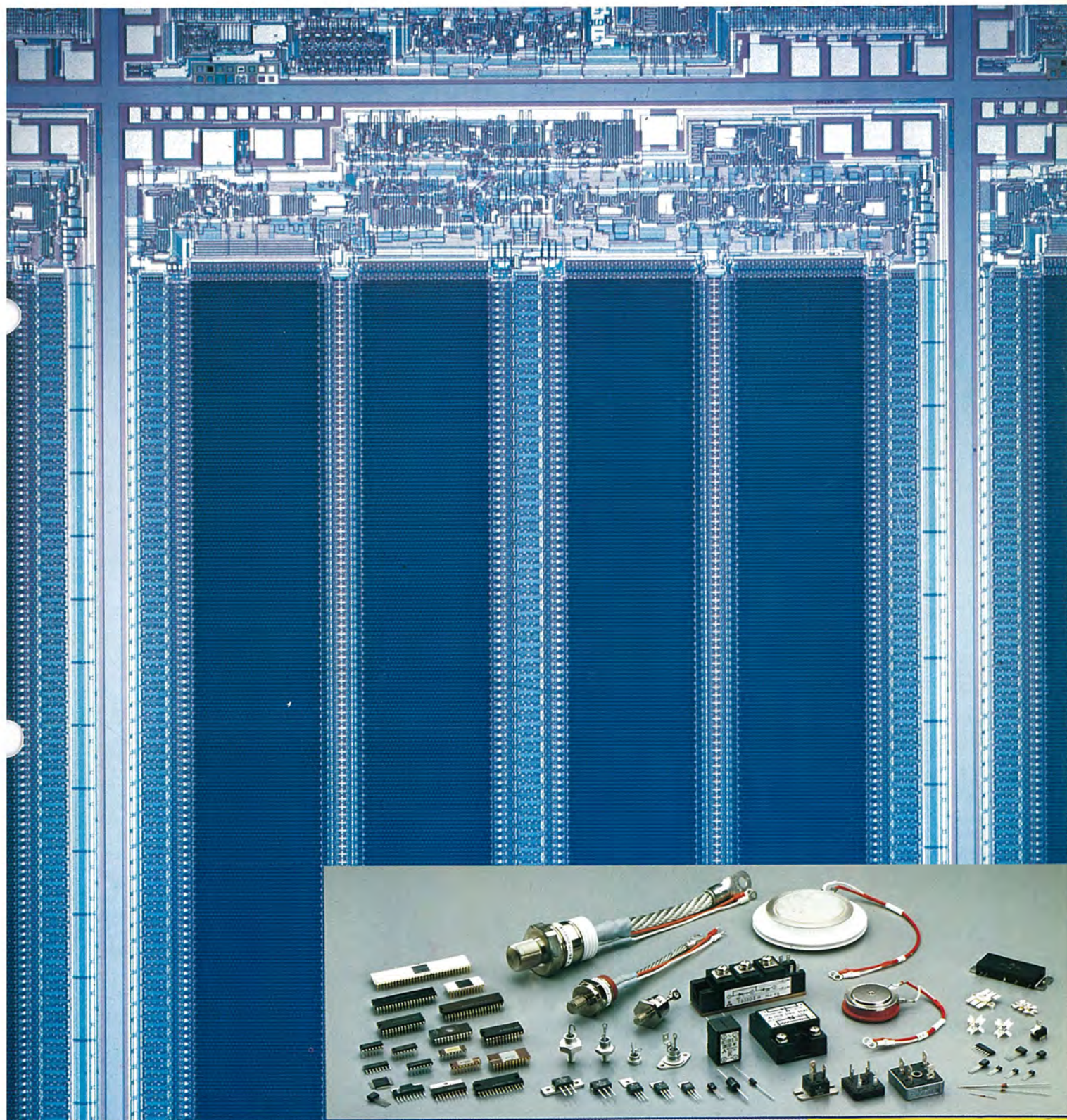


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.54 No.12

集積回路特集

集積回路特集

目次

特集論文

LSIマスキレイアウト図 論理照査システム—PALLEQ— 今藤一行・長能 素・小浦恵子・岩附 守・指山 敦	1
高速ECLゲートアレー 堀場康孝・加藤周一・茅野新平・金田 一・村井真一	5
第3世代カラーテレビ信号系リニアICの開発 高野 元・戸室泰太・中出良治・小嶋健治・吉富正夫	10
ボルテージシンセサイザ用C MOS LSI 小林 洋・武部秀治	15
8ビットマイクロコンピュータシリーズ 梅本恒憲・小林英行・浜野尚徳	20
ビデオディスプレイ用基板コンピュータPCA8540の機能と応用 古村 高・前田章宏・石井康熙	24
“高密度実装技術” LSIのパッケージング技術 番條敏信・近藤 隆・今村貞良・大串哲朗	28

普通論文

《MELCOM 350—50》シーケンスコントローラ 香取和之・河合一洋・鎌田 孝	33
電力系統運用シミュレータ 土谷要夫・為永康廣・団 幸太郎・堀内龍男	38
農林水産省納め多良岳開拓水管理システム 角田逸郎・三浦 望・大石將之・竹本 肇	43
2極空気冷却タービン発電機の新シリーズ 森崎 博・舟橋仁人・村井幸雄	48
工業技術院筑波研究センター防災安全管理システム 宮上正之・平野政則・土井和正・林 信喜・中野 栄	53
準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナ 高野 忠・小川英一・大沢 武・青木克比古・浦崎修治	58
平板形スピーカの解析 田中準一・八嶋 修・酒井新一	63
特許と新案 蓄熱材 エレベータ用階床選択器 印字装置	31
当社の登録実用新案一覧	69, 70

スポットライト

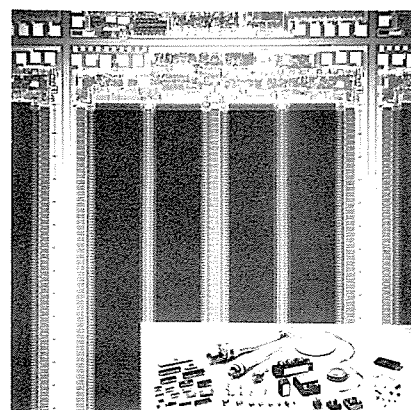
P波センサ式地震感知システム	67
2,500V, 1,000A大容量GTO	68

表紙

64KビットダイナミックMOS RAM: M5K4164S

M5K4164Sは128リフレッシュ方式で、アクセスタイム(最大)150ns、消費電力(最大)動作時250mWの性能を有し、大形電子計算機、及び周辺端末機器などの記憶装置に使用されるものである。

表紙はチップの一部を拡大したものと、当社の技術力を誇示する業界トップレベルの製品(大容量メモリ、マイクロプロセッサ、混成集積回路、大電力用サイリスタ及びダイオード、パワーモジュール、各種トランジスタ)を示したものである。



アブストラクト

LSIマスキレイアウト図 論理照査システム—PALLEQ—
今藤一行・長能 素・小蒲恵子・岩附 守・指山 敦

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P1～4

LSIマスキレイアウトパターン図の論理照査システム (PALLEQ) について、システムの機能、構成、使用アルゴリズム及び性能について紹介する。

PALLEQは、パターン相互の重なり関係及び接続関係によって回路網を抽出し、その結果から論理式を求め、その過程でパターン図に含まれている図形の誤り及び論理の誤りを抽出しエラー図形として表示する。

8ビットマイクロコンピュータシリーズ

梅木恒憲・小林英行・浜野尚徳

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P20～23

NチャネルSiゲートプロセスにより8ビットワンチップマイクロコンピュータ3品種とそのI/Oエキスパング1品種を開発した。これらは8ビットCPUの外にROM 2Kバイト、RAM 128バイト27I/Oラインを内蔵したマイクロコンピュータを始め、マイクロプロセッサの8ビットバスにつながり、その機能を補助するスレーブマイクロコンピュータも含まれている。

その基本構成、動作及び応用例について述べる。

高速ECLゲートアレー

堀場康孝・加藤周一・茅野新平・金田 一・村井真一

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P5～9

電子計算機用LSIとして多品種少量生産の可能なマスタスライス方式を採用したバイポーラ900ゲートECL (Emitter Coupled Logic) ゲートアレーLSIを開発した。このLSIでは0.9nsの平均遅延時間が得られ、高速システムの全LSI化を図ることができる。

このLSIに用いられた新しいデバイス技術、高速化回路技術、自動化配線技術について述べ、この分野のLSIの問題点及び今後の動向について論ずる。

ビデオディスプレイ用基板コンピュータPCA8540の機能と応用

古村 高・前田章宏・石井康熙

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P24～27

現在、マイクロコンピュータを使用した制御機器、パーソナルコンピュータなど、その表示デバイスとしてCRTディスプレイは広く使用されている。今回、CRTコントローラとしてM5 C6847P-1、CPUには8ビットマイクロプロセッサM5 L8085APを用いたビデオディスプレイ用基板コンピュータPCA8540を開発したので、その開発背景及び機能と応用について述べる。

第3世代カラーテレビ信号系リニアICの開発

高野 元・戸室泰太・中出良治・小嶋健治・吉富正夫

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P10～14

カラーテレビ信号系リニアICは第3世代に突入しようとしている。大規模集積化によって高性能化、経済性、信頼性の向上が図られている。この論文では第3世代に対応するIFシステム、PAL用ビデオクロマ、PAL/SECAMデュアルシステムのICの開発が完了したので、その歴史的経過及び各システム、各ICの特長を述べ、更に今後の技術動向について言及する。

“高密度実装技術” LSIのパッケージング技術

番條敏信・近藤 隆・今村貞良・大串哲朗

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P28～30

電算機に代表されるように、LSIをとう (搭) 載する機器は、その要求機能を満たすための高速化、超小形化、高密度化実装技術の開発が重要である。既に電卓、時計などにおいてはLSI化に適した新しい実装方式を採用することにより、従来には見られなかった価値を生み出した製品群が市場をにぎわしている。ここでは新しく開発するLSI用のパッケージング技術について、多ピン、高出力パッケージを中心に高密度化に焦点をあて報告する。

ボルテージシンセサイザ用CMOS LSI

小林 洋・武部秀治

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P15～19

TVの全電子式選局システムを可能にするボルテージシンセサイザ用CMOS LSIを開発したので報告する。このLSIを用いた選局システムは、(1)同調電圧をデジタル的に不揮発性メモリに記憶させるので、ポテンショメータが不要、(2)全自動サーチ、順次自動サーチ可能、(3)チャンネル表示は、ポジションのタブ表示ポジション番号表示及び実チャンネル番号表示の3通りが可能、(4)バンド自動切換え、(5)デジタルAFT機能内蔵などの特長を持っている。

《MELCOM 350-50》シーケンスコントローラ

香取和之・河合一洋・鎌田 孝

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P33～37

《MELCOM 350-50》シーケンスコントローラは、プログラミングの容易性と機能の拡張性を特長とするシーケンサであり、例えばCRT上にリレーラダー回路を描くだけでプログラムの作成ができ、その結果はプリント装置に回路図面として自動的に出力される。またシーケンス命令の外に《MELCOM 350-50》工業用計算機の基本命令を備えており、演算処理、データ処理や上位計算機とのリンケージなどが容易に行えるので、ここにその開発思想と製品の概要を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 20~23 (1980)

An 8-Bit Microcomputer Series

by Tsunenori Umeki, Hideyuki Kobayashi & Hisanori Hamano

Three 8-bit single-chip CPUs and one I/O expander using the n-channel silicon-gate process have been developed by Mitsubishi Electric. In addition to these 8-bit CPUs, there are also a microcomputer with 2K-byte ROM, a 128-byte RAM and 27 I/O lines, and a slave microcomputer to expand functions by means of an 8-bit microprocessor bus. The article describes the fundamental structures and the operative performance achieved by these new products, and gives details of application examples.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 1~4 (1980)

PALLEQ: A Conversion System from Mask-Pattern Layout to Logic Equations

by Kazuyuki Imafuji, Moto Nagano, Keiko Ogama, Mamoru Iwatsuki & Atsushi Sashiyama

The article introduces the functions, construction, algorithms, and performance achieved by PALLEQ, a new conversion system for deriving logic equations from LSI mask-pattern layouts.

The PALLEQ system derives the circuit matrix formed by pattern overlay and interconnections, establishes the corresponding logical equations, in the process identifying the topographical and logical pattern errors, and displays any errors graphically.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54 No. 12, pp. 24~27 (1980)

The Functions and Applications of the PCA8540 Video-Display Board Computer

by Takashi Furumura, Akihiro Maeda & Yasuhiro Ishii

CRT displays have been widely used as display devices for controllers and personal computers, etc. that utilize microprocessors. The PCA8540 video-display board computer, incorporating the M5C6847P-1 as a CRT controller and the M5L8085AP 8-bit microprocessor as a CPU, has been developed for this purpose by Mitsubishi Electric. The article describes the process of development, functions, and applications of the PCA8540.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 5~9 (1980)

A High-Speed ECL Gate Array

by Yasutaka Horiba, Shuichi Kato, Shimpei Kayano, Hajime Kanada & Shin'ichi Murai

A bipolar-ECL (emitter-coupled logic) masterslice gate array containing 900 internal gates has been developed for computer-use LSIs. An average delay time of 0.9ns has been obtained in this gate array, making possible a high-speed system.

The device structure, the high-speed circuit technology and the automatic placement and routing system introduced into the LSI are described, and the problems and future trends in the field of high-speed logic technology are discussed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 28~30 (1980)

High-Density Packaging of LSI Devices

by Toshinobu Banjo, Takashi Kondo, Sadayoshi Imamura & Tetsuro Ogushi

The sophisticated functions required of equipment incorporating LSIs—e.g., computers—are an important reason for the development of high-speed, miniaturized, high-density packaging. The adoption of a new assembly system for mounting LSIs in electronic calculators and watches has given rise to the marketing of equipment with novel functions. The article reports on the new packaging technology for LSIs being developed by Mitsubishi Electric and deals with multipin high-power and high-density packaging, with special emphasis on high density.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 10~14 (1980)

The Development of Third-Generation Linear ICs for Color TV Receivers

by Hajime Takano, Yasuta Tomuro, Yoshiharu Nakade, Kenji Kojima & Masao Yoshitomi

Linear ICs for color TV receivers are about to enter their third generation. Large-scale integration establishes high performance, operating economies, and improved reliability. To meet the demands for the improvements required of third-generation devices, Mitsubishi Electric has developed ICs for an IF system, for a PAL video-chroma unit, and for PAL/SECAM dual systems. The article describes the research and development and the characteristics of the resulting ICs and systems, and discusses some technological trends.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 33~37 (1980)

The MELCOM 350-50 Sequence Controller

by Kazuyuki Katori, Kazuhiro Kawai & Takashi Kamata

The MELCOM 350-50 sequence controller features programming capabilities and expandable functions. For example, a program may be generated by displaying a relay ladder circuit on the CRT: the result will be automatically output to the printer as a circuit diagram. Besides sequential instructions, a basic instruction set for the MELCOM 350-50 industrial computer is provided, so that calculations, data processing, and communications linkage with a host computer may be easily implemented. This article introduces Mitsubishi Electric's development concept and gives a general description of the MELCOM 350-50 sequence controller.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 15~19 (1980)

A CMOS LSI for Voltage Synthesizers

by Hiroshi Kobayashi & Hideharu Takebe

The article reports on a CMOS LSI developed by Mitsubishi Electric for voltage synthesizers, vital elements of all-electronic TV tuning systems. The major technological features of the electronic tuning systems utilizing this CMOS LSI include: 1) digital storage of tuning potentials in nonvolatile memory, dispensing with the use of a potentiometer; 2) fully automatic search and sequential automatic search; 3) three means of channel display, including positional tab display, position-number display, and real-channel number display; 4) automatic waveband switching; 5) and a digital AFT capability.

アブストラクト

電力系統運用シミュレータ

土谷要夫・為永康廣・団 幸太郎・堀内龍男

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P38～42

九州電力(株)技術研究所納め、電力系統運用シミュレータは、集中制御システムを運用する運転員を対象とし、緊急時対応能力の向上及び情報・伝送技術の修得を目的とする訓練用シミュレータである。

このシミュレータは、高性能工業用計算機《MELCOM 350-50》を中核として構成され、電力系統及び集中制御所を現場と同じように模擬し、臨場感のある運転操作訓練ができる。更に、訓練内容がすべて再現可能であり、きめ細かい訓練ができる。

工業技術院筑波研究センター防災安全管理システム

宮上正之・平野政則・土井和正・林 信喜・中野 栄

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P53～57

工業技術院筑波研究センターは、約146ヘクタールの広大な敷地を有し、その中に9研究機関と共同利用施設の建物約120棟と共同溝からなる施設が完成している。これら諸施設の防災安全管理は、全体を統轄するメインセンターと各研究機関及び共同利用施設ごとに主体性を持って運営されるサブセンターとで構成されるサブメイン方式を採用している。昭和55年3月にこのシステムを完成し、その諸機能の運用を開始したのでここに紹介する。

農林水産省納め多良岳開拓水管理システム

角田逸郎・三浦 望・大石將之・竹本 肇

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P43～47

近年、水に対する需要は増大しているが、農業分野においては、作物の育成に必要な用水の確保は重要な問題であり、これら用水の有効利用と合理的管理の面から、施設を集中管理化する地区が増加している。

本文では、農林水産省多良岳開拓事業所に納入した多良岳開拓水管理システムについて紹介するが、このシステムは、集中管理システムとしては中小規模の1モデルとして位置付けられ、今後の計画の参考に供する次第である。

準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナ

高野 忠・小川英一・大沢 武・青木克比古・浦崎修治

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P58～62

準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナは、日本電信電話公社が計画している中容量国内衛星通信方式に用いられるもので、(1)CCIR勧告レベルに対し10dB以上良好な広角指向特性を有する、(2)主反射鏡の水平配置により風圧荷重の低減がはかれ、都市内の局舎屋上への設置を可能とするなどの特長を有している。

この論文ではその設計を論述するとともに、実測により確認された性能を報告する。

2極空気冷却タービン発電機の新シリーズ

森崎 博・舟橋仁人・村井幸雄

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P48～52

2極空気冷却タービン発電機は、その特長が生かされてあらゆる分野に広く使われてきた。最近では冷却・絶縁技術の進歩により従来の特長を維持し高効率でしかも単機容量120MVA級の製作も可能となってきた。更にブラシレス励磁方式の採用により保守も一段と容易になった。

本文は、これら諸技術の進歩・動向を述べ、国際化に適合した新しい国内規格JEC-114など諸規格に準拠した当社の2極空気冷却タービン発電機の概要を紹介したものである。

平板形スピーカーの解析

田中準一・八嶋 修・酒井新一

三菱電機技報 Vol.54・No.12・P63～66

平板形スピーカーは、従来のコーン形やドーム形スピーカーにない幾つかの特長を有している。すなわち、コーン形やドーム形振動板の形状効果による音圧周波数特性の乱れがないために平坦な特性が得られ、更に、振動板の分割振動の節を駆動する平板形スピーカーでは、ピストン領域の拡大とこれによる使用帯域内でのひずみ低減が可能となる。ここでは、振動解析、音場解析をもとに平板形スピーカーの特長を明らかにする。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 53~57 (1980)

A Security & Operation System for the Tsukuba Research Center

by Masayuki Miyagami, Masanori Hirano, Kazumasa Doi, Nobuki Hayashi & Sakae Nakano

The Tsukuba Research Center of the Agency of Industrial Science and Technology—comprising nine research institutions, about 120 common-use facilities, and a linking utility tunnel—is built on a vast site covering approximately 146 hectares. The security and operation system for the entire complex of facilities adopts a two-level hierarchical system consisting of a main center exercising overall supervision, and subcenters primarily handling the independent operations of the nine research institutions and common-use facilities. The article introduces the operational functions provided by the system, which was completed in March 1980.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 38~42 (1980)

A Power-System Training Simulator

by Kaneo Tsuchiya, Yasuhiro Tamenaga, Kotaro Dan & Tatsuo Horiuchi

This simulator, delivered to the Engineering Training Center of Kyushu Electric Power Co., is designed to improve operator response to emergency states and to teach computer and communications engineering to operators of centralized supervisory-control systems. The simulator has as its core a MELCOM 350-50 high-performance industrial computer and provides highly effective operational training by realistic simulation of a power system and a centralized supervisory-control center. As the contents of the training are all reproducible, smooth-running, detailed training can be carried out.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 58~62 (1980)

An Offset Cassegrain Earth-Station Antenna for 20/30GHz-Band Satellite Communications

by Tadashi Takano, Eiichi Ogawa, Takeshi Osawa, Katsuhiko Aoki & Shuji Urasaki

This antenna was built for the medium-capacity satellite communications system planned for domestic use by the Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation. The antenna features an excellent wideangle radiation-pattern characteristic of more than 10dB, which is compatible with the CCIR recommendation level. It can also be set up on the roof of metropolitan stations thanks to the reduction in wind load achieved by the use of a horizontally disposed main reflector. The article discusses the design used and reports on the performance observed in field tests.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 43~47 (1980)

Centralized Water-Management Systems for the Taradake Reclamation Area

by Itsuro Kakuta, Nozomu Miura, Masayuki Oishi & Hajime Takemoto

With the increasing demand for water in recent years, reliable water-management systems for agricultural use are urgently needed, and areas under the control of centralized water-management systems are spreading correspondingly. The article introduces the centralized water-management systems for the Taradake reclamation area. These are small-to-medium-sized systems, and provide a good guide to the future development of such systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 63~66 (1980)

Analyses of Planar Speakers

by Jun'ichi Tanaka, Osamu Yashima & Shin'ichi Sakai

A planar speaker offers desirable features that cannot be achieved with conventional dome- or cone-type radiator speakers. The sound-pressure frequency-response characteristic of a planar speaker is flat, eliminating the degradation of distortion characteristics caused by cavity effects. In addition, a planar speaker driven at a node of the diaphragm's nodal vibration achieves a reduction in distortion within the working frequency by extending the region of piston-type motion. The article describes the characteristics of a planar speaker based on vibrational and sound-radiation analyses.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 12, pp. 48~52 (1980)

A New Series of Air-Cooled, Two-Pole Turbine Generators

by Hiroshi Morisaki, Kimito Funabashi & Yukio Murai

Air-cooled, two-pole turbine generators have found widespread applications wherever their special advantages can be exploited. The recently upgraded cooling performance and the improved insulation technology of Mitsubishi turbine generators have extended the range to a maximum unit capacity of 120MVA. In addition, the adoption of a brushless excitation system facilitates maintenance. The article discusses development trends for the technology embodied in this equipment, and gives a general description of air-cooled, two-pole turbine generators manufactured by Mitsubishi Electric in conformity to various national standards, including the new Japanese JEC-114 standard, which is designed for international compatibility.

LSIマスキレイアウト図 論理照査システム—PALLEQ—

今 藤 一 行*・長 能 素*・小 蒲 恵 子*・岩 附 守**・指 山 敦**

1. ま え が き

大規模集積回路のマスキレイアウトパターン図(以下、パターンと略す)の設計は、一部分電子計算機を用いて行っているが、チップ上のトランジスタ集積度が大きくなると、チップサイズの小さい歩留のよいパターンを設計するには、人手で設計を行わざるを得ないのが現状である。パターンを人手で設計した場合、ミスによって誤りが入っている可能性があるため、そのパターンを繰返し照査し、誤りを訂正しなければならない。この照査作業は、非常に単純で時間のかかる作業である。しかも、人間が照査したパターンは、エラーを含んでいる可能性があり、設計者は実際のチップが出来上がるまで、すべてのエラーを見つけだし修正を済ませたという確信を持ってない。

最初に作られたパターンは、通常次の2種類のエラーを含んでいる。

(1) 図形としてのエラー

設計基準に従わずにパターンを設計した場合に発生するエラーである。例えば、配線幅不足、配線間の接近しすぎなどがこれにあたる。

(2) 論理としてのエラー

この種のエラーは、論理式をパターンに変換するときに誤った変換を行ったか、又はパターンを描くときに配線をしすぎたか、配線を忘れたかなどによって発生する。

PALLEQは、パターンを論理式に変換しその結果を論理シミュレーションプログラムなどに渡すとともに、変換過程でパターンに含まれている上記2番目のエラーを、検出して表示する機能をもったソフトウェアシステムである。

この論文では、PALLEQの機能、主要アルゴリズム、システム構成及び処理性能について紹介する。

2. 機 能

PALLEQが持っている機能を対象データ、検出エラー及び出力情報の3点から述べる。

2.1 対象データ

PALLEQが処理するデータは、パターンを構成しているポリゴン(多角形)、ポリゴン間の関係で定まる回路素子、そして回路素子から構成される論理素子の3種類がある。

PALLEQでは、点をx座標とy座標の対で表現し、その点の並びでポリゴン表現する。このポリゴンの集合で、LSIチップの各製造プロセスに対応したレイヤを構成する。このレイヤの集合がパターンである。PALLEQは、0度、45度、90度、135度の角度を持った線分を受入れる。PALLEQの現バージョンは、それ以外の角度を持った線分を見つけるとエラーとして表示する。入力図形としては、他にレクタングル(矩形)やセンターラインデータ(最初に線幅を与えておき図形の中心線のみ入力する方法)を扱うことができる。ポリゴンと計算機内部データの関係を図1に示す。

回路素子には、トランジスタ、容量、抵抗の3種類がある。フィールド領域とポリシリコン領域の重なった領域が、トランジスタのゲート部分と

なる。トランジスタの特殊な場合が容量である。ポリシリコンの配線で、途中で端子を持った部分が抵抗となる。回路素子とポリゴンの関係を図2に示す。

論理素子には、NOT、NOR、NAND等の基本論理素子26種類、フリップフロップ、ラッチ等のマクロ論理素子3種類、そしてPLA、RO

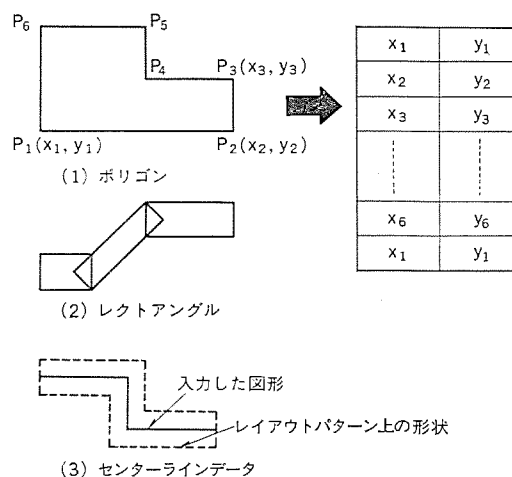


図 1. ポリゴンと計算機内部データ

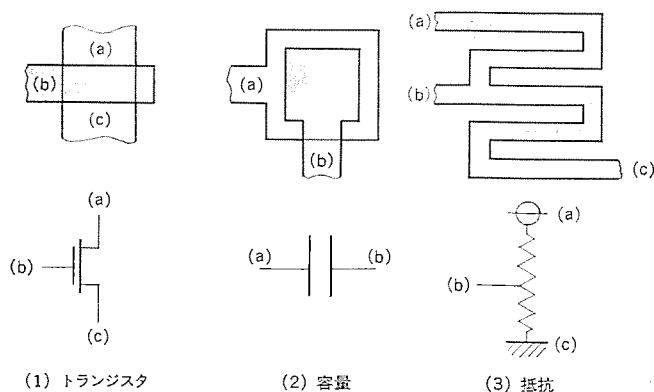


図 2. ポリゴンと回路素子の例

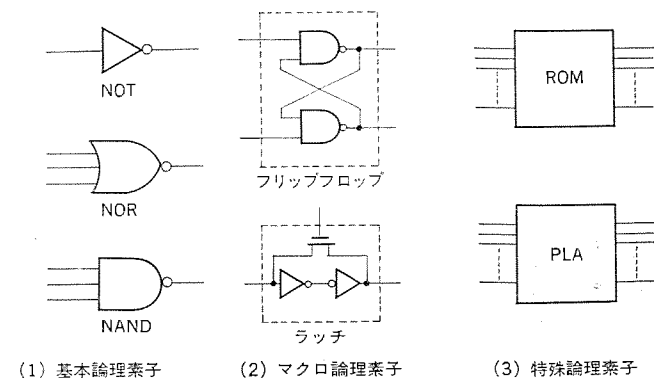


図 3. 論理素子の例

PALLEQ が出力する情報には、パターンに含まれているエラーに関する情報と、変換した結果得られた論理式がある。前者は、検出した

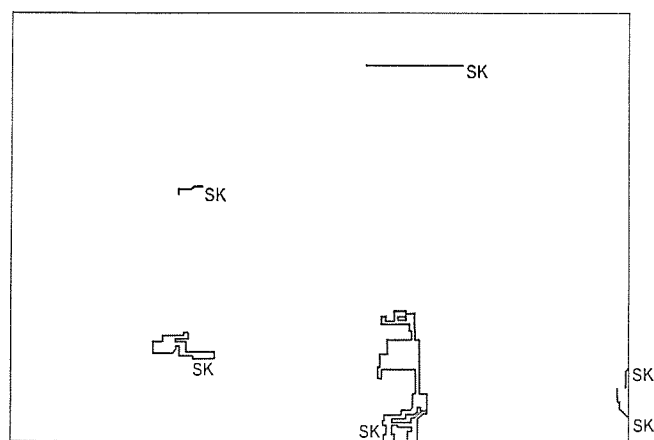
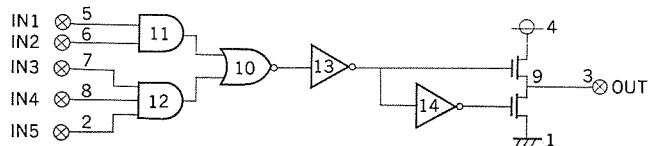


図 4. エラー出力図の例



SEQ	NO.	NAME	IN	OUT	FAN-IN	
1	1	VSS	0	0		
2	2	IN5	0	0		
3	3	OUT	1	0	9	
4	4	VCC	0	0		
5	5	IN1	0	1		
6	6	IN2	0	1		
7	7	IN3	0	1		
8	8	IN4	0	1		
9	11	2AND	2	1	5	6
10	12	2AND	2	1	8	7
11	10	2NOR	2	1	11	12
12	13	NOT	1	2	10	
13	9	PSPL	2	1	13	14
14	14	NOT	1	1	13	

↑↑
*はエラーゲート

↑
連番

↑
ゲート
NO.

↑
入力要素子数

↑
出力先要素子数

入力元ゲート
ゲートNO.で
表している

図 5. 論理式出力リストの例

(6) 上記の, (4), (5)で得られた線分の集合からポリゴンを組立てる。ポリゴンの組立てのアリゴリズムを次に述べる。始めに, 最小の座標点を持った線分を求める。次にこの最初の線分の終点を始点とする線分を集める。そのうちの1つの線分を選ぶ。このプロセスを繰り返す。最後の線分の終点が, 最初の線分の始点と一致すればこのポリ

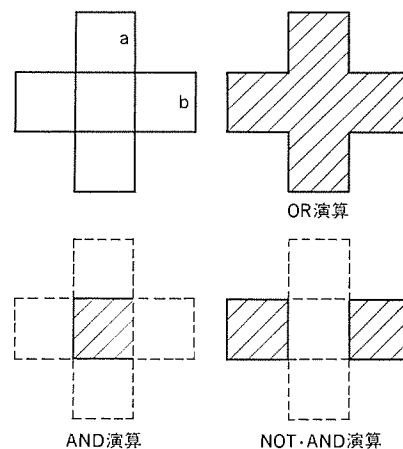
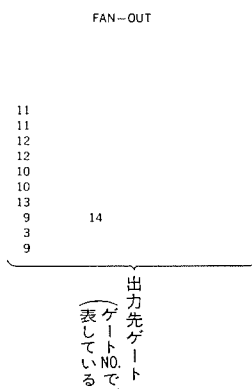


図 6. ポリゴン間の論理演算

プロセスを終了する。次の線分を求める過程で、線分が得られなくなった場合、その線分までに得られたすべての線分は、ポリゴンを構成しない線分として削除する。

(7) 上記のプロセスで、集められた線分の集合が OR 演算の結果のポリゴンを示している。

3. 1. 2 AND 演算

AND 演算のアルゴリズムを次に示す。

最初のプロセス(1), (2), (3)は、OR 演算と同じである。

(4) 重なり線の処理：同じ方向を持った重なり線の線分間の論理積をとる。逆方向をもった線分は、そのままにしておく。

(5) 内線の処理：AND 演算では内線を抽出する。

(6) OR 演算の(6)で述べたプロセスを、任意の内線又は重なり線から開始する。もし、その過程で次の線分が得られなかった場合、次の線分を内線又は重なり線以外の線分より選ぶ。線分の終点が、最初の線分の始点に一致するまでこのプロセスを繰返す。

(7) (6) で、得られた線分の集合が、AND 演算の結果のポリゴンを示している。

3. 1. 3 NOT・AND 演算

NOT・AND 演算のアルゴリズムを次に示す。

(1) 2つのポリゴンのうち、共通部分を除かれる側のポリゴンの線分を反時計方向に整え、除く側のポリゴンの線分を時計方向に整える。ポリゴンの線分を時計方向にするとすることは、元のポリゴンの NOT 演算の結果のポリゴンを得ることを意味している。

(2) 次に、得られた2つのポリゴンに対してAND演算を実行すると、NOT・AND演算の結果のポリゴンが得られる。

3. 2 論理素子抽出のアルゴリズム

次に、電子回路網から論理素子を求めるアルゴリズムについて述べる。

3. 2. 1 トランジスタの分類

3端子の信号の関係からトランジスタを分類する。この分類のために、まずソース領域、ドレイン領域、ゲート領域、それぞれの間の接続関係を調べ次に電源信号と3端子の関係を調べる。この過程で図7.に示す負荷トランジスタⅠ及びⅡ(以下Tr1, Tr2と略す)を決定する。このTr1, Tr2が、以下に述べるグループ化の中核となる。

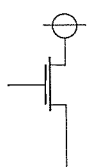
3. 2. 2 トランジスタのグループ化と論理式の決定

始めにTr1又はTr2を中心として、トランジスタグループを作る。得られたトランジスタグループから論理素子を決定する。このトランジスタグループを作るアルゴリズムを次に示す。

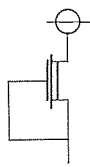
(1) Tr1からのグループ化

任意のTr1のソース信号から信号の連結をたどっていく。そして、その過程で得られた回路素子をグループに入れる。この作業を次に示す。信号に到達するまで続ける。

- (a) グラウンド信号
- (b) Tr1のソース信号
- (c) Tr2のソース信号



(1) 負荷トランジスタⅠ(Tr1)



(2) 負荷トランジスタⅡ(Tr2)

図7. 負荷トランジスタ

(d) すべてのトランジスタのゲート端子

(e) 既に論理素子を構成するトランジスタの端子

上記の規則で得られたグループからプッシュプルセット及びトランスファの各トランジスタを決定する。プッシュプルトランジスタは、Tr1から出てたどる1つのトランジスタを経由してグラウンド信号に到達するトランジスタグループである。グループに入れたトランジスタのうち、論理素子を作らないものは、未処理トランジスタとして元へもどす。Tr1とグラウンド信号の間に複数のトランジスタが存在する場合には、OR又はAND論理素子の性質を持ったトランジスタとする。

(2) Tr2からのグループ化

この場合、任意のTr2のソース信号から信号のつながりをたどっていく。上記(1)の(a), (c), (d), (e)の信号、又は次の信号に到達した場合に作業を終了する。

(f) 電源供給信号

(g) ROM, RAMに接続している信号

上記グループ化の条件によって得られたトランジスタグループ内、Tr2とグラウンド信号の間に存在するトランジスタを、OR論理素子を構成するOR要素及びAND論理素子を構成するAND要素に分類する。並列に接続されているトランジスタをOR要素とし、直列に接続されているトランジスタをAND要素とする。ここまでで、NAND, NOR等の論理素子が決定される。もし、Tr2とグラウンド信号の間のトランジスタが1つの場合には、NOT論理素子とする。排他的論理和、シュミットトリガ、デコーダ等の論理素子は、パターンマッチング法(構成素子とその接続関係の比較による判定法)で決定する。Tr2と他のトランジスタのゲート入力信号の間に直列に存在するトランジスタを、トランスファートランジスタとする。

(3) トランジスタグループが論理素子を構成しない場合、Tr1又はTr2が論理素子を構成しない場合、断線しているとする。ただし、次の信号に接続している場合を除く。

(a) トランジスタのゲート信号

(b) ROM, RAM, PLAに接続している信号

3. 2. 3 残りのトランジスタの分類

残りのトランジスタを1つのトランジスタで構成された疑似論理素子として分類する。疑似論理素子は、3端子に接続している電源信号、グラウンド信号及び他の論理素子との関係で決定する。リセットトランジスタ、プリアップトランジスタ等がこれに入る。

4. システムの構成

PALLEQは、次の5つの機能ブロック、17のFORTRANプログラムで構成されている。各々のプログラムサイズは、256KB以下である。PALLEQシステムの構成を図8.に示す。次に各ブロックの概要を述べる。

(1) データ変換ブロック

パターンをディジタル化する場合、種々な方法があるので元のパターンからいろいろなディジタル図を得ることができる。例えば、1つのポリゴンを、複数のポリゴンに分割してディジタル化する場合や、パターンのうち、繰返し利用されるポリゴンの集合をセルとして定義し、それを参照してパターンの作成を簡単化する場合がある。このブロックでは、そのような種々な方法でディジタル化されたパターンを一意的表現に変換する。ここでは、既に述べたOR演算を用いている。このブロックでは、変換と同時にディジタル化エラーを検出する。

(2) 回路網抽出ブロック

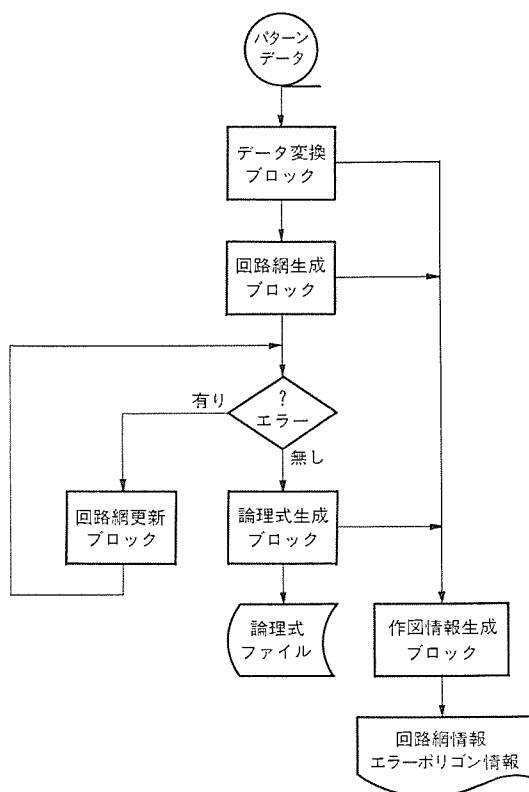


図 8. PALLEQ システムの構成

フィールド領域とポリシリコン領域の重なり部分を AND 論理演算を用いて求める。これがトランジスタのゲート部分となる。また、フィールド領域とポリシリコン領域に NOT・AND 演算を用いてソース信号領域とドレイン信号領域を求める。次に、金属配線、コンタクト、ポリシリコン、フィールドの各々の領域から等電位領域を求める。そして最後に回路網を構成する。このブロックでは、回路網構成上のエラーを検出する。

(3) 論理素子抽出ブロック

このブロックは、回路網から論理素子を抽出する。このブロックのアルゴリズムの中心は既に述べたので省略する。このブロックでは論理素子構成上のエラーを検出する。

(4) 回路網更新ブロック

このブロックは、回路網の情報を更新するのに用いる。データ変換ブロック、回路網抽出ブロックで検出されたパターン上のエラーは、次の論理素子抽出ブロックに悪影響を及ぼすので、このブロックを用いてそのエラーを削除する。

(5) 作図情報生成ブロック

このブロックは、回路網情報、エラー情報をパターンすなわちポリゴンとして表示する。回路網情報では、回路素子及び等電位領域を表示する。また、エラー情報では、ディジタルエラーを含んでいるポリゴン、電気的に接続されていないポリゴン、3端子の接続関係が異常である回路素子などをポリゴン図形で表示する。

5. プログラムの性能

各々のデータ量に対するプログラムの性能を図 9. に示す。これは、

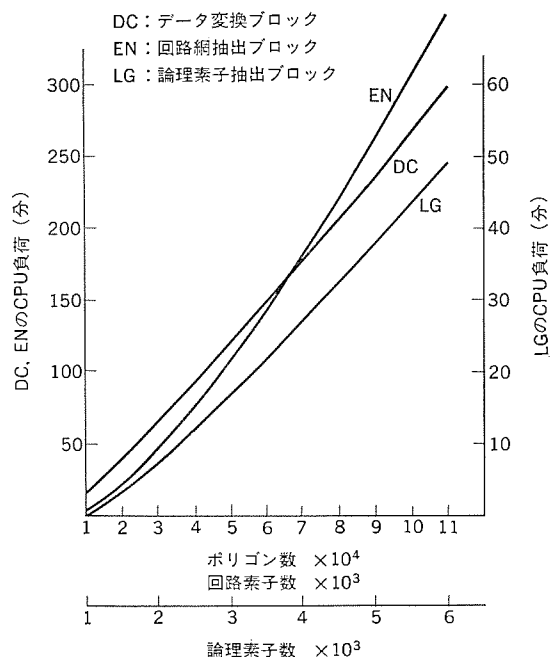


図 9. PALLEQ システムの性能

《MELCOM 7700》電子計算機(サイクルタイム 800 ナノ秒)を用いて実行した結果である。この結果を見ると次のことが分かる。データ変換ブロックのCPU時間(図中 DC で示す。以下同じ)は、ポリゴン数の 1.14 乗で増加し回路網抽出ブロック(EN)は、回路素子数の 1.4 乗で増加している。また、論理素子抽出ブロック(LG)は、論理素子数の 1.16 乗で増加する。PALLEQ システム全体で大きく計算機時間の掛かっているのは、回路網抽出ブロックである。このブロック内で一番時間の掛かっているのは、トランジスタのゲート部分を抽出するのに用いている AND 演算及びソース、ドレイン領域を求めるのに用いている NOT・AND 演算である。

6. む す び

パターンを論理式に変換し、その過程でパターンに含まれているエラーを検出するシステムについて紹介した。

PALLEQ を LSI の設計工程に用いてみた結果、次のような効果を示した。

- (1) パターン図に含まれているエラーをすべて表示するのでエラー箇所を探すという作業が不要となった。
- (2) 回路網情報がパターンの形で表示されるので、エラーの理由を見つけるのが非常に楽になった。
- (3) エラーポリゴンがそれを含むセル単位に表示されるので、エラーを修正するディジタル作業が非常に簡単になった。

この結果、集積回路のパターンの信頼性が向上するとともに、設計期間の短縮が可能になった。

PALLEQ は、現在まだ性能的に一部問題がある。5 章で述べたように回路網抽出部の計算機時間が、データ量の増加に対して大幅に増加している点である。現在、我々は性能改善及び操作性改善のために新しいバージョンを開発中である。

高速ECLゲートアレー

堀場 康孝*・加藤 周一*・茅野 新平*・金田 一**・村井 真一***

1. ま え が き

LSI 化は経済性の向上、高性能化、高信頼度化を追求するための手段として、今日あらゆる電子機器において必ず(須)のものとなりつつある。IC の歴史の初期において、IC の出現を促す原動力となった電子計算機は、現在でも LSI を必要とする最も大きなシステムの 1 つであり、既にメモリスistem 部分に対しては膨大な量のメモリ LSI が用いられるようになった。

これに対し、論理システム部分は数万～数 10 万ゲートの多様な論理回路からなるため、メモリのように単一 LSI の反復使用が困難であって、極めて多種類の LSI が必要である。しかも各 LSI は計算機台数に対応した少量しか使用されないから、結局多品種少量生産の LSI 群が要求される。更に電子計算機の開発過程においてはかなりのひん(頻)度で作り替えが発生するため、ターンアラウンドの点で有利なマスタスライス方式のゲートアレーが強く求められるようになってきた(1)～(6)。

一方、最近の電子計算機の性能はますます向上し、IC に対しても最高速のデバイスが要求されるようになってきた。また、SSI や MSI を用いたときには、各 IC 間あるいは実装ボード間の接続による遅延時間が計算機の性能に大きく影響するようになってきた。このため最高速のデバイスによる可能な限り高集積化された LSI、又は超 LSI が電子計算機にとって必要不可欠となってきている。

この報告は、このような背景のもとに開発した高速・高集積ゲートアレー LSI についてまとめたものである。デバイスとしては、イオン注入を全面採用した酸化膜分離バイポーラ方式を用い、回路形式としては低電圧化したバイポーラ ECL 回路を用いることにより、サナノ秒のゲート遅延時間を得、内部ゲートとして 900 ゲートを収納したものである。このゲートアレーは、CAD の全面的採用により短期間に設計され、マスタスライス方式のため短期間に製造可能であり、多品種を一括して製造することが可能である。

以下、まずデバイス構造、LSI 回路設計において用いられた工夫について述べ、次に CAD 手法の概要について述べる。最後に LSI の試作評価結果と問題点及び今後の動向について述べる。

2. デバイス構造

図 1. はこの LSI に用いた全イオン注入・酸化膜分離バイポーラ構造及び ISAC (Ion-Implanted Self-Aligned Contact) プロセス(7)の製造フローの主要部を示す。従来の pn 接合分離バイポーラ構造に対し、この LSI では酸化膜分離構造を用いることによって、デバイスの微細化とともに寄生容量の低減化を図った。p、n 各領域の形成はすべてイオン注入で行い、不純物濃度制御を精密に行ってデバイス特性の製造バラツキを抑えた。また、ベース、エミッタコンタクトを同時開孔したのちエミッタ領域にイオン注入するときはレジストをマスクにしてベースコンタクトを覆う ISAC プロセスにより、ベース開孔-エミッタ領域を自己整合化して、トランジスタの微細化、高性能化を図るとともに、マスク

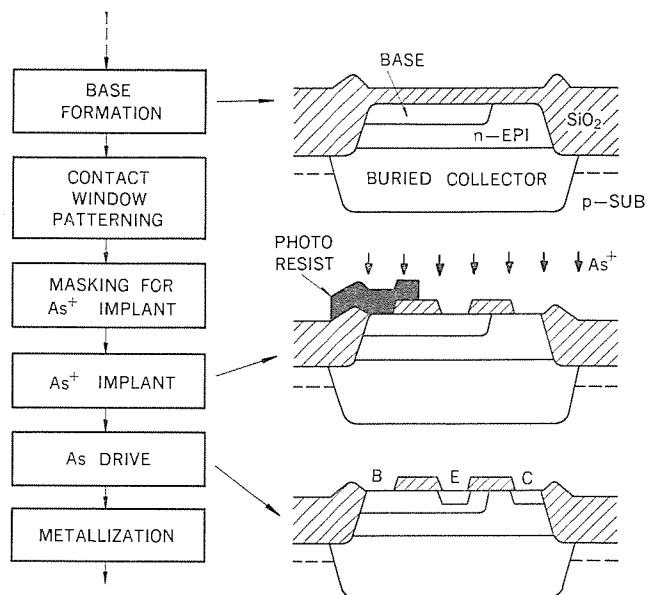


図 1. ISAC プロセス

表 1. トランジスタのデバイスパラメータ

Emitter Size	3×3 μm ²
C _{TC}	0.04 pF
C _{TE}	0.05 pF
C _{TS}	0.15 pF
h _{FE}	100
f _T	5 GHz

合わせ工程の簡単化及びトランジスタパラメータの製造バラツキの最小化を図った。表 1. はトランジスタのデバイスパラメータを示す。

電源及び信号配線に関しては Al 2 層配線を用いた。分離酸化膜領域とトランジスタ領域の境界に生ずる突起あるいは段差は、製造パラメータの最適化により十分低く抑えられているため、Al 配線の微細化、ひいては LSI の高速化、高密度化が可能になった。

3. LSI の回路及びチップ構成(8)

前述のような多種類で多様な LSI を混乱なしに製造するためには、回路構成、チップ構成、LSI 仕様のすべてにわたって一貫した整然性、単純性を考慮することが必要である。

この点を考慮して、内部ゲートに対する基本回路としては、図 2. に示すような標準的な 3 入力 ECL 回路を用いた。低消費電力化を図るため電源電圧は 2.8 V に低電圧化した。論理振幅は 0.8 V、回路電流は 0.4 mA である。高速化を図るため、使用しない入力トランジスタは切離すことができるようにした。また、エミッタホロウ回路は 1 個のみとし、その入力側を差動回路の同相、逆相出力につなぎ替えることによって OR、NOR 出力のどちらか一方を選択できるよ

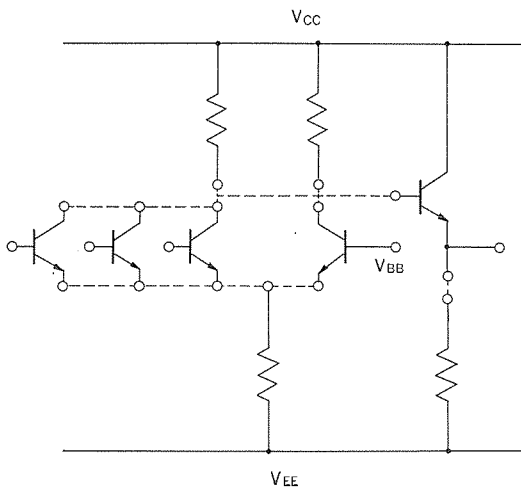


図 2. 内部ゲートの基本回路

うにした。エミッタホロウ回路の出力は、最大4個までの範囲で wired OR 論理をとることができるようにした。ただし、wired OR 論理をとるときには、直流レベルを確保するためエミッタホロウ抵抗の数を2個に制限するようにした。これら内部ゲートのうち、使用されないゲートは、消費電力を削減するため電源ラインに接続されないようにした。

LSI 外部に対する出力バッファとしては図2. 相当回路でスイッチング電流を2mAに増したものを用い、出力論理レベルはECL 10Kファミリにコンパチブルとした。出力バッファのエミッタホロウ抵抗としては700Ωを内蔵し得るが、重負荷駆動時には700Ωを切離しオープンエミッタ出力とし、低抵抗値の外部接続抵抗に切換えて速度の低下を防止するようにした。出力バッファの出力レベルが“L”レベルのときは、出力端子は入力端子としても兼用できるようにした。

基準電圧発生回路は、内部ゲート、出力バッファおのこの出力レベルの電源電圧及び温度の変化を考慮し、内部ゲート→内部ゲート、内部ゲート→出力バッファ、出力バッファ→内部ゲートそれぞれのレベル整合をとることに留意して、内部ゲート、出力バッファの各回路定数を設定した。内部ゲートのV_{BB}端子から各ゲートに流入する電流は直流電流としてはベース電流に相当する微小電流であるが、交流的にはスイッチング時にかなり大きな電流が流れることが回路シミュレーションにより確認されたので、基準電圧発生回路に対して十分なバイアス電流を流すとともに、1つの基準電圧発生回路に接続されるゲート数は、内部ゲートは15個、出力ゲートは12個とした。

電源配線及び基準電圧供給線は、ECLの雑音余裕が小さく、かつ内部ゲート、出力バッファが論理設計如何では局所的に一齐にスイッチングして大きな過渡電流が流れることを考慮して、十分な幅を持たせ、チップ内部全面にわたって電位変

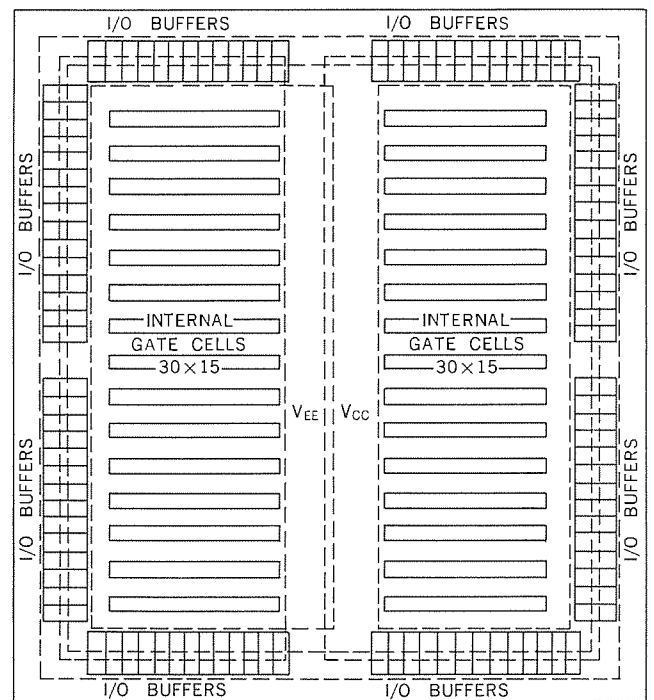


図 3. チップ構成図

動が30mV以内となるよう設計した。

図3. はチップ内部の各回路の配列構成を示す。内部ゲートの配列は横1列配列とし、各ゲート列の間に15の配線帯を設けた。内部ゲートは第1層Alで結線し、配線帯の直交する信号線については横方向は第1層Al、縦方向は第2層Alを用いた。内部ゲートは1ゲートに1本のフィードスルーを持ち、縦方向配線が通過できるほか、使用しない入力端子があるときはこの位置を縦方向配線が通過できるようにした。

4. CAD システム

このLSIで用いたマスタスライス方式の目的は、多品種のLSIを能率よく短期間に製造することにある。したがって回路設計、パターン設

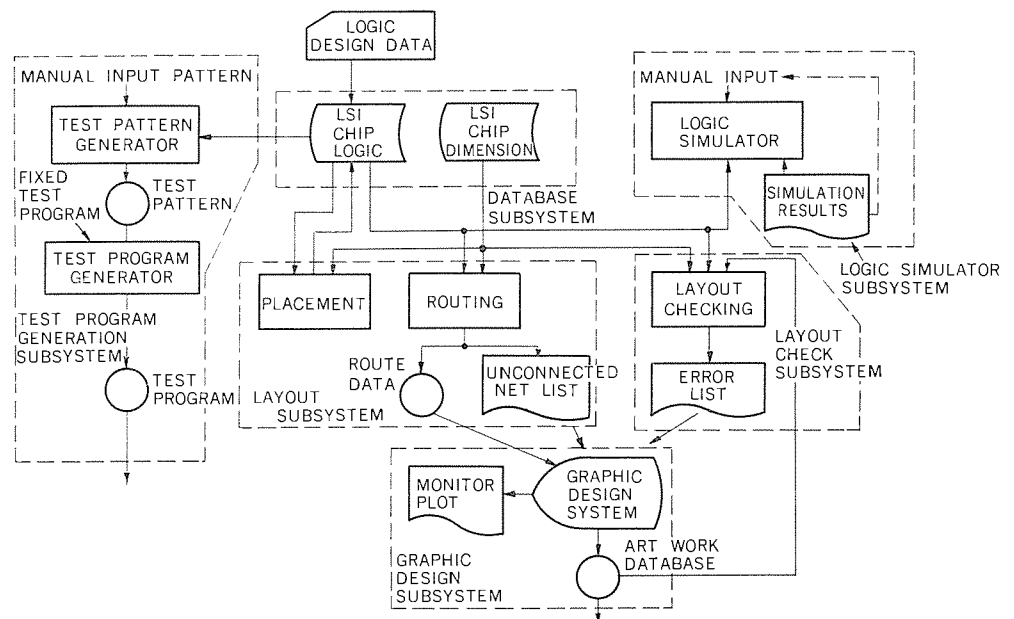


図 4. マスタスライス方式LSIのCAD構成

計に対して全面的に自動化を図ったほか、LSI のテストプログラムをも自動発生するようにした。

このための CAD システムの概要⁽⁹⁾を図 4. に示す。まず対象とする回路は、ECL の基本論理である OR/NOR 論理に変換プログラムを用いて変換されたのち設計データベースに収納される。一方このデータベースには LSI のマスタチップのセル配列、配線帯、入力パッド位置などの幾何学的情報が収納されている。

論理シミュレータは、設計データベースに収納された論理回路の論理の照査を行う。論理値“1”、“0”及び不定“X”を含む3値又は6値のシミュレーション機能を持ち、各ゲートのファンアウト、配線容量による遅延時間を取入れた論理動作をシミュレーションすることができる。

配置配線サブシステムは、論理接続情報に対応した LSI 内部のゲートの配置、配線を実行するシステムである。配置サブシステムでは、(1)初期配置、(2)全体配置改善、(3)局所配置改善の3つの手法を逐次適用して論理接続情報中の各ゲートの幾何学的配置を最適化する。また、配線サブシステムでは、(1)論理接続情報中の各信号を配線帯に対して割当ててチャンネル割当て、(2)各信号を内部ゲートのどの入力端子と接続させるかを決定する端子割当て、(3)配線経路を詳細に決定するトラック割当ての3つが実行され、最短経路の配線が得られる。また、特定信号経路の配線を最短化する機能も有している。

グラフィックデザインサブシステムは、(1)配置配線サブシステムで万一処理し得なかった場合に、図形で出力し人手修正を加える機能、(2)最終レイアウト結果から LSI を作成するためのマスクパターンデータを自動発生させる機能、(3)人手照査及び保管用の論理図面作成機能からなる。

レイアウトチェックサブシステムは、論理接続情報とレイアウト結果とを照合し、矛盾箇所を指摘するためのものである。人手修正が加えられた場合の誤接続、設計ルール違反の検出に対して有効に機能する。

テストプログラム作成サブシステムは、前述の論理シミュレータを基本として、故障検出を有効に行うための入力信号パターン及び期待される出力信号パターンを発生させることにより、完成した LSI のテストプログラムを作成するためのものである。入力信号パターンは、ランダム入力パターンによって自動的に得られるが、回路動作を考慮した故障検出に有効なパターンを設計者が人手でそう(挿)入することもできる。

以上の過程で述べたように、このシステムは自動化されているだけでなく、必要に応じて随所で設計者が設計に介入できるようになっており、この結果、質の高い、効率的な設計が可能となった。

5. 試作評価結果

マスタスライス方式では、固定したマスタパターンの上に並べられたゲートの接続を変えて(スライスして)種々の LSI を作るものである。設計の初期にいったんマスタパターンが固定されると、スライス LSI の特性は個々のゲートの使い方、接続の仕方に応じて受動的に決定されることになる。したがって個々のゲート自身の特性、接続条件による特性の変化が十分に明確化されていることが必要である。

このような基本性能をは(把)握することを目的とし、同一マスタチップの上に、配線長、ファンアウト等を変えた種々のリングオシレータ群を構成したチップを用意し、以下に述べる各特性を測定した。

図 5. にファンイン 3 の内部ゲートの遅延時間の Al 配線長依存性、ファンアウト依存性を示す。デバイス寸法が微細化されているため、エミッタホロウ電流は 0.2 mA に低減されているにもかかわらず、Al 配線

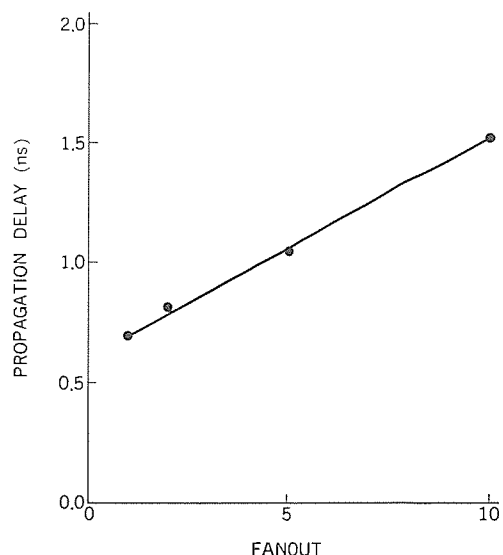
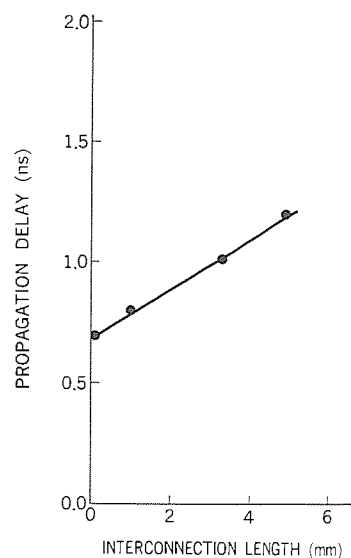


図 5. 内部ゲートの遅延時間の配線長依存性、ファンアウト依存性

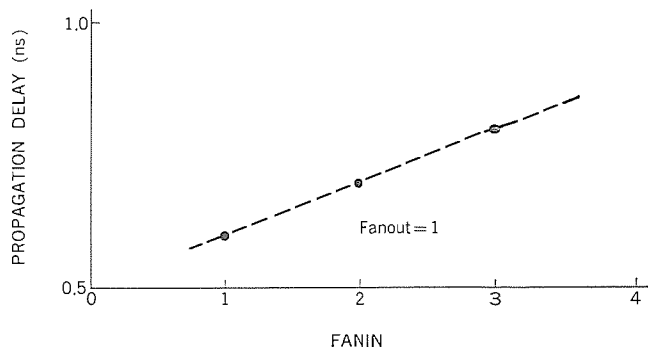


図 6. 内部ゲートの遅延時間のファンイン依存性

長及びファンアウト (F. O.) に対する遅延時間の増分はそれぞれ 0.1 ns/mm, 0.1 ns/F. O. に押えることができた。図 6. はファンアウト 1 の場合の遅延時間のファンイン依存性を示す。入力トランジスタを切離すにつれて 1 トランジスタ当たり 0.1 ns ずつ遅延時間が改善され、ファンイン 1 のゲートでは 0.6 ns の遅延時間が得られることがわかる。

図 7. は出力バッファの出力特性を示す。スイッチング電流を 2 mA に削減した結果、図からもわかるように出力抵抗は約 9 Ω と通常の ECL ファミリーに比べて若干大きくなっているが、100 Ω 以上の終端抵抗を用いる限りは、十分に ECL 10 K コンパチブルになっている。

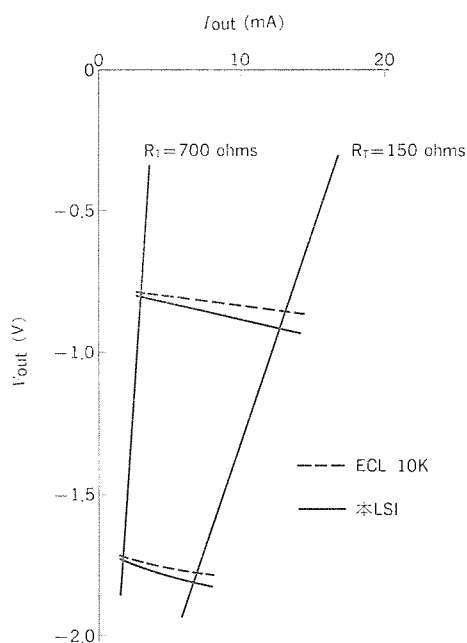


図 7. 出力バッファの出力特性

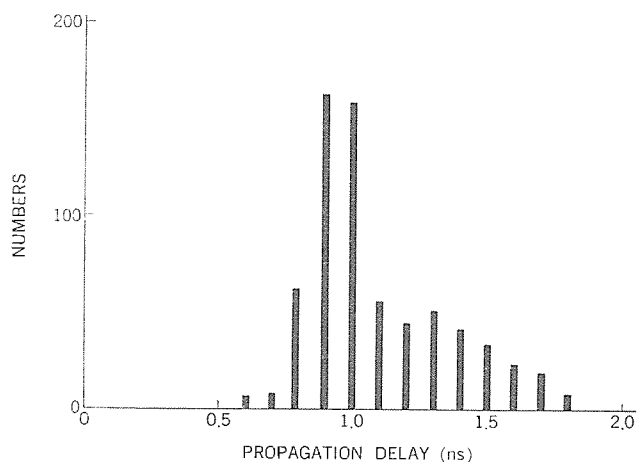


図 8. LSI 内部における遅延時間の分布

表 2. 信号経路に沿った遅延時間の計算値と実測値との比較

Path	Number of Circuits	Measured Delay		Calculated Delay
		$t_{pLH}(ns)$	$t_{pHL}(ns)$	$t_{pd}(ns)$
1	6	6.5	7.0	6.5
2	8	7.86	8.16	8.22
3	9	9.0	8.8	9.04
4	10	10.0	9.5	9.97

表 3. 900 ゲート ECL ゲートアレー の性能諸元

Number of Pins	124
Chip Size	6.40×6.88 mm ²
Number of Gates	900
Number of Elements	9240
Power Supply	-2.8 V Single
Power Dissipation	Max. 1.7 W
Power/Gate	1.1 mW
Delay/Gate	Ave. 0.9 ns
Power Delay Product	Ave. 0.99 pj

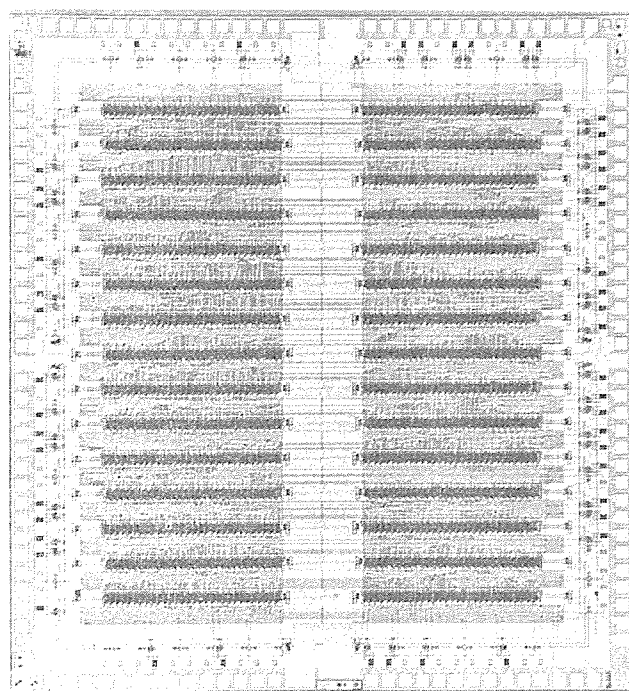


図 9. 8ビット ALU チップのチップ写真

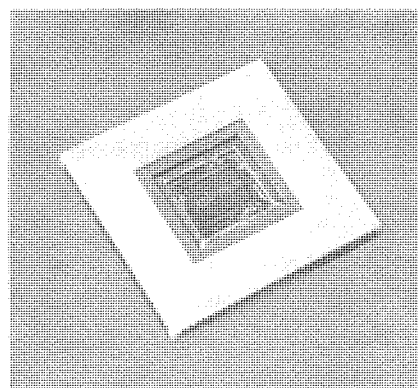


図 10. 124 ピンリードレスパッケージ

また、出力バッファの遅延時間は、トランジスタサイズをバイアス電流を考慮して最適化した結果、1.5 ns 以下の値をうることができた。

配置配線情報より各内部ゲートの負荷容量を算出し、上記の遅延時間の負荷容量依存性に従って遅延時間の分布を計算した結果の1例を図8.に示す。遅延時間は0.6~1.8 nsの範囲に納まっており平均0.9 nsで動作すると推定される。表2.は試作したスライスLSIの1つの種々の信号経路について計算値と実測値を比較したものであり、よく一致していることがわかる。

このゲートアレーLSIの性能をまとめて表3.に示す。

図9.は試作したLSIのうちの8ビットALUチップのチップ写真を示す。内部ゲート使用率として99%以上の894ゲートが使用されており、各ゲートの配置配線は前述のCADを用い不能解なしに設計された。消費電力は1.5 Wである。

図10.はこのLSIを収納する124端子リードレスパッケージ⁽¹⁰⁾のふた(蓋)を取去った状態を示す。このパッケージは他のパッケージと共に多ピンセラミックモジュールに取付けたうえ、計算機のボードに実装される。

6. 問題点と今後の動向⁽¹¹⁾

高性能化のための問題点は高速化と低消費電力化に集約されるが、

高速ゲートアレーの特長はそれらが実装技術の改良と極めて深い関連を持っていることであろう。

6.1 低消費電力化

従来の電子計算機では、TTL、ECL等の標準ファミリロジックの個々の雑音余裕を確保するため、電源電圧として5V系が用いられてきた。しかしLSI化された電子計算機においては、低消費電力化するためにこのLSIのようにより低電圧(1.5~4V)を用いていくことが必須と考えられる。また、LSIの収納ゲート数の増大に伴い1ゲート当たりの電流も低減化されることが必要で、0.1mA程度のスイッチング電流を検討することはさほど遠い将来ではないと思われる。低消費電力化しても高速性能を損わぬためには0.4V程度の低論理振幅の実用化を急ぐことが必要と考えられる。

6.2 微細化と高速化

前述のように遅延時間は配線容量、ファンアウト(次段入力容量)の影響を大きく受けるので、配線の微細化、素子の微細化は負荷容量による遅延時間の増加を軽減するのに有効である。

基本ゲート自体の遅延時間もまた微細化により改善される。図11.は2次的にスケリングした基本ゲートによって構成したリングオシレータの試作評価結果を示す。縮小とともに遅延時間は改善されるが、パターンサイズが小さくなると次第に電力遅延時間積=一定からはずれ、

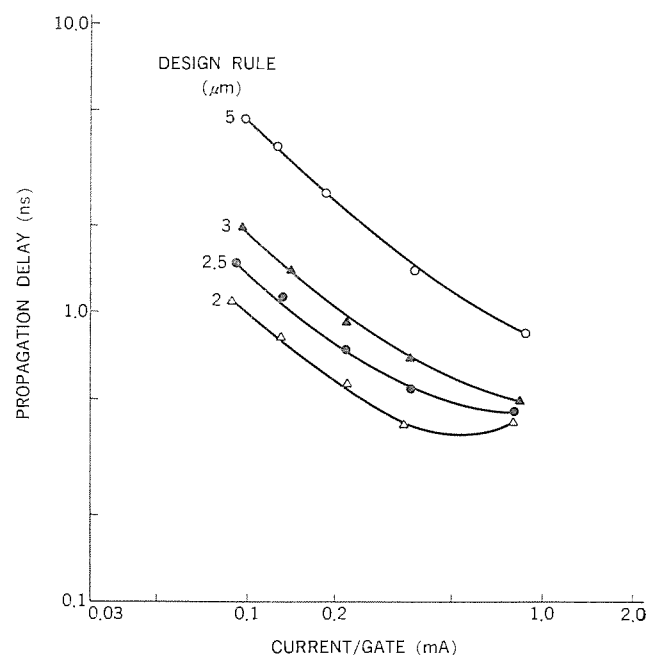


図 11. 微細化による遅延時間の改良

遅延時間の極小を与える電流値が存在することがわかる。今後更に高速化を進めるに当たっては3次元スケリング、濃度分布の最適化を考慮するとともに、デバイス構造の改良研究を進める必要があることを示唆している。

6.3 多端子化と実装技術の改良

LSIの収納素子数が増大すると端子数も増大する。消費電力を低減化しつつ、ゲート数と端子数の増大を図るにはおのずと出力バッファの駆動能力を制限せざるを得ない。しかも内部ゲートが微細化に助けられて低消費電力化されればされるほど、出力バッファに対する内部バッファの駆動能力は小さくなる。したがって高速化あるいはゲート数の増大とともに、回路の全遅延時間に対して出力バッファの遅延時間が占める割合は増大傾向にある。高速化、低消費電力化を進めるには、出力バッファの負荷容量を低減化するための実装技術の革新を図ることが必要である。

7. む す び

電子計算機のLSI化を目的として開発した高速900ゲートECLゲートアレーの試作結果について述べた。この結果、多品種少量生産に必要なCADを全面的に取入れたマスタスライス方式LSI群の開発が可能になった。また、新しいデバイス技術と低電圧化されたECL回路技術によって電子計算機に必要なサブナノ秒のゲート遅延時間が得られた。今後更に性能向上を図るためにはLSI自体だけでなく、LSI外部空間をも含めた高密度化がますます重要な問題になると考えられる。

参 考 文 献

- (1) Y. Akazawa et al : 1978 ISSCC Dig. of tech. Papers, FAM 15.7, p. 208 (Feb. 1978)
- (2) R. J. Blumberg et al : 1979 ISSCC Dig. of tech. Papers, WPM 6.2, p. 60 (Feb. 1979)
- (3) F. Sato et al : 1980 ISSCC Dig. of tech. Papers, THAM 9.5, p. 114 (Feb. 1980)
- (4) 上田清ほか : 信学技報, SSD 79-50, p. 9 (昭 54-10)
- (5) 中野隆生ほか : 昭 53 電四連大, 91, p. 3-35 (昭 53-10)
- (6) 東憲邦ほか : FUJITSU, 30, 1, p. 185 (昭 54-1)
- (7) Y. Akasaka et al : 1978 IEDM Dig. of tech. Papers, p. 189 (Dec. 1978)
- (8) 立木真ほか : 昭 55 信学全大, 391, p. 2-162 (昭 55-3)
- (9) 田中千代治ほか : 三菱電機技報, 52, 1, p. 802 (昭 53-11)
- (10) 番條敏信ほか : 三菱電機技報, 54, 12, p. 852 (昭 55-12)
- (11) 堀場康孝 : 昭 55 電四連大 (昭 55-10)

第3世代カラーテレビ信号系リニアICの開発

高野 元*・戸室泰太*・中出良治*・小嶋健治*・吉富正夫*

1. ま え が き

カラーテレビ 信号系 リニアICの第1世代のシリーズ化が完成したのは、昭和46年から同47年にかけてである。第1世代のカラーテレビ用リニアICは7～10ICで構成されていた。その後昭和52年に4～5ICで構成される第2世代が完成し、昭和55年から同57年にかけては更に少ないICで構成できる第3世代に入ろうとしている。そのIC化の歴史はカラーテレビ受像機メーカーの生産性向上、合理化及びコストダウンへのとどまることのない努力とICメーカーへの要求があったこと、ICメーカーが回路技術及び製造技術を極限まで駆使しながら要求に答えてきたことの結果と見ることができる。

以下第3世代のICであるIFシステムM51356P、PAL用ビデオクロマM51393P、PAL/SECAMデュアルシステム対応PAL用ビデオクロマM51395P及びSECAM用クロマM51397Pの開発経過と技術内容に関して述べる。

2. カラーテレビ受像機のシステムブロックダイアグラム

図1. はPAL方式及びSECAM方式のカラーテレビ受像機のシステムブロックダイアグラムで、第1世代、第2世代、第3世代の集積回路規模の大きさを表している。図2. は第2世代と第3世代のICでいかにカラーテレビ信号系が合理化、集積化されたかを表す概念図である。PAL方式では4ICが2ICに、SECAM方式では4IC+個別トランジスタが3ICに、PAL/SECAMデュアルシステムでは5IC+個別トランジスタが3ICに大幅な大規模集積回路化がなされている。

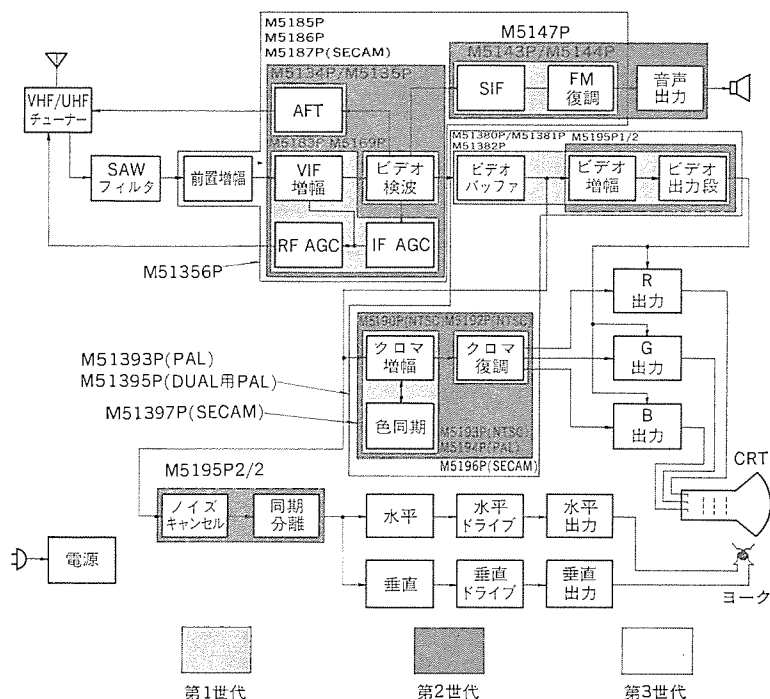


図1. カラーテレビ用信号系IC規模の各世代比較

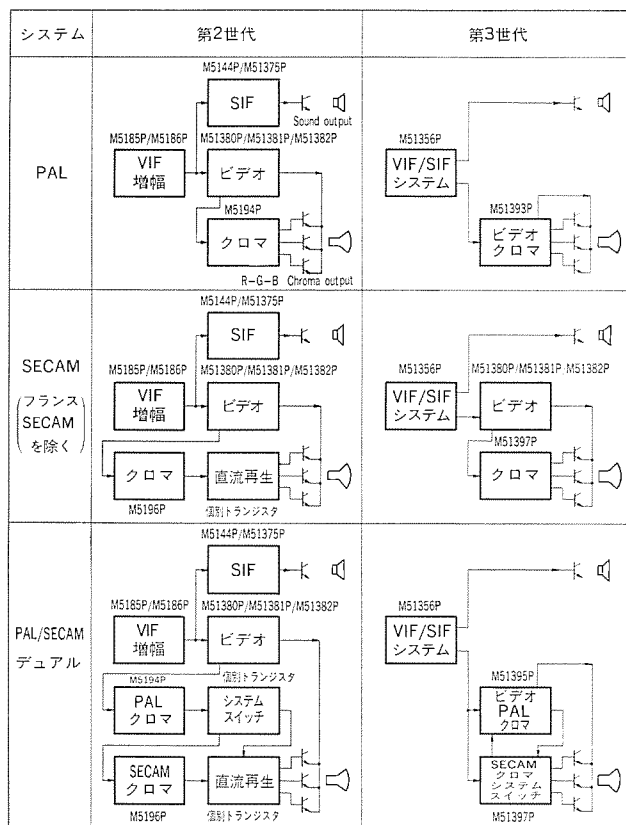


図2. 第2世代と第3世代のICを用いたカラーテレビのブロック図

3. IFシステム M51356P

VIF (Video IF) / AFT (Automatic Frequency Tuning) / SIF (Sound IF) システム (IFシステムと称する) M51356Pの開発目的は、第2世代のICとして使われているVIF/AFTシステム(1チップVIFと通称されている)にSIFを含ませ、すべてのIF系を1チップにまとめること及びSAWフィルタが使用できるようにすることにより、カラーテレビIF系の大幅な合理化を図ろうとするものである。

図3. にM51356Pのブロック図を示す。M51356PはVIF、ビデオ検波、白及び黒ノイズインバータ、IF/RF AGC、AFT、SIF検波及びSIF(音声復調)により構成されている。集積素子数は約550、チップ面積約11mm²及びパッケージは30ピンプラスチックデュアルインライン(30ピンDIL)である。

またM51356Pは高性能、高集積化を図るため新たに開発した高周波高密度ウェーブプロセスを用いている。その高周波特性は f_T で比較して従来の2倍の1GHzとなっている。またマスクパターン寸法は最小npnトランジスタで従来と比較して約60%と小さくなっている。更に回路電

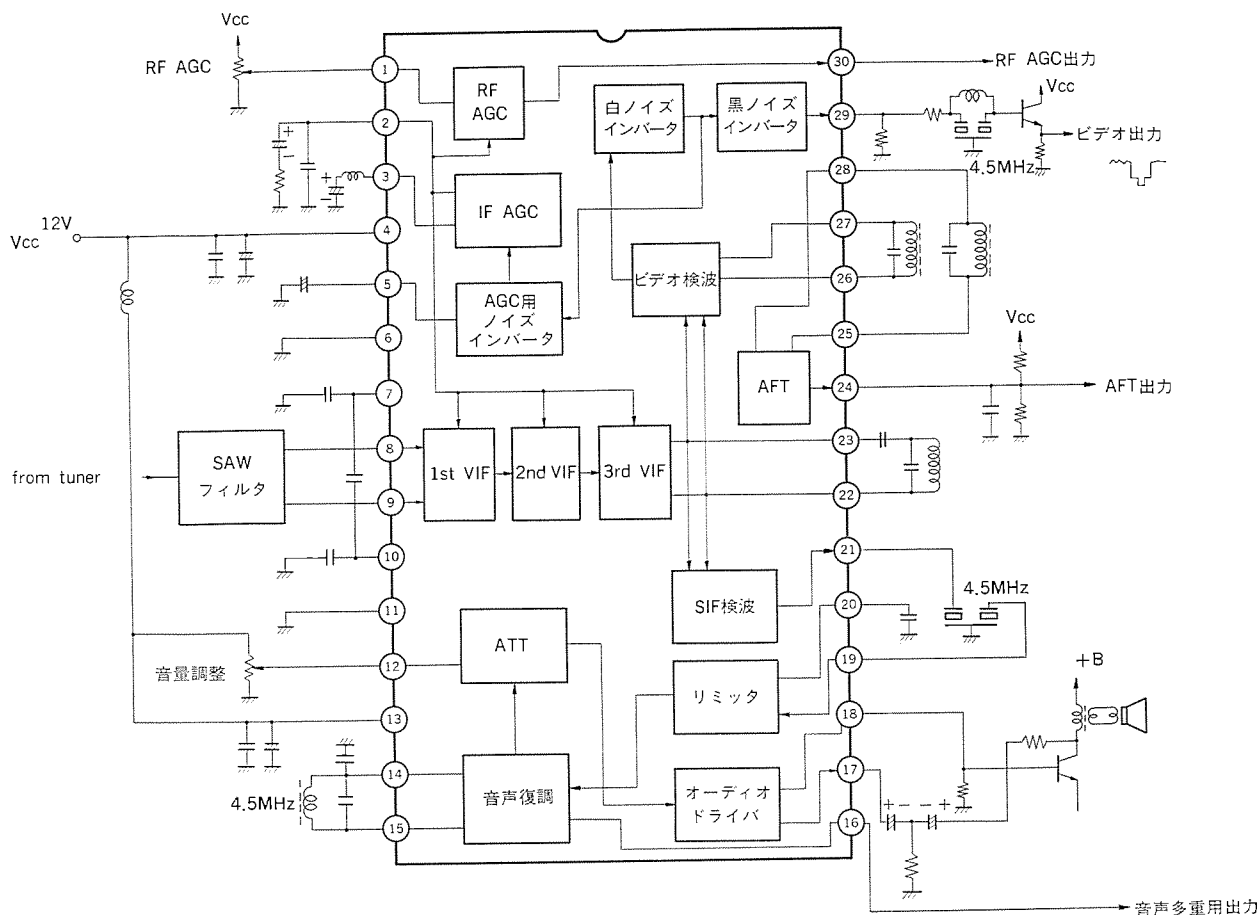


図 3. M 51356 P のブロック図

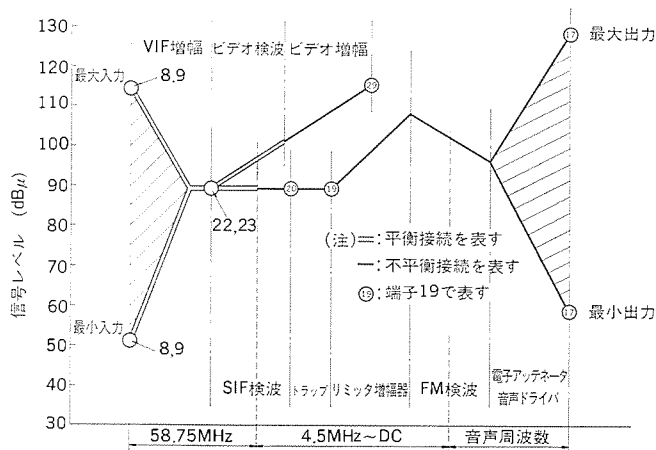


図 4. 利得配分及び信号レベル

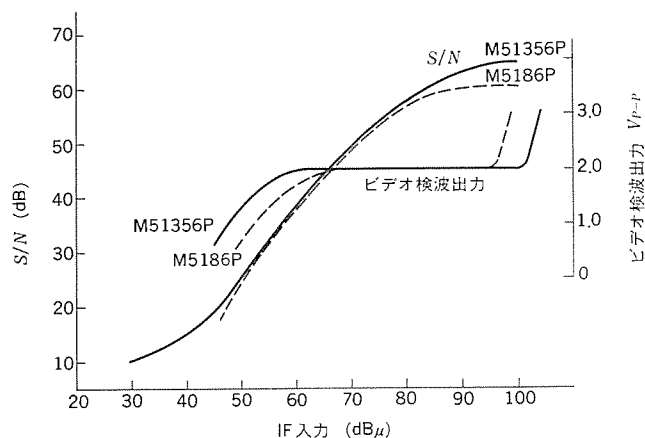


図 5. M 51356 P の入出力特性及び S/N

流も高周波余裕によって 20% 小さくすることができた。

M 51356 P は、第 2 世代の VIF IC M 5186 P 等と比較して技術的に克服しなければならない 2 つのポイントがある。1 つは SAW (Surface Acoustic Wave) フィルタが使えるように安定性と S/N を確保すること、他の 1 つは SIF が同一チップ内に存在するため、SIF と VIF 増幅器間等の相互干渉による発振及び不要ビートの発生を抑えることである。これらを達成するためのシステムの利得配分及び各入出力端子における信号レベルは図 4. のように設定した。S/N を確保するためにはシステムの前段である VIF 段の利得を高くすることが望ましい。60 MHz 帯の増幅器を IC で構成した場合、従来は安定性の上から平衡接続同調負荷 (狭帯域増幅) で 40 dB の利得が限

界であったが、M 51356 P ではバイポーラ IC 構造の各接合浮遊容量を抑えた高周波 ウェーブプロセスを開発することにより利得を平衡接続抵抗負荷 (広帯域増幅) で 43 dB とすることができた。例えばトランジスタの高周波性能を左右する 1 パラメータであるコレクタ接合容量 C_{bc} は従来の 1/2 約 1.5 pF である。この結果 S/N 及び入出力特性は図 5. のように弱電界 S/N を悪化させることなく感度を従来の IC M 5186 P より 3 dB 向上させ、かつ強電界では 3 dB の S/N 改善となっている。一方最も困難であった VIF 系と SIF 系との相互干渉を下記の対策を行うことにより解決した。

(1) IC の各端子での信号レベルが 100 mV rms を越えないようにする。

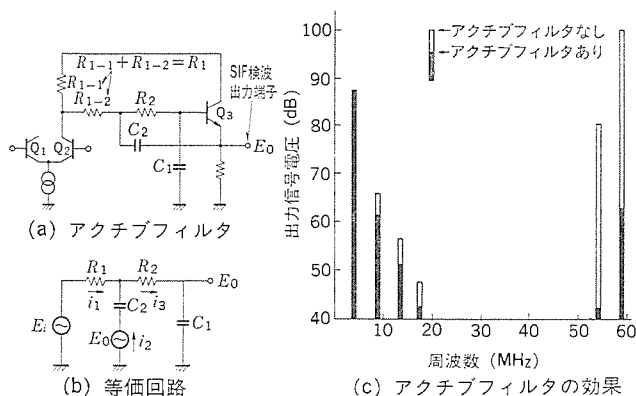


図 6. 相互干渉防止のための アクチブフィルタ

- (2) 不要な信号は極力 IC の端子に出さない。
- (3) 各高周波回路ブロック間の接続及び出力端子は平衡状態(差動)とすることにより同相抑圧効果を持たせる。
- (4) IC 構造上回路相互間の電源、アースラインを分離し、同一シリコン基板上でのわずかな浮遊インピーダンスによる結合をもさけるようにする。
- (5) パッケージピン相互間の浮遊容量及び周辺部品を含むプリントはく(箔)相互間の浮遊容量などによる結合を極力少なくするピンレイアウトとする。

以上の対策のうち(2)項の対策の一具体例とその効果を説明する。

図 6. (a) に示すように SIF 検波出力端子の前に アクチブフィルタをそ

う(挿)入し、不要な高周波成分を急しゅん(峻)に減衰させるようにする。このことにより、図 6. (c) に示すように アクチブフィルタがないときに比べ 58 MHz 付近不要信号出力は -38 dB も減衰させることができた。ここでこの アクチブフィルタ はよく知られているように図 6. (b) の等価回路に従って次式で表される。

$$\left| \frac{E_0}{E_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2)^2 + \omega^2 C_1^2 (R_1 + R_2)^2}} \quad \dots\dots (1)$$

$$\tan \theta = -\frac{\omega C_1 (R_1 + R_2)}{1 - \omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2} \quad \dots\dots (2)$$

ただし θ は入力信号 E_i に対する出力信号の位相である。

4. PAL 用ビデオクロマ M51393 P

この IC は、ビデオ 信号と PAL 方式のクロマ 信号を処理する機能を持ち、30 ピン DIL のパッケージに封入されている。チップサイズは約 14 mm² で約 600 素子を集積化している。図 7. に IC のブロック図を示す。ビデオ 信号処理は、画質、コントラスト、輝度の制御が直で行えビデオ 信号の出力段も含んでいる。クロマ 信号処理は、ピーク検波による ACC と APC 方式による色副搬送波の発生によって、高品位の画像が得られるようになっている。

この IC の特長的な部分は、ビデオ 部の画質制御と出力段、クロマ 部では、色副搬送波の位相シフトと 18 ピンの入力パルスにある。次にこれらの内容を詳しく説明する。

画質制御回路 (pix) では、2 次微分回路を採用しオーバシュートとプリシユートの最適なバランスをとり画像の“きれ”を良くするとともに、ソフト回路を並用して雑音の多い画面のときに見やすい画面を提供し

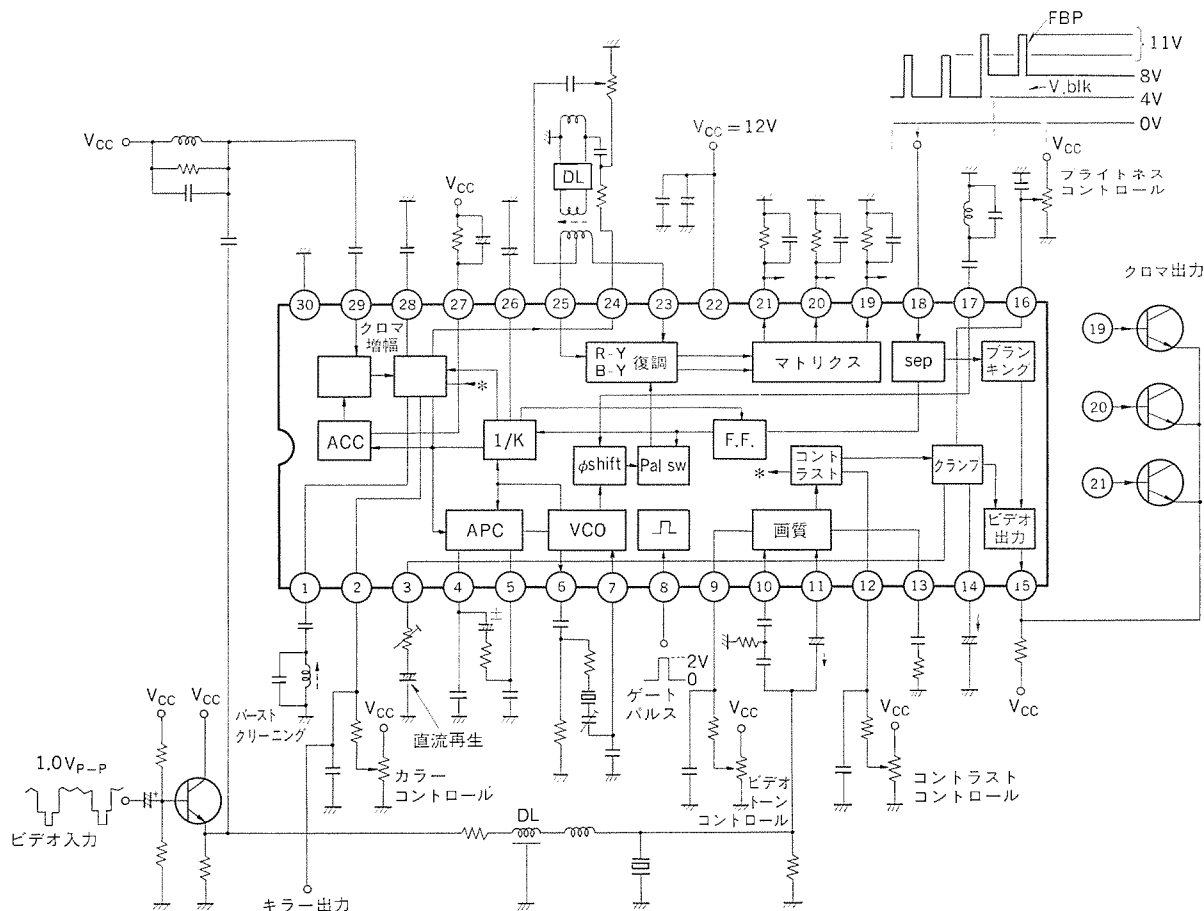


図 7. M51393 P のブロック図

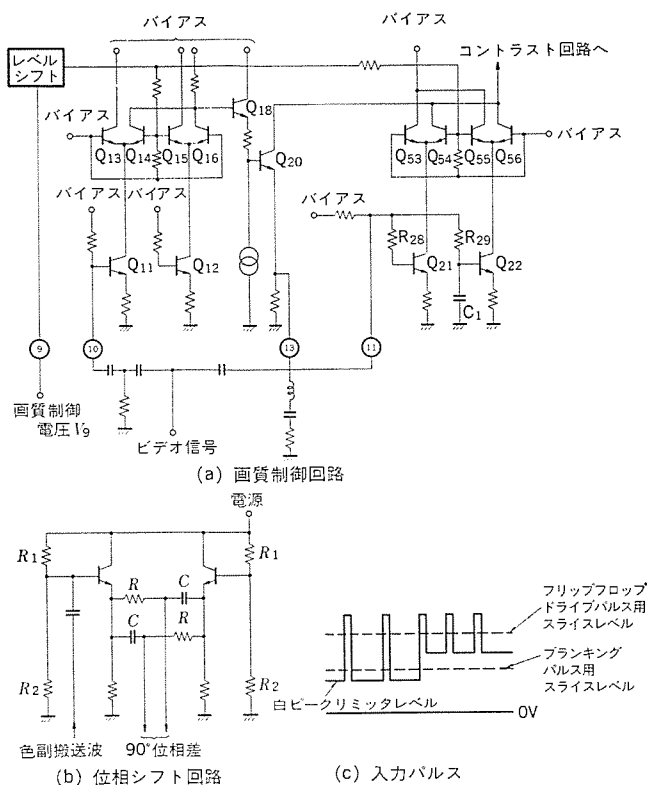


図 8. M 51393 P の回路図と入力波形

ている。図 8. (a) に回路図を示す。11 ピンにはビデオ信号がそのまま入力され Q_{21} で増幅されるとともに R_{29} , C_1 で積分され高周波成分の落とされたビデオ信号は Q_{22} で増幅される。この 2 信号は Q_{53-56} の制御回路で合成され、画質制御電圧 (V_9) によって $V_9 > 6V$ のときビデオ信号のみ、 $V_9 < 4V$ のとき高周波成分の落ちたビデオ信号のみ、 $V_9 = 4 \sim 6V$ のとき両者の合成となる。10 ピンには外付けの回路により 2 次微分されたビデオ信号の 2 次微分波形が入り Q_{11} により増幅され、 Q_{13-16} の制御回路でその量が制御される。すなわち $V_9 > 8V$ のとき 2 次微分波形はすべて次段に導かれ、 $V_9 < 6V$ のとき次段には全く導かれず $V_9 = 6 \sim 8V$ のときは中間の値となる。次段に導かれた 2 次微分波形は Q_{20} のエミッタピーキングにより更に周波数特性の補正が行われてビデオ信号と合成される。以上の結果をまとめると、 $V_9 = 8V$ では高域がもち上ったシャープな画面となる。6V のときは何も細工をしていない自然な画面となる。4V のときは高域の落ちたソフトな画面となり、特に弱電界で雑音の多い場合には見やすくなる。しかも 1 ピンでシャープ、ソフトの 2 回路を制御できる回路構成をとってピン数の削減を図っている。

ビデオ部の出力段はパチカル pnp トランジスタのダーリントン構成とした。これにより出力トランジスタは安定し、周波数特性もフラットになった。

色副搬送波の位相シフト回路を図 8. (b) に示す。これは従来 IC 外で 2 つのコイルを使用して ± 45 度の色副搬送波を作っていたものを IC 内で処理するようにしたものである。ここに示した回路方式によれば、IC 内の拡散抵抗や容量のバラツキ (約 $\pm 30\%$) があっても位相シフトして得られる 2 色副搬送波間の位相差は 90 度が確保できる。したがって全体の位相ずれを調整する 1 つのコイル (1 ピン) があればよいので、外付けコイルの削減と IC のピン数の削減が可能になった。

18 ピンの入力パルスは図 8. (c) に示す構成をとっている。すなわち IC 内で 2 レベルでパルスをスライスして、フリップフロップ駆動用パルス

とブランキング用パルスを作りだすとともに、その DC レベルは白ピークリミッタのレベルを決定するという、3 つの情報を含んだものになって IC のピン数を 2 ピンも削減している。

5. PAL/SECAM デュアルシステム対応 PAL 用ビデオクロマ M 51395 P

この IC は PAL/SECAM デュアルシステム対応 PAL 用ビデオクロマ信号処理部分の IC である。その回路ブロックはほぼ M 51393 P と同等である。異なる点はコントラスト制御によるカラートラッキングのないこと、G-Y の復調出力 19 ピンを削除し、その代りにコントラスト制御電圧と同等の電圧を 19 ピンに発生している点及び復調回路にキラーを作用させた点である。その他のピン配置については M 51393 P と同じプリント基板を使うことを想定して同じにしてある。次に述べる SECAM 用 IC と接続し、高性能なデュアル用クロマシステムを構成することができる。

6. SECAM 用クロマ M 51397 P

この IC は PAL/SECAM デュアルシステム対応の SECAM クロマ信号処理用 IC である。この IC の特長は通常の SECAM クロマ信号処理の外に直流再生の回路と、PAL/SECAM 切換スイッチとを含んでいる点にある。チップサイズは約 14 mm^2 で約 620 の素子を集積化しており、30 ピン DIL のパッケージに収めている。図 9. にブロック図を示す。クロマ信号処理はリミッタ増幅器、SECAM スイッチ、クオドラチャタイラの後復調器等より構成している。

M 51395 P と M 51397 P を PAL/SECAM のデュアルシステムに使用した場合のシステムの切換えの概念図を図 10. に示す。この切換えシステムにおいて設計目標は、1H 遅延線の PAL/SECAM 共用化、外付けに PAL/SECAM 切換スイッチをつけないこと、及び PAL/SECAM 間に相互干渉のないことの 3 点においた。図 10. (a) で S_{P-1} と S_{S-1} は通常のキラーによるスイッチを表す。1H 遅延線の入力部での切換スイッチが S_{S-2} で PAL 信号に対しては 2.2 V_{P-P} の入力ダイナミックレンジと 1:1 の利得をもっている。 S_{P-2} と S_{S-3} は 1H 遅延線の出力におけるスイッチで、互いに相手の信号が流入してくるのを阻止している。 S_{P-2} , S_{S-2} , S_{S-3} によりこの IC では 1H 遅延線の PAL/SECAM 共用化が可能となっている。スイッチの回路構成は、例えば S_{P-2} では通常の後復調器にトランジスタ 4 個を追加しただけの非常に簡単な構成をとっている。しかもスイッチの切換え時に出力直流電圧がほとんど変化しないので画面が乱れることがない。 S_{S-4} は PAL 復調出力と SECAM 復調出力の切換スイッチである。以上のスイッチを設けることによりすべてのシステム切換えに必要なスイッチは IC 内に収められたことになる。なおスイッチの回路構成は S_{S-3} を除き (これは内部バイアスをオフにする)、差動増幅器のリミッタ特性を利用したものになっている。図 10. (a) はこのシステムに PAL 信号が入った場合、図 10. (b) は SECAM 信号が入った場合のスイッチ状態が示されている。これらの場合、例えば PAL IC の色副搬送波が、SECAM に影響を与えるといった相互干渉は、ほぼ問題ないレベルにまで下げることができた。

以上の 4 IC, M 51356 P, M 51393 P, M 51395 P 及び M 51397 P の内で、代表的な M 51395 P のチップ写真を図 11. に示す。チップ面積は約 14 mm^2 、集積素子数は約 600 である。

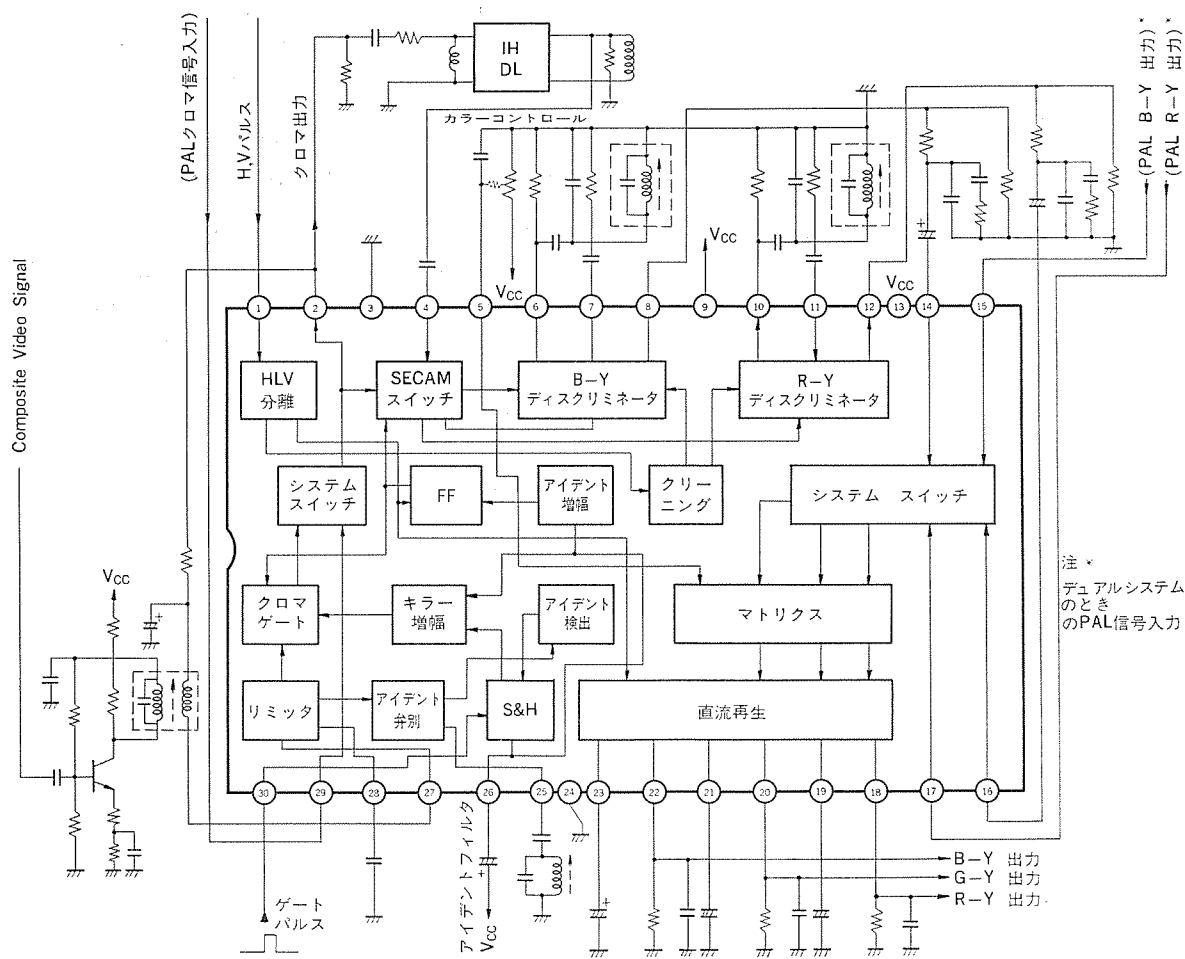


図 9. M51397P のブロック図

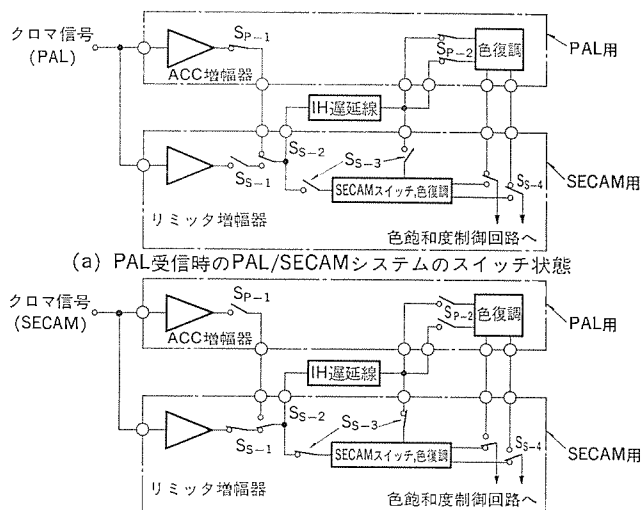


図 10. PAL/SECAM デュアルシステムのブロック図

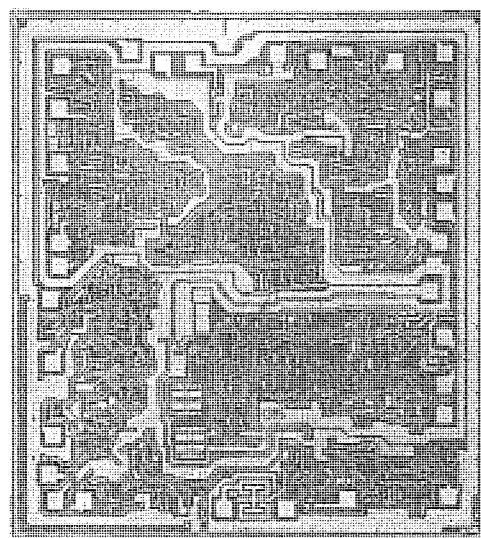


図 11. M51395P のチップ写真

7. む す び

以上述べたように高性能な ウェハプロセス 技術の開発及び新しい回路技術の駆使により カラーテレビ用 IC の大規模集積化ができた。

今回開発した IC を第 3 世代の IC と呼んでいるが、第 4 世代の

IC は更に一層の大規模集積化の方向に行くことは間違いない。そのためには周波数特性を落さずに大幅な低消費電力化を図る画期的なウェハプロセスの開発と、多くの機能相互間の干渉を少なくするウェハプロセス、アセンブリ技術及び回路技術が必要である。

ボルテージシンセサイザ用C MOS LSI

小林 洋*・武部 秀治*

1. ま え が き

テレビジョン（以下TVと略す）用チューナーとしては、従来ロータリ形あるいはターレット形などの機械式が用いられていた。しかし、機械式チューナーは摩耗という信頼性上の欠点をもっている。また、ワンタッチ直接選局、リモートコントロール（以下リモコンと略す）、番組予約等の付加機能をもたせることにより、操作性を向上させ多機能化を図るには従来の機械式では、ステップモータなどの高価な部品や複雑な機構が必要となり実現が困難であった。

そこで、基準電圧をポテンショメータで分圧設定し同調電圧を得て、それを局部発振回路に使用されている同調用可変容量ダイオードに印加する電子式チューナーが開発され、機械式に比べ信頼性、操作性が大幅に向上し多機能化が進んだ。しかし、この電子式チューナーは調整精度の高いポテンショメータがチャンネルポジション数だけ必要である。そのため、ポテンショメータの収納に広いスペースがTVの前面パネルに必要となり、TVのデザイン面に制約を与え、また1局ずつポテンショメータを回しながらプリセットしなければならないという欠点を持っている。更に、ポテンショメータという機械的な機構をもった部品を多く用いるため、信頼性の問題も残っている。そこで、要求されるのは、チャンネルのプリセットが簡単に行え、機械的な部品を全く用いない全電子式選局システムの出現である。

当社では、このたび上記の要求に答え、TVの全電子式選局システムを可能にするボルテージシンセサイザ用C MOS LSI M 58486 APを開発したので報告する。

2. ボルテージシンセサイザの概要

ボルテージシンセサイザ方式選局システムを用いたTVのブロック図を図1.に

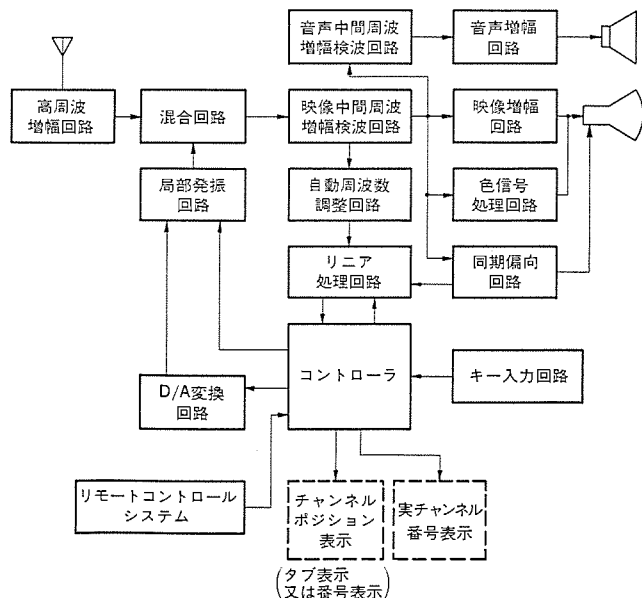


図 1. ボルテージシンセサイザ方式選局システムを用いたTVのブロック図

示す。このシステムでは局部発振回路に使用している可変容量ダイオードに印加する同調電圧をデジタル化し、バンド情報とともに、不揮発性メモリに記憶させる。選局時には、不揮発性メモリからデジタル化された同調電圧とバンド情報を読み出し、その同調電圧をD/Aコンバータにより直流電圧に変換して可変容量ダイオードに印加し、一方バンド情報をチューナーのバンド切換回路に送り、希望の局部発振周波数を得ている。不揮発性メモリとしては通常、バッテリーバックアップC MOSメモリや不揮発性EAROMが用いられている。

一般に、ボルテージシンセサイザ方式選局システムでの放送チャンネルのプリセットは、コントローラが自動的に同調電圧を掃引しTV放送の電波を捕えると、そのときの同調電圧とバンド情報を不揮発性メモリに書込むことにより自動的に行う。

3. ボルテージシンセサイザ M 58486 AP

3.1 概要

M 58486 APは、ボタン1つで受信可能なすべてのTV放送局に対応した同調電圧をEAROMに書込むことができる全自動サーチ機能、及び好きなチャンネルポジションに好きな放送局をプリセットすることができる順次自動サーチ機能を持ったボルテージシンセサイザ用C MOS LSIであり、リニアセンサM 51251 P及びEAROM M 5 G 1400 Pとともに全電子式TV選局システムを構成することができ、更に次のような機能及び特長をもっている。

- (1) チャンネル表示は、チャンネルポジションタブ表示、チャンネルポジション番号表示及び実際のチャンネル番号表示の3通りが可能。
- (2) バンド自動切換え。
- (3) デジタルAFT (Automatic Fine Tuning) 機能。
- (4) チャンネルポジションごとにAFTがオン/オフの情報をEAROMに記憶させることが可能。
- (5) 周波数微調整が可能。
- (6) リモコン用LSI (例えば当社製M 58485 P又はM 58487 P)と直結可能。

M 58486 AP, M 51251 P及びM 5 G 1400 Pを用いた全電子式選局システムのブロック図を図2.に示し、以下の節でその機能について説明する。なお、M 58486 APは、CEX入力によりプリセットできる局数として12と16とを選択することができる。

3.2 キー入力……選局及び制御

表1.に示すように、 $\phi_A \sim \phi_D$ のスクラン出力、 $I_1 \sim I_4$ のキー入力による 4×4 のキーボードマトリクスにより、16局の直接選局を行うことができる。

また、 $\phi_A \sim \phi_D$ のスクラン出力と $K_1 \sim K_3$ のキー入力による 4×3 のキーボードマトリクスにより、12の制御命令を入力することができる。なお、2つ以上のキーを同時に押した場合は、どのキーの命令も入力されないよう設計している。ただし、**FAM**と**CH LOCK**の2つのキーは他のキーと独立して入力することができる。

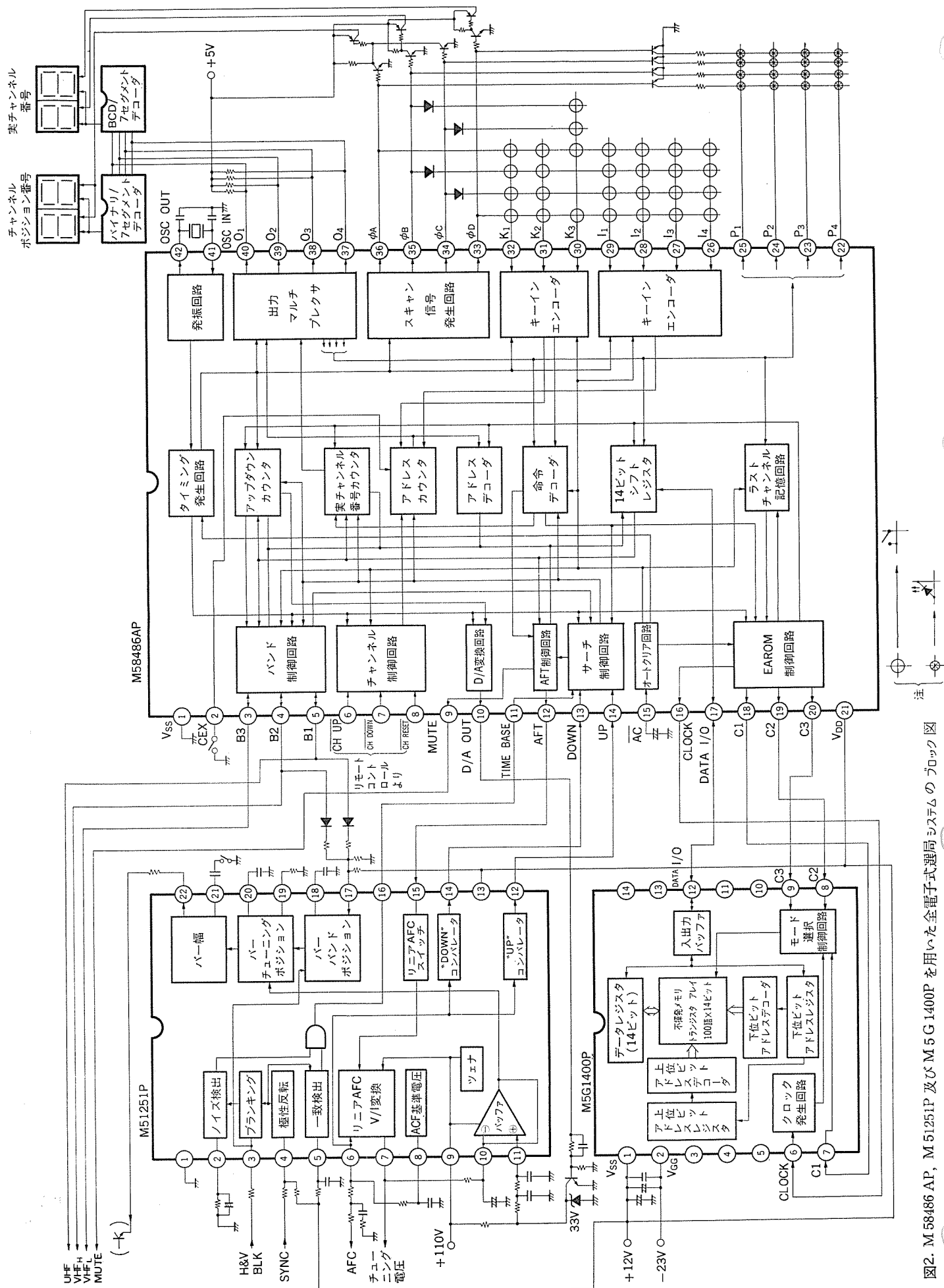


図2. M58486 AP, M51251P 及び M5G1400P を用いた全電子式選局システムのブロック図

表 1. キーボードマトリクス と命令機能の関係

スキャン 出力 キー入力	ϕ_A	ϕ_B	ϕ_C	ϕ_D
I ₁	CHP 1	CHP 5	CHP 9	CHP 13
I ₂	CHP 2	CHP 6	CHP 10	CHP 14
I ₃	CHP 3	CHP 7	CHP 11	CHP 15
I ₄	CHP 4	CHP 8	CHP 12	CHP 16
K ₁	U-SEARCH	D/A UP	CHN 10	CHP-UP
K ₂	V-SEARCH	D/A DOWN	CHN 1	CHP-DOWN
K ₃	SEARCH	CH LOCK	FAM	STORE

表 2. バンド、放送電波帯域及びバンド出力の関係

バンド	放送電波帯域	バンド出力		
		B1	B2	B3
B1	VHF のローバンド	H	L	L
B2	VHF のハイバンド	L	H	L
B3	UHF	L	L	H

3.3 同調電圧出力 D/A OUT

M 58486 AP は、14ビット構成の D/A コンバータを内蔵しており、アナログ量を 16,384 ステップにコントロールすることができる。出力の形式は、1 種の パルス 幅変調出力で出力のくり返し周波数が 28 Hz、最小パルス幅が 2.2 μ s であり、この出力パルスの“H”の値を 33 V にレベルシフトし、それを積分することにより同調電圧を得ている。同調電圧の可変範囲は 0~33 V であるので 1 ステップ当たりの同調電圧の変化は約 2 mV となる。

3.4 バンド入出力 B1~B3

M 58486 AP には バンド 入出力 B1~B3 を設けており、チューナーのバンドスイッチを制御する。バンド出力の状態は表 2. に示すように、選ばれているバンドに対応した出力が“H”となりその他の出力は“L”になる。

また、端子 B1~B3 は入力も兼ねており、あるバンドに対応する端子を V_{SS} に短絡することにより、サーチ時にそのバンドをスキップすることができる（バンドスキップ機能）。

バンド、放送電波帯域及びバンド出力の関係は表 2. に示すとおりである。

3.5 EAROM M5G1400P の制御

M 58486 AP は EAROM M5G1400P を制御するため、基準クロック（約 14 kHz）を発生する CLOCK 出力、データの読出し、書込み、アドレス指定等のモードを指定するための C1, C2 及び C3 出力、及びデータ入出力用の DATA I/O 入出力を備えている。アドレス指定及びデータの書込み、読出しは DATA I/O 入出力でシリアルに処理され、C1, C2 及び C3 出力とモード指定の関係は表 3. に示すとおりである。

EAROM M5G1400P は、100 語×14ビットのメモリ容量を持っている。一方、EAROM に書込む情報は、1 局当たり

同調電圧 14ビット

表 3. EAROM 制御モード

入力レベル			モード	機能
C1	C2	C3		
H	H	H	スタンバイ	アドレス及びデータレジスタの内容は保持される。出力バッファはフローティング状態になる。
H	L	L	アドレス入力	I/O 端子のデータがアドレスレジスタに転送される。アドレスは連続する 2 つの 1-OUT-OF-10 コードで指定される。
L	H	H	読出し	指定されたアドレスのデータがメモリトランジスタからデータレジスタに読出される。
L	H	L	データ出力	データレジスタの内容がクロックに同調して出力される。
L	L	L	データ入力	I/O 端子の書込みデータがデータレジスタに取込まれる。アドレスレジスタは保持される。
L	L	H	書込み	データレジスタの内容が、アドレスレジスタの番地のメモリトランジスタに書込まれる。
H	L	H	消去	アドレスレジスタで指定された番地のメモリトランジスタが消去される。消去状態では、すべて“L”を書込んだ場合に相当する。

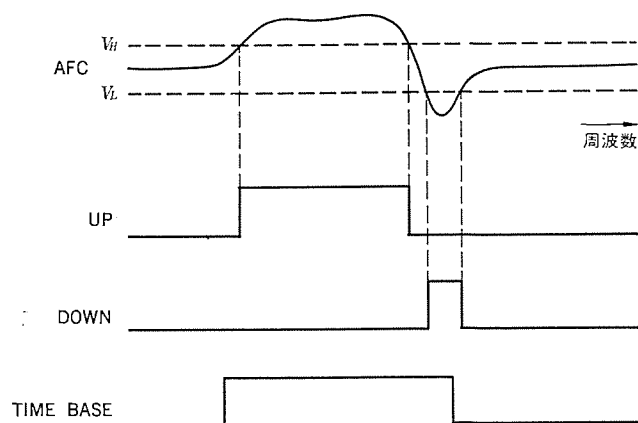


図 3. サーチ時の AFC, UP, DOWN 及び TIME BASE 信号の関係

バンド情報	2ビット
実チャンネル番号 (BCD 2けた(桁))	8ビット
AFT オン/オフの情報	1ビット

の計 25 ビットである。したがって、1 局に対し 2 語のメモリを使用している。

3.6 サーチ機能

このシステムは、サーチ機能として全自動サーチ機能及び順次自動サーチ機能を持っている。また、特定のバンドからあるいは特定のバンドのみをサーチする Vサーチ、Uサーチの機能も有する。

サーチ機能は、UP, DOWN 及び TIME BASE 入力によって制御される。これらの入力信号はリニアセンス用 IC M51251P で作られ、M 58486 AP に送られる。UP 及び DOWN 信号は図 3. に示すように映像中間周波数増幅回路 (VIF) の自動周波数制御 (Automatic Frequency Control : 略して AFC) 信号から作られる。すなわち AFC 信号があるしきい電圧 (V_H あるいは V_L) より高いあるいは低

い場合、UPあるいはDOWN信号が“H”になる。TIME BASE信号は、垂直同期信号とフライバックパルスとの同期が取れたとき“H”になり、正規の映像信号を捕えているかどうかを示している。

サーチのスピードは表4.に示すようにバンドにより異なり、またバンド内でも異なるよう設計されている。これは、局部発振回路の同調電圧-発振周波数特性に合わせ、周波数に対するサーチスピードを一定にするためである。

まず、サーチ時の放送電波の捕え方について、図4.に示すフローチャート及び図3.に従って説明する。サーチが始まると、M58486 APの14ビットのアップ/ダウンカウンタにアップ信号が印加され、同調電圧

表4. 各バンドのサーチスピード

バンド	B1	B2	B3
同調電圧			
0~1/4	1.16 s	2.31 s	9.22 s
1/4~1/2	0.58 s	1.16 s	
1/2~1	0.58 s	1.16 s	4.61 s
計	2.32 s	4.63 s	13.83 s

注(1) 同調電圧は最大を1にし、規格化されている。

(2) 上記の値は指定された同調電圧範囲をサーチするのに用いる時間を示している。

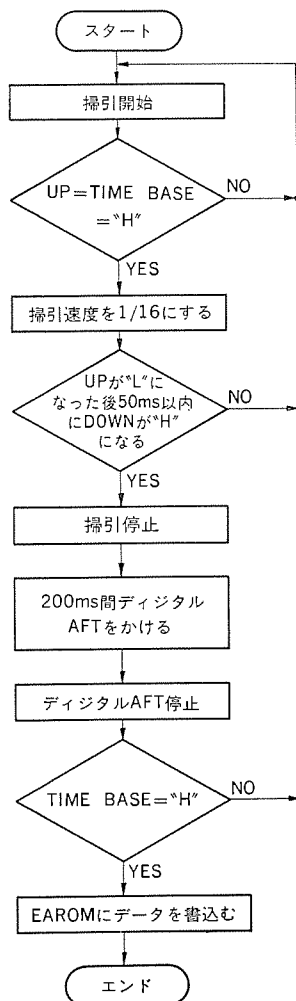


図4. サーチ方法のフローチャート

は上昇する(同調電圧の掃引(Sweep))。TV放送の電波が存在するところになると、図4.に示すようにまずUP信号とTIME BASE信号が“H”になり、そこでサーチスピードは1/16になる。次に、UP信号が“H”から“L”にもどり、次にDOWN信号が“H”になる。このときUP信号が“H”から“L”にもどって、50ms以内にDOWN信号が“H”になると掃引は停止しデジタルAFT機能が働く。50ms以内にDOWN信号が“H”にならなければ、その電波はTV放送の電波でないと判断し、掃引は継続する。デジタルAFTが働くと、UP信号が“H”のときは同調電圧は上昇し、DOWN信号が“H”のときは下降する。デジタルAFT機能は200msたつと停止し、このときTIME BASE信号が“H”であると、その電波をTV放送の電波であると判定し、必要な情報をEAROMに書込む。TIME BASE信号が“L”であると、その同調電圧から再び掃引が始まる。

次に、全自動サーチ機能について説明する。まず、全自動サーチを行わせるためには表1.に示したキーボードマトリクスの[FAM]のキーを入れ、全自動サーチモード(Full Automatic Search Mode:略してFAM)にしておき表1.の[SEARCH]又は[V-SEARCH]のキーを入力する。以下、図5.に示すフローチャートに従って動作を説明する。まず、キーが入力されると同調電圧は下端に、バンドはB1に、チャンネルポジション番号、実チャンネル番号は共に1にイニシャルリセットされる。次に同調電圧を掃引していき、TVの放送電波を捕えると自動的に必要な情報をEAROMに書込み、チャンネルポジション番号、実チャンネル番号は共にプラス1され、再びサーチを行う。同調電圧が上端まで達すると、バンドはB2に移り同調電圧は下端に戻り、B1と同様にサーチを続ける。このようにして、バンドB3の上端までサーチを行う

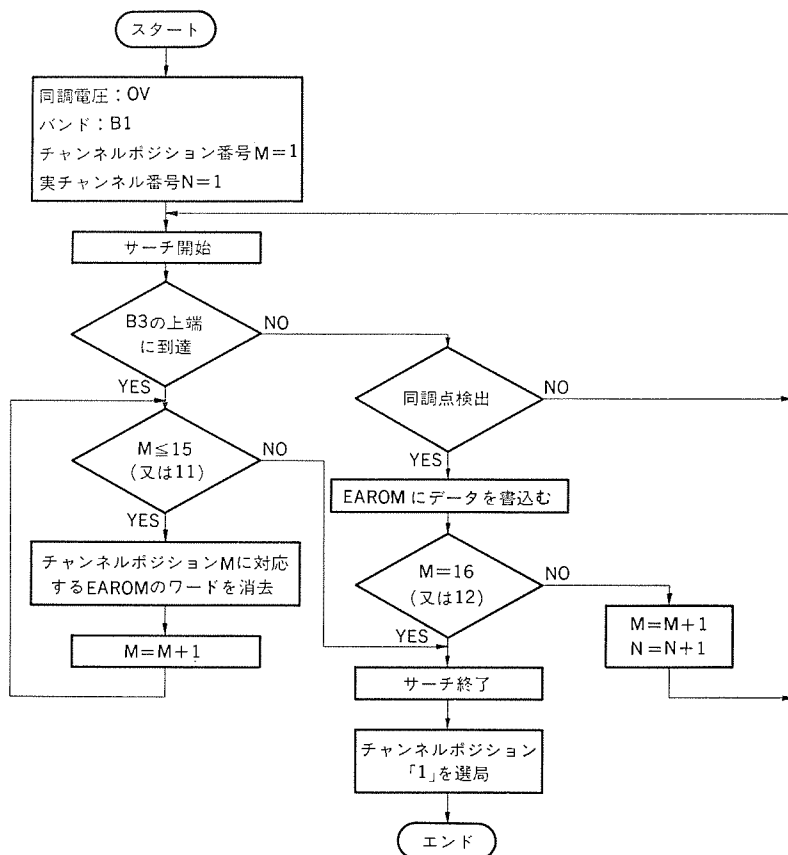


図5. 全自動サーチのフローチャート

か、あるいは16(又は12)のチャンネルポジションのすべての書込みが終了すると、チャンネルポジション「1」を選局しサーチは終了する。

[FAM]のとき[U-SEARCH]のキーを入力し、全自動サーチを始めるとバンドB3からサーチをはじめB1、B2の順にサーチを行う。これは、特にUHFの放送局が多い地方に有効である。

順次自動サーチ機能は任意のチャンネルポジションに好きな放送局をプリセットするための機能である。順次自動サーチを行うには、まず、[FAM]のキーをオフにし、順次自動サーチモード(Sequential Automatic Search Mode:略してSAM)にする。次に、サーチしたいチャンネルポジションを選局する。このようにしてから、表1.の[SEARCH]のキーを入力すると、現在選ばれているバンド及び同調電圧からサーチを始め、TV放送の電波を捕えらなければならない情報をEAROMに書込みサーチは終了する。捕えた局が不用な場合は再び[SEARCH]のキーを入力する。そうするとそこから再びサーチを開始し、また次の放送局をとらえなければならない情報をEAROMに書込みサーチは終了する。このときサーチを続けるとバンドは

→ B 1 → B 2 → B 3 →

の順で自動的に切換わる。

また、SAMで[V-SEARCH]のキーを用いるとB1及びB2のバンド(すなわちVHF帯)のみをサーチすることができ、[U-SEARCH]のキーを用いるとB3のバンド(すなわちUHF帯)のみをサーチすることができる。

3.7 選局

表1.の[CHP1]～[CHP16]の選局キーを入力すると、選局されたチャンネルポジションに対応するEAROMのアドレスのデータが読出される。AFTがオンの情報が書込まれているチャンネルポジションの場合は、EAROMから読出された同調電圧から16ステップ(約32mV)下の電圧に同調電圧は設定され、選局後100msたつとデジタルAFT機能が働き、更に100msたつとAFT出力が“H”となり、リニアAFT機能が働く。デジタルAFT機能はサーチ時と同様にUP信号が“H”であると同調電圧を上昇させ、DOWN信号が“H”であると同調電圧を下降させ、適正な同調点に導き、更にその後同調点からずれないように制御する。リニアAFT機能はM58486APのAFT出力によりオン/オフが制御され、リニアセンスICM51251PによりVIFのAFC信号を用いて同調電圧を制御する。選局時同調電圧を16ステップ引き去るのは、図3.に示すようにUP信号が“H”になる周波数幅は広く、DOWN信号が“H”となる周波数幅は狭く、選局時に同調電圧がAFT制御範囲外に出るのを防ぐためである。

AFTがオフの情報が書込まれているチャンネルポジションを選局したときは、EAROMから読出した同調電圧がそのままチューナーに印加

され、かつデジタル及びリニアAFT機能は働かない。

選局は上記の[CHP1]～[CHP16]のキーを用いた直接選局及びリモコンからの制御入力CH UP、CH DOWN及びCH RESETによる直接選局及び順次選局を行わせることができる。

また、この選局システムでは電源投入時に、電源消去前に選局されていたチャンネルポジションが選局されるラストチャンネルメモリ機能を持っている。

3.8 周波数微調整機能(Fine Tuning:略してFT)

表1.に示す[D/A UP]あるいは[D/A DOWN]のキーにより、同調電圧を表3.に示すサーチスピードの1/128のスピードで変化させることができる。

選局後、[D/A UP]あるいは[D/A DOWN]のキーを入力すると、AFT機能はオフになり、デジタル及びリニアAFTは共に働かなくなり、同調電圧がゆっくりと上昇あるいは下降する。次に、キーを離すとその時点の同調電圧、バンド情報などがEAROMに書込まれる。このときAFTを制御する情報はオフとして書込まれ、次にこのチャンネルポジションを選局したときは、AFTはオフになりデジタルAFTもリニアAFTも働かなくなり、FTで同調した同調電圧を常に保つ。また、このシステムではチャンネルポジションごとにAFTのオン/オフを制御することができる。

FTは、特に放送局に近い所すなわち強電界の地域で、TVの画面がざらざらし、同調点を少しずらして見た方が見やすい場合に用いられる。

3.9 チャンネル表示

このシステムではチャンネル表示として、チャンネルポジションタブ表示、チャンネルポジション番号表示及び実チャンネル番号表示が可能である。

チャンネルポジションタブ表示は、チャンネルの位置を点表示させるもので、M58486APのスクリーン出力 $\phi_A \sim \phi_D$ 及びチャンネルポジション表示出力 $P_1 \sim P_3$ による 4×4 の表示マトリクスにより行わせることができる。

チャンネル番号表示出力 $O_1 \sim O_4$ は、スクリーン出力の ϕ_A と ϕ_C のタイミングでポジション番号を4ビットのバイナリコードで出力し、 ϕ_B のタイミングで実チャンネル番号の1のけた(桁)を、 ϕ_D のタイミングで10のけたをBCDで出力する。これらの出力信号をデコードすることによりチャンネルポジション番号表示、実チャンネル番号表示を行わせることができる。

4. む す び

以上説明してきたように、このたび開発したポリテーゲンセサイザ用CMOS LSI M58486APは、機械的機構を全く用いず、かつボタン1つですべての局をプリセットする全自動サーチ機能などの豊富な機能を持つ全電子式選局システムを可能にし、TVの操作性、機能性及び信頼性の向上に貢献することが期待される。

8ビットマイクロコンピュータシリーズ

梅木 恒憲*・小林 英行*・浜野 尚徳*

1. ま え が き

昭和45年に初めて世に出現したマイクロプロセッサは、著しい半導体技術の進歩により目覚ましい発展を遂げた。初期のマイクロプロセッサといえ、外部にプログラム用メモリ、データ用メモリ、クロック発生回路、システムコントローラ、タイマ入出力ポート（以下I/Oポートと称す）等々を必要とするものであったが、次第に集積度の高いLSIが開発されるに従って“高級化”と“ワンチップ化”の2つの傾向が出現している。

高級化とは、クロック発生回路とシステムコントローラを内蔵し、割込機能を充実した8ビットCPU M5L8085AP(1)や語長を16ビットに拡張したM5L8086Sに代表されるように、豊富なアドレッシング機能とシステム拡張性をもつマイクロプロセッサの流れである。

ワンチップ化とは、ここに紹介するM5L8049-xxxPのように各種機器の制御を目的に、プログラムメモリ、データメモリ、クロック発生回路、システムコントローラ、タイマI/Oポート等をワンチップ上に集積したマイクロプロセッサ、一般にワンチップマイクロコンピュータと呼ばれている流れである。

この論文では、ワンチップマイクロコンピュータの現況とM5L8049-xxxP、M5L8243P、M5L8041A-xxxPの構成と動作概要について紹介する。

2. ワンチップマイクロコンピュータ

従来のマイクロコンピュータ（以下マイコンと称す）は、CPU、メモリ、I/O制御LSI等の数個のLSIで構成している。このようなマイコンは、各種機器の制御をソフトウェアで行うことによってシステムの設計、開発を容易にした。しかしながら、マイコンを構成するには多くのLSI、

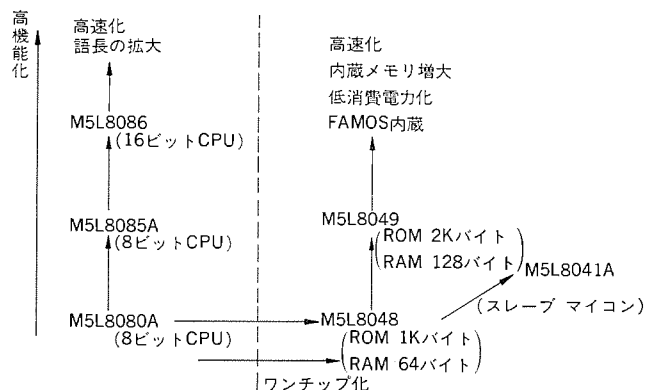


図1. 三菱汎用マイクロプロセッサ展開図

MSIが必要で簡単な制御の場合などは、マイコン化による製品の物理的な大きさ、原価低減、信頼性向上が従来製品とあまり変わらないという問題につきあたるのである。したがってマイコン全体を小形化、単純化しようと思えば、CPU、メモリ、I/Oポート、タイマ等をワンチップに集積したワンチップマイコンが必要で、近年続々と出現をみるに至った。

現在、国内各社が開発しているはん(汎)用8ビットマイコンの多くは、汎用8ビットマイクロプロセッサと同様に、インテル、モトローラ等の製品と互換性のある製品を開発している。表1.に、主要8ビットマイコンの機能を、図1.に当社汎用マイクロプロセッサの開発展開図を示す。

3. M5L8049-xxxPの機能概要

3.1 基本構成

M5L8049-xxxPの開発思想は、各種制御機器におけるマイコン部の基本的な機能をワンチップ上に集積させることにより原価低減信頼性向上、小形化、システムの簡略化を実現させ、かつシステムの拡張性を考慮している。製品プロセスは、パターン写真製版にプロジェクション

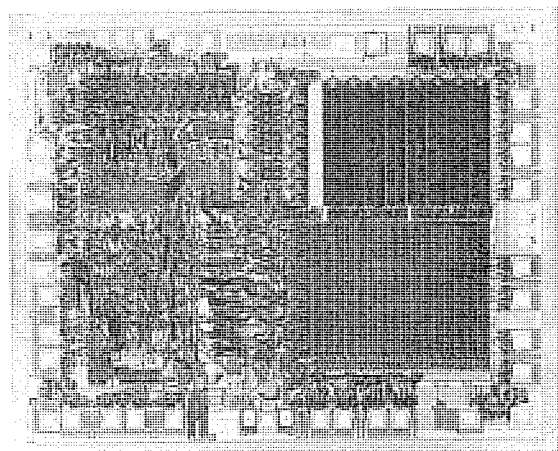


図2. M5L8049-xxxPチップ

表1. 8ビットワンチップマイクロコンピュータの機能

形名	8048/8049	6801	3870	Z8
オリジナルソースメーカー	インテル	モトローラ	モステック	ザイログ
セカンドソースメーカー	外国	3社	—	1社
	国内	5社	1社	—
パッケージピン数	40	40	40	40
プロセス	N MOS	N MOS	N MOS	N MOS
電源電圧(V)	5	5	5	5
ROM容量(ビット)	1,024×8/2,048×8	2,048×8	2,048×8	2,048×8
RAM容量(ビット)	64×8/128×8	128×8	64×8	144×8
命令数	96	82	70	70
最高クロック周波数(MHz)	6	3.58	4	8
最小命令実行時間(μs)	2.5	2	1	1.5
最大命令実行時間(μs)	5.0	12	6.5	3.75
割込み(レベル)	1	1	4	6
スタック(レベル)	8	RAM	RAM	RAM
内蔵クロック	有	有	有	有
入出力線数	27	31	32	32

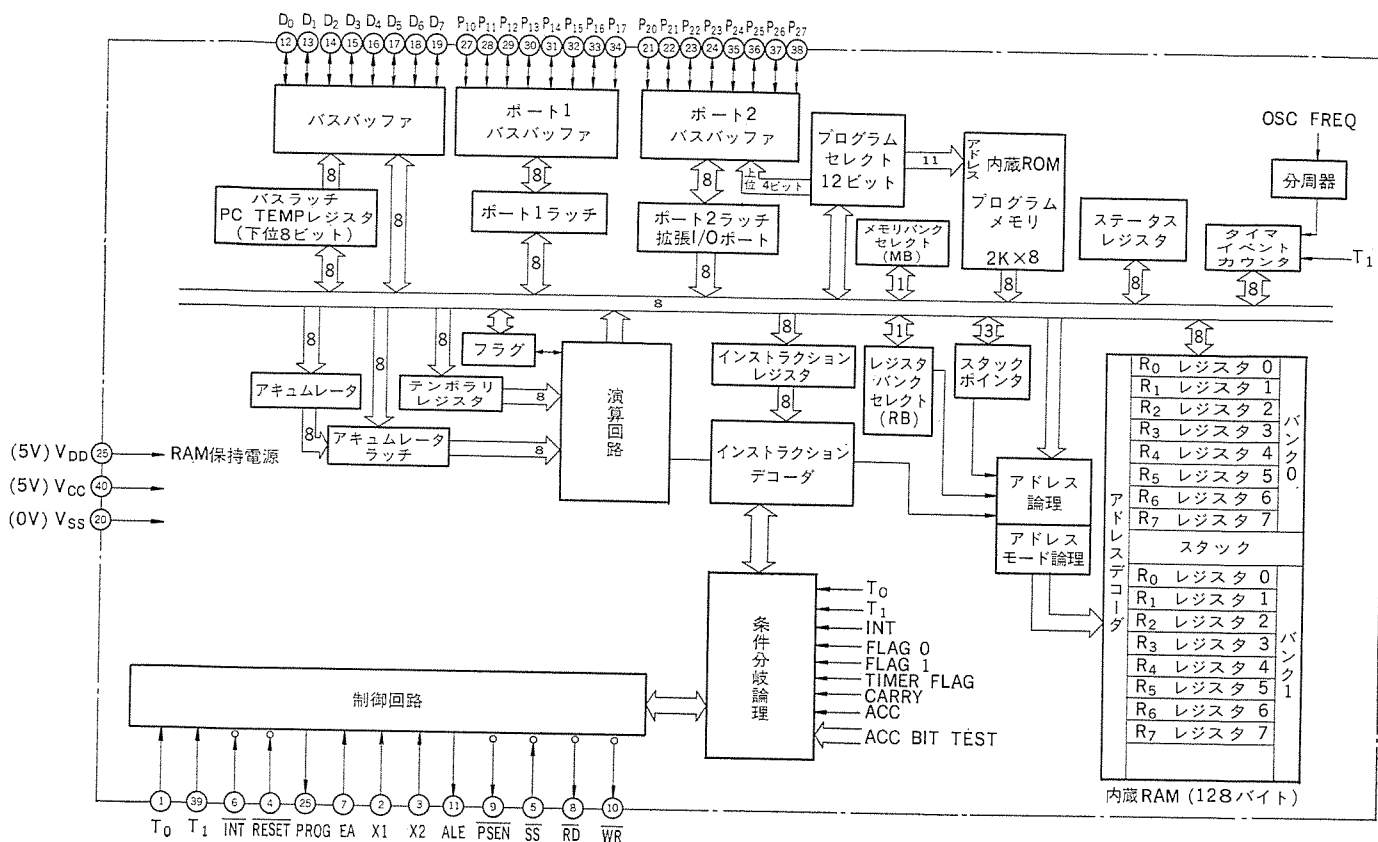


図 3. M5L8049- $\times\times\times$ P のブロック図

アライナを、またイオン注入物に拡散係数の小さいひ素を採用したゲート長（設計値） $4\mu\text{m}$ のNチャネルシリコンゲートED-MOSである。このマイコンは、 $5.57\times 4.47\text{mm}^2$ のチップ上に約27,000個のトランジスタを集積している。図2.にチップ写真、図3.にブロック図を示す。

(1) ハードウェアの構成

このマイコンはアキュムレータ、汎用レジスタ（内蔵RAMの一部）によるバスオリエンテッドなアーキテクチャに基づき、図3.に示すように2KバイトのROM、128バイトのRAM、8ビットのカウンタ、27本の入出力信号線、割込制御回路及びクロック発生回路から構成している。アドレス空間は、プログラム用メモリ（内蔵2Kバイト+外部2Kバイト）、内蔵データメモリ、外部データメモリの3種類を持っている。

この方式を採用した理由は、ワンチップマイコンの性能を左右する入出力信号線の数を、外部メモリ使用時でも外付回路なしで15本確保するためである。27本の入出力信号線は、8ビット構成のデータバスポート、ポート1、ポート2と呼ばれる3つのポートと3本のセンス入力である。データバスは、外部メモリを使用する場合M5L8085Aと同様に時分割で、アドレスバスとデータバスに使い分け、外部メモリを使用しない場合双方向の入出力ポートになる。ポート1、ポート2は、疑似双方向入出力ポートと呼ばれ図4.に構成図を示す。すなわちこのポートは、高レベルを出力する場合、書込パルスにより一時的に約 $5\text{k}\Omega$ でプルアップした後、約 $50\text{k}\Omega$ の抵抗素子を介して+5Vにプルアップすることで、TTLの負荷を高レベルにするのに十分なソース電流を与え、しかも入力時は、標準TTLゲート、CMOSゲート出力によって駆動できる。ポート拡張を目的としたPROG端子を用いることによって、I/O拡張用LSI(M5L8243P)を外付回路なしで直接接続できる。また、各ポート及び拡張ポートは各々ビット単位の変更ができる。

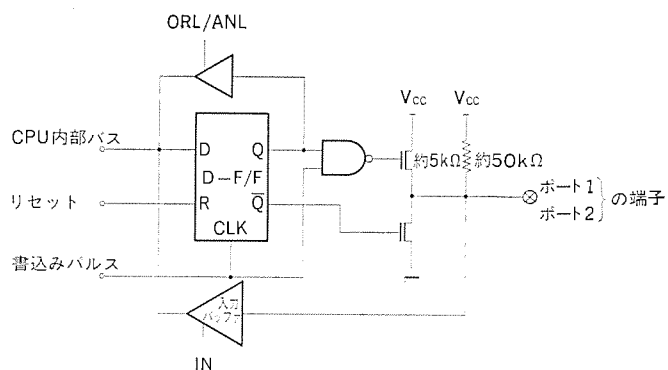


図 4. 疑似双方向入出力ポートの構成図

センス入力の信号は、プログラムの条件分岐の機能と割込み、事象カウンタの機能を持っている。8ビットのカウンタはソフトウェアの命令によってタイマ及び事象カウンタに設定できる。タイマとしては、動作周波数が6MHzの場合 $80\mu\text{s}\sim 20\text{ms}$ の遅延時間をプログラムできる。

(2) 命令セット

このマイコンは、ワンチップマイコンの性能を左右するメモリ効率の良い命令を豊富に用意している。以下に代表的な命令を説明する。

- (a) アキュムレータと外部RAMのデータ転送及びアキュムレータと内蔵RAMのデータ転送、論理演算、算術演算が可能
- (b) アキュムレータの4ビット単位の交換が可能
- (c) アキュムレータのビット単位の条件ジャンプが可能
- (d) 特定レジスタのデクリメントとその結果による条件ジャンプの複合機能をもった命令がある。（2バイト命令）

命令は1ないし2バイトの長さで、その70%以上が1バイト命令になっている。

4. システム拡張性

4.1 ポート拡張性

M5L8049- $\times\times\times$ P は、27 本の入出力線をもっているが、更に多くの入出力信号線が必要な場合の拡張用 I/O ポートとして、M5L8243P がある。ここでは、M5L8243P の動作と構造について説明する。図 5. にブロック図を示す。

(1) M5L8243P の機能概要

M5L8243P は、M5L8049- $\times\times\times$ P 及び後に紹介する M5L8041A- $\times\times\times$ P 専用に作られた拡張用 I/O ポートで、4 つの 4 ビット双方向 I/O ポートとマイクロコンピュータにインタフェースする 1 つの 4 ビットポートをもち、1 つのマイクロコンピュータに対し複数個の接続が可能である。

図 6. に、マイクロコンピュータとの接続方法を示す。

マイクロコンピュータ及び M5L8041A- $\times\times\times$ P には、M5L8243P を制御するために 4 つの命令が用意されている。それらは、

- (a) M5L8243P のポートのデータをワンチップマイコンのレジスタの下位 4 ビットに読み込む。(命令記号: MOUD A, P_i)
- (b) ワンチップマイコンのレジスタの下位 4 ビットの内容を、M5L8243P のポートに出力しラッチする。(MOUD P_i, A)
- (c) M5L8243P のポートラッチの内容と、ワンチップマイコンのレジスタの下位 4 ビットの内容との論理和又は論理積をとりポート

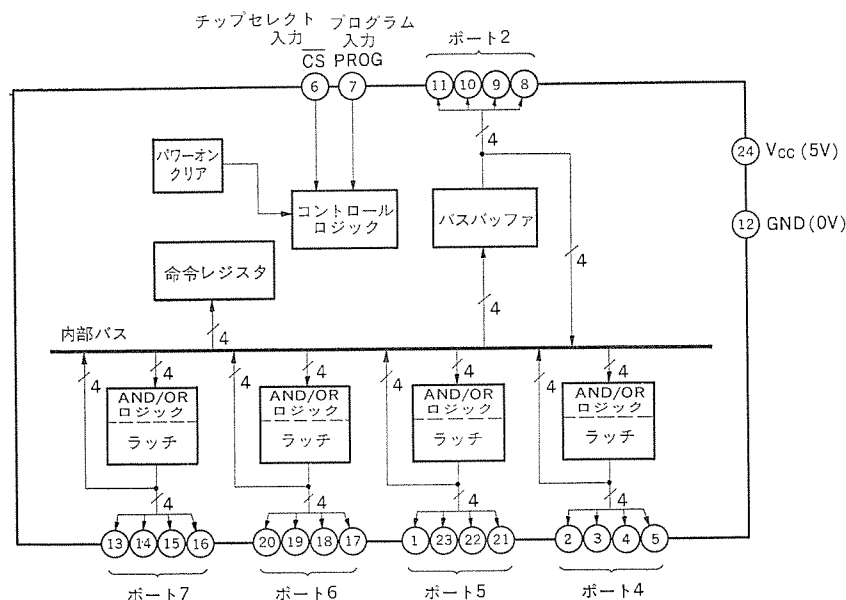


図 5. M5L8243P ブロック図

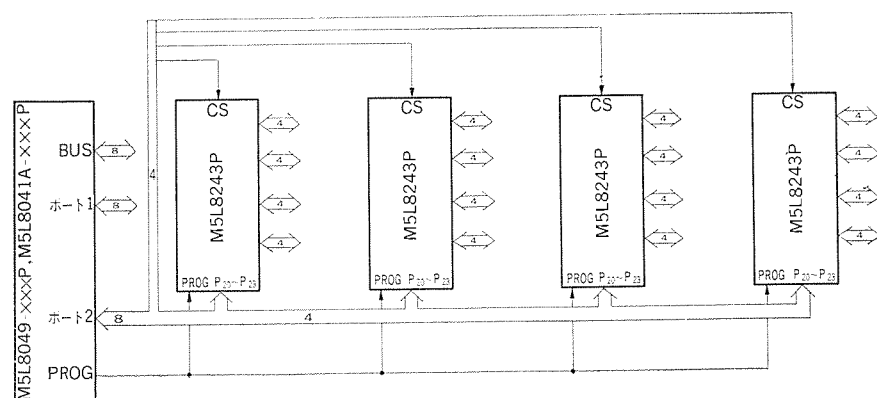


図 6. M5L8243P 応用例

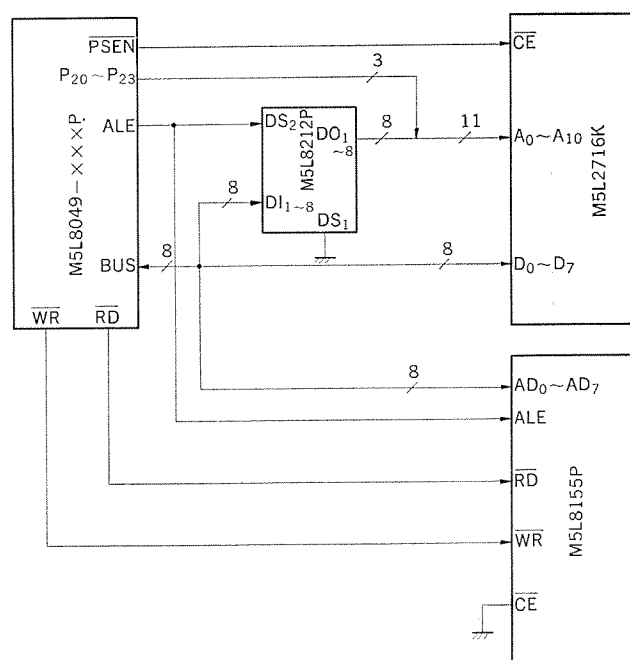


図 7. メモリ拡張例

に出力しラッチする。(ORLD P_i, A, ANLD P_i, A) という機能を持っている。

更に M5L8243P は、各ポート 5 mA 同時にシクできる能力をもっている。これは 2 TTL のシク電流に相当する。

4.2 メモリ拡張性

M5L8049- $\times\times\times$ P は、内部にプログラム用メモリを 2 K バイト、データメモリを 128 バイト持っているが、外部にそれぞれ 2 K バイト、256 バイトの拡張が可能である。図 7. に、プログラム用メモリとして M5L2716 K、データメモリとして M5L8155 P を用いた場合の拡張例を示す。この場合 M5L2716 K の下位アドレスをラッチするために M5L8212 P が必要だが、M5L8155 P は内部にアドレスラッチを内蔵しているのでその必要はない。

以上、M5L8049- $\times\times\times$ P について述べたが、M5L8048- $\times\times\times$ P については、表 2. に示すように、内蔵の ROM、RAM のメモリ容量が半減している以外は、すべて M5L8049- $\times\times\times$ P と同等である。

5. スレーブマイクロコンピュータ

スレーブマイクロコンピュータ（以下、スレーブマイコンと称す）の開発思想は、入出力制御のインテリジェント化である。前述のようにマイコンは、ハードワイヤードロジックをソフトウェアに置き換えることによりシステムに柔軟性と拡張性をもたせることに成功した。しかしながら、マイコンシステムが、大規模化するに従い、複雑な制御を行うためには入出力インタフェースが複雑化し、汎用ポートとソフトウェアのみによる処理には処理

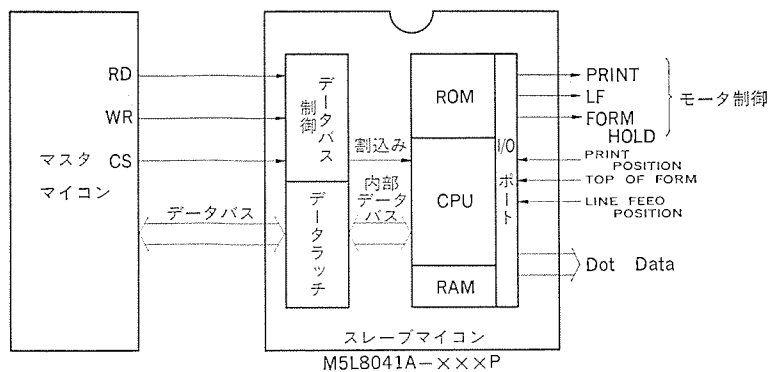


図 8. スレーブマイコンを用いたドットプリンタコントロール

表 2. ワンチップマイコンファミリー性能一覧

		M5L8048/49	M5L8041A	M5L8243
機 能		シングルチップマイクロコンピュータ	スレーブマイクロコンピュータ (UPI)	I/O エキスパンダ
内蔵機能	ROM (K バイト)	1/2	1	—
	RAM (バイト)	64/128	64	—
	I/O ポート (本)	27	18	16
	タイマ/カウンタ (ビット)	8	8	—
基 本 命 令 数		96	93	4
基本命令実行時間 (μs)		2.5	2.5	—
サブルーチン入れ子 (レベル)		8	8	—
割 込 み	外部 (本)	1	1 ($\overline{WR}$)	—
	内部 (本)	1 (タイマカウンタ)	1 (タイマカウンタ)	—
拡張性	ROM (K バイト)	+3/+2	—	—
	RAM (バイト)	+256	—	—
	I/O ポ ー ト	M5L8243 による	M5L8243 による	並列使用

表 3. 8 ビットマイコン, スレーブマイコン 命令互換表

		命 令	命 令 数	
			小 計	計
M5L8041A-xxxxP	M5L8048-xxxxP	転送命令	2	10
		飛び越し命令	1	
		入出力制御命令	4	
	M5L8049-xxxxP	制御命令	3	86
		共通命令	—	
		転送命令	1	
	M5L8041A-xxxxP	飛び越し命令	2	7
		入出力制御命令	2	
		制御命令	2	

速度, 機能面で限界が生じてくる。そのため, 多数の入出力 (I/O)

インタフェース用 IC が要求され, その要求を満たすため多数の I/O 用の汎用 IC (タイマ, キーボード/ディスプレイ, USART, DMA コントロール等) が開発されてきた。しかしながら, 特殊機能やユニークさを要求される場合, 汎用 IC ではおのずと限界があり, カスタム化が要求されることは明らかである。このような要求を満たすために開発したのが, スレーブマイコン「M5L8041A-xxxxP」である。すなわち, 図 8. に示すように, バスインタフェースは, 通常の I/O 用 LSI と同様に構成されているが, 内部処理をマイコンで行うことで入出力装置への制御の主役をハードウェアからソフトウェアに移行し, 機能に柔軟性をもたせたことである。

しかしながら通常のマイコンと異なる点は, その動作が完全な主体性をもったものでなく, 他のマイコン(マスターマイコン)に従属してその指示の下でシステムの一部においてのみ自主性をもって動作することであり, それゆえにスレーブマイコンと呼ばれる。

具体的な動作について, ドットプリンタ制御を例として図 8. に基づき説明する。マスターマイコンは, Read (RD), Write (WR), チップセレクト (CS) の制御信号と共にスレーブマイコンにプリントすべきキャラクタコード, 改行, 改ページ等の制御コードを送るとスレーブマイコンは, フォーマットの形成, プリントポジションの検知, モータの制御, キャラクタのドットへの分解を行い, プリンタにプリント指令を出力する。したがって, マスターマイコンは, プリンタの制御に関知することなく他の処理に専念することができる。

5.1 M5L8041A-xxxxP の特長

M5L8041A-xxxxP は, 表 2. に示すようにその基本構成は, M5L8048-xxxxP のワンチップマイコンと等価であり, I/O ポート数が 18 本, ROM, RAM の拡張性がない点を除けば, そのアーキテクチャは酷似している。また, ソフトウェアについては表 3. に示すように, 90% は M5L8049-xxxxP/M5L8048-xxxxP のワンチップマイコンとアセンブル言語, 機械語レベルで完全に互換性を有している。I/O ポートの拡張性に関しても前述のように, I/O エキスパンダ M5L8243P を用いて容易に拡張することが可能である。

6. む す び

この論文では, ワンチップマイクロコンピュータの現況とワンチップマイコン「M5L8049-xxxxP」「M5L8048-xxxxP」, スレーブマイコン「M5L8041A-xxxxP」及び I/O エキスパンダ「M5L8243P」の基本構成と, その特長及び拡張性につき述べた。

メモリの集積度の向上に代表されるように, 年率 2 倍という驚異的な半導体技術の進歩に支えられ, マイクロプロセッサも高機能, 高速, 高集積化の一途をたどっている。ワンチップマイコンにおいては, 内蔵メモリの増大, 外付機能 (タイマ, UART, A/D コンバータ等) の内蔵, 処理速度の向上, 低消費電力化等が図られており, その用途も拡大の一途をたどっている。

当社においても広範な市場の要求に答えるべく, より高性能なワンチップマイコンの開発をめざしている。

ビデオディスプレイ用基板コンピュータ PCA8540の機能と応用

古村 高*・前田章宏**・石井康熙*

1. ま え が き

現在、マイクロコンピュータを使用した制御機器、パーソナルコンピュータ、更にゲーム用機器に至るまでの表示デバイスとしてCRTディスプレイは広く使用されている。しかしCRTの制御回路部が複雑であり、また画面の表示内容を記憶するために大容量メモリが必要なため、専用のCRT制御回路用インタフェース基板を構成する必要があった。

今回、集積度の高いLSI、ビデオディスプレイジェネレータ（以下VDGと略す）M5C6847P-1をCRTコントローラとして使用し、また16Kビット（2Kバイト）スタチックRAM M58725Pを画面データ用RAMとして使用することにより、従来のシングルボードマイクロコンピュータ機能とCRTコントローラ機能を1枚のコンパクトな基板上にまとめたPCA8540ビデオディスプレイ用基板コンピュータを開発したので、その開発背景及び機能と応用について述べる。

2. 開 発 背 景

CRTコントローラとして必要な機能は、外部クロック発生器からの方形波入力信号の分周回路、映像同期信号（垂直・水平同期信号）発生回路、色信号を発生する移相回路、外部ディスプレイメモリ用アドレス発生回路及びCPU部分との接続のための各種コントロール信号発生回路等が要求される。

M5C6847P-1はnチャネルED-MOSプロセスによるVDG LSIであり、《MELPS 85》シリーズ8ビットマイクロプロセッサと接続可能である。M5C6847P-1は上記各種機能をすべてとう（搭）載し、ディスプレイメモリの内容をテレビ走査の順に正しく読出し、同期信号を含むシリアル信号（輝度信号、色信号）を出力する機能がある。

高密度の画面を構成するには、ディスプレイ用RAMとして大容量メモリ素子を必要とする。M58725Pは24ピンDILパッケージによる16KビットスタチックRAMであり、このICを3個実装することにより6Kバイトのディスプレイメモリエリアを実現している。

従来この分野の基板コンピュータとしては、PCA0804カラーTVディスプレイ用基板があり、カラー8色64×64のグラフィック画面の構成が可能である。PCA8540は、VDG LSI M5C6847P-1、M58725P及びM5L8155P(I/O+RAM+Timer)を搭載しCPUとしては、実績のある8ビットマイクロプロセッサM5L8585APを使用したそれ自身で独立動作可能なビデオディスプレイ用基板コンピュータである。

3. PCA8540の構成と機能

3.1 仕 様

PCA8540 G01は、M5L8085APをCPUとし、そのファミリーLSI及びVDG LSI M5C6847P-1により構成したカラーTV表示機能付シングルボードコンピュータである。メモリ容量は、ROM 4Kバイト+RAM 256バイト（又はROM 2Kバイト+RAM 2.25Kバイト）であり、I/Oポートは3ポート（22ビット）である。ROM、RAM及びI/Oは16KビットEPROM M5L2716K、16KビットスタチックRAM M58725P及

びM5L8155Pで構成する。

TVインタフェース部は、VDG LSI M5C6847P-1及びRFモジュールIC M51342Pで構成し、画面メモリには16KスタチックRAM M

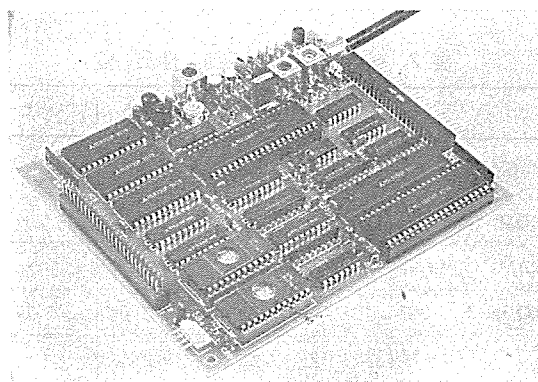


図 1. PCA 8540 の外観

表 1. PCA 8540 概略仕様

項 目	内 容
方 式	8ビット並列演算方式
C P U 素 子	M5L8085AP (インテル8085A相当)
サイクルタイム	基本2.23μs (クロック1.79MHz)
メ モ リ	EPROM 4Kバイト (M5L2716K×2) アドレス 0000 ₁₀ ~0FFF ₁₀ 又は2Kバイト (M5L2716K×1) 注(1) アドレス 0000 ₁₀ ~07FF ₁₀ RAM 256バイト (M5L8155P) アドレス 4000 ₁₀ ~40FF ₁₀ 又は2304バイト (M5L8155P+M58725P) アドレス 0800 ₁₀ ~0FFF ₁₀ 注(1) 4000 ₁₀ ~40FF ₁₀ 画面メモリ 注(2) 6Kバイト (M58725P×3) アドレス 6000 ₁₀ ~77FF ₁₀
I/O	プログラマブルポート 22ビット (M5L8155P) アドレス 4100 ₁₀ ~4105 ₁₀ シリアル入出力 CPUのSID, SODを開送
タ イ マ 出 力	プログラマブル14ビットカウンタ/タイマ (M5L8155P)
ビ デ オ 出 力	G01……NTSC方式日本チャンネルCH1又はCH2 G02……白黒コンポジット・ビデオモニタ信号
表 示 方 式	CPU優先
調 込 み	5レベル (INTR, RST 5.5, RST 6.5, RST 7.5, TRAP)
サ ポ ー ト 装 置	PCA0803 (プログラムチェッカ) 使用可能 PC8500 (ポータブルマイクロコンピュータコンソール) 使用可能
電 源	G01……5V±5%, -5V±5% G02……5V±5%
使用コネクタ	●ストレートピンヘッダ 50極 (バス拡張用) ●アングルピンヘッダ 50極 (I/Oポート用)
外 形 寸 法	125(縦)×145(横)×20(高さ)

注 (1) インラインコネクタの切換による。

(2) 画面メモリ0.5K使用の場合、残り5.5KはRAMデータエリアとして使用可能。

58725 P を 3 個使用している。PCA 8540 G 02 タイプの場合、RF モジュレータ 回路にかわり ビデオアンプ 回路が基板上に実装し、その出力は工業用白黒 モニタ TV (又は グリーンモニタ TV) に直接入力することができる。図 1. に PCA 8540 の外観を、表 1. に PCA 8540 の概略仕様を示す。

M 5 C 6847 P-1 は、その表示モードをすべてプログラムで制御することができ、以下の各モード画面が表示可能である。

- ・内蔵キャラクタROM による 64 種の文字記号表示
- ・上記のインバース (1 文字のみ反転可能)
- ・セミグラフィックス 4 (8 色、キャラクタとの混在可能)
- ・セミグラフィックス 6 (4 色)
- ・64×64 4 色 128×64 2 色
- ・128×64 4 色 128×96 2 色
- ・128×96 4 色 128×192 2 色
- ・128×192 4 色 256×192 2 色

メモリ I/O 拡張基板として PCA 8506 及び PCA 8507 が用意されており、最大 16 K バイトの ROM (又は RAM) + パラレル I/O 48 ビット (又は RS-232-C シリアルインタフェース) を簡単に増設することができる。

3. 2 システム及び動作説明

M 51342 P に接続された 3.58 MHz の水晶発振子から ϕ_1 , ϕ_2 のクロック (1.79 MHz) が合成され、CPU (M 5 L 8085 AP) に加えられる。

CPU は、EPROM (M 5 L 2716 K), RAM (M 58725 P 又は M 5 L 8155 P) に記憶されているプログラムを実行する。データ、スタックの記憶には RAM (M 58725 P 又は M 5 L 8155 P) が用いられる。外部とのデータ入出力は M 5 L 8155 P のポート及び CPU の直列入出力端子 SID, SOD 端子を通して行う。

M 5 C 6847 P-1 は、そのアドレスバス、データバスが CPU 部とバッファ

で分離されており、CPU 部と独立して画面用 RAM (M 58725 P) の画面情報を順次読出し、同期信号を加えシリアル信号として RF 変調器 M 51342 P に送出す。M 51342 P はこの映像信号 (輝度信号、色信号を含む) を 1 チャンネル又は 2 チャンネルの NTSC 方式 TV 信号に変調する。PCA 8540 G 02 タイプの場合、M 51342 P にかわり M 5 C 6847 P-1 のビデオ出力を外部に取出すためのビデオアンプ回路を搭載している。

CPU 部が画面用 RAM エリア $6000_{16} \sim 77FF_{16}$ をアクセスするときは、M 5 C 6847 P-1 の $\overline{MS}$ (画面用のメモリセレクト信号) を “L” にし、M 5 C 6847 P-1 のアドレス出力を高インピーダンス状態とする。この間に CPU 部は画面用 RAM (M 58725 P) の内容を変更することが可能になる。

また、CPU 部は画面モード設定アドレス 4800_{16} をアクセスすることによりデータバスを通して M 5 C 6847 P-1 の画面表示モードを変更することが可能になる。

M 5 L 8155 P に内蔵するタイマ回路は 14 ビットのプログラマブルバイナリダウンカウンタで構成し、方形波やターミナルカウントパルスなどを発生できる。図 2. に PCA 8540 G 01 のブロック図を示す。

図 3. に PCA 8540 のメモリアドレスマップを示す。

3. 3 VDG 回路

PCA 8540 は、CRT コントロール専用 LSI M 5 C 6847 P-1 (VDG) を搭載している。VDG により黒レベルを含め最高 9 色のカラー表示、最高 256×192 のドット表示、また内蔵キャラクタROM 使用による 64 種の英数字記号表示が可能である。VDG により表示される各モードと画面の対応を表 2. に示し、表 3. に色の詳細を、表 4. に内部キャラクタを示す。

画面を内部文字パターンを用いた黒・オレンジモード (モードコマンド = 08_{16}) に指定する場合は以下のように行う。

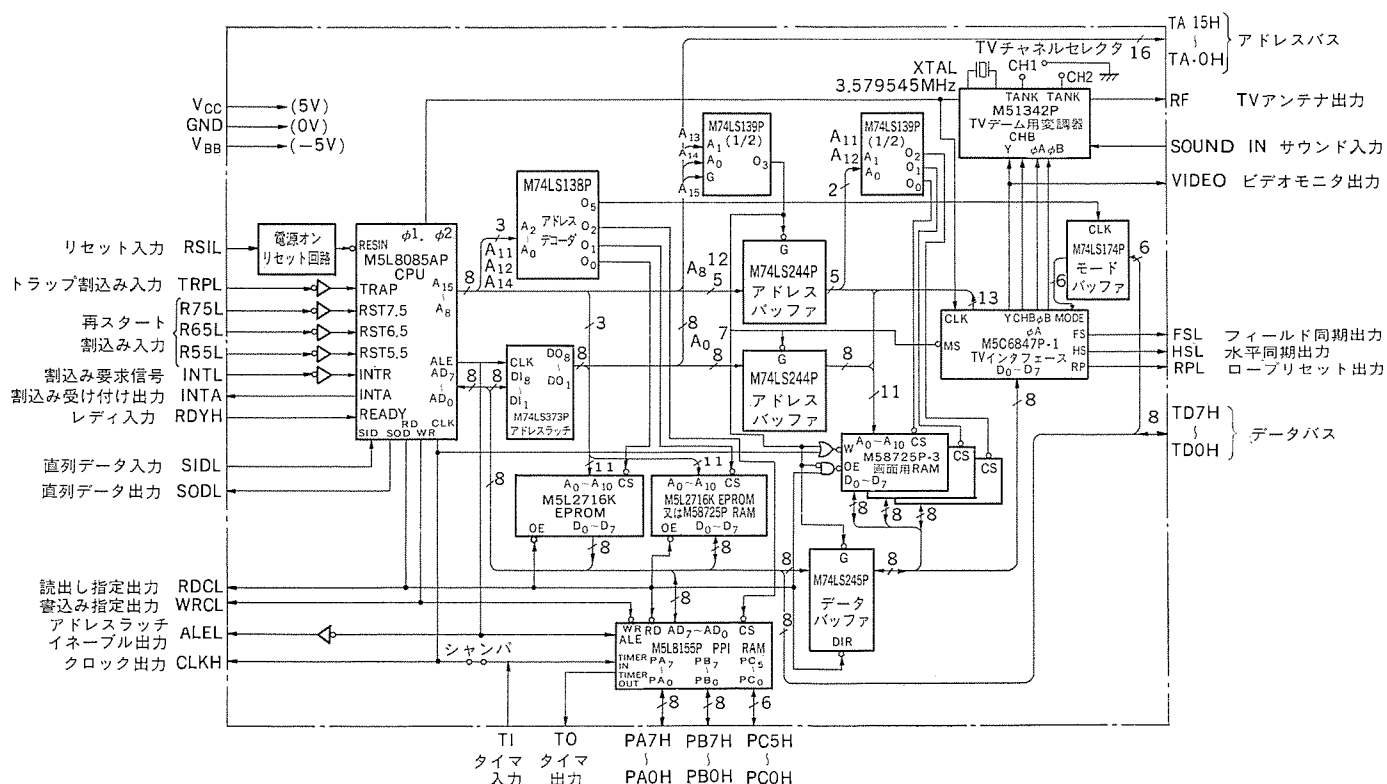


図 2. PCA 8540 G 01 ブロック図

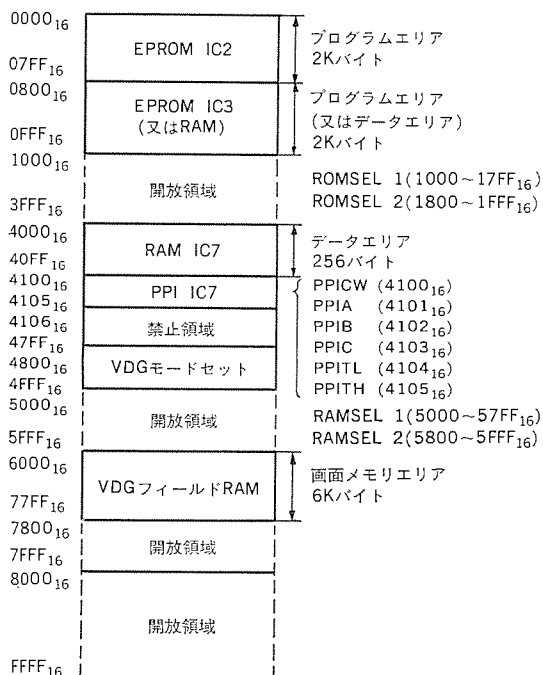


図 3. PCA 8540 メモリアドレスマップ

表 2. PCA 8540 表示画面と各モードの対応

モードコマンド										色 (注5)			表示	データ	モード	メモリ 容量 (バイト)
A/S (D ₇)	INV (D ₆)	A/E (D ₅)	I/E (D ₄)	CSS (D ₃)	GM2 (D ₂)	GM1 (D ₁)	GM0 (D ₀)	文字 (D ₇)	バック (D ₆)	ボグ (D ₅)	文字	バック	ボグ	データ	モード	メモリ 容量 (バイト)
0	0	0	0	0	×	×	×	緑	黒	黒	5×7ドット	1文字	黒	内部プロセッサ メモリ (32文字×16行)	0.5K	
0	0	0	0	1	×	×	×	オレンジ	黒	黒	1文字	1文字	黒	セミグラフィック (64×48ドット)	0.5K	
1	×	0	0	×	×	×	×	8色①	黒	黒	1文字	1文字	黒	セミグラフィック (64×48ドット)	0.5K	
×	×	0	1	0	×	×	×	4色②	黒	黒	1文字	1文字	黒	セミグラフィック (64×48ドット)	0.5K	
×	×	0	1	1	×	×	×	4色③	黒	黒	1文字	1文字	黒	セミグラフィック (64×48ドット)	0.5K	
×	×	1	×	0	0	0	0	4色④	緑	黒	1文字	1文字	黒	64×64 カラーグラフィック	1K	
×	×	1	×	1	0	0	0	4色⑤	白	黒	1文字	1文字	黒	128×64 グラフィック	1K	
×	×	1	×	0	0	0	1	2色⑥	緑	黒	1文字	1文字	黒	128×64 グラフィック	1K	
×	×	1	×	1	0	0	1	2色⑦	白	黒	1文字	1文字	黒	128×64 カラーグラフィック	2K	
×	×	1	×	0	0	1	0	4色④	緑	黒	1文字	1文字	黒	128×96 グラフィック	2K	
×	×	1	×	1	0	1	0	2色⑥	緑	黒	1文字	1文字	黒	128×96 カラーグラフィック	3K	
×	×	1	×	1	1	0	0	4色⑤	白	黒	1文字	1文字	黒	128×192 グラフィック	3K	
×	×	1	×	0	1	0	1	2色⑦	白	黒	1文字	1文字	黒	128×192 グラフィック	6K	
×	×	1	×	1	1	1	0	4色⑤	白	黒	1文字	1文字	黒	256×192 グラフィック	6K	
×	×	1	×	0	1	1	1	2色⑥	緑	黒	1文字	1文字	黒	256×192 グラフィック	6K	
×	×	1	×	1	1	1	1	2色⑦	白	黒	1文字	1文字	黒	256×192 グラフィック	6K	

注(1) INV(文字の反転)はデータのD₆によって決まる (データのD₆: "1"→INV="1", "0"→INV="0")

(2) I/E(D₄)="0"のときA/SはデータのD₇によって決まる (データのD₇: "1"→セミ4モード, "0"→内部キャラクタモード)

MVI A,08₁₆モードコマンド=08₁₆ を VDG モード
 STA 4800₁₆セットアドレス=4800₁₆ にセットする
 LXI H,6000₁₆
 MVI M,01₁₆画面左上に "A" 表示①
 INR L
 MVI M,41₁₆①右横に "A" の INV (反転) 表示②

INR L
 MVI M,87₁₆②右横に緑で "J" 表示③
 INR L
 MVI M,FE₁₆③右横にオレンジで "J" 表示
 :

表 3. PCA 8540 表示色の詳細

		色 (データ)			
色	①	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃ ~D ₀
		×	×	×	0 黒 (ブラック)
		0	0	0	1 緑 (グリーン)
		0	0	1	1 黄 (イエロー)
		0	1	0	1 青 (ブルー)
		0	1	1	1 赤 (レッド)
		1	0	0	1 白 (ダークグレー)
		1	0	1	1 シアン
		1	1	0	1 マゼンタ
		1	1	1	1 オレンジ
色	②	CSS	D ₇	D ₆	D ₅ ~D ₀
		0	×	×	0 黒
		0	0	0	1 緑
		0	0	1	1 黄
		0	1	0	1 青
		0	1	1	1 赤
色	③	1	×	×	0 黒
		1	0	0	1 白
		1	0	1	1 シアン
		1	1	0	1 マゼンタ
		1	1	1	1 オレンジ
色	④	CSS	D ₇	D ₆	(D ₅ D ₄ , D ₃ D ₂ , D ₁ D ₀)
		0	0	0	0 緑
		0	0	1	0 黄
		0	1	0	0 青
		0	1	1	0 赤
色	⑤	1	0	0	0 白
		1	0	1	0 シアン
		1	1	0	0 マゼンタ
		1	1	1	0 オレンジ
色	⑥	CSS	D ₇	(D ₆ ~D ₇)	
		0	0	0	黒
		0	0	1	緑
		1	0	0	黒
		1	1	0	黒

表 4. M5C6847P-1 の内部 キャラクタ (6ビット ASCII)

デ - タ						文字 記号	デ - タ						文字 記号
D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀		D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	
0	0	0	0	0	0	@	1	0	0	0	0	0	SP
0	0	0	0	0	1	A	1	0	0	0	0	1	/
0	0	0	0	1	0	B	1	0	0	0	1	0	..
0	0	0	0	1	1	C	1	0	0	0	1	1	#
0	0	0	1	0	0	D	1	0	0	1	0	0	\$
0	0	0	1	0	1	E	1	0	0	1	0	1	%
0	0	0	1	1	0	F	1	0	0	1	1	0	&
0	0	0	1	1	1	G	1	0	0	1	1	1	,
0	0	1	0	0	0	H	1	0	1	0	0	0	(
0	0	1	0	0	1	I	1	0	1	0	0	1	)
0	0	1	0	1	0	J	1	0	1	0	1	0	*
0	0	1	0	1	1	K	1	0	1	0	1	1	+
0	0	1	1	0	0	L	1	0	1	1	0	0	,
0	0	1	1	0	1	M	1	0	1	1	0	1	-
0	0	1	1	1	0	N	1	0	1	1	1	0	.
0	0	1	1	1	1	O	1	0	1	1	1	1	/
0	1	0	0	0	0	P	1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	Q	1	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	1	0	R	1	1	0	0	1	0	2
0	1	0	0	1	1	S	1	1	0	0	1	1	3
0	1	0	1	0	0	T	1	1	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	1	U	1	1	0	1	0	1	5
0	1	0	1	1	0	V	1	1	0	1	1	0	6
0	1	0	1	1	1	W	1	1	0	1	1	1	7
0	1	1	0	0	0	X	1	1	1	0	0	0	8
0	1	1	0	0	1	Y	1	1	1	0	0	1	9
0	1	1	0	1	0	Z	1	1	1	0	1	0	:
0	1	1	1	0	1	[	1	1	1	0	1	1	;
0	1	1	1	1	0	\	1	1	1	1	0	0	<
0	1	1	1	1	1	]	1	1	1	1	0	1	=
0	1	1	1	1	0	↑	1	1	1	1	1	0	>
0	1	1	1	1	1	←	1	1	1	1	1	1	?

4. PCA 8540 における プログラム開発

PCA 8540 のプログラムを開発するために、そのサポートツールとして PC 8500 ポータブルマイクロコンピュータコンソールを用意している。PC 8500 は M5L8085A 相当のマイクロプロセッサを使用するシステムのデバッグ装置として使用し、PCA 8540 のソフトウェア開発や PCA 8540 にユーザー I/O を付加したシステムの保守、点検等に威力を発揮する。

PC 8500 をデバッグシステムとして使用するとき、被デバッグシステムである PCA 8540 と PCA 8500 をインタフェースするために PCA 8503 バッファモジュールを用意している。図 4. 上記各システムの構成図を示す。

上記構成で PCA 8540 上のプログラム実行、ブレークポイント指定によるプログラム実行、シングルステップ実行、任意のアドレスエリアの

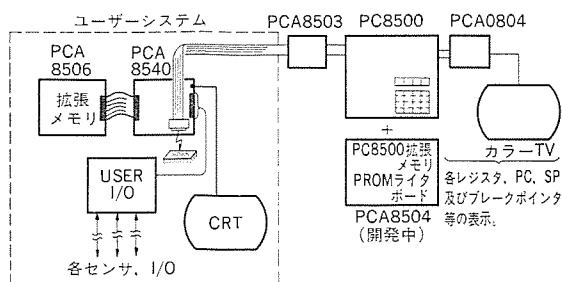


図 4. PC 8500 と PC 8540 の接続図

プログラム参照及びその変更、各レジスタの参照及びその変更など自由自在に行うことが可能となる。図 4. において PCA 0804 及び カラー TV を外部に接続することにより、PC 8500 によるプログラムトレース内容を常時モニタすることができる。また、PCA 8504 ボード（開発中）を付加することにより、デバッグ途中又は完了時のプログラム内容を直接 EPROM に書き込むことができる。

5. PCA 8540 の応用

PCA 8540 G 01 は家庭用 カラー TV に、PCA 8540 G 02 は工業用 モニタ TV に接続することにより、容易にビデオディスプレイが構成できる。応用としては広範な利用分野があり以下のものが考えられる。

- ・キャラクタディスプレイターミナル
- ・グラフィックディスプレイターミナル
- ・TV ゲームマシン
- ・パーソナルコンピュータ
- ・店頭宣伝装置
- ・《MELCS 85》のスレーブコンピュータ
- ・マイクロコンピュータ応用機器用ディスプレイ端末

PCA 8540 に搭載した VDG (M 5 L 6847 P-1) は、キャラクタ ROM を内蔵しているので、外部に ASCII タイプのキーボードを付加するのみで簡単なターミナルを構成できる。マイクロコンピュータシステムの言語として広く使われる BASIC 言語を使用者がそのシステム構成に応じて導入することも可能である。

また、PCA 8506、PCA 8507 メモリ・I/O 拡張ボードを加えることにより、16 K バイトの ROM (又は RAM)、6 ポート (48 ビット) のパラレル I/O 及び RS-232-C 規格のシリアル入出力が使用可能となり、多機能システムの構成が可能となる。

図 5. に PCA 8540 を使用して新しく開発した LSI 設計評価システムの例を示す。

このシステムにおいて PCA 8540 は以下の各種処理を行う。

- ・被評価 LSI 内蔵 ROM に代わる外付 RAM の内容変更

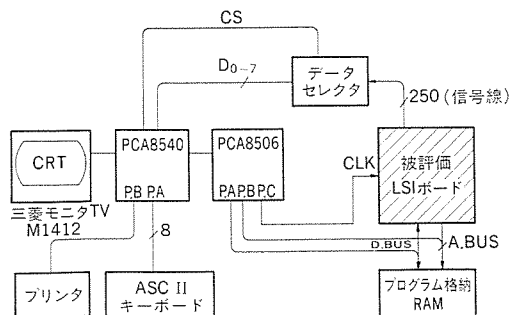


図 5. PCA 8540 を使用した LSI 評価システム

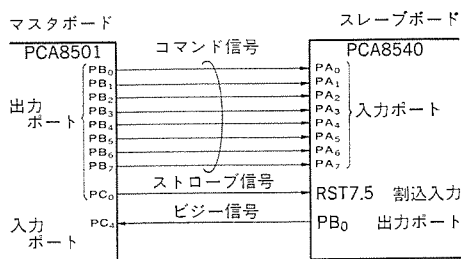


図 6. PCA 8501 と PCA 8540 の接続方法

- ・被評価 LSI ボードへの CLK の設定及びその出力
- ・被評価 LSI ボードからの信号（約 250 本）の読み込み
- ・各種処理の表示（モニタ TV 上）
- ・プリンタへの出力
- ・キーボードコントロール

上記システムにおいて、PCA 8540 は、メインコントロールソフトウェアとして 3 K バイトの BASIC プログラムをもつ。BASIC インタプリタは、その性格上コマンドの追加などが簡単に行える。このシステムにおいては通常の BASIC コマンド以外に

- ・RAMWR (外付 RAM エリア変更ステートメントコマンド)
- ・CLKST (CLOCK 設定ステートメントコマンド)
- ・DTRD (250 本の信号読込処理コマンド)

などを組み込み、このテストシステム専用の処理言語として BASIC 言語を拡張して使用している。

次に PCA 8540 を《MELCS 85》のスレーブコンピュータとして使用する例を図 6. に示す。

この構成例において、PCA 8540 (スレーブコンピュータ) は PCA 8501 (マスタコンピュータ) とポートレベルでハンドシェイクされている。PCA 8501 の CPU は、ポートレベルでコマンドを PCA 8540 に送り出した後にストロブ信号を送出する。PCA 8540 はコマンド入力処理後にビジー信号をマスタコンピュータである PCA 8501 に送り返す。

マスタコンピュータである PCA 8501 は、メインコントロール処理のみを行い、表示コントロール及び表示に関連する出力はすべて PCA 8540 がスレーブコンピュータとして処理を行う。

6. む す び

CRT (カソードレイチューブ) は、種々の表示デバイスが開発される中で高分解能、アナログデバイスであるがゆえの階調や中間値のとりやすさ、量産性といった面でゆるぎない表示デバイスの地位を保っている。半導体集積回路技術の向上に伴い複雑であった CRT コントロールの機能も 1 つの専用 LSI が処理するようになり、マイクロコンピュータシステムとの接続も特別な周辺回路素子を付加しないで行うことができるようになった。

今後、家庭用カラーTVには文字多重放送システムが組込まれ、マイクロコンピュータ及び大容量メモリが内蔵されるのは間近く、専用の CRT コントローラは不可欠なものになると思われる。

工業用の表示システムにおいても、より小形で安価な CRT が開発され、多くの場所でマイクロコンピュータ内蔵インテリジェントターミナルとして使用されるものと思われる。

この論文ではマイクロコンピュータ機能と CRT 制御機能を 1 枚の基板に集約したコストパフォーマンスの高い基板コンピュータについて述べたが、マイクロコンピュータを用いたシステムの設計を手軽に行うための一助となることを確信するものである。

参 考 文 献

- (1) Mitch Gooze and James Farrell : Electronics/January 18 (1979)
- (2) ビデオインターフェイスのすべて、電子科学 8 月号 (昭 53)

“高密度実装技術”LSIのパッケージング技術

番條 敏 信*・近 藤 隆*・今村 貞 良**・大串 哲 朗***

1. ま え が き

電算機に代表されるように、LSIをとう(搭)載する機器は半導体素子の集積密度の向上に伴い、その要求機能を満たすための高速化、小形化、高密度化実装技術の開発が重要である。

このためLSI用パッケージは、多ピン化、小形化、高信頼化のすべてを満足させる必要があり、これを実現するためにはパッケージの形態上、熱特性上、材料上解決すべき課題が多数ある。

この報告では、セラミックパッケージを中心に、LSIパッケージを設計する際の考え方、開発パッケージの紹介、そして高密度実装を実現するための将来展望について述べる。

2. LSIパッケージ設計の考え方

LSI素子の製造技術の進歩に伴い、16K、64K MOSメモリに代表されるように集積度も年々向上してきている。このため、チップの集積密度の向上は顕著になってきたが、反面、リード数の増加や消費電力の増大をもたらしてきた。また、システム全体を高速化するためにもできるだけ小形化を図り、布線長を短くする必要性が生じてきている。

このようなパッケージを実現するため、設計に当たっては構造、電気特性、放熱特性について考慮する必要がある。

また、一方ではパッケージ本来の、

- (1) チップを保護する。
- (2) チップのハンドリング、テストングを容易にする。
- (3) チップの機能を補助する。

表 1. パッケージ用セラミックの諸特性

アルミナ純度	90%以上
色 調	白色(黒色)
見 掛 比 重	3.5以上
熱 伝 導 率 (cal/cm・s・°C)	0.03
熱 膨 張 率 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	6.5
曲 げ 強 さ (kg/cm ²)	3×10^3
誘 電 率 (1MHz)	8~9
誘 電 正 接 (1MHz)	3×10^{-3}
メタライズ主成分	W(Mo-Mn)
メタライズ面積抵抗 (mΩ/□)	20以上
表 面 粗 さ	Rmax 7以下
反 り (mm)	0.15/25.4
寸 法 公 差	±1%

- (4) 実装のインタフェースを満たす。
 - (5) その他、商品としての要求を満たす。
- などの機能も合わせて満足する必要がある。

表 1. にセラミックパッケージの構成材料の諸特性を掲げたように、配線材料の金属のシート抵抗は20mΩ/□程度あり、一般のパッケージ程度の布線長では数百mΩになる。特に使用電流の大きい素子用のパッケージでは、布線間の電圧降下が問題になる場合がある。その対策としては、

- (1) 布線幅をできるだけ大きくする。
- (2) 布線の厚さを、めっきなどで増やす。
- (3) 布線の層数を増し、多層にする。

などの手段があるが、(1)、(2)は大幅な改善は期待できず、通常2~3倍の改善率である。(3)はパッケージの価格増にはなるが、10倍程度の改善が容易に可能である。

その他、収容するLSI素子によっては布線容量、あるいはインピーダンスの整合を考慮する必要がある。

また、パッケージの機械的な設計に当たっては、表 1. に示したように、セラミック自体は通常の使用に十分耐え得る強度を有しており、ほとんど使用上で問題にはならないので、特別な場合以外は考慮する必要はない。しかし、パッケージを複合材料で構成する場合は材料の違いによる熱膨張差により発生する内部応力、あるいは実装時の異種材料により発生する応力については、事前に評価しておく必要がある。更に、パッケージの種類によっては表面粗さ、反りなどの考慮も欠かせない。

最後にパッケージの信頼性については、開発時に十分評価し、設計値が妥当であることを確認しておくことが大切である。

3. LSIパッケージの種類及び動向

パッケージの種類としては、大別表 2. に示した4種類が実用化されている。また図 1. に当社が開発したパッケージの1例を示した。LSI用パッケージとしては、外部リードの本数が多数採れること、及び信頼度レベルが高いことのため、セラミックメタルシールドタイプが主流であるが、しかし経済的で量産性に富んでいるモールドタイプへの移行を図る

表 2. 各種パッケージの性能比較

種類	外形	外部リード数 (本)	信頼性レベル	価格 (円/本)	リード1本当たりの PCBでの占有 面積 (mm ² /本)	重さ (mg/本)	高さ (mm)	取扱いの 容易性 注 (1)
プラスチック モールドタイプ		7~64	○	2	20 (40リード)	26 (40リード)	4 (MIN)	◎
キャン (TO-5形) タイプ		4~12	◎	10	7 (10リード)	76 (10リード)	3.5	○
セラミックメタル シールドタイプ		10~124	◎	8	6 (80リード)	3 (80リード)	2 (MIN)	○
注 (2) テーフ キャリヤタイプ		4~64	○	5	1 (40リード)	1.5 (40リード)	1.5 (MIN)	△

注 (1) PCB (プリント基板) への実装、保管、運搬、自動化を考慮した。

(2) “TAB” とも、言われている。(Tape Automated Bonding System)

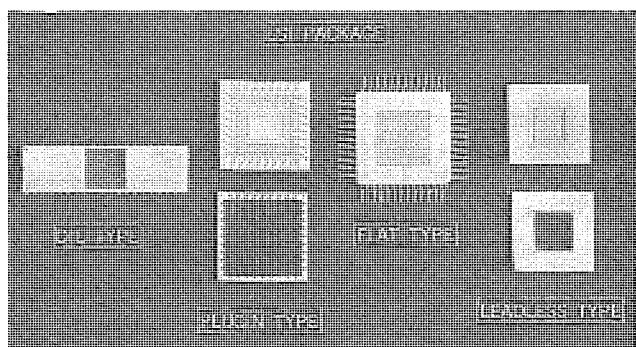


図 1. 開発パッケージの例

表 3. 開発した代表的なセラミックパッケージの諸特性

パッケージ 特性項目	40リード DIL	68リード プラグイン	84リード フラット	124リード リードレス
外形				
熱抵抗 $R_{\theta ja}$ ($^{\circ}\text{C/W}$)	78 ± 5	78 ± 5	42 ± 5	96 ± 5
PCBでの実装効率 ($\text{mm}^2/\text{本}$)	19.3 (51×15)	11.5 (28×28)	14.6 (32×32)	4.6 (25×25)
リードピッチ (mm)	2.54	2.54	1.27	0.76
収容最大チップ (mm)	7.5×7.5	7.5×7.5	9.5×9.5	8.5×8.5
概略価格 (比較)	1	3.4	4	2.4

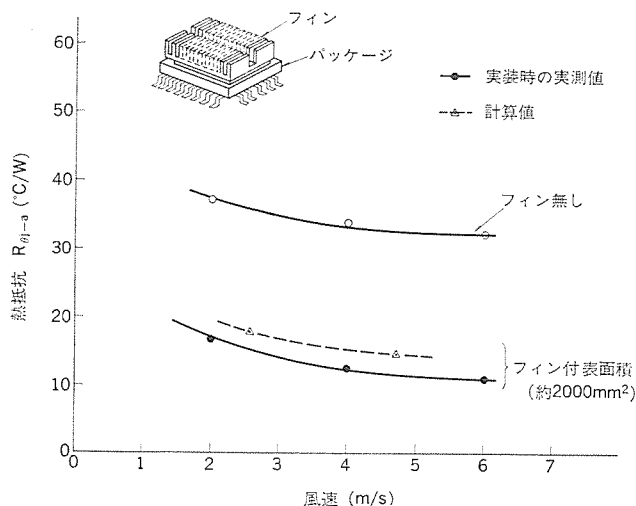


図 2. LSI パッケージへのフィン取付け効果の1例

べく、常に技術向上に努めているのが現状である。

表 3. に代表的なセラミックパッケージのタイプとその特性を示した。表中の熱抵抗値(84リードフラットを除く)は、いずれも 80°C/W 程度と比較的大きな値を示しているが、これは、パッケージ単体での評価結果であり、実際にはプリント基板への実装、あるいは収容素子の大きさ、フィンの取付け、風速などによって更に小さくなる。例えば、図 2. に示したように 68リードフラットパッケージに表面積 $2,000\text{mm}^2$ のフィンを取付け、 6m/s の強制空冷により 10°C/W の低熱抵抗化を図ることができる。図中、パッケージの熱抵抗を熱抵抗の回路網モデルにより計算した値を併記したが、ほぼ実測値と一致した値が得られた。

また、表 4. にパッケージ材料と熱抵抗の関係を示したように、熱抵抗の低減を図る(高密度実装を実現する)上で、モリブデン、ベリリア、銅・モリブデン複合材等の材料を適用することは有効手段であるこ

表 4. パッケージ材料と熱抵抗

材 料	$R_{\theta ja}$ ($^{\circ}\text{C/W}$)	$R_{\theta jc}$ ($^{\circ}\text{C/W}$)
アルミナ (Al_2O_3)	77.5	23.0
コパール (KV)	63.0	21.7
モリブデン (Mo)	43.3	8.8
ベリリア (BeO)	44.7	8.0
銅・モリブデン	42.0	7.2

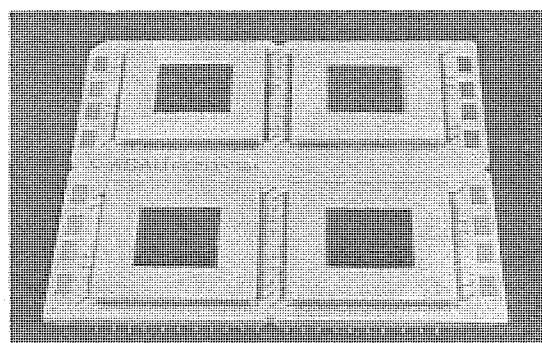
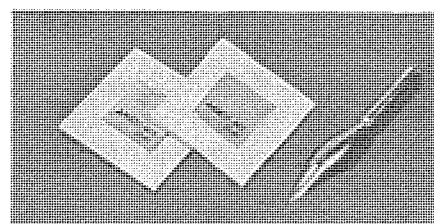


図 3. リードレスパッケージとモジュール基板

表 5. 開発モジュール基板の諸元

項 目	素 子	リードレスパ ッケージ	セラミックモジ ュール基板
大 き さ (mm)	7.07×6.43	25×25	66×71
消 費 電 力 (W)	1~2	—	8
リ ー ド 数 (本)	130	124	299
配 線 層 数	2	4	10

とが分かる。

次に高密度実装化を図るうえで重要な PCB (プリント回路基板) 上でのパッケージ占有面積、すなわちパッケージの実装効率(占有面積/リード本数)は DIL タイプより プラグインタイプは約 2 倍の効率を有し、多ピン化傾向を示す LSI 用のパッケージとしては優れたタイプであると言える。更に約 2 倍実装効率のよい、リードレスタイプは実装方法が従来と異なるため、現在のところは、はん(汎)用性が乏しく、電算機用など、特に高密度実装が要求される分野に適用されているのみである。図 3. のリードレスパッケージとモジュール基板の写真は電算機用に開発を行ったもので、開発パッケージの諸元を表 5. にまとめた。

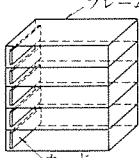
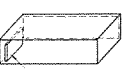
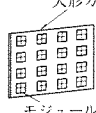
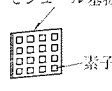
4. LSI パッケージの信頼性について

α 粒子によるソフトエラーについては、チップの集積密度の向上に伴い MOS メモリなどで顕在化⁽¹⁾した信頼上の問題で α 粒子 1 個 1 個が信

表 6. パッケージ 構成材料からの α 粒子の放射数量

材 料	ア ル ミ ナ	金 め っ き ふ た	金-錫 ろ う 材	タングステンメタライズ	シ ー ル ガ ラ ス	モ ー ル ド 樹 脂	ポ リ イ ミ ド 樹 脂
放射数量 $\alpha/\text{cm}^2\cdot\text{h}$	0.03~0.09	0.001~0.01	0.03~0.09	1.2~1.5	>10	0.01~0.05	<0.002

表 7. 電 算 機 の 実 装 の 推 移

年	1970	年代 → 1980		
項目	1970	1970	1970	1980
フレーム構造				
使用パッケージ	14~40 リード DIL	68~124 リード フラグイン・フラット	124 リード リードレス	パッケージレス
技術的インパクト		LSI化実装	セラミックモジュール化実装	大規模マルチチップ化実装
実装効率比	1	5	75	150

頼性を左右する非常にミクロな現象での不良発生であり、その対策には、

- (1) 素子自体を α 線に対して強くする。
- (2) パッケージの α 線源を減らす。
- (3) 素子を高純度な材料で覆う。

がある。(1)については設計、製造の技術者が非常に勢力を費やし、その解決策について模索を続けているが構造上の限界があり、大幅な改善は期待できない。そこで、(2)及び(3)の対策に頼らざるを得ないのが現状である。しかし、

(2)、(3)については材料の開発にかかわるため、最終的に必要な信頼度レベルのものを確保するにはかなりの高純度化の検討を必要とする。現在、使用されているパッケージ構成材料からの α 線の放射量を測定した結果を表 6. に掲げた。表中のポリイミド樹脂は、前記対策(3)の1例で α 線の放射量が $0.002 \alpha/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ 以下と非常に少なく、現在最も有望視⁽²⁾されている材料である。

次に、年々厳しくなる LSI の信頼度レベルを保証するため、従来一般に行われていた MIL-STD 883 は一部現状にそぐわなくなり、1977 年に改訂され 883 B⁽³⁾ に変更になった。主な改訂点は、

(1) リークテスト法の改善

10^{-8}cc/s のリーク量の検出限界では多過ぎ十分な品質の保証ができないので、 $10^{-10}\sim 10^{-11}\text{cc/s}$ のリーク量の検出限界を有するラジフロリークテスト法を採用入れた。また、グロスリークテスト法として加圧発泡により検出感度を $\sim 10^{-5}\text{cc/s}$ 程度にまで上げた STEP II テスト法を採用入れた。

(2) 熱衝撃法の改善

熱衝撃温度勾配の不偏化を図った。すなわち、使用熱媒体を明記し、試験時の熱衝撃の温度勾配が把握できるようにした。

(3) パッケージ内部の水分分析法の改善

新しく測定法を規定した。その内で、表面リーク法が一般的で感度は 100 ppm 程度である。

(4) AE テスト

パッケージ内部の異物や断線の状態を非破壊で検出する方法を新たに採用入れた。これはパッケージを 60 Hz 程度で加振し、内部より発生する微小音を検出し内部の様子を把握する方法である。

現在のところは特殊品のみに適用されているが、徐々に汎用品にも適用が図られている。

5. 高密度実装化について

LSI 素子の加工技術の進歩に伴い、同一機能を有する素子ではその寸法を 10 分の 1 程度にすることができるようになってきたが、それらを組立てるための電極寸法の縮小化は 10 年前に比べてほとんど進歩はなく、また完成した LSI を実装するプリント回路基板でも、素子の微細化ほどには進展しなかった。このため、最近では前

項までに記した努力にもかかわらず、素子とパッケージの間、パッケージとプリント回路基板間の技術的隔たりが大きく、1つの素子を1つのパッケージに収容する従来方式では、高密度実装化を図ることが困難になってきた。そこで、1つのパッケージに多数の素子を組立てるいわゆる“モジュール方式”の導入、検討が多くのところではなされている。表 7. は当社の電算機の実装の推移であるが、この間の事情をよく物語っている。

表にも示したように、更に高密度な実装を実現するために、今後は素子を直接セラミック回路基板に搭載するための“TAB方式”(フレキシブルフィルム上に形成された銅リード上に素子を取付けたものを適当な大きさに打抜き、プリント回路基板へはんだなどにより実装する方式)や“フリップチップ方式”(素子上にはんだなどのとっ起電極を形成し、直接プリント回路基板へ取付ける方式)の技術開発が一層重要になってくるものと思われる。

6. む す び

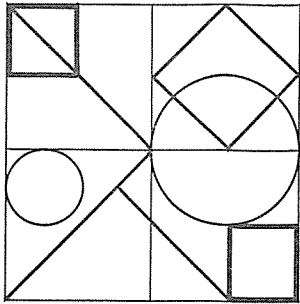
以上、述べたように素子の製造技術は、微細加工技術及び多層配線技術を中心に一層加速され、ますます大規模な素子の出現が予想される今日、それらを収容するセラミックパッケージは素子の冷却、高密度実装を実現するためにもますます重要な検討課題になってきている。今後は、

- (1) より強力な冷却技術の確立。
- (2) セラミック回路基板のファインパターンニング技術の確立。
- (3) セラミック回路基板の多層配線技術の確立。

を目指し、更に高密度な実装技術の実現を図っていく必要がある。これらの実現のためには、従来の素子を組立てていく方式ではなく、素子の開発段階からシステム全体を考え、最も機能/価格比の大きくなるように、あらかじめ実装についても配慮しておく必要がある。

参 考 文 献

- (1) T. C. May : ECC Proceeding, P. 247~256, May (1979)
- (2) J. Lyman : Electronics News, May 21 (1979)
- (3) マイクロエレクトロニクスの試験方法及び手順



特許と新案

蓄 熱 材 (特許 第 900635 号)

発 明 者 木 村 寛・武 藤 勝 俊・甲 斐 潤 二 郎

この発明は蓄熱装置に用いられる蓄熱材に関するものである。

従来、蓄熱材として、結晶水を有する無機化合物を用いる試みがなされてきたが、実用的なものは見い出されておらず、中でも融点

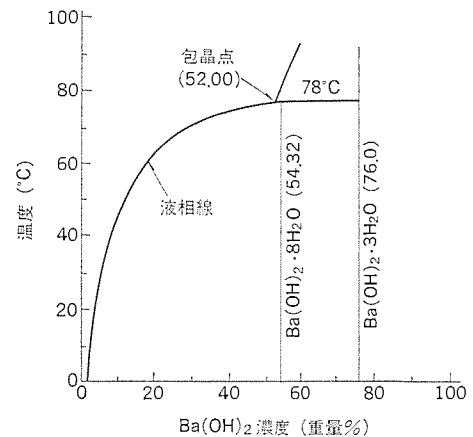
が包晶反応点である化合物は実用化が困難であった。
この発明は $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 及び $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ が大きな融解熱を有するとの知見を得たことにより、種々検討を重ねた結果なされたものである。すなわち、第1の発明になる蓄熱材は、水酸化バリウム $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ を 25~52 重量%含む水溶液からなり、第2の発明になる蓄熱材は、水酸化バリウム $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ を 25~52 重量%、水酸化ストロンチウム $[\text{Sr}(\text{OH})_2]$ を 5 重量% 以下含む水酸化バリウム 8 水塩と水酸化ストロンチウム との水溶液からなるものである。

下表は $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 及び $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ について測定された融解熱を、従来知られている物質のそれと比較して示したものである。この表から明らかなように、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 及び $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ともに大きな融解熱を有する。しかしながら、これらの化合物はいずれも融点が包晶反応点であり、例えば $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ の場合には図に示すように 78°C で融解すると、約 10% の $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ を生成し、このものは底部に沈殿するので蓄熱材として不適当である。

ところが、水分を加え $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 濃度にして 52 重量% 以下にすると包晶反応が起きず、熱サイクルをいくら繰り返しても、不溶性物質が生じないことが見い出されたのである。このような知見に基づいて完成された上記第1の発明の蓄熱材は、例えば 40°C まで冷却する場合、固化率は最大 95% にもなり、融解熱は $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ のそれとほとんど同等であるという様に優れたものである。また、

上記第2の発明の蓄熱材は、 $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ を少量添加することにより、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ の過冷却を破れやすくするとともに、融解熱も増大し得たものである。このように、いずれの発明のものも従来の蓄熱材に比し、重量当たりの蓄熱量だけでなく、体積当たりの蓄熱量も大なる実用上すぐれたものである。

	融 点 (°C)	融 解 熱	
		(cal/g)	(cal/cm³)
$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	78	70	153
$\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	88	84	160
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	34.6	63.3	101
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	32.2	50	82
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	48.5	47.7	82



エレベータ用階床選択器 (特許 第 913929 号)

発 明 者 小 沢 靖 彦

この発明は移動体を鎖、ロープなどで駆動する装置の改良に関するものである。

図1~図3.において、(1)はかご、(2)は長手に沿って等間隔の穴を有する鋼テープで、かご(1)により駆動される。(10)はかご(1)と同期して動く同期子、(11)は前進用電動機、(16)は前進用電動機(11)により駆動され同期子(10)よりも前進して呼びを探る前進子、(17)は、出力軸(18)、鎖車(20)を介して鎖(21)に前進子(16)と同期子(10)との差の速度を伝える差動歯車装置、(22)は同期子(10)と前進子(16)の相対変位を表す差動子、(32)は差動子(22)の側面に設け

られたU字状の案内片で、鎖(21)は案内片(32)の両側で差動子(22)に連結されている。(24)は差動子(22)に装着された鉄心、(28)はリアクタコイルである。

今、かご(1)に上昇指令が与えられると、前進用電動機(11)により前進子(16)は上昇する。また同期子(10)もかご(1)の速度に比例して上昇し始めるが、前進子(16)の速度が大であるから、鎖車(20)は差動歯車装置(17)の作用により矢印D方向へ回転する。それにより図2.のように鎖(21)の左側が引き上げられ、差動子(22)は上昇する。そして差動子(22)が、かご(1)の最大減速距離に相当する最大

特許と新案

前進距離だけ上昇すると、停止片(30)により制止される。以後は前進子(16)は同期子(10)と最大前進距離を保ち、等しい速度で上昇を続ける。前進子(16)が呼びを検出して停止すると、同期子(10)のみが上昇し続けるので鎖車(20)は逆転し差動子(22)は回転子(10)と同速度で下降し図1.に示す基準位置に至って停止する。この間リアクタコイル(28)からかご(1)に対する減速パターンが発生する。これがかご(1)に与えられて、呼びのあった階床に減速着床させる。かご(1)が下降する場合は鎖車(20)は矢印U方向へ回転するが、図3.のように鎖(21)の右側が引き上げられて、差動子(22)はやはり上方へ移動する。

従来、差動子(22)はかご(1)が上昇するときは上方へ、下降するときは下方へ移動していたので、その移動範囲はかなりの高さとなり、階床選択器の高さが縮小できなかった。

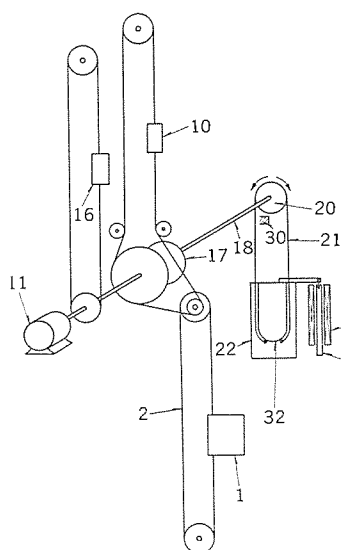


図1

この発明によれば、差動子(22)は上方へ移動するため、差動子(22)の移動範囲を従来の1/2に縮小することができ、天井高さの低いエレベータ機械室にも設置可能なエレベータ用階床選択器を実現するものである。

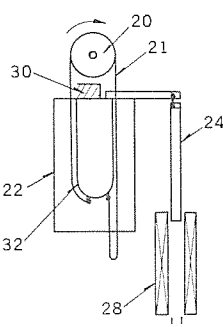


図2

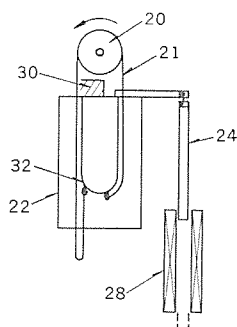


図3

印字装置 (実用新案 第1204403号)

考案者 林 正之・土肥 利昭

この考案は印字装置、特にその印字つち(樋)の改良に関する。

図1.及び図2.はこの考案にかか(係)わる印字式積算記録装置を示す斜視図及び側面図である。

一般に、この種印字式積算記録装置においては、測定量をこの測定量に応じて回転する活字車(2a)、(2b)、(2c)を有する計数装置に表示させ、記録の必要な時には、活字車(2a)、(2b)、(2c)と印字樋(8a)、(8b)、(8c)との間に設けられた記録紙(6)とカーボンテープ(7)に対して、印字樋を活字車に向かって叩きつけることにより記録紙(6)に印字させるようにしている。

この場合、活字車(2a)～(2c)は一般に金属で作られており、その円周上に配置された各文字(3)の中心軸からの距離は、製作上の困難さから一定していないので、図1.のように複数個並設された場合、おうとつ(凹凸)を生じ印字上好ましくない。

従来の印字装置では、これを防ぐ意味から、印字樋の印字部分、すなわち活字車を叩きつける部分にゴムなどの弾性物質で作られた印字パットを設けおうとつ(凹凸)を吸収していた。しかしながら印字樋を並設された複数の活字車に対し1つのもので構成していたので、記録すべき活字数が多くなり、おうとつ(凹凸)量も増加すると、それに応じてパットを軟かくする必要があるが、そうすると印字の際の衝撃力が緩和されて印字の鮮明度が失われるという不都合が生じていた。

この考案は、活字車の1つ1つに対応して印字樋を設けることにより、従来の欠点を排除したものである。

すなわち図1. 図2.に示すように、3つの活字車(2a)、(2b)、

(2c)に対応して3つの印字樋(8a)、(8b)、(8c)と、この印字樋にそれぞれ取付けられた印字パット(13)とを設け、カム(17)と連動した操作レバー(15)の支持片(15a)と規制棒(16)との間に印字樋(8a)、(8b)、(8c)を、支軸(9)を介して保持するように構成した。印字時期になると、カム(17)が矢印方向に回転し、このカム(17)と操作レバー(15)との係り合いが外れる。これに伴ってばね(18)のばね力により、印字樋(8a)、(8b)、(8c)は活字車(2a)、(2b)、(2c)に向かって一斉に開放される。

この結果、活字車相互間の不揃いによるおうとつ(凹凸)があっても、各印字樋は各活字面に対して確実に接触することができるため、

印字パットを比較的硬くでき、鮮明な印字を得ることができる。

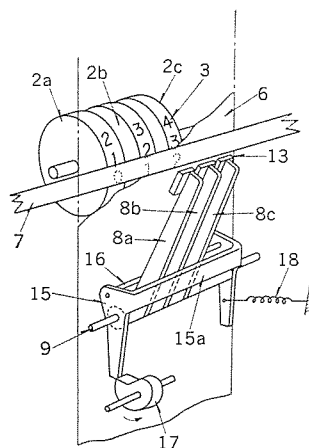


図1

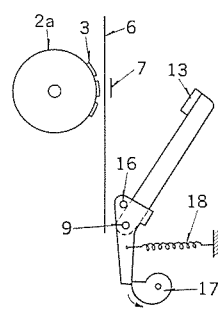


図2

《MELCOM 350-50》シーケンスコントローラ

香取 和之*・河合 一洋*・鎌田 孝*

1. ま え が き

有接点リレーの組合せによるシーケンス制御装置は、古くから各分野で用いられてきたが、制御の規模の大形化と機能の複雑化に伴って、設計、製作、調整に多くの時間を要し、また仕様変更や機能拡張への対応に柔軟性が欠けていた。このような問題は、まず自動車工業で顕著となり、このため1968年、米国 General Motors 社は自社設備のトランスファマシンの制御に対して従来からのリレー制御盤に代えて半導体式産業用制御装置を用いることとし、その備えるべき条件として、プログラムの作成及び保守の容易性を織り込んだ10か条を発表した。

この10か条を受ける形で開発されたシーケンサは、半導体技術の進歩により、従来のリレー制御方式に対してコスト及び信頼性の面で十分対抗できるようになり、またシステムの柔軟性や保守の容易性などの特長を有しているため、広範囲な分野にわたって普及し始めていった。

この普及期を通じてシーケンサは、

(1) プログラムの作成のみでなく、テスト、ドキュメンテーションも容易であること

(2) リレー回路の単なる置き換え以上の機能を有すること

(3) 階層制御システムのコンポーネントになり得ること

などのより広いニーズへの対応が要求されてきた。《MELCOM350-50》シーケンスコントローラは、特にグラフィック機能を強化したこのようなニーズに対応する新しい世代のシーケンサとして開発されたものである(以下、この装置をM50-GSと呼ぶ)。図1.にM50-GSの演算処理装置、図2.にプログラミング装置(Programming Support Equip-

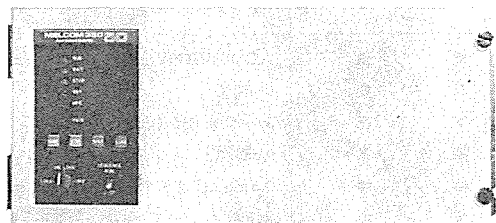


図 1. 演算処理装置 (A 2010 S)

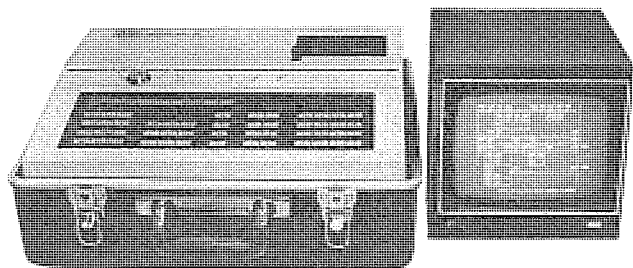


図 2. プログラミング装置 (PSE)

ment, 以下 PSE と呼ぶ)の外観を示す。

2. 開 発 思 想

2.1 開発のねらい

生産設備の自動化、省エネルギー化の必要性は今後ますます高まる方向にあり、シーケンス制御の適用範囲や規模は以前にもまして増大しつつある。M50-GSの開発に当たっては、従来からのシーケンサに与えられている仕様を満足することはもちろんのことであるが、更に次の点について留意し、設計を進めた。

(1) リレー制御方式ではシーケンス制御手順は、個々のリレー間の配線により定められていたが、シーケンサでは内部のプログラム動作によるため、シーケンス制御システムの設計、製作、調整の中心作業はプログラムの設計、作成、テスト、ドキュメンテーションなどに移っている。このため制御システムの増加や規模の拡大により、上記のプログラミング作業全体が増大しており、その生産性向上と品質水準の維持が課題の1つとなっている。

(2) 制御規模の拡大に伴って入出力信号は、以前より広域に分散する傾向にある。また、シーケンサ本体は、半導体技術の進歩によってコンパクトになりつつある反面、入出力信号ケーブル配線工事方法は旧来どおりであり、配線工事コストが本体価格を大幅に上まわることがしばしば起こっている。このため、シーケンス制御システムのトータルコスト低減の点から何らかの改善が望まれている。

(3) シーケンサの有効性が認められるにつれて、単にリレー制御回路の置き換え機能のみでなく、本来シーケンス制御に必要なアナログ計測値、デジタル設定値に基づく比較機能や簡単な演算機能をも、シーケンサ内に取込むニーズが打出されてきた。更に、制御の高度化に伴ってシーケンス機能と演算制御やデータ処理機能を合体し、1台のコントローラでこれらの機能を実行させることを要求される場合もある。

(4) 工場やプラント全体の階層制御システム化が進むにつれ、シーケンサも単体として利用するにとどまらず、シーケンサを群管理する上位工業用計算機や、生産管理用計算機からの指示データに基づいてシーケンス制御を実行させる傾向も現れはじめた。

2.2 M50-GSの特色

(1) プログラムの設計、作成の簡便性

プログラミング装置にCRTを用いることによりプログラム作成は確かに容易になるが、従来のシーケンサではCRT画面上に描けるリレーラダー回路図には種々の制約があり、例えば標準化された制御回路といえどもそのままキーインできないことがしばしばあった。M50-GSでは、こうした制約がなく、プログラムの作成の容易化に加えて、設計の簡略化も図ることができる。

(2) シーケンス動作チェックの容易性

従来のシーケンサでは、例えば表示器にリレーを1個ずつ順次読出してその状態をチェックする不便があった。M50-GSでは、シーケンスの動作状態をCRT画面上にリレーラダー回路の導通状態として活線、非活線表示するため、回路内の各リレーの相互関連が一目で判読でき、

動作チェック時間が少なく作業効率が良い。

(3) プログラムの自動ドキュメンテーション

シーケンスプログラムの修正が多い現場では、修正箇所を図面に反映することは複雑な作業であったが、M 50-GS ではドットプリンタ装置を接続すればプログラムのリレーラダー回路図、タイマ/カウンタ設定値、リレークロスリファレンスなどを自動的にプリントさせ、原図として使用することができる。

(4) リモート入出力

M 50-GS では、分散して設置された入出力装置を1本の同軸ケーブルで演算処理装置と結びつけることができる。この方式を用いて入出力装置を被制御対象機器の近くに分離設置すれば、ケーブルコストを含めたトータルコストが低減でき、配線工事時間の短縮など設置工事が容易に行える。

(5) 演算処理機能

M 50-GS は、比較機能や算術機能のために、はん(汎)用性の高い命令を有し、またデジタルやアナログ入出力の豊富な入出力レパートリーを備えており、演算処理機能の利用にバリエーションをもたせている。

(6) データリンク機能

上位計算機からの制御指示データによりシーケンス制御を行うために、M 50-GS では通信回線などを接続するハードウェアを有するとともに、汎用的なデータ処理命令も併せて備えており、上位計算機との接続を柔軟に行うことができる。

(7) コンピュータアーキテクチャの導入

M 50-GS では《MELCOM 350-50》工業用計算機の基本命令を準備しており、汎用的な演算処理、データ処理が統一的に実現できる。演算処理装置はマイクロプログラム制御方式であり、一部書換え応用分野固有の命令を追加することもでき、分野別コントローラとして高速の実行性能を得ることができる。

(8) プログラミング装置のインテリジェント化

プログラミング装置は、8ビットマイクロプロセッサを中心に豊富な周辺LSIと大容量EPROM、RAMメモリを用いて構成しており、コンパクトながら装置単体でシーケンスプログラムの作成や、リレーラダー回路の活線表示、プリンタ装置を介しての回路図面プリントなど、インテリジェント端末装置としての高度な機能を備えている。

(9) 信頼性の向上

使用部品の厳格なエージングとシステムレベルでの高温テスト、ヒートランを通じてハードウェアとしての信頼性を向上させるとともに、カード単位の故障検知能力を持たせ、生産設備機器を制御するシーケンサにふさわしい高信頼性と耐環境性向上を図っている。

また、じんあい(塵埃)の多い環境に対しては密閉架を用意している。

3. ハードウェア

3.1 ハードウェア構成

M 50-GS は、シーケンス命令を実行する演算処理装置(A 2010 S)と入出力装置からなるM 50-GS本体、プログラミング装置(PSE)より構成する。M 50-GS本体の架内構成例を図3.に、また、仕様を表1.に示す。

A 2010 Sシャーシには、CPUカードの外に最大32K語のコアメモリ、PSE制御カード、プロセス入出力制御カード、データ伝送制御カード、周辺機器制御カードを実装する。図3.の同じ架内にある入出力シャーシは、シーケンサによく用いられるAC 100V印加の接点入出力用で

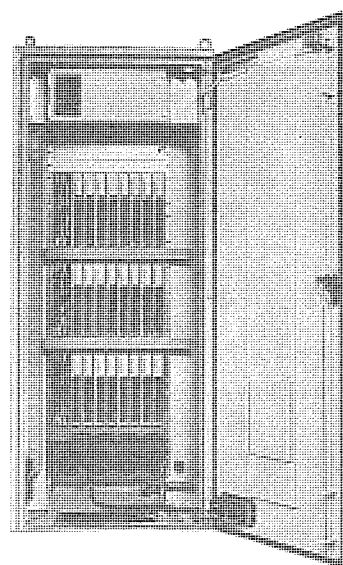


図 3. 本体 架

表 1. M 50-GS仕様一覧

本体仕様	命 令	シーケンス命令/《MELCOM 350-50》命令 (浮動小数点命令を除く)
	メ モ リ	コアメモリ、最大32K語(オプション64K語) (ICメモリも可)
	処 理 速 度	基本構成にて30ms以下/8K語
制御要素	入 力 (X)	1,024点
	出 力 (Y)	1,024点
	内 部 記 憶 (R)	256点(オプション1,000点)
	キ ー プ リ レー (K)	64点(オプション256点)、停電不揮発
	タ イ マ (T)	64点(オプション256点) オンディレー、オフディレー、ワンショット形 100ms単位(標準)、1~9,999
	カ ウ ン タ (C)	32点(オプション128点)、1~9,999
	シフトレジスタ (S) (オプション)	128点、停電不揮発
設置条件	電 源	AC 100V/110V±10%、50/60Hz±1Hz
	温 度	0~50°C
	湿 度	30~90% RH (結露ないこと)
	振 動	0.5G以下
	塵 埃 接 地	0.3mg/m ³ 以下(密閉架は10mg/m ³ 以下) 第3種

あり、最大8枚の入出力カードにより128点の入出力を準備している。これとは別に、一般のプロセス入出力用として、デジタル入出力、パルス入出力、アナログ入出力の各種カードを用意しており(表2.)、前記の入出力とは別のシャーシに実装する。接続可能な周辺機器とデータ伝送装置の仕様を表2.に示す。

3.2 演算処理装置(A 2010 S)

A 2010 SのCPUカードを図4.に示す。A 2010 Sはパイプラインマイクロプロセッサを用いたマイクロプログラム制御方式であり、シーケンス命令を実行するシーケンモードと《MELCOM 350-50》命令を実行するコンピュータモード(ただし、浮動小数点演算を除く)を用意している。2つの

表 2. 入出力装置一覧

パワー入出力	入	力	接点入力, AC 100 V, 10 mA 16 点/カード, 端子台, モニタランプ付き
	出	力	接点出力, AC 100 V, 1 A 16 点/カード, 端子台, モニタランプ付き
プロセス入出力	ディジタル入出力		接点, オープンコレクタ, 32 点/カード
	バス方式ディジタル入出力		16×16 点/カード
	パルス入出力		接点, オープンコレクタ, 16 点/カード
	アナログ入力		12 ビット, 高速/中速
	アナログ出力		電圧, 電流 (12 ビット), 抵抗 (6 ビット)
周辺装置	タイプライタ装置		M 2213, M 2214, M 2215, M 2216
	紙テープ読取装置		M 2431
	PSE(デバイスモード)		9 インチ CRT, カセット MT, キーボード
データ伝送装置	カレントループ伝送		最大 500 m, 200~9,600 ビット/秒
	通信回線		JIS 基本モード, 200~1,200 ビット/秒

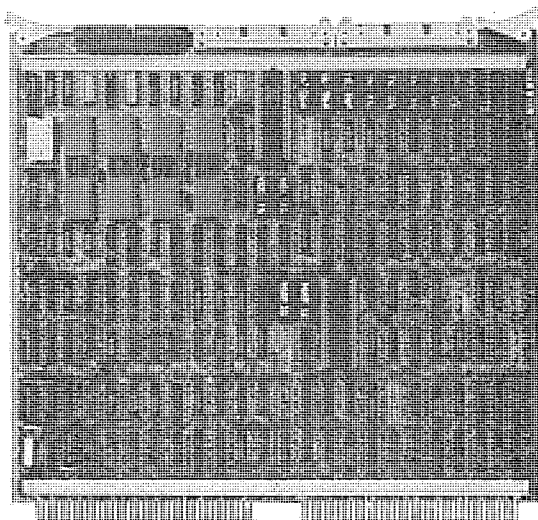


図 4. A 2010 S CPU カード

モードは、プログラムの中で A 2010 S のプログラム状態語 (PSW) を変更することで使い分けができる。命令先取り方式を採用しており、シーケンス命令の平均実行時間は $3 \mu\text{s}$ 、《MELCOM 350-50》命令は加算 (レジスタ-レジスタ形) $1 \mu\text{s}$ 以下という高性能が得られている。マイクロプログラム制御方式を用いることにより、PSE で描かれたリレーラダー図に対応する命令を直接実行するとともに、ほとんどハードウェアを増すことなくタイマ機能、カウンタ機能や《MELCOM 350-50》命令機能の実現できる。最近の CPU の開発ではマイクロプログラムの占める割合が増えており、A 2010 S ではマイクロプログラム・アセンブラなどの開発支援ツールを整備して、開発の効率化を図るとともに、今後の命令追加に備えている。

なお、A 2010 S の姉妹機種として浮動小数点命令も実行できるマイクロプロセッサ A 2010 があり、《MELCOM 350-50》シリーズ中の上位機種を頂点とする階層制御システムの適用範囲が、機器を直接制御するレベルまで広がられていることを付記しておく。

3.3 リモート入出力

M 50-GS は、演算処理装置と入出力装置を 1 か所に設置する構成と、

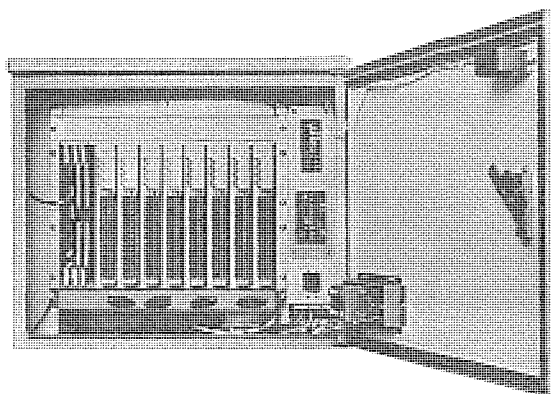


図 5. 分散架

入出力装置を各所に分散して設置する構成のいずれもが可能である。分散して設置された入出力装置 (図 5.) は、1 本の同軸ケーブルにより演算処理装置と結合され、その伝送方式としては、《MELCOM 350-50》工業用計算機リモート入出力で実績のある 1 Mビット/秒シリアル伝送、DWM (Double Width Modulation) 符号化方式を用いている。伝送データの誤り検出には CRC (Cyclic Redundancy Code) チェック方式を採用しており、データの信頼性は通常の入出力と同等又はそれ以上である。また、工場やプラント内の現場に施設された同軸ケーブル (5 C 2 V) に誘導されるノイズレベルは、溶接機の近傍でも規格値以下であり、伝送上問題のないことを確認している。

4. シーケンスプログラミング

M 50-GS は、図 2. に示すようなプログラミング装置 (PSE) を介してシーケンスプログラムの作成/修正、制御状態モニタ/チェックなどの機能を行うことができる。

表 3. に PSE の仕様、機能を示し、以下、主な機能について説明

表 3. PSE 仕様、機能一覧

仕 様	制御処理部	・ 8 ビットマイクロプロセッサ, EPROM, RAM
	表示部	・ 9 インチ工業用モニタテレビ
機 能	記録部	・ カセット MT (MT-2)
	印字部	・ ドットプリンタ (M 2645)
機 能	演算処理装置接続部	・ カレントループ
	プログラム作成/修正	・ リレーラダー回路プログラミング ・ フライングカーソル式回路修正 ・ 指定回路読出し/順次読出し/先頭回路読出し/最終回路読出し ・ 使用リレーリスト ・ リレークロスリファレンスリスト ・ 実装メモリ容量/使用メモリ容量表示 ・ ローカル PSE
機 能	カセット磁気テープ	・ プログラム記録/再生/照合
	回路動作モニタ/チェック	・ リレー ON/OFF 表示 ・ リレーラダー回路活線/非活線表示 ・ ダイナミック/スタティック表示 ・ 入出力設定 ・ シミュレーション
機 能	プリンタ	・ CRT 画面プリント ・ プログラム自動ドキュメントプリント

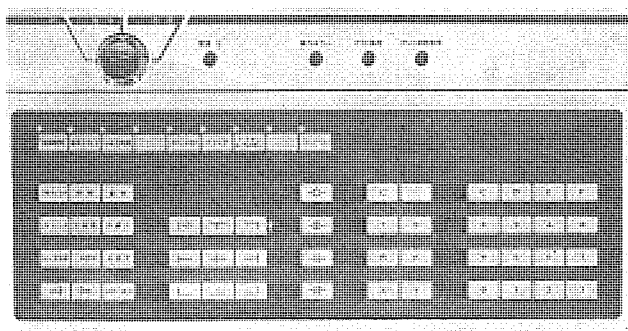


図 6. PSE キーボード部

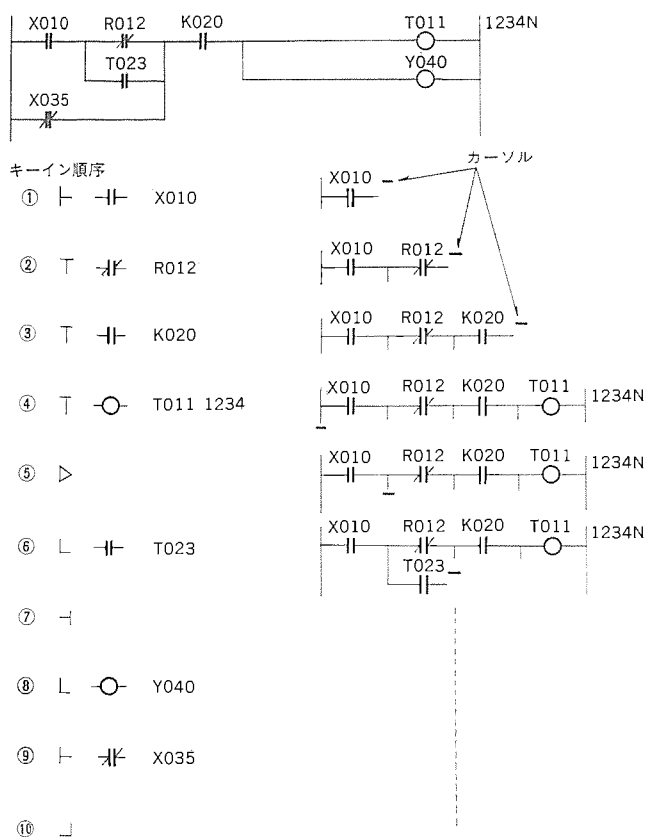


図 7. PSE によるプログラム作成

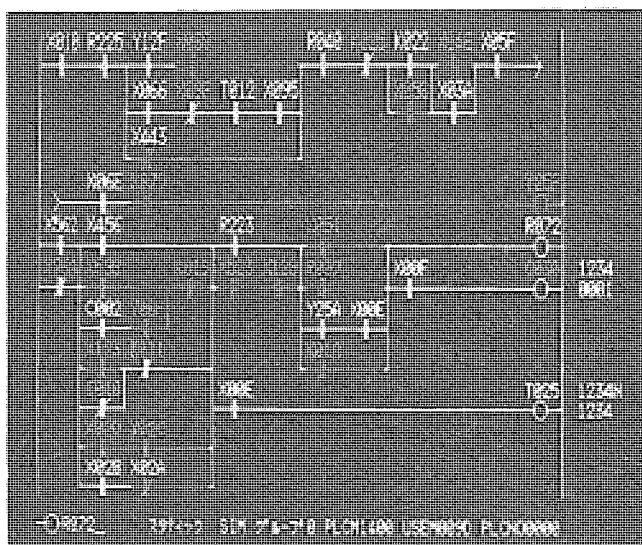


図 8. リレーラダー回路図表示

する。

4.1 プログラム作成とサポート

(1) プログラム 作成, 修正

リレーラダー 回路図を書き写すような手法で、図 6. に示す キーボード から直接 キー 入力すれば シーケンスプログラムが CRT 画面上に ラダー 回路の形として表示する。1 つのリレーラダー回路は、横方向にリレー 接点 11 個、リレーコイル 1 個、縦方向に 11 段以内で描くこと以外は制限がなく、画面上に自由に回路を作図することで、プログラムを容易に作成することができる。

シーケンスプログラムの修正は、CRT 画面上のカーソルを修正位置まで移動して、カーソルの停止位置で入出力リレーの書換え、削除、そう(挿)入などのキーを押すことにより行える。図 7. に、M50-GS の PSE によるリレーラダー回路のプログラム作成例を示す。

1つのリレー回路の作成が完了すると、PSEはM50-GSの演算処理装置に作成済のシーケンスプログラムを自動的に転送し、演算処理装置メモリ内のシーケンスプログラムを削除、挿入して常に使用メモリの最少化を行っている。

(2) 作成回路読出し

作成済のプログラムの中から任意のリレーダー回路を指定して読出す回路読出し、メモリに書込まれている順序に従って読出す順次読出し、最初の回路を読出す先頭回路読出し、最後の回路を読出す最終回路読出しの機能を備えているので、短時間に希望するリレーダー回路をCRT画面上に読出して表示することができる。

(3) 使用 リレーリスト

作成済み リレーラダー 回路で既に使用されている リレーコイル をリストアップし、各々リレー番号順に CRT 画面上に表示する。また、任意のリレー接点で使用されている回路のリレーコイル 番号を表示することもできる (クロスリファレンス 機能)。

(4) □-カル PSE

PSE は、M 50-GS 演算処理装置と結ばれることなく、単体でシーケンスプログラムの作成ができる ローカル 機能を備えている。作成したシーケンスプログラム はカセット 磁気 テープ に記録できるので、システム 設置現場でなくとも事務所などにおいてプログラミング 作業を行える。

4.2 制御動作モニタ，チェック

(1) リレーラダー回路モニタ

シーケンス 制御動作中の リレーダー 回路の動作状態を CRT 画面上に表示する制御動作 モニタ 機能を備えている。モニタ 表示としては、シーケンス 制御動作の進行状態を逐次 リフレッシュ して表示する ダイナミック 表示と、任意時点の動作状態をとらえて表示する スタティック 表示の 2 種類の機能を有する。

図 8. に、制御動作状態を CRT 画面にモニタ表示した例を示す。リレー 番号の濃淡表示は、各リレーの ON/OFF 状態を示し、リレーシボルを含む回路の濃淡表示はリレーラダー回路の電氣的活線／非活線状態を示している。

(2) 個別リレーモニタ

個々のリレーの ON/OFF 状態を、リレー機能別、リレー番号順に CRT 画面上に濃淡表示するので、リレー全体の ON/OFF 制御動作状態が容易には把握できる。

(3) シミュレーション

実際のプロセス入出力 (PI/O) 動作が停止状態で、PSE からキー入力されたデータに基づいて演算処理装置でシーケンスを実行し、その結果をCRT画面上のリレーラダー回路において濃淡表示する。この機

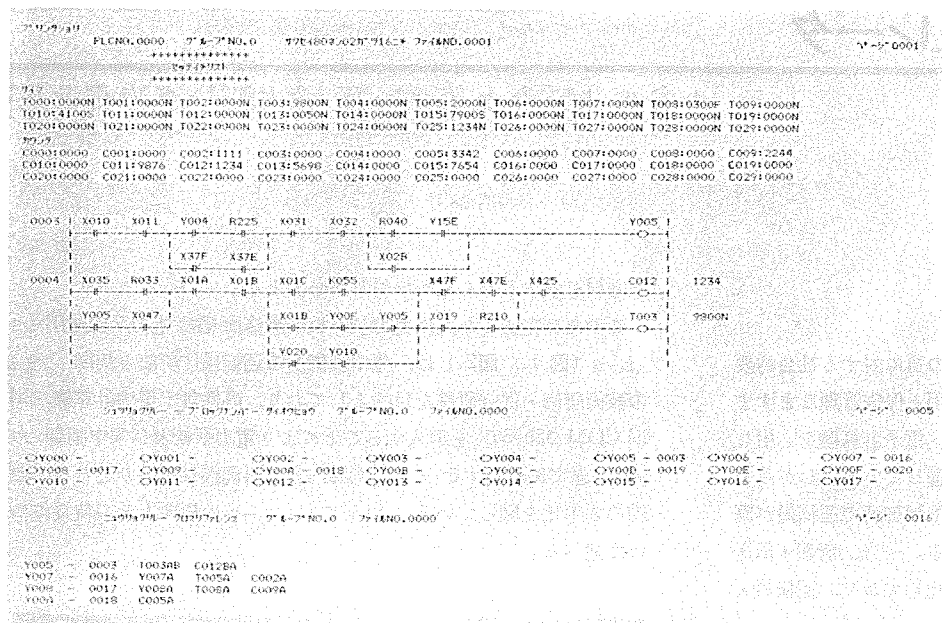


図 9. プリント出力画面

能により、作成したシーケンスプログラムの論理が正しいか否か、プラントを動作させることなくチェックすることができる。

4.3 ドキュメンテーション

カセット磁気テープに記録されている作成完了したシーケンスプログラムは、その内容をドットプリンタ装置を介してプリントアウトすることができ、図 9. に、プリントアウト例を示す。

印字される内容は、タイマリスト（設定値とタイマ種別）、カウンタリスト（設定値）、リレーラダー回路図（回路単位にブロック番号付加）、リレーコイルブロック番号対応リスト、リレークロスリファレンスリスト（リレー番号と、その接点が使用されている回路のリレーコイル番号のリスト）などである。このプリントアウトは、作成したプログラムのドキュメントとして利用することができる。

なお、PSE は、図 2. に示すようなポータブル性に富んだ可搬形と、M 50-GS 本体の架内部に CRT とともに組込むラックマウント形の 2 種を用意している。また、PSE はそのパネル上に設けたスイッチを切換えることにより、9 インチ CRT、キーボード、カセット MT などからなる複合周辺装置として動作し、オペレータへのメッセージの表示、データの読み込み、記録などにも併せ利用することができる。

5. コンピュータモードソフトウェア

《MELCOM 350-50》工業用計算機の命令で書かれたプログラム（コンピュータモードプログラム）を適用することにより、M 50-GS は、数値演算、データ処理、シフトレジスタ、データリンク、メッセージ出力、ロギングなどリレー制御装置では実現できない機能を発揮することができる。

コンピュータモードのプログラムは、上位《MELCOM 350-50》工業用計算機で作成、デバッグし、M 50-GS にロードされる（図 10.）。上位《MELCOM 350-50》のプログラム作成サポートシステムには、マクロアセン

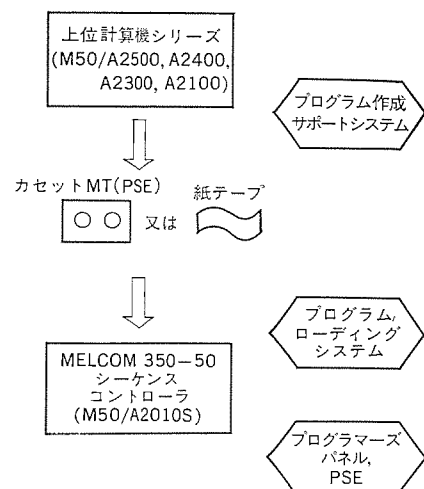


図 10. コンピュータモードソフトウェアの作成

ブラ、サブライブラリ、オンライン実行シミュレータ、プログラム管理ソフトウェアなどがある。M 50-GS へのプログラムロードは、PSE 上のカセット MT よりワンタッチで行うことができ、特殊な操作を要しない。M 50-GS では、また、PSE の CRT を通じて A 2010 S のメモリ内容を表示、変更することができる。更にオプションとしてプログラマーズパネルを準備しており、これを付加すれば、各レジスタの内容の読み出し、書換えを行うこともできる。

《MELCOM 350-50》命令で書かれた複雑なプログラムを、M 50-GS で実行するユーザーのためには、《MELCOM 350-50》工業用計算機で豊富な実績のあるコンパクトなタイムシェアリングオペレーティングシステム（TSOS-C）も用意している。

6. む す び

M 50-GS では、コンピュータアーキテクチャの採用と PSE のインテリジェント化という 2 つの方式により、新しい世代のシーケンサに必要な機能を統一的に実現している。したがって、M 50-GS は自動車工業、発電・送電、鉄鋼、水処理などいろいろな産業分野で、リレー制御盤の置き換えとして、汎用コントローラとして、更には階層制御システムのコンポーネントとして幅広く用いられるものと期待している。また、シーケンサに対するユーザーのニーズは今後もますます多様化していくと思われるが、中・大規模のシーケンサ（プログラマブルコントローラ）として、M 50-GS はそのマイクロプログラムの一部追加とコンピュータモードの活用により、用途別の要求に柔軟に対応していくこともできると考えている。

終わりに、M 50-GS の開発及び製品化に終始特別のご指導をいただいた日産自動車（株）をはじめ関係各位に厚く御礼申し上げる。

電力系統運用シミュレータ

土谷 要夫*・為 永康 廣*・岡 幸太郎**・堀内 龍男***

1. ま え が き

電力系統が大規模、複雑化している中で電力の質に対する社会的要請は一段と厳しくなっており、電力系統の運用と保守管理はますます高度化している。このため各電力会社では、電子計算機を応用した集中制御システムを導入し、総合自動化を推進している。しかしながら、最近では電力系統の事故が減少し、集中制御所の運転員が緊急事態に遭遇する機会が少なくなっている。一方、情報・伝送処理技術の技術革新はめざましく、かつ専門化しており、運転員・

保守員に対するなんらかの対処が必要となっている。

このたび完成した九州電力(株)技術研修所納め電力系統運用シミュレータ(図1., 図2.)は、集中制御所の運転操作研修と制御システムの技術研修・保守研修を目的としており、高性能工業用計算機《MELCOM 350-50》を導入することにより電力系統及び集中制御システムを忠実に模擬する一方、訓練内容の再現機能を盛り込むなど訓練の効率化を図っている。以下にシミュレータの概要とその特長について述べる。



図 1. シミュレータ全体写真(シミュレータ室)

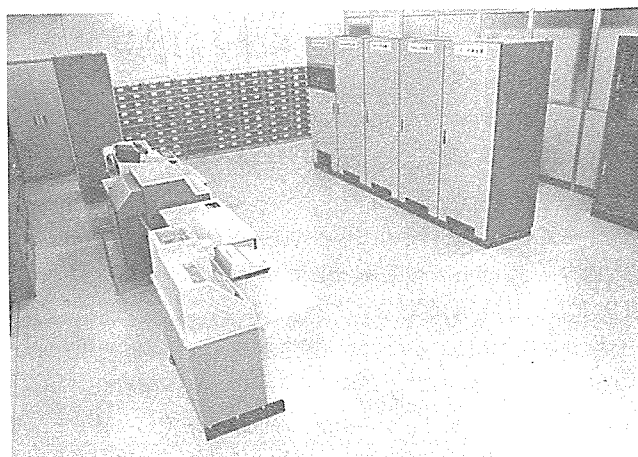


図 2. シミュレータ全体写真(計算機室)

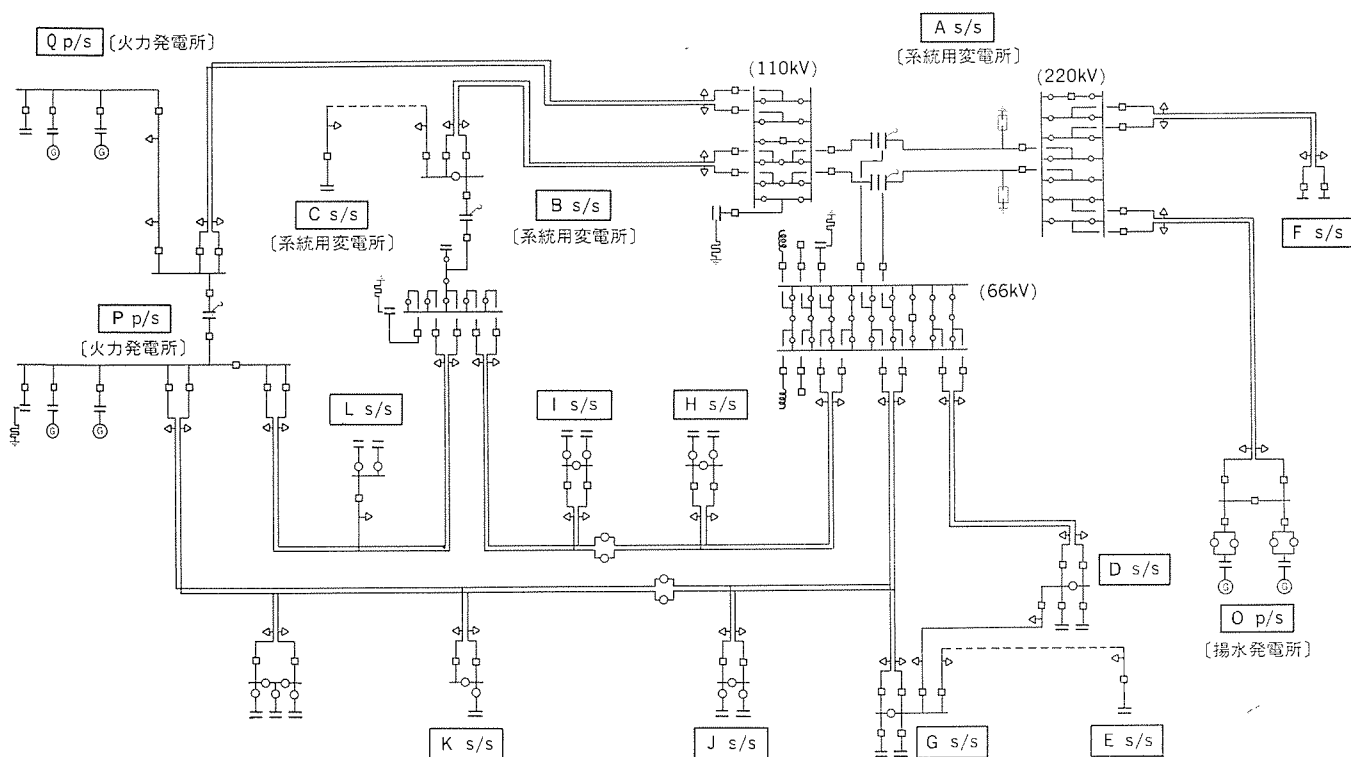


図 3. シミュレータのモデル 系統構成

2. シミュレータの概要

2.1 システム設計の基本思想

このシミュレータは、集中制御所の運転員の緊急事態に対応する能力を育成、向上することが主なねらいであるため平常時及び異常時の系統模擬の忠実性、異常状態表示の高速性、確実かつ容易な操作性が要求される。また、シミュレータ教育の場合、実機では長い年月を要する訓練を短時間に反復訓練できるメリットがあるが、訓練効果を高めるためには効率的な訓練ができるシステムでなくてはならない。これらを念頭におき、

- (1) 系統特性のシミュレーションは、高速かつ高精度な手法⁽¹⁾を採用する。
- (2) 事故発生時に状況は(把)握と処置が迅速かつ的確にできること。
- (3) マンマシンインタフェースに柔軟性を持たせ、取扱いやすいものとする。
- (4) 訓練条件の設定・変更が容易にできること。
- (5) 訓練中のトレーナの負担を減らし、訓練評価や研修者への教育に専念できるシステムにする。

などを重点項目としてシステムの設計を行った。

2.2 シミュレータのモデル系統

系統運用シミュレータのモデル系統は、水力発電所1か所(250 MW×2台、揚水)、火力発電所2か所(156×2台×2か所)、系統用変電所3か所(220 kV/110 kV/66 kV Tr 2台、110 kV/66 kV Tr 1台)、配電用変電所9か所(66 kV/6.6 kV Tr 17台)及び送電線(220 kV 4 cct, 110 kV 6 cct, 66 kV 10 cct)から構成する。

図3.にモデル系統構成を示す。

2.3 システム構成

このシミュレータは、そのトータルシステム構成を図4.に示すとおり、高性能工業用計算機「MELCOM 350-50」(2300)を適用しマンマシン装置としては、系統状態をマクロ的に監視する系統監視

盤、研修者が状態監視、系統操作を行うための研修卓(CRT 1台を含む)、トレーナが訓練パターンを作成したり、訓練モードの制御を行うためのトレーナ卓(CRT 1台を含む)、アラーム印字用タイプライタ、プロセス入出力装置、その他周辺装置(システムタイプライタ、カードリーダー、カードパンチャ、ラインプリンタ、カートリッジ磁気ディスク装置、カセット磁気テープ装置)で構成している(図5.)。なお、遠隔監視制御装置(TC)の障害処置訓練を行うために、1チャネル分だけ実際の遠隔監視制御装置が計算機と結合している。

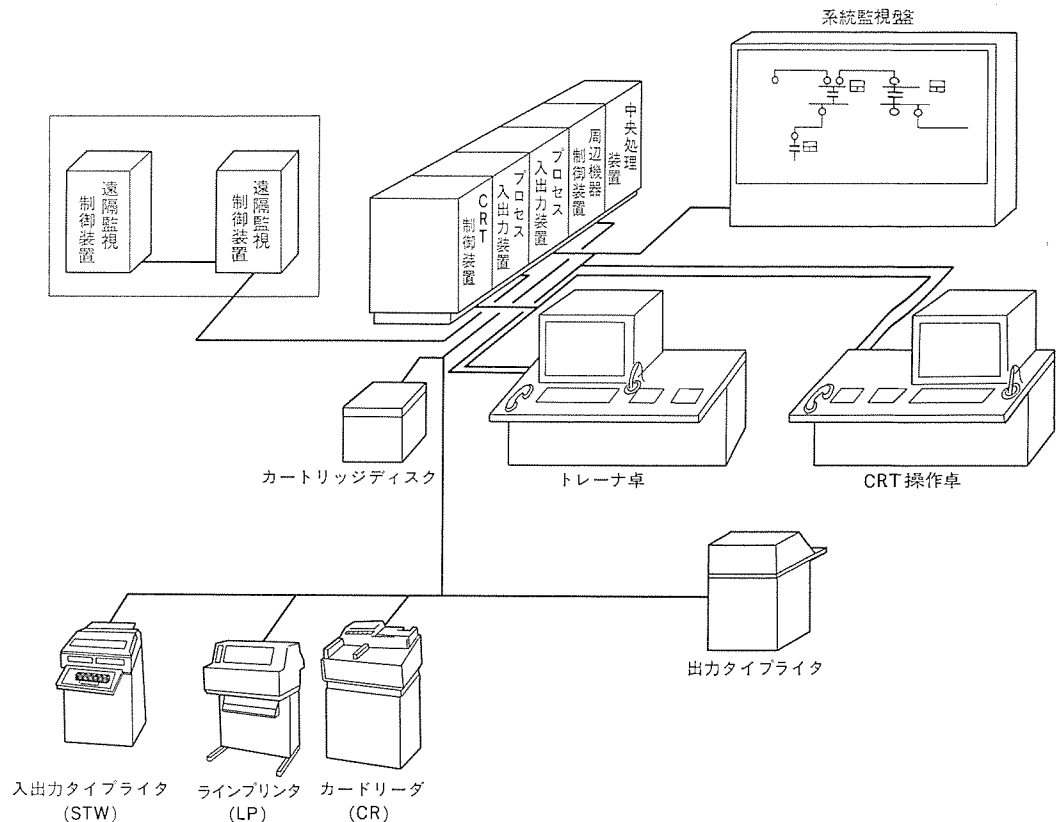


図4. トータルシステム構成

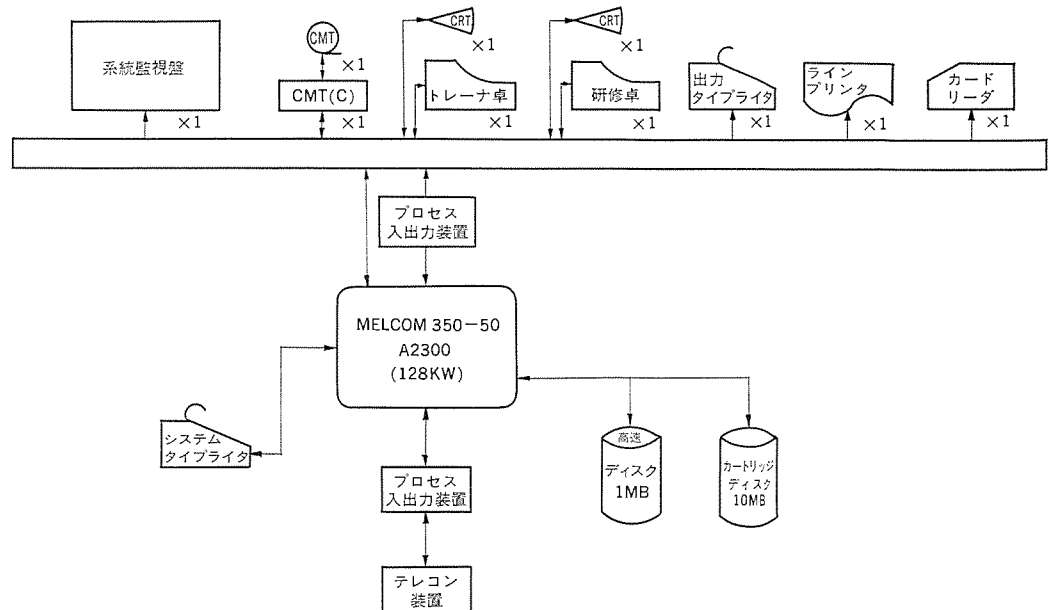


図5. 計算機システム構成

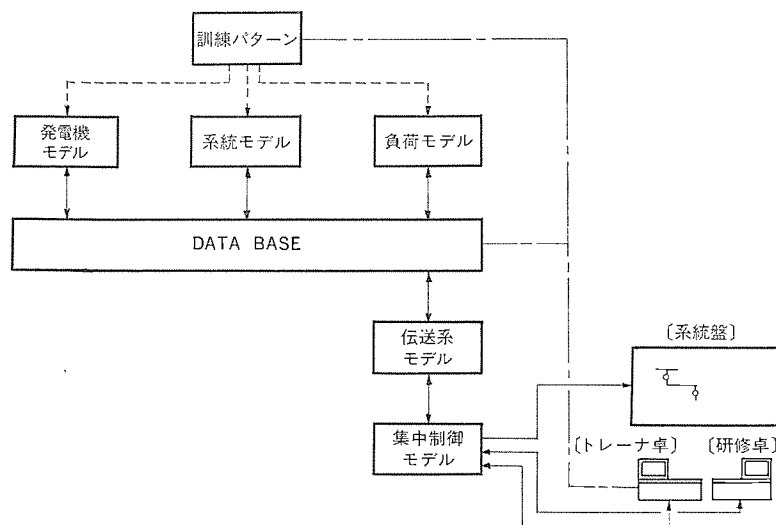


図 6. 系統シミュレータのソフトウェアブロック図

2.4 システムの機能

系統運用シミュレータは、図 6. に示すとおり、次の 3 つの機能から構成されている。

- (1) 系統模擬機能（発電機モデル・系統モデル・負荷モデル）
- (2) 集中制御機能（伝送モデル・集中制御モデル）
- (3) シミュレータ訓練機能（訓練パターンの作成、登録実行等）

以下、各機能の概要について述べる。

2.4.1 系統模擬機能

この機能は、発電機モデル・系統モデル・負荷モデルで構成し、各モデルの機能の概要を以下に示す。

(1) 発電機モデル

発電機モデルは、スケジュールパターン及び増減指令による出力調整を模擬しているが、水力発電機の場合は起動（停止）指令による起動（停止）パターンに従った発電機出力変動を模擬している。無効電力は、AVR, AQR, APFR の各運転モードに従って出力を変化させている。

(2) 負荷モデル

負荷モデルは系統の日負荷曲線に従って各バンクごとの負荷を変化させる。

(3) 系統モデル

送電線及び変圧器は π 形等価回路で模擬し、潮流計算は高速潮流計

算手法⁽¹⁾を採用している。周波数動揺計算は系統を 1 次おくれ系で模擬し、電源脱落・負荷脱落時に実行する。

また、保護制御装置については以下のものを模擬する。

- (a) SSC などの自動制御装置
- (b) 90 RY の動作とタップの上げ、下げ
- (c) 同期検定及びその表示
- (d) 機器相互間のインタロック
- (e) 保護装置
 - ・送電線保護及び母線保護
 - ・機器保護（発電機・変圧器・SR・SC）
 - ・周波数低下（上昇）保護
 - ・永久故障時の強行送電失敗
 - ・再閉路装置（高速・中速・低速再閉路）

2.4.2 集中制御機能

この機能は、遠隔監視制御装置 (TC) を模擬した伝送系モデルと監視制御システムを模擬した集中制御モデルから構成している。各モデルの機能の概要を以下に述べる。

(1) 伝送系モデル

伝送系モデルは、遠隔監視制御装置の「選択完了」、「制御」、「選択復帰完了」、「SV 表示」、「TM 表示」などを模擬する。

(2) 集中制御モデル

集中制御モデルは、監視制御、記録の自動化・設備変更に伴う CRT 画面の修正を中心に、実際の集中制御システムにある機能を概ね備えている（図 7.）。集中制御モデルの機能を表 1. に示す。

表 1. 集中制御所機能一覧

大 分 類	機 能		内 容
	小 分 類		
状 態 表 示	機器状態の集約表示		平常時の機器状態を CRT, 系統盤に表示する
	計測値の表示		運用系統の潮流, 電圧を CRT, 系統盤に表示する
自 動 監 視	機器の自動監視		しゃ断器等の異常監視を行ない内容を CRT に自動表示する
	計測値の自動監視		系統の潮流, 電圧などの計測値を管理値と比較し、逸脱した場合 CRT に自動表示する
	変圧器過負荷監視		変圧器の過負荷時、過負荷経過時間を計算し、CRT に表示出力する
誤 操 作 防 止	個 別 操 作		機器の入/切操作を CRT から行う
	操 作 伝 票 作 成		操作伝票を単結図を用いて作成する
	自 動 操 作		登録した操作伝票を自動実行する
	機 器 制 御 ロ ッ ク		遠方制御してはならない機器の選択制御ロックをライトペンにて行う
	アースマークの書込/消去		単結図上に、アースマークの書込み又は消去をライトペンにて行う
設 定 変 更	設 定 変 更		計測管理値, カレンダの変更などをライトペンを用いて行う
記録の自動化	事 故 操 作 記 録		事故時又は操作時における機器状態変化をアラームタイプライタに印字出力する
画面修正	画 面 修 正		設備増設, 変更に伴う単結図の変更, 追加などをライトペンを用いて対話形式で行う
運用計算	潮 流 計 算		CRT 画面からライトペンを用いて CB, LS の開閉状態, 負荷データを変更して潮流計算をする

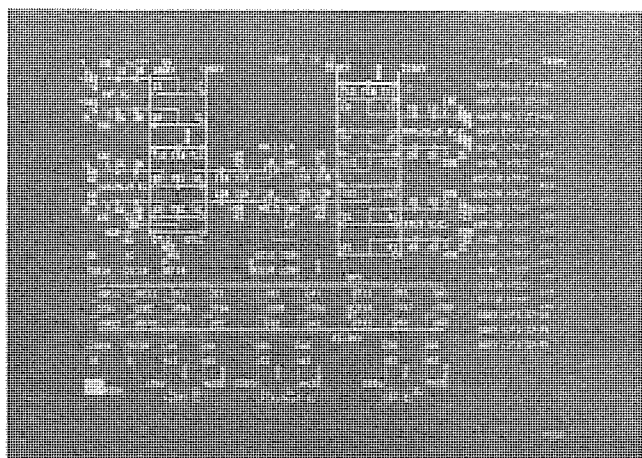


図 7. 集中制御所スケルトン (30 F メッセージ付)

2. 4. 3 シミュレータ訓練機能

シミュレータ訓練機能は、トレーナ卓に備わった機能であり、トレーナが訓練パターンを作成・登録する機能と実際に、訓練を進行させていく場合のシミュレータのモードを制御する機能に大別される。

(1) 訓練パターンの作成・登録

系統運用シミュレータは、トレーナが任意の訓練パターンを作成し実行することができ、作成された訓練パターンは何度も反復訓練できるようになっている。

訓練パターンを作成する場合に設定する項目は、系統のCB、LSの初期状態(系統状態)、発電機モデル・負荷モデル・系統モデルの運用状態、系統故障・障害条件(系統事故の故障状況・軽故障・TC障害)及び訓練開始時刻である(図8.)。

(a) 系統状態設定

系統状態設定では、CB、LS、LS-Eの初期状態及び43SWの状態をトレーナ卓CRTよりライトペンで設定する。

(b) 運用状態設定

(i) 発電機モデル：火力発電機のAVR、AQR、APFRの運転種別、発電機の発電(揚水)スケジュールパターンの設定がCRT画面上からできる。

(ii) 負荷モデル：負荷モデルでは、全系統で共通の負荷曲線に一定間隔で負荷量(%)を設定できるようになっており、季節や曜日等による負荷パターンの違いを任意に模擬できる。

(iii) 系統モデル：系統モデルでは、全変電所の変圧器のタップ値

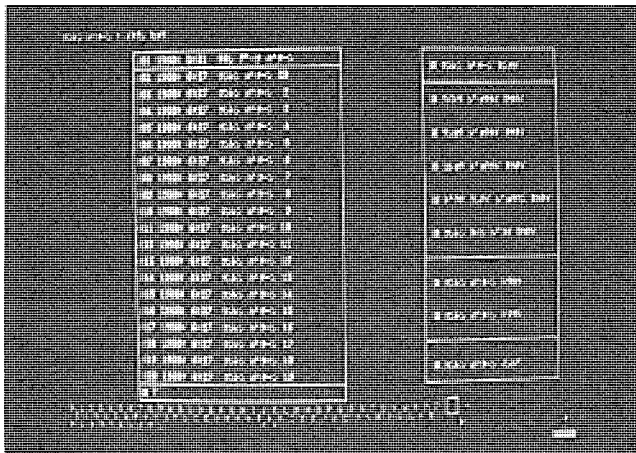


図 8. 訓練パターン設定画面(1)

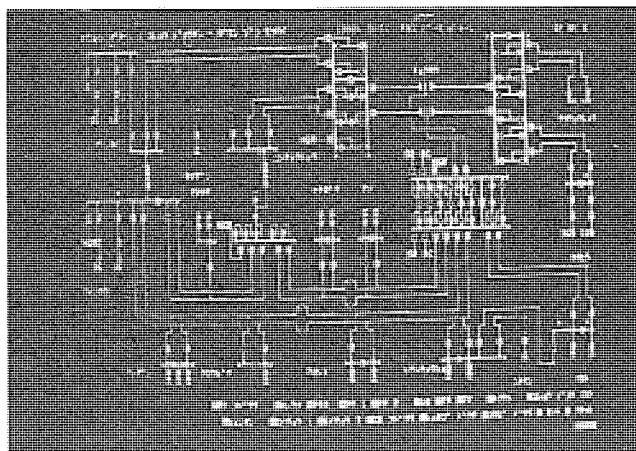


図 9. 訓練パターン設定画面(2)

フォールトローケータの動作方向、標定距離などの設定が可能である。

(c) 故障・障害条件設定

シミュレータでは、配電線のフィード事故から、220kV系統の重故障(例えば永久地絡事故)に至るまで、非常に広範囲な系統事故を任意の時刻で設定できる。また、軽故障項目及びTC装置障害も設定できる。

(i) 系統事故設定：系統事故設定では、配変・発電所事故、母線事故、送電線事故、変圧器・SC、SR事故が設定できる(図9.)。

- ・事故点 ・故障相 ・CB不動作設定
- ・事故種別 ・故障継続時間 ・RY不動作設定

(ii) 軽故障項目設定：AC故障・DC故障・扉開・空気圧低下などの軽故障をTC情報のチャネル単位で設定できる。

(iii) TC障害設定：シミュレータでは、系統事故を模擬するばかりでなく、伝送系で発生する装置障害も模擬しており遠隔監視制御装置の障害処置訓練ができる。

(d) 訓練開始時刻設定

訓練開始時刻を設定するとその時刻の潮流図がCRTに表示され、訓練実行に移る前に系統運用状態を確認できるようになっている。

(2) 訓練モードの制御

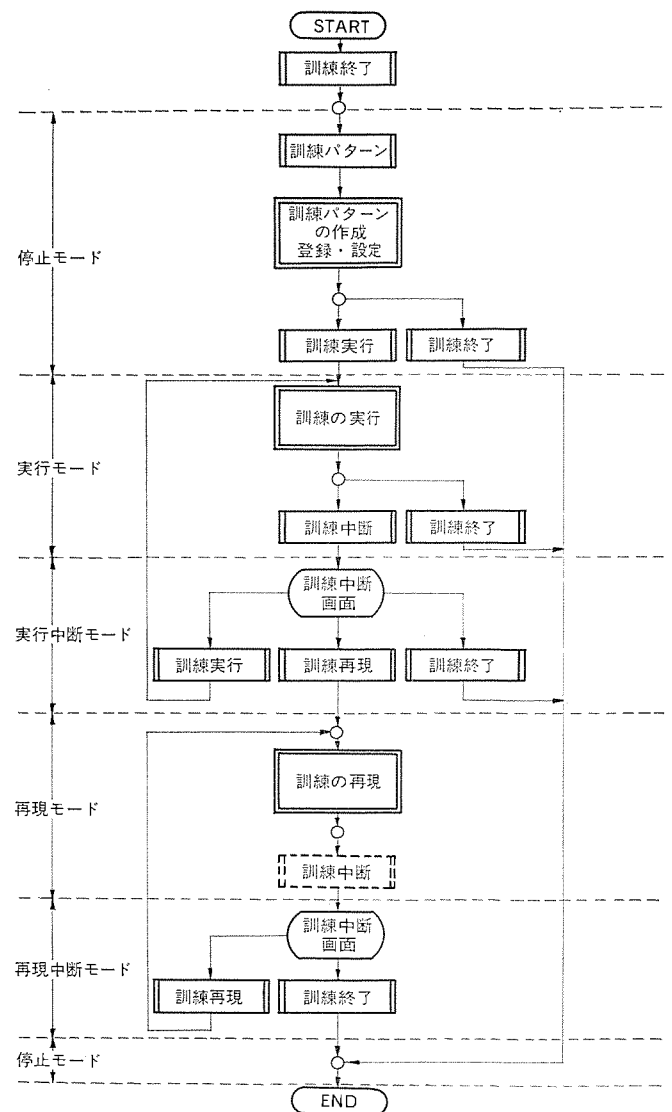


図 10. 訓練モードの基本フロー

シミュレータの動作モードは「停止」、「実行」、「実行中断」、「再現」、「再現中断」があり、各モードの機能は次のとおりである。

- (a) 停止モード：シミュレータの設定機能のみ動作する。
- (b) 実行モード：設定された系統状態・運用状態・故障条件を時刻に従って実行する。集中制御機能・系統模擬機能は動作するがシミュレータ設定機能は停止する。
- (c) 実行中断モード：集中制御機能・系統模擬機能は停止し、訓練の中断状態となる。
- (d) 再現モード：実行中断になるまでの系統及び集中制御の状況を再現する。
- (e) 再現中断モード：再現しているものを実行中断になった時点で自動中断する。

トレーナが訓練モードを遷移させて、訓練を進めるための操作フローを図10.に示す。

2.5 訓練項目

このシミュレータにより運転員に対し表2.に示す種々の運転操作の訓練が可能である。

表 2. 訓練項目一覧

訓練項目	訓練内容
1. 発電所平常時運転訓練	(1) 給電指令受、受信 (2) 発電機起動、並列操作（揚水及び発電） (3) 発電機出力調整操作（有効及び無効） (4) 送電線路停止送電操作 (5) 変圧器バンク・SC・SR バンク 停止、送電操作 (6) 変圧器並列運転操作 (7) 母線切換、母線停止送電操作
2. 系統事故処置訓練	(1) 送電線事故処置 (2) 永久地絡事故処置 (3) 系統分離及び系統並列 (4) 単独系維持処置 (5) 警戒運転時の幹線潮流軽減策等の予防処置
3. 発電所事故処置訓練	(1) 水車発電機事故処置 (2) 主要変圧器事故処置 (3) 母線事故処置（単一、2重母線） (4) SC, SR, 及び補機関係障害処置
4. 制御装置障害処置訓練	(1) 遠隔監視制御装置の障害処置 (2) 計算機、周辺装置などの障害エラーメッセージの解説方法 (3) CRT, T/W など、周辺装置の障害処置 (4) 計算機の障害処置

3. システムの特長

3.1 臨場感のある訓練を実現

系統運用シミュレータでは、訓練を受ける運転員が実際の集中制御所と違和感を感じないよう、系統監視盤、操作卓、アラームタイプライタ等のマシン装置は集中制御所と同一の仕様としている。また平常時、事故時の電圧、電力、電流、機器の状態などが忠実に模擬されるには、系統模擬の高速化及び高精度化と状態処理の高速化を図らなくてはならない。系統模擬の高速化及び高精度化については、潮流計算法に高速潮流計算法⁽¹⁾を採用し、系統の電圧・潮流の変化を忠実に模擬している。事故多発時のCRT表示及び系統監視盤表示

の応答性については次のような方法により高速化を図っている。

- (1) アクセス頻度が高く、即応性が要求されるデータベースは、主メモリ上に配置し、ディスクファイルについてもアクセスを最小にする。
- (2) プログラムの定周期処理を必要最小限とし、平常時の計算機負荷を低減する。
- (3) 豊富なチャネル機構の採用により、入出力動作時のロードを軽減する。

3.2 訓練条件の設定・変更が容易

訓練パターンの作成作業においてトレーナの負担を軽減するために以下の配慮をしている。

- (1) CB, LSの開閉状態などの系統状態、発電機のスケジュール運転データ、負荷曲線データなどの運用状態は標準データを基本パターンとして登録してある。
- (2) トレーナは基本データパターンあるいは既に登録済みのパターンを選択し、変更したいデータのみをCRT画面上でライトペンを用いて会話形式で作成することができる。
- (3) 作成した訓練パターンについては、訓練開始時刻の初期潮流を計算してCRT画面に表示させることにより訓練パターン内容の妥当性を確認できる。

3.3 効率的できめ細かな訓練を実現

シミュレータを用いた運転操作訓練の大きな特長は、実機では長い年月を要する訓練を短期間で反復訓練できることであるが、限られた研修期間で高い訓練効果を上げるには、効率的できめ細かい訓練ができるシミュレータが必要である。このため系統運用シミュレータでは次のような方法により、訓練の効率化を図っている。

- (1) 研修項目に応じた事故ケースの訓練パターンをあらかじめ作成・登録しておいて、実行時にこれを選択し、「訓練実行」ボタンを押せば、何度でも同一の訓練パターンを反復訓練できる。
- (2) 訓練実行時に任意の訓練開始時刻を指定できるため、同一の訓練パターンについて異なった系統運用状態での訓練が可能である。
- (3) 1度実行した訓練内容はすべて再現することができ、操作内容の再確認、検討ができる。
- (4) 研修者が誤操作した場合には、自動記録されるため、訓練評価が容易である。

4. む す び

電力系統の大規模化と運用業務の複雑化・高度化とともに、企業の公共責任が大きくクローズアップされている昨今、シミュレータによる教育・訓練というものは、今後ますます重要度が増すものと考えられる。今回九州電力(株)技術研修所に納入した系統運用シミュレータは本邦初のものであり、ここで開発された系統特性のシミュレーション技術・訓練条件の設定・訓練評価のマシソン・ソフトウェア技術などは、今後の系統シミュレータの方向性を与えるものであると思われる。

最後に、このシステムの設計、製作、調整に当たり多大なご尽力をいただいた関係各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 岩本、田村：「非線形性を保存した高速潮流計算法」電気学会論文誌、53-B 24

農林水産省納め多良岳開拓水管理システム

角田 逸郎*・三浦 望**・大石 將之***・竹本 肇***

1. ま え が き

近年、水に対する需要の増加は著しく、用水の確保とその有効利用が重要な課題となっているが、農業分野においてもこの対策は種々な形で試されている。

このシステムが対象としている地区は、佐賀県の最西南部に位置する通称多良岳山鹿台地と呼ばれる一帯で、その受益面積は742haである。この地区の主要作物はみかんであるが、その用水確保のため少量の水を年間にわたって集水し用水に充てているが、これらの水は既設ため池をかさ(嵩)上げし、浜川からの少量の水を年間を通じて導水したり、地区内に7か所の井戸を掘り必要時に揚水するなどである。このシステムは、これらの用水源及び導水・配水について、無線回線を用いて下記のことを行っている。

- (1) 取水源であるため池水位及び貯水量の監視
- (2) 頭首工からの導水量及び各ため池への配水量の監視
- (3) 揚水ポンプの制御と監視
- (4) 畑、水田、河川放流バルブの制御
- (5) 導水パイプに空気が混入するのを防止するための優先伝送と緊急シャ断制御
- (6) 導水パイプの破裂監視

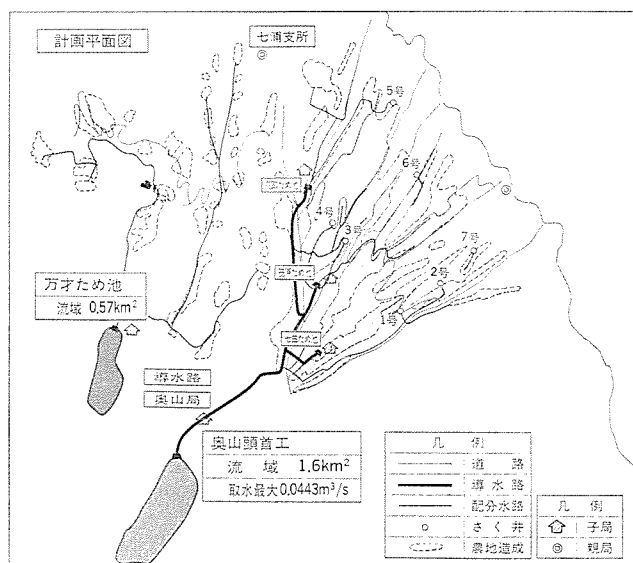


図 1. 多良岳開拓計画概要図

2. システム計画

2.1 概 要

この地区は、常時干ばつ地区で水利機構も複雑であり、施設後の維持管理も併せて考える必要がある。すなわち、前者に対しては、水利機構を明確にした上でシステム化すべき範囲、対象を決定する。後

者については、国が施設した後は、地元の土地改良区の管理となるので維持管理費があまりかからないものとしなければならない。

一方、水管理システムは、従来の「水番」と呼ばれる巡回員による管理とは大幅に異なるため、地元の要求も取り入れる必要があり、これらが調和して始めてシステムが有効にか(稼)働することになる。

2.2 水系システム化の検討

(1) 水利機構

この地区の水利機構は複雑であり、概略下記のようになっている。

- (a) 受益地は、用水補給として(ア)浜川及び井戸に依存する第1ブロック、(イ)万才ため池に依存する第2ブロック、(ウ)地区内井戸に依存する第3ブロックに分けられる。
- (b) 上記の内、第1ブロック及び第2ブロックが主体となって管理システムを構成している。
- (c) 特に第1ブロックについては、浜川から3つの各ため池への遠大な導水パイプが施工されており、各ため池に通じている。ため池からは直接配水する系と、いったん揚水ポンプにより配水池に上げられた後、配水する系がある。
- (d) また、第1ブロックについては、用水が不足すると井戸によりため池へ補給する。

以上のように、この地区は3つのブロックにより複雑な水利機構となっている。

(2) 水利施設の運用について

ここで検討すべき点は、これらの水利施設をいかにしてシステム化すべきかということであるが、基本的な問題として下記事項がある。

(a) 導水パイプへの空気の混入について

この水系は図2に示すような水利系統になっており、導入パイプは水压を減らすために減圧水槽で圧力を抜いている。ところが、減圧水槽はディスクバルブ方式で水そう(槽)内水位を一定に保つ方式としているが、第1減圧水槽については浜川頭首工の近くにあり、導入口が林の中にあるため、常に落葉による目詰まりを起こす危険があり、これが原因で減圧水槽水位が低下して空気を吸込む危険性がある。したがって、第1減圧水槽の水位及び導水量の監視

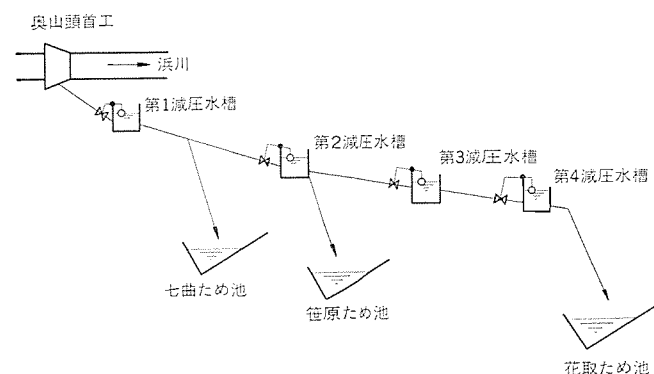


図 2. 水利系統図

は必要で、特に減圧水槽の水位が危険水位となれば、導水バルブを全閉とする自動制御系が必要となってくる。

(b) 導水パイプの破裂について

現在、パイプ破裂を早急に検出する手段はない。しかし、何らかの方法で検出する必要がある、このシステムでは、パイプが破裂すると幹線の流量に変化が起きることを条件に、幹線流量の前回計測値との比較を行い、その変化率が大きいとパイプ系に異常が起きているものと判断することとした。

(c) ポンプ場の運用について

ポンプ場は、配水槽水位との連動自動運転となっている。これらの管理費の節約という点から遠方-現場切換スイッチを設け、遠方から制御することとした。ただし、地下水を揚水するポンプは、その操作ひん(頻)度から日単位以上となることが多く、現場にて手でスイッチの入・切を行うことにした。

(d) バルブの運用について

配水系のバルブについては、河川放流バルブとか水田放流バルブはよく使用するので、中央から遠方制御の対象とする。同様に各ため池に流入する導水バルブについても、浜川からの流入を分配する目的で遠方制御を行うこととした。

(e) 雨量の計測について

雨量計測は、日常の配水量と密接な関係がある。ここでは、面積が比較的狭いので地区内に1か所の雨量観測を行うこととした。

2.3 システム設計

(1) 伝送回線(図3.)

伝送回線の選択は1か所の中央管理所(MS)と多数の被監視制御局(RS)を結ぶ重要な検討テーマであり、①システムのレスポンス、②施設

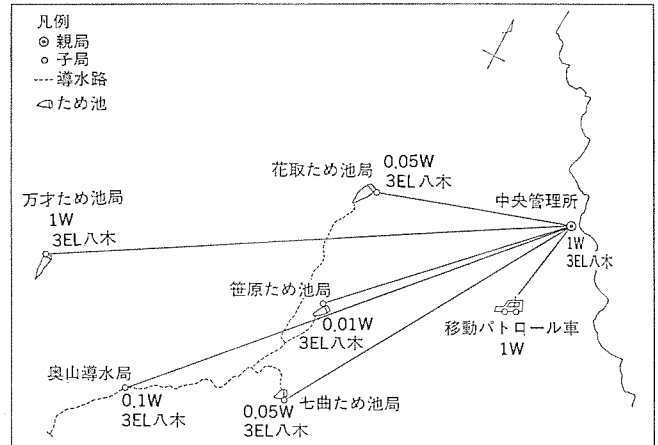


図3. 回線系統図

表1. 管理項目表

子局名	孫局	管理項目	子局／現場			中央管理所					検出器 形名	凡例
			制御 (手動)	表示	積算	表示			記録	制御 (手動)		
						常時表示	状態表示	警報表示				
奥山 導水局		減圧水槽水位		A		D3		○	○	○	静電容量式	L：ランプ A：アナログ D3：デジタル3桁 D4： " 4桁 D6： " 6桁 D3/D6：切替表示 ○(積)：積算値
		取水流量		A	D6	D3/D6		○	○(積)	○	電磁式 200φ	
七曲 ため池局		池水位		A		D3		○	○	○	投込式	
		水田流下量		A	D6	D3/D6		○	○(積)	○	電磁式	
		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
		畑かん自然流下量		A	D6	D3/D6		○	○(積)	○	電磁式 100φ	
		七曲水槽送水量		A	D6	D3/D6		○	○(積)	○	〃 250φ	
		〃送水ポンプ	運転／停止	L			L			○	運転／停止	
	七曲 導水局	ため池水中ポンプ		L			L			○		
		導水流量		A	D6	D3/D6		○	○(積)	○	電磁式 200φ	
		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
笹原 ため池局		池水位		A		D3		○	○	○	投込式	
		畑かん自然流下量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 200φ	
		河川自然流下量		A		D3/D6		○	○	○	〃 250φ	
		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
		直接自然流下量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 200φ	
		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
		七曲水槽送水量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 150φ	
		〃送水ポンプ	運転／停止	L			L			○	運転／停止	
		笹原水槽送水量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 250φ	
		〃送水ポンプ	運転／停止	L			L			○	運転／停止	
	笹原 導水局	ため池水中ポンプ		L			L			○		
		雨量			D4	D4			○		転倒ます形	
		導水流量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 200φ	
		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
花取 ため池局		池水位		A		D3		○	○	○	投込式	
		畑かん自然流下量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 200φ	
		河川自然流下量		A		D3/D6		○	○	○	〃 350φ	
		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
		花取水槽送水量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 350φ	
		〃送水ポンプ	運転／停止	L			L			○	運転／停止	
	花取 導水局	ため池水中ポンプ		L			L			○		
		導水流量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 100φ	
万才 ため池局		〃バルブ	開／閉	L			L			○	開／閉	
		池水位		A		D3		○	○	○	投込式	
		畑かん自然流下量		A		D3/D6		○	○	○	電磁式 300φ	
		河川下流放流量		A		D3/D6		○	○	○	〃 200φ	

費及び維持費、③運用性などと関係し、その地区にあった回線を選択しなければならない。

このシステムでは、①山岳地帯ではあるが無線回線が構成できる、②常時伝送のようなクイックレスポンスを要しない、③施設費が極めて安価である、などの理由から無線方式を採用することとした。

(2) 管理項目

前述したようにこのシステムでは、水位、流量などの監視及びポンプ・バルブの制御などを行うもので、その管理項目をあげると表 1. に示すとおりである。

(3) 優先伝送

前述したように第1減圧水槽には落葉樹などで目詰まりを起こし、水位が低下して空気混入の恐れが多分にあるので、この系統に関しては、特に子局側から自動的に発信して優先伝送を行い、緊急に各ため池への導水バルブをしゃ断することとした。

(4) バルブ

導水バルブについては、制御性のよいボール弁を、その他はパタフライ弁とした。

(5) 管理体制

常時ワンマンコントロールがとれることを条件にシステムの設計を行った。したがって管理員が1人であって移動パトロール車で出かけても、その間におきた異常情報の記録及び自動緊急しゃ断指令などでその留守を補うように考慮した。

2. 4 システムの特徴

このシステムあるいは水系の特徴として下記のものがあげられる。

(1) かんがい用水源は、浜川上流に頭首工を築造し、ここから導水して幹線に3か所のため池を、別系に1か所ため池を造って貯水し、更に7か所のさく井を行い、年間を通じて集水する貴重な水である。したがって特に用水の有効利用を図る必要がある。

(2) この管理システムは、これら水利施設の監視及び制御を中央管理所から無線回線を介して行うもので、マイクロコンピュータ《MEL-FLEX-400》2台を駆使し、回線制御等以下の各種データ処理を行う。

(a) 第1減圧水槽の取水流量、水位計測

(b) 各ため池の導水流量(万才ため池は除く)の計測及びバルブ制御

(c) 各ため池から下流河川、水田への放流量の計測と制御

(d) 各ため池(万才は除く)ポンプ場から配水槽への揚水量、畑かん配水量の計測

(e) 各ため池ポンプ場の監視、ポンプの遠隔運転・非常停止指令

(f) パイプへの空気混入防止には、下記の手段を講じている。

(i) 中央管理所において、導水量、取水量、水位等からパイプへの空気混入時間の予測を行い、警報、印字を行う。

(ii) 第1減圧水槽水位低下による子局自動発信方式(優先伝送方式)を採用している。

(iii) (ii)に関しては水位下限異常にて、各ため池への導水バルブを自動的に緊急しゃ断して事故防止を図っている。

(g) 導水パイプ破裂を検出するために、導水量の前回計測値と今回計測値との変化率を演算している。

(h) 監視操作卓上に水系模式図を描き、要所にデジタル表示器、警報表示用発光ダイオードを配置し、水系を常時監視し、ワンマンコントロールが可能に設計している。

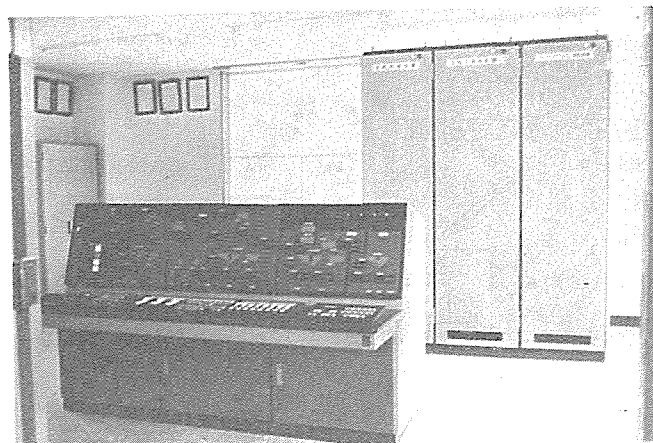


図 4. 中央管理室

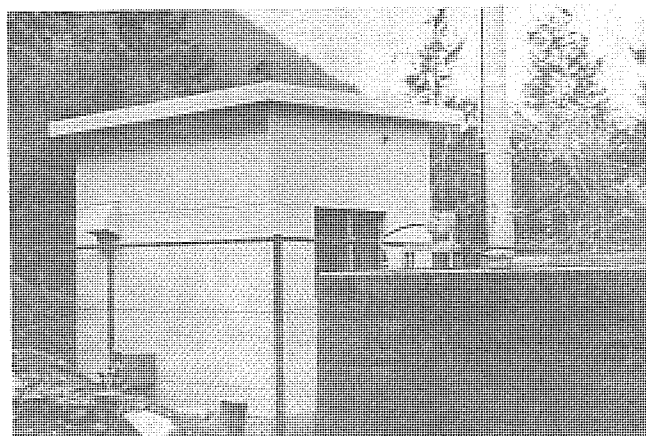


図 5. テレメータ子局

3. 集中管理設備

3. 1 システム構成と系統

このシステムは頭首工、各ため池、井戸から成る水源施設をより安全に適正に運用することを目的に、各ため池局にテレメータ・テレコン装置を設置し、ポンプ・バルブの遠方制御を行い、また第1減圧水槽にテレメータ局を設置し、常時水位と流入量を監視している。システム構成は下記のとおりである。

(1) 中央管理所(土地改良事務所)	1 か所
(2) テレメータ・テレコン局(各ため池)	4 か所
(3) テレメータ局(第1減圧水槽)	1 か所
(4) 移動パトロール車	1 台

図 4. に中央管理室内部を、図 5. にテレメータ局舎を示す。また図 6. にこのシステムの系統図を示す。

3. 2 情報伝送方式

この地区では山岳地帯のため伝送回線として無線方式を採用し、1:N形のポーリング方式とした。呼出周期は30分、1時間、3時間、6時間の4段階の選択及び任意時の呼出し選択が操作卓押ボタンにより可能である。また制御については緊急時の自動しゃ断制御の外、任意時に制御できるようにしている。主な伝送方式を記載すると下記のとおりである。

(1) 通信方式	ポーリング方式
(2) 信号方式	パルスコード方式
(3) 符号化方式	ON・OFF等長符号方式

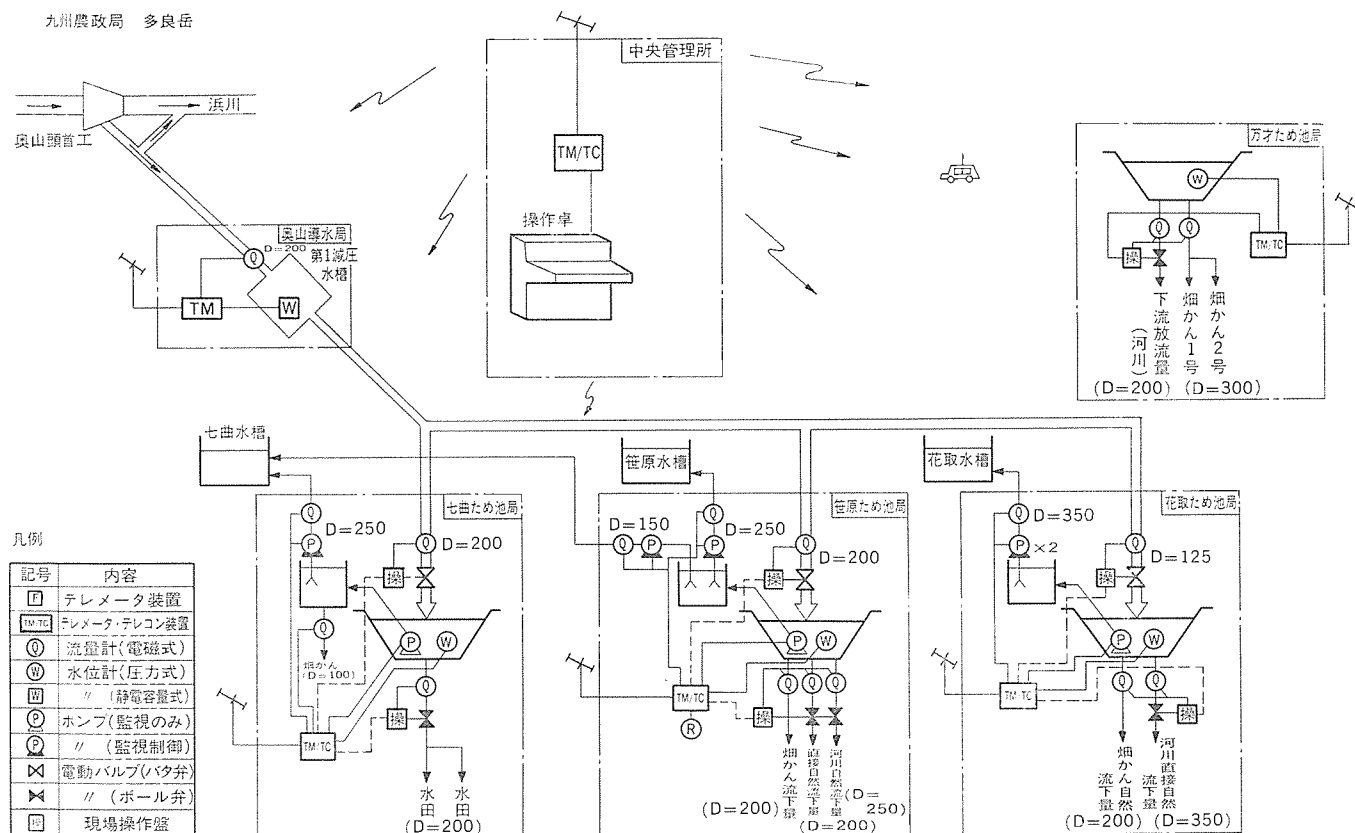


図 6. システム系統図

- (4) 符号方式 隣接位相反転照合方式
 (5) 同期方式 ワード同期方式
 (6) 誤り制御方式 隣接位相反転照合+パリティ検定
 ただし制御時には定マーク検定を付加
 (7) 伝送速度 200ビット/秒
 (8) 中心周波数 親局→子局 1,200 Hz (CH 2)
 子局→親局 1,600 Hz (CH 3)
 (9) 優先順位 優先順位は、緊急しゃ断制御、個別制御、
 自動データ収集、個別データ収集の順に低くなる。

3.3 情報処理方式

中央管理所では、マイクロコンピュータを内蔵した情報演算装置を設置して、下記の処理を行い各種情報の提供、管理データの蓄積と省力化を図っている。

- (1) テレメータ処理
 (a) データ読込 テレメータデータの読込み、格納
 (b) データ検定 BCD検定, SVチェック等
 (c) 欠測処理 テレメータ局の欠測処理
 (2) データ処理
 (a) 積算処理 雨量, 流量について, 時・日・月・年等の積算
 (b) 上下限值チェック 流量・水位についての上下限值処理
 (c) 故障監視 ポンプ・バルブの故障監視処理
 (d) 最大・最小・平均処理 流量・水位についての最大・最小・平均処理
 (e) 演算処理

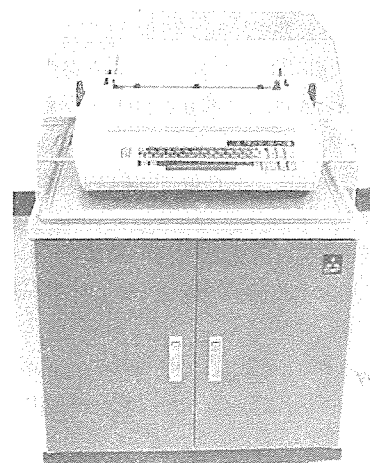


図 7. タイプライタ

(i) 水収支演算 (パイプ破裂発見)

取水流量と導水流量の合計値とのバランス演算処理を行い、このバランスがあらかじめ定められた範囲を逸脱するとと警報を発生する。

(ii) 予測演算 (パイプへの空気混入防止)

第1減圧水槽において、その水位を監視し、取水量及び導水流量の関係により、水槽水位があらかじめ設定された危険水位になる時間が、ある設定時間以下になれば警報を発生する。

(iii) 変化幅演算 (パイプ破裂発見)

取水流量又は導水流量について、前回値と今回値との変化幅計算を行い、その値があらかじめ設定された値以上となれば警報

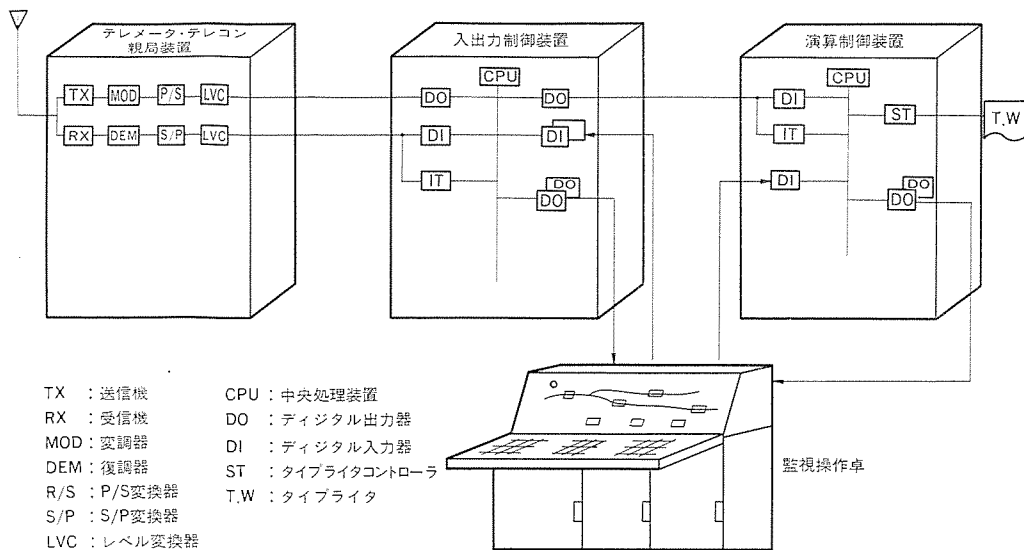


図 8. 親局機器構成図

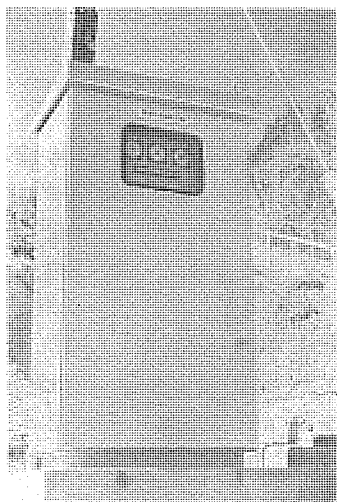


図 9. 現場計装盤

を発する。

(iv) 水位・貯水量演算

各ため池において貯水位から H-V 曲線によって貯水量に換算する。

(f) 作表記録

1 台のタイプライタ (図 7.) で下記の記録を行う。

(i) 時報・日報・月報・年報の作成

毎定時に時報, 1 日の最後に日最大・最小・平均の日報を, また, 月・年の最後に各々累計を記録する。

(ii) 故障記録

バルブ・ポンプの故障及び前項 (e) (i) (ii) (iii) の結果について, その発生ごとに記録する。

3. 4 システム構成機器

(1) 親局機器構成

図 8. に親局機器構成図を示す。

(a) テレメータ・テレコン 親局装置

この装置からの呼出し, 指令により各子局は応答し, 無線機, 変復調器, 並列-直列変換器, 直列-並列変換器より構成される。

(b) 入出力制御装置

この装置は親局機能の中心であり《MELFLEX-400》(マイクロコンピュータ)を使用し, 監視操作卓, テレメータ・テレコン親局装置とのインタフェース及び次に述べる演算制御装置へのデータ転送を行っている。テレメータ制御, テレコン制御, 入力データチェック, スケール変換, 瞬時値の監視操作卓への表示を行う。

(c) 演算制御装置

この装置も《MELFLEX-400》を使用し, 入出力制御装置から受けたデータについて種々の演算を行い, 監視操作卓へ

の積算表示, 各種データ処理を行う。

(d) 監視操作卓

表示面に水系模式図及び表示器を取付け, 操作面にはテレメータ制御部, バルブ・ポンプ制御部, 各種設定部, 各種表示部等を設けすべてのマンマシンインタフェースをここで行う。

(2) 子局機器

(a) テレメータ及びテレメータ・テレコン装置

親局からの呼出局番と自局局番の照合を行い, 一致した場合に自局データの送出あるいは親局指令による制御を行う。

(b) 電磁流量計

このシステムの流量計は口径が小さいこと, バルブと直結して使用することなどからすべて電磁流量計を使用している。

(c) 水位計

第 1 減圧水槽水位計には取付けの容易な静電容量式, 各ため池水位計測には測定スパンの長いこと, 安価であることなどから投込式水位計を使用している。

(d) 現場操作盤 (図 9.)

電動バルブのリレーケース, 電磁流量計などを収容するために屋外形の現場操作盤を各現場に設置している。

(e) 電動バルブ

各ため池への導水バルブは制御特性のよいボール弁を, その他は安価で使い易いバタフライ弁を使用している。

(f) 雨量計

1 mm 雨量・転倒の転倒す雨量形を使用している。

4. む す び

以上, 多良岳開拓水管理システムの概要について述べてきたが, このシステムは, 開拓地区であって中小規模であることから, 国営, 県営あるいは団体営においても類似の地区が多いと思われるので, そういった地区で集中管理システムを計画される場合, 1 つの参考例として参照いただければ幸いである。終わりにあたり, この管理システムの計画, 施工にご指導ご協力いただいた多良岳開拓事業所, 土地改良区その他関係各位に深く感謝する次第である。

2極空気冷却タービン発電機の新シリーズ

森崎 博*・舟橋 仁人*・村井 幸雄*

1. ま え が き

2極空気冷却タービン発電機は、簡潔な構造、高い信頼性、容易な保守点検などの特長が生かされて、あらゆる分野に広く使用されてきた歴史の長い機械である。

当社では1908年に我が国における第1号機を完成して以来今日まで、実に750台にも及ぶ2極空気冷却タービン発電機を製作納入しており、その出力の合計は15,000 MVAに達しようとしている。これは先に述べた特長が、市場動向、需要家の要求に十分適合し受け入れられてきたことを裏付けるものである。

一方、絶縁や冷却方式の改良など製造技術の進歩により、発電機の単機容量も逐次増大し、単機容量で120 MVA級の製作も可能となっている。図1.は当社における単機容量増加の推移を示している。

また、ブラシレス励磁方式の出現により保守点検は一段と容易になり、大容量機に至るまでオーバハング形ブラシレス励磁方式を採用することによって、機械の小形軽量化も実現できた。

更に、発電機効率についても従来空気冷却方式ではある程度低くてもやむを得ないと考えられがちであったが、最近では省エネルギーの観点より高効率化が求められ、特に大容量機になるとその要求が厳しい。これに対して当社では通風方式や使用材料の検討により大容量・高効率の発電機が製作可能となった。この結果、2極空気冷却タービン発電機の需要は今後ますます伸びて行くものと思われる。

以上のような豊富な実績と技術力をベースとして、当社ではJEC-114をはじめとする諸規格の改訂を機に、旧シリーズの見直しを行い2極空気冷却タービン発電機の新シリーズを完成したので、その概要を紹介し各位のご参考と供したい。

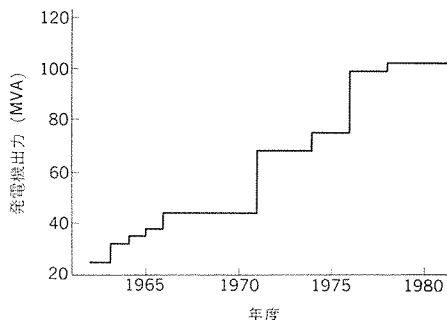


図1. 2極空気冷却タービン発電機の単機容量の推移 (当社実績)

2. 新シリーズ発電機の概要

2.1 新シリーズの特長

当社は従来より需要に即した2極空気冷却タービン発電機の新シリーズを進めてきた。その結果製作実績では国内外メーカーの中で上位を確保している。このような従来の確立したシリーズに加え、近年のエネルギー情勢にかんがみ、大容量化、高効率化の要求に応えるため、

当社は新たに大容量2極空気冷却タービン発電機の新シリーズ拡張をはかり、中小容量機をも含めて新シリーズ化を実施した。

新シリーズの設定にあたっては、従来空気冷却機の特長として認められてきた(1)高信頼性、(2)容易なる運転性、(3)保守点検の容易性、(4)経済性などの利点を生かしながら、水素冷却機にそん色ない高効率を得ることを目標とした。

2.2 高信頼性

単機容量の増大に伴い重要機器の使命として、一層の高信頼性を要求されることになる。新シリーズ機は次に示すように使用材料、絶縁処理にも考慮を払い、信頼性の向上を図っている。

軸材： 特殊炭素鋼又は合金鋼を使用している。特に大容量機用にはクロムの含有量を増して遷移温度を低めた鍛造合金鋼を使用し、寒冷地での運転や急速起動など過酷な使用条件にも十分対応できるようにしている。

絶縁： 固定子コイルには従来より好評を得ているダイラステックエポキシ絶縁を施している。この絶縁は高圧用F種として既に豊富な実績を有し、その高い信頼性が実証されている。また、ブラシレス励磁機の絶縁もすべてF種を採用し、主機との協調を図っている。

2.3 高効率化

新シリーズでは効率向上のために機械損(風損)及び漂遊負荷損(リチニグリング部のうず電流損)を低減する諸改良を行った。

空気冷却機は水素冷却機に比較して風損が大きく、これが効率低下の主因となっている。風損は回転子体格、回転子周速、回転子表面の形状に大きく影響されるので、これを減らすためには回転子を小形化するのが有効であり、このためには回転子冷却効果の向上を図る必要がある。今回の新シリーズ化にあたっては、冷却効果の向上をねらって回転子の直接冷却方式として、ラジアルベンチレーションタイプを採用することとした。この冷却方式は回転子の導体をダイレクトに空気で冷却するため、その発生熱損失を有効に奪い去ることができる。更に、回転子表面は可能なかぎりスムーズな形状に仕上げ、摩擦係数の低減をはかるとともに効率のよい冷却ファンを採用して機械損低減の効果をあげている。

また、コンパクト化したオーバハング形ブラシレス励磁機の採用は、従来の軸受付直結形に比べ機械損は半減し、高効率に大きく寄与しており、発電機自体の小形化とあいまって低騒音化への要求をも満たすものである。したがって旧シリーズの間接冷却方式に比べ同一出力の発電機の小形化と同時に高効率化が達成できる。特に軽負荷時の効率向上が顕著である。

その他大容量機では、固定子コイルエンドの漏れ磁束による漂遊負荷損の占める割合が大きくなるので、その低減のため漏れ磁束の磁気回路の一部を形成する回転子のリチニグリングに、非磁性鋼を使用することにより大きな効果を得ることができた。

また、積層した固定子扇形コア板を両端から締付けるクランプに、けい素鋼板を使用し固定子コイルエンド部の漏れ磁束による損失も軽減している。

例として、70 MW 級、60 Hz 機の新旧シリーズにおける全損失及び効率の比較（当社比）を図 2. に示す。

2. 4 適用規格と標準仕様

タービン発電機の需要の増加、市場の拡大、技術の進歩に伴い、各国の規格の改訂が最近とみに著しい。当社はこれらに迅速に対応し、その要求をいち早く新シリーズに反映させた。したがって、国内規格 JEC-114 以外の各国規格にも幅広く対応できる。表 1. に最新の各国規格の主要項目対照表を示す。

また、新シリーズ発電機の標準仕様の 1 例を表 2. に示す。標準仕様の設定にあたっては、その出力 (MVA) の段階を比較的小刻みにし、需要家の要求に対しでき得る限り経済的な発電機を供給できるように留意している。表 2. はこれらの中の代表的な出力のものを記載している。

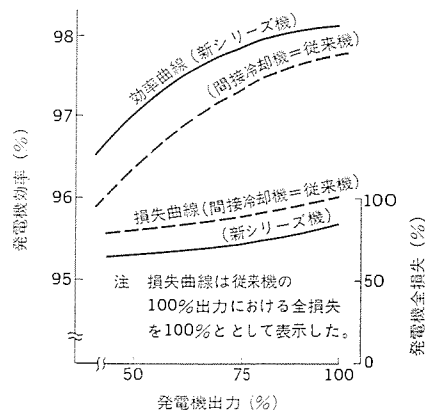


図 2. 全損失及び効率の比較(当社比)
(70 MW 級、60Hz 機の例)

表 1. 2 極円筒形空気冷却タービン発電機に関する各国規格の主要点比較

			JEC-146 (1976) JEC-114 (1979)	ANSI C50-10 (1977) ANSI C50-13 (1977)	ANSI C50-14 (1977)		BS-4999 (1972) BS-5000-2 (1973)		IEC-34-1 (1969) IEC-34-3 (1968)			
温度上昇限度 (deg. C)	絶縁クラス		B	F	B	F	B	F	B	F		
	発電機	固定子巻線 (E)	80	100	70	90	95	115	80	100	80	100
		" 鉄心 (T)	80	100	70	90	95	115	80	100	80	100
		回転子巻線 (R)	90	110	85	105	110	130	90	110	90	110
	励磁機	電機子 (R)	80	100	80	100	105	125	80	100	80	100
界磁 (R)		80	100	80	100	105	125	80	100	80	100	
銅損計算時の規準温度 (℃)			75	115	95	115	95	115	75	115	75	115
注 (E) : 埋込温度計法, (T) : 温度計法, (R) : 抵抗法												
冷却空気温度 (℃)			40	40	15	40	40					
短絡比			—	—	—	~63MW 0.47 (最小) 63.1~125MW 0.42 (最小)	0.47 (最小)					
次過渡リアクタンスXd''			—	—	—	—	10% (最小)					
過速度耐量			115% (2分間)	120% (1分間)	120% (1分間)	120% (2分間)	120% (2分間)					
耐圧試験	印加電圧値 (工場内)	電機子巻線	1. ~9999kW/kVA : 2E+1000 (最小1500V) 2. 10000kW/kVA ~ : E = ~2000V : 2E+1000 E = 2001~6000V : 2.5E E = 6001V ~ : 2E+30000	2E+1000	2E+1000	1. ~9999kW/kVA : 2E+1000 (最小1500V) 2. 10000kW/kVA ~ : E = ~2000V : 2E+1000 E = 2001~6000V : 2.5E E = 6001~17000V : 2E+3000 E = 17001V ~ : 別途協議	1. ~9999kW/kVA : 2E+1000 (最小1500V) 2. 10000kW/kVA ~ : E = ~24000V : 2E+1000 E = 24001V ~ 別途協議					
		界磁巻線	10Ex. (最小1500V) 最大5000V	10Ex. (最小1500V)	10Ex. (最小1500V)	10Ex. (最小1500V) 最大3500V	10Ex. (最小1500V) 最大3500V					
	印加条件	時間	1分間	1分間	1分間	1分間	1分間					
		周波数	商用周波数	25~60Hz	25~60Hz	25~100Hz	商用周波数					
		波形	できる限り正弦波に近いもの	波高率 =1.414	波高率 =1.414	波高率 =1.45	できる限り正弦波に近いもの					
瞬時過負荷耐量		固定子	—	130% 1分間	130% 1分間	150% 15秒間	150% 15秒間					
		回転子	125% 1分間	125% 1分間	125% 1分間	150% 15秒間	150% 15秒間					
不平衡負荷耐量		短時間	1 1/2 t ≤ 30	1 1/2 t ≤ 30	1 1/2 t ≤ 30	1 1/2 t ≤ 30 (20-直接冷却の場合)		—				
		連続	10%	10%	10%	30% (25% - ")		8%				

JEC-146 : 電気学会 電気規格調査会標準規格「回転電気機械一般」

JEC-114 : " 「同期機」

ANSI C50-10: American National Standard, General Requirements for Synchronous Machines

ANSI C50-13: Do., Requirements for Cylindrical Rotor Synchronous Generators

ANSI C50-14: Do., Requirements for Combustion Gas Turbine Driven Cylindrical Rotor Synchronous Generators

BS-4999 : British Standard Institution, General Requirement for Rotating Machines

BS-5000-Part 2: Do., Specification for Rotating Electrical Machines of Particular Types or for Particular Applications, Part 2-Turbine-type Machines

IEC-34-1 : International Electrotechnical Commission, Rotating Electrical Machines, Part 1-Rating and Performance

IEC-34-3 : Do., Rotating Electrical Machines, Part 3-Ratings and Characteristics of Three-phase, 50Hz Turbine-type Machines

表 2. 新シリーズタービン発電機の標準仕様

標準仕様	規格 JEC-114 率 0.80, 0.85, 0.9 発電機絶縁種別 B種またはF種 短絡比 約0.5 励磁方式 オーバハングブラシレス励磁方式 励磁機絶縁種別 F種						
50Hz, 3000rpm, 0.8PFの場合	出力		電圧	主要寸法 (m)			全重量 (トン)
	MVA	MW	kV	W	H	L	
	5	4	3.3/6.6	3.2	1.7	4.1	21
	10	8		3.6	2.0	4.7	32
	20	16		4.0	2.7	5.8	52
	30	24		3.2	2.9	6.4	64
	40	32		3.4	3.2	6.8	89
	50	40	11/13.8	3.4	3.2	7.4	99
	60	48		4.0	3.5	7.5	129
	70	56		4.0	3.5	8.0	138
	80	64		4.1	3.8	8.2	165
	90	72		4.1	3.8	8.6	177
	100	80		4.3	4.0	8.8	199
	110	88		4.3	4.0	9.2	214
	120	96		4.3	4.0	9.6	228
60Hz, 3600rpm, 0.8PFの場合	出力		電圧	主要寸法 (m)			全重量 (トン)
	MVA	MW	kV	W	H	L	
	5	4	3.3/6.6	3.2	1.7	3.9	20
	10	8		3.2	1.7	4.6	27
	20	16		3.7	2.1	5.4	46
	30	24	11/13.8	3.2	2.9	6.0	57
	40	32		3.2	2.9	6.6	67
	50	40		3.4	3.2	6.9	90
	60	48		3.4	3.2	7.4	99
	70	56		4.0	3.5	7.4	127
	80	64		4.0	3.5	7.8	134
	90	72		4.1	3.8	8.0	159
	100	80		4.1	3.8	8.4	171
	110	88		4.3	4.0	8.5	188
	120	96		4.3	4.0	8.8	199

L

W
H

全閉内冷空気冷却器付

3. 新シリーズ発電機の構造と使用材料

3.1 固定子

フレームは小形軽量化と強度の増加を図るため、鋼板溶接式を採用し

ている。発電機内の通風方式は、固定子鉄心のエアダクトを冷却空気の入取部及び排出部の数群に分けた、いわゆる複式放射通風を標準としている。このためフレーム内部は数室に分割され、冷却風路を構成する仕切板、通風管などはフレームの補強を兼ねるよう有効に組合された構造となっている。(図3. 参照)

また、2極特有の2倍周波の固定子鉄心振動も大容量機では無視できないため、これを外部に伝達させないように鉄心とフレーム間に振動吸収のための弾性支持装置を設けている。

固定子コイルにはダイヤラスティックエポキシ絶縁を採用し、コイル端部は短絡時の強大な電磁力にも耐えられるように、強固な支持構造を備えている。なお、これら支持構造の機械的強度及び効果は工場テストにより十分検証されている。

3.2 回転子

回転子軸材料としては、前述のように単一鍛鋼の特殊炭素鋼、又はクロムリッチの合金鋼を使用している。

回転子及びその部品は、高速回転機である2極タービン発電機の生命を左右するものである。したがってこれらには特別な注意を必要とし、素材及び製造工程を含め厳重な品質管理を行っている。図4. に主要部品の品質管理工程を示す。なお、軸材の中心穴については、その製造技術の進歩により、客先要求又は非破壊検査による製造時の欠陥などが無い限り設けないことにしている。

回転子の冷却方式としては従来の間接冷却方式に代わって、大容量機では直接冷却方式のラジアルベンチレーションタイプを採用している。図5. に間接冷却方式、図6. に直接冷却方式の回転子スロット内の通風説明図を示す。直接冷却方式は図でわかるように、回転子コイルを冷却空気ですべて直接冷却するため、冷却効果を大幅に向上できる。したがって、回転子が小形化され、高効率化が達成できることは前述のとおりである。

回転子スロット歯部は、最も大きな応力を生じる部分であるが、いずれの断面においても規定過速度における応力が、材料の降伏点に対し十分余裕があるように設計されている。また、回転子スロットに

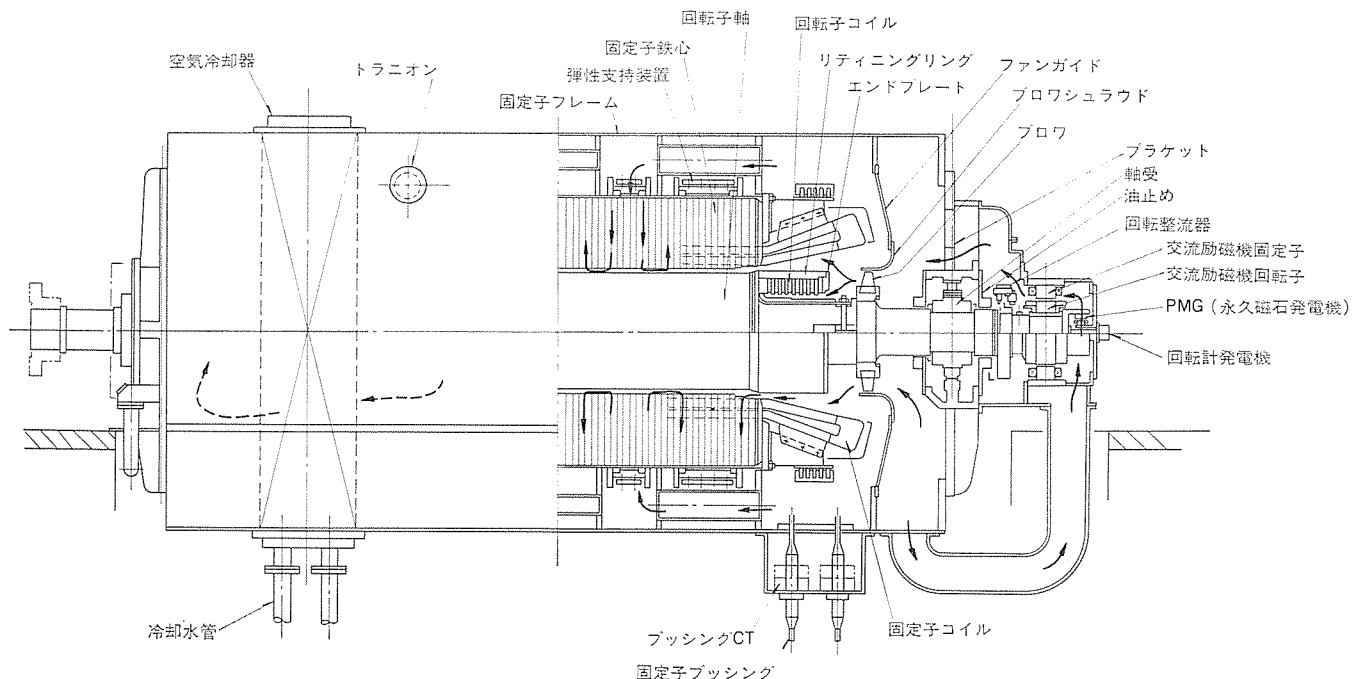


図 3. 2極空気冷却タービン発電機組立断面図

部品名	工程
回転子軸	焼結 → UT → 粗削 → UT → 調質 → UT → 材試 → 機工 → PT → 機工 → PT
リティニングリング	焼結 → UT → 粗削 → UT → 調質 → UT → 材試 → UT → 機工 → PT
エンドプレート	焼結 → UT → 粗削 → UT → 調質 → UT → 材試 → UT → 機工 → PT
ロータウェッジ	押出 → UT → PT → 材試 → UT → 機工 → PT
ブロウブレード	鍛造 → 材試 → 機工 → PT → X線
軸受	鍛造 → 機工 → ホイット座 → 機工 → UT → PT

○◇ 材料製造工程 ○◇ 部品製作工程
 UT：超音波探傷試験 PT：染色探傷試験 SP：サルファプリント

図 4. 主要部品の品質管理工程

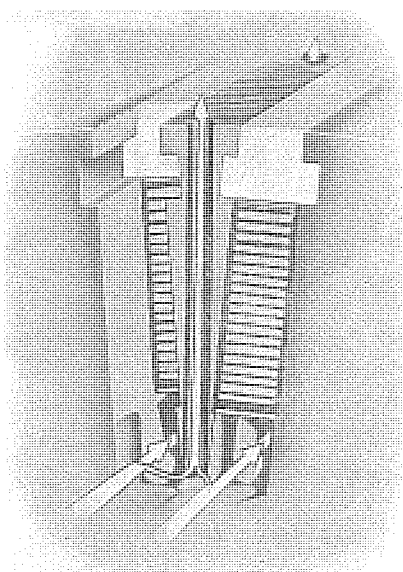


図 5. 間接冷却方式

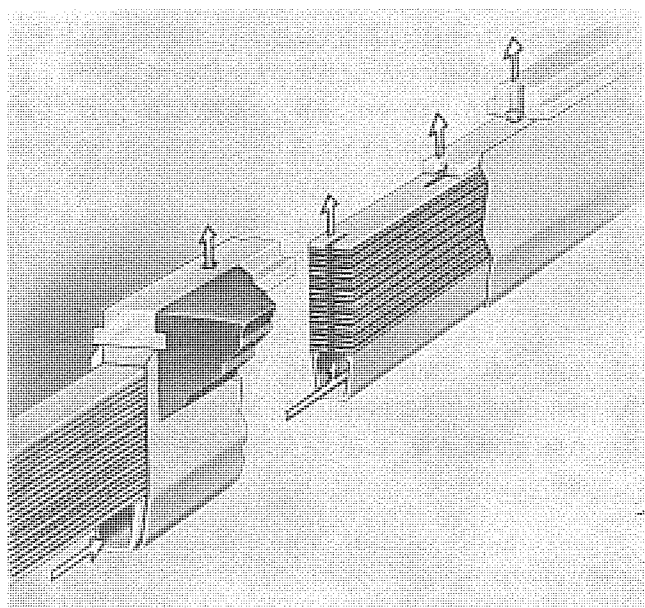


図 6. 直接冷却方式

より、極中心及び極間中心での断面慣性モーメントが異なることになり、いわゆる非対称軸による軸振動の原因となるため、磁極部分（極中心）には軸方向と直角に数個の半円形切欠き溝（クロスロット）を設けて、振動の発生を防止している。

回転子コイル端部のコイル押えリング（リティニングリング）には、ニッケルクロムモリブデン鋼を用い、コイル端部部をその強大な遠心力から保護している。なお、前述のように大容量機には非磁性鋼のリティニングリングを採用している。

3.3 回転子支持方式（軸受）

回転子支持方式はすべてブラケット形を採用し、輸送、据付けを簡単にしている。軸受とブラケットの間は、軸のたわみを吸収させるため球面当たりとし、軸受はすべて強制給油方式のスリーブ軸受としている。ブラケットの剛性については、各サイズごとに加振テストを行い、支持系全体の諸特性をは（把）握するなど、軸受まわりの設計にも細心の注意を払っている。また、軸電流防止のため、軸受とブラケットの間は絶縁されている。油切り部には、圧力空気を発電機本体から導く、エアシール方式を採用し、油漏れ防止のため万全を期している。

発電機の軸振動監視用として、ブラケットには軸振動を直接検出する接触形振動計や軸受台振動検出器のほか、非接触形軸振動計も取付けられるようにしている。

3.4 空気冷却器の配置

全閉形2極空気冷却タービン発電機の空気冷却器配置方式として、発電機基礎内に通風路を構成し空気冷却器を基礎内に設置する基礎置き形と、発電機固定子側面に配置したサイドマウント形がある。

新シリーズでは、サイドマウント形を採用したので、基礎高さが低くなり、基礎工事も簡単になった。更に、空気冷却器の運転監視や保守が発電機運転床面できるようになった。大容量機では、空気冷却器を4個に分け、たて形として固定子の四すみ（隅）に配置している。

3.5 ブラシレス励磁装置

図 7. に ブラシレス励磁機の基本原理解を示す。整流回路は3相全波整流回路を採用している。ブラシレス励磁方式の特長として（1）高信頼性、（2）保守点検が容易で経済的、（3）火花などによる通信誘導障害がない、などがあげられる。

当社は、ブラシレス励磁方式を標準として採用しており、その納入実績は260台を越えている。なお、新シリーズではすべてオーバハング形ブラシレス励磁機を採用している。オーバハング形も既に50台ほどの納入実績があり、従来のものに比べ次のような長所がある。

- （1）機械損半減による効率向上と騒音低下。

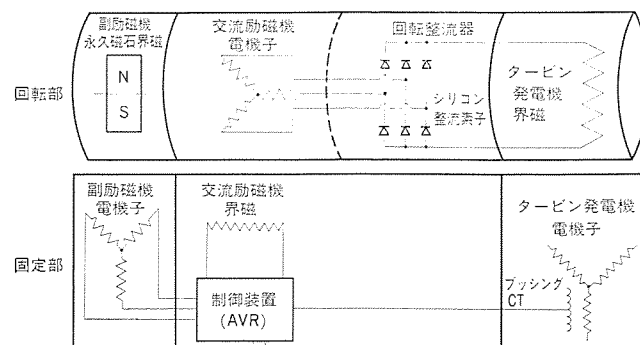


図 7. ブラシレス励磁機原理図（PMG 付）

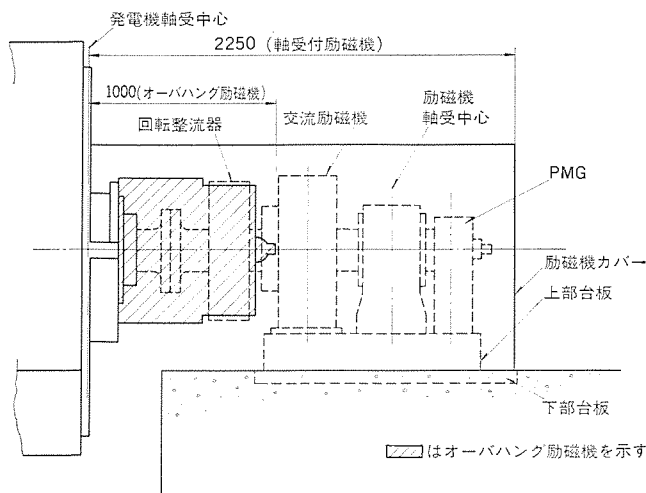


図 8. 軸受付励磁機とオーバハンク励磁機の寸法比較
(80 MVA 級用の例)

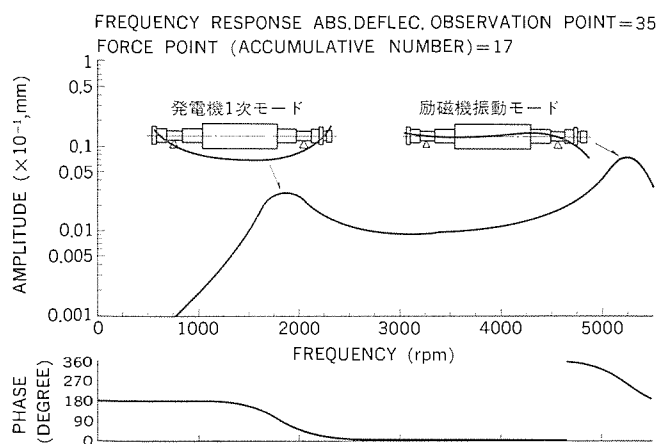


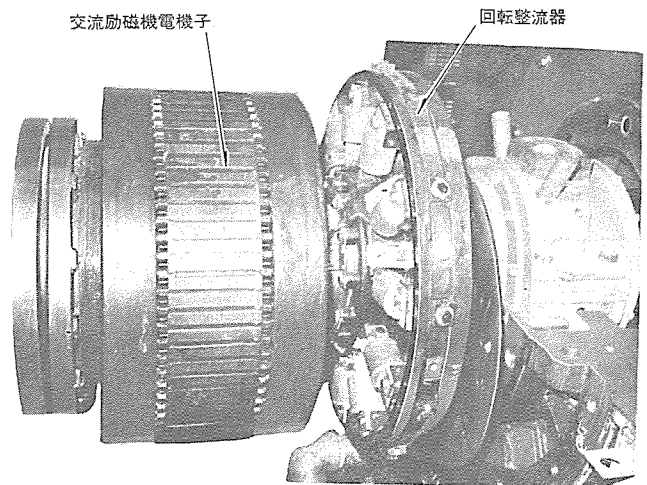
図 9. オーバハンクブラシレス励磁機付タービン発電機の軸振動解析

- (2) 専用の軸受が不要なため、油漏れもなく保守点検が容易。
- (3) 据付時、励磁機部分のアライメントが不要。
- (4) 発電機本体と一体輸送が可能のため据付けも容易。
- (5) 小形、軽量である。

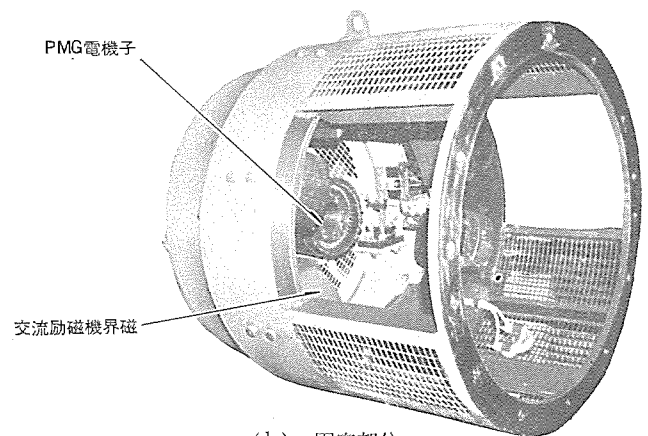
図 8. に従来の軸受付とオーバハンク形の寸法比較を示す。オーバハンク化にあたっては、構造部品の小形軽量化を図り、軸系剛性アップに細心の注意を払っている。図 9. にオーバハンク形ブラシレス励磁機のコンピュータによる軸振動解析結果の 1 例を示す。オーバハンク部の固有振動数は、定格回転数に対し全く影響のない域に存在していることがわかる。

また、オーバハンク形ブラシレス励磁機には、永久磁石発電機 (PMG)、接地検出装置も組込むことができる。図 10. にオーバハンク形ブラシレス励磁機の完成写真を示す。

更にまた、最近、シリコン整流素子保護用ヒューズ溶断の自動検出が、運転中にできるテレメトリ装置が開発された。この装置により、運転中発電機の界磁電流、界磁電圧、回転子温度等の諸量が非接触で直読できるようになった。このテレメトリ装置はオプションとしてブラシ



(a) 回転部分



(b) 固定部分

図 10. オーバハンクブラシレス励磁装置完成写真

ス励磁機に装着できる。

4. む す び

以上、2極空冷冷却タービン発電機の新シリーズについて、特長、構造などの概要を述べた。従来の特長に加えて大容量化、高効率化を可能にしたものは、当社の2極空冷冷却タービン発電機の豊富な製作実績・経験と、需要家にこたえるためのたゆまない技術開発によるものと自負している。当社では、今後とも通風方式などの検討を進め、発電機単機容量、効率とも更に向上させ、空冷冷却方式の限界へ挑戦する所存である。

なお、当社では、4極空冷冷却タービン発電機も製作しており、その新シリーズ化にも着手しているので別の機会に紹介したい。

参 考 文 献

- (1) 池田, 馬場: 三菱電機技報, 40, No. 11 (昭 41)
- (2) 坂井, 福吉: 三菱電機技報, 48, No. 8 (昭 49)
- (3) 久保, 広崎, 森崎, 佐藤: 三菱電機技報, 51, No. 2 (昭 52)

工業技術院筑波研究センター防災安全管理システム

宮上正之*・平野政則*・土井和正**・林 信喜***・中野 栄***

1. ま え が き

集中管理を可能にした防災安全システムは、法規制に基づく各種防災施設と自主規制による保安安全管理を総合的にリンクすることに始まった。

最近、このような目的で設置されているコンピュータシステムの傾向として、災害の予防業務（万一災害が発生した場合の処置に関するデータの処理など）をはじめとして、建物の管理業務などに対して災害時以外の平常時に有効利用を図り、設備投資効果を十分に発揮できるように考慮されつつある。

ここで紹介する防災安全システムは、工業技術院筑波研究センター（以下筑波研究センターと略す）における防災及び安全などに関する対策を基本条件としてとりあげ、次項に示す防災安全計画を実行に移したものである。

本稿では、サブシステムの分野を中心に、システムの概要とその実現手段について述べる。

2. 防災安全計画

2.1 基本的な考え方

筑波研究センターは、次のような防災上の特質を持つものである。

- (1) 施設内容が多様多様であり、危険物を取扱う施設が多い。
- (2) 各研究機関間において施設の集約化、共用化が図られている。
- (3) 平面的な広がりが大きく、監視が広域化するとともに、迅速な防災活動がむずかしくなる。

防災安全計画の立案にあたっては、これらの条件を前提として安全投資に対する効果を的確に予測しつつ予防、防護、緊急、応急対策及び復旧に関する対策を講ずることとした。

更に災害発生時の監視と制御については、

- (1) 技術的な面
- (2) 管理運営的な面
- (3) 教育的な面

の3要素が互いにバックアップしあい予防、防護、緊急、応急対策が、円滑に働くよう組織化することとし組織化にあたっては、その防災系が有する特色、周囲の環境を十分考慮するものとした。

2.2 管理方式

管理方式としては、全体を一括集中管理するよりは、むしろ原則として各研究機関ごとの個別管理方式を採用し、共通の事項については一括管理方式を採用することが、特に機動的かつ臨機応変の対策の容易さからみて適していると考えられる。

このシステムでは、この管理方式を採用し組織、教育、訓練体制を確立することにし、これらをバックアップするハードウェアの最適化を図ることとなった。

2.3 システム計画

防災安全システムの機能としては、防災系システムとユーティリティ系シ

ステムから成りデータ収集としては、オンライン系とオフライン系に分けられている。

システムに包含させる機能内容以外に、システムが対象とする施設の内容及びその特性への対応として考慮した基本事項は、次のとおりである。

(1) 施設内容の多種多様性及び危険物を取扱う施設への対応
各研究所の多種多様な施設がセンター内に混在することとなり、膨大な情報の処理と危険物、及び特殊設備に対する対策が必要である。システム構成にあたっては、機械力を駆使しつつ処理できる質的に高度で信頼性の高いものとする。

(2) 施設の集約化、供給処理施設の集中化への対応
施設の集約化、供給・処理施設の集中化（受電所、エネルギーセンター、共同こう（溝）、排水処理施設）は、投資効率、運用効率の面から当然のことであるが、防災の面からこれらを十分サポートできるシステムの開発が必要となる。

(3) 監視広域化及び迅速な防災活動への対応
監視点数が多かつ広域にわたる場合、1か所における集中管理では、迅速で的確な処理が行いがたく、したがっていくつかの群に分けた管理が必要である。

また広域化に対処すべく、全域をカバーする何らかの通信手段を備える必要がある。

(4) 各研究所機能のシステム共通化への対応
システム共通化のメリットを生かし、省エネルギー、省力化への対策、各種メンテナンスの合理化に適したシステム構成とする。

一般的に、防災安全システムの方式には、大別して3通りの方法が考えられ、それらの比較を表1に示す。

この計画では、広域における迅速な対策への対応を考慮し、施設群ごとのサブセンターと全体を統括するメインセンターとの2元監視、バックアップ体制を内容とする「サブメイン方式」を採用することとした。

表 1. 各種防災安全システムの比較

	サブ	メイン	サブメイン
監視設備	・各施設群対応に設置	・1か所に集中	・各施設群対応及び1か所に集中とも双方可
管理運営	・統一管理不可 ・総括業務不可	・集中による判断・指示が困難 ・総括業務が複雑	・広域化に迅速に対応可 ・総括業務が容易
機器コスト	・共通機能を個々に持つことによるコスト高	・機能的に高度なためH/W、S/Wとも複雑 ・コスト高	・適切な機器選択が可能 ・高コストパフォーマンス
信頼性	・1元監視 ・バックアップ不可	・1元監視 ・2重化などによるバックアップはコスト高	・2元監視 ・バックアップ可
保守	・要員増が伴う	・総合調整、保守が複雑	・保守体制の合理化可

* (株)日本設計事務所 ** 東光電気工事(株) *** 三菱電機(株)制御製作所

表 2. サブメイン方式の特色比較表

	ケース (1)	ケース (2)
機能 (遂行上)	サブ・メイン間の判断差による、処置・指示が混乱しやすい	- 業務分担が明確 - 責任所在が明確
機能 (拡張性)	拡張性が劣る	- サブ・メインとも拡張が容易 - システムとして柔軟性あり
総括	変動の考えられないシステムに適す	災害の多様・複雑・意外性に容易に対応可
ケース (1) サブ メイン ケース (2) サブ メイン サブメイン方式における構成図		

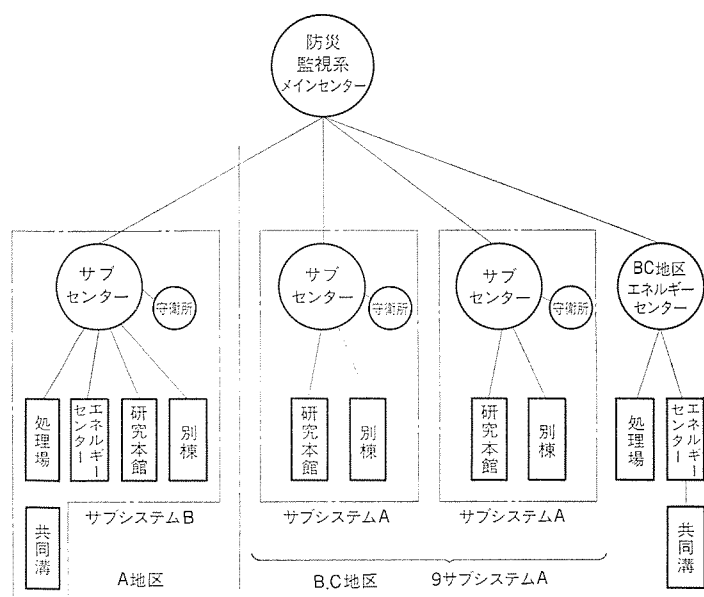


図 1. 防災監視系系統図



図 2. サブセンターの外観

「サブメイン方式」で構成するにあたって、その構成には大別して次の2通りのケースが考えられる。

(1) メイン、サブを同等の機能におき、サブのバックアップとしてメインを位置づける構成。

(2) サブを実行部の機能とし、全部のサブを統括する立場でメインを位置づける構成。

これらは、それぞれ表 2. に示すような特色を有する。

このシステムでは、広域にわたる群監視と全体監視の総合的なバランスが必要であり、また各種災害に対して積極的な組織的支援活動が必至であることから、ケース(2)のハイアラキ構成を採用することにした。

3. システムの概要

3.1 システム構成

前章までの記述に対し、これから具体的なシステムについて説明する。筑波研究センターは、地理的な理由によりA地区及びBC地区と呼ばれるブロックより構成されている。

このシステムは、メインセンターのCPUを中心としたメインシステム及び各研究機関本館のサブセンターを中心としたサブシステムからなり、次のような機能を有する。

(1) メインシステム

筑波研究センター全体に関する災害情報の管理機能、電力及び動力システムに関するユーティリティ情報の管理機能及び共同溝防災の管理機能を有する。

(2) サブシステム A

BC地区各研究機関の災害情報の管理機能を有し、図 1. に示す9研究所のサブシステム A より構成される。

(3) サブシステム B

A地区研究機関(公資研)の災害情報の管理機能及びA地区共同溝防災の管理機能を有する。ここで共同溝とは、A地区及びBC地区の各エネルギーセンターと地区内の研究機関を結び、電力、冷温水及び通信ケーブルを通す地下トンネルの名称である。

(4) A地区共同溝防災システム

A地区エネルギーセンターにおいて共同溝内の各種防災関連機器の監視操作を行う。災害発生時には公資研サブセンターにおいて災害処理のバックアップを行う。

(5) BC地区共同溝防災システム

BC地区エネルギーセンターにおいて共同溝内の各種防災関連機器の監視操作を行うほか、エネルギーセンター及び処理場の災害情報の管理機能を有する。この点においては1つのサブシステムと見なせる。共同溝内災害発生時には、メインセンター共同溝防災部において災害処理のバックアップを行う。

当社は、これらのシステムのうち(1)の共同溝防災部、(2)~(5)のシステムを担当した。これより、それらについて記述する。

3.2 システムの機能と特長

(1) システムの機能

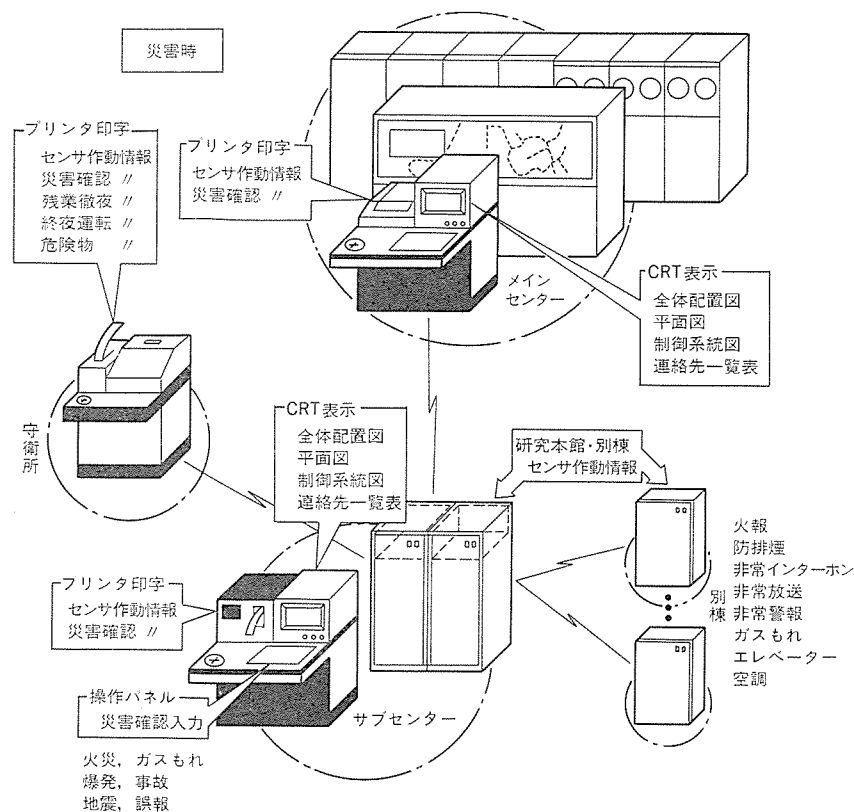


図 3. サブシステム A 災害時の概念図

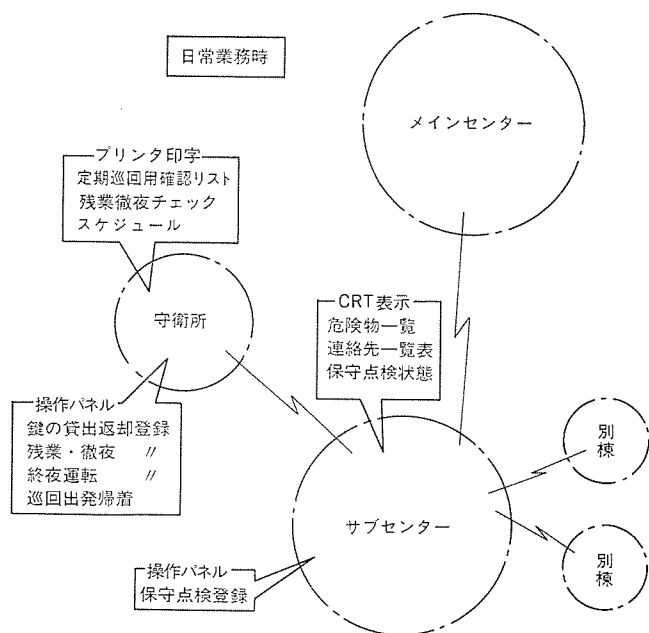


図 4. サブシステム A 日常業務時の概念図

(a) サブシステム A の機能

サブセンター(図 2.)と守衛所より構成され図 3.及び図 4.の機能を有する。

(b) サブシステム B の機能

サブセンター、守衛所及び A 地区エネルギーセンターより構成され、サブシステム A と同様の機能のほか、表 3.に示す機能を有する。

(c) BC 地区エネルギーセンターの機能

表 4.に示す機能を有する。

(d) メインセンター BC 地区共同溝防災の機能

表 4.に示す機能を有する。

(2) システムの特長

(a) サブメイン方式によるオンライン監視

サブセンターへメインセンター間を伝送装置によって結ぶことにより、サブセンターからメインセンターへは災害情報を伝送し、メインセンターからサブセンターへ災害関連の CRT 画面情報及び守衛所へ災害関連のプリンタ印字情報を伝送し、メインサブが情報を共有し 2 元監視による機能分担の明確化及びバックアップ体制の確立を図っている。伝送装置の障害に対しては、1 次災害項目の集約情報を接点信号の形で直送引きを行い、システムの信頼性の向上を図った。

(b) 防災関連資料のフロッピーディスクによる統一運用

サブセンター及びメインセンターにおいて CRT 画面情報を、フロッピーディスクを媒体として共有化し、サブメインの 2 元監視の有効化、システムの変更による画面変更の容易化を図った。また、フロッピーディスクダウン時はメインからサブへ CRT 画面情報を直接伝送する形とした。

表 3. サブシステム B の機能

サブシステム A に下記機能が追加される。

	災 害 時					日常業務時
	監視機能	表示機能	印字機能	操 作 機 能	伝 送 機 能	
公 資 研 サ ブ セ ン タ ー	A地区エネルギーセンター及び共同溝を監視 ・煙 ・酸欠 ・扉 ・冠水 ・通 話 位 置 ・消火栓起動位置 ・貯水槽水位異常 ・消防ポンプ起動確認	CRT 表示 ・共同溝平面図	共同溝について ・センサ作動印字 ・災害確認印字	(1) 災害確認入力 (追加) ・共同溝災害 (2)*無線呼出し (3)*無線通話 (4)*共同溝通話 ジャックと有線通話	サブシステムと同じく、 (1) センサ作動伝送 (2) 災害確認伝送 (3)*CRT 画面要求 (4)*守衛所へメイン相互の情報の中継	*印について同様機能 その他 保守点検データの伝送
A 地区エネルギーセンター	*同上	同左、グラフィックパネルによる	同上、ただし災害確認印字は行わない	(1) グラフィックパネルの表示制御 (2)*上記(2)項に同じ (3)*上記(3)項に同じ (4)*上記(4)項のほか、屋外消火栓、屋外採水口栓との有線通話	なし	*印について同様機能

表 4. BC 地区共同溝防災の機能

BC 地区エネルギーセンター、南北処理場及び共同溝について下記機能を有する。

	災 害 時					日常業務時
	監視機能	表示機能	印字機能	操 作 機 能	伝 送 機 能	
B C 地 区 エ ネ ル ギ ー セ ン タ ー	(1) 建屋の監視 サブシス テムAと 同じ	(1) CRT ・*共同溝 平面図 ・建屋平面 図 (2) 共同溝 の監視 A地区エ ネルギー センター に同じ	* センサ作 動内容 プリンタ 印字	(1) 災害確認入 力 (追加) ・ 共同溝災害 (2)*無線呼出し (3)*無線通話 (4)*共同溝通話 ジャックと の有線通話 (5)*屋外消火 栓、屋外採 水口栓との 有線通話 (9) 保守点検デ ータ登録	(1) センサ作 動伝送 (2) 災害確認 伝送 (3) CRT 画 面要求 (4)保守点検 データを 伝送)	* 印につ いて同様 機能、また ()内は日 常業務時
共 同 溝 防 災 シ ス テ ム	上記(2)*項 に同じ	CRT ・*共同溝平 面図	同上	上記(2)*、(3)*、 (4)*、(5)*項に 同じ	なし	災害確認以 前、監視位 置切替時 *印につい て同様機能

(c) 守衛所関連資料のオンライン情報処理

これはこのシステム最大の特長で、守衛所よりメインセンターへ部屋管理情報の登録を、メインセンターより守衛所へ部屋管理関連情報の提供を行い、日常業務管理を実施し通常は稼働しない防災システムとしての付加価値の向上を図っているほか、日常より計画的な巡回を行い、単なる災害監視より1歩進めた災害の予防も考えたシステムとしている。

(d) センサ作動統計及び保守点検情報の登録・提供

センサ作動情報をサブセンターよりメインセンターへ伝送し統計をとることにより、防災関連機器の保守点検及び災害の予防に反映させるほか、メインセンターにてバッチ処理された保守点検情報を伝送し、サブセンター CRT への表示及びサブセンターオペレータコンソール操作パネルから入力される保守点検情報をメインセンターへの登録を行う。これらは保守点検の計画的実施、システムの信頼性の向上、災害の予防に有効なものとなる。

(e) 危険物関連情報の提供

メインセンターにてバッチ処理された危険物関連情報をサブセンターへ伝送し CRT 表示を行い、日常より危険物に対する認識と災害時の迅速な判断指示を行うことを目的とする。

(f) 広域通話システム

A 地区 BC 地区それぞれの共同溝防災システムにおいて、エネルギーセンターへ巡回員間の通話を行う場合、センターより巡回員へ無線呼出しを行う。一方呼出された巡回員は、有線回線にてセンターを呼出し通話を行う。災害の通報、指示、連絡及び打合せなどの迅速な実施を目的とする。

(g) 共同溝防災システム

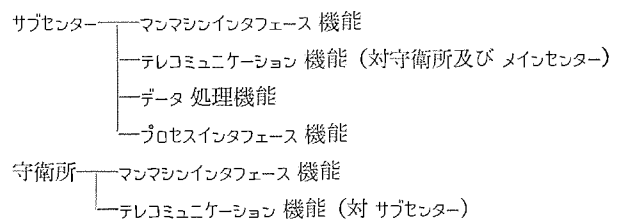
伝送装置及び CRT を使用した共同溝の災害監視は、本邦初の試

みとして共同溝内作業員の安全向上を目的とし、各方面より今後の成果が期待されている。

3. 3 システムの設計上の特長

(1) 《MELFLEX》の幅広い採用

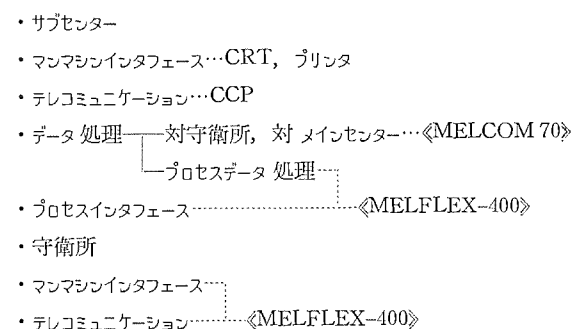
3. 2 節にて説明した機能を集約すると次のように分類される。



これらの機能を有機的に結合し、各種システムを最適に構成する広域監視制御システムとして《MELFLEX》シリーズを採用した。その特長として次のような点があげられる。

- (a) μ -CPU を主要構成要素とし、限定された H/W 群で多様な機能に対応できること。
- (b) H/W の共通化による信頼性、経済性の向上が図れる。
- (c) システムに最適な伝送路、伝送方式に対応できる。
- (d) 将来予想されるシステムの拡張、増設、変更が容易。
- (e) 低消費電力による省エネルギー効果が大。

具体的な装置構成として



(2) 装置の小形化及び取扱いの容易化

サブセンターにおいては、プロセスインタフェースが多量のため入力部の共通化及び端子板を工事しやすい構造のものとした。また守衛所については、設置スペースが少なくため装置の小形化をねらった。

(3) 共同溝内の無線呼出し

このシステムでは、空間波による地上部分の無線呼出しのほかに、地下を縦横に走る共同溝へ漏えい(洩)同軸ケーブルを敷設し、地上部分と同様に地下と自由に無線呼出しができるようにした。

4. 機器の仕様と特長

4. 1 機器の仕様

表 5. にこのシステムを構成する装置の概略仕様及び数量を示す。

4. 2 機器の特長

(1) 信号変換中継盤

マルチプロセッサ方式を採用し、機能分散を図り CRT 制御、対メインセンター向情報伝送、対守衛所向情報伝送などの機能を効率良く実現した。また、フロッピーディスクを媒体としてメインセンターと CRT 画面情報を共有化し、画面の一括管理を可能とした。CPU は《MELCOM 70》MODEL 20 である。

(2) インタフェース 盤

(a) 《MELFLEX-400》の採用

(b) DI-TB (デジタル入力端子盤)の採用による、多数の監視

表 5. システム 構成機器の概略仕様

	装 置 名	概 略 仕 様	数 量
サブシステム A	信号変換中継盤	MELCOM 70/20 32 KW	9
	インタフェース盤	MELFLEX-400 20 KB	9
	オペレータコンソール	CRT, プリンタ内蔵	9
	守 衛 所 端 末	MELFLEX-400 10 KB プリンタ付属	9
	別 棟 信 号 変 換 盤	9.6 KBPS	13
サブシステム B	信号変換中継盤	サブシステム A と同じ	1
	インタフェース盤	〃	1
	オペレータコンソール	CRT, プリンタ, 通話盤, 無線呼出盤内蔵	1
	守 衛 所 端 末	サブシステム A と同じ	1
	別 棟 信 号 変 換 盤	〃	5
A 地区共同消防防災システム	防 災 監 視 盤	無線呼出盤, プリンタ内蔵	1
	防 災 グラフィック		1
	防 災 操 作 卓	通話盤内蔵	1
	防 災 制 御 箱	直引き	4
B C 地区共同消防防災システム	信号変換中継盤	MELCOM 70/20 32 KW	1
	防 災 監 視 盤	μ-CPU	1
	防 災 操 作 卓	CRT 内蔵	1
	防 災 グラフィック		1
	防 災 制 御 箱	9.6 KBPS	16
	無線呼出し通話盤	通話盤+無線呼出盤	1
	CRT 制 御 盤	中継器, 変復調装置内蔵	1
メインセンター 共同消防	信号変換中継盤	MELCOM 70/20 16 KW	1
	インタフェース盤	MELFLEX-400 10 KB	1
	防 災 操 作 卓	CRT 付属, 通話盤, 無線呼出盤内蔵	1

入力信号の接続スペースの小形化, 入力信号のスキャンによる I/O の共通化を行い, H/W の減少及び小形化を実現した。

(c) 通常の通信ケーブルの伝送路による 9,600 BPS の高速情報伝送を実現した。

(3) オペレータコンソール

(a) カラー 4,000 文字表示の CRT の採用により, 大形で明快な画面を提供し マンマシン 機能を一段と向上させた。

(b) 印字内容を容易に理解できるよう, 31 けた (桁) アルファベット印字のデジタルプリンタを採用した。

(4) 守衛所端末

(a) 守衛所関連情報の登録に ID カードを媒体として使用し, 取扱い及び保管の簡易化を図った。

(b) 印字内容を容易に理解できるよう, 31 桁 アルファベット印字のデジタルプリンタを採用した。

(5) 別棟信号変換盤

(a) 通常の通信ケーブルの伝送路による 9,600 BPS の情報伝送を実現した。

(b) DI-TB を採用し H/W の減少・小形化を行った。

5. む す び

このシステムの技術的, 経済的な実現手段としての特長は,

(1) 大量の情報を経済的に収集する機構を開発したこと。

(2) 比較的高価な処理装置を防災監視以外の機能にも利用し, 投資効果を高めたこと。

(3) メインシステムとサブシステムによる 2 元監視, バックアップを内容とするハイアラキ構成を採用したこと。

(4) 日常の運用により蓄積したデータをもとに, 登録したデータの修正, 再登録を行い, 最新データをもとにした各種情報の管理, 運用が行えること。

であり, 今後の運用しだいで, 更に利用価値の高いはん(汎)用システム化へと期待されるものである。

なお, このシステムの具体的製作に当たっては, 建設省筑波営繕本部の設備設計官のご指導と, 設計, 施行管理の関係各社のご協力により行われたものであり, プロジェクト参画の各位に感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

(1) 工業技術院防災安全対策準備委員会報告書 (昭 51)

(2) 工業技術院防災センターその他設備工事設計図 (昭 53)

(3) 新菱・東光ほか建設共同企業体: 工業技術院防災センターその他工事 防災安全システム報告書 (昭 54)

準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナ

高野 忠*・小川 英一*・大沢 武**・青木克比古**・浦崎 修治***

1. ま え が き

日本電信電話公社が計画している静止衛星を用いた中容量国内衛星通信方式では、日本本土内相互間の通信に 20 GHz, 30 GHz の準ミリ波帯を用い、かつ主要都市の回線網への接続を経済的に行うために、都市内の電話局局舎屋上に地球局を設置することが考えられている⁽¹⁾⁽²⁾。この方式に適合した地球局アンテナとして、昭和 52 年に

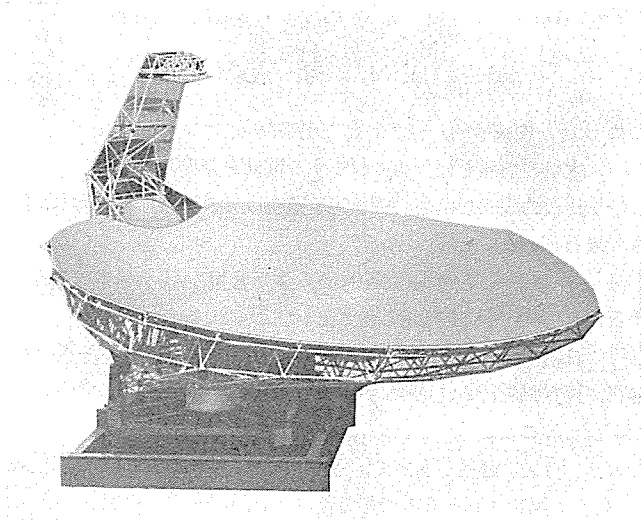


図 1. 準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナ

準ミリ波カセグレン地球局アンテナ⁽³⁾を完成しているが、更に広角指向特性の改善と風圧荷重の低減を目的として準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナの開発・製作を行った。アンテナの外観を図 1. に、その構造を図 2. に示す。

これら地球局アンテナに対する要求条件としては、(1)地上無線方式との干渉を抑えるため極力低サイドローブであり、かつ準ミリ波の広帯域にわたり高能率・低雑音であること、(2)風圧荷重などを可及的に軽減し局舎への荷重を小さくすること、(3)都市内の局舎屋上への設置が可能であること、(4)高層局舎屋上設置を考慮して、風・地震に対して十分な強度を持たせることなどがある。

このアンテナは昭和 52 年 9 月に工場製作を終え、日本電信電話公社横須賀電気通信研究所で特性試験を行い、昭和 53 年 11 月に仙台榴ヶ岡統制無線中継所の屋上に設置開局した。

このアンテナでは、主反射鏡を経済的に構成するために副反射鏡と集束反射鏡を修整し⁽⁴⁾開口効率 76% 以上 (20 GHz 帯) を得た。広角指向特性は、先に完成した準ミリ波カセグレン地球局アンテナ (軸対称形) に比べ更に 5~10 dB 改良されており、CCIR 勧告レベルより 10 dB 以上良好である。また主反射鏡の水平配置によりアンテナの風荷重が著しく軽減されている。

2. 設計の基本方針⁽⁵⁾

アンテナ設計上の数多くの相反する要因の最適化を図り、アンテナ方式などの基本検討を経て以下の諸点を基本方針とした。

(1) 良好な広角指向特性を実現し、かつ風圧荷重を低減するためオフセット形アンテナとし、高能率・低サイドローブ化を図った鏡面修整アンテナとする。主反射鏡は、経済性を考慮して可能な限り同一の反射鏡パネルから構成できるよう回転 2 次曲面の一部を使用して、有効径 11.5 m とする。

(2) 対象とする衛星を考慮し局舎とのインタフェース条件が簡単で方位角変化に対し風荷重が変わらない Az-El マウント方式とし構成が簡単なリードスクリューを用いた限定駆動方式とする。また予備衛星へのアクセスのため衛星切換機構を設ける。

(3) 電子機器を局舎内に固定し、低損失伝送が可能な集束ビーム給電方式を採用する。

(4) 構造部品の軽量化・ユニット化を行い、かつ電気性能確認を機械的設定のみで行なえるよう組立・再現性を考慮する。また多雪地域の置局に対し、主反射鏡・副反射鏡などに着雪除去装置を設ける。

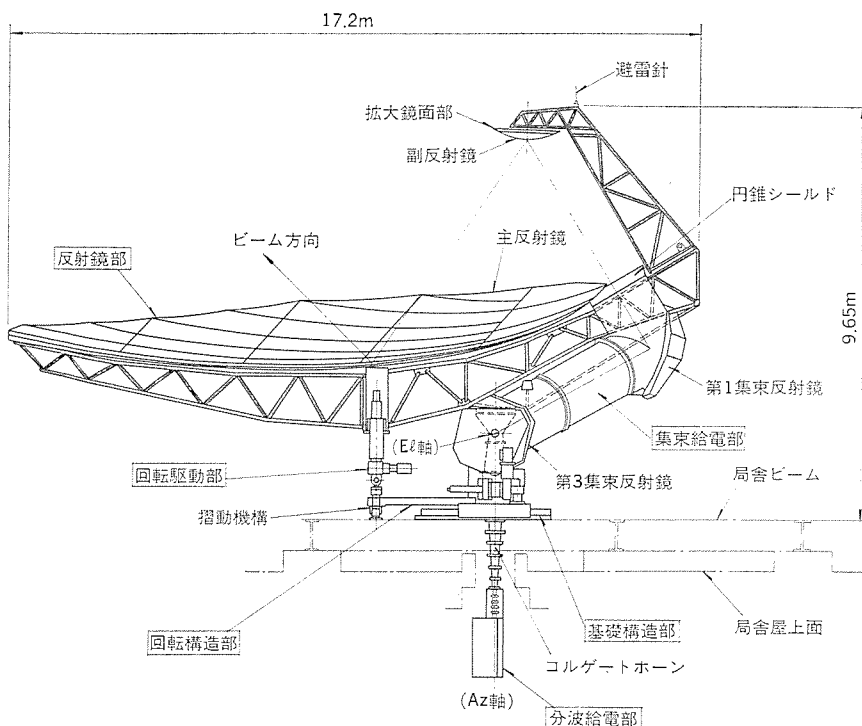


図 2. アンテナの構造図

表 1. アンテナ主要性能・諸元

1. 一般		3. 電気的性能		
		性能	送 信 帯 域	受 信 帯 域
アンテナ形式	鏡面修整オフセットカセグレンアンテナ	使用周波数	27.5~31.0 GHz	17.7~21.2 GHz
給電方式	3回反射形集束ビーム給電方式	左旋円偏波		右旋円偏波
マウント形式	限定駆動 Az-EI マウント	得	29.25 GHz 69.0 dB(仕様値)	19.45 GHz 66.0 dB(仕様値)
駆動方式	サイリスタ制御直流電動機によるリードスクリュー駆動	(コルゲートホーン出力端)	29.5 GHz 69.5 dB(実測値)	19.5 GHz 66.3 dB(実測値)
追尾方式	高次モード検出自動追尾	利	29.25 GHz 68.6 dB(仕様値)	19.45 GHz 65.4 dB(仕様値)
着雪除去方式	シズヒータによる電熱方式	(分波給電部損失を含む)	29.5 GHz 69.2 dB(実測値)	19.5 GHz 65.9 dB(実測値)
2. 機械構造、駆動系		指向特性		
		第1サイドローブレベル	-20 dB(仕様値) -21 dB(実測値)	-20 dB(仕様値) -22 dB(実測値)
		広角指向性		
		$1^\circ \leq \theta \leq 3^\circ$	30-25 log θ , dB 以下 (仕様値, 実測値とも)	30-25 log θ , dB 以下 (仕様値, 実測値とも)
		$3^\circ < \theta \leq 180$ (90%ピークに規定)	25-25 log θ , dB 以下 (ただし最小値 -20 dB) (仕様値, 実測値とも)	25-25 log θ , dB 以下 (ただし最小値 -20 dB) (仕様値, 実測値とも)
		雑音温度 (コルゲートホーン出力端) (分波給電部出力端)	— —	20 K(仕様値) 18 K(実測値) 57 K(仕様値) 43 K(計算値) 晴天時 E1=45° 18.75 GHz
		追尾指向性		ヌルデプス 25 dB 以上 ヌルシフト ビーム幅の 1/20 以下 (19.45 GHz)
		耐電力 VSWR (コルゲートホーン出力端)	2.4 kW(CW) 1.08 以下	1.12 以下
主反射鏡	有効開口径 11.5 m			
副反射鏡	有効開口径 1.6 m			
集束給電部	第1, 第2: 1.3 m, 第3: 0.9 m コルゲートホーン			
鏡面精度				
主反射鏡	0.24 mm rms(仕様値) 0.176 mm rms(実測値)			
副反射鏡	0.05 mm rms(仕様値) 0.041 mm rms(実測値)			
集束反射鏡	0.05 mm rms(仕様値) 0.035 mm rms(実測値)			
最大駆動速度	0.05°/s 以上 (Az/EI とも)			
駆動範囲	Az: $\pm 6^\circ$, EI: $\pm 5^\circ$			
角度検出精度	$\pm 0.005^\circ$ (再現性)			
耐風性	○追尾可能 (精度 0.01° rms) : 平均風速 25 m/s ○非破壊: 瞬間風速 70 m/s			
重量	21.5 トン以下 (仕様値), 21 トン (実測値)			

3. 装置の概要⁽⁶⁾

試作・開発した準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナは、有効径 11.5 m の高能率・低サイドローブ鏡面修整アンテナで、3枚の集束反射鏡とコルゲートホーンとから構成される集束ビーム給電系の集束反射鏡と副反射鏡とを修整して、20 GHz にて 76% 以上の開口能率を実現している。更に鏡面修整に加えて副反射鏡エッジ・集束ビーム給電系開口エッジの回折波をそれぞれ拡大鏡面部・円錐シールドで低減させるなど広角指向特性への改善への工夫を施すことにより、サイドローブレベルを CCIR 勧告レベルより 10 dB 以上良好なものとしている。

アンテナは、送受共用で各 3.5 GHz 帯域での分波・偏波変換機能を持ち、かつ 20 GHz 帯での自動追尾機能をもつ分波給電部を備えている。また Az-EI マウントと 2 本のリードスクリューとを組合せて駆動系を構成し、Az 方向 $\pm 6^\circ$ EI 方向 $\pm 5^\circ$ の限定駆動とし、平均風速 25 m/s の風に対して精密追尾可能な設計となっている。構造部品の単体ユニット重量は 2.5 トン以下、総重量 21 トン以下となっている。このアンテナの主要性能・諸元を表 1. に示す。

4. 設 計

4.1 アンテナ放射給電系の設計

(1) 高能率・低サイドローブを得る鏡面修整オフセットカセグレンアンテナ⁽⁴⁾ 開口面分布の決定は開口面アンテナの重要な項目であり、高能率・低サイドローブを得るためには開口周縁で急峻にテーパー状に電界レベルを下げた分布形状がよい。これは開口能率を高めながら開口からのスピルオーバー電力・エッジの回折波による特性劣化の低減を図ったものである。ここでは高能率 (90% 以上) を実現しうるテーパー分布としエッジレベルを 20 GHz で -10 dBi 以下とした。アンテナの主反射鏡を修整しない回転 2 次曲面の一部として所要の開口分布を得るため、副反射鏡と 1 枚の集束反射鏡 (第 1) とで鏡面修整を行っている。これ

はホーンからの入射波を集束反射鏡で所要の振幅分布に変換して副反射鏡に吹付け、副反射鏡で光路長一定の位相条件を満たすよう鏡面修整するものである。この場合通常の主・副反射鏡を用いた鏡面修整法と異なり副反射鏡のエッジレベルは自由に選定し得ず、主反射鏡のエッジレベルで決まる。このアンテナでは 20 GHz で -17 dB となり -20 dBi という低サイドローブを得るには高すぎるため、副反射鏡が電波通路内に配置されていないというオフセットアンテナの特長を生かし後述の拡大鏡面部を副反射鏡の周辺に設けることにより能率を下げることなくエッジレベルを下げていく。鏡面修整法確認のためのモデル実験結果を図 3. に示す。図中非修整との比較で示すように集束反射鏡の修整効果により周辺部分の電界強度が強くなっていることがわかる。表 2. に開口能率に対する修整効果を示す。その結果、副反射鏡のスピルオーバーの寄与を含み 0.8~0.9 dB の高能率化が可能となった。

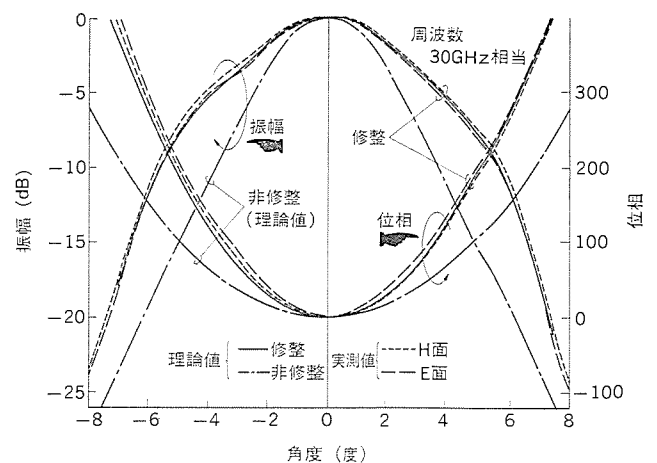


図 3. 鏡面修整の効果 (副反射鏡への入射パターン)

表 2. 鏡面修整による開口能率の改善 (計算値)

項 目		開 口 能 率*	
		20 GHz 相当	30 GHz 相当
鏡面形状	修 整	85% (-0.69 dB)	84% (-0.74 dB)
	非 修 整	71% (-1.50 dB)	68% (-1.65 dB)

* 副反射鏡からのスピルオーバー電力の寄与を含む。

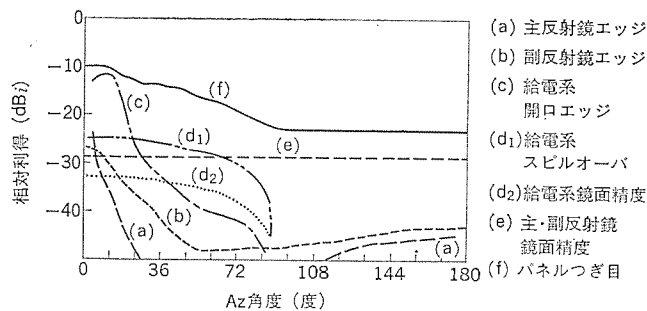


図 4. 広角指向特性への各要因の寄与

(2) 広角指向特性の改善のための設計⁽⁷⁾

広角指向特性に影響する要因は、このアンテナの場合、(a)主反射鏡エッジの回折波、(b)副反射鏡エッジの回折波、(c)集束ビーム給電系開口エッジの回折波、(d)集束ビーム給電系内部の散乱波、(e)主・副反射鏡の鏡面のおうとつ(凹凸)による散乱波、(f)主反射鏡パネルのつぎ目のブロッキング・スピルオーバー電力などである。

これらの要因による影響を低減するため(i)副反射鏡の周辺に拡大鏡面部を設け(b)の回折波を低減するとともに拡大部での反射波を広角指向特性が劣化しない方向に向けるようその鏡面形状を決める、(ii)集束ビーム給電系開口に円錐状シールドを設け(c)の回折波を低減する、(iii)集束ビーム給電系内部に電波吸収体を装着し(d)の散乱波を低減する、などの方策をこうじている。なお電波吸収体による雑音温度上昇は実用上差しつかえない3 K以下となっている。各要因別の広角指向特性を図4に示す。各要因の寄与とも90°以上の広角度では-20 dB以下となっている。

(3) オフセット化により生ずる交差偏波を消去する系構成⁽⁸⁾

オフセットカセグレンの主・副反射鏡で発生する交差偏波を、1次放射器である集束ビーム給電系の非対称性により発生する交差偏波で極力打消すような鏡面系を構成した。その結果消去されず残留する交差偏波をピークレベルで-28 dB以下とし内偏波使用時のビームシフトを3 dBビーム幅の2.4%以下としている。

(4) 広帯域性能の分波給電部⁽³⁾

さきに開発した準ミリ波カセグレン地球局アンテナの分波給電部と同一設計であり文献(3)に詳細を示している。

4.2 アンテナ機械系の設計

(1) 風圧荷重を軽減し局舎への荷重を小さくするアンテナ設計

高層局舎屋上設置アンテナを考慮すると、通常の地上設置の場合のアンテナに比べ地上高による風圧荷重増加に加え、気流の局舎による変化、乱れが発生しその荷重量は定性、定量的に大きく異なってくる。

オフセットカセグレンアンテナは、特に仰角45°近辺(主反射鏡鏡面がほぼ水平になる角度)で運用される場合、正面方向から見た投影面積の小さいところから、風に対し比較的抵抗の少ないことは容易に理

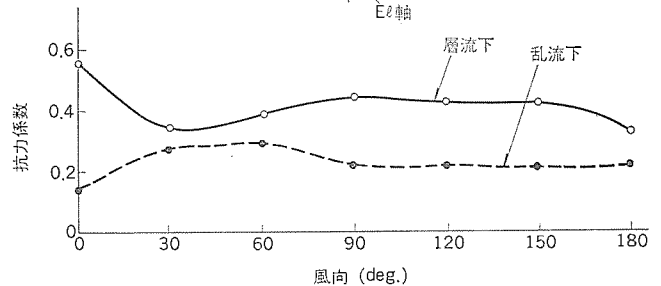
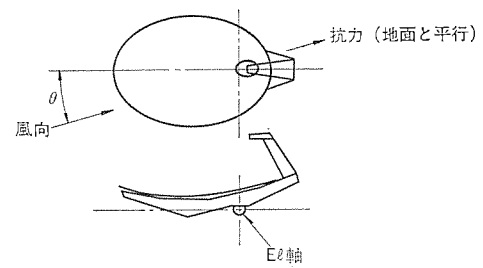
図 5. オフセットカセグレンアンテナ 抗力係数 [抗力係数: (抗力)/(速度²・(主鏡の最大投影面積))]

表 3. 局舎屋上設置時の荷重特性 (風速 70 m/s 時)

	自 重 (トン)*	柱脚部への荷重(自重を含む)			局舎ビーム 最大応力 (kg/mm ²)
		圧 縮 力 (トン)	浮 上 り 力 (トン)	水 平 力 (トン)	
軸 対 称	25.0	35.8	10.9	21.9	15.0
オ フ セ ャ ッ ト	21.0	21.5	3.5	11.5	6.0

* 概算値 (規格)

解できるが、局舎による気流の変化・乱れに対する影響を求めるため、1/50の模型による層流・乱流下の風洞実験を行い、5分力及び主反射鏡鏡面の風圧分布を測定した。図5に1例として、層流下と乱流下における抗力係数を示す。層流下での抗力に対し乱流下での抗力は風向きにより低減率の大きく異なることがわかる。

これら5分力及び自重その他荷重量を考え、局舎柱脚荷重を求めると表3.のようになり、軸対称形アンテナに比べて軽減されていることがわかる。

軽減に対する努力は、アンテナの形状とともに自重量の軽減、屋上から反射面までの高さを極力低く抑えることにも払われた。

(2) 高い機械精度を有するアンテナ設計

準ミリ波帯では、主反射鏡の鏡面精度がアンテナ能率に対して大きな要因となり、広角指向特性の要因にもなる。このため鏡面精度としてはパネル単体精度、パネル設定精度及び測定誤差の影響を主要素と考え、この3要素がほぼ同じになるように誤差配分するとともに、構造設計、測定技術開発を行った。ここではパネル単体精度0.10 mm rms、パネル設定精度0.11 mm rms、測定誤差0.10 mm rms以下、3者のrss値による鏡面精度0.18 mm rmsの結果を得た。

高精度反射面の達成のために、主反射鏡パネルはストレッチフォーミング法により表面板及び補強部材を塑性加工し、更に表面板と補強部材との間に充てん(填)剤を注入し、最終精度を得ている。また、このパネルを精度よく調整設定するために鏡面支持装置⁽⁹⁾を備えているが、この装置は各パネル支持点を個々に上下左右方向及び回転の調整が可能な機構になっている。その構造は図6に示す。

高精度の追尾を可能とするために、駆動機構として減速比を大きくとれ、かつ回転むらの少ないボールスクリューを採用している。各軸

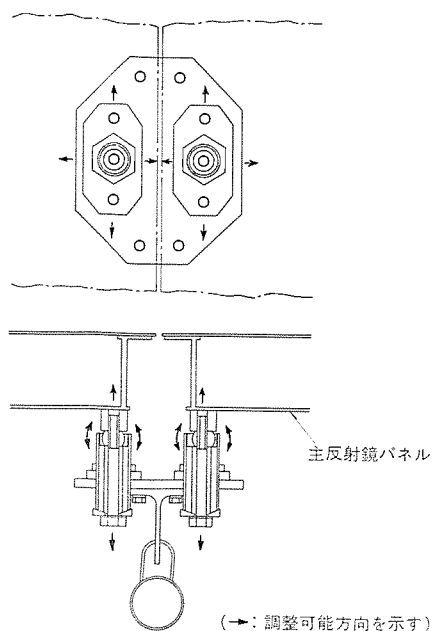


図 6. 鏡面支持装置

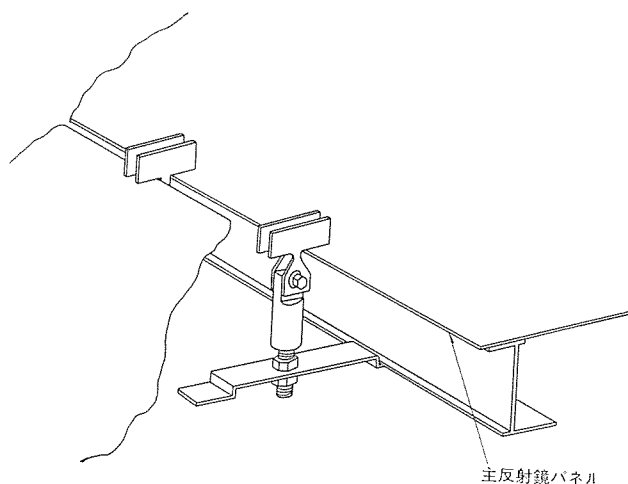


図 7. 停滞雨水除去装置

には、この回転角度を機械的に精度よく検出する回転角度検出装置を備えているが、軸の揺動により検出される角度に誤差を生じないように 2 つの検出装置⁽¹⁰⁾を軸の対称位置に併設し、それらの角度和から軸の回転角度を検出している。

(3) アンテナ 反射面への降雨、降雪に対する性能劣化防止対策
このアンテナは、主反射鏡がほぼ水平であるため、停りゅう(溜)雨水・積雪によるアンテナ性能劣化が問題となる。したがって、この障害を防ぐため停滞雨水除去装置⁽¹¹⁾及び多雪地域では主反射鏡・副反射鏡・第 1 集束反射鏡に着雪除去装置⁽¹²⁾を装着している。

停滞雨水除去装置は、水の表面張力を利用し主反射鏡鏡面上の溜り水をパネルすき(隙)間から下へ落とす装置であり、その構造は図 7. に示す。

また、このアンテナに採用した着雪除去装置は、シーズヒータ(電熱線を耐熱電気絶縁粉末の中に埋込んだものをステンレス鋼管で覆ったもの)による電熱式であり、その構造は図 8. に示す。この図からわかるように、主反射鏡鏡面をシーズヒータで間接加熱することにより全体を均一に暖め、シーズヒータの熱によるひずみ(歪)が極力小さくなるように設計している。なおこの装置の熱効率率は、札幌における

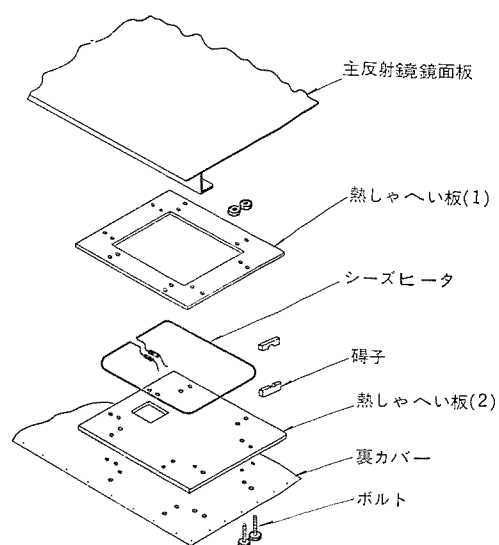
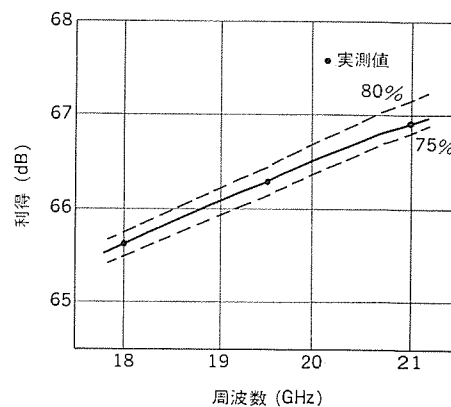


図 8. 着雪除去装置構成図

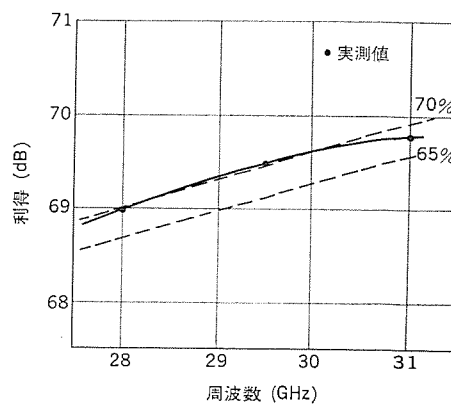
実験より 70% 以上であることが確認された。

5. アンテナの実測性能⁽⁵⁾

このアンテナは指向方向の限られた限定駆動形であるため、日本電信電話公社横須賀衛星通信実験所内に設置された大形アンテナ回転台を用いて電気性能の測定が行われた。測定用の送信源は 5.5 km の近距離に設置されたので、副反射鏡を移動して近距離補正した。



(a) 20 GHz 帯



(b) 30 GHz 帯

図 9. アンテナ利得(円偏波)実測値

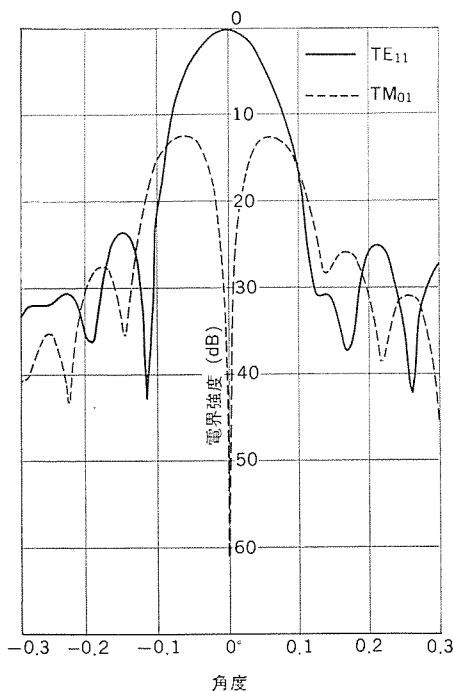


図 10. 近軸 パターン (19.45 GHz, E1 面)

5.1 利 得

利得測定は標準アンテナとの比較により行い、図 9. の実測性能を得た。ホーン出力端でのアンテナ利得は 19.5 GHz で 66.3 dB で、29.5 GHz で 69.5 dB である。またアンテナ開口効率 は 20 GHz 全域で 76% 以上、30 GHz 帯で 69% であり、準ミリ波帯アンテナでの高効率設計の妥当性が確認された。なお分波給電部の損失を含めたアンテナ利得は 19.5 GHz で 65.9 dB、29.5 GHz で 69.2 dB である。

5.2 指向特性

近軸パターンとして、円偏波での 19.5 GHz での測定結果を図 10. に示す。測定結果より、第 1 サイドローレベルは 19.5 GHz、29.5 GHz でそれぞれ -22 dB 以下、-21 dB 以下であり、ビーム幅はそれぞれ 0.09°, 0.06° である。

また円偏波で測定した広角指向特性を図 11. に 1 例として 29.5 GHz について示す。測定結果よりサイドローレベルは CCIR 勧告レベルを 10 dB 以上下回り、このアンテナの設計性能が確認されるとともにその優れた広角指向特性が証明された。

5.3 雑音温度

準ミリ波帯での雑音温度は気象条件(主に湿度)によって大きく左右されるため、晴天時に Y-ファクター法にて測定した。室温及び液体窒素標準ダミーを基準とした。ホーンの出力端でアンテナ雑音温度を測定した結果、アンテナ仰角 45° で 15K を得た。測定時の水蒸気密度は 5 g/m³ である。なおここで電波吸収体の寄与は含まれていない。以上の測定結果から低雑音増幅器の入力端換算したアンテナ雑音温度は仰角 45° で電波吸収体の寄与を含み 43K となる。

6. む す び

世界で初めて実用されたこのアンテナは、昭和 53 年 11 月の開局後、中容量国内衛星通信方式実験の準ミリ波固定局アンテナとして運用さ

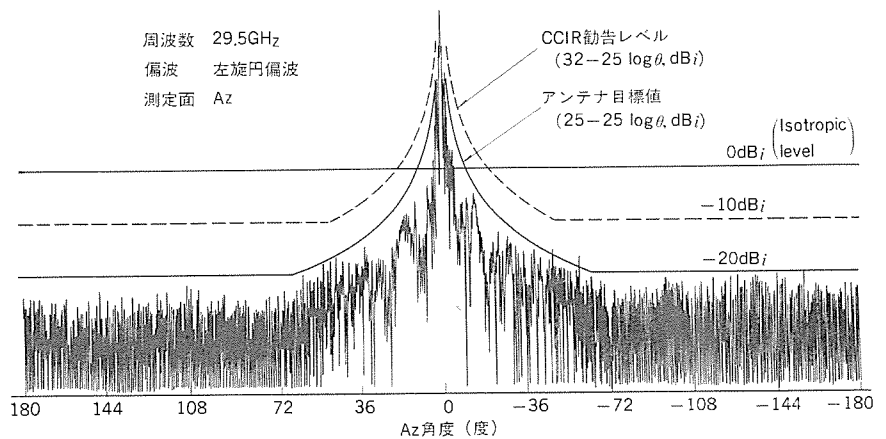


図 11. 広角指向特性 (29.5 GHz)

れている。このアンテナは本文で述べたように、通信方式の構成に必要な諸条件を考慮し所期の設計目標を達成し得たと考えられる。

この装置の開発・試作にあたって有益なご意見・ご指導を賜った東北大学重井教授(もと日本電信電話公社横須賀電気通信研究所基幹伝送研究部長)、東京電機大学荒谷教授(もと日本電信電話公社研究開発本部)、玉川大学石原教授(もと日本電信電話公社横須賀電気通信研究所基幹伝送研究部研究専門調査役)、日本電信電話公社研究開発本部榛葉調査役、同進士調査役、並びに日本電信電話公社横須賀電気通信研究所石田室長に深謝する。またこの装置の設計試作にあたり、ご討論・ご協力いただいた日本電信電話公社関連部局各位及び三菱電機(株)関係各位に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 進士：国内衛星通信方式の一考察，信学会，通方研資 CS 71-132 (昭 47-2)
- (2) 初田，更田：国内衛星通信方式諸元に関する一考察，信学会，通方研資 CS 72-142 (昭 48-2)
- (3) 進士ほか：準ミリ波専用地球局カセグレンアンテナ，三菱電機技報，52, No. 12 (昭 53)
- (4) T. Takano, et al : High Efficiency and Low Sidelobe Design for a Large Aperture Offset Reflector Antenna, IEEE, Trans, AP-28, No. 4 (1980)
- (5) 高野ほか：準ミリ波地球局用アンテナ・分波装置，通研実報第 29 巻第 4 号 (1980)
- (6) 高野ほか：オフセットカセグレン地球局アンテナの設計とその特性，信学論，Vol. J 63-B, No. 3 (昭 55-3)
- (7) 小川ほか：大口徑オフセットカセグレンアンテナの広角放射パターンに影響する要因とその対策，信学技報 AP 79-46 (昭 54-7)
- (8) 水沢ほか：オフセット複反射鏡アンテナにおける交差偏波消去反射鏡設計，信学技報，AP 73-84 (昭 49-2)
- (9) 高野，松本ほか：調整支持装置，特許出願中 (昭 52)
- (10) 石井ほか：角度検出装置，特許登録番号-721134 (昭 49)
- (11) 高野，坂田ほか：アンテナ反射鏡，特許出願中 (昭 52)
- (12) 高野，飯沼ほか：アンテナ鏡面の着雪除去装置，特許出願中 (昭 54)

1. ま え が き

最近のオーディオ機器は、デジタル技術の進歩を背景とし、その性能が著しく改善されてきている。特に、テープレコーダーやレコードプレーヤーは、これらに対応したPCMレコーダーやサウンドディスクなどのデジタルオーディオ機器の出現により、1つの変革期を迎えようとしている⁽¹⁾。

こうした中で、スピーカーにも、PCMレコーダーなどのデジタル機器に十分対応できる性能が要求されている。これまでは、スピーカー振動板には紙コーンが最も多く使われていたが、最近では、ハニカム振動板やボン・ベリウムなどの極めて高い比弾性率をもつ振動板も広く使われてきている。更に、磁気回路の低ひずみ化や、振動系部品の改良などが進み、従来のスピーカーに比べて格段に優れた性能が得られるようになった⁽²⁾。また、デジタル技術を軸とした解析技術や計測技術の進歩も、スピーカーの諸特性の改善に大きく貢献している。

ここで述べる平板形スピーカーは、以前から考えられていた方式ではあるが、先に述べたハニカム振動板のような材料面の進歩と、音場や振動解析技術などの進歩に伴って新しく生まれたもので、コーン形スピーカーに比べていくつかの特長を有している。

すなわち、平板形スピーカーの大きな特長として、

- (1) コーン形スピーカーなどで起こる振動板の形状効果（前室効果）による音圧周波数特性上の乱れがなく、平坦な特性が得られる。
 - (2) 振動板の軸対称分割振動の節円の1つできる1次の節を駆動することにより、広い再生帯域と低いひずみ化が実現される。
- などがある。

ここでは、音場解析や振動解析の結果をもとに、これらの特長を明らかにし、更にこの特長を生かすためのいくつかの計算結果を述べる。

2. コーン形スピーカーと平板形スピーカーの音場

ここでは、平板振動板と従来のスピーカーの代表的形状であるコーン形振動板との音場の違い（音圧周波数特性、指向性など）について述べる。

2.1 前室効果

スピーカーにおける前室効果とは、振動板前面の空気室の共振をいい、1925年 Rice-Kellogg によってコーン形スピーカーが発明された4年後に、Stenzel によって既に指摘され、その後 Mclachlan や Olson なども指摘している。

ここでは、解析的手法を用い、この前室効果の影響を検討した⁽³⁾。図1は、無限大バツフル中でピストン振動するコーンの前面の音場を数個の円筒で近似し、それぞれの解を合成する方法で求めた軸上音

圧周波数特性であり、円形平板の特性と比較している。この図からわかるように、円形平板では平坦な特性を得ているが、コーン形振動板では、軸上特性にゆるやかな盛り上りとこれに続く大きなディップが生じている。これが前室効果による影響である。なお、図中で用いている ka は波長定数 k と振動板半径 a の積で、波長を λ とすると、

$$ka = 2\pi a / \lambda \dots\dots\dots (1)$$

となる。周波数を ka であらわすと、より一般化するのに都合がよく、以下でもこれを用いることにする。

2.2 コーン形振動板と前室効果

次に、コーン形振動板の形状を変えたときの軸上音圧周波数特性を調べる。図2、図3は、コーン形振動板の深さと頂角をそれぞれ変えたときの計算結果である。いずれも $ka=1\sim2$ で盛り上りを有し、 $ka=3\sim4$ で大きなディップを有しているが、コーンが深く、頂角が小さくなるにつれて、その程度が大きくなることがわかる。

2.3 測定結果

図4は、口径11cmのアルミニウム振動板を用いたコーン形スピーカーを平面バツフルに取付けたときの軸上音圧周波数特性の計算及び実測値であり、両者は良く対応している。図4(b)は、このスピーカーにキャップをつけた場合の結果で、前室効果による影響は少なくなっているが、傾向的には変わっていない。

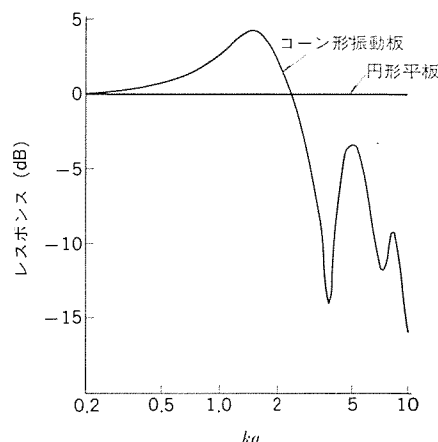


図1. コーン形振動板と円形平板の音圧周波数特性（ピストン振動時の計算）

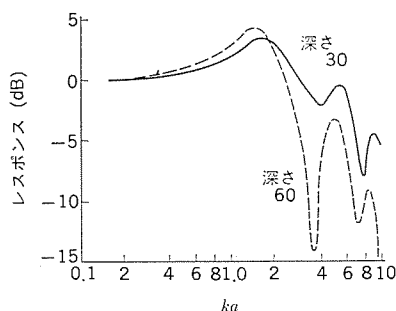


図2. コーンの深さと音圧特性（ピストン振動時）

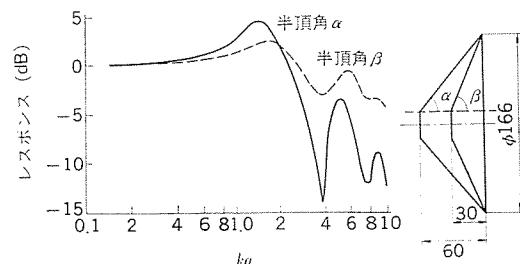
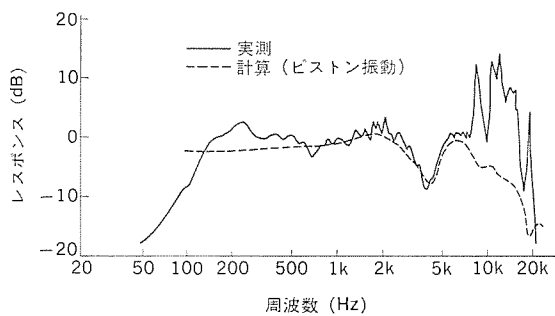
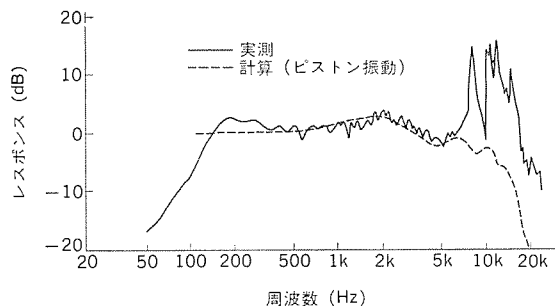


図3. コーンの頂角と音圧特性（ピストン振動時）



(a) キャップなし



(b) キャップ付き

図 4. コーン形スピーカーの特性 (口径 11 cm)

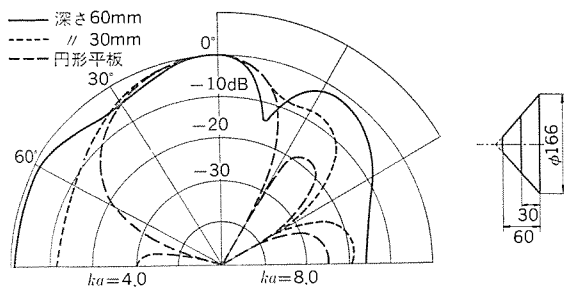


図 5. 深さの異なるコーン形振動板と円形平板の指向特性

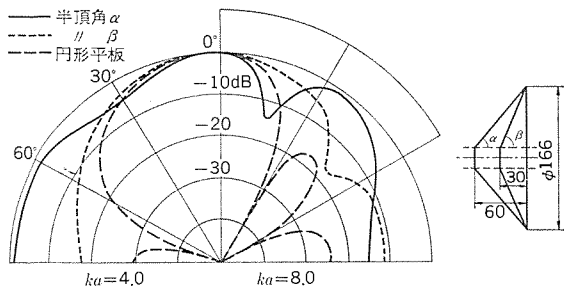


図 6. 頂角の異なるコーン形振動板と円形平板の指向特性

2.4 指向性

2.2 節に用いたコーン形振動板と円形平板の指向性を比較すると、図 5., 図 6. のようになる。これらの図で右側は $ka=8.0$ 、左側は $ka=4.0$ の場合である。円形平板は特定の角度で極値を有しており、 $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で指向性を評価すると、コーン形振動板の方が優れているといえる。一方、 $0^\circ \sim 30^\circ$ でみると、コーンの深いものや頂角の小さいものでは前室効果による軸上特性のディップが生じており、円形平板の指向性の方がよくなっている。

2.5 ドーム形振動板と平板

コーン形振動板の前室効果の影響は今まで述べたとおりであるが、ドーム形振動板についても同様の現象がある。

図 7. は、無限大パツルに取付けられたドーム形振動板がピストン振動していると仮定したときの軸上音圧特性の計算結果で、ドームの

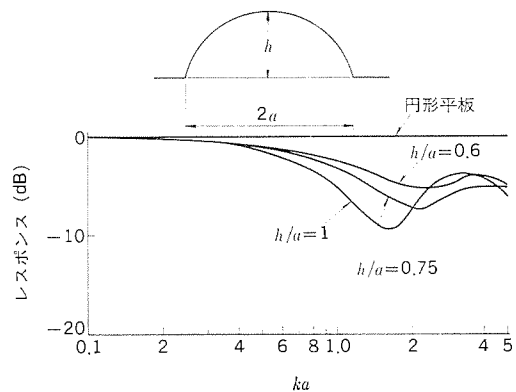


図 7. ドーム形振動板の音圧特性 (ピストン振動時)

高さ h と半径 a の比をパラメータとしている。図に示すように、 $ka=0.5$ 付近から高い周波数にかけて軸上音圧が低下していくことがわかった。

このように、コーン形やドーム形スピーカーでは、振動板がピストン振動していても、振動板前面の空気共振による特性の乱れが生じている。平板形スピーカーにおいてはこの影響がなく、平坦な軸上音圧周波数特性が得られることが第 1 の特長である。

3. 平板形スピーカーの振動解析

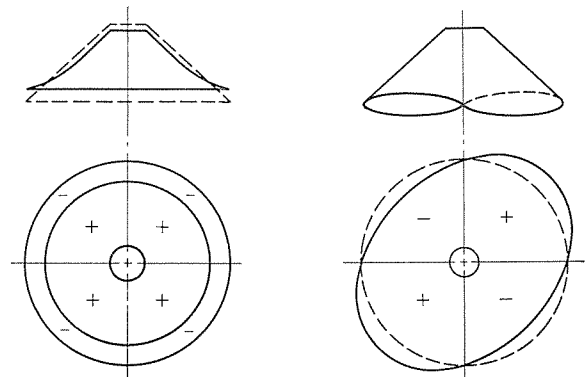
ここでは、平板形とコーン形スピーカーの振動板形状による振動モードの違い、再生帯域を決定する分割振動などについて述べる。

3.1 振動モード

平板形とコーン形の振動板では、その形状の違いのために発生する分割振動モードも若干異なっている。平板形では縦波(伸び)と曲げ波は独立に存在し、板厚が小さい場合には曲げ波が支配的である。これに対し、コーン形では板厚が小さくてもその形状が 3 次元構造を保つため、縦波と曲げ波が結合した複雑なモードをもつ。振動モードには、これらの 2 つの波が振動板の母線方向に伝わる場合に起こる節円を有する軸対称モードと、アジマス方向に働く波によって起こる節直径を有する非軸対称モードとがある。図 8. に示すように、コーンの場合にはその形状のために、非軸対称、非軸対称+軸対称、軸対称の順にモードが推移する。一方、円形平板では、図 9. に示すように、非軸対称と軸対称の 2 つのモードが混在する。

3.2 軸対称振動モード

上に述べた 2 つの振動モードのうちの非軸対称モードは、振動板が均



(a) 軸対称 1 次分割モード

(b) 2 本の節直径をもつ非軸対称モード

図 8. コーン形振動板の振動モード

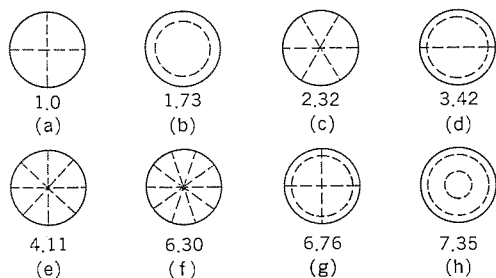


図 9. 円形平板の振動モードと共振周波数の比

一で、同心状に駆動力が与えられる場合（スピーカーはこれに当たる）には、原理的に発生しない。また、振動板の不均一性によって非軸対称モードが起こっても、逆相部分がお互いに打ち消し合うために音圧周波数特性への影響は少ない。一方の軸対称振動は、節円の内外の音放射面積と位相が異なるため、音圧周波数特性に大きな乱れが生ずる。しかも、この分割振動によって大きなひずみが生じるので、スピーカーの再生帯域はこの分割振動の起きる周波数でほぼ決まる。

振動板に節円が1個生じる振動モードを1次の軸対称モードとよぶと、コーン振動板でこのモードの生じる周波数 f_{c1} は、有限要素法による解析により、式(2)として求められる⁽⁴⁾。

$$f_{c1} = \frac{\cos \alpha}{2\pi R_a \sqrt{\rho(1-\nu^2)}} \sqrt{\frac{E}{4.83}} \frac{R_i(R_i^2 - 6R_i + 10.7)}{R_a^2} \quad (2)$$

一方、円形平板の1次軸対称振動の起きる周波数 f_{f1} は、式(3)で表される。

$$f_{f1} = \frac{0.412t}{R_a^2 \sqrt{\rho(1-\nu^2)}} \sqrt{\frac{E}{4.83}} \quad (3)$$

ここで、 α は半頂角、 R_a はコーンの外半径（平板の半径）、 E はヤング率、 ρ は密度、 t は厚み、 ν はポアソン比、 R_i はコーンの内半径 R_b と R_a との比である。

具体的な例として、コーン形振動板と円形平板の1次共振周波数を計算すると次のようになる。

半径 $R_a=10$ cm、半頂角 $\alpha=60^\circ$ 、 $R_i=2.5$ とし、紙振動板の定数の1例である、 $E=2 \times 10^{10}$ dyne/cm²、 $\rho=0.5$ g/cm³、 $\nu=0.3$ 、 $t=1.5$ mm、を式(2)、(3)に代入すると、

$$f_{c1}=1684 \text{ Hz}, f_{f1}=130 \text{ Hz}$$

となる。この結果から明らかなように、平板振動板の1次の共振周波数 f_{f1} は極端に低くなり、このままでは実用に供しえない。

ここで、式(3)に注目すると、平板の1次共振周波数は振動板の厚み t と $\sqrt{E/\rho}$ に比例していることがわかる。ハニカム構造のように大きな厚みをとることができ、しかも高い比弾性率 (E/ρ) を有する材料のみが、平板振動板として適用可能と考えられる。しかし、平板振動板として比弾性率の大きい GFRP スキンを用いたハニカム構造を使用し、しかも最適設計を行った場合でも、1次共振周波数は紙を用いたコーン振動板の約半分にとどまる。

一方、円形平板では、図 9. に示すように2次の共振周波数 f_2 と f_1 の比が4倍強あり、コーン振動板の f_2/f_1 の1.5倍に比べて広い⁽⁴⁾。また、後で詳しく述べるが、円形平板の1次の節はコーン振動板の節の位置よりかなり内側となり⁽⁴⁾、この節を駆動することが可能となる。したがって、円形平板の1次の節を駆動すれば、次の2次モードまでピストン振動が可能となり、GFRP ハニカムを最適設計した場合には、従来の紙コーンを用いたコーン形スピーカーに対して約2倍の再生帯域を得ることができる。更に、使用帯域内での分割

振動をなくすることができるので、それによるひずみを大幅に減らすことができる。ここに、平板形スピーカーの第2の特長がある。

次に、これまで述べてきた特長を生かした平板形スピーカーを実現するための、いくつかの検討結果を述べる。

4. 節の位置

円形平板の1次の軸対称分割振動の節を駆動する場合、節円のできる位置を正確に駆動しないと、音圧周波数特性上にピークディップを生じ、また、過渡特性を劣化させることになる。理論上は、周辺自由の円形平板の1次の節円は振動板半径 R_a の $0.68R_a$ に生じる。

実際のスピーカーでは、振動板外周のエッジの影響やボイスコイル重量のために、節円が移動することが予想される。

したがって、正確に節円の位置を決めるためには、エッジやボイスコイルの影響を有限要素法や解析解を用いて調べ、更に音場解析を用いて節の位置による音圧周波数特性を計算する必要がある。

4.1 エッジの影響

表 1. の形状及び物性をもつ円形平板で、(1)周辺自由、(2)とつ(凸)ロール状エッジ付き、の場合に、構造解析のはん(汎)用プログラムである NASTRAN を用いて自由振動を計算した。なお、この計算では空気負荷を無視し、また振動系の損失も考えていない。結果は図 10. のとおりで、節の位置は周辺自由の場合 $0.68R_a$ となり、古典解と一致する。また、エッジをつけた場合は $0.69R_a$ となり、若干外側に移動する。1次共振周波数を比較すると、周辺自由の場合には 858 Hz であるが、エッジをつけたときには 826 Hz と多少低下する。一方、エッジ自身の共振は、776 Hz と 1,062 Hz に起こっている。

4.2 ボイスコイルの影響

円形平板の1次共振モードの節 $0.68R_a$ にボイスコイルを付加した場合に、1次、2次、3次のモードの固有関数を最大値で規準化して解析的に求めた結果が図 11. である⁽⁵⁾。ここで、エッジはスプリングで

表 1. 計算に用いた定数

	ヤング率 E (dyne/cm ²)	密度 ρ (g/cm ³)	厚み t (mm)	ポアソン比 ν	外 径 R_a (mm)	曲 率
振 動 板	1.5×10^{10}	0.1	8.2	0.3	248	
エ ッ ジ	2×10^9	0.6	0.3	0.3	内 径 250	9 R

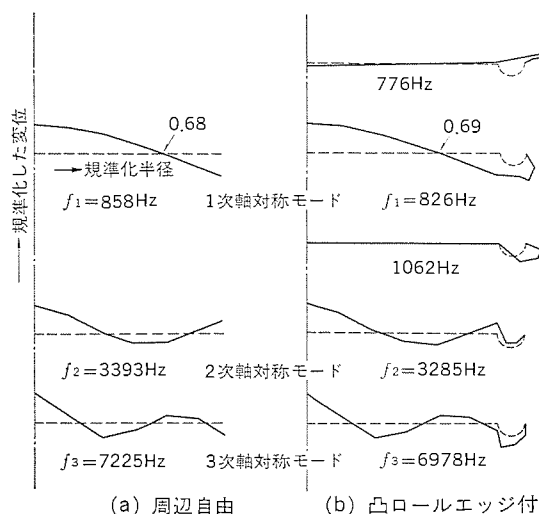


図 10. 円形平板の振動モード (----: 静止)

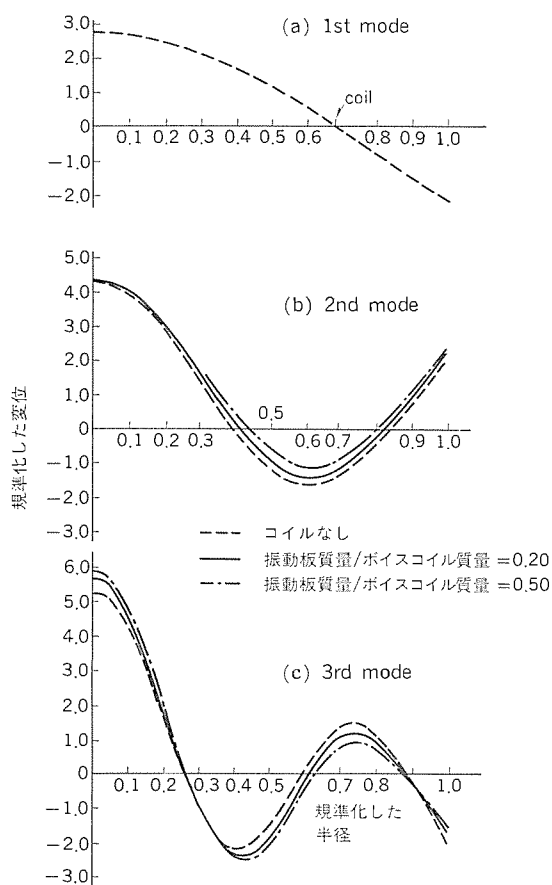


図 11. ボイスコイルを付加した円形平板の振動モード

支持され、そのスティフネスはほぼ0である。この図で、(a)は1次の固有関数(変位)、(b)、(c)は2次、3次の固有関数で、振動板とボイスコイルの質量比を0(ボイスコイルなし)、0.2、0.5とした場合を計算した。この結果から、1次の共振では、ボイスコイルの有無にかかわらず節の移動がないことがわかる。

4.3 振動板の方向性

以上のように、エッジ、ボイスコイルの影響を考慮して節の位置を計算しても、用いる振動板材料に方向性がある、振動モードが真円にならないければ意味がない。平板スピーカーではハニカム構造を用いることが多く、スキン材、コア材の方向性が問題になる。ハニカム構造では、一般にスキンの定数がコアにくらべて極めて高いため、コアの厚みが比較的小さい範囲ではコアの方向性はほとんど無視できる⁽⁶⁾。したがって、方向性の少ないスキン材と適当なスキンとコアの厚みの比を選ぶ必要がある。

4.4 節の位置と音圧周波数特性

ここでは、今まで得られた結果をもとに、振動解析と音場解析を組合わせた有限要素法のプログラムを用いて⁽⁷⁾、円形平板を強制振動した場合の音圧周波数特性を計算する。図12は、表1の定数を用いた凸ロールエッジ付きの円形平板について、節の位置を $0.65R_a$ 、 $0.69R_a$ 、 $0.75R_a$ と変えたときの音圧周波数特性の計算結果である。

4.1節で求められた節の位置である $0.69R_a$ で駆動したものではありません。

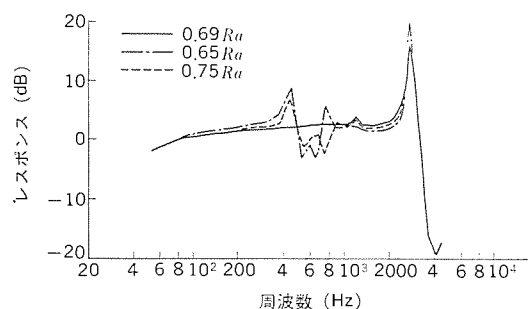


図 12. 駆動位置による音圧周波数特性(計算)

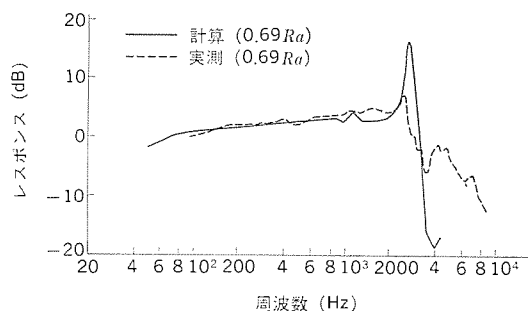


図 13. 平板形スピーカーの音圧周波数特性

平坦な特性が得られており、駆動位置が適正であるといえる。 $0.65R_a$ 、 $0.75R_a$ で駆動したものでは特性が大きく乱れており、1次共振が残っていることがわかる。また、4.1節で述べたエッジ自身の共振も特性上に残っている。

4.5 実測との対応

図13は、表1の定数を持ち、 $0.69R_a$ で駆動した平板形スピーカーの音圧周波数特性と同じ条件での計算による特性との比較である。既に述べたように、計算の場合には振動系に損失がないとしているため、両者のピークの高さは異なっているが、特性の傾向はよく対応している。

5. む す び

以上コーン形スピーカーと比較した平板形スピーカーの大きな特長を、音場解析や振動解析を用いて明らかにした。更に、平板形スピーカーの特長を生かすための正しい節の位置の計算を行った。平板形スピーカーは誕生してまだ間もないため、長い歴史をもつコーン形スピーカーにくらべて未検討の事項も多い。しかし、今まで述べたような優れた特長があるので、今後の発展が大いに期待される。

参 考 文 献

- (1) 中田ほか：放送技術，77-10
- (2) 土屋ほか：三菱電機技報，51，No. 12 (昭52)
- (3) 大家ほか：電子通信学会研究会，EA 77-26 (昭52)
- (4) 八嶋ほか：音学講論集，77-10
- (5) 八嶋ほか：音学誌，34，No. 8 (昭53)
- (6) 田中ほか：三菱電機技報，53，No. 3 (昭54)
- (7) 山淵ほか：音学誌，35，No. 12 (昭54)

地震を数秒から10数秒前に予測する 三菱P波センサ式地震感知システム



このたび三菱電機では、地震の初期微動(P波)を感知して、まもなく到達する本震(S波)を予測する、三菱P波センサ式地震感知システムを開発しました。

地震が起きた場合、上下動を主成分としたP波がまず到達し、その後に水平動を主成分とし大きな破壊力をもつS波が到達します。本システムは、このP波とS波の時間差および、P波の加速度とS波の震度との相関関係に着目したもので、震度5クラスの地震を数秒から10数秒前に予測し、地震による被害を最小限に抑えようとするものです。

特長

- P波を建物の常微動と区別して検出
P波と建物の常微動は、振動レベルと周波数域が異なりますので、フィルタで分離してP波のみを高い精度でとらえます。
- システムの動作チェックが簡単
アンプユニット内に設けたチェック用スイッチの操作により、システムが正常か否かをP波を検出した時と同じ状態でチェックできます。
- システムの構成は自由自在
使用目的、現有設備の流用などに応じて、自由なシステムが構成できます。
- 無停電電源を内蔵
アンプユニットには無停電電源を内蔵していますので、停電になっても1時間以上の動作が可能です。

用途

用 途	設 置 場 所
人命にかかわる事故の発生を防止するため、警報を出したり運転を停止する	倉庫、工場、病院、学校
高価な機械・装置の破損を防止する	研削盤、計算機
非常用発電機をスタートさせる	病院、地下街
車両の進入禁止	長大橋、トンネル

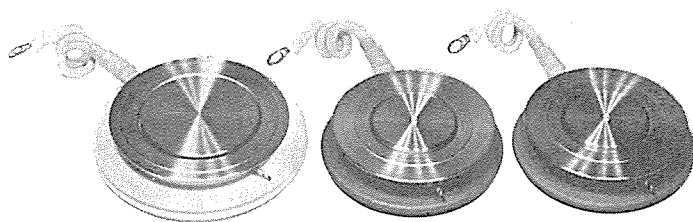
仕様

P波センサ方式	動コイル式
検 出 方 向	垂直方向
検 出 加 速 度	上下動5gal $\pm 10\%$ (3.5Hz時)
周 波 数 特 性	1~10Hz
使 用 環 境	温度-10~40℃。相対湿度90%以下
電 源	AC 100V $\pm 5\%$ (50/60Hz) 1時間動作保証無停電電源内蔵
消 費 電 力	待機時7VA・検出時10VA
P波検出表示	赤色発光ダイオードによりアンプユニット上に表示
出力接点 構成	P波検出時閉路する無電圧接点 4組
能 力	AC 250V 2A、DC30V 2A(いずれも抵抗負荷)
出力のリセット	検出加速度レベルを超える最終地震動から15秒後に自動リセット
重 量	P波センサ…3.5kg
	アンプユニット…4.5kg

三菱電機ではこのたび、大容量（耐圧2500V、 I_{TGQ} 1000A）のゲートターンオフサイリスタ（略称GTO）の開発に成功しました。これにより、可制御陽極電流（ I_{TGQ} ：ゲート信号によってターンオフ可能な最大陽極電流）が600Aで、耐圧が1300Vおよび2500VのGTOと大電力GTOのシリーズ化を完成しました。これらのGTOの実現によって、220Vおよび440VのACライン、750VのDCラインのインバータ、DCスイッチ等の装置の小形軽量化、高性能化が期待されます。

大容量GTOは、ゲート信号のみで主電流をオン・オフできるので、従来のサイリスタのように、オフするための強制転流回路を必要としないため、装置の小形軽量化が図れ、さらに転流回路で発生する転流損失がなくなるので、装置の高性能化が図れます。これらの特長のために、GTOは近年の省エネルギー・省力化という社会的要請からくる装置の小形軽量化、高性能化に適したデバイスのひとつとして、その開発・実用化が期待されるようになってきました。

一方、GTOはターンオフ機能を向上させるために、カソード（主電流を流す部分）が多数の小さな島状に分割され、それぞれのカソードの島（セグメント）がゲート電極によって取り囲まれる、いわゆるマルチカソード構造となっているために、従来の単一カソードのサイリスタに比べ、カソード面積が著しく小さくなる結果、大電力化はきわめて困難でした。また、GTOは大電流をターンオフするとき、各セグメントが一斉にターンオフせず一部のセグメントのターンオフが遅れ、局部的に電流集中を起した状態で転流失敗を起し破壊するという欠点を持っており、この欠点が主電流の可制御容量の向上を妨げています。このため、GTOの高耐圧化・大容量化は困難で、耐圧2500V、可制御陽極電流600A、実効オン電流420Aが現在発表されている最大の素子です。



三菱大電力GTOシリーズ

- 左：FG1000A-50（耐圧2500V、可制御陽極電流1000AGTO）
中央：FG600B-50（耐圧2500V、可制御陽極電流600AGTO）
右：FG600A-26（耐圧1300V、可制御陽極電流600AGTO）

三菱電機は、以上の問題点を下記技術で解決し、高耐圧大容量GTOを開発しました。

- (1)Pin構造の導入により、同一の耐圧特性を得ながらベース層の厚さを約 $\frac{1}{2}$ にすることにより、オン損失を低く抑え、大容量化を図るとともに、i層のライフタイムを制御し、スイッチング特性の向上を図りました。
- (2)高精度不純物拡散技術と、多数エミッタセグメントのパターン配列の最適設計により、各セグメントの一斉動作を実現し、可制御容量の向上を図りました。

上記により開発した高耐圧大容量GTOは、可制御陽極電流を1000Aと大幅に改善し、しかもターンオフ時間を15 μ sと短縮した素子です。なお、これらの新技術は可制御陽極電流600Aの、耐圧2500Vおよび1300VのGTOにも適用し、性能の向上を図っています。

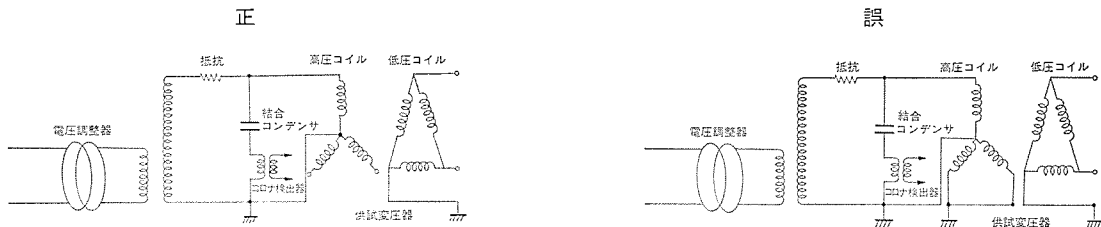
主要特性定格

項 目	記 号	単 位	FG1000A-50	FG600B-60	FG600A-26
ピーク繰返しオフ電圧	V_{DRM}	V	2500	2500	1300
実効オン電流	$I_T(RMS)$	A	600	420	420
可制御陽極電流	I_{TGQ}	A	1000	600	600
サージオン電流	I_{TSM}	A	7000	5000	5000
ターンオフ利得	G_{GQ}	—	5	5	5
ゲートトリガ電流	I_{GT}	mA	350	350	350
ターンオフ時間	t_{GQ}	μ s	15	15	10

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1218246	電源回路	竹 垣 弘	1218285	コンバーゼンス用 フェライトコア	{ 鈴木 滋・石井良衛 当金彦宏
1218247	自動車用直結形交流発電機	矢野悦治	1218286	スパイラルシュータ	{ 木名瀬武男・樋口昭義 猪熊 章
1218248	電磁連結装置の冷却装置	小林良治	1218287	オーバハング式回転電機	蜂須賀利吉
1218249	ヒンジ装置	渡辺 潔	1218288	湯水混合装置	大竹 操・鳥山建夫
1218250	停電検出装置	三好明好・小林照朋	1218289	電子レンジの扉装置	熊田泰治
1218251	車輛用暖房装置の制御装置	藤井 学・本田嘉之	1218290	電気掃除機	{ 福田興司・高橋 豊 近藤政喜
1218252	換気扇の包装装置	吉村 勉	1218291	塵埃濾過用濾器	福田興司
1218253	電球包装箱	三森 貢・高田 弘	1218292	電気掃除機	福田興司
1218254	直流ソレノイドコイルの制御回路	大西正義	1218293	プリセット14進可逆カウンタ回路	片岡猪三郎・徳永芳則
1218255	エレベータの戸の案内装置	伊藤弘道	1218294	プリセット可逆カウンタ	片岡猪三郎・徳永芳則
1218256	発電機の出力電圧調整装置	猪崎国男	1218295	計数器	林 正之・元木義明
1218257	エレベータの火災時災害防止装置	原田輝夫	1218296	ヘアードライヤー	川合輝一
1218258	発電機の励磁装置	泰 弘 継・米沢英憲	1218297	誘導加熱装置	藤室雅司・松尾 茂
1218259	エレベータの荷物転動阻止装置	立川 弘・伊藤拓三	1218298	貯水槽の水位表示装置	辻 幹夫
1218260	電気かみそり	{ 鶴谷嘉正・熊田泰治 宇佐見忠	1218299	抵抗器の過熱防止装置	片岡康男
1218261	データ読み出し装置	佐藤征男	1218300	冷蔵庫	早川孝紹
1218262	収塵装置付電気かみそり	熊田泰治	1218301	回転電機の短絡環装置	山之内政文・吉野 恂
1218263	電気かみそり	熊田泰治	1218302	過大トルク制御装置	加藤道明・福田幸治
1218264	エアミックス形カーヒータの温度制御装置	藤井 学	1218303	高速エレベータの防音装置	鈴木克彦・田中英晴
1218265	掛け金装置	{ 服部信道・岩田尚之 杉田 信	1218304	道具体の着脱装置	原田長治・二宮 章
1218266	把手装置	鳥山建夫	1218305	カラーテレビジョン装置	大竹登志男・大塚洋俣
1218267	底開式コンテナの二方向索解放装置	樋口昭義	1218306	蒸発冷却式電機	白神十九一
1218268	電気かみそり	鶴谷嘉正・熊田泰治	1218307	ダイオード保護回路	高見 弘
1218269	ボルト抜け止め装置	久保田弘・大脇 至	1218308	フックブロック	古賀和幸
1218270	アンテナソケット	土生 功・的場恒章	1218309	燃料給送ポンプ	藤原弘之・横山英正
1218271	エアフィルター	福田興二・宇佐見忠	1218310	半導体チップ支持器	星加春幸・中谷正昭
1218273	エアフィルター	長嶺 元・宇佐見忠	1218311	超音波洗浄装置	鳥山建夫
1218274	円周自動溶接装置のヘッド結合装置	鶴飼 順・中谷隆男	1218312	超音波洗浄機	鳥山建夫
1218275	温水機	岩崎善彦・渡辺 靖	1218313	超音波洗浄機	鳥山建夫
1218276	液体燃料燃焼式暖房装置の制御装置	浅田 実・畑 好男	1218314	表示器	原 邦 芳
1218277	エレベータ用冷房装置の凝結水排水装置	門村 勝・櫻井 宏	1218315	車輛用暖房装置の安全装置	熊沢 裕・市村伸男
1218278	保温容器の断熱装置	{ 高橋正晨・大沢和夫 石井寛夫・鶴谷嘉正	1218316	燃焼装置	福田光男
1218279	放電装置	高塚桂三	1218317	給合形冷蔵庫	大坪 熟
1218280	放電装置	高塚桂三	1218318	摩擦式電磁連結装置	小林良治
1218281	回転軸止め装置	{ 高橋良治・南喜代志 吉岡和宣	1218319	冷蔵庫用冷却器	早川孝紹
1218282	交換形磁気円板記憶装置	東山 昇	1218320	脱調検出継電装置	三上一郎
1218283	テーピング装置	広木 勉	1218321	エレベータの呼び表示装置	壺井芳昭
1218284	磁気ディスク記憶装置	今村恒浩	1218322	真空スイッチ式負荷時タップ切換器	古川重芳
			1220488	定電圧変圧器	中島四郎
			1220489	冷蔵庫	河村伊佐夫・田中 毅
			1220490	冷蔵庫の除霜水排出装置	高田弘明
			1221656	励磁粒子式連結装置	車戸秀男
			1221657	クラッチ機構	木下 剛
			1221658	回転電機の支持装置	近藤寿一
			1221659	リニアモータの制御装置	平尾新三

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1221660	半導体装置	前 田 甫	1221675	表示装置	遠 藤 正 和
1221661	立て形回転電機の固定子固定装置	森 与 志 彦・柴 崎 和 則	1221676	節動ハンドル装置	鳥 山 建 夫・岡 部 勇
1221662	つかみ機構	丸 山 正 彦・林 行 蔵	1221677	周波数変換装置	山下隆三郎
1221663	電球包装用枠板	三 森 貢・井 上 員 成	1221678	気密絶縁端子	{井上武男・白 沢 宗 鹿 野 義 郎
1221664	電気機器	藤 井 勲・大 沼 昭 栄	1221679	ガス絶縁電気装置	大 沼 昭 栄
1221665	電気かみそり	熊 田 泰 治	1221680	閉鎖配電盤構体	片 山 明
1221666	負荷制御装置	小 山 滋	1221681	マンコンベヤ装置	浅 野 勝
1221667	回転電機の回転子	福 吉 拓 雄	1221682	膨張形スパイラルシュータ	{木名瀬武男・猪 熊 章 樋 口 昭 義
1221668	電気掃除機	福 田 興 司・高 橋 豊	1221683	開閉器の操作装置	{岩 崎 行 夫・長 井 成 吉 真 鍋 勝 之・本 間 久 智
1221669	空気調和機	鈴木太八郎	1121684	白熱灯器具	{保 田 智 行・願 念 和 男 二 木 盈 行
1221670	全波整流回路	石 井 敏 昭・寺 園 成 宏	1221685	屈曲部の気体通路が確保された つづら折れ支柱気のう	猪 熊 章
1221671	回転電機	福 吉 拓 雄			
1221672	回路しゃ断器	中 山 豊			
1221673	固定体抵抗器	伯 井 俊 彦			
1221674	直流高電圧供給装置	伯 井 俊 彦			

訂 正 前々号 Vol. 54 No. 10 に次のような誤りがありましたので、訂正しておわびいたします。
41 ページ 図 4 (a) 部分放電試験回路 (誘導法)



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 55 No. 1 技術の進歩特集

- 研 究
- 電 力
- 産業用電機品、計測・制御と環境
- 汎用電機品
- 通信と電子応用
- 集積回路と半導体素子
- 電子計算機
- 建築関連設備
- 交 通
- 家電関連機器

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 54 巻 12 号			
委員長	高 木 敬 三	委 員	柴 田 謹 三	(無断転載を禁ず)			
副委員長	大 谷 秀 雄	〃	樋 口 昭				
〃	横 浜 博	〃	神 谷 友 清	昭和 55 年 12 月 22 日 印刷 昭和 55 年 12 月 25 日 発行			
常任委員	三 輪 進	〃	立 川 清 兵 衛				
〃	唐 仁 原 孝 之	〃	中 里 裕 臣	編集兼発行人 諸 住 康 平			
〃	増 淵 悦 男	〃	柴 山 恭 一				
〃	葛 野 信 一	〃	福 井 三 郎	印 刷 所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地 大日本印刷株式会社			
〃	三 浦 宏	〃	杉 山 睦				
〃	中 原 昭 次 郎	〃	瀬 辺 国 昭	発 行 所 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒 100) 菱電エンジニアリング株式会社内			
〃	桐 生 悠 一	〃	竹 内 守 久				
〃	野 畑 昭 夫	幹 事	諸 住 康 平	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 オーム社書店			
〃	的 場 徹	〃	足 立 健 郎				
〃	尾 形 善 弘	12 号特集担当	長 井 健 次	定 価 1 部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)			

三菱電機技報 (昭和55年 第54巻) 総目次

1号 技術の進歩特集	5号 冷凍と空調特集	9号 コンピュータ特集
2号 鉄鋼プラント電機品特集	6号 500 kV 変電所特集	10号 自動車用電装品特集
3号 固体絶縁と材料特集	7号 電気機器のモニタリング特集	11号 計装制御特集
4号 周辺端末機器特集	8号 船用電機品と荷役機械特集	12号 集積回路特集

《技術の進歩特集》

	号 ページ		号 ページ
1. 研 究	1... 6	6. 半導体素子と集積回路	1... 62
2. 電 力	1...17	7. 電子計算機	1... 70
3. 産業用電機品、計測・制御と環境	1...30	8. 建築設備と冷凍・空調	1... 81
4. 汎用電機品	1...42	9. 交 通	1... 91
5. 通信と電子応用	1...51	10. 家電関連機器	1...100

特集論文

《鉄鋼プラント電機品》

1. 熱間圧延プラント用電機品	中島興範・山口尚彦・山本安行・小寺嘉一・竹内詔夫	2...113
2. 冷間圧延プラント用電機品	大場宏一・上住好章・下田道雄	2...118
3. プロセスライン用電機品	松尾元幸・松山功武・手塚彰夫・片山夏信・三田喜久	2...123
4. 製鉄製鋼設備電機品	小平道徳・石 雅彦・加賀宏明・春川康彦・小櫃亮二	2...127
5. 鉄鋼ヤードの自動運転システム	首藤佑吉・伊藤善丈	2...132
6. 鉄鋼プラントにおける分散形制御システム	今道周雄・稲本 惇・川崎宗男・三品英二・山本 修	2...137
7. 圧延機駆動用電動機の機械的諸問題	林 昌宏・坂本正行・小西和成	2...142

《固体絶縁と材料》

1. エポキシ注型絶縁物の交流耐電圧特性	仲西幸一郎・潮見尚暢・渋谷義一・但田昭司・坂井龍吉	3...187
2. 高電圧用注型絶縁材料の耐熱性の改善	土 橋 勝・板橋好文・松田節之・小鯛正二郎	3...192
3. 変圧器への注型絶縁物の適用	村上靖武・太田照雄・今井満夫・安部 勉・原 啓治	3...197
4. 新しい電気絶縁用液状ゴムとその変圧器への適用	森脇紀元・羽 仁 潔・不可三晃・山崎一郎・松田文雄	3...202
5. 屋外機器用エポキシ注型絶縁物の長期信頼性	平沢栄一・谷 功・坂井龍吉・農蘇正和・宗村弘次	3...207
6. 高電圧発電機絶縁の経年変化	平林庄司・谷 功・松田禎夫・伊藤裕之・斉藤堅一	3...212

《周辺端末機器》

1. 高品質を目的とした高速漢字プリンタ	柴田信之・鈴木文雄・畑中靖通	4...261
2. M 2483 形光学文字読取装置 (OCR)	斎藤靖彦・豊田武人・野口英一・南部 元・山本勝敬	4...266
3. M 2884 密閉形固定ディスク装置	角田正俊・清水 豪・加茂正義	4...271
4. 《MELCOM 80》シリーズのマルチワークステーションシステム	本間雅美・馬場 理・井上智男・西田憲治・新田俊晴	4...276
5. ファクシミリを利用したコンピュータシステム	太田芳弘・松田主税・太刀掛伸一・田中久之・浦山統喜治	4...281
6. カラーグラフィック表示を実現した工業分野向けディスプレイ装置	渡部明洋・西出政司	4...286

《冷凍と空調》

1. 空気熱源式ヒートポンプチリングユニット CAH-L 20 D・25 D・30 D 形	横山誠志	5...335
2. 事務所・店舗用エアコン 《Mr. SLIM》天吊り	中島康雄・中島 勇・安立博樹・森主 憲・田中直樹	5...339
3. カセット形ファンコイルユニット及び柱形ファンコイルユニット	佐藤峯夫・川口忠明・富永篤夫	5...344
4. フィンコイル式温水床暖房パネル	湯山 莖・佐藤峯夫	5...348
5. 住宅用太陽冷暖房給湯システム	西山 槐・杉原正浩・甲斐潤二郎・大坪道夫	5...353
6. 2ステップクーリング式オープンショーケース	瀬下 裕・笠置 紘・松本 徹・高妻光昭	5...358

《500 kV 変電所》

1. 中西地区連系 500 kV 系統の役割	上之園親佐	6...405
2. 500 kV 変電所機器の基本的考え方	田村良平・青木俊之・桑原 宏・森 健	6...408
3. 中部電力(株)北部変電所 500 kV 変電機器	平林康道・佐々木健一・谷黒文弥・平河宏之・岡村捷久	6...413
4. 中国電力(株)東山口変電所の新設工事	岡本栄智・佐川 勤・祖開克二・左近一郎・中川秀人	6...418

5. 九州電力(株)西九州変電所 500 kV 変電機器	木佐貫 滋・福田興太郎・西 英二・宮本龍男・木村佑二	6...423
6. 500 kV 変電所監視制御システム	木佐貫 滋・山田勝治・辻 俊彦・炭谷周作・西川正治	6...428
7. 500 kV 用系統保護システム	鈴木健治・畑田 稔・中川秀人・中村正則	6...433
〈電気機器のモニタリング〉		
1. 発電機コンディションモニタ	朝日美津代・榎本順三・田熊良行・瀬戸幹雄	7...479
2. かご形 3 相誘導電動機の回転子導体温度監視装置	宇野秀也・峯友清博・谷口昭信・松田充記	7...484
3. ころがり軸受モニタリングシステム	手 島 泰・小泉孝之・宇佐美照夫・藤山辰之・谷口良輔	7...487
4. 油中ガス自動分析装置による変圧器のモニタリング	山田光洋・埜村雄作・今村 孝・石井敏次・吉原俊彦	7...492
5. ガス絶縁機器の内部絶縁診断技術	伊藤俊一・土谷善英・楠本季夫・迎 久雄・松田節之	7...497
6. 鉄道車両用モニタリングシステム	六藤孝雄・森原健司・中嶋恒弥・小西直行	7...501
〈船用電機品と荷役機械〉		
1. 船用交流発電機の溶接フランジ軸	井上彰夫・大杉重夫・小西和成・朝長真二	8...547
2. サイリスタインバータ式軸発電システムとその応用	坪井英二・井上隆治	8...552
3. 船用機関部自動化システム	畑野征弘・山崎 寛	8...557
4. 船用荷役システム	井村 豊・嶋田惣一・峯友清博	8...562
5. 最近のコンテナクレーン用電機品	深田浩一・上向康将・橘 幹夫	8...566
6. クレーン用高圧誘導電動機のサイリスタ制御	梶田武良・山本 博	8...570
7. ごみクレーンの自動運転システム	滝沢義知	8...574
〈コンピュータ〉		
1. 《MELCOM-COSMO 900 II》の本体装置	田淵謹也・横山繁盛・渡辺照久・老田清五	9...609
2. 《MELCOM-COSMO 900 II》の素子実装	今村貞良・竹内 哲・有賀幾夫・吉岡 猛	9...614
3. ミニコンピュータ《MELCOM 70 モデル 60》	福隅正憲・渡辺修亨・木村広隆・斎藤 巧・小嶋滋弥	9...619
4. オフィスコンピュータ《MELCOM 80》日本語システム	浜田 勝・荒井訓男・川上孝仁・本間雅美・吉田瑞穂	9...624
5. 工業用計算機《MELCOM 350-50》の入出力システム	橋本健治・中尾好宏・前花芳夫・西出政司	9...629
6. 16ビットマイクロプロセッサ	富沢 孝・花村公一・中前美登里・山田達雄・佐藤 茂	9...633
7. 計算機間通信における高性能光ループシステム	松永 宏・石坂充弘・中塚茂雄・江口眞行・新沢 誠	9...638
〈自動車用電装品〉		
1. 電子制御燃料噴射装置	三木隆雄・浅山喜明・佐々木武夫	10...681
2. タイマ集中制御装置及びトリップコンピュータへのマイクロコンピュータ応用	伊藤久嗣・山本敏夫・魚田耕作	10...686
3. 自動車用走行制御電子装置	辰巳 巧・内藤靖雄	10...691
4. ハイブリッド IC イグナイタ	松村政美・上田 敦・陣門優志・小林栄治	10...696
5. 車載オルタネータ用 HIC レギュレータ	岩城良之・森下光晴・和田一二三・岩谷史郎・片島 正	10...700
6. 三菱水温検出ユニット T3	山根正照・山上偉三・十河敏雄・山本平男	10...705
7. 液晶を用いた自動車用インスツルメントパネル	清水 修・播口正雄・堀切賢治・近藤信幸・伊藤久嗣	10...709
〈計装制御〉		
1. 計装制御の意義とその進展—計装制御特集によせて—	澤井善三郎	11...749
2. 小ループ形プロセスコントローラ	松谷勝巳・土屋輝彦・森 俊吾・片岡猪三郎・故島利美	11...751
3. 計測におけるマイクロコンピュータの応用	稲荷隆彦	11...755
4. 活性汚泥処理プロセスにおける新しい MLSS 制御法	前田満雄・前田和男・長田俊二・桑田貴平・中堀一郎	11...760
5. 食品プロセスにおける計装技術の応用	柳下紀久次・小原博修・木戸正克	11...765
6. 化学プラントにおけるガスクロマトグラフガイダンスシステム	清宮忠昭・岡 富士郎・御厨長十	11...770
7. 下水処理場における分散形 DDC システム	若月秀樹・飛山哲幸	11...773
8. 火力発電プラントにおけるデジタル制御システム	吉田日出夫・前原史彦・稲葉孝一・古久保雄二・篠原光一	11...778
〈集積回路〉		
1. LSI マスクレイアウト図論理照査システム—PALLEQ—	今藤一行・長 能 素・小蒲恵子・岩附 守・指山 敦	12...825
2. 高速 ECL ゲートアレー	堀場康孝・加藤周一・茅野新平・金田 一・村井真一	12...829
3. 第 3 世代カラーテレビ信号系リニア IC の開発	高野 元・戸室泰太・中出良治・小嶋健治・吉富正夫	12...834
4. ボルテージシenseサイザ用 C MOS LSI	小林 洋・武部秀治	12...839
5. 8ビットマイクロコンピュータシリーズ	梅木恒憲・小林英行・浜野尚徳	12...844
6. ビデオディスプレイ用コンピュータ PCA 8540 の機能と応用	古村 高・前田章宏・石井康熙	12...848

7. “高密度実装技術” LSI のパッケージング技術	番條敏信・近藤 隆・今村貞良・大串哲朗	12...852
-----------------------------------	---------------------	----------

普通論文

1. 新形高頻度開閉回路用 CLS 形高圧大容量限流ヒューズ	岩崎行夫・今泉三之・森 貞次郎・近田敏之・藤尾和克	2...149
2. トリプル方式映像システム	糸賀正己・高田 豊・洞井宏之・三橋康夫・丹羽喜一	2...154
3. IC フォトマスクの品質向上	坂下 健・金滝行道・森田 功・伊藤和男・板坂隆史	2...158
4. 超高速漢字プリンタシステム	柴田信之・内田雅幸・鈴木文雄・畑中靖通・平野昭夫	2...162
5. 32 K ビット紫外線消去形 EPROM	上田 修・張間寛一・鍋谷 弘・佐藤 茂・西本章	2...167
6. 北海道電力(株)新冠揚水発電所におけるデリヤ形ポンプ水車・発電電動機の水中始動試験	島村勇志・上山 正・林 重雄・河野 明・三谷一晃	2...171
7. 《MELCOM 350-50》工業用計算機システム モデル A 2500	武藤達也・長沢一嘉・村木克己・大野陽吉	2...176
8. スピーカーのネットワーク用インダクタのひずみ低減	土屋英司・大村俊次・池田英男・岡部正志・佐伯多門	3...219
9. 大容量送油風冷式変圧器用新形冷却器と低騒音冷却扇	秋下貞夫・川中 進・森津一樹・品川博昭	3...223
10. シェラレオーネ納め国際衛星通信用小形地球局	入江浩一・糸原明義	3...227
11. 大容量タービン発電機の軸受	菅波拓也・増田隆広・大石紀夫・田熊良行	3...230
12. 大出力棒状熱陰極形電子ビーム溶接機	下山仁一・安永政司・佐々木茂雄・藪中文春・原 且則	3...234
13. 電圧両用形 IC 化漏電しゃ断器	近藤邦昭・石井和宏・宮崎行雄・竹田 貢	3...239
14. 農林水産省納め香川用水集中管理システム	大塚忠夫・渡辺 宏・大石将之・牧本健二	3...244
15. マイクロ波用静電誘導形トランジスタの電気的特性	梶原康也・行本善則	3...249
16. 2,000 m 深海潜水調査船用電機品	黒川武彦・富永隆弘・朝枝健明・鶴野秀之・藤田昇三	3...253
17. 三菱電子式ノーヒューズしゃ断器《MELNIC》による低圧回路の保護協調	望月義範・藤久博章	4...295
18. 配水管網における末端圧保持プログラム (SONET-II)	小沢純一郎・斎藤美邦	4...300
19. 人工衛星搭載用電子衝撃形水銀イオンエンジン	東 久雄・中村嘉宏・工藤 勲・島田貞憲・吉川皖造	4...305
20. 人工衛星の三軸姿勢制御方式と試験装置	岡田賢二・山田 武・井上正夫・中村陽三	4...310
21. 大電力インバータ用サイリスタ素子	多田昭晴・川上 明・中川 勉・由宇義珍	4...314
22. 新しい規格形エレベーター《エレベット アドバンス》	鈴木育雄・寺園成宏・丸山祥男・加藤久夫	4...319
23. エレベーター用 P 波センサ付地震管制システム	鈴木克彦・岸本福太郎	4...323
24. 耐震形温水器の開発	濱口龍也・小泉孝之・近藤正司・窪田秀治	4...327
25. 光ファイバ伝送用光部品	松井輝仁・久間和生・布下正宏・浜中宏一・平野昌彦	5...365
26. カラジオ用周波数カウンタ・クロック LSI と基板実装技術	加藤直之・登坂高夫・越智克則	5...370
27. 横浜市下水道局納め港北下水処理場総合監視システム	上原 鼎・左向隆一・小松角郎	5...374
28. DRS-N 形新シリーズ半導体タイマ	五十嵐正光	5...379
29. 最新鋭大容量火力プラントの中央制御盤	森 健次・佐々木俊之・篠原光一・須山 勉・谷口政弘	5...383
30. 空心導体の電磁諸量計算プログラム	成川武文・塚本忠則	5...388
31. 日本語処理システムへのファクシミリ応用	吉川勝康・市川照久	5...393
32. カラーグラフィック CRT による発電プラントの監視	白石之規	5...397
33. 電子制御方式ビデオカセットレコーダー	中島 治・正田茂雄・三橋康夫・小島正典・宮後俊春	6...439
34. ドップラレーダ車両感知器用プリント化スロットアレイアンテナの試作	片木孝至・真野清司・沼崎 正・齊藤光夫	6...444
35. データベース自動設計・自動生成プロセッサ MADAM	中村 晋・水沢勝治	6...447
36. 工業用計算機のソフトウェア生産性・信頼性向上支援システム	稲本 惇・芥川哲雄・大井房武・仲 摩 寿・中久喜 要	6...450
37. 音声出力用基板 PCA 8520 の機能と応用	三木 務・古村 高・寺崎信夫	6...455
38. ゲート付トランジスタ (GAT)	近藤久雄・行本善則・小嶋鈴夫	6...460
39. 高電圧機器絶縁特性自動計測システム	平林庄司・渡辺忠勝・北村洋一	6...464
40. 磁気ディスク装置用浮動ヘッド	鈴木栄久・堀端慎二・山 許 博・鮫島周耕・角田正俊	6...468
41. 塊状突極形同期電動機の非同期始動特性	黒谷 博・加藤之敏・猪谷耕太郎・阪部茂一	7...509
42. レーダエコーシミュレータの開発	大橋由昌・近藤倫正・小野 誠	7...513
43. 国内通信用衛星回線交換方式及び制御装置—SCPC-DAMA システム—	前田良雄・本田 茂・岩橋 努・小松陽二・伊藤修治	7...516
44. 14 MVA 直接水冷却水車発電機の開発と運転実績	宇佐見一雄・沢谷賢二	7...521

45. 医療用ライナック ML-15 M III 形の性能	高橋勇守・鈴木敏允・金沢正博・朝井克治・菊地 宏	7...526
46. 徳島県防災行政無線システム—地方自治体の非常災害及び一般業務用無線電話網の1例—	桂川 弘・中川幹雄・米田長義	7...531
47. マルチステップフォーカス電子銃の高解像度カラーディスプレイ管への応用	竹延真哉・野阪英荘・鷺野翔一	7...536
48. サイリスタチップによるパワーモジュール	山根正熙・大島征一・山本 武・山下信三・石橋清志	7...540
49. ガス絶縁変圧器の適用と現状	水野宏和・伊奈照夫・古川一弥・田中久雄	8...581
50. 省エネルギーのための電子式電力管理用機器	西岡隆文・水原博久	8...584
51. 家庭用 VTR を用いる PCM 録音再生アダプタ	千葉和弘・成木利正・石田禎宣・国井郷志	8...588
52. 高解像度中間調超高速ファクシミリ《MELFAS 850》	大西 勝・瀬政孝義・永田良浩・阿部正昭・西川秀一	8...592
53. 3相誘導電動機の簡易電子制御装置《ファインストップファミリー》	八木 修・中川 隆・奥村良之	8...596
54. 壁掛形《クリーンヒーターエアコン》—冷暖房機—	長尾吉彦・牛越 諒・浅野 忠・野沢栄治・林 悦二	8...600
55. たて形レコードプレーヤーのトーンアーム送り機構	山本 哲・岡田克己・二川曉美・平松勝蔵	9...645
56. 新しい変電所の構成—北海道電力(株)苗穂変電所へのガス絶縁母線の適用—	柳浦嘉紀・高橋憲隆・左近一郎・但田昭司・佐保和生	9...649
57. 低圧需要家負荷測定装置	由利誠司・三好明好・吉原孝夫・沖石良憲	9...654
58. 愛媛県納め鹿森ダム諸量処理システム	大仲 悟・竹野宏平・田辺一郎・真坂博好	9...659
59. 7.2 kV, 63 kA 大容量 SF ₆ ガスしゃ断器	宮本紀男・植田至宏・大野 玲・堤 透・古林 昇	9...664
60. 72.5~765 kV がいし形ガスしゃ断器新系列の完成	佐藤邦彦・山田和豊・坂本成義・奥野満晴・矢賀雅人	9...669
61. 三菱煙道ガス測定器 SA-601 形	宇野沢 讓・金 文夫・松田 茂・小堺 孝	9...674
62. 産業医科大学総合医療情報システム	新納 弘・宮本直記	10...715
63. 新形 F 種モールド変圧器	千歳 隆・伊奈照夫・林 守・村上靖武	10...720
64. 空調用フィン付熱交換器の特性向上	湯山 莖・山崎起助・小松文昭・上妻親司	10...723
65. 関西電力(株)大飯発電所 1,300 MVA タービン発電機の据付・現地試験	井上利昭・田尻義昭・伊藤裕之・福田光雄	10...727
66. タービン発電機用ロータ部品材料の強度評価	八木耕三・大石紀夫・竹屋 仁・吉岡純夫	10...731
67. 渦電流方式可変速クラッチモートル《リミ・ストップ Z》	小林孝生・加藤勝久・中村 隆・熊谷 博・藤川勝弘	10...735
68. ソリッドステート化したエレベーターの停電時自動着床装置	内野秀夫・野村正実	10...740
69. CGPA 変圧器—変圧器の新しい輸送方式—	松村 晋・菅 邦郎	11...785
70. 温水暖房システムにおける簡易床暖房	山崎起助・清水 誠・斉藤辰夫・野沢栄治・鈴木欽三	11...789
71. 技術試験衛星 III 型搭載 能動式熱制御装置の開発	東 久雄・板垣春昭・中村安雄・木村 弘・桜井也寸史	11...794
72. 暖房機用耐熱材料の熱サイクル寿命評価—アルミナイズド鋼の熱サイクル中の高温酸化—	土方明躬・吉岡純夫・宮崎政行・田中 博・林 幸男	11...799
73. 薄形、額調エアコン《アートクール》の開発	関口 浩・上妻親司・友沢 久	11...804
74. 電磁式ガス流量制御弁—家庭用ガス器具—	藤原道雄・野沢栄治・高橋基裕	11...809
75. デジタル保護リレー	畑田 稔・吉田敬史・大垣健二・細井真知夫・本間昭好	11...814
76. 《MELCOM 350-50》シーケンスコントローラ	香取和之・河合一洋・鎌田 孝	12...857
77. 電力系統運用シミュレータ	土谷要夫・為永康廣・団 幸太郎・堀内龍男	12...862
78. 農林水産省納め多良岳開拓水管理システム	角田逸郎・三浦 望・大石將之・竹本 肇	12...867
79. 2極空気冷却タービン発電機の新シリーズ	森崎 博・舟橋仁人・村井幸雄	12...872
80. 工業技術院筑波研究センター防災安全管理システム	宮上正之・平野政則・土井和正・林 信喜・中野 栄	12...877
81. 準ミリ波オフセットカセグレン地球局アンテナ	高野 忠・小川英一・大沢 武・青木克比古・浦崎修治	12...882
82. 平板形スピーカーの解析	田中準一・八嶋 修・酒井新一	12...887

本格的ミッドバス構成/4ウェイ ダイヤトーンスピーカーDS-505形

近年、オーディオ機器やプログラムソースの技術進歩はめざましく、ダイナミックレンジの拡大、広帯域再生、低歪化など大幅に性能が改善されてきました。特に最近では、デジタル録音（PCM録音）技術が一般化しつつあり、ますますその傾向を強めています。

新発売のダイヤトーンスピーカーDS-505形は、こうした流れに伴い、新しい時代にふさわしいスピーカーとして開発されたものです。ホーム用最高級スピーカーシステムとして、高度な先進技術と永年にわたり培ったスピーカー造りのノウハウを結集して完成した、ブックシェルフタイプの高性能スピーカーシステムです。

特長

● 4ウェイ構成による高密度設計

16cm口径の本格的ミッドバス・ユニットを配した4ウェイ構成により、従来、ブックシェルフタイプでは困難とされていた明快な中低音域再生が可能になりました。大入力でも歪の少ない、スケの良い音質が特長です。

● アラミドハニカム振動板による良好な過渡特性

32cmウーファーおよび16cmミッドバスの振動板には、アラミド（芳香族ポリアミド繊維）ハニカム振動板を採用しています。このアラミド繊維は、軽くてヤング率が大きく、しかも内部損失が大きいので、優秀な性能の振動板となっています。

● 直接駆動形のボロン化振動板による広帯域再生

2.3cmトウィーターおよび4cmミッドハイ・ユニットの振動板は、振動板に直接ボイスコイルが巻かれた一体構造です。また振動板の材料は軽くて剛性の大きいボロン合金を採用。このため、ワイドレンジで反応の速い再生音を実現しています。

● 低歪磁気回路を搭載

ウーファーおよびミッドバスの磁気回路は、磁極周辺部に鉄・ニッケル合金の低歪リングを装着して低歪化を図っています。また、トウィーターおよびミッドハイは、大形高性能ストロンチウム磁石を使用し、磁極を飽和領域で動作させて低歪化しています。

● 低歪ネットワークを採用

ユニットの性能を最大限に発揮できるように、ネットワークは回路構成・定数はもとより、ネットワーク素子の高性能化のためのコア鳴きを防ぐ圧着鉄心の使用や、内部配線材料にポリエチレン被覆の無酸素銅リッツ線を採用するなどの配慮をしています。

● 強固なエンクロージャ構造

アコースティック・エア・サスペンション方式のための高い気密性や箱鳴りを防ぐため、最新の計測技術を駆使して解析し、強固な接合構造の包留納接（つつみとめほぞづけ）を採用したり、補強桟を分散配置して共振モードの集中を避けるなど、優れたエンクロージャになっています。



仕様

方 式	4ウェイ・4スピーカー・ブックシェルフ形 アコースティック・エア・サスペンション方式
公称インピーダンス	6Ω
再生周波数帯域	28～40,000Hz
低域共振周波数	35Hz
出力音圧レベル	90dB/W/m
最大許容入力	100W
定格入力	30W
クロスオーバー周波数	350Hz、1500Hz、5000Hz
ネ ッ ト ワ ー ク	それぞれ12dB/oct
レベルコントロール	MID-HIGH 4段切換 HIGH 4段切換
グ リ ル	着脱可
キャビネット	ウォールナット突板
外形寸法	幅420×高720×奥行425(mm)
重 量	約42kg(本体重量)