 (最大)
電 源 電 流 動 作 時 (mA)	55/45/40 (最大)
待 機 時 (μA)	100 (最大)
冗 長 回 路	1 行 4 列

6. む す び

Mixed CMOS 技術を用いて、32 K 語 × 8 ビット構成のスタティック RAM M5M5256P を開発した。1.3 μm レベルの微細化プロセスと内部同期回路の使用により、大容量化とスピード・電力のバランスのとれた高性能特性を達成した。計算機端末や OA 機器など、今後も高い伸びが予想される電子機器からの需要にこたえられるものと確信している。一方、超 LSI 技術は依然としてたゆまない進歩を続けており、数年後にはスタティック RAM もメガビットに突入することは確実である。また、高性能化の要求も更に強まるものと思われる。今後も M5M5256P で培った技術を核として次世代 スタティック RAM を開発する予定である。

参 考 文 献

- (1) 篠原ほか：三菱電機技報，58，No. 8，p. 5 (昭 59)
- (2) 角ほか：三菱電機技報，60，No. 2，p. 58 (昭 61)
- (3) 吉本ほか：三菱電機技報，57，No. 12，p. 67 (昭 58)
- (4) H. Shinohara et al: ISSCC Digest of Technical Papers, p. 62 (1985)

ハイスピードCMOSロジックM74HCシリーズ

速水貞博*・宮崎行雄*・守谷純一*・冲高毅則*・谷口正治*

1. ま え が き

CMOS IC は低消費電力、広動作電源電圧範囲、広論理振幅及び高雑音余裕度などの優れた特長をもち、現在民生用及び産業用電子機器に広く利用されている。その中で、CMOS 標準ロジック IC (以下、CMOS ロジックとよぶ) を代表する 4000 B シリーズは、昭和 52 年頃国内で生産が開始され、現在に至るまでバイポーラ標準ロジック IC であるローパワーショットキー TTL (以下、LSTTL とよぶ) と並んで多量に生産されている。

しかし、4000 B シリーズの伝搬時間や電流駆動能力は LSTTL と比較すると、伝搬時間が LSTTL の 15 倍以上あり、電流駆動能力は LSTTL の 1/7 以下である。したがって、高速処理や電流駆動能力を必要とする電子機器には、バイポーラ標準ロジック IC が通常用いられている。

伝搬時間や電流駆動能力が LSTTL と同等で、かつ CMOS IC の特長を合わせもつハイスピード CMOS ロジックの製品化が各方面から望まれていた。当社は、ハイスピード CMOS ロジックが将来、標準ロジック IC の重要な地位を占めるという予測のもとに M74HC シリーズの開発を進め、140 品種の製品化を計画し、このうち昭和 61 年 4 月現在、80 品種の製品化を完了している。

ここでは上記性能を実現している M74HC シリーズについて、その設計及び諸特性などを中心に報告する。

2. M74HC シリーズの設計方針

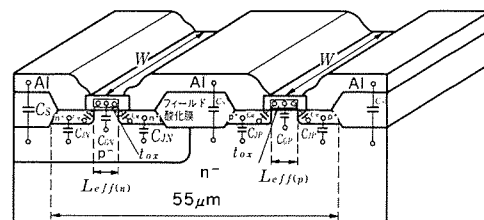
このシリーズの設計方針は、国際標準規格 JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council) Standard No. 7 を準拠とし、この規格を満足するとともに、更に下記 3 項目について一層高性能化することに主点を置いている。

- (1) 伝搬時間の短縮
- (2) 静電破壊耐圧、ラッチアップ耐量の向上
- (3) 上記以外の電気的特性の向上

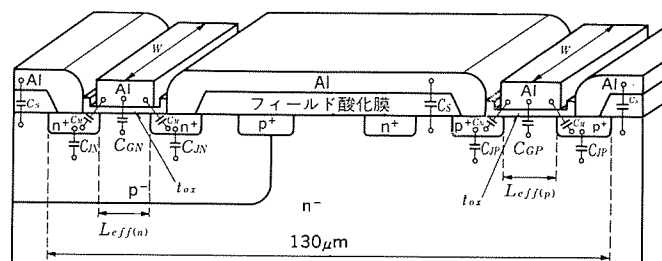
これらを実現するために、設計手法及びプロセスの両面から検討し対策を行った。以下に各項目について述べる。

3. 伝搬時間の短縮化のための構造設計

ハイスピード CMOS ロジックの伝搬時間は、MOS トランジスタに寄生する静電容量、すなわち図 1. に示すような、負荷となる MOS トランジスタのゲートとバルク間の静電容量 C_G (C_{GP} , C_{GN})、駆動する MOS トランジスタのソース・ドレインとバルク間の静電容量 C_J (C_{JP} , C_{JN}) 及び両 MOS トランジスタを接続する内部配線とバルク間の静電容量 C_S と、それらの静電容量の充電経路にある P チャンネル MOS トランジスタ及び放電経路にある n チャンネル MOS トランジスタの電流駆動能力により決定される。伝搬時間を短縮するには、MOS トランジスタの電流駆動能力を高めるとともに、MOS トランジスタに寄生する静電容量を低減し、回路の時定数を減少させる必要がある。このシリーズでは、主にシリコ



(a) M74HC シリーズ



(b) M4000 B シリーズ

図 1. M74HC シリーズと M4000 B シリーズの素子断面図

ンゲートプロセスを採用したファインパターン化によりこれらを実現している。

3.1 伝搬時間短縮のためのプロセスパラメータ設定

飽和状態における MOS トランジスタのソース・ドレイン間電流 I_{DS} は次式で与えられる。

$$I_{DS} = \beta \cdot (V_{GS} - V_{TH0})^2 \quad (1)$$

$$\beta = K \cdot \frac{\mu_{eff} \cdot \epsilon_{ox}}{t_{ox}} \cdot \frac{W_{eff}}{L_{eff}} \quad (2)$$

ここで、 K : 飽和状態の係数 μ_{eff} : 実効の移動度
 ϵ_{ox} : ゲート酸化膜の誘電率 t_{ox} : ゲート酸化膜厚
 W_{eff} : チャンネル幅 L_{eff} : チャンネル長
 V_{GS} : ゲート・ソース間電圧 V_{TH0} : しきい値電圧

電流駆動能力の向上は、式(1)の β を向上するとともに V_{TH0} を低く設定することが必要である。ここでは、 β を決定する主要パラメータである t_{ox} , L_{eff} と V_{TH0} を決定した状況を、各パラメータと伝搬時間の関係を対比させながら報告する。

3.1.1 ゲート酸化膜厚の設定

図 2. は伝搬時間 t_{pd} 及び等価内部容量 C_{PD} 対 t_{ox} の関係を示す。同図は TEG (Test Element Group) 内回路での実測値で、 β 及び L_{eff} が一定となるように他のパラメータを調整し、 t_{ox} に対する t_{pd} 及び C_{PD} との関係を示している。使用した回路は 3 段構成の 2 入力 NAND ゲートである。ここで C_{PD} は次式で表せる。

$$C_{PD} = \sum (C_G + C_J + C_S) \quad (3)$$

それぞれの静電容量は、 W_{eff} 及び t_{ox} に対して以下の関係がある。

$$C_G \propto W_{eff} / t_{ox} \quad (4)$$

$$C_J \propto W_{eff} \quad (5)$$

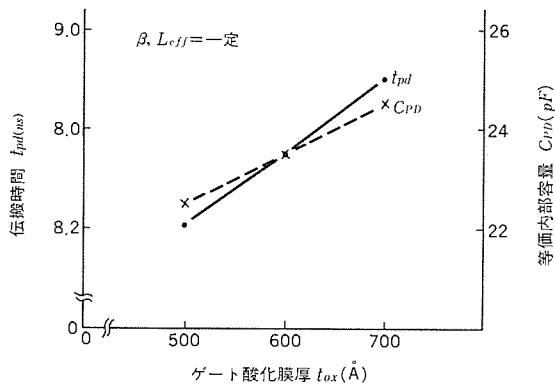


図 2. 伝搬時間, 等価内部容量—ゲート酸化膜厚特性

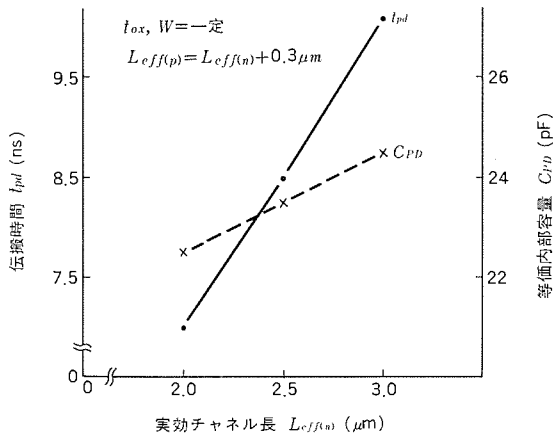


図 3. 伝搬時間, 等価内部容量—実効チャネル長特性

また, C_S は W_{eff} 及び t_{ox} の影響をほとんど受けない。式(2)において μ_{eff} , ϵ_{ox} は定数である。 t_{ox} の影響を調べるため β 及び L_{eff} を一定に保っているため, W_{eff}/t_{ox} は一定となる。したがって式(4)から C_G は t_{ox} の変化に対し影響を受けず, C_J は式(5)から t_{ox} が薄くなれば小さくなり, 式(3)から C_{PD} は減少する。これは後述のように消費電力の面から望ましい。

一方, t_{pd} は,

$$t_{pd} \propto C_{PD}/\beta \quad (6)$$

ここでは β は一定に保っているため, t_{pd} を小さくするには C_{PD} を小さくする必要がある, したがって t_{ox} を薄くしなければならない。しかし, 図 2. からわかるように t_{ox} が 100 Å (600 Å で 17%) 変化しても, t_{pd} 及び C_{PD} の変化率は 3~4% 程度である。標準ロジック IC は多量に使用されるため, 特に高品質とともに低価格が要求される。高品質を維持するには製造の安定化が必要であり, t_{ox} が厚い方が有利である。上記を考慮し, M74HC シリーズでは t_{ox} を, 多くの品種で実績のある 600 Å に設定している。

3.1.2 チャネル長の設定

図 3. は, t_{pd} , C_{PD} 対 L_{eff} の関係を示す。同図は t_{ox} , W_{eff} を一定にしている。 L_{eff} を短くするとゲート面積が狭くなり C_G は減少する。一方 C_J は式(5)から一定である。また C_S は L_{eff} の変化に影響されない。したがって, L_{eff} を短くすると式(3)から C_{PD} は減少する。更に β は式(2)から L_{eff} が短くなると増大し, 式(6)から t_{pd} は短縮される。

しかし, L_{eff} が短くなるとショートチャネル効果により, MOS トランジスタの耐圧は低下するとともに β のばらつきの増大などの弊害を招くため L_{eff} は製造プロセスの安定性を十分確保できる値に設定す

表 1. M74HC シリーズと M4000B シリーズのプロセスパラメータ比較

パラメータ	シリーズ名	M74HC シリーズ	M4000B シリーズ
ゲート酸化膜厚 t_{ox} (Å)		600	1,200
実効チャネル長 L_{eff} (μm)	p ch	2.8	4.2
	n ch	2.5	5.1
しきい値電圧 V_{TH0} (V)	p ch	-0.7	-1.5
	n ch	0.7	1.5
β 相対比	p ch	3.0	1.0
	n ch	4.1	1.0

る必要がある。M74HC シリーズでは必要な性能と製造の安定性とのバランスを考慮し, $L_{eff(n)}$ は 2.5 μm, $L_{eff(p)}$ は 2.8 μm に設定している。

3.1.3 しきい値電圧の設定

M74HC シリーズは伝搬時間特性を, 電源電圧 $V_{CC}=2, 4.5, 6V$ の 3 点で保証している。低電圧時に, 高速性を得るには, V_{TH0} を低く設定することが有利である。しかし, V_{TH0} を低く設定すると MOS トランジスタのサブスレショルド電流の増大を招き CMOS IC の特長である低消費電力性が損なわれる。M74HC シリーズでは両者のバランスを考慮し, p, n チャネルトランジスタ共, V_{TH0} を 0.7 V に設定している。

以上のプロセスパラメータを M4000B シリーズと対比させて表 1. にまとめている。

3.2 寄生静電容量の削減

図 1. は M74HC シリーズと M4000B シリーズの素子断面図を示す。図は見やすくするために, 上面図と断面図の倍率を変えているが, M4000B シリーズと M74HC シリーズが対比できるように, 両シリーズ間は等倍率で示している。 C_{PD} は式(3)で示したように, C_G , C_T 及び C_S に分解される。M74HC シリーズでは, 微細加工技術の採用により, 単位チャネル幅あたりの面積が小さくなり, C_G , C_T が低減されている。また, シリコンゲートプロセスの採用により, ゲートとソース及びドレイン拡散とがセルフアライン化され, ゲート・ドレイン間容量いわゆるミラー容量 C_M は M4000B シリーズと比べ 1/10 以下に低減されている。更に配線はアルミ配線のほかにポリシリコン配線が使用できるため, 配線間のクロスオーバーを容易に形成できる。この結果, 配線の引き回しが短くなり, C_S も低減することができ, 伝搬時間の短縮に寄与している。

以上の結果, 伝搬時間の基準となるインバータ回路を奇数段縦続接続したリングオシレータでの評価では, 15 段構成の場合, $V_{CC}=5V$ で 30 MHz の発振周波数が得られた。これは, ゲート 1 段あたりの伝搬時間 t_{pd} に換算すると約 1 ns であり, M74LS シリーズと同等の高速性をもっていることを示している。

4. 静電破壊耐圧及びラッチアップ耐量の向上

CMOS IC は, 構造的に静電破壊とラッチアップに注意しなければならない。M74HC シリーズは, M4000B シリーズで培われた技術をもとに, 静電破壊耐圧及びラッチアップ耐量を実用上支障のないレベルにまで引き上げている。開発の初期に最も苦心したのは, これらの値の向上である。以下にその概略を述べる。

4.1 静電破壊耐圧

MOS トランジスタはゲート酸化膜が薄く, 外部からのサージ電圧によりゲート破壊を起こしやすいため, 入力端子には保護回路が必要であ

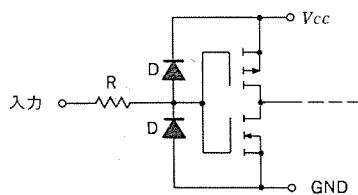


図 4. 一般的な入力保護回路

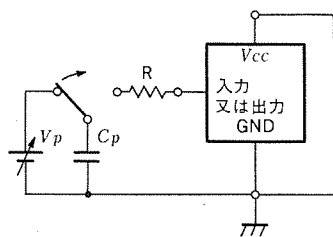


図 5. (a) 静電破壊耐圧測定回路

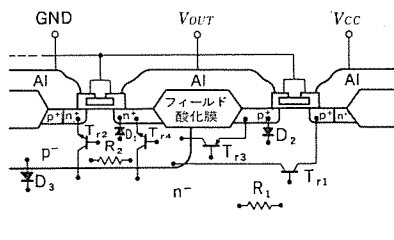
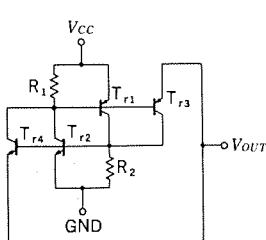


図 6. CMOS インバータの構造と寄生トランジスタ及びその等価回路



る。入力保護回路は、図 4. に示すような抵抗器RとダイオードDによるものが一般的である。しかし、この保護回路では、図 5. (a) に示すような測定回路において $V_P = \pm 300$ V 程度のサージ電圧を加えた場合、保護抵抗器が熱により溶断しやすい。

M 74 HC シリーズは、この保護抵抗器の溶断が起こり難いようにパターンレイアウトの適正化を図り、入力端子の静電破壊耐圧を向上させている。一方、出力及び V_{CC} 端子は、寄生ダイオード (図 6. の $D_1 \sim D_3$) が保護回路を形成しており、入力端子より高い静電破壊耐圧が得られている。

図 5. (a) は静電破壊耐圧を調べる試験回路、図 5. (b) は M 74 HC 00 P に負のサージ電圧を加えたときの静電破壊耐圧の分布である。正のサージ電圧を加えた場合は、図 5. (b) と同等の結果を得ているので省略している。また、 $C_P = 100$ pF、 $R = 1.5$ k Ω の条件 (MIL-STD-883 C METHOD 3015) では、全端子とも ± 3 kV のサージ電圧を加えても破壊を起こしていない。M 74 HC シリーズでは、入力保護回路のパターンレイアウトを統一し、いずれの品種においても図 5. (b) で示す値をもっている。

これらの結果は、M 4000 B シリーズ及び M 74 LS シリーズ以上であり、それらの実績からみて、実用上十分な値であると考えている。

4.2 ラッチアップ耐量

CMOS IC は構造上、IC 内部にバイポーラトランジスタが寄生し、それが V_{CC} 端子と GND 端子の間にサイリスタを構成する。正常動作時に入力、出力及び V_{CC} いずれかの端子にサージ電圧が加わると、このサイリスタがトリガされ、 V_{CC} 端子と GND 端子の間に過大電流が流れる。その結果、IC は本来の機能を失うとともにアルミ配線の溶断などを引き起こし、場合によっては破壊する。この現象をラッチアップと呼んでいる。

図 6. は寄生バイポーラトランジスタを考慮した CMOS インバータの断面図及び寄生バイポーラトランジスタによる等価回路であり、npn トランジスタ Tr_1 と npn トランジスタ Tr_2 によってサイリスタが構成されている。ここで、出力端子 V_{OUT} と GND 端子の間にサージ電圧が加わった場合

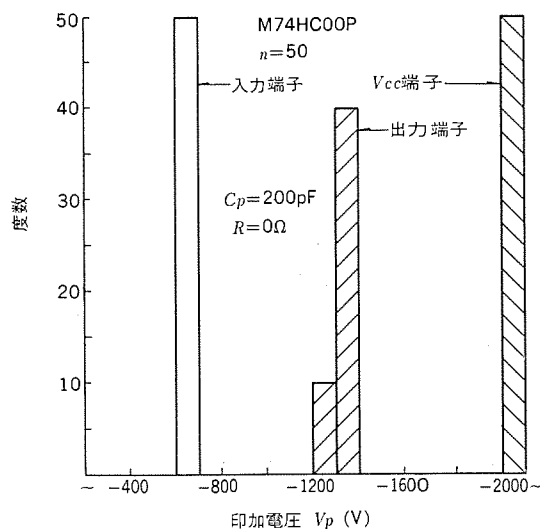


図 5. (b) 静電破壊耐圧分布

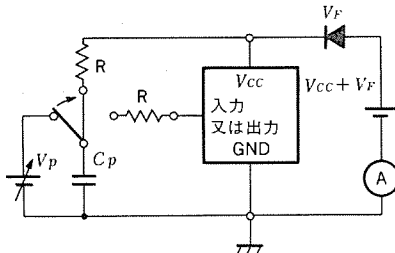


図 7. (a) ラッチアップ耐量測定回路

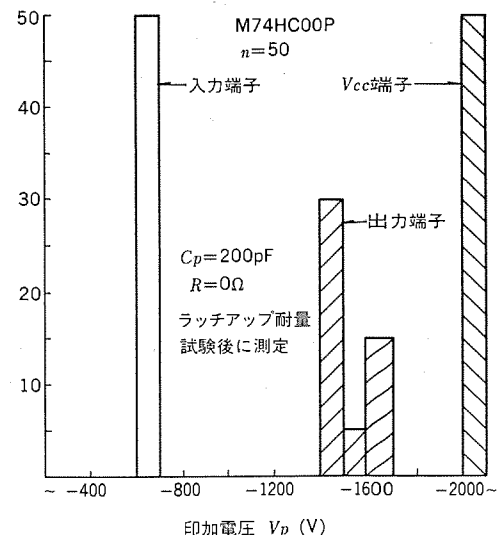


図 7. (b) IC 破壊電圧分布

のラッチアップ発生のメカニズムは次のとおりである。図 6. において、 V_{OUT} に負のサージ電圧が加わると npn トランジスタ Tr_4 のベース・エミッタ間が順バイアス状態になり、 Tr_4 はオン状態となる。すると、 V_{CC} 端子から抵抗器 R_1 及び Tr_4 を経て V_{OUT} に電流が流れ、 R_1 の端子電圧、すなわち Tr_1 のベース電圧が下降し、 Tr_1 がオン状態となる。このとき、 Tr_1 のコレクタから抵抗器 R_2 を経て GND 端子に電流が流れる。そのため、 R_2 の端子電圧、すなわち Tr_2 のベース電圧が上昇し、 Tr_2 もオン状態となる。この結果、 Tr_1 と Tr_2 からなるループに正帰還がかかり、 Tr_1 と Tr_2 とで構成するサイリスタは導通する。ただし、 $V_{CC} \cdot GND$ 端子間に流れる電流が保持されるのは、 Tr_1 及び Tr_2 の電流増幅率 β_1 、 β_2 の積 $\beta_1 \cdot \beta_2$ が 1 以上の場合である。なお、 V_{OUT} に正のサージが加わっても同様である。したがって、ラッチアップの発生を防ぐには、 $\beta_1 \cdot \beta_2$ を 1 以下にする必要がある。

一般的に β_1 及び β_2 の値はパターンレイアウトにより変化するが、M 74 HC シリーズは、デバイス構造の改良によって $\beta_1 \cdot \beta_2 < 1$ を実現し、ラッチアップの発生を完全に防止している。

図 7. (a) はラッチアップ耐量を調べる一般的な試験回路である。試験は、サージ電圧を IC に印加し、 $V_{CC} \cdot GND$ 端子間に流れる保持電流の有無でラッチアップの発生を確認している。更にラッチアップが発

生しなければ、IC テスタで正常動作を確認後、次第に高電圧を加えている。M74HC シリーズのラッチアップをこの試験回路で調べた結果、ラッチアップを示す保持電流は発生しないことを確認した。図 7. (b) はラッチアップ試験時に加えた負のサージ電圧に対する M74HC00P の不良度数である。不良発生の原因を調査した結果は、すべて前項で述べた静電破壊によるものであった。したがって、図 7. (b) の分布は図 5. (b) と似通っており、また同じとみなすことができる。一方、正のサージ電圧を加えた場合も同様であるので、ここでは省略している。更に、 $V_{CC}=7\text{V}$ で $\pm 300\text{mA}$ の電流を入力、あるいは出力端子から注入してもラッチアップは起こしていない。

5. 電気的特性

M74HC シリーズは 2 章で述べたように、下記項目について特性の向上を図っている。

- (1) DC 雑音余裕度を“H”、“L”側共に、電源電圧の 30% を確保 (JEDEC 規格は“H”側 30%，“L”側 20%)。
- (2) 静止時の電源電流を JEDEC 規格の 1/2 に低減 (JEDEC 規格は SSI で $V_{CC}=6\text{V}$ 時に最大 $2.0\mu\text{A}$)。
- (3) “H”、“L”出力電流のバランスをとり、出力“L-H”、“H-L”伝搬時間をそろえる。
- (4) 伝搬時間特性を JEDEC と LSTTL の測定条件の両方で保証。

以下に M74HC シリーズに電気的特性を M4000B シリーズ及び M74LS シリーズと比較しながら述べる。

5.1 直流電気的特性

図 8. (a) は出力電圧—入力電圧特性、図 8. (b) は“H”出力電流—“H”出力電圧特性、図 8. (c) は“L”出力電流—“L”出力電圧特性

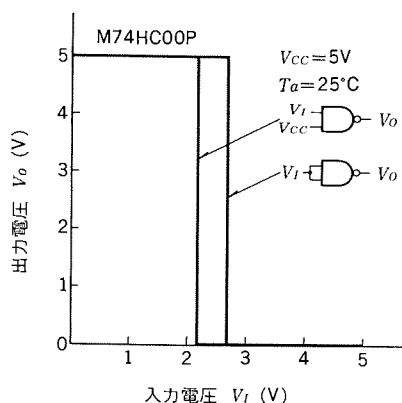
特性である。同図で示すように、回路しきい値電圧 V_{THC} は $1/2 V_{CC}$ に設定し、DC 雑音余裕度を高めている。また出力電流について“H”、“L”共にそろえた設計にしている。電流駆動能力は、M74LS00P で“H”出力短絡電流が -30mA ，“L”出力短絡電流が 20mA であるのに対し、M74HC00P ではそれぞれ -60mA 及び 50mA であり、M74LS シリーズの約 2 倍に設定し、容量性負荷に対して良好な伝搬時間特性が得られるようにしている。

5.2 伝搬時間特性

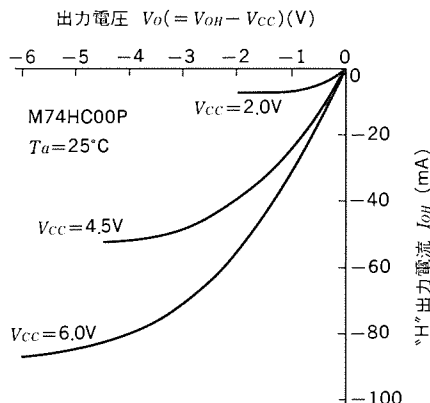
図 9. は M74HC00P の伝搬時間—負荷容量特性を示す。M74LS シリーズと比較して十分な駆動能力があり、更に出力“L-H”、“H-L”伝搬時間がよくそろっている。図 10. は M74HC00P の伝搬時間—電源電圧特性である。 $V_{CC}=2.0\text{V}$ 時の伝搬時間は 4.5V 時の約 3 倍程度遅くなっているが、この領域では P 及び n チャンネル MOS トランジスタの V_{TH0} の影響を大きく受け、必然的に伝搬時間のばらつきが大きくなるので注意を要する。図 11. は M74HC74P (Dual D-Type Flip-Flop) の最高繰返し周波数—電源電圧特性である。なお、伝搬時間の温度特性は高温時が最悪条件となり、周囲温度 $T_a=85^\circ\text{C}$ では 25°C に対し 20% 程度遅くなる。また伝搬時間は、既に述べたように JEDEC の測定条件と LSTTL と同一測定条件 ($V_{CC}=5.0\text{V}$, $T_a=25^\circ\text{C}$, $C_L=15\text{pF}$) の両方で規格を設定し、ユーザーにとってより使いやすいシリーズとなるように配慮している。

5.3 消費電力

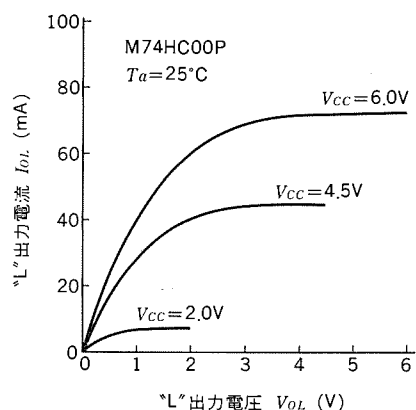
CMOS IC は入力が V_{CC} 又は GND も電位に固定されているような静止状態では、P 及び n チャンネル MOS トランジスタのどちらか一方が必ずオフしているので、 V_{CC} 端子から GND 端子へ電流がほとんど流



(a) 出力電圧—入力電圧特性



(b) “H”出力電流—“H”出力電圧特性



(c) “L”出力電流—“L”出力電圧特性

図 8. 直流電気的特性

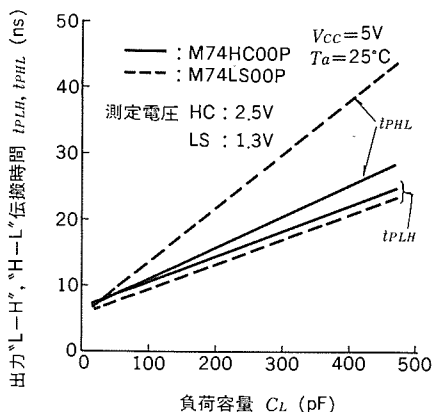


図 9. 伝搬時間—負荷容量特性

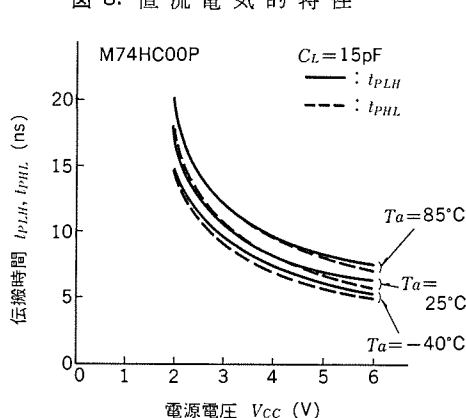


図 10. 伝搬時間—電源電圧特性

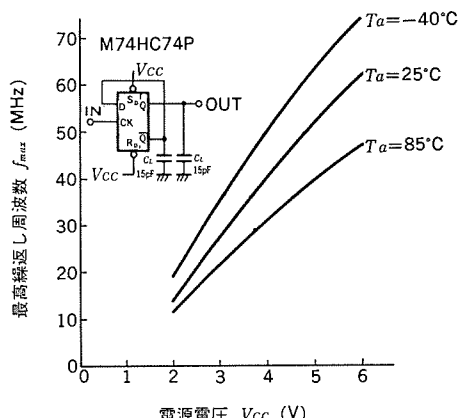


図 11. 最高繰返し周波数—電源電圧特性

れず、静止状態の消費電力は1nW以下と非常に小さい。しかし動作状態では C_{PD} を充放電するために電力が消費される。このときの消費電力は次式で与えられる。

$$P_{DI} = f_i \cdot C_{PD} \cdot V_{CC}^2 \dots\dots\dots (7)$$

P_{DI} : 内部消費電力 f_i : 入力周波数

実用状態は出力端子に付加される C_L の影響も考慮する必要がある、その場合の消費電力は次式のようになる。

$$P_D = f_i \cdot C_{PD} \cdot V_{CC}^2 + \sum f_{out} \cdot C_L \cdot V_{CC}^2 \dots\dots\dots (8)$$

P_D : 消費電力 f_{out} : 各出力端子の周波数

f_i と f_{out} は、ゲートICの場合、 $f_{out}=f_i$ であるが、例えばフリップフロップで分周回路が構成され、出力が2分周されるような場合は $f_{out}=1/2f_i$ となり f_i と f_{out} は異なる場合がある。

図12. はM74HC00PとM74LS00Pのゲート当たりの消費電力—動作周波数特性を示したもので、 $C_L=0, 15, 50$ pFの場合である。同図からM74HC00Pの1ゲートの C_{PD} は約20 pFであり、その消費電力は動作周波数に比例して増加し、 $C_L=15$ pFの場合、10 MHz以上の周波数でM74HC00Pの方がM74LS00Pより大きくなっている。しかし、一般のロジック回路では平均動作周波数が10MHz以上になることは少ないので、CMOS標準ロジックを使用の方が消費電力を少なくすることができる。出力端子に C_L を付加したときのM74HC00Pの消費電力は、式(8)から C_L を充放電

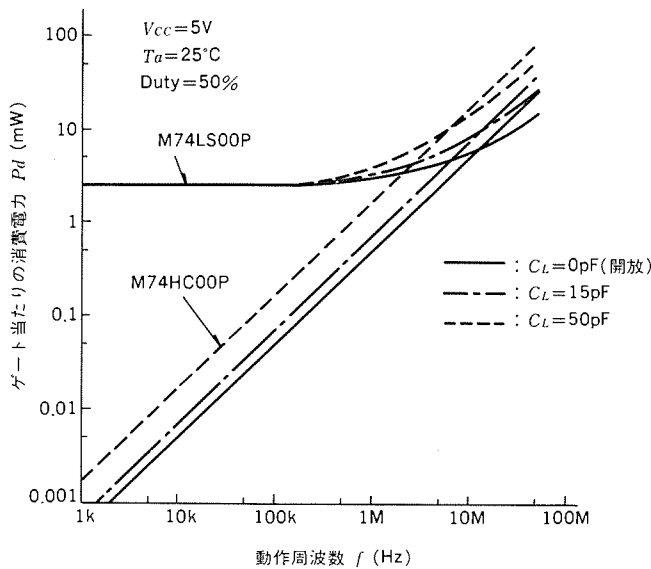


図 12. ゲート当たりの消費電力—動作周波数

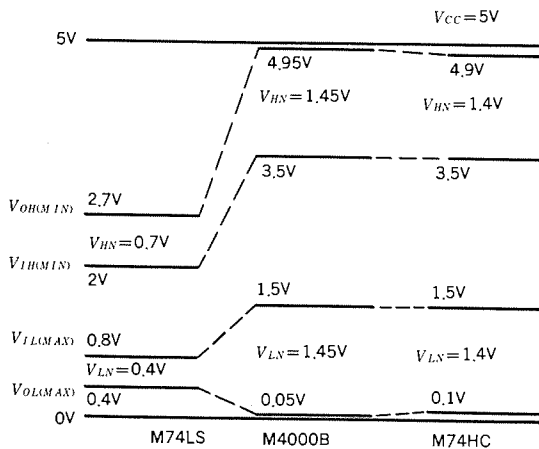


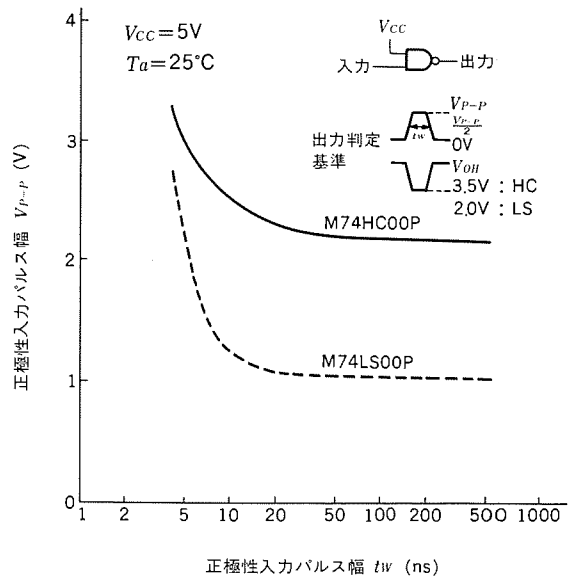
図 13. DC 雑音余裕度の比較

する分だけ増加している。またM74LS00Pの場合も C_L を充放電する分だけ増加するが、動作周波数が小さい領域ではその影響は少ない。 C_L を充放電するとき、CMOS標準ロジックの場合はGNDレベルから V_{CC} レベルまで充放電するのに対し、LSTTLは0.2Vから4V程度までしか充放電しない。ゆえにM74HC00Pの方が C_L の影響が大きく、 C_L の値が大きくなるとM74LS00Pより消費電力の少ない動作周波数の領域は狭くなる。したがって、回路はできるだけ低負荷容量になるように設計するのが望ましい。

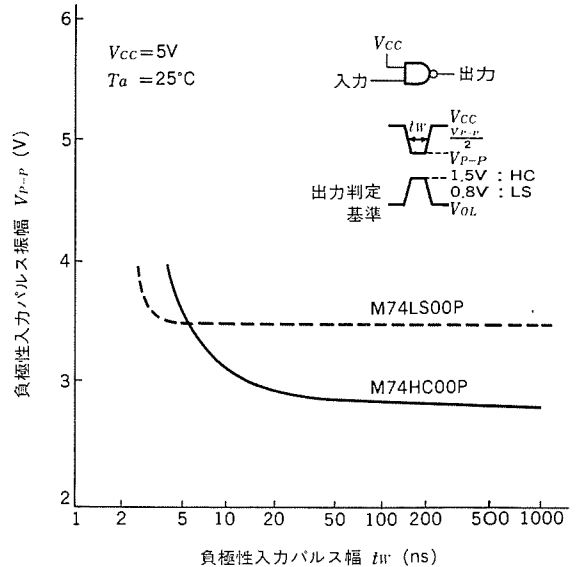
5.4 雑音余裕度

図13. は各シリーズの規格値でのDC雑音余裕度の比較を示す。M74HCシリーズの V_{THC} は、図8. (a)に示すように約 $1/2 V_{CC}$ に設定している。また、“H”出力電圧はほぼ V_{CC} レベル、“L”出力電圧はほぼGNDレベルになる。図13. に示すように、M74HCシリーズはM4000Bシリーズと同等のDC雑音余裕度があり、M74LSシリーズと比較して良好な特性をもっている。

図14. はM74HC00PとM74LS00PのAC雑音余裕度特性



(a) AC 雑音余裕度 (正極性)



(b) AC 雑音余裕度 (負極性)

図 14. AC 雑音余裕度特性

表 2. M 74 HC シリーズ 信頼性試験結果

(a) 寿命試験結果

試験項目		試験条件	試料	試料数	コンポーネントアワー	故障個数
高温動作寿命		$T_a=125^{\circ}\text{C}$ $V_{cc}=8.5\text{V}$	SSI	106	124,800	1
			MSI	44	44,000	0
高温保存		$T_a=150^{\circ}\text{C}$	SSI	66	55,000	0
			MSI	22	22,000	0
耐湿性	高温高湿保存	85°C , 85% RH	SSI	44	44,000	0
			MSI	44	44,000	0
	高温高湿バイアス	85°C , 85% RH, $V_{cc}=6\text{V}$	SSI	120	120,000	0
			MSI	44	44,000	0
	ブレッシャクッカ	121°C , 2 気圧	SSI	90	90,000	1 (1,000 時間)
			MSI	66	60,000	0

(b) 環境試験結果

試験項目		試験条件	試料数	故障個数			備考
はんだ付け性		230°C , 5 秒間ストップまで, ロジン系フラックス使用	66	0			
熱的環境	はんだ耐熱	260°C , 10 秒間	152	はんだ耐熱	熱衝撃	温度サイクル	シリーズで実施
	熱衝撃	$-40\sim+125^{\circ}\text{C}$, 10 分間/サイクル, 15 サイクル		0	0	0	
	温度サイクル	$-60\sim+150^{\circ}\text{C}$, 1 時間/サイクル, 100 サイクル					
端子強度		250 g, 90° 曲げ 2 回	44	0			
機械的環境	衝撃	1,500 G, 0.5 ミリ秒間, X, Y, Z 方向 3 回	44	衝撃	振動	定加速度	シリーズで実施
	振動	20 G, X, Y, Z 方向 4 回, 100~2000 Hz		0	0	0	
	定加速度	20,000 G, Y 1 方向, 1 分間					

を示す。入力パルス幅が数 ns 以下の狭い領域では M 74 LS 00 P に比べ正極、負極性パルスに対し、共に M 74 HC 00 P の方が高い AC 雑音余裕度をもっている。なお、測定条件を統一するため負極性パルスを 5 V から変化させているが、LSTT の V_{OH} は 4 V 程度であるため、LSTTL で LSTTL を駆動する場合の LSTTL の AC 雑音余裕度は図 14. (b) より 1 V 程度低下する。したがって実用状態ではハイスピード CMOS ロジックの方が優れている。

以上のように M 74 HC シリーズは、2 章の設計方針で述べたような所期の目標をすべて達成している。

6. 信頼性

表 2. は M 74 HC シリーズの寿命試験結果及び環境試験結果の一例を示す。この結果から M 74 HC シリーズの $T_a=25^{\circ}\text{C}$ での故障率を推定すると、およそ 40 FIT になる（活性化エネルギー 0.6 eV, 信頼水準 60%）。市場故障率は実験上で求めたデータの $1/2\sim 1/10$ になるという経験及び M 4000 B シリーズの実績（市場故障率 10 FIT 以下）を考慮すると、市場故障率は数 FIT 程度と考えられる。また、耐湿性試験結果も良好である。今後 IC の高信頼度化の要求にこたえるた

め、より一層の品質向上に努める考えである。

7. 外形

M 74 HC シリーズの外形は、全品種 300 mil 幅の 14, 16, 20 及び 24 ピンプラスチックモールド DIP (Dual In Line Package) を採用している。また、電子機器の小形化に対処するためプラスチックモールドフラット DIP の製品化も完了している。

8. むすび

高速でかつラッチアップ現象がなく、静電破壊耐圧も実用上十分なレベルにまで引き上げられている M 74 HC シリーズを開発することができた。

電子機器が多様化した現在、一層の品種拡大、ファミリーの充実を図りユーザーの要求にこたえて行く。将来、より高性能な新しい CMOS ロジックの出現が予測されるが、CMOS メモリで確立した高度なプロセス技術を標準ロジック IC に適用し、高性能で高品質な CMOS ロジックの製品化に対処して行く所存である。

ワンチップマイクロコンピュータ ROMコード電送・処理システム

藤本 稔*・三輪 久晴*・船木 博*・片岡敏彦**・的池敦子**

1. ま え が き

半導体集積回路は、電子機器の急速な進展の原動力として、現在の産業界にはなくてはならないものとなってきている。その中で、ワンチップマイクロコンピュータ（以下、マイコンと称す）は、我々の身近な日常の電子機器（VTR、テレビ、カメラなど）からファクシミリやワードプロセッサなどのOA機器まで、制御用として幅広く使用されている。更に、高度情報化が進みつつある現代では電子機器製品の高機能化が要求され、今以上にあらゆる分野でマイコンが使用されるものと思われる。マイコンは、このような製品の多様化とともに、顧客のニーズに答えるために、用途に応じて容易に機能変更できるマスクROM内蔵形のワンチップ構成になってきている。

一方、MASK-ROM (MASK Programmable Read Only Memory) LSIは高性能化、高信頼化、低価格化によりその使用量が急増し、また日本語情報処理の急速な発展に伴って、OA機器として、プリンタ、CRTディスプレイなどの端末機器の漢字パターン発生用メモリに、メガ級の大容量MASK-ROM LSIが必要となっている。このような状況下で、マイコン、MASK-ROM LSI製品は高性能化、高信頼化、低価格化はもとより、製品の短納期化が要求される。

今回、顧客から支給されたROMコードからマスク製作の期間を短縮するために、①ROMコード伝送システム（顧客から支給されたROMコードを公衆回線を介して伝送するシステム）、②マスク作画データ伝送システム（マスク作画データをマスク会社（大日本印刷(株)）へ公衆回線を介して伝送するシステム）を開発、実用化したのでその概要を述べる。

2. マスクROM製造工程の流れ

当社のマイコンLSI製品とMASK-ROM LSI製品におけるROMコード入手から製品出荷までの流れを図1に示す。

国内、海外の事業所は顧客からEPROMに書き込まれたROMコードを入手し、ROMコード伝送システムを利用して当社北伊丹製作所に伝送する。当社北伊丹製作所では、ホストコンピュータを利用して伝送されたROMコードをマスク作画データとLSIテスト用のテストプログラムに変換する。マスク作画データは、マスク会社でマスクを製作する場合、マスク作画データ伝送システムを利用してマスク会社に伝送され、マスク製作を行う。当社北伊丹製作所では、LSIウェーハ製造、LSIテストでROMコードの確認を行い、LSI製品を顧客に出荷する。

現在、このタイプのLSI製品は、短納期化の要望が大きく、当社は顧客の要求に答えるため、ROMコード伝送システムとマスク作画データ伝送システムを開発し、実用化した。ROMコード伝送システムとマスク作画データ伝送システムは、各コンピュータの持つネットワーク方式からデータ伝送路の伝送効率、データの品質向上と通信回線使用時の費用軽減などを考慮して構築されている。

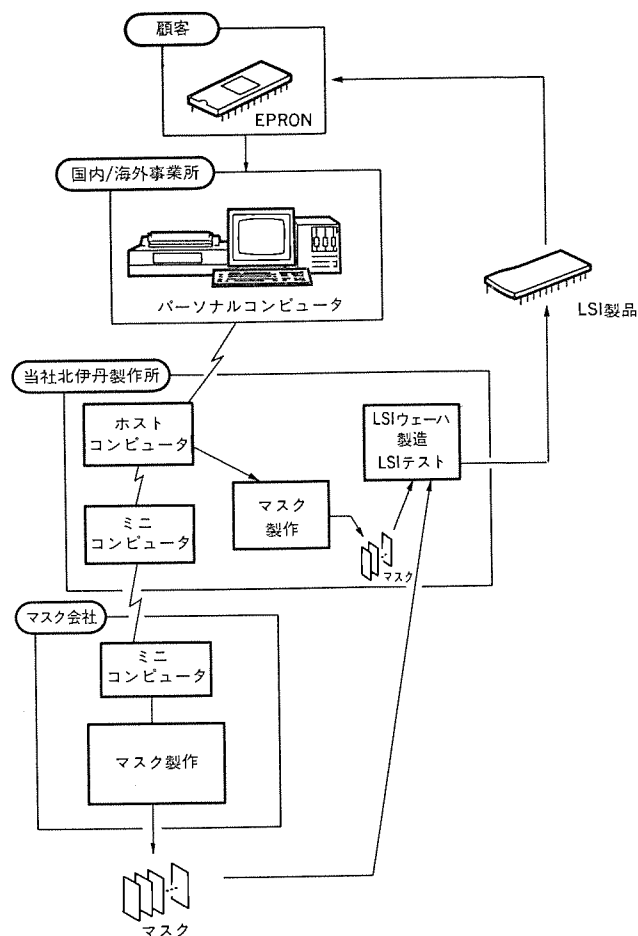


図1. マスクROM製造の流れ

3. ROMコード伝送システム（MEROT）

3.1 システム構成

ROMコード伝送システム(MEROT: Mitsubishi Electric ROM Transmission System)は、遠隔地の顧客から迅速にROMコードを入手することを目的として開発され、マスクROMを内蔵する当社LSI製品のすべてに適用する。

図2にMEROTのネットワーク構成を示す。国内、海外の事業所にパーソナルコンピュータ《MULTI 16》と、これに接続されたPROMライターを設置し、顧客から入手したEPROMからROMコードを抽出する。《MULTI 16》は、当社北伊丹製作所のホストコンピュータ《ME LCOM-COSMO 900 II》（以下、COSMO 900 IIと称す）に通信回線を介して、抽出したROMコードを伝送する。

このシステムは東京～当社北伊丹製作所間で、2,400 bps（ビット/秒）の公衆回線を使って実用化され、現在、関東地区からのROMコードデータ伝送に使用されている。また海外に対しても、国際ネットワーク網を利用して、容易に米国、欧州からのROMコードの受入れ

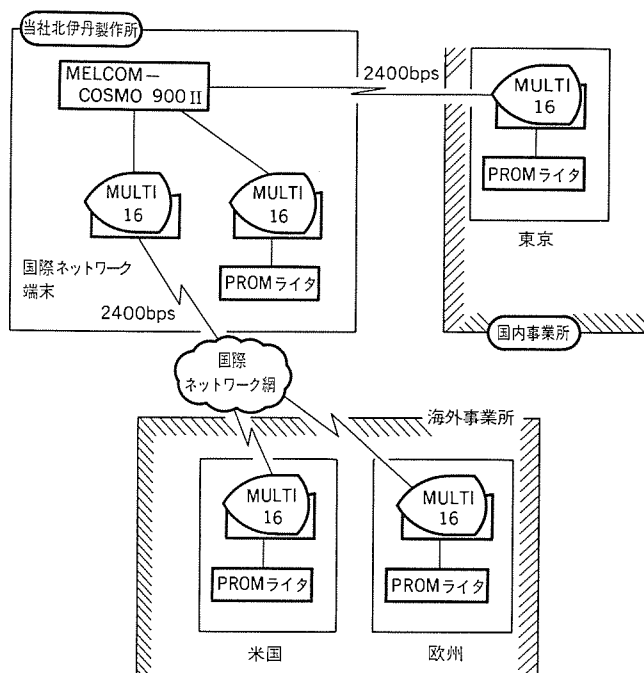


図 2. MEROT ネットワーク 構成図

表 1. 適用 EPROM タイプ一覧

製 品 分 野	EPROM タイプ
MELPS 760 4 ビットマイクロコンピュータ	M 5 L 2732 K, M 5 L 2764 K 及び同等品
MELPS 740 8 ビットマイクロコンピュータ	M 5 L 2732 K, M 5 L 2764 K, M 5 L 27128 K 及び同等品
MELPS 48 8 ビットマイクロコンピュータ	M 5 L 2732 K, M 5 L 2764 K 及び同等品
MASK ROM 64 K~1 M ビット	M 5 L 2732 K, M 5 L 2764 K, M 5 L 27128 K, M 5 L 27256 K 及び同等品

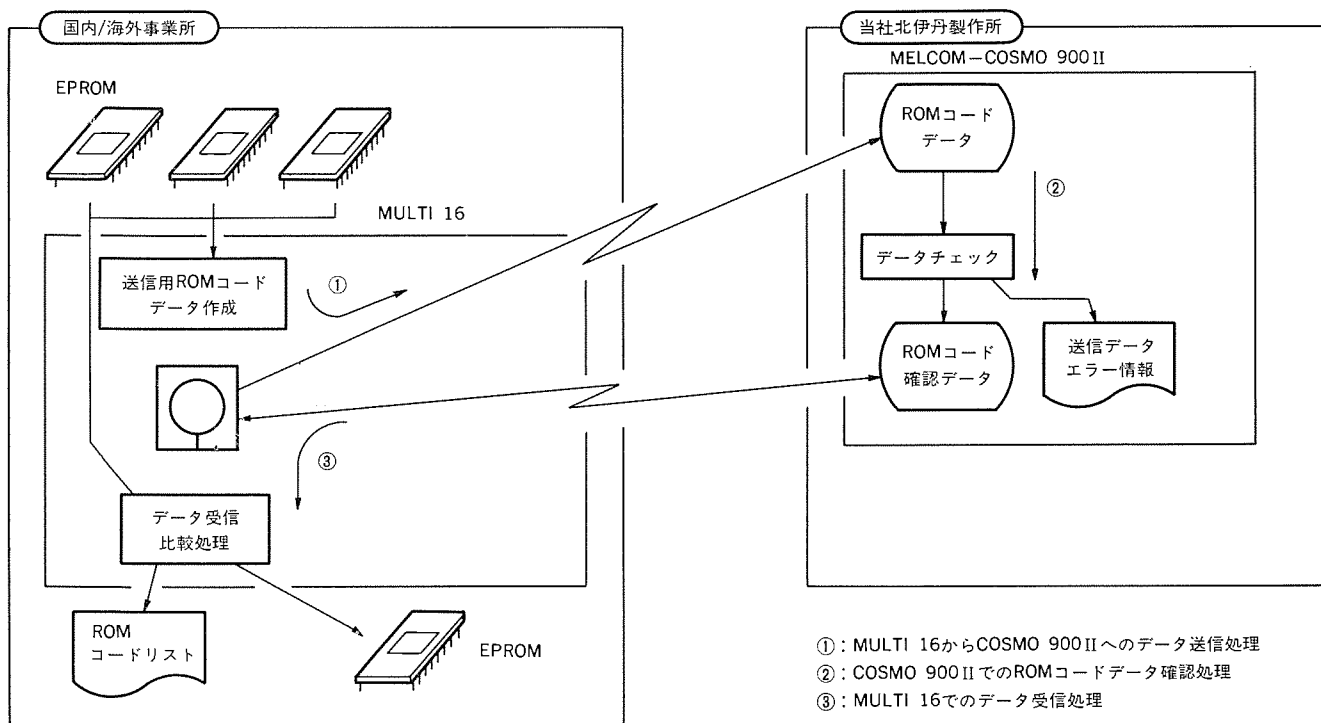


図 3. ROM コード 伝送手順の流れ

- ①: MULTI 16からCOSMO 900 IIへのデータ送信処理
 ②: COSMO 900 IIでのROMコードデータ確認処理
 ③: MULTI 16でのデータ受信処理

を行っている。表 1. に MEROT で使用可能な EPROM タイプの一覧を示す。

3.2 システムの機能

MEROT の主な機能を以下に示す。

- (1) マスク ROM を内蔵する当社 LSI 製品をすべてサポートしている。
- (2) 操作を容易にするため、処理はすべて対話形式である。
- (3) ホスト側の操作が不要である。ホストコンピュータ上のプログラムは各事業所から起動でき、マスク作画データ作成までを自動的に行うことができる。

(4) 伝送した ROM コードの信頼性を高めるため、プログラム内に複数のデータ検証機能をもっている。

3.3 伝送手順

図 3. に ROM コード 伝送手順の流れを示す。MEROT システムの伝送手順は、次の三つの処理から構成される。

- (1) 《MULTI 16》から COSMO 900 II へのデータ送信処理
顧客から入手した EPROM から ROM コードを抽出し、COSMO 900 II へ伝送する ROM コードデータを作成及び送信する。
- (2) COSMO 900 II での ROM コードデータ確認処理
受信した ROM コードデータの通信回線上的エラー（ビット誤り、データの

```
*****
M5M2364-XXXP
ROM CODE LIST
*****
DATE= 5/13/85 PAGE= 1

#000000 02 40 38 30 AF 1E 02 40 2D 32 F0 02 68 AB
#000020 FF FF FF 32 D2 89 32 D2 8D 32 D2 C2 AF 02
#000040 50 75 A8 81 75 98 00 75 89 11 75 50 12 75
#000060 F0 75 A0 3C 78 02 E2 20 E0 0C 90 90 90 02
#000080 90 00 F0 90 30 03 74 18 F0 30 F0 30 F0 02
#0000A0 03 02 42 1F 90 20 00 78 21 79 00 71 E9 12
#0000C0 80 5F 64 01 64 02 70 02 80 51 64 64 04 64
#0000E0 6C F0 75 28 80 75 2B 80 80 39 90 F0 78 00
#000100 50 08 90 20 26 74 00 F0 A3 74 90 75 A0 30
#000120 02 D2 07 90 30 02 E0 54 18 23 23 E0 30 E7
#000140 40 03 02 42 1F 12 42 4B 00 00 81 00 78 E8
#000160 00 E8 00 90 C0 00 78 C8 79 00 51 1F 51 4B
#000180 D2 8E 75 A8 EE 90 80 08 74 1E F0 E0 B4 FF
#0001A0 E0 90 20 10 F0 90 30 04 74 08 F0 F0 90 30
#0001C0 A8 51 F4 20 64 FB 90 20 50 E4 F0 E0 30 E1
#0001E0 4C D2 31 D2 19 51 A0 B1 BA 02 4B F4 C2 B4
#000200 42 1F 75 F0 55 7F E5 F0 F6 E6 0C F6 D8
#000220 A8 00 90 30 03 74 18 F0 30 51 04 B4 80 FE
#000240 94 14 F5 30 D0 E0 D0 E0 02 4D EC 93 FA A3
#000260 82 C0 83 8A 83 8B 82 E4 F0 A3 EC
#000280 9B 70 14 E5 F0 F0 A3 E8 D5 83 EF
#0002A0 75 D0 00 51 AA 51 DC 51 F4 23
#0002C0 49 40 08 C2 B4 D2 01 D2 F4
#0002E0 20 07 E0 D2 E3 D2 F4
#000300 20 53 02 71 08 F4
```

図 4. ROM コードリスト 出力例

紛失) をチェック し、データエラーの有無とビット誤りやデータ紛失の場所を出力する。エラーがなければ ROM コード 確認 データを作成する。

(3) 《MULTI 16》でのデータ受信処理

COSMO 900 II に送信した ROM コードを確認するため、《MULTI 16》に ROM コード 確認 データを返送し、EPROM のデータと照合する。エラーがなければ ROM コードリストを作成する。顧客の要求により伝送した ROM コードを EPROM に書き込む処理も行う。

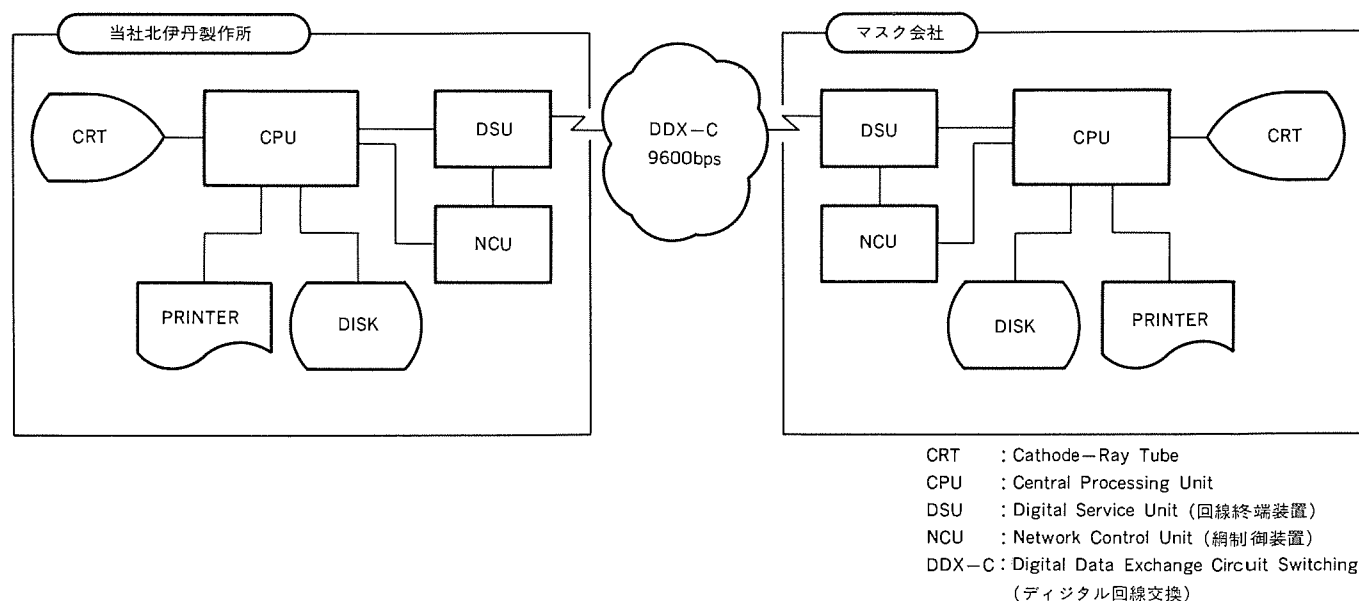
3.4 出力例

MEROT システムで出力されるリストの一例を図 4. に示す。

4. マスク作画データ伝送システム (EVANCE)

4.1 システム構成

マスク 作画 データ 伝送 システム (EVANCE : Electron Beam Data Advanced System) は、当社北伊丹製作所からマスク会社へマスク製作に必要なデータを伝送する。図 5. に EVANCE のシステム構成を示



す。EVANCE は、当社北伊丹製作所とマスク会社のミニコンピュータ間を NTT（日本電信電話（株））の DDX-C（デジタル回線交換）網で接続している。通信速度は 9,600 bps である。

4.2 システムの機能

EVANCE の主な機能を以下に示す。

- (1) 高速データ伝送
- (2) デジタル回線交換による高信頼性
- (3) 自動発信／自動着信

ネットワークを構成する NCU (Network Control Unit) により、相手方ミニコンピュータとの間の自動発信及び自動着信が可能である。

(4) 自動伝送

マスク作画データが準備完了になった LSI 製品を検知して、自動伝送を行うことが可能である。

(5) 優先伝送

複数の LSI 製品のマスク作画データを一括して連続的に伝送する場合、小量データの製品の優先伝送や、あらかじめ優先順位を指定しての優先伝送が可能である。

(6) 分割伝送

LSI 製品のマスク作画データは通常複数工程から構成される。これらのデータが同時に準備できない場合、分割伝送することが可能である。

(7) 対話形の伝送進捗管理

LSI 製品単位のデータ伝送の進捗状況を対話形式で CRT 端末に表示したり、プリンタに出力することが可能である。図 6. にプリンタ出力の例を示す。

4.3 伝送手順

図 7. にマスク作画データの伝送手順の流れを示す。

EVANCE システムの代表的な伝送手順は、次の三つの処理から構成される。

- (1) 伝送管理プログラム（メイン）からマスク作画データの準備完了及び伝送可能であることを、伝送管理データベースに書き込む。
- (2) マスク会社は、伝送管理プログラム（サブ）から伝送可能なマスク作画データの有無を調べる。
- (3) マスク会社から伝送の起動を行い、ネットワーク制御部によりマスク作画データの伝送を行う。

また、4.2 節の内(4)～(7)に示した各種機能は、上記伝送管理プログラム（メイン、サブ）により提供されている。

5. 結 果

今回、ROM コード伝送システムとマスク作画データ伝送システムを開発、

データ伝送の進捗状況（EVANCE） 1985年4月

月別番号	注文番号	LSI 品名	準備完了	伝送開始	伝送終了
0001	16311	M50740-XXX	4/1 10:20	4/1 10:25	4/1 10:35
0002	16312	M5M23256-XXX	4/1 10:50	4/1 11:00	4/1 11:15
0003	16313	M50745-XXX	4/1 19:30	4/1 19:50	4/1 20:00
0004	16314	M50747-XXX	4/1 19:30	4/1 20:00	4/1 20:10
0005	16315	M50760-XXX	4/2 08:30	4/2 08:35	4/2 08:37
		⋮			

図 6. プリンタ出力の例

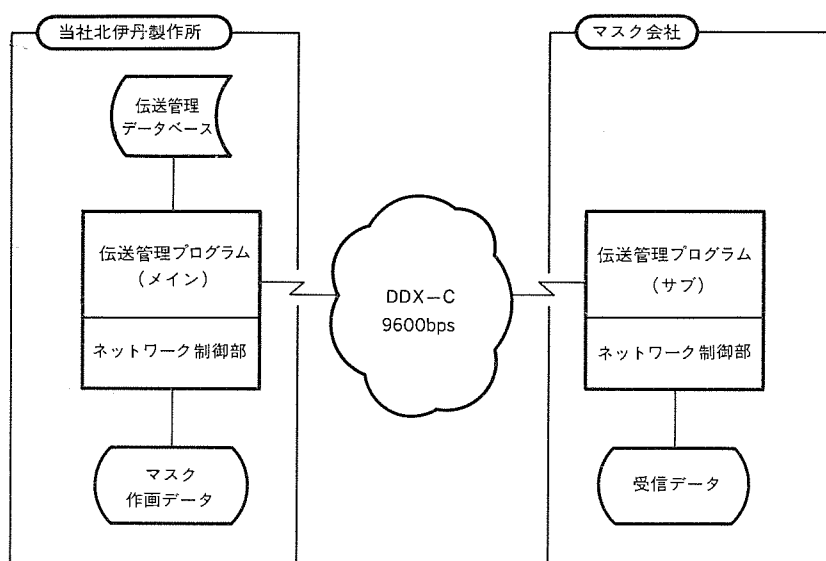


図 7. 伝送手順の流れ

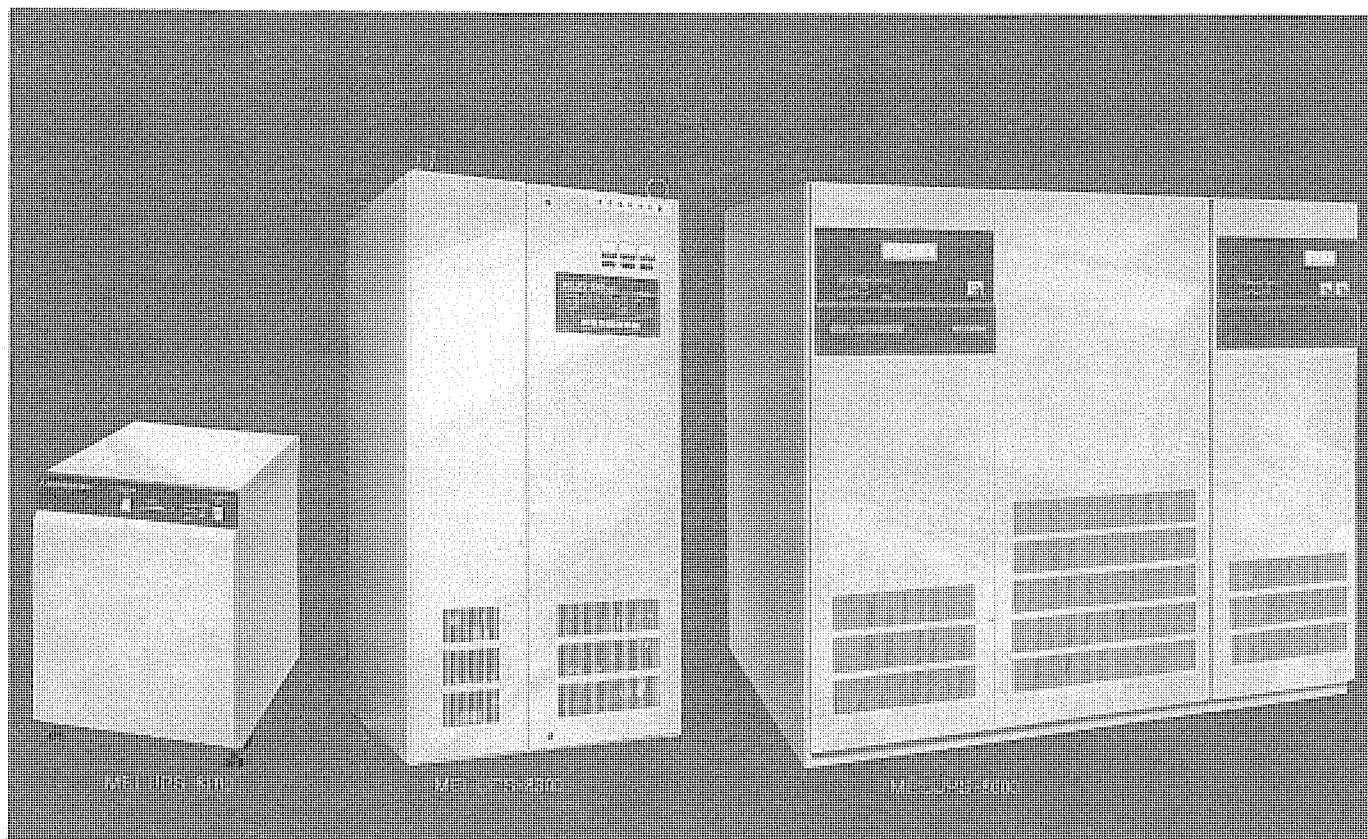
実用化したことにより、ROM コード入手からマスク製作までの期間を従来に比べて 45 % 短縮できた。この結果、マイコン及び MASK-ROM LSI 製品の納期を大幅に短縮することが可能になった。

6. む す び

今後、高度情報化が進むにつれて、情報伝達のためのコンピュータ間ネットワークが必要になってくる。今回、開発、実用化した ROM コード伝送システム、マスク作画データ伝送システムを、更に高速化、高信頼化を図り国内、海外への適用を拡大していく予定である。

終わりに、マスク作画データ伝送システムの開発、実用化にあたり、多大な御指導、御協力をいただいた大日本印刷（株）の関係各位に深く感謝する次第である。

三菱トランジスタ式無停電電源装置 MELUPS-8000シリーズ



情報ネットワーク時代に向け、コンピュータ・通信システムをはじめ、OA・POS・FAなどのあらゆる市場にマッチした小形・高効率・高信頼性のトランジスタ式無停電電源装置（CVCF装置）の新シリーズを発売しました。

このMELUPS-8000シリーズは、表に示すシリーズで構成されています。その心臓部であるインバータに大容量高性能トランジスタを搭載すると共に、国際的に広く使用されているフロート式整流器やサイリスタスイッチとコンタクトとを組合せたハイブリッド形バイパス切替などの回路構成を採用しています。

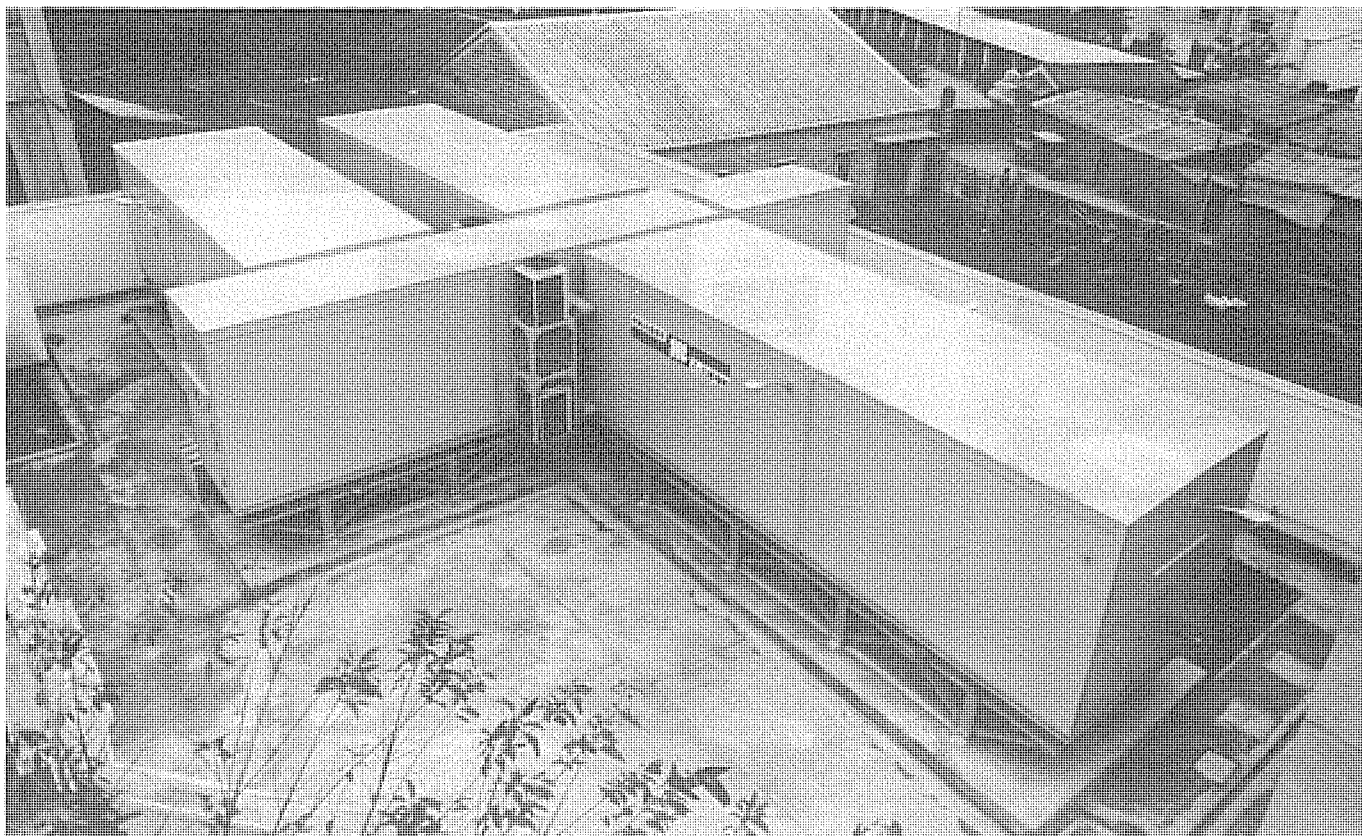
特長

- ①小形
当社従来機種に比べ、約50%の大きさに小形化しました。また、盤の前面から保守できるため、裏面の保守スペースは不要です。
- ②高性能
当社従来機種に比べ、効率は2～3%向上、騒音は5 db低下しています。
- ③高信頼性
優れた回路方式と、部品点数の削減、厳選された認定部品の使用により、一段と信頼性が向上しています。
- ④電源・負荷との協調
負荷側での短絡事故を素早くクリアして、コンピュータなどの運用に影響を与えない方式や交流入力への高調波を低減させる方式を採用し、入力から負荷までCVCFシステム全体として電力の供給信頼度向上と協調を一層図りました。

MELUPS-8000シリーズ

シリーズ名	出力	用途
MELUPS-8100	単相 0.5～3kVA 100V 50または60Hz	OA、POS、FA、各種端末など
MELUPS-8300	単相 5～50kVA 100～110V 50または60Hz	情報システム、プラント計装、FA、ビル管理システムなど
MELUPS-8600	三相 30～750kVA 200～220V 50または60Hz	中・大型コンピュータ、通信、情報システム、放送、トンネル照明など

（注）400Hz出力MELUPSも製作しています。



三菱パワーカセットは、中小容量の発・変電所プラントを丸ごと工場で完成させることを目的として開発されたもので、簡単な据付工事を行うだけで、これらプラントを運転開始可能としました。三菱パワーカセットは、これらプラントの機能を12種類のコンポーネント(カセット)に分割し、コンポーネントを必要に応じて組み合わせることにより、顧客の多様な要求に対応できるようにしています。

このたび、中国広州向けに、出力1000kVA三菱ディーゼル発電パワーカセットを製作納入しました。このディーゼル発電パワーカセットは①1000kVAディーゼル発電セットを収納しているD/Gカセット②制御盤を収納しているコントロールカセット③しゃ断器盤を収納しているスイッチギアカセット…これらのカセットをつなぎ、空調機器及び配線用の通路を兼用した廊下カセット、出入口カセットで構成されています。広州の印刷工場の敷地内に設置され、工場の受電系統と並列運転を行い、常用電源として1日に約14時間電力を供給し、まだ休電日には予備電源として電力を供給しています。

特長

- 必要機器をカセット(函体)に収納し、組合せ後の総合試験を工場で行うため、品質管理された信頼性の高い完成品として工場より出荷されます。

- カセットとしてパッケージ化するため、現地搬入後の諸工事の日程が短くなり、受注から引渡しまでの納期が短縮されます。
- 建屋工事がなく、基礎工事も簡単なものでよく、現地工事も据付後カセット間の取り合いのための配線工事と燃料タンクとの配管工事を行うだけでよく、工事が容易となります。
- カセットの移設や需要に合せ容量をアップするカセットの増設が容易に行うことができます。今回のものも4000kVAまで容量アップできるように、カセット内機器配置、大きさ等を考慮したものにしています。

カセット仕様

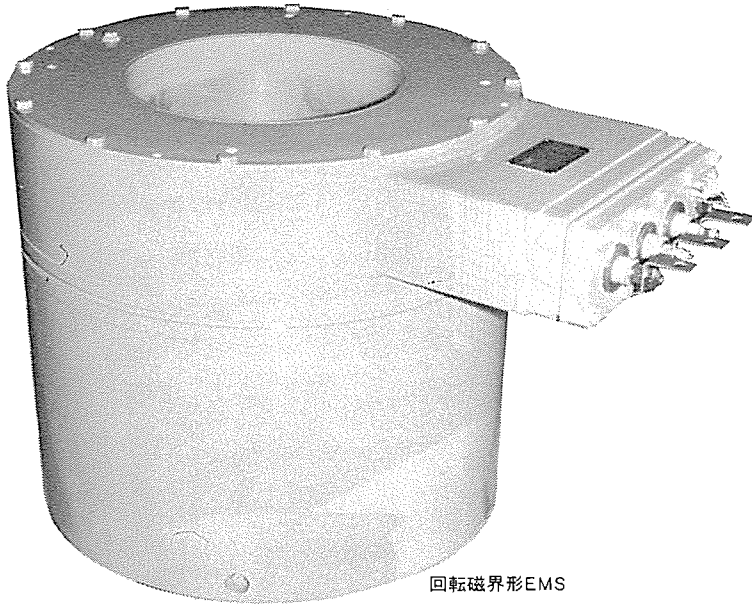
カセット外形寸法	幅3.5m×長さ10.5m×高さ3.5m
カセット単一最大重量	29トン(D/Gカセット)
カセット用架台高さ	0.8m

ディーゼル発電セット仕様

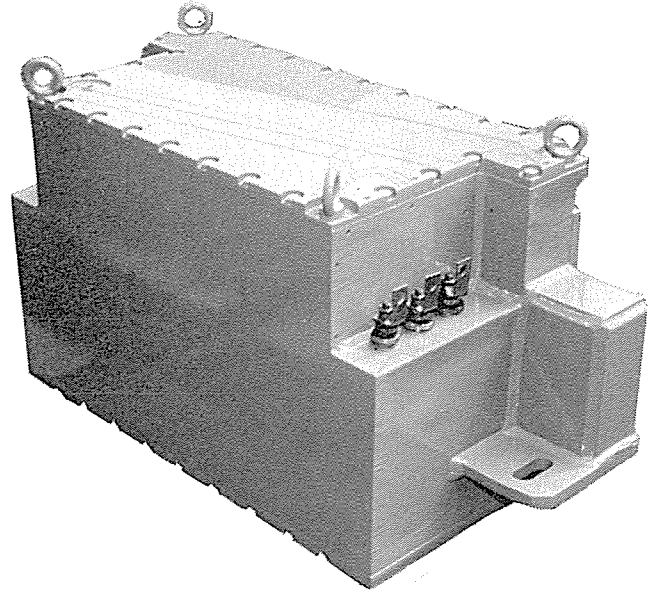
交 流 発 電 機	出力1000kVA (800kW) 電圧11kV 力率0.8 50Hz 1500rpm F種絶縁 ブラシレス励磁
ディーゼルエンジン	出力1220HP 4サイクル 直接噴射式 過給器空気冷却器付 ラジエータ冷却 セルモータ起動
制 御	自動及び手動運転 自動同期投入可能

開閉装置仕様

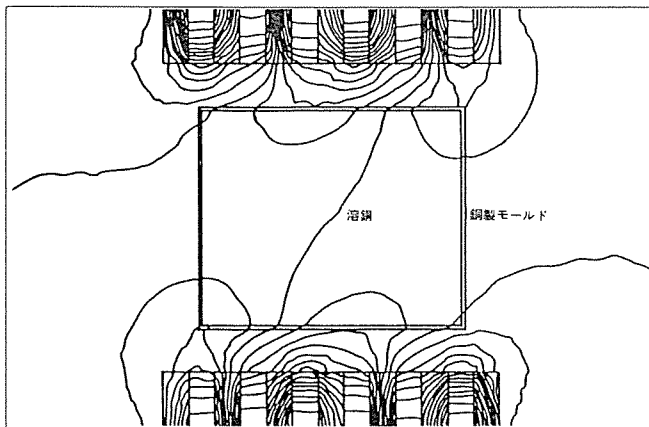
真 空 し ゃ 断 器	定格電圧 12kV 定格電流600A しゃ断電流 12kA
-------------	----------------------------------



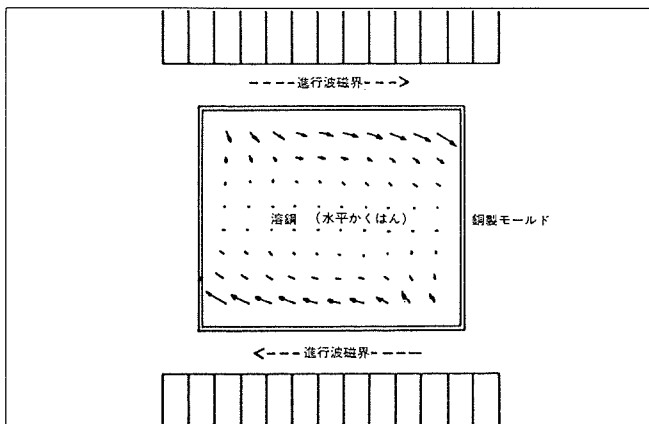
回転磁界形EMS



進行波磁界形EMS



モールド用進行波磁界形EMSの磁束分布の例

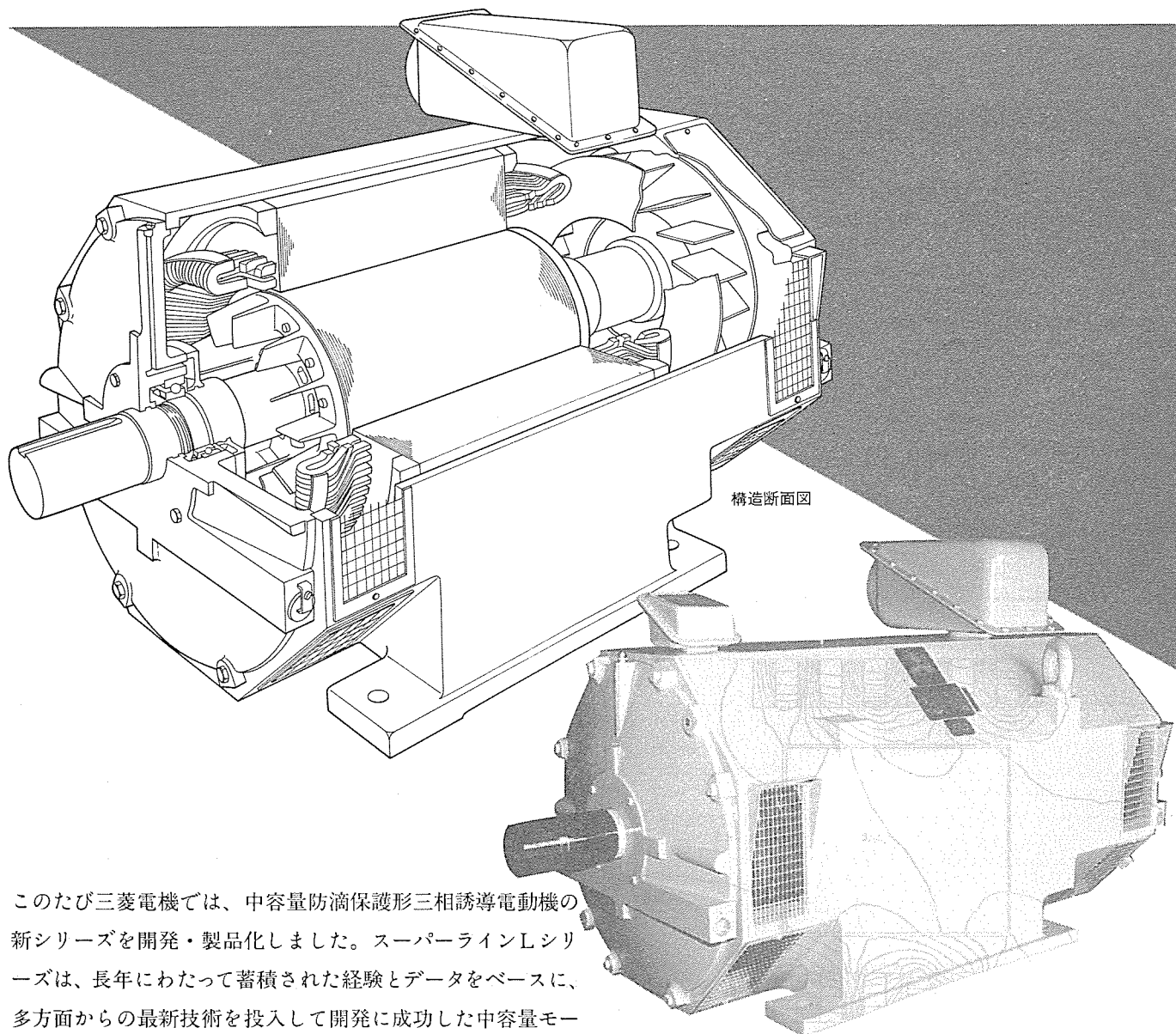


モールド用進行波磁界形EMSのかくはん電磁力分布の例

鉄鋼の連続铸造設備においては、鋼材の品質向上や歩留まり向上の面から溶鋼を電磁力でかくはんする電磁かくはん装置 (Electro Magnetic Stirrer:EMS) の需要が増大しています。こうしたニーズに応えるべく三菱電機では、電磁かくはん装置設計のための専用CAE (Computer Aided Engineering) システムを開発。詳細な特性検討を迅速に実施できるようにしました。その結果、既存の連続铸造設備との干渉を避けた厳しい寸法制限のもとで、大きな溶鋼かくはん力を発生する電磁かくはん装置の設計が可能となり、その適用範囲は大幅に広がりました。

仕様

形 式	進行波磁界形EMS, 回転磁界形EMS
設 置 場 所	モールド, モールド直下, 二次冷却帯, 凝固末期
用 途	ビレット, ブルーム, スラブ
コイルの冷却方式	油封入外被水冷方式 (工業用水使用) ベントチューブ方式 (上水道水使用) 中空導体使用の直接冷却 (純水使用)
極 数	2 極
電 圧	600V以下
周 波 数	可変周波数 (2 Hz~20Hz) 商用周波数 (50Hz, 60Hz)
実 績	進行波磁界形 12セット 回転磁界形 42セット 合計54セット (61年2月現在)
容 量	1200kVAまで実績があります。



このたび三菱電機では、中容量防滴保護形三相誘導電動機の新シリーズを開発・製品化しました。スーパーラインLシリーズは、長年にわたって蓄積された経験とデータをベースに、多方面からの最新技術を投入して開発に成功した中容量モーターです。

特長

- 通風冷却・剛性・軽量化など多方面からの機能分析によって生まれた8角形フレームの採用。
- 冷却性能向上によるコンパクト化（同一フレームサイズ収納出力50%アップ）
- 保守点検のグリース給排油作業が容易なカセット引き出し方式によるブラケットの採用。
- シリーズ化の範囲は、枠番号315M～400LL。

仕様

極数	枠番	400V級		3000V級		重量 (kg)
		最高出力 (kW)		最高出力 (kW)		
		400V	440V	3000V	3300V	
		50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
2	315M	300	300	375	425	1230
	355L	—	—	750	750	1920
4	315M	300	300	375	425	1300
	355L	—	—	560	630	2020
	400LL	—	—	1120	1250	3290
6	315M	300	300	300	355	1330
	355L	—	—	475	560	1950
	400LL	—	—	800	900	3110
8	315M	250	300	220	250	1320
	355L	—	—	375	450	2040
	400LL	—	—	630	750	3230

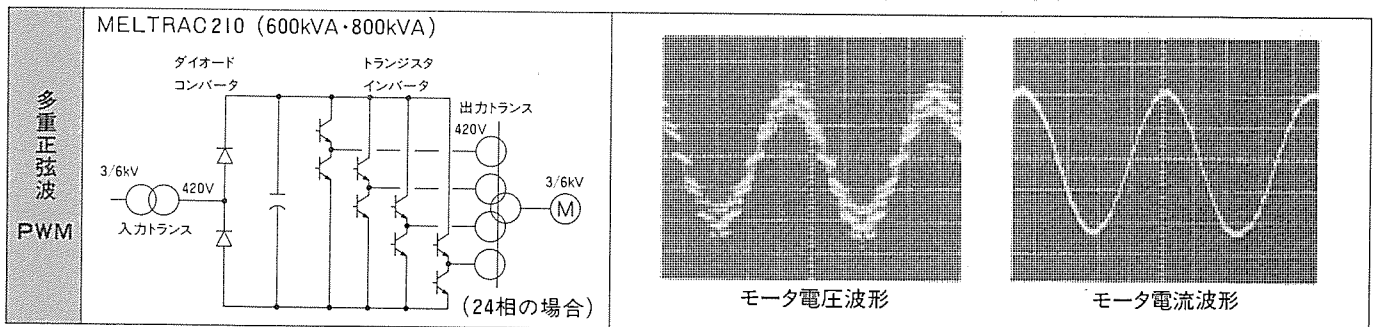
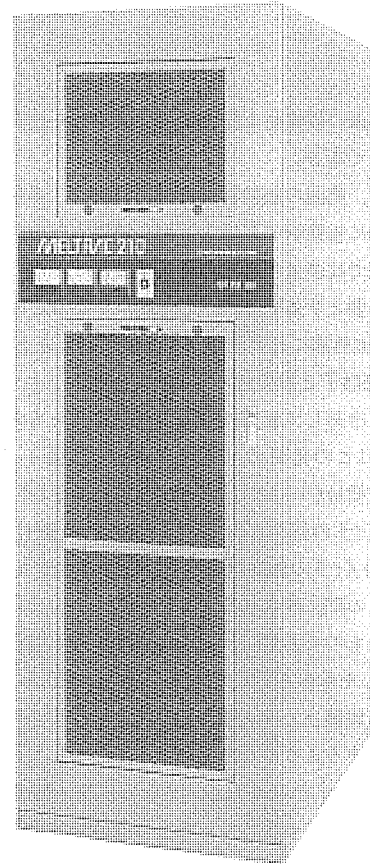
独自の多重正弦波PWMで800kVAまでシリーズ化 大容量トランジスタインバータMELTRAC 210

ファン・ポンプ・ブロワなどに使われる高圧大容量モータをVVVFインバータで可変速制御すると、大きな省エネ効果が得られることから、高圧モータに最適で経済的なインバータがつよく求められていました。こうしたニーズに応え、三菱電機では、サイリスタ多重PAMインバータ〈MELTRAC 610〉の10年にわたる実績と制御ノウハウを生かして、多重PAMと最新の正弦波PWM制御の特長を合せ持つ独自の多重正弦波PWMトランジスタインバータ〈MELTRAC 210〉を発売しました。

多重正弦波PWMは、2台以上のインバータを、それぞれ位相差のある正弦波PWM波形で運転し、その出力を変圧器で多重化することにより出力電圧高調波含有率を低くおさえ、商用電源と同等の出力電流波形を得るものです。

特長

- 800kVAまでのトランジスタ化を実現しました。
- サイリスタインバータに比べ、 $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ と小形化しました。
- 理想的な正弦波に近い出力波形でトルクリップルが大幅に減少し、既設モータのインバータ化にも安心して適用できます。
- 商用電源とインバータとの同時移行機能を標準装備。これによって、さらに省エネ効果の大きな部分制御システム（ダンパ制御とインバータ制御の効率的な組合せ制御）が簡単に行えます。この場合約1500kWまでのモータを制御できます。（当社特許）



標準仕様（インバータ本体）

形 式	T210-30S	T210-40S	T210-60D	T210-80D
出力 定格	出力 容量 (kVA)	300	400	600
	相 数	PWM12相	PWM12相	PWM24相
	出力 電 流 (A)	2×206	2×275	4×206
	最大出力電圧 (V)	インバータ出力 420V±10%		インバータ出力 420V±10%
入 力 電 源	定 格 電 圧 (V)	インバータ入力 420V±10%(専用トランスが必要)		
	定 格 周 波 数 (Hz)	50/60Hz±5%		
	所 要 容 量 (kVA)	300	400	600

制御仕様

項 目	仕 様
制 御 方 式	多重正弦波PWM制御 V/F制御方式
周波数制御範囲	5~60Hz 上、下限ボリウム設定付
始 動 周 波 数	2Hz (調整可能)
周波数分解能	0.05Hz/60Hz
出力周波数精度	最高周波数に対して ±0.5%(25℃±10℃)
過 負 荷 耐 量	125% 1分間、始動時 150%5秒間
電圧/周波数比率	連続可調整、リニア、電圧ブースト可調整
始 動 時 キ ッ ク	始動時のキック電圧 キック時間可調整
加 減 速 時 間	3~30秒/10~300秒 2段切換 加速、減速時間個別設定

超音波探触子装置 (特許 第1198779号)

発明者 西 健 一

この発明は特に高温の被検材を探傷するのに適した超音波探触子装置を提案するものである。

従来においては、高温の被検材を探傷する場合、多量の水を被検材にかけて一時的に被検材の温度を下げて探傷する方法がとられていたが、この方法では多量の水を必要とするだけでなく、それに合わせた給水設備を必要とする問題点があった。そこでこの発明においてはヒートパイプの加熱部に超音波探触子を取付けるとともに、ヒートパイプの放熱部を探触子と被検材との間に接触媒質として流す水などの液体によって冷却して従来の問題点を改善したものである。

図1.～図4.はこの発明の実施例であって、図1.はヒートパイプ(3)の一端側に被検材(1)と対向する超音波探触子(4)を取付けるとともに、ヒートパイプの側面に沿って流水管(5)を設け、更に流水管の一部分をヒートパイプの加熱側に巻き付けて流水管を流れ、かつ探触子と被検材との間に流される水(7)でヒートパイプの放熱側を冷却するようにしたものである。一方、図2.は流水管(5)をヒートパイプ(3)の中に通したものを示している。また、図3.はヒートパイプの放熱側に設けた放熱フィンにスプレーガン(8)から吹き出る霧状の水を吹きつけて冷却するようにしたものである。そして図4.はヒートパイプの放熱側に注入口(11)から注入される水を一時的に溜める水溜め(10)を設けて冷却するようにしたものを示している。

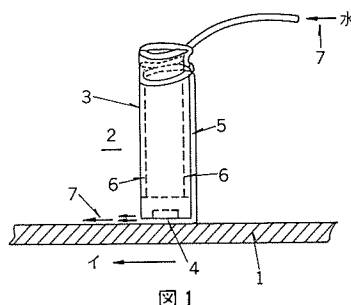


図1

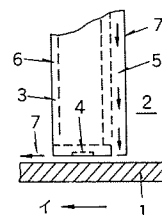


図2

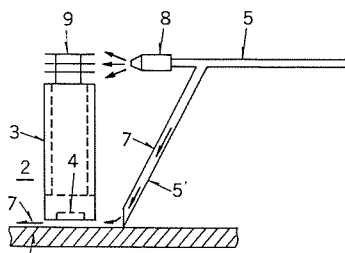


図3

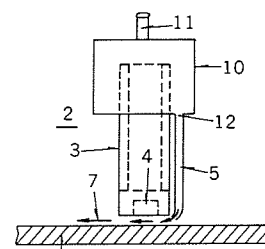


図4

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 60 No. 5 ビル用設備特集

特集論文

- 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
- 三菱インテリジェントビルシステム《MIBASS》
- 分散処理形ビル管理システム
- 空冷ヒートポンプチャラー CAH 形カスタムシリーズ
- オフィスビルの照明環境と照明制御システム
- ビル設備用受配電設備及び発電装置の動向
- アーク森ビル向け高速新世代エレベーター

普通論文

- 三菱超電導磁気共鳴イメージングシステム
- 磁気共鳴イメージングシステム用超電導マグネット
- レーザ距離センサ
- ICB 蒸着装置
- デュアルポート RAM (M5M4C264)
- コンパクト蛍光灯 BB 及び BB ダウンライト

三菱電機技報編集委員

委員長	鶴田 敬二
委員	峯松 雅登
"	翠 川 祐
"	三 道 弘 明
"	高 橋 宏 次
"	藤 井 学
"	三 輪 進
"	郷 鉄 夫
"	的 場 徹
"	杉岡 八十一
"	木 戸 一 之
幹 事	岡 田 俊 介

三菱電機技報 60 巻 4 号

(無断転載を禁ず)

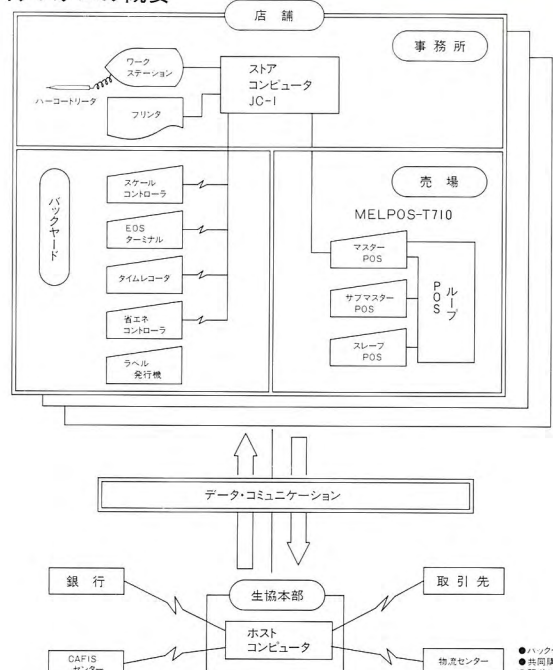
昭和 61 年 4 月 22 日 印刷
昭和 61 年 4 月 25 日 発行

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) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1767
発 売 元	東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 233 局 0641 (代), 振替口座東京 6-20018
定 価	1 部 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)

日本生活協同組合連合会殿向け仕様 三菱 ストアオートメーションシステムJC-1



JC-1システムの概要



三菱ストアオートメーションシステムJC-1は、日本生活協同組合連合会殿のご指導に基づき、〈店舗コンピュータJC-1〉を中心としたチェーンストアにおける店舗オートメーションシステムとして開発されたもので、その第1号システムが釧路市民生活協同組合殿にて稼動しています。

このシステムでは高性能インテリジェントPOSターミナル〈MELPOS-T710〉をはじめとする各種店内機器をオンラインで結び、豊富なアプリケーションにより店舗に必要なデータを素早く提供し、店舗運営の効率化、活性化を図ります。

特長

- 店舗コンピュータからPOSへの即時メンテナンス機能。
- 豊富なフラッシュレポートの表示・出力機能。
- 発注端末(EOS)、計量値付器、タイムレコーダ等の接続。
- 組合員カードによる個人別利用高の自動集計機能。
- タイムサービス、ミックスマッチ、セール商品アピール等の豊富な販売手段の提供。
- 自動電源オン・オフ機能により、夜間のホスト伝送とファイルメンテナンスの完全自動運転の実現。

ストアコンピュータJC-1仕様

装置名称	主な仕様
主記憶装置	素サイクルタイム LSI MOS 64Kビット/チップ 500ナノ秒/2バイト 512Kバイト
演算制御機構	制御方式 マイクロプログラム制御方式 データ形式 10進データ(固定小数点)2進データ 命令種類 127種
入出力制御機構	高速チャネル速度 3.3Mバイト/秒 低速チャネル速度 40Kバイト/秒
諸機能	イニシャル・プログラムロード (IPL) 自動IPL機能 電源ONで自動的にIPLを行う 自動運転 定時刻電源ON/OFF リモート電源ON/OFF(オプション) 自動診断機能 主記憶不正アドレス検知 不正命令検知、チャネル異常検知
電源仕様	電圧 AC100V 電流 定格電流5.0A(必要電源6.0A)
補助記憶装置	フレキシブルディスク 容量 1Mバイト(両面倍密) 平均アクセス時間 194ミ秒 5インチ固定ディスク 容量 20Mバイト 平均アクセス時間 93.3ミ秒 増設台数 2台(本体1台1台内蔵)

MELPOS T-710仕様

部 門 分 類 合 計 器	30部門(標準)
価格フリセット・キー	100個
PLU数 (TLU数)	17,000個(5,000個)(標準)
部門名・品名表示	12文字(カタカナ、アルファベット、数字)
最大登録金額	6桁
最大入力個数	3桁
フリーファンクションキー	35キー
部門別置数制限	1~6桁
B R の置数制限	1~6桁
引	5種類(個別、小計、会員、社員、PLUフラグ)
値	11種類(個別、個別定額10種)
ミックス・マッチ	2種類(カウンタ、コンビネーション)
自動精算フォーム	8つの組合せから1組選択
係員管理数	32名(標準)
プリンタ性能	印字スピード2.5行/秒 パーシャル・カット機能
ディスプレイ表示	部門表示3桁 金額表示7桁
使用電源	AC100V ±10%、50/60Hz
消費電力	待機時80VA、登録時160VA
寸法および重量	一体型(T-710-01) 516(W)×520(D)×455(H)、45kg 分離型 制御部 516(W)×520(D)×205(H)、22kg キーボード 260(W)×290(D)×76(H) ディスプレイ 250(W)×36(D)×200(H) プリンタ 240(W)×314(D)×170(H)

統合化ソフトウェア A1 MARK II

SOCIO-TECH

MITSUBISHI
三菱パーソナルコンピュータ A1 MARK II
統合化ソフトウェア A1 MARK II
イメージ処理・同時編集などの新機能搭載

文章・表・グラフ・図形・イメージの混在した、複合文書の作成に.....

多機能と使いやすさを高次元で融合。最新ソフト技術の粋を集大成しました。



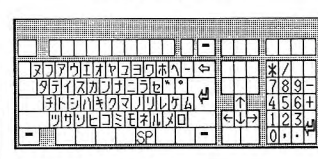
マルチウィンドウで2文書同時表示・同時編集。文書間の引用も簡単に行えます。

マウスとキーボードは、どちらでも使用可能。入力スピーディにキーボードから、編集はマウスで、などとお好きな方を選び下さい。人間優先の使いやすさです。

イメージスキャナを使って、よりダイナミックな文書作成を.....

文章とのバランスを確かめながら、好きな位置に、そのままイメージを読み取ることができます。イメージは縦・横6倍に拡大し、ドット単位で修正可能。細かな部分の作業にマウスが威力を発揮します。

ワープロ・キーボード



文章・表・グラフ・図形・イメージの混在した、複合文書の作成に.....

文章とのバランスを確かめながら、好きな位置に、そのままイメージを読み取ることができます。イメージは縦・横6倍に拡大し、ドット単位で修正可能。細かな部分の作業にマウスが威力を発揮します。

支店売上高

	4月	5月	6月	合計
東京	423	356	385	1164
大阪	301	389	337	1027
名古屋	246	278	305	829
福岡	180	176	207	563
合計	1150	1199	1234	3583

この文書は、統合化ソフトウェア A1 MARK II で作成しました。

SOCIO-TECH

MITSUBISHI
三菱パーソナルコンピュータ A1 MARK II
統合化ソフトウェア A1 MARK II
イメージ処理・同時編集などの新機能搭載

文章・表・グラフ・図形・イメージの混在した、複合文書の作成に.....

多機能と使いやすさを高次元で融合。最新ソフト技術の粋を集大成しました。

マウスとキーボードは、どちらでも使用可能。入力スピーディにキーボードから、編集はマウスで、などとお好きな方を選び下さい。人間優先の使いやすさです。

ワープロ・キーボード



文章・表・グラフ・図形・イメージの混在した、複合文書の作成に.....

文章とのバランスを確かめながら、好きな位置に、そのままイメージを読み取ることができます。イメージは縦・横6倍に拡大し、ドット単位で修正可能。細かな部分の作業にマウスが威力を発揮します。

支店売上高

	4月	5月	6月	合計
東京	423	356	385	1164
大阪	301	389	337	1027
名古屋	246	278	305	829
福岡	180	176	207	563
合計	1150	1199	1234	3583

この文書は、統合化ソフトウェア A1 MARK II で作成しました。

統合化ソフトウェア A1 MARK II (エースワンマーク II) は、業界で高い評価を得ている A1 (エースワン) をベースにマルチウィンドウ・イメージ処理など大幅な機能強化を図った製品です。すべての操作をマウスでできるようにし、自習用ソフトを標準装備するなど使い易さを徹底的に追求しています。初めての方でも短時間で文章・表・グラフ・図形・イメージの混在する複合文書を作成できます。

仕様

入 力	ローマ字・かな漢字変換、拡張文節変換、一括入力方式、入力済文字再変換、自動学習機能、辞書4種類(基本・姓名・住所I・住所II)
印 刷	行ピッチ13種類、文字間隔13種類、上側・下側・左側の余白指定、ヘッダ・フッタ印刷、頁番号印刷、罫線抜き印刷、袋とじ印刷、差し込み印刷、ラベル紙への印刷など
ワ ー プ ロ	訂正、挿入、削除、移動、引用、他文書引用、ブロック編集、罫線4種類、下線5種類、網かけ3種類、倍角、1/4角、強調文字、均等割付、全文対象置換、全文対象検索、2文書同時編集など
表 計 算	セル計算(相対及び絶対位置指定)、四則計算、かっこ付き計算、関数計算(合計・平均)、タイトルロック、自動再計算、計算式の自動補正、計算式の残り容量表示など
ソート・セレクト・クラス	文字・数値指定、昇順・降順指定、罫線保存、条件記号6種類(= < > ≥ ≤)、"?" "※"によるあいまい指定など
グラフ作成	5種類のグラフ(比較棒・積み重ね棒・帯・折れ線・円)、最大値・最小値・分割自動設定、最大31項目・12要素(項目×要素が72個以内)、グラフの大きさ可変など
作 図 イメージ処理	線種5種類、線幅3種類、矢印の有無指定、陰影パターン8種類、直線・平行線・連続線・曲線・長方形・楕円・円・円弧・扇形・フローチャート・パターン18種類・鉄道パターン2種類、ペン書き、消しゴム、イメージ登録・呼び出し・移動・引用・拡大・縮小、文字入力、イメージ入力、拡大編集など
文 書 検 索	文書記号・文書の名称・著者名・作成日時・更新日時による検索、文書内の任意項目による検索、文書内の文字列検索、文書間演算、AND/OR指定、"?" "※"によるあいまい指定など
手 順 登 録 自 動 実 行	手順登録(マウスやキーボードで操作した手順を自動登録)、カタログ作成(最大128個の手順の実行順序を指定)など
外部ファイルの呼び出し	呼び出し可能なファイル(Multiplanのプリントファイル、Word Starの文書ファイル、Multi Word-JIIの文書ファイル、エディタで作成したファイル、その他のテキストファイルなど)
イ メ ー ジ カ ッ タ ー	画面イメージを切り出せるプログラム(MULTI BG/M Multiplot、AIDRAW、BASIC、FORTRAN、その他640×400ドットの画面を使用しているプログラム)

特長

- 文章・表・グラフ・図形・イメージの混在した文書が切り貼りなしで作成できます。
- 入力はキーボードで、それ以外はマウスとキーボードの両方で操作できます。
- 操作が短時間で覚えらる A1 MARK II 自習用ソフトを標準装備しています。
- 操作がわからないときは、いつでも操作案内を画面に表示できます。
- マルチウィンドウで2文書を同時に表示・編集できます。
- 印刷しながら文書の作成や修正が行えます。
- オフィスに必要な10大機能をコンパクトにまとめています。

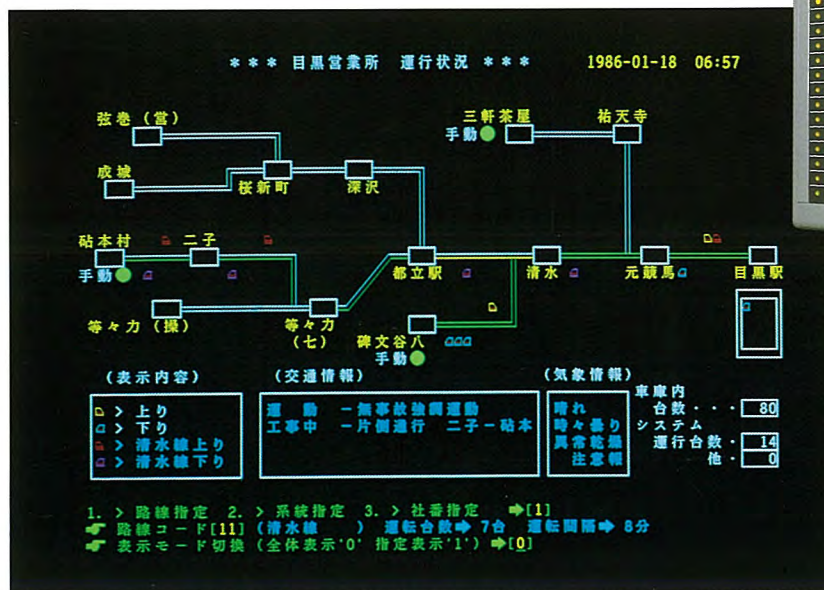
グラフ作成	ワープロ	表計算
作 図		ソート・セレクト・クラス
イメージ処理		文書検索
マルチウィンドウ	手順登録自動実行	外部ファイルの呼び出し

バス運行管理システム



停留所で次に来るバスの
予定時刻を表示する路上機

運転士に運行時間を指示する 車載表示器



営業所のCRTに表示される各路線のバス運行状況

バス運行管理システムは、バス業界の課題となっているバス運行の定時性の確保および利用者に対する利便性と快適性を図りながら、事務処理の合理化を行う画期的なシステムです。このシステムは、バスに車載装置(車載表示器など)を搭載、バスターミナル及び主要停留所には路上機(情報の送受などを行う装置)等を設置、また営業所設置のコンピュータでバスの運行実績を収集し、バスの運転士に対して最適な運行指示を行うとともに、利用客に対してバスの発車予定時刻表示等のサービスを行います。

特長(主な機能)

- CRT画面によるバスの運行状況表示、到着予定時分表示及び自動ダイヤ編成機能。
- バスの運行実績をもとに、最適車の最適時刻発車を行う、ターミナルを起終点とする等間隔運行管理機能。
- 車載表示器での運行指示及び運行時間表の表示機能（同時に方向幕も連動）。
- ターミナル及び主要停留所で時刻表示による発車予定時分表示機能。
- ICカードリーダ及び交番表示盤(バスの出庫時刻などを表示する装置)による勤務時間管理、入出庫車管理機能。
- バスの運行実績から車両の実績管理や乗務員の賃金などに必要な資料の自動作成機能。



運転士の出勤状況の把握と
バスのダイヤ割付けを管理する交番表示盤