

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.56 No.9

オーディオ、ビデオ特集

オーディオ、ビデオ特集

目次

特集論文

デジタルオーディオの最近の動向.....	1
国井郷志・石田禎宣・田中邦麿・山口哲成	
業務用デジタル録音システム.....	6
古川輝雄・尾崎 稔・中村元行・楠 好次	
コンパクトタイプたて形レコードプレーヤーLT-10V形.....	10
石郷岡博和・八木沼寿幸・山本 哲・船井 潔	
最新のスピーカー技術.....	14
菅原 潔・宇佐見栄久・伊藤 実	
一体構造形スピーカー.....	20
矢島幹夫・八嶋 修	
オーディオ装置の電子制御用IC.....	23
川端啓二・加藤直之・川畑英雄・糸林 学・千葉喜代一	
ビデオプロジェクションテレビ.....	28
岩村清志郎・足立和男	
VTR用大規模信号系リニアIC.....	31
戸室泰太・佐藤忠信・出田 洋・福山 誠・小島正典	

普通論文

高圧交流電動機固定子巻線絶縁の経年変化とその診断.....	39
平林庄司・越場 宏・川上 剛・山口巻夫・岩瀬 直	
240/300kV一点切り及び550kV二点切りタンク形ガスしゃ断器.....	44
伊吹恒二・懸山 弘・近藤和正・田中正治・尾田真治	
本州四国連絡橋公団大鳴門橋納めエレベーター.....	49
小西正彦・神野柳太郎・筒井章二・井上昭雄	
特注形乗用エレベーター《アクセルシリーズ》.....	53
梅田安和・米本正志・高橋亮司・勢力峰生・牧野克己	
高温用ヒートポンプ.....	58
迎 正克・田中直樹・神頭徳治・池内正毅	
三菱マイコンゴルフ練習器GL-500形.....	63
高瀬明生・小川幸治・堤 孝夫・安田佳則・田口博識	

特許と新案..... 37

制御ユニット

ブレーキ付電動機

接続端子

当社の登録特許一覧..... 36, 70

スポットライト

産業用組立ロボット《MELFA-RH211》.....	67
カーオーディオコンポーネント用イルミネーションスピーカー.....	68
マルチユースモニターテレビ《CITYFACE2000》.....	69
三菱石油ガス化ファンヒーター.....	(表3)

表紙

三菱カラービデオプロジェクション

写真のビデオプロジェクションテレビ(LVP-531形)は、対角が50インチで、18形のカラーテレビの約8倍の画面に迫力ある映像とステレオサウンドを再現する。その構成は、赤、緑、青、3本の7インチCRT上の映像をそれぞれF1.2という明るい大口径レンズによって、アルミ箔で作った特殊な球面スクリーン上に拡大投影しカラー映像を得ている。50インチという画面上で、より鮮明な映像を得るために、映像回路にはクシ形フィルターを、またCRTには電磁フォーカス方式を、レンズには5枚構成のガラスレンズを採用している。

また、LVP-531(M)形ではRGB入力端子を設けているので、パソコンなどと容易に接続することができる



アブストラクト

デジタルオーディオの最近の動向

国井郷志・石田禎宣・田中邦麿・山口哲成

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P1～5

近年、高性能化と多機能化を目指して、デジタルオーディオ技術が長足の進歩を見せている。周知のとおり、業務用では既にデジタルマスタ録音機が実用化され、レコード制作などに使用されている。一方、民生用ではVTR利用のPCMオーディオプロセッサが標準化され、更にDAD（デジタルオーディオディスク）やDAT（デジタルオーディオテープ）が実用化されようとしている。ここでは、この分野の最近の動向を述べる。

一体構造形スピーカー

矢島幹夫・八嶋 修

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P20～22

スピーカーユニットの高性能化技術はこれまで主として振動板素材開発を中心として展開されてきた。《ダイヤトーン》ではこれに加え振動板と駆動部分であるボイスコイル部を一体に形成した一体構造形ユニットを開発し、構造面からの改善を図っている。

一体構造形は、立上がりの速さ、優れた減衰特性などの音響性能以外に放熱性にも優れ、パワーリニアリティも良いなど、デジタルオーディオ時代のスピーカーにふさわしい構造といえる。

業務用デジタル録音システム

古川輝雄・尾崎 稔・中村元行・楠 好次

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P6～9

録音現場で使用される業務用音響機器は、高性能化を目指してデジタル化が図られつつある。中核となる録音システムには、多数の楽器群を独立に録音するマルチチャンネル録音機とマスタテープを作成するマスタ録音機及び高性能な電子編集機が必要不可欠である。この論文は先に開発したマスタPCM録音機に続き、このたび開発、販売を開始した32チャンネルPCM録音機並びに電子編集機の性能、機能などについて述べる。

オーディオ装置の電子制御用IC

川端啓二・加藤直之・川畑英雄・糸林 学・千葉喜代一

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P23～27

過去非常な勢いで伸長してきたオーディオ市場も、ここ数年に至り成長が鈍ってきた。これに対し製品の動きもパーソナル化、コンパクト化、使いやすさなどの面でよりユーザーオリエンテッドの方向に動いている。加えてマイコンの普及や集積回路技術の進展はオーディオ装置の電子制御化の動きに拍車をかけつつある。

ここではこれらの動きに対応して開発した電子同調用IC、電子スイッチ用IC、電子音量・音質調整用ICについて報告する。

コンパクトタイプたて形レコードプレーヤーLT-10V形

石郷岡博和・八木沼寿幸・山本 哲・船井 潔

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P10～13

高さ幅とも355mm、奥行わずか148mmという省スペース対応のたて形リニアトラッキングプレーヤーを開発した。本機はこのプレーヤーのために開発した専用のマイクロコンピュータを搭載して、レコード盤の状態、トーンアームの状態及びフェザータッチボタンの操作状態に応じた各種の制御を行わせており、トーンアーム部はリニアトラッキング方式を採用している。

本稿では本機の構造及び制御について述べる。

ビデオプロジェクションテレビ

岩村清志郎・足立和男

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P28～30

ビデオプロジェクションテレビを当社が開発して以来、数年が経過した。現在、米国市場がその需要の大部分を占めている。その性能は26インチのテレビの輝度に近づきつつあるが、まだ改善すべき問題も多い。

本稿では光学系の主要部品であるCRT、レンズ、反射鏡、スクリーンについてその概要を紹介する。

最新のスピーカー技術

菅原 潔・宇佐見栄久・伊藤 実

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P14～19

オーディオ再生においてプログラムソースの品質水準が他の再生機器に及ぼす影響は大きい。最近PCM録音方式の普及によりプログラムソースのダイナミックレンジは飛躍的に拡大されている。この時代背景をふまえ、スピーカーにおいてもダイナミックレンジの拡大、特に小レベルにおける非直線性の低減に着目した開発が行われている。

本稿ではこれらに関する最新のスピーカー技術について述べる。

VTR用大規模信号系リニアIC

戸室泰太・佐藤忠信・出田 洋・福山 誠・小島正典

三菱電機技報 Vol.56・No.9・P31～35

家庭用VTRの需用は、ここ数年来急激に成長してきており、VTR製造メーカー各社は増産体制へとしのぎを削っている。一方VTRの信号系はその信号処理の複雑さのために部品点数が多く、これをいかにして減らせるかが増産体制への大きなかぎ（鍵）となっている。今回このような要求から部品点数を大幅に削減できる大規模信号系リニアIC M51450P、M51451P、M51452P、M51453P、M51129Pを開発したのでここに報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 20~22 (1982)

The Design of a Unified-Diaphragm Loudspeaker

by Mikio Yajima & Osamu Yashima

So far, efforts have been made to improve loudspeaker performance by developing improved diaphragm materials. The loudspeaker systems developed by Mitsubishi Electric and marketed in Japan under the Diatone brandname have an integrated diaphragm and voice-coil section (driving section) that maximizes performance. This new unified-diaphragm construction offers many advantages: quick transient response, excellent decay characteristics, high capacity for heat dissipation, and improved power linearity, thus contributing to the improvement of loudspeakers in an era of digital audio systems.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 1~5 (1982)

Current Trends in the Field of Digital Audio

by Satoshi Kunii, Yoshinobu Ishida, Kunimaro Tanaka & Tetsuya Yamaguchi

Digital audio technology has greatly advanced both in performance and variety of functions. This new technology has been responsible for the digital master recorders now widely used in disc mastering. The technology has also produced standardized pulse-code modulation (PCM) audio processors for use with VTRs in commercial applications. This recent advancement in digital audio technology has brought digital audio discs (DADs) and digital audio tapes (DATs) into being. The article introduces these current trends in the field of digital audio.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 23~27 (1982)

Integrated Circuits for Controlling Audio Equipment

by Keiji Kawabata, Naoyuki Kato, Hideo Kawabata, Manabu Itobayashi & Kiyokazu Chiba

The current audio market is no longer experiencing the expansive growth typical some years ago. Today's major demands are for audio equipment for personal use, as well as for compactness and ease of operation of standard size equipment.

The widespread use of microcomputers and the improvement of integrated circuits have stimulated the development of electronically controlled audio equipment. The article describes sophisticated audio integrated circuits for electronic tuning and switching, and volume and tone control.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 6~9 (1982)

A Digital Recording System for Professional Use

by Teruo Furukawa, Minoru Ozaki, Motoyuki Nakamura & Yoshitsugu Kusunoki

The most significant trend in professional audio equipment for recording studios is the use of digitization to insure high performance. Recording systems for commercial recording applications require such components as multichannel recorders, master recorders, and electronic editors. The article gives details of the performance and functions of a 32-channel PCM recorder and an electronic recorder developed by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 28~30 (1982)

Video Projection Television

by Seishiro Iwamura & Kazuo Adachi

Video projection sets featuring brightness almost at the level of 26-inch TV sets has been attained by Mitsubishi Electric. The article presents descriptions of the major optical components of video projection television sets including CRTs, lenses, mirrors, and screens.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 10~13 (1982)

The Model LT-10V Compact, Vertical Linear-Tracking Turntable

by Hirokazu Ishigo'oka, Hisayuki Yaginuma, Tetsu Yamamoto & Kiyoshi Funai

This novel turntable is very compact: 355mm both in height and width and a surprising 148mm in depth. Another outstanding feature of this turntable is that a microcomputer has been provided to perform control functions according to the status of the disc, the tonearm, and commands from the feather-touch control buttons. The tonearm is provided with a linear-tracking system. The article discusses the construction and control mechanisms of the Model LT-10V turntable.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 31~35 (1982)

Signal-Processing Linear ICs for VTRs

by Yasuta Tomuro, Tadanobu Sato, Hiroshi Izuta, Makoto Fukuyama & Masanori Kojima

To reduce the number of components in home VTRs, Mitsubishi Electric has developed signal-processing linear ICs M51450P, M51451P, M51452P, M51453P, and M51129P. Introduced in the article are descriptions of these novel signal-processing linear ICs.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 14~19 (1982)

Modern Loudspeaker Technology

by Kiyoshi Sugawara, Eihisa Usami & Makoto Ito

In audio reproduction, the quality of the program source is one of the most significant factors. The widespread recent acceptance of PCM recording systems has allowed a dramatic improvement in the dynamic range of program sources. This improvement has stimulated growth in speaker technology, resulting in the development of speakers with extended dynamic range that minimize nonlinearity particularly at low volume levels. The article introduces these new developments in speaker technology.

アブストラクト

高圧交流電動機固定子巻線絶縁の経年変化とその診断
平林庄司・越場 宏・川上 剛・山口巻夫・岩渕 直
三菱電機技報 Vol.56・No.9・P39～43

現在、設備保全において電動機の絶縁診断法の確立が望まれている。当社は昭和31年に我が国最初は無溶剤合成樹脂を使用した《グイヤラストック》絶縁を電動機絶縁に適用し、多くの実績を積んできた。今回11～22年間稼働機97台の絶縁診断試験を実施し、診断法の有用性について調査した結果、吸湿程度による絶縁特性の変化度合から劣化の程度が推察できることが分かった。

本報はそれらの実験に基づく当社の絶縁診断の考え方を述べ、予防保全の参考に供したい。

特注形乗用エレベーター《アクセルシリーズ》
梅田安和・米本正志・高橋亮司・勢力峰生・牧野克己
三菱電機技報 Vol.56・No.9・P53～57

特注形乗用エレベーターの制御装置と意匠の基本構成をモデルチェンジし、《アクセルシリーズ》を開発した。制御装置に関しては学習機能付群管理、コンピュータによる速度制御、信頼度向上のためのハードウェア、及び装置の小形化について説明する。また意匠に関しては、顧客の多様化する仕様と高級品志向に柔軟に対応出来る構成と新しい意匠材料の適用及び新規性のある機能について紹介する。

240/300kV一点切り及び550kV二点切りタンク形ガスしゃ断器
伊吹恒二・懸山 弘・近藤和正・田中正治・尾田真治
三菱電機技報 Vol.56・No.9・P44～48

従来300kVガスしゃ断器（以下GCBと称す）は2点、550kVは4点の消弧室で構成されていたが、消弧室のユニット電圧を向上し、それぞれ一点切り、二点切りGCBの開発を行い、昭和56年1月に世界初の300kV一点切りGCBを発表した。300kV一点切りGCBは昭和56年9月、550kV二点切りGCBは昭和57年2月に公開形式試験を実施した。

本稿はユニット電圧向上に当たっての技術的な要点を説明し、機器の特長、定格、構造、試験内容を紹介する。

高温用ヒートポンプ
迎 正克・田中直樹・神頭徳治・池内正毅
三菱電機技報 Vol.56・No.9・P58～62

産業排熱を有効利用する省エネルギー設備の導入は、ますます活発になってきている。このたび開発した三菱ヒートポンプ高温水機は、30～60℃の温排水を熱源として、70～110℃の高温水を得ることができる省エネルギー機器であり、食品工業、繊維工業、化学プラントなど幅広い分野で利用できる。

この論文では、高温用ヒートポンプ開発上の技術的課題から実際の応用例における省エネルギー効果に至るまでを具体的に紹介している。

本州四国連絡橋公団大鳴門橋納めエレベーター
小西正彦・神野柳太郎・筒井章二・井上昭雄
三菱電機技報 Vol.56・No.9・P49～52

大鳴門橋は、本州四国連絡橋に属しており、本州淡路島と四国大毛島間を結ぶ橋長1,629mのつ(吊)り橋である。この吊り橋の各主塔に吊り橋の保守・点検用として、4台のエレベーターを納入した。海上の吊り橋ということで一般建築物に設置するエレベーターとは異なる特殊条件下に対し、種々の課題を克服して、設計・製作・据付けを行った。

本稿はこのエレベーターの概要、主要な技術的課題とその解決策を紹介する。

三菱マイコンゴルフ練習器GL-500形
高瀬明生・小川幸治・堤 孝夫・安田佳則・田口博識
三菱電機技報 Vol.56・No.9・P63～66

三菱マイコンゴルフ練習器は、ゴルフのインパクトの瞬間を検出表示する製品で、ゴルフの上達はもとより運動不足を解消する健康商品の一つでもある。

本稿はこの製品の開発意図、機能、ハードウェア、ソフトウェアなどについて紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 53~57 (1982)

The "Accel" Series of Made-to-Order Elevators

by Yasukazu Umeda, Masashi Yonemoto, Ryoji Takahashi, Mineo Seiriki
& Katsumi Makino

Mitsubishi Electric has developed the "Accel" series of made-to-order elevators with an improved controller and a modified basic configuration. The article deals with how the controller uses a learning function for efficient elevator-group supervision, computerized speed control, hardware with improved reliability, and space-saving construction techniques. Also treated are the methods of matching specifications to users' needs, configurations to satisfy the demand for upgraded products, the application of new design materials, and novel control functions.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 39~43 (1982)

Insulation Degradation and Tests for It in the Stator Coils of High-Voltage AC Motors

by Shoji Hirabayashi, Hiroshi Koshiba, Takeshi Kawakami, Makio Yamaguchi
& Tadashi Iwabuchi

The development of diagnostic methods for motor insulation has been long needed in the field of facility maintenance. Since the development and application of our DIALASTIC solventless synthetic resin for motor insulation in 1956, Mitsubishi Electric has achieved many breakthroughs. As a result of insulation diagnosis testing on 97 motors with a continued operation of 11 to 22 years, Mitsubishi Electric's insulation diagnostic system has been proven useful in determining the deterioration of insulation characteristics by measuring changes in water absorption. The article discusses the Corporation's system of insulation diagnosis by a series of tests that can contribute to maintaining a high level of preventive maintenance.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 58~62 (1982)

High-Temperature Heat Pumps

by Masakatsu Mukai, Naoki Tanaka, Noriharu Kanto & Masaki Ikeuchi

There is an increasing demand for the installation of power-saving equipment that utilizes heat discharged by industrial facilities. Newly developed Mitsubishi high-temperature heat pumps are one of the recent items of power-saving equipment. They provide water of 70 to 110°C from hot water discharged at temperatures of 30 to 60°C. These new heat pumps will find application in many areas including the food, textile, and chemical industries. The article covers the technical issues and application examples of power-savings achieved by Mitsubishi high-temperature heat pumps.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 44~48 (1982)

Single-Break 240/300kV and Double-Break 550kV Tank-Type Gas Circuit Breakers

by Koji Ibuki, Hiroshi Kakeyama Kazumasa Kondo, Masaharu Tanaka & Shinji Oda

Conventional 300kV and 550kV gas circuit breakers (GCBs) have consisted of two and four interrupters, respectively. To improve the unit voltage handled by these interrupters, Mitsubishi Electric developed 300kV single-break GCBs and 550kV double-break GCBs. In January 1981, the Corporation developed the world's first 300kV single-break GCB. The type test of this GCB was preformed in September 1981, followed by the type test for a 550kV double-break GCB in February 1982. The article provides descriptions of the major technical factors in GCB unit-voltage improvement, along with features, ratings, construction details, and data of the type tests.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 63~66 (1982)

The GL-500 Microcomputerized Golf Trainer

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

The Mitsubishi microcomputerized golf trainer is an easy-to-use go-everywhere golf instructor that traces club movement and records club face angle and speed at impact. Not only does the golf trainer ensure progress; it is also a pleasure to use. The article includes the purpose of development, functions, hardware, and software of the microcomputerized golf trainer.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 56, No. 9, pp. 49~52 (1982)

Elevators for the Onaruto Bridge of the Honshu-Shikoku Bridge Authority

by Masahiko Konishi, Ryutaro Kono, Shoji Tsutsui & Akio Inoue

The Onaruto Bridge is a part of the Honshu-Shikoku bridge complex linking Honshu's Awaji Island and Shikoku's Oge Island. It is a suspension bridge extending 1,629m. Four Mitsubishi elevators have been delivered to the Bridge's main towers for use in inspection and maintenance. These elevators had to satisfy design, manufacture, and installation constraints differing greatly from those in elevators for general buildings on the land. Introduced in the article is a brief description of the elevators, followed by a discussion of the major technical problems and their solutions.

デジタルオーディオの最近の動向

国井郷志*・石田禎宣*・田中邦磨**・山口哲成***

1. ま え が き

オーディオシステムを構成するレコードは、1877年エジソンによるろう（蠟）管式の発明以後、ベルリーナによるディスク化や45-45ステレオ化を経て現在に至っている。1898年ポールセンによる磁気録音機の発明も酸化物磁性体によるテープ化により飛躍的な進歩を遂げ、最近ではメタルテープにより大きく性能を向上している。AM方式で始まった放送も、アームストロングの発明によるFM方式の導入により大幅な性能向上をみた。これらの媒体をソースとするオーディオは、最近の磁気回路や振動板の改良による特性の向上したスピーカーにより、忠実度の良い音楽再生が楽しまれている。しかしオーディオ愛好家は、取扱いや形態などの多様化とともに常に美しい音、原音に近い再生システムを望んでいる。

これにこたえるため、アナログ方式において徹底的な研究が進められてきたが、今後大きな発展が期待できない状態にある。一方アナログ方式に比べ、大幅に性能向上のできるデジタル方式の研究が、最近すべての分野で積極的に進められている。

ここでは、デジタルオーディオの概要について簡単に紹介し、業務用と民生用の分野の現状について述べるとともに、今後を展望する。

2. デジタルオーディオとそのシステム

2.1 デジタルオーディオとその特長

レコードの発明以後、100年にわたるオーディオはアナログ形態で信号を処理してきた。すなわち、レコードの溝、磁気録音した磁気テープの磁化、FM放送の周波数偏移などの形態は、オーディオ信号と相似形をしている。しかし、近年オーディオにデジタル技術が応用され始め、特に伝送系に“0”、“1”の2値のデジタル形態に信号を変換して通すことが盛んになってきている。これは、1937年リープスによって発明されたPCM(Pulse Code Modulation)がシャノンによって理論形態化され、半導体集積技術とVTRやビデオディスクに代表される高密度記録技術の進歩により、比較的容易にシステムを構成できるようになってきたことによる。

ここで、デジタルオーディオの基本となるPCM伝送系の原理について簡単に説明する。

図1.にPCM伝送系のブロック図、図2.にその動作原理図を示す。情報源符号化部はオーディオ信号をPCM化する部分で、入力信

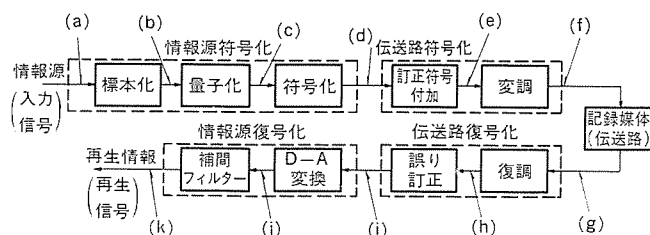


図1. PCMの伝送系

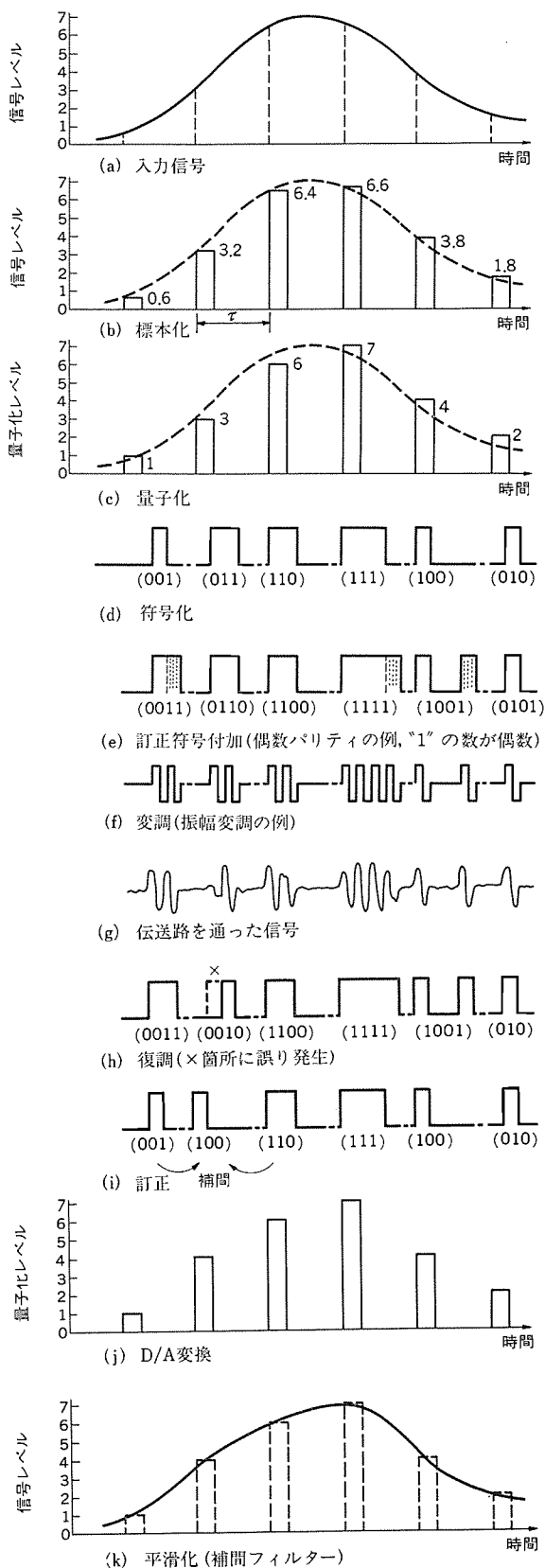


図2. PCM伝送の原理図

号(a)を標本化周期 τ ごとに抜取信号(b)とする。これを整数値に丸め量子化信号(c)とする。更にこれを“0”と“1”で表現する2進信号(d)に変換する。標本化周期 τ の逆数を標本化周波数といい、伝送したいオーディオ信号の最高周波数の2倍以上に選ぶ。一標本値を表現する2進数のけた(桁)数を量子化ビット数(N)と呼び、最大 S/N 比は $6.03 \times N + 1.8$ (dB)で表す。

伝送路符号化部は、PCM信号を伝送路に適した形に変換する部分で、符号誤り訂正符号を付加(e)し、変調により、信号(f)を得る。伝送路は、電波として放射されるアンテナを含めた空間や磁気ヘッド・テープを含む磁気記録再生系、DAD(Digital Audio Disc)のマスター盤記録からレプリカ再生までの系などがこれに当たる。

伝送路復号化部は伝送路を通った信号(g)を復調(h)し、伝送路で生じた符号誤りを訂正し、PCM信号(i)を復号する。情報源復号化部は前記PCM信号をアナログ形態の信号に変換する部で、D/A(Digital to Analog)変換部で離散的な信号(j)を得、補間フィルタ

でスムーズなアナログ信号(k)に変換する。

デジタルオーディオでは伝送(記録再生を含む)以外に音質をコントロールする部分にも適用されようとしている。信号の遅延はRAM(Random Access Memory)にデジタル信号を書込むタイミングと読出しのタイミングを制御することにより簡単に行われ、残響付加装置はこれを順次繰返し減衰する構成になっている。周波数特性の制御はデジタルベースのフィルタ処理により行われる。

これらのデジタルオーディオの特長を次に示す。

(1) 伝送(記録媒体)特性が音質に直接影響しない。(すべてのシステム)

- ・ダイナミックレンジが広い。
- ・周波数特性が平坦。
- ・ひずみが少ない。
- ・クロストークが原理的にない。

(2) つわフラッタがない。(PCM録音機DAD)

(3) デビング、伝送を何度繰返しても音質劣化がない。(すべて)

(4) 左右チャンネルの音質が揃う。(すべて)

(5) ディスクの摩耗がない。小形・長時間再生。(DAD)

(6) 振幅特性と位相特性が別に制御できる。(デジタルコントロールアンプ)

(7) 信号の多重(制御・表示信号など)化が容易。(すべて)

(8) 回路規模が大きい。(すべて)

(9) 規格化によりほとんどの特性の上限が決ってしまう。(すべて)

2.2 デジタルオーディオシステム

図3.にオーディオのシステムを示す。収録・音づくり部は、マイクロホンで収音した信号や電子楽器などの直接電気信号をミキシングテーブル、録音機、編集機、残響付加装置などを使って音楽を作る部分である。

複製部は、収録・音づくり部で製作した磁気テープの音楽ソースをDADやカセットテープなどにパッケージ化する部分である。音の伝送部は前述のパッケージ形態で音楽ソースを伝送する以外に、電波媒体やケーブル媒体を使って音楽ソースを送る部分である。

音の再生部は、伝送されてきた情報をデッキ、プレーヤー、チューナーなどの再生システムでオーディオ信号に変換し、リスナーの好みの音に加工するプロセッサを経てスピーカーから音楽を再生する部分である。

2.3 標準化

オーディオ機器が普及し、ユーザーが簡単に使えるようになるには、性

表 1. 三菱業務用PCM録音機

形 名	X-80	X-800
チャンネル数	PCM 2 アナログ 1 補助デジタル 1	PCM 32 アナログ 2 補助デジタル 4
標本化周波数(kHz)	48	48
量子化ビット数	16	16
トラック数	10	44
テープ速度(cm/s)	38.1(15ips)	76.2(30ips)
テープ(mm)	幅 6.3(1/4インチ) High Density	幅 25.4(1インチ) High Density
録音時間(h)	1(10号リール)	1(14号リール)
周波数特性(kHz)	20~20 ^{+0.5} _{-1.0} dB	20~20 ^{+0.5} _{-1.0} dB
ダイナミックレンジ(dB)	90以上	90以上
ひずみ率(%)	0.05以下(-15dB入力)	0.05以下(-15dB入力)
編 集	手切り編集 電子編集	同期録音, パンチイン/パンチアウト デジタルピンポン
外形寸法(mm)・重量(kg)	500(H)×480(W)×550(D) 80	950(H)×880(W)×760(D) 275

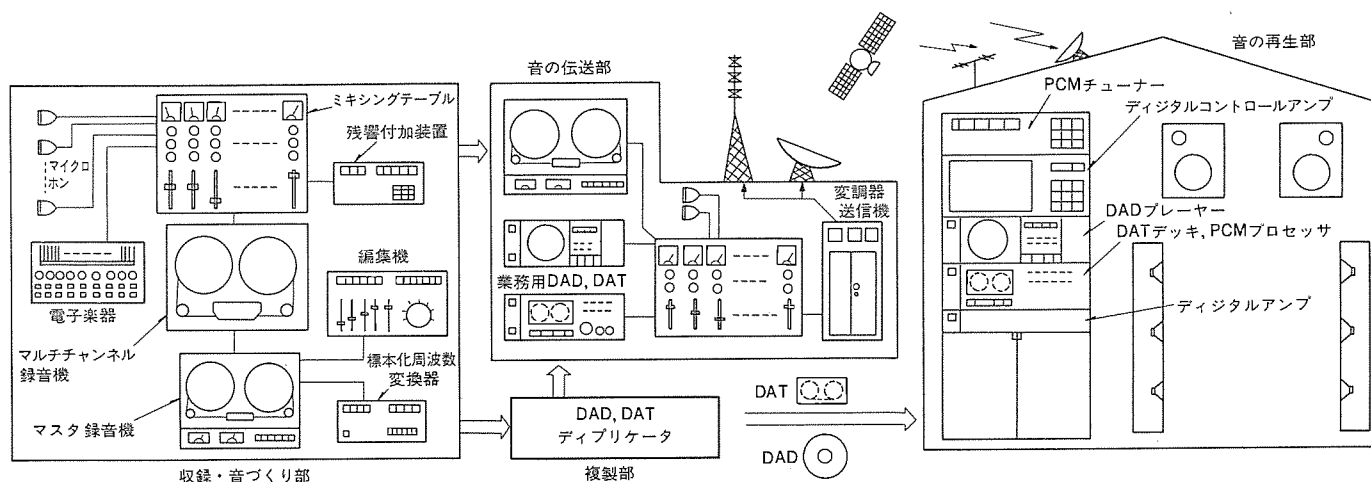


図 3. デジタルオーディオのトータルシステム

能、形態、価格などのいくつかの要因があるが、これらの基本となるものが標準化である。デジタル方式はアナログ方式と違って融通性に乏しく、1ビットの異なるシステム間でも信号のやりとりができないため細かいところまで規定しておく必要がある。

家庭用 VTR を用いる PCM 録音機は、日本電子機械工業会のステレオ、ビデオ両技術委員会内に作業グループを設けて審議され、昭和54年、両委員会の技術ファイルとして登録された。これが STC-007「PCM エンコーダ・デコーダ」である。両委員会では以後、測定法や接続についての審議を行っている。DAD は国内外40数社集った「DAD 懇談会」で、昭和56年にディスクから信号を読み取る方式ごとに CD, MD, AHD の三つの方式に整理統合された。

オーディオ技術者・芸術家の団体である AES (Audio Engineering Society) は内部にデジタルオーディオ委員会を設け、標準化を検討している。1981年11月には、デジタルオーディオの基本パラメータである標準化周波数を 48 kHz と 44.1 kHz にまとめ、今後上部機関の評議会の投票に持ち込まれる予定である。また EBU (European Broadcasting Union), SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers), CCIR (International Radio Consultative Committee) などでも取上げられており、電気標準で権威のある IEC (International Electrotechnical Commission) は1979年、TC 60 (Recording) の SC 60 A (Sound Recording) 内に WG-15 (Digital Audio Recording), 16 (Professional Digital Audio Tape Recording), 17 (Digital Audio Disc Recording), 18 (Domestic Digital Audio Tape Recording) を設置し、標準化に取り組んでおり、今秋は東京で会議が開催される予定である。

3. 業務用デジタルオーディオの動向

業務用システムでは数多くのオーディオ機器が使用されているが、システム全体の性能を制限しているのが磁気録音機で、磁気テープ、ヘッドの磁性材に起因する非直線ひずみやいわゆるヒスノイズが録音品質を劣化させていた。昭和44年 NHK 技術研究所で回転2ヘッド VTR を利用した PCM 録音機の試作発表があり、その優れた性能が注目を集めた。以後多くのメーカーが開発を進め、PCM 録音機が実用に供されている。

この録音機には二つの形態があり、一つは VTR を記録部とするタイプで、もう一つはアナログ式録音機と同形態の固定ヘッドタイプである。また使用目的から、ポップス系の音楽収録に使用するマルチチャンネル録音機と、クラシックの収録やプログラム交換などを主目的とするマスタ録音機がある。マルチチャンネル PCM 録音機は当初4ヘッド VTR の記録系を用いたものが実用化されていたが、最近では固定ヘッドタイプが多く発表され、これが主流となりつつある。

マスタ PCM 録音機は、現在 VTR 利用形と固定ヘッド形のもの共に実用に供されている。固定ヘッド形の特長は2~3台の録音機を使う電子編集が可能で、またマルチヘッド

で磁気テープに記録しているため、その内のいくつかのトラックが大きなダメージを受けるようなことがあっても異音が発生しない特長がある。一方 VTR 利用形は通常 VTR としてカセット形を用いており、テープハンドリングが簡単な特長を有している。

表1. に当社 PCM 録音機のマルチタイプ (X-800) とマスタタイプ (X-80) の仕様を、図4., 図5. にそれぞれの外観を示す。X-800 の信号フォーマット⁽¹⁾は、リードソロモン符号と CRCC (Cyclic Redundancy Check Code) を組合せた2次元符号である当社独自の符号 (RSC 符号) を用いている。音楽信号は8チャンネル分を単位とし、各チャンネルごとに独立に八つのトラックに記録し、符号誤り訂正用検査ビットは二つのトラックに記録している。8チャンネルの内のいずれかをオーバーダビングするときには、検査ビットトラックももちろん書き直しを行っている。

X-80 の信号フォーマット⁽²⁾は、RSC 符号を用いて2チャンネルの信号を八つのトラックに分配して記録しており、X-800 と同様にいくつかのトラックにダメージを受けても再生音質にほとんど影響を与えない信頼性の高いシステムを構成している。

次に録音に不可欠な編集について述べる。通常のプログラム製作では、一つのプログラムで数十箇所乃至編集が施される。電子編集と

表 2. STC-007 の概要

○オーディオ信号のチャンネル数	2 ch
○プリエンファシス	50 μ s + 15 μ s
○標準化周波数	44.056 kHz
○量子化	14 ビット直線量子化スロット
○符号化	2'S コンプリメント
○伝送レート	2.643 M ビット/s
○データブロックの構成	
標準化信号ワード	14 ビット $\times$ 6
誤り訂正ワード (P, Q)	14 ビット $\times$ 2
誤り検出ワード (CRC)	16 ビット $\times$ 1
○インターリーブ	D = 16 H のワードインターリーブ
○制御信号ブロックの構成	
頭出し信号ワード	56 ビット $\times$ 1
内容識別信号ワード	14 ビット $\times$ 1
アドレス信号ワード	28 ビット $\times$ 1
コントロール信号ワード	14 ビット $\times$ 1
誤り検出ワード (CRC)	16 ビット $\times$ 1
○同期信号	NTSC 標準テレビジョン信号に準拠する。
○ワードの信号波形	NRZ 信号波形
○1 H 内の配列	各信号ブロックの前にデータ同期信号を、また末尾に白基準信号を設ける。
○フィールド内の配列	各フィールドには1 H の制御信号ブロックと 245 H のデータブロックを配列する。
○基準録音レベル	デジタル的に最大録音レベルから 15 dB 低いレベル。
○規定入出力レベル	142 mV (RMS)
○ビデオ信号規定入出力レベル	1 V _{PP}

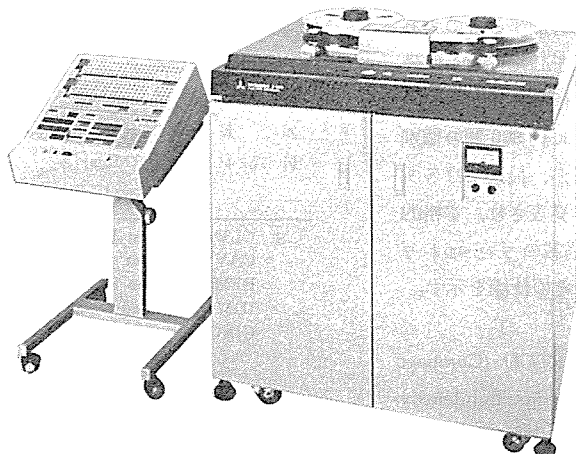


図 4. 三菱マルチチャンネル PCM 録音機 X-800 形

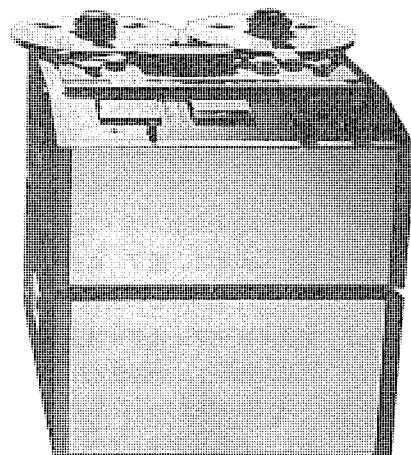


図 5. 三菱マスタ PCM 録音機 X-80 形



図 6. 三菱電子編集機 XE-1 形

手切り編集を比較すると、手切り編集の特長は曲の挿し替えなどの簡単な編集が短時間にでき、編集治具が安価である。

一方電子編集は編集のやり直しが可能であり、しかも編集時に音楽処理が可能である。編集機の一例として、図 6. に当社電子編集機 XE-1 の外観を示す。これは録音機のタイムコードトラックをアドレスとして編集するもので、リハール機能やクロスフェード編集ができる。業務用のデジタルオーディオ機器としては、異なった標準化周波数の機器を接続するための標準化周波数変換器やデジタル残響付加装置が実用化されている。更にデジタルミキシング卓の研究も進められているが、価格の点から実用には至っていない。

4. 民生用デジタルオーディオの動向

民生用デジタルオーディオの分野では、従来の録音機に代わるものとして、家庭用 VTR を利用するタイプの PCM 録音アダプタが日本電子機械工業会で標準化されており、各社から製品が発売されるに至っている。一方従来のレコードに代わるものとして、DAD が最近注目を集めている。このほかに、コンパクトカセットを利用した DAT (Digital Audio Tape Deck) の開発や、デジタルフィルタリング技術を応用したデジタルコントロールアンプなどの開発が各所で行われている。ここでは PCM 録音アダプタと DAD の概要について述べる。

4.1 PCM 録音アダプタ

標準方式の概要⁽³⁾を表 2. に示す。PCM 録音アダプタは、入力であるオーディオ信号を PCM 化し、符号誤り訂正符号を付加した後、VTR に記録可能なようにテレビジョンの同期信号を付加するものであり、VTR から再生された信号から符号誤り訂正をした PCM 信号を取り出し、D/A 変換を行い、もとのオーディオ信号を復元・出力するものである。当初の製品では、デジタル回路に約 300 個の個別 IC が必要で、サイズもかなり大きなものであったが、最近では各所で専用の LSI 化が進められ小形・軽量のモデルが発表され、本格的な普及期を迎えつつある。図 7. に当社の LSI 搭載のデジタルオーディオプロセッサ (アダプタ) D 102 形の外観を、表 3. にその仕様を示す。

4.2 デジタルオーディオディスク (DAD)

最終的に「DAD 懇談会」で整理された方式は、①CD (Compact Disc) 方式、②MD (Mini Disc) 方式、③AHD (Audio Highdensity Disc) 方式の三つであり、その概要を表 4. に示す。ここでは今秋の発売を目標に業界をあげて商品化に取組んでいる CD 方式につい

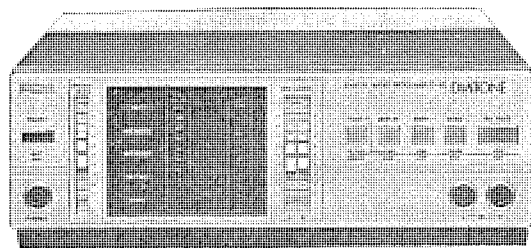


図 7. 三菱 PCM 録音 アダプタ D 102 形

表 3. 《ダイヤトーン》 デジタルオーディオプロセッサ D-102 形の仕様と特長

仕 様	
信 号 方 式	日本電子機械工業会標準
周 波 数 特 性	2 Hz~20 kHz±1 dB
標 本 化 周 波 数	44.056 kHz
量 子 化 ビ ッ ト 数	14 ビット直線
高 調 波 ひ ず み 率	0.01%以下 (1 kHz 0 dB 入力)
ダイナミックレンジ	86 dB
ワウフラッタ	測定限界以下
外形寸法・重量	270 mm(W)×95 mm(H)×270mm(D), 3.3kg
消費電力	DC 12 V 8 W/AC 100 V 11 W
特 長	
(1) LSI の搭載により小形、軽量、低消費電力を実現している。	
(2) デジタルフェーダーを内蔵している。	
(3) 最新のオーディオ回路技術を駆使、音質の向上を図っている。	
(4) マイコン制御の多機能インジケータを採用、レベル表示とデータ誤り数表示の切換えが可能。	

表 4. DAD 3 方式の概要

方 式 名 称	CD 方式	MD 方式	AHD 方式
提 案 会 社	フィリップス、ソニー	テレフンケン、テルデック	日本ビクター
再 生 方 式	光学式	圧電式	静電式
デ ィ ス ク 径 (cm)	12	13.5/7.5	26
回 転 速 度 (rpm)	{約 500~約 200 1.3±0.1 m/s) (CLV)	250(CAV)	900(CAV)
収 納 ケ ー ス	なし	あり	あり
両 面 仕 様	オプション	標準	標準
デ ィ ス ク 素 材	透明物質	PVC	導電性 PVC
チャネル数	2	2(4)	4
周 波 数 特 性 (Hz)	20~20,000	20~20,000	2~20,000
ダイナミックレンジ (dB)	90 以上	85 以上	90 以上
ひ ず み 率 (%)	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下
ワウフラッタ	水晶精度	水晶精度	水晶精度
演 奏 時 間 (片面)	約 60 min	60/10 min (50 min)	60 min 又は 60 min×2
標準化周波数 (kHz)	44.1	48	47.25
量子化ビット数	16 ビット	14 ビット	16 ビット
エンファシス	未 定	50 μs+15 μs	なし
符 号 化	2 の補数	2 の補数	2 の補数
変 調 方 式	EFM	IDM	MFM-FM
誤り訂正方式	CIRC	CRC+Parity	CRC+Bi-Parity
冗 長 度 (%)	30.6	26.3	50.8
伝 送 レ ー ト (Mb/s)	2.03 (チャンネルビットレートは 4.3218)	1.824(3.648)	6.1425

注 CLV=Constant Linear Velocity
CAV=Constant Angular Velocity
EFM=Eight to Fourteen Modulation
IDM=Identified Delay Modulation
CIRC=Cross Interleave Reed Solomon Code

て述べる。

CD 方式 DAD プレーヤーの構成要素は、③ディスクに刻まれた信号ビット列から情報を光学的に読み、これを電気信号に変換する LD

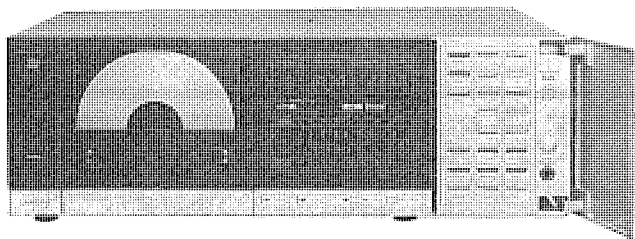


図 8. 三菱 DAD プレーヤー

(Laser Diode) ピックアップ部、⑥この信号を伝送路復号して PCM 信号に戻し、更に D/A 変換してオーディオ信号を得る信号処理部、⑦ディスクの回転、ピックアップのラジアル送りをする各種サーボシステム、⑧プレーヤー全体のシステム制御やディスクに記録されている“制御・表示用語”を利用してランダム選曲や演奏時間表示などを行うマイコン制御のコントロール部などがある。

符号誤り訂正符号は CIRC (Cross Interleave Reed Solomon Code) が用いられている。この符号は、16ビットの標本を 8ビットごとに区切ったものを単位 (シンボルと呼ぶ) とし、左右両チャンネル 6 標本、計 24 シンボルを 1 ブロックとし、符号誤り訂正用の 4 シンボルを付加し、これをインタリーブ処理を施した後、更にもう一度符号誤り訂正用の 4 シンボルを付加した非常に強力な符号である。

変復調は EFM (Eight to Fourteen Modulation) 方式が採用されている。この方式は 1 シンボルの 8 ビットを 14 ビットのチャンネルビットに変換し、更に接続用の 3 ビットを付加して、全体で 17 ビットにしている。8→14 変換は変換表に従って行われるが、その変換規則は変換後のチャンネルデータ (NRZI) の最小、最大反転間隔がそれぞれ 3 と 11 チャンネルビットになるように選ばれている。

以上が CD 方式の概要であるが、ディスクの小形化とあいまってプレーヤーの小形・軽量化、操作性の向上、性能の大幅な改善などが実現できるので、近い将来、本格的な普及が期待されるシステムである。このシステムが現実のものとなるには、レコードソフトの安定供給体制の確立が必ず (須) であり、レコード産業の協力が必要である。図 8. に当社が開発した DAD プレーヤーの外観を示す。

5. デジタルオーディオの将来展望

元々自然界に存在する音、人間の音声、楽器の音などはアナログの信号形態をしており、人間が聴感としてとらえる信号も、やはりアナログ形態である。オーディオ機器はこの間を結ぶもので、音の伝送、加工、パッケージ化、電気⇄音響変換などを行うものである。このため、アナログ形態の方が特性、機能、価格などの面で優れているものも存在し得ることが考えられ、今後のオーディオシステムはアナログ・デジタルのいわゆるハイブリッドな形が、その比を変えつつ長く続くものと考えられる。

既に録音機、DAD、ミキシングテーブル、残響装置などの動きについて触れてきたが、ここではその他のオーディオ機器に触れてみる。

放送のデジタル化は、既に FM 放送の中継回線などで PCM が実用に供されているが、直接受信の形で導入されるのは衛星放送が最初になる可能性が高い。日本では昭和 58 年度末に打上げる予定の実用放送衛星 (BS-2) のテレビ音声の伝送に、デジタル方式が注目を集めているし、西独では衛星放送のテレビの 1 チャンネル分を使っ

て、10 以上の独立した放送プログラムの PCM 音声放送として利用することが検討されており、現在の音楽放送として定着している FM 放送にも大きな影響を与えることが考えられる。

オーディオシステムの音の入口であるマイクロホンや音の出口であるスピーカーについてのデジタル化の研究はあまり進んでいない部分である。しかし、その他の機器のデジタル化に対応した研究が進められている。マイクロホンでは、ケーブルなどの伝送過程での雑音混入を防ぎ、ダイナミックレンジを大きくとるために、音響⇄電気信号変換部で、変換した電気信号を直ちに同一ケース内で A/D (Analog to Digital) 変換する方式が検討されている。また振動板の動きを直接デジタル化する方式も提案されている。スピーカーについては、駆動部で D/A 変換する試みがあるが、むしろソースのデジタル化に対応して、アナログ形態のスピーカーの高ダイナミックレンジ化、低ひずみ化などの音質改善が行われている。当社スピーカーにおいては、ボロン化、ハニカム構造の高剛性振動板の開発や、駆動磁気回路の低ひずみ化により、著しい特性の改善を行っている。オーディオシステムとして重要なリスニングルームは、一般家庭で十分な特性を有している例は少ない。デジタルフィルタや残響付加回路を組込んだデジタルアンプにより、部屋の特性を補うシステムが考えられる。更に進んで、リスニングポイントにおいて、キーボードを操作し検出マイクロホンにより好みのホールの音響特性が得られるようなデジタル音響システムが将来でてくることを夢みることは非常に楽しいことであり、この分野を開発する関係者のより一層の活躍を期待したい。

6. むすび

デジタルオーディオは、業務用の分野で緒についたばかりであり、今後この分野の普及とともに、民生用の分野で性能・機能面の向上を特徴に利用が始まるものと考えられる。しかしこのオーディオのデジタル化は機器の置き換えにとどまらず、いろいろの分野に影響を与え、これらとよく整合をとりながら進んでいかねばならない。例えば、現在収録が行われているスタジオの暗騒音は、従来のアナログ機器をベースに作られたものであり、騒音源である空調自体の見直しも必要であろう。また DAD の製作から販売に関しては従来から投資されたものは膨大であり、これを回収しつつ新規な投資が必要となる。

更にデジタルオーディオの大きな問題点は海賊版の防止であろう。アナログオーディオと違ってデジタルオーディオはソースと同じ質で複製ができ、これがソフトの著作権者や製作者の権利を脅かすことになり、これを解決するために今後ソフト・ハード面の検討が必要であろう。デジタルオーディオの性能、機能、価格面での優れた可能性を考えると、アナログからデジタルへの流れは変ることなく、これらの問題を着実に解決し、デジタルオーディオを大切に育てていかねばならない。

参考文献

- (1) 古川ほか：固定ヘッド方式マルチチャンネル PCM 録音機、TV 学会技研報告、VR 44-3 (昭 56)
- (2) 古川ほか：フェライトヘッドを用いた 2 ch 固定ヘッド PCM 録音機の開発、電気学会マグネティックス研資、MAG 80-93 (昭 50)
- (3) 千葉ほか：家庭用 VTR を用いる PCM 録音再生アダプタ、三菱電機技報、54, No. 8 (昭 55)

1. ま え が き

PCM 録音技術を録音現場に導入しようとする試みがなされてから約 10 年が経過し、現在では多くの録音スタジオ、放送局で PCM 録音機が導入されている。また並行して録音周辺装置の分野にもデジタル音響機器が導入されつつある。録音方式としては、録音時に多数のマイクによる収音方法が一般化し、このときの録音機にマルチチャンネル録音機が使用される。このマルチチャンネル録音では、各楽器群独立に録音機のチャンネルを割当てて録音を行うが、特定楽器群の録音を行った後、そのチャンネルを再生しながらそれに合わせて次の楽器群の録音を行う同期録音方式や、特定チャンネルで修正用の録音を行ったりするパンチン/アウト録音方式が一般的になっている。

これら多数チャンネルに分けて録音されたプログラムは、調整卓によりミックスダウンされ、2チャンネルのプログラムソースとしてマスタ録音機に録音される。この後 2チャンネルのプログラムソースは必要部分のみを集め、順序通りの配列を行う編集作業を経てマスタテープとして仕上げられる。この編集作業は、プログラムソースによっては（例えばクラシック音楽など）曲中の編集箇所が LP 1 枚分（約 50 分程度）で 30～150 箇所以上にものぼり、従来のマスタ録音機で使用されている手切り編集方法以外に、精度の良いかつ操作性の良い電子編集機が必要不可欠になっている。

当社は、既に昭和 55 年に前記マスタ録音機として 2チャンネル PCM 録音機“X-80/80 A”を開発、販売し、国内外の多数スタジオ、放送局に納入している。次いで昭和 56 年に 32チャンネル PCM 録音機“X-800”並びに電子編集機“XE-1”を開発し、昭和 57 年に販売を開始した。これら一連の開発により業務用デジタル録音システムは本来の機能を発揮することができ、今後のデジタルオーディオ時代に向けて本機の有用性が増大すると期待される。本稿では昭和 56 年に開発が完了した“X-800”及び“XE-1”の概要を紹介する。

2. 32 チャンネル PCM 録音機“X-800”

本章では、当社で開発した 32チャンネル PCM 録音機“X-800”（図 1）の特長、機器構成、テープフォーマット、録音方式を中心に述べる。

2.1 特長と仕様

この録音機“X-800”の特長を以下に列記し、主な仕様を表 1. に示す。

(1) 従来の高級アナログ機と同等の機能、操作性

この録音機は、現在実用化されているアナログ式マルチチャンネル録音機の機能をすべてもっている。主な機能として、オート、マニュアルでのパンチン/アウト機能、バリアブルピッチコントロール、曲の頭出しなどに使用するオートロケート機能、後述の電子編集機“XE-1”を用いた電子編集機能がある。

(2) 高品位な音質

高ダイナミックレンジ、低ひずみ率などの高性能な録音特性に加え、テープフォーマットにセミセパレート方式（後述）を採用し、既に実績のある 2

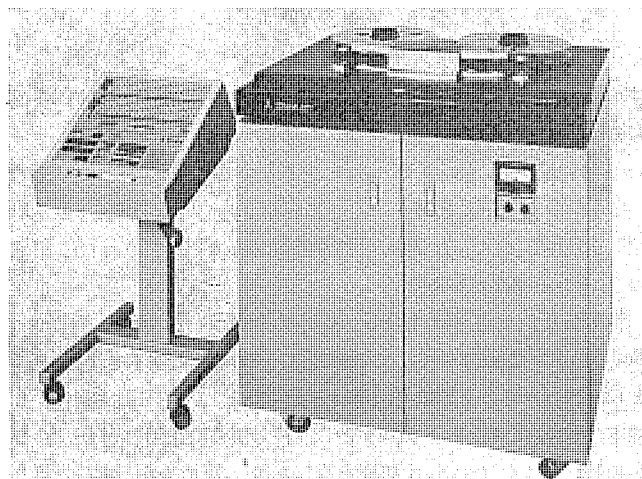


図 1. PCM 録音機“X-800”の外観

表 1. PCM 録音機“X-800”の主な仕様

項 目	仕 様
チャンネル数	PCM 32 アナログ 2 補助デジタル 3
テープ速度 (ips)	30 (±10%可変)
テープ幅 (インチ)	1
記録時間	14号リールで1時間
編集機能	同期録音、パンチン/アウトデジタルピンポン
電源電圧 (V)	100/117/220/240 AC±10% 50/60 Hz
消費電力 (kVA)	2.3
重量 (kg)	約 275
使用温度 (°C)	5～35
テープカウンタ	Tach パルス/SMPTE コード切換可能
ライン入力	+4 dBm, +19 dBm max 10 kΩ, 平衡 XLR-3-31 コネクタ
ライン出力	+4 dBm, +24 dBm max 低インピーダンス, 平衡 XLR-3-32 コネクタ
周波数特性	20 Hz～20 kHz $+0.5$ dB -1.0 dB
ダイナミックレンジ (dB)	90 以上
ひずみ率 (%)	0.05 以下
クロストーク (dB)	80 以下 (1 kHz)
ワウフラッタ	水晶発振精度
サンプリング周波数 (kHz)	48
量子化数	16 ビット直線量子化

チャンネル PCM 録音機“X-80”で用いた強力な誤り訂正符号により、テープ上での各種要因の誤りを完全に訂正している。このため、従来の録音機では解決できなかったダビングによる音質劣化、オーバーダビング（記録済みテープの再記録）ポイントでの再生信号の不連続性などがなくなり、再生音質の劣化要因は皆無である。

(3) 機器の互換性、信頼性の確保とテープ消費量の低減

高精度で耐摩耗性のよいインライン構造のフェライトマルチヘッドと精密走行デッキを実現し、安定な記録再生を可能にしている。また後述の新変調方式を採用することにより、記録密度の向上、再生データ誤り率の向上を図り、装置の信頼性の確保と、テープ消費量の低減（ア

ログ式録音機の1/2)を図っている。

2.2 機器構成

この録音機はテープ走行系を含むオーディオ信号の録音再生部と、操作機能を集中したオートロケータ部で構成している。

テープ走行系は、1インチ幅テープに45トラックを記録するためトラック幅は極めて狭くなる。そのためテープ上下動はヘッド取付近傍で10 μ m以下に改良し、またテンションサーボにより高密度記録に必要なヘッドタッチが最適になるよう配慮している。ヘッド構成は供給リール側より、同期再生ヘッド、分割消去ヘッド、記録ヘッド、再生ヘッドの4ヘッド構成である。信号処理回路はデッキ下部に配置している。図2.に信号処理系のブロック図を示す。最大32チャンネルのオーディオ信号は後述のテープフォーマットに従い、8チャンネル単位のPCM信号ごとに誤り訂正符号が付加されて10トラックの符号となり、合わせて40トラックの情報として記録再生が行われる。サーボ系では再生時にテープから再生される同期信号と水晶発振器出力との位相比較を行い、キャプスタンモータを制御している。

次にオートロケータ部は、マイクロプロセッサによりこの録音機の制御機能を集中しており、以下に示す機能をもっている。

- (1) オートロケータ機能を含むテープ走行制御機能
- (2) 入出力信号の選択、記録、再生チャンネルの選択、及びこれら各種モードの記憶(最大20種類)
- (3) バリアブルピッチコントロール及びオートパンチン、パンチアウト機能

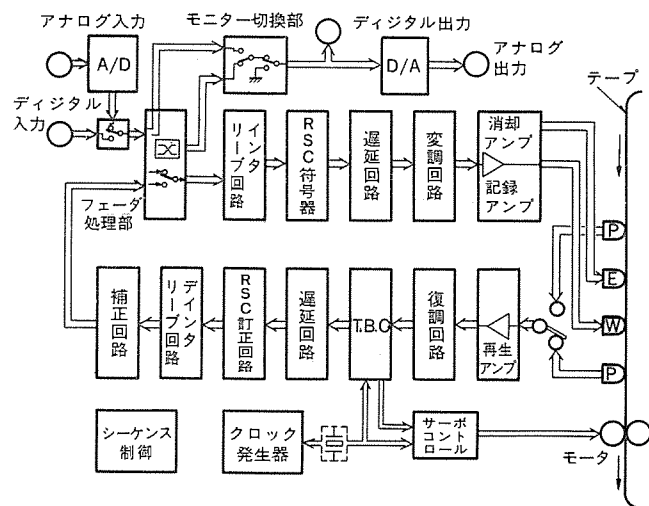


図2. 信号処理系ブロック図

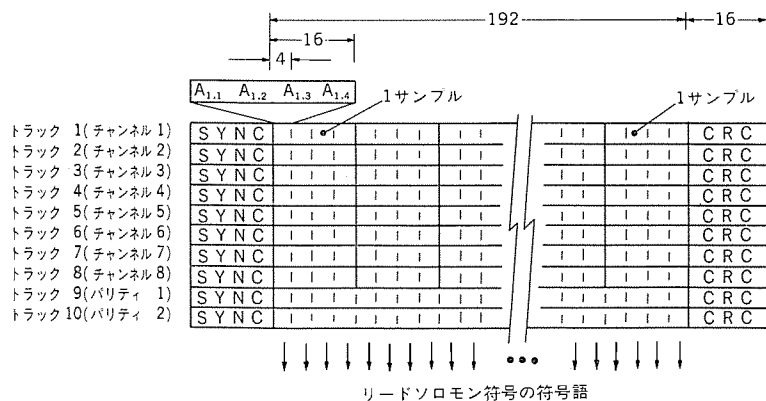


図3. テープフォーマット

2.3 テープフォーマット

2.3.1 セミセパレート方式訂正符号とインタリーブ方式

マルチチャンネルPCM録音機のテープフォーマットには、現在1チャンネル情報を1トラックに対応させて記録する方式がある。しかしマルチトラックヘッドのトラックエラーは、全トラック均一に誤りが増加することではなく、ある特定のトラックが集中して劣化することが多い。このため訂正能力の高い符号を用いても訂正しきれないことがある。

当社ではこの性質に対処した実用上訂正能力の高いセミセパレート方式訂正符号を考案し採用した。図3.にテープフォーマットを示す。この方式は、8チャンネル単位のPCM信号(8トラック)に対し、テープ幅方向にリードソロモン符号を構成し検査情報を2本のパリティトラックに付加する。一方テープ長手方向には16ビットのCRC(Cyclic Redundancy Check)コードを付加した2次元符号である。このように情報はトラック別に記録し、訂正符号は多チャンネル、多トラックにわたる構成をセミセパレート方式と仮称している。

一方テープで発生する誤りは誤りが集中して発生する性質があり、前記訂正符号能力や補正能力を十分に発揮するにはこの集中した誤りを分散させる必要がある。このため同一時刻に復号する符号列(10トラック単位の符号)が同時に誤りを生じないように記録トラックを離し、かつトラック方向においても遅延して配置する。また復号時に連続するサンプルデータがテープ上で十分離れるように配慮するなどの各種インタリーブ処理を行っている。

以上のフォーマット構成により、本機のテープエラーに対する能力は図4.(a)のテープ欠陥が完全に訂正でき、この欠陥部を越える(b)の欠陥部まで内挿補正される実用上非常に高い能力をもっている。この結果通常のテープ(フレームエラーレート=10⁻⁴~10⁻⁵)で訂正不可能になり内挿補正になるのは1日に1回以下となる。

2.3.2 記録変調方式

他方、テープ消費量を低減させるため各トラックには、1インチあたり約30Kビットものデータが記録されている。この高密度データを正しく記録再生するため新規に4/6M変調方式(仮称)を考案し採用した。表2.に評価パラメータを示す。従来最もよく用いられているMFM変調方式に比べて、最小磁化反転間隔、検出窓幅とも1.33倍であり、能力評価パラメータは1.8倍という高密度記録に適した変調方式である。また再生回路には波形補正、テープのドロップアウト対策がなされており、実動フレームエラーレートは10⁻⁵以下である。なおハ

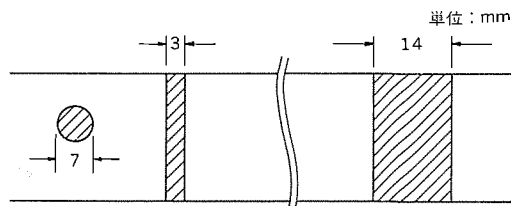


図4. テープ幅方向の許容ドロップアウト

表2. 4/6M方式のパラメータ

検出窓幅	$TW=0.66T_0$
最小磁化反転間隔	$T_{MIN}=1.33T_0$
最大磁化反転間隔	$T_{MAX}=5.33T_0$
クロックレート	$CLK=3/2T_0$
能力評価パラメータ	$TW \times T_{MIN}=0.89$

注 T_0 はデータビット転送速度の逆数

ードウェアは40トラック分必要になるが専用のLSIを開発し回路規模を減少させている。

2.4 録音方式

この録音機では通常の録音再生以外に、オーバデビュングなどの録音形式があり、以下のような録音方式をとっている。

(1) 全チャンネル録音の場合、消去ヘッド、記録ヘッド、再生ヘッドを動作させる。この場合は録音同時モニターが可能である。

(2) オーバデビュングの場合は、同期再生ヘッドから読出された信号と、新しく記録される信号との間で検査情報をあらためて作成し録音ヘッドにより記録しなおす。このときパンチイン開始点及びパンチアウト箇所ではデジタルクロスフェード処理を行い、信号をなめらかに接続している。

またセミパレット方式では、オーバデビュングされた信号と元から記録されていた信号を再生時に一意的に再構成する必要がある。しかし再記録される信号は、ヘッド取付精度やテープの伸び、速度偏差などにより本来の位置からずれる。この対策として複数フレームデータで一つのメインフレームデータを構成し、ずれ量をメインフレーム単位で検出することによりこの許容範囲を拡大し、再生時、オーバデビュングされた信号の本来の位置からのずれ量を時間軸補正回路で除去している。

3. 電子編集機“XE-1”

PCM録音機は従来のアナログ機と比べ、周波数特性、ダイナミックレンジ、ワウフラッタなどの点で優れた特性を持つとともに、デジタル信号領域で処理が可能のため、効率品質共に優れた編集が可能となることが知られている。当社のPCM録音機のシステム化を図るためPCM録音機“X-80/80A”、“X-800”の電子編集機能を備えた電子編集機“XE-1”を開発、販売を開始した。この章では“XE-1”(図5.)の特長、機器構成を中心に説明する。

3.1 特長と仕様

この編集機の特長を以下に列記し、主な仕様を表3.に示す。

(1) オートロケート機能

録音機のタイムコードトラックを再生し、指定したタイムコード位置まで自動的にテープを走行させ停止させる機能をもっている。

(2) リハーサル機能と編集点波形表示機能

スレーブ機(編集結果の音楽信号を順次記録するPCM録音機)に実

表 3. 電子編集機“XE-1”の主な仕様

項 目	仕 様
チャンネル数	PCMデータ 2ch アナログデータ 1ch
P C M データ	16ビット直列入出力, 48kHzサンプリング
編 集 精 度	833μs (1 PCMブロック) 以内
クロスフェードタイム (ms)	5~100 (5msステップ)
タイムコード	〇〇H〇〇M〇〇S〇〇F ~23H 59M 59S 29F (日本, アメリカ) 〇〇H〇〇M〇〇S〇〇F ~23H 59M 59S 24F (ヨーロッパ)
電 源 電 圧 (V)	100/117/220/240±10%
使 用 温 度 (°C)	5~35
重 量 (kg)	88
寸 法 (mm)	690(D)×755(W)×800(H) (本体のみ)
編 集 点 メ モ リ	最大20ポイント
CRT ユ ニ ッ ト	14インチ GREEN 40文字×24行

際に録音することなく、編集処理時の音楽信号を試験再生できるリハーサル機能、及びリハーサル時に編集点近傍の波形を自動的に記録する機能を持ち、外部オシロスコープを接続すればこの波形を観察できる。

(3) 4チャンネルモード

2チャンネルPCM録音機“X-80/80A”2台を同期走行させ4チャンネルPCM録音機として機能させるモードをもっている。

(4) クロスフェード時間が可変

編集点でのクロスフェード時間は5~100msまで5msステップにて任意に設定可能である。

(5) タイムコードゼネレータ/リーダーの内蔵

電子編集処理はテープに音声と共に記録されているタイムコードを基に行い、編集点はタイムコードにて指定する。これはこの電子編集に不可欠なタイムコードをマスタ機(音楽信号の記録済みテープを再生するPCM録音機)、スレーブ機各々に対して発生できるタイムコードゼネレータ/リーダーを内蔵している。

(6) 編集点アドレスのバッテリーバックアップ

数日にも及ぶ編集作業を想定し、編集点アドレスはすべてバッテリーバックアップとし、電源断時も消去されない。

3.2 機器構成

この編集機は本体、CRTユニット、キーボード部で構成している。また本体の卓上楽譜を置くスペースを持たせるよう配慮している。図6.に電子編集システムの概念図を示す。これは同時にマスタ機3台とスレーブ機1台を制御でき、複数のマスタ機のテープ内容をスレーブ機のテープに順々につなぎあわせて記録できる。このとき編集点でレベル飛びなどによる異音が発生しないように、接続点前後のデータをクロスフェード処理している。図6.ではマスタ機として“X-80/80A”を接続した場合を示したが、マルチチャンネルPCM録音機“X-800”も接続し編集処理ができる。

次にデータ処理系のブロック図を図7.に示す。リハーサル時、同期走行中のマスタ、スレーブ両機よりのPCM信号はCPUからのクロスフェードスタート信号に従い各々フェードイン、フェードアウトされ、加算されてスレーブ機の再生系より直接スピーカーによって実時間モニターできる。またこのリハーサル時にスレーブ機の編集点近傍のPCM信号をメインメモリにストアする。これは本番編集時にはクロスフェードされたPCM信号をスレーブ機のテープ上の編集点にオーバーライトしなければならず、スレーブ機からのPCM信号をクロスフェードして同時刻に同じテープ位

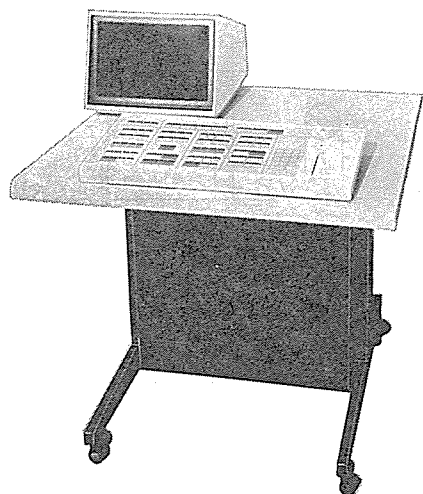


図 5. 電子編集機“XE-1”の外観

コンパクトタイプたて形レコードプレーヤーLT-10V形

石郷岡博和*・八木沼寿幸*・山本 哲**・船井 潔**

1. ま え が き

当社は、昭和54年に業界初のたて形リアトラッキングのレコードプレーヤー《たてコン》X-1000 V形を開発し、それ以来この技術に応用して特長ある数多くのプレーヤーを製品化してきた。

リアトラッキングの長所は、ピックアップの針先が常に音溝の接線方向にトレースするため再生音質が良いことである。また、たて形の特長は、プレーヤーの奥行を小さくし設置床面積を小さくしたことである。更にリアトラッキングプレーヤーでは、アームの動きを電子制御しているため、プレーヤーのフルオート化も容易である。

このたび、これらの技術を更に追究し、プレーヤー寸法を小さくしたコンパクトタイプのたて形レコードプレーヤーLT-10 V形を開発した。ここではその概要と特長を述べる。

2. LT-10 V形の構成と特長

図1., 図2. はLT-10 V形の構造概略図及び外観である。本機は、

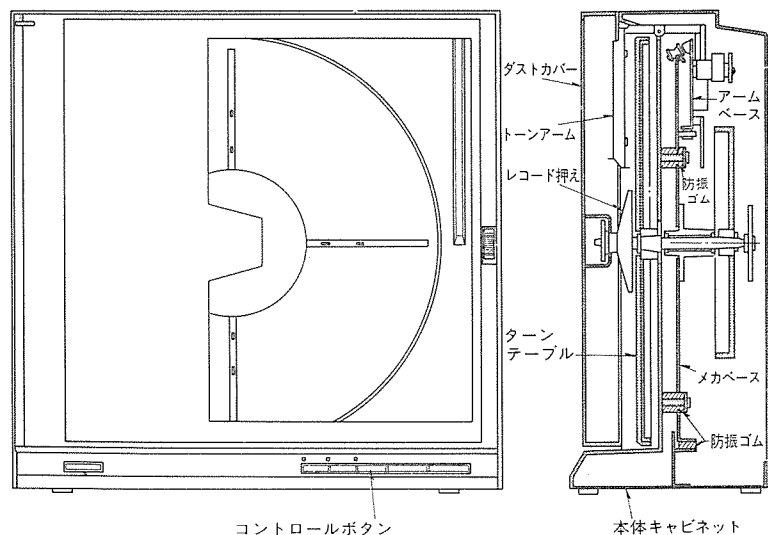


図1. たて形レコードプレーヤーLT-10V形構造概略図

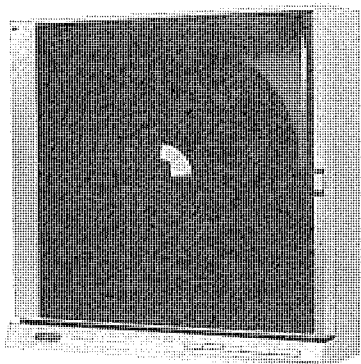


図2. たて形レコードプレーヤーLT-10V形外観

ターンテーブル、トーンアーム、トーンアーム送り機構、電子回路部品などを組込んだ本体キャビネットと、レコード押え、レコード盤径自動検出用の発光装置を取付けたダストカバーとで構成している。演奏用のコントロールボタンは1箇所集中して配置し、ソフトタッチのスイッチと相まってフイーリングよく、かつ簡単に操作ができるようにしている。

ターンテーブルやトーンアームの送り機構を取付けたメカベースは、防振ゴムを介してキャビネットに取付けてハウリング、S/N比などの性能に悪影響を及ぼさない設計としている。

次にこのセットの主な特長を列記する。

- (1) 縦形のため奥行のスペースが大幅に減少でき、セットの置き場所が自由に選択できる。
- (2) 縦横とも355 mmというコンパクトなサイズのため、狭い所にも設置することができ、アンプなどのレイアウトもいろいろなバリエーションが楽しめる。
- (3) レコードに録音されている情報を忠実に再生するのに最適なりリアトラッキング方式を採用しているため、ローコストの製品にもかかわらず高品位の音質が得られる。

- (4) 電子制御によるフルオート機構を採用し、コントロールボタンの簡単な操作ですべての動作を自動的に行える。
- (5) ダストカバーは単にレコードを「ほこり」から守るばかりでなく、中に設けられているレコード押えにより、レコードをターンテーブルに確実に固定する機能をも有するため、レコードのソリなどによる再生音の不安定さが解消できる。
- (6) オートセレクト端子がついているため、オートセレクト機能を有するアンプとの組合せによりプレーヤー側のスタートボタンを押すだけで、アンプのセレクトを他のソースからレコードプレイの状態に自動的に切換えることができる。

3. 電子制御部

LT-10 V形では、トーンアームの水平移動をモータ、垂直移動をソレノイドに行っているが、それぞれをコントロールするのが電子制御部である。

3.1 電子制御機能

本機はフルオート機能を有しており、オート機構はダストカバーの開閉操作にも連動して制御される。

- (1) オートサイズセレクト
メインシャーシに2個のホトランジスタを取付け、ダストカバーに内蔵したランプにより光を照射し、レコードサイズ(30 cm, 17 cm, レコードなし)を検出する。
- (2) オートスピードセレクト
レコード盤径信号により、30 cm 盤で33 rpm, 17 cm 盤で45 rpm とする回転数の自動設定を行う。
- (3) オートリドイン、オートリターン、オートカット
スタートスイッチを押すだけで、アームはレコード盤の最外周まで自動的に

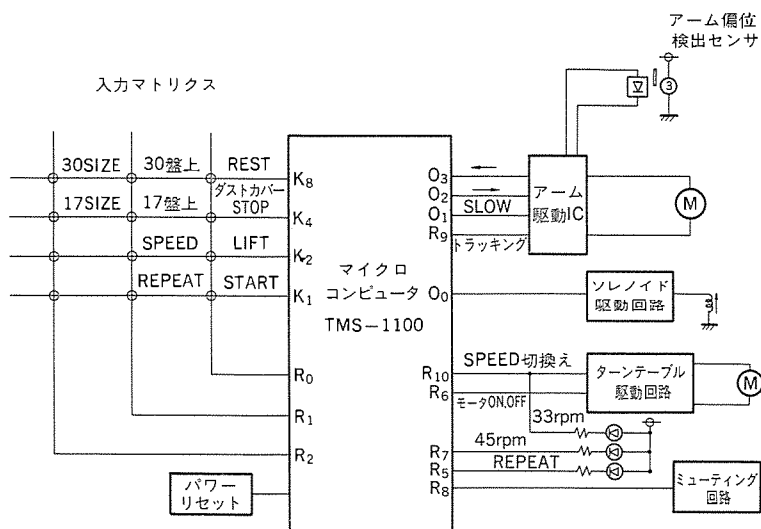


図 3. 電子制御回路ブロック図

移動し、降下し演奏を開始する。演奏終了位置も自動検知しアームはレストへ復帰する。

(4) オートリポート

アームがレストまで戻らないクイックリポート方式としている。

(5) ダストカバーとアームの連動

ダストカバーを開いた状態では演奏を開始せず、また演奏中ダストカバーを開くとターンテーブルは停止し、アームはレストへ戻るフェイルセーフ機能をもっている。

3.2 電子制御回路

図 3. に電子制御回路のブロック図を示す。このプレーヤーの制御は、4ビット2Kバイトマイクロコンピュータ TMS-1100 にて行っている。従来の LSI 回路に比べ、開発期間と開発費用の大幅縮減が可能となり、同時にプログラムを工夫することにより入力センサを削減することができた。入力は、 $(K_1 \times K_4) \times (R_0 \times R_2)$ のマトリクス構成とし、接点のチャタリングなどに関してはソフトウェアでカバーし、ハードウェア側では特別な配慮をしていない。アーム駆動モータは演奏開始、終了などのアーム移動と演奏中のトラッキング補正を行っている。モータはアーム駆動 IC にてドライブし、マイクロコンピュータにより制御される。トラッキング補正用のアーム偏位量は、アームに取付けられたシャッタがホトダイオードの電流を変化させることにより検出している。アーム位置の検出はレストスイッチ、30 cm 盤上信号、17 cm 盤上信号の3個のセンサに行っている。従来の LSI 回路で必要としたアーム UP 位置、DOWN 位置検出センサは、マイクロコンピュータのカウンタ機能を生かしたプログラムにより省略できた。

3.3 プログラムの概要

図 4. に概略フローチャートを示す。アームがレスト上にあるときを初期値として設定しているため、電源投入時にアームがレストより離れていると戻すルーチンが冒頭に組込まれる。また、ボタン操作後のアームの動きをクイックレスポンスとするため、命令の1サイクルごとに必ずスキャンを実行し、更に入力の変化に対してルーチンがすぐに変更しうよう考慮している。図 4. の TASK が、アームを制御する各々のサブルーチンである。

キースキャンルーチンは、メカニズムの制御などの他の作業を実行している間にコールされるサブルーチンであるから実行時間をできるだけ短くする必要がある。更に読込みの信頼性を高くする必要があるため、

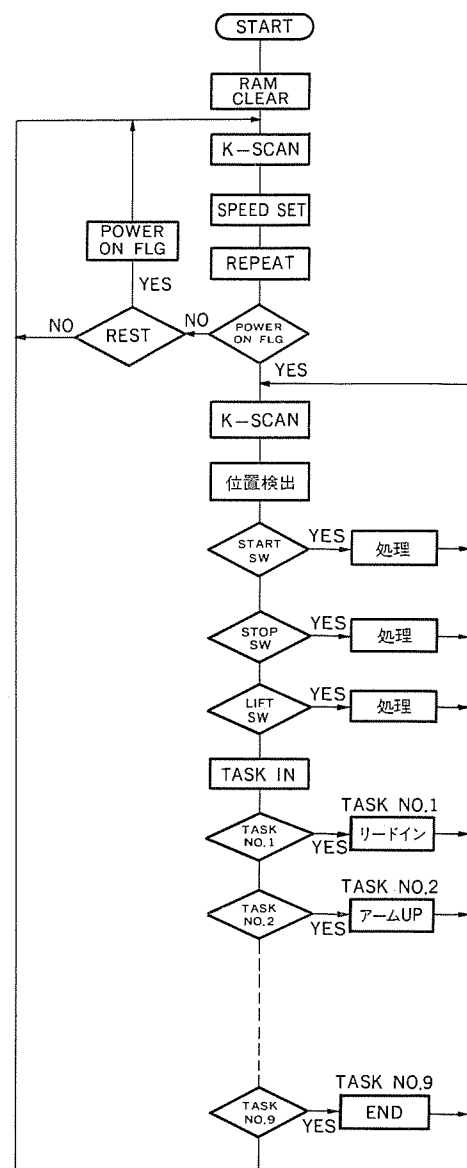


図 4. 概略フローチャート

下記の条件を満たす必要がある。

- (1) チャタリング対策
- (2) ノイズ混入に対する誤動作防止
- (3) キーの多重押し対策

(1), (2) に対しては入力があるときだけ 4 ms 後の二重読込みを行い、(3) に対しては後命令優先の方式で処理している。

4. ターンテーブル及びレコード盤保持機構

図 5. はターンテーブル及びレコード盤保持機構の詳細図である。レコードプレーヤーをたて形にした場合、従来の水平形ではほとんど問題とならなかった回転系のダイナミック重量バランスの影響が回転むらに現れる。このためターンテーブル自体の慣性モーメントを大きくして、レコードの偏重心による影響を相対的に下げる必要がある。更にターンテーブルのダイナミック重量バランスのアンバランス量を修正することも必要である。

本機はターンテーブル駆動方式として、ベルトドライブ方式を採用し、DCサーボモータにて軸受に対してターンテーブルと反対側に設けたフライホイールを介して駆動している。回転系全体の慣性モーメントは 400 g cms²,

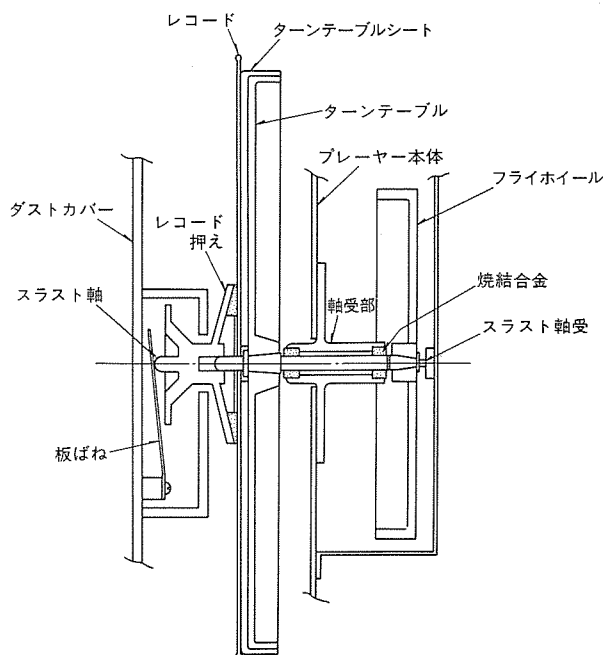


図 5. ターンテーブルとレコード盤保持機構の詳細図

ダイナミック重量バランスのアンバランス量は 10 g cm^2 以下におさえ、超精密研磨シャフト、オイルレス軸受の採用と相まって信頼性と回転安定性を確保している。この結果、ワウフラッタは 0.06% (WRMS 規格), S/N 比は -60 dB (IEC-B 規格) 以上というベルトドライブ方式としては高い性能を得ている。

たて形プレーヤーの場合、レコードをターンテーブルシートに圧着しておく機構が必要である。図 5. に示すように、ダストカバーにレコード保持機構を設けて、板ばねの力によってレコードをターンテーブルシートに圧着させる方式になっている。板ばねで強制的にレコードをターンテーブルに圧着しているので、多少ソリのあるレコードでも確実に保持でき、スタビライザの役目を兼用してレコードの振動を抑え音質面にも良い影響を与えている。

5. トーンアーム部

図 6. に トーンアーム部の構造を示す。トーンアーム部はトーンアーム、トーンアーム送り機構、アームリフトからなり、それぞれにたて形、コンパクト化のための工夫を行った。以下、各構成要素の詳細と性能について述べる。

5.1 トーンアーム

トーンアームはリニアトラッキング方式⁽¹⁾で、図 6. に示すように二つの回転軸を介してアームベースに取付けており、一般のトーンアームと同様、前後・左右方向に回転できるようにしている。このトーンアームには次のような特長がある。

- (1) 左右方向の回転軸をターンテーブルの背後におくことにより、トーンアームの長さを短くし、プレーヤー全体をコンパクトにした。
- (2) 前後方向の回転軸をレコードと同じ面内におくことにより、レコードの面振れによって生じる針の音溝接線方向の移動量を少なくし、ワウフラッタを減らした。
- (3) トーンアームの前後方向に回転する部分の重心をその回転軸の前におくことにより、回転モーメントを利用してスタティックに針圧をかけるようにした。これにより、針圧印加機構をダイナミックな方式に比べて簡単にした。

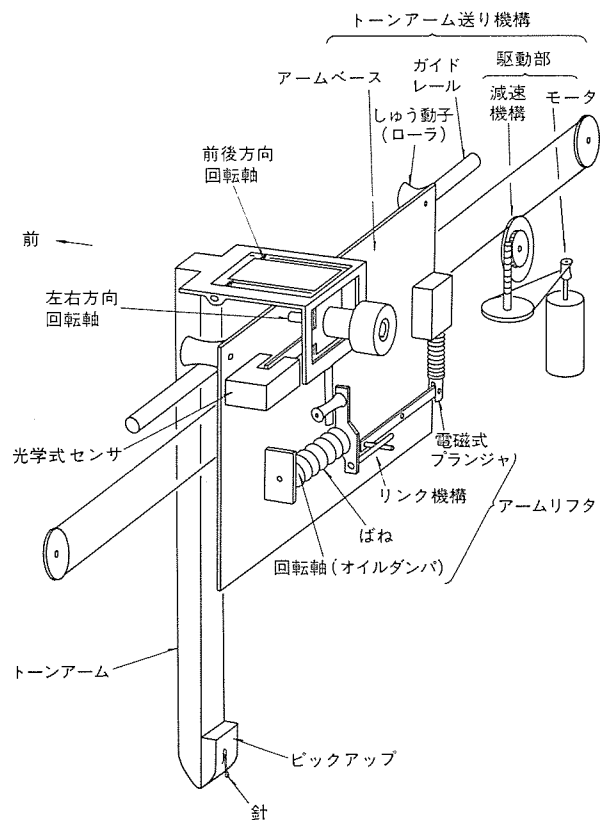


図 6. トーンアーム部の構造

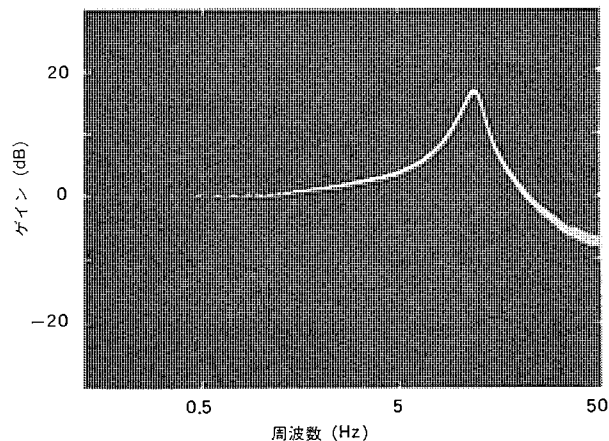


図 7. トーンアームの周波数特性

(4) トーンアームの材料に軽量高剛性のカーボン入り ABS 樹脂を使用することによりトーンアームの振動特性を向上した。またカーボンの電磁シールド効果を利用して、リード線で生じる電気ノイズを減らした。

図 7. にこのトーンアームの周波数特性を示す。この図により、アームレゾナンス周波数は 12 Hz であることが分かる。

5.2 トーンアーム送り機構

レコードの音溝の接線とトーンアームとのなす角を水平トラッキング角という。トーンアーム送り機構とは、水平トラッキング角が常に零度になるようにアームベースを動かすものである。その構造は、二つのしゅう動子を介してガイドレールに乗っているアームベースと、これを動かす駆動部からなっている。針をレコードの音溝におろし再生を行うと、音溝に沿って針がレコードの内周方向に移動し、トーンアームは鉛直方向から傾く。この傾き角（すなわち水平トラッキング角）を、トーンアームの後に取付けた光学式センサで検出し、この電圧をモータにフィードバック

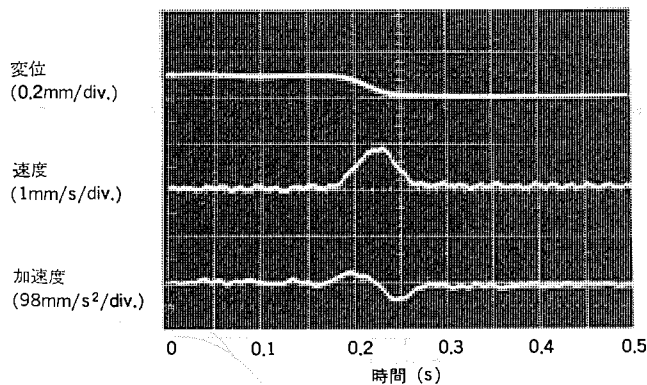


図 8. アームベースの動き

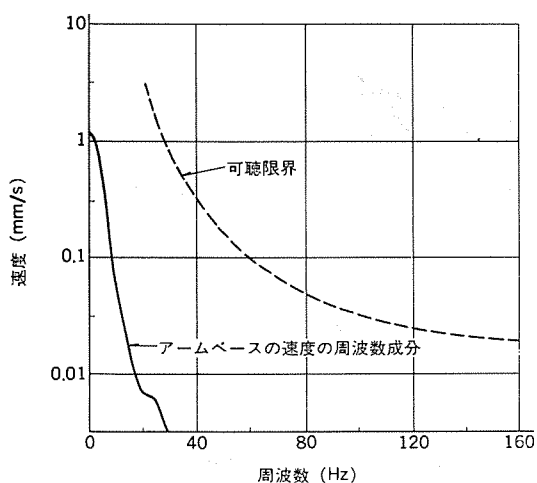


図 9. アームベースの速度の周波数成分

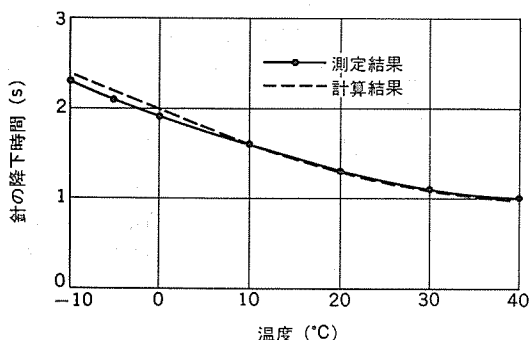


図 10. 針の降下時間と使用温度の関係

して常に傾き角が零度になるようにアームベースの位置を制御する。しかし実際には、しゅう動子の摩擦力などのためにアームベースは間欠的な動きをする。トーンアーム送り機構では、この間欠移動をできるだけ滑らかにすることが重要であり、そのためには最大静止摩擦力と動摩擦力の差の小さいしゅう動子を使う必要がある⁽²⁾。LT-10

V形では、各種のしゅう動子を検討した結果、樹脂製のローラを採用した。図 8. にこのプレーヤーのアームベースの動きを示す。この図よりアームベースは、移動量 0.1 mm, 最大速度 1 mm/s 以下で動いていることが分かる。

このアームベースの動きの滑らかさを人の聴覚の検知限界で評価する方法を、文献(3), (4)で示した。すなわち、①各周波数における人の可聴限界音圧を図 7. で示したトーンアームの周波数特性を用いてアームベースの速度に変換する。②次にこの速度と実際のアームベースの速度を周波数領域で比較して、アームベースの動きを評価する。図 9. に、図 8. で示したアームベースの速度の周波数成分と可聴限界とを示す。この図から、アームベースの動きは非常に滑らかでノイズの可聴限界以下にあることが分かる。

5.3 アームリフタ

アームリフタはピックアップの針をレコード面上に降ろしたり、上げたりするものである。その機構は、動力源とその動きを伝えるリンク機構とで構成している。従来はこの動力源にモータを使用していたため小形化がむづかしかった。このプレーヤーでは、図 6. に示すように電磁式プランジャを使用することにより装置の小形化を行った。また、針のレコード面への降下時間はリンクの回転軸にオイルダンパ効果をもたせて制御した。流体軸受の理論を用いてアームリフタの挙動を解析し、更に各種のグリースについて粘性の温度依存性を試験してリンクの寸法、ばね定数、グリースを決定した。図 10. に、このアームリフタの降下時間と使用温度の関係を示す。この図において実線は測定結果、破線は計算結果である。この図より、計算値が測定値と一致しており-5°C から 35°C では、降下時間が 2.15 s から 1 s の範囲内であることが分かる。

6. む す び

たて形リニアトラッキングプレーヤー LT-10 V 形についてその概要を述べた。レコードプレーヤーを始めとして音響機器は、今後も更に①音質向上、②低価格化、③操作性の向上が求め続けられるであろう。市場のニーズをくみ上げタイムリーに商品を提供できるよう努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 山本武夫：レコードプレーヤー，日本放送出版協会，289 (昭 50)
- (2) 岡田，山本，二川：リニアトラッキング方式アーム駆動機構の評価 (その 1) 駆動機構の解析，電子通信学会技術研究報告，EA 79-71
- (3) 山本，岡田，二川：リニアトラッキング方式アーム駆動機構の評価 (その 2) 再生音の評価，電子通信学会技術研究報告，EA 79-72
- (4) 山本ほか：たて形レコードプレーヤーのトーンアーム送り機構，三菱電機技報，54, No. 9 (昭 55)

1. ま え が き

オーディオ再生において、プログラムソースの良し悪しが再生音の品質を左右することが多く、全体のオーディオ機器の水準もそのためプログラムソースの品質水準によって大きな影響を受ける。近年、プログラムソースが従来のアナログ録音に代わって、デジタル録音(PCM録音)で制作される機会が多くなっており、いわゆるデジタルオーディオ時代を迎えつつある。デジタル録音の持つ高忠実性はそのまますプログラムソースの改善につながり、プログラムソースの再生品質は今後も著しく向上するものと期待されている。

本稿ではデジタルオーディオ時代と称されるプログラムソースの高品位化に対応すべき再生機器としてのスピーカーのあり方について述べるとともに、当社の《ダイヤトーンスピーカー》における新材料開発・計測・解析などの最新技術について述べる。

2. デジタルオーディオ時代のスピーカーの対応策

PCM録音は高性能品として16ビットが主流となっている。この場合、ダイナミックレンジは約100 dB 近く及び⁽¹⁾、従来のアナログソースに比して20 dB 以上の拡大が図られており、ひずみ率も同様に約20 dB 以上改善される(図1.)。また、従来のアナログ録音には本質的に高域における飽和現象(モル効果)、低レベル時の低域レスポンスのうねり(コンター効果)などの問題があり、録音方式自体の限界を有していた。

デジタル録音により解決されたこれらの現象は、直ちにプログラムソ

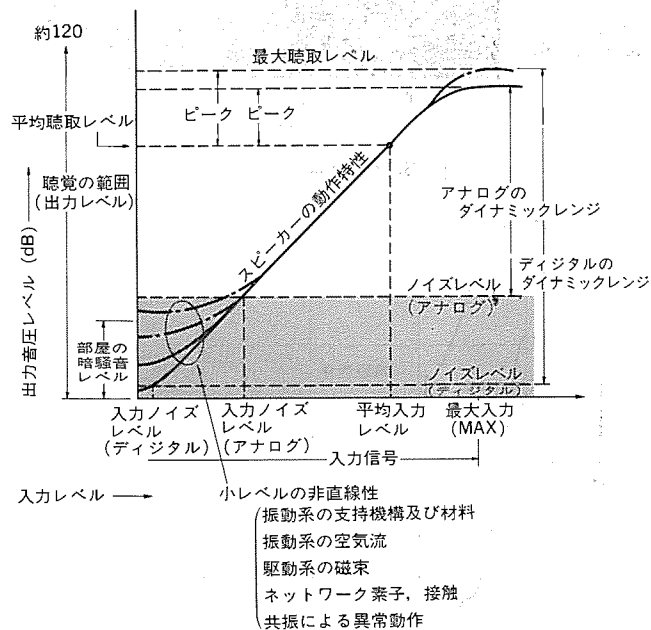


図2. スピーカーのダイナミックレンジの改善効果

ースにおいて、それまで雑音やひずみに埋もれていた小レベルの信号が伝達可能となったことを意味し、スピーカーにはこれまで検知限以下であったために無視されてきた微小レベル信号の再生及び一段のひずみ低減が必要となってきたことを意味している(図2. 参照)。

また、高レベル時でも高調波ひずみ、混交調ひずみの低減効果が大きく、スピーカーには従来にも増して大入力時のひずみ低減及び優れた過渡特性なども求められている。

従来、スピーカーの低ひずみ化は主として振動板材料の開発、磁気回路の低ひずみ化対策⁽²⁾などについて行われてきていたが、デジタルオーディオ時代のスピーカーは、これらの観点から更に大入力時の低ひずみ化、過渡応答改善、帯域の拡大といった面での各種振動板材料の開発、インパルス計測応用面からのエンクロージャの構造適正化、低ひずみ化のための機械振動的考察を加えたネットワーク回路素

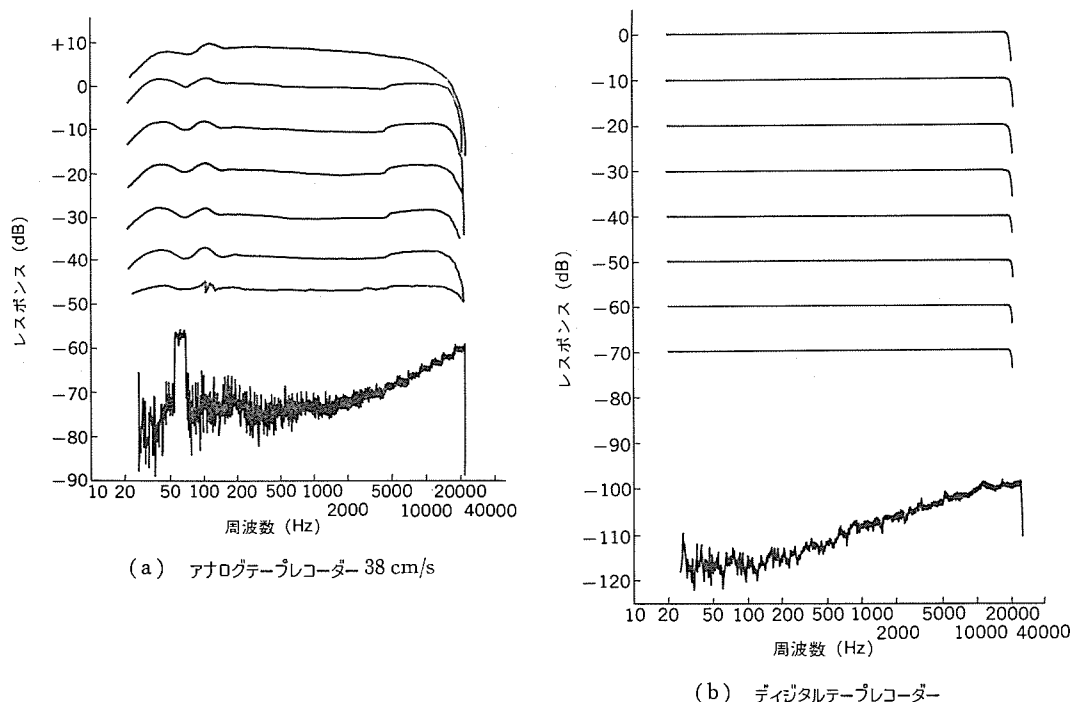


図1. テープレコーダーの特性例比較

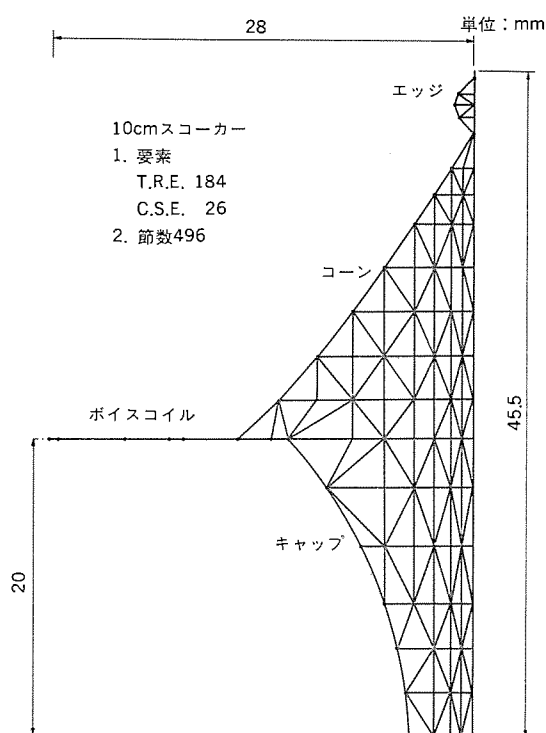
子の開発などが新たな要素として加わってきている。

3. 振動板材料の開発

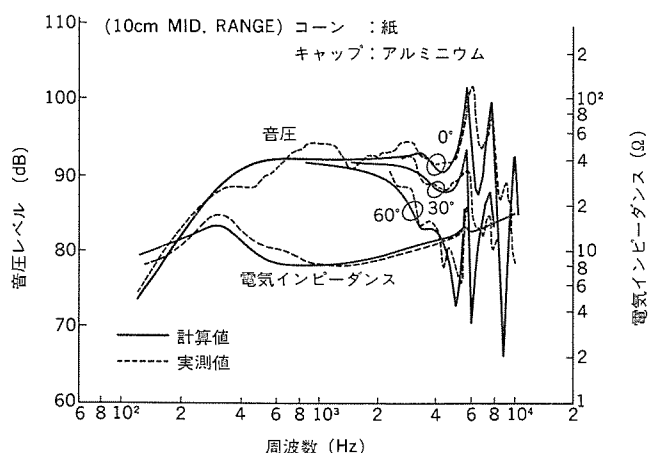
最も再生音質を支配する重要な要素として、まず振動板があげられる。スピーカー用振動板は、Hi-Fi用としては一貫して紙が主流となってきたが、近年、高レベルでのひずみ低減、帯域幅の拡大、過渡特性の改善の観点から種々の複合材料、金属材料などを用いた新振動板材料が開発されている。

使用用途により必要とする物性値も異なり、各帯域に応じた最適材料が用いられている。材料評価の面ではホログラフィ、インパルス計測など、計測面からの諸技術と同時に、有限要素法による振動解析が有力な構造最適化の手段になりつつある。

有限要素法による解析計算の実例を図3.に示すが、これによれば高域では実測値と非常に近い解析結果が得られており、今後解析面での有力な手掛りとなり得ることを示している。



(a) 要素分割図



(b) 解析結果と実例の比較

図3. 有限要素法による解析例 (10 cm スコーカー)

(1) 最適振動板材料

よく知られているように、理想振動板の条件とされる物性値には次のものがある。

- (a) 比弾性率が大であること。
- (b) 曲げ剛性が大であること。
- (c) 適度の内部損失を有すること。

ここで比弾性率は音伝ば(幅)速度の2乗に比例し、再生帯域を決める重要なファクターである。

有限要素法によるシミュレーションでは、節円が1個生ずる一次共振 f_1 は次の近似式で表される。

$$f_1 = \frac{\sin \alpha}{2\pi R_a} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \cot \alpha \cdot R_l \frac{(R_l^2 - 6R_l + 10.7)}{4.8273} \dots (1)$$

ここで R_a : 振動板半径 α : 頂角
 R_l : 振動板外径/振動板内径 E : ヤング率
 ρ : 密度 ν : ポアソン比

この式より、ピストンモーション領域を広げる(f_1 を高くする)には、素材定数面からは比弾性率 E/ρ を高くせねばならないことが分かる(図4)。曲げ剛性は比較的低い周波数で発生する曲げ応力による変形に関係し、均質材料の場合には厚さの3乗に比例する。内部損失は固有振動の Q を決めるファクターであり、内部損失が小さければ概して高域ピークが高く、独得の固有音を発生することが多い。

(2) 高音用振動板材料

高音用振動板は高域ピークを可聴限界の20,000 Hz以上とすることが出来るため、内部損失や曲げ剛性よりは比弾性率が最重要視され、比弾性率の大きな金属材料が主流となってきている。その中でも、高級品ではベリリウム、ポロンといった、より高度な加工技術を要する素材が使われつつある。

当社では、昭和55年にチタン基材をポロン化した、いわゆるポロン化チタンを実用化して以来、高級機に採用し大きな成果を得ている。ポロン化チタンは純チタンに比し、比弾性率で約2倍の $5.5 \sim 6 \times 10^{11} \text{ cm}^2/\text{s}^2$ という大きな値が得られ、後章で述べる一体構造形の採用と相まって30 μm 厚の $\phi 23 \text{ mm}$ ドーム形では可聴帯域をはるかに超える100,000 Hzに及ぶ再生を可能とした。

(3) 低音用振動板材料

低音用は前述したとおり、低音域での非軸モードと呼ばれる曲げ応

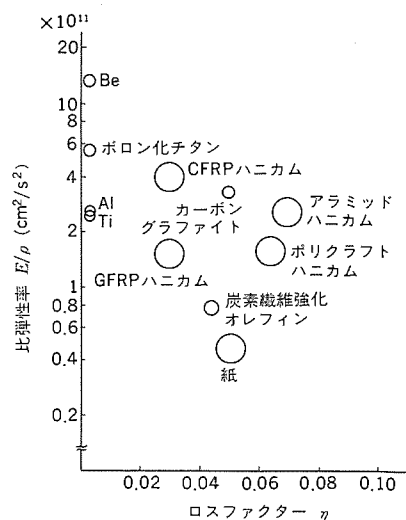


図4. 各種振動板材料の $E/\rho \cdot \nu$

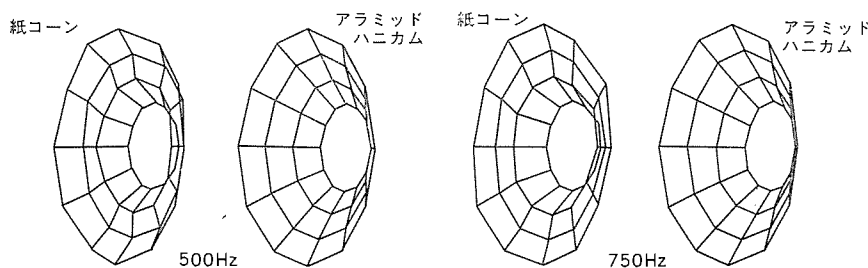


図 5. 振動板のモーダル解析

力に起因するつりがね振動を抑える十分な厚みを必要とし、併せて高域ピークの固有音を軽減する適度な内部損失の存在も必要とする。

非軸対称振動モードは従来の紙コーンの場合、数百 Hz 程度の実使用帯域内に生じ、二次高調波も発生させて、聴感的にも大入力時の過渡応答を損なうなど有害であった。曲げ剛性 D は次式で与えられ、ハニカム構造は低音用として軽量ながら容易に厚さを大きくでき、この面から非常に有利な材料であることが分かる。

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2)$$

当社では昭和 51 年に GFRP (ガラス繊維強化プラスチック) 及び炭素繊維をスキンとしたハニカム構造体を開発して以来⁽³⁾、ロスファクターや比弾性率に着目した各種ハニカム構造体を開発し実用化している。DS-505 形で使用しているアラミッド繊維をスキンとしたアラミッドハニカム⁽⁴⁾は紙に比して比弾性率が 5 倍以上 ($E/\rho = 3 \times 10^{11} \text{cm}^2/\text{s}^2$)、ロスファクターが 1.5 倍の大きな値であり、また曲げ剛性も紙に対し約 1,700 倍というけた違いの値を有しており、非軸対称モードに起因するひずみの改善効果は非常に大きなものがある。この効果は図 5. に示すモーダル解析結果でも明らかに表れている。

また、最近開発したポリクラフトハニカムは、同じく紙に比して比弾性率が約 4 倍、曲げ剛性が約 1,000 倍、ロスファクターが約 1.3 倍という優れた物性を有しており、FRP 系ハニカムに比して安価なところから今後広範な用途への展開を可能とする材料であるといえる。

(4) 中音用振動板材料

中音用スピーカーでは実用帯域内のひずみ率を低減するために、再生帯域を極力広くしておき、その中心部分のみをネットワークにより選択使用することによって、低域共振周波数や高域共振周波数近辺に発生するひずみ率の影響を避ける方法が高性能品については必要とされる。そのため、形式もコーン形、ドーム形など種々用いられるが、形状についてはコーン形では高域共振周波数を高くできるカーブドコーンが用いられ、ドーム形では口径を $\phi 50 \sim \phi 70 \text{mm}$ 程度にし f_0 を低下させた大形のものとするなど構造面での広帯域化が図られている。

ここで使用される材料はやはり比弾性率の大きな金属系、ロスファクターの大きなプラスチック系など新材料も多く、当社の場合には DS-503 形のドームスピーカーにおける厚さ $60 \mu\text{m}$ のボロン化チタンをはじめとする金属材料や炭素繊維強化プラスチックなどを新たに振動板材料として採用している。

炭素繊維強化オレフィン はオレフィン系樹脂をベースとし炭素繊維を 10~20% 混入し強化した素材で、図 6. に示すように炭素繊維の大きなヤング率と、オレフィン系プラスチックの大きなロスファクターを組合わせたことにより、炭素繊維混入率 20% においては紙に比べて約 2 倍の比弾性率と、紙とほぼ同等のロスファクターを得ており、比重もほぼ 1 に近く、厚みも十分に得られるところから、低ひずみ化、再生

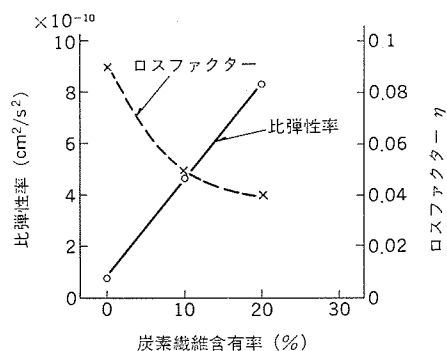


図 6. 炭素繊維強化オレフィンの物性

帯域拡大の面で中音用振動板としての必要な物性を備えた材料であると思われる。

4. エンクロージャ材料、構造

エンクロージャは古くから、ユニットとの相性という観点からの考察が主流であった。このことは同一形状のエンクロージャを用いても、板材や構造などにより音質が異なることを示すものであり、単にスピーカーユニットからの直接放射音ばかりでなく、エンクロージャからの間接放射音、付加された音響勢力の影響が大きいことの検証でもあった。最近の新素材振動板の導入やデジタル化に向けた非振動系の従来にもました考察から、システムにおける「ユニットとエンクロージャとの相互作用」といった一つの分野がより重視されるようになってきた。同時に、ホログラフィ像やデジタル計測技術の応用により、現象の解明、理論的考察がなされつつある。

(1) 板材とその特性 (共振特性、累積スペクトラム)

エンクロージャ板材に要求される性能には次のようなものがあげられる。

- (a) 遮音性に優れ、高密度
- (b) 曲げ剛性が大
- (c) 内部損失が適当
- (d) 経時的に安定した物性

(b) 及び (c) は 3 章振動板で述べた内容と同様の理由から必要条件とされる事項である。しかし、上記の相反する条件を満足する素材を容易に得ることは困難である。そのために、これらある程度満足し経済性も兼ね備えた木質系材料が依然として多用されている。木質系材料は、木材又は木材を主成分として加工されたもので、代表的な種類としてひき(挽)板、積層合板、パーティクルボードがある。

パーティクルボードは、木片を削片(チップ)化し、接着剤を添加したのち加熱圧縮成形したもので、表面層には細かいチップを、中心層には粗いチップを配した構成となっている。チップの樹種として広葉樹、針葉樹、南洋材があり、これら樹種の配合比率、チップ形状、接着剤の種類、添加率、製造プロセスなどにより、異なる諸物性値を持つパーティクルボードを作ることができる。

最近著しい進歩を遂げている木質系以外の材料として、合成樹脂をベースに炭酸カルシウム、木粉、ガラス繊維などを添加した複合材料があり、合成樹脂のもつ自由な成形性と物性値の調整、選択が可能であることから注目される材料であるが、厚物での成形性や物性値の面で、まだ本格的に実用化はされていない。

図 7. は組成の異なる 2 種のパーティクルボードとラワン合板を、減衰応答波形のパワースペクトラムで相対比較したものであり、時間領域の変化を示したのが図 8. である。ラワン合板は全体のレベルが小さく、

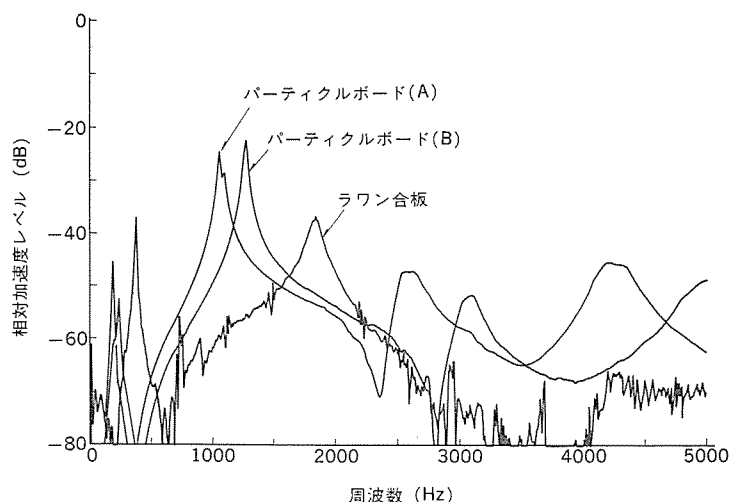


図 7. 板材のパワースペクトラム 相対比較

複雑な成分を有しており、パーティクルボード(A)、(B)は周波数移動に近い形であるが、時間領域では高域スペクトラム成分の変化に差が現れている。《ダイヤトーン》では、これら測定を含めあらゆる角度から検討を行い、高密度による高速応答性、適正内部損失を図るべく添加剤を加えた高密度、多層構造のパーティクルボードを採用している。

(2) モーダル解析による構造適正化

板材の振動スペクトル、構造応力による振動モード、過渡特性などの違いと、これらの振動状態を知ることは、板材からの音放射を適正化する上で極めて重要である。従来、振動測定には振動ピックアップを用い、加速度対周波数特性で表す「点の測定」があったが、最近、デジタル計測法の一分野であるモーダル解析による振動観測法が用いられ、構造体としてのエンクロージャにおいて板振動の発生要因と振動姿態の解析が可能になった。

エンクロージャの振動姿態をモーダル解析した一例が図 9. である。機種は DS-503 形試作品で破線は静止状態を、実線は最大変位を表している。図 10. は幅約 600mm、高さ約 1,000 mm、奥行約 430mm のモデルを用い、パツフル板と裏板の振動状態を取出し、描いたものである。この図から、全体的な前後方向の動きと各板面独自の振動が重畳されていることが理解できる。

また、振幅の大きいパツフル中央部分と周辺部間の補強が効果的であることもわかる。このほか補強位置、重量、方法により、

- (a) 一定範囲内で、補強により振動状態を変えうる。
- (b) 剛性変化に伴い共振周波数、レベル、減衰応答に差が生じる。
- (c) 方法によっては逆効果となる場合がある。

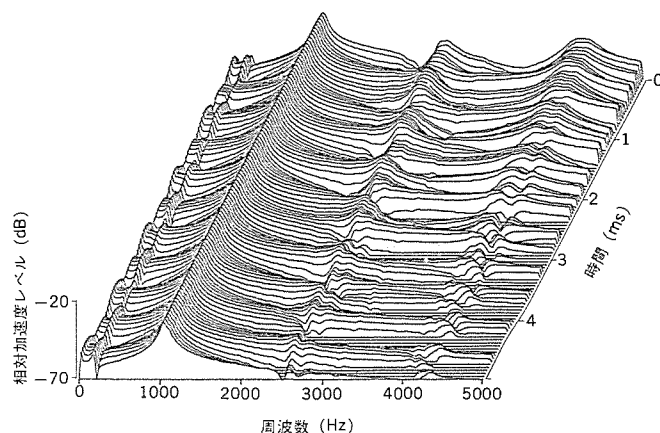
などが明らかになった。

他の実際の応用例として DS-505 形でミッドバス位置を検討した際の解析結果を図 11. に示した。この結果によりミッドバス上方配置の方が明らかにパツフル面の振幅が小さく良好であるため、DS-505 形ではミッドバスを上方配置とし製品化している。

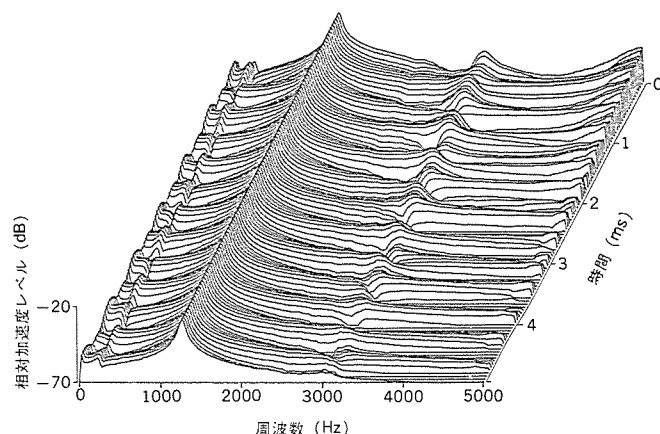
《ダイヤトーン》では、モーダル解析をはじめとする各種の計測技術を応用し、従来得ることのできなかった数多くの情報を駆使することによって、エンクロージャの最適設計化を図っている。

5. ネットワーク部品

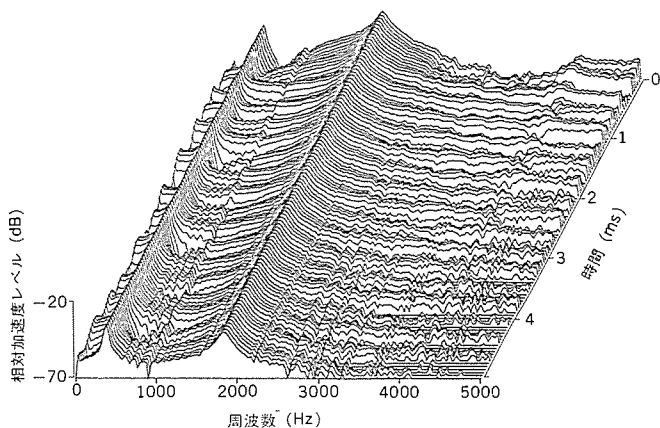
スピーカーに使用されるネットワーク部品も他の音響機器と同様に、従来はすべて電気定数 (L , C , R 周波数特性) のみに着目して評価され



(a) パーティクルボード(A)



(b) パーティクルボード(B)



(c) ラワン合板

図 8. 板材振動の累積スペクトラム比較

てきた。しかし、少なくとも使用帯域内では同一電気定数を有すると認められる素子間ですら音質に差異があるという各方面からの指摘は多く、これに対する明確な理由を見出すことが従来は計測的には困難であった。まだ解明されていない部分も多いが、音響製品における電気素子には機械振動の概念を加えた考察が今後必要となってくるものと思われる。

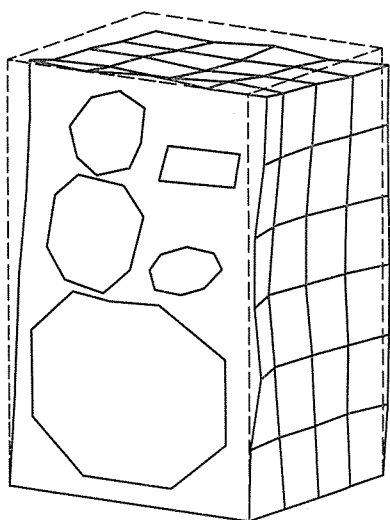


図 9. モーダル解析による観測例 (測定周波数 170 Hz)

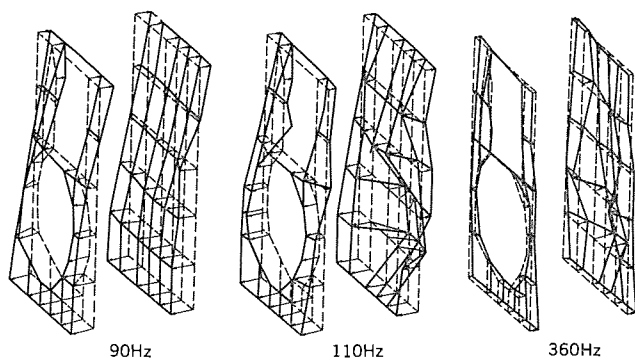


図 10. パツフル板と裏板の振動モード

	ミッドバス上方配置	ミッドバス中央配置
配置図		
モーダル解析	216Hz 	190Hz

図 11. スピーカー配置の検討例 (DS-505 形)

(1) 電気部品における機械振動の影響 (コンデンサの例)

機械振動を与えた場合の電気定数の変化は、過去の真空管におけるマイクロホニック雑音が代表例としてあげられるが、一般の受動素子についても起こり得るこの種の影響は定量化することが困難である。

コンデンサを例にとれば、従来音響製品用としてはオイルコンデンサ、メタライズドペーパーコンデンサ、無極性電解コンデンサなどが使用されてきた。最近、音響製品用として専用の品種も開発されている。聴感評価で

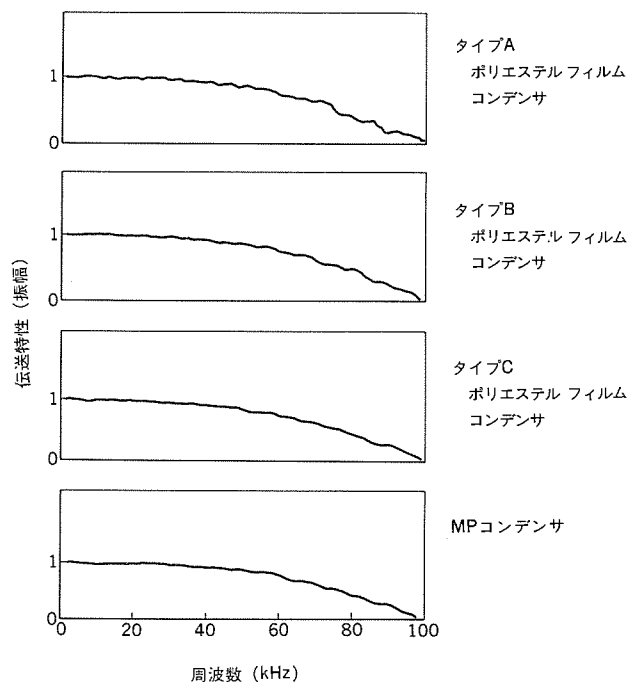


図 12. 各種“音響用コンデンサ”の特性例
(6 dB/oct LPF の伝送特性として測定)

は、これらはすべて独得の音色を有しているといっても過言でない程度に与える影響は大である。電気定数のインダクタンス、等価直列抵抗などに差異がある場合には、これらの面から理解される場合もあるが、メタライズドポリエステルフィルムコンデンサではこれら電気定数がほとんど同じであると見なす場合も多い。

これを解明するため電気信号によるコンデンサ極板の振動を仮定し、測定を行って得たのが図 12. である。通常、静電容量値は連続正弦波で測定されるため、電極振動が存在したとしても時間的に平均化され、容量変化値も小さい場合には、なおさら検証することが困難であったが、ここではインパルス印加で得た時間領域のデータを周波数領域に変換して容量値の周波数依存性の形として図示している。このデータで生じているリップルはナイキスト線図でも確認されているが、共振系の存在を示しており、可聴帯域内で発生するこの電極の固有共振は、明らかにそのコンデンサ固有の音色に結びつくものと推定される。

極板振動は当然、電極や誘電体の材質 (ヤング率、機械振動の Q)、巻きテンションに依存するものであり、たとえ正弦波で測定された電気定数が全く同一であったとしても、製造メーカーやプロセスが異なれば極板振動は異なったものとなる (図 13.)。

(2) インダクタ、抵抗器

インダクタ (チョークコイル) は、主として磁心のヒステリシスループや磁気飽和に起因するひずみに着目して検討されてきた⁽⁶⁾。しかし、インダクタに電流を流した際に発生する“うなり”のように磁心、巻線に振動が発生することは、前項の例から見ても聴感上、大きな影響を与える可能性があることを意味しており、巻線の固定方法 (磁心形状、巻線ボビン、ワニス含浸) など重要な検討課題となってきている。

一方、抵抗器にも同様の考察が必要であり、スピーカーシステムのレベルコントロールに用いられる各種巻線抵抗器にもこの観点からの検討がなされている。使用上便利な連続可変形巻線抵抗器は、抵抗体が部分的にコンパウンドから露出するため、巻線の固有振動を生じ音質を

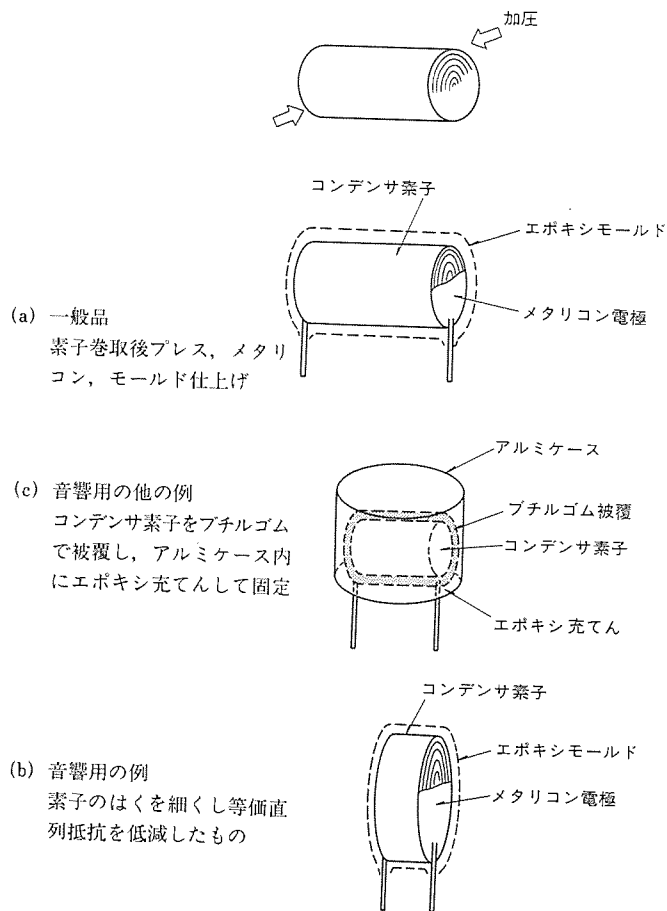


図 13. メタライズドポリエステルフィルム コンデンサ の構造例

損なうという不利な面がある。また、このタイプは巻線抵抗体とスライダ間の接触信頼性が一般のロータリスイッチに比して必ずしも安定とはいえない部分がある。

《ダイヤトーン》ではこれらをふまえ、インダクタは磁心選定はもちろんのこと、ワニス含浸処理条件を十分検討したものとし、抵抗器についても巻線部コンパウンドを微細化した固定抵抗器を複数個配し、ロータリスイッチ切替方式にするなど、固有振動の悪影響に対し配慮している。

(3) 配線材料

スピーカーのネットワークは基板上で配線されるのが一般的であったが、最近では電気素子間及び電気素子と各種リード間を極力直結化し、ひずみや抵抗値の増大を抑える努力が行われている。

プリント基板は量産性に優れ、通常の電気的性能では何ら問題とすべき箇所も見出せないが、再生音質では圧着配線方法などに比べて相当の違いがある。《ダイヤトーン》では圧着配線法を用い、大きな音質改良の効果をj得ている。その理由は接続部に介在するはんだの大きな比抵抗(銅の約9倍)や、はんだとリードに用いられる銅の間の接触電位差(約0.26V)による非直線性を銅-銅間の直結により除去したことがあげられる。

また、入出力リードも従来はほとんどすべてタフピッチ銅であったが、無酸素銅が容易に安価に入手可能となるにつれて無酸素銅へ移行してきている。無酸素銅は酸素含有量が10ppm以下と従来のタフピッチ銅300ppmに比べて極めて少量で、二酸化銅が少ない高純度な均一単一相であるため、導電率も高く(101%以上)、ひずみ発生も少ない。

6. む す び

従来、スピーカーはレスポンスの平坦化、ひずみ率の低減に注目した技術開発が主体であったが、デジタルオーディオ時代を迎えている現在、振動板材料はもとよりエンクロージャ材料や構造、ネットワーク部品などの末端に至るまでの幅広い技術が必要とされている。

ここでは、新しい計測面からの考察を含めた最新のスピーカー技術全般の考え方を述べたが、これらは《ダイヤトーンスピーカー》の開発に反映し、DS-503形をはじめとする最近の機種は広いダイナミックレンジ、優れた低ひずみ性で高い市場評価を得ている。

今後、更に聴感と対応した物理データに基づくスピーカー技術開発を可能とするよう、小レベルにおける測定精度(測定音響空間の暗騒音やマイクロホン雑音の影響)向上やインパルス計測応用など計測技術面における一層の進歩が期待される。

参 考 文 献

- (1) 佐伯：音響部品面でのデジタル対応策，電子工業技術大会予稿(昭55)
- (2) 土屋ほか：低ひずみスピーカーの開発—FNリングの特性—，三菱電機技報，51，No. 12(昭52)
- (3) 伊藤ほか：，最新のスピーカー技術，三菱電機技報，51，No. 12(昭52)
- (4) 田中ほか：アラミッド繊維強化プラスチックを用いたハニカム振動板，三菱電機技報，55，No. 12(昭56)
- (5) 土屋ほか：スピーカーのネットワーク用インダクタのひずみ低減，三菱電機技報，54，No. 3(昭55)

1. ま え が き

スピーカーの振動板に要求される物性は、有限要素法を用いた解析技術やデジタル計測技術の発達により、一層明確になりつつある。広い再生帯域を得るためには大きな音速を必要とし、不要な共振音を抑えるため内部損失も適度に必要とする。

こうした材料面での進歩は近年著しく、アルミニウム、マグネシウム、チタンはもとよりベリリウム、ポロンといった密度が小さく、比弾性率の極めて高い材料が使われている⁽¹⁾。特にポロンは比弾性率が極めて高く、音響的に優れた内部損失特性を有することから注目される素材の一つである。

このように振動板素材は高性能化が進む反面、構造面においてはオーソドックスな手法が用いられている場合が多い。本稿では高性能振動板の物性を最大限に引き出すことができる一体構造形スピーカーについて述べる。

2. 構 造

一般にスピーカーの構造は、振動板とボイスコイルは別部品となって分離しており、それぞれを適当な接着剤によって結合させている。したがってボイスコイルに発生した駆動力はボイスコイルボビンに伝えられ、接着剤の層を通して振動板へ伝達される。ボイスコイルボビンにはクラフト紙を使用することが多く、その音速はたかだか2,000～3,000 m/sである。また接着剤層の音伝搬速度は、接着剤の種類により異なるが、一般に広く用いられているゴム系接着剤においては1,000 m/s程度の値である。このことから、振動系トータルとしての音速を考えると、接着剤、ボビン材の物性値が支配的となり特性を変化させる重要なファクターになっている。

一体構造形のユニットでは図1.に示すように、振動板外周部にボイスコイルを直接巻込んでいるため、ボビン部は振動板と同一の物性が得られていることから安定した高性能化を図ることができる。

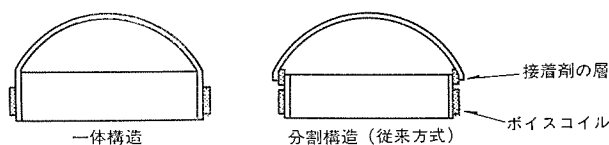


図1. 振動板構造図

3. 一体構造形ユニットの振動解析

有限要素法汎用プログラム NASTRAN を用いて、一体構造形の軸対称振動解析を行った⁽²⁾。計算に用いたユニット断面図を図2.に示すが、振動板口径はφ40.6 mm、振動板の高さは約7.9 mmで半径と高さとの比は0.389となっている。モデル化の要素分割図を図3.に、節点座標を表1.に示す。分割はボビン部で6分割、振動板部で13分割、支持部が10分割の計29要素、節点数30である。要素はコ

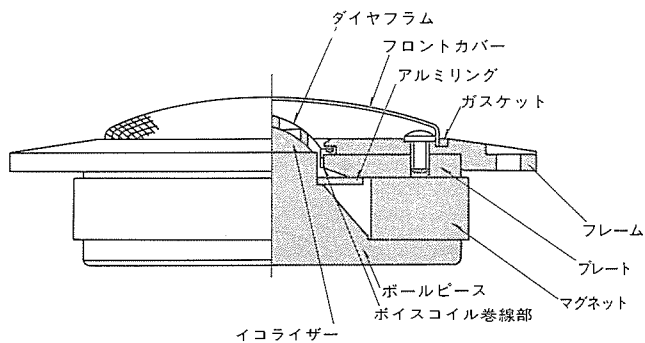


図2. 解析ユニットの断面図

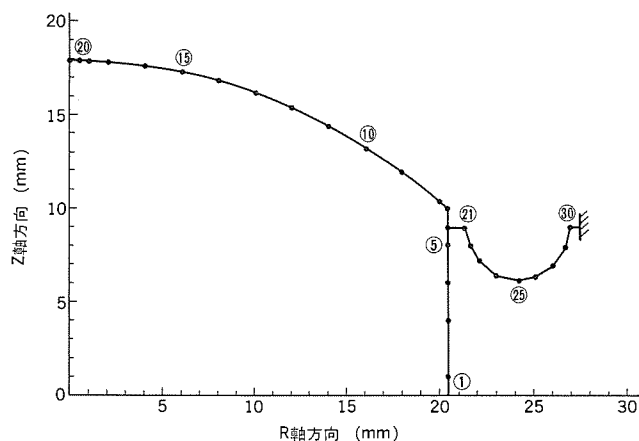


図3. 要素分割図

表1. 節点座標

節点 No.	R (mm)	Z (mm)	節点 No.	R (mm)	Z (mm)
1	20.35	0.0	16	4.0	17.69
2	"	1.0	17	2.0	17.891
3	"	4.0	18	1.0	17.941
4	"	6.0	19	0.5	17.953
5	"	8.0	20	0.05	17.957
6	"	9.0	21	21.3	9.0
7	"	10.0	22	21.5	7.961
8	20.0	10.318	23	22.0	7.148
9	18.0	11.957	24	23.0	6.425
10	16.0	13.335	25	24.1	6.2
11	14.0	14.49	26	25.0	6.349
12	12.0	15.453	27	26.0	6.943
13	10.0	16.242	28	26.7	7.961
14	8.0	16.871	29	26.9	9.0
15	6.0	17.351	30	27.4	9.0

ニカルシエル要素を用い、軸対称モデルのため振動板中央部（頂部）に0.05 mmの小穴を設けた。各部の基本的な物性及び形状定数を表2.に示す。計算の結果から固有振動数は一体構造形と、振動板部とボビン部の分離した構造との間に約14%程度の差があることが分か

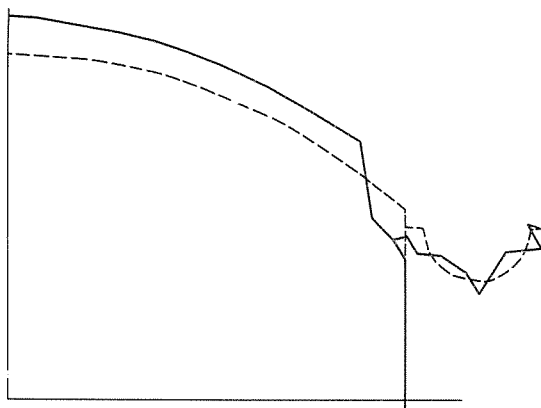
表 2. 物性及び形状定数

No.	部 品 名	ヤング率 $E(\text{dyne/cm}^2)$	密 度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	厚 さ $t(\text{cm})$	ポアソン比 ν
1	振動板(チタン)	1.1×10^{12}	4.54	0.005	0.33
2	ボイスコイル部	1.1×10^{12}	3.18	0.04	0.33
3	支 持 部 (布)	1.3×10^9	0.6	0.02	0.25
4	ボビン部(紙)	7.9×10^{10}	0.89	0.02	0.25

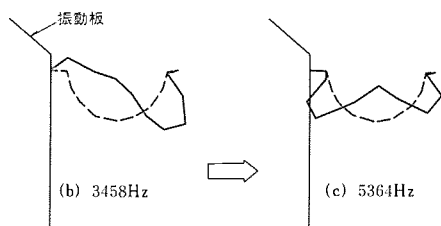
表 3. 固有振動数

MODE No.	一 体 構 造 (kHz)	従 来 構 造 (kHz)
1	3.458	3.461
2	5.364	5.361
3	5.562	5.624
4	9.415	9.395
5	12.8	12.0
6	13.9	12.8
7	14.3	14.3
8	19.2	19.2

注 太枠内は一次固有振動数を示す。

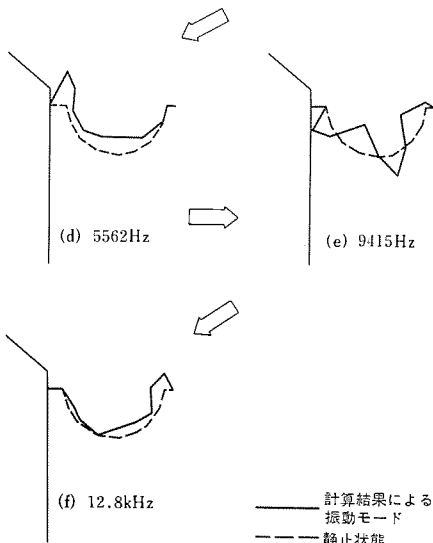


(a) 13.9kHz 一次固有振動数



(b) 3458Hz

(c) 5364Hz



(d) 5562Hz

(e) 9415Hz

(f) 12.8kHz

—— 計算結果による
振動モード
- - - 静止状態

図 4. 振動モード(解析結果)

った。表 3. は固有振動数, 図 4. に振動板の振動モードを示す。振動モードでは, 振動板の一次の固有振動数以下に 5 個の支持系の固有振動数があり, それらのいずれのモードにおいても支持部のみが動いている。またこれら支持系の固有振動のうち, 図 4.(d) 5,562 Hz の振動モードは支持部とボビン間に平坦部を持つモデルとしたために生じたと思われる。

振動板の一次の固有振動数のモードでは, ボビン上部での変形がみられ, 節円の位置は振動板の外周部(約 9 割)になる。そして固有振動数は, 振動板自体の音速($\sqrt{E/\rho}$)に比例して上昇するとともに, ボビン上部の変形度合いは小さくなる傾向にある。

以上のことから,

- (1) 振動板の分割と支持系の分割は比較的独立していること。
- (2) 振動板の一次固有振動数は, 材質の音速($\sqrt{E/\rho}$)に比例すること。

が明らかになった。

4. 一体構造形ユニットの周波数特性

振動解析の結果から, 一体構造形ユニットは高域の再生限界周波数に対して有利であることが知られている。図 5. は振動板部とボビン部とが分割したタイプと一体構造形との周波数特性の比較を示す。これから高域限界が広がっていることが分かる。図 6. はインパルス応答を示したもので, 一体構造形の立上りの速さ, 優れた減衰特性を得ている。図 7., 図 8. はインパルス応答を高速フーリエ変換し, 三次元表示した累積スペクトラムで, 一体構造形の超高域における減衰特性はより自然なものとなっている。

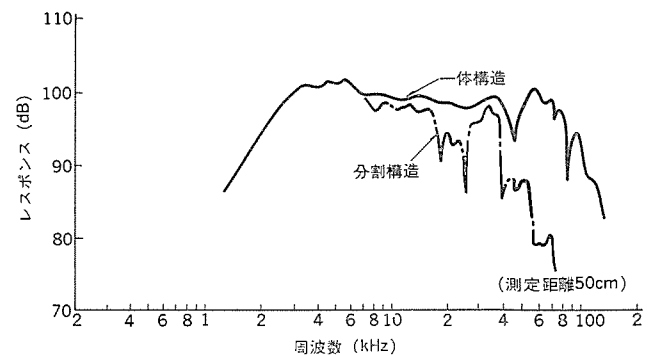


図 5. 構造違いによる周波数特性

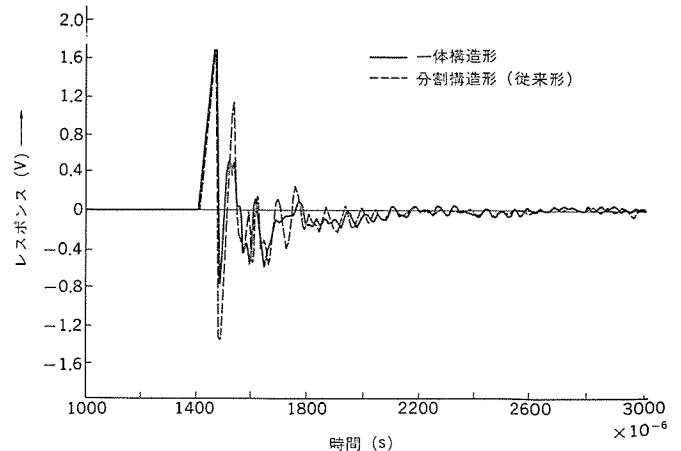


図 6. 構造違いによるインパルス応答

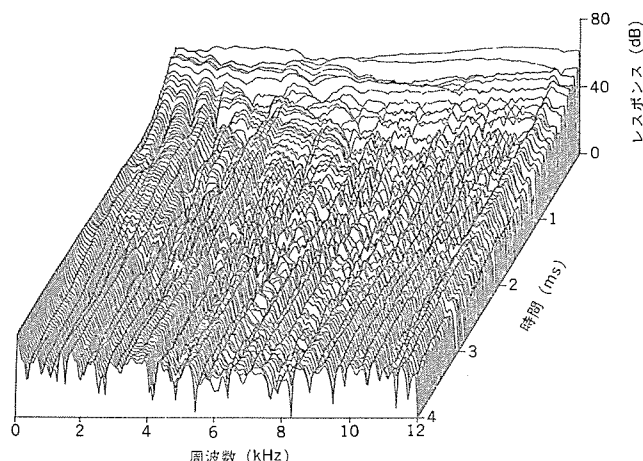


図 7. 一体構造形の累積 スペクトラム

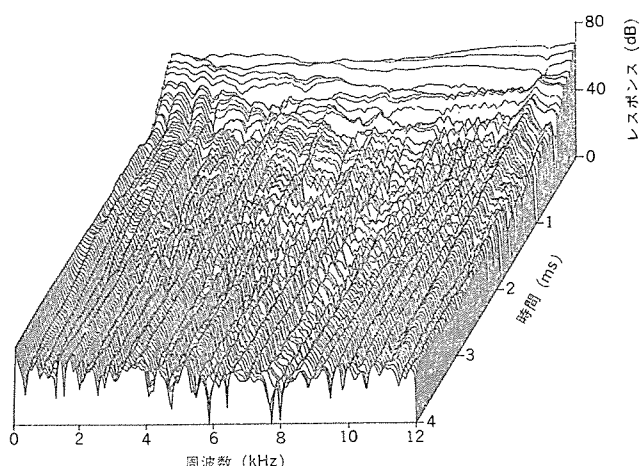


図 8. 分割構造形の累積 スペクトラム

5. 一体構造形ユニットの放熱効果

一体構造形の優れた特性の一つが、パワーリアリティである。スピーカーは電気音響変換の効率が悪く、せいぜい数 % ほどである。したがって大きな入力を加えると残りすべては熱となり、ボイスコイルは高温にさらされる。一体構造においては、振動板全体からの放熱が期待できることから耐入力性に優れるとともに、入力を断ったときのボイスコイル温度立下がり特性が、従来の分割構造ユニットに比べて優

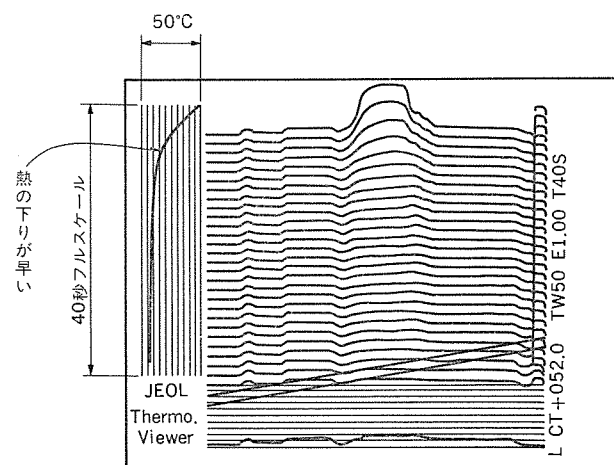


図 9. ボイスコイルの温度立下がり特性 (一体構造)

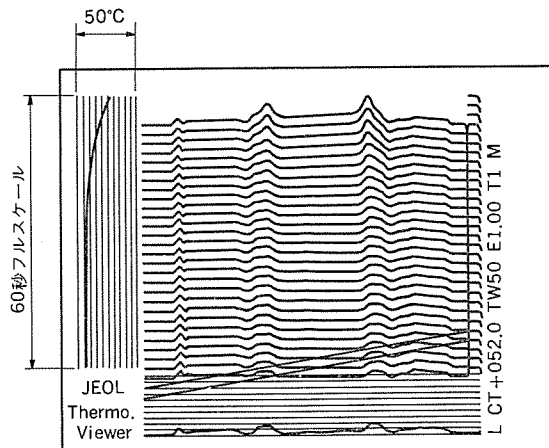


図 10. ボイスコイルの温度立下がり特性 (分割構造)

れている。図 9., 図 10. は放射赤外線を利用し、非接触で温度測定が可能な THERMO-VIEWER を使って測定したもので、一体構造形が温度立下がりに優れているのが分かる (図 9., 図 10. の左側グラフ)。このように一体構造形では温度上昇値そのものが低く抑えられるとともに、熱の立下がり時間も短くなることから温度上昇によるボイスコイル抵抗値の増大が抑えられ、実効入力も減少が少なくなって、パルス的な入力に対する応答性が大幅に改善される。

6. 量産化に対する諸問題

一体構造ユニットを製造する上で難しいのが、振動板の深絞り技術である。振動板素材にはアルミニウム、マグネシウム、チタン、更に高性能なボロン化チタンなどが使われるが、いずれにしても機械加工の難しい材料である。一体構造にするため振動板の深さは、振動板の場合に比べ 130 % 程度深くなることから種々の困難がある。例えば極薄板は、きず・断面減少などの切欠効果による応力集中により薄板に比べ伸びが半分以下ということから深絞りは難しい。振動板の頂点部分を切れない限界まで絞っておき、その後、液圧により側面部分を伸ばすことで深絞りが可能となる。次の問題はボイスコイルの巻込みである。振動板の外周を変形させない範囲でコイル導体を密着させて巻く必要がある。また、このときに使用される固定用接着剤はスティフネスの要因をもつことから、硬度と耐熱性が要求される。振動板と支持体との接着についても、放熱性の良さから振動板自体が温まることで耐熱性の良い接着剤を必要とする。

7. む す び

以上のように、一体構造形ユニットは振動板への振動伝達経路を単純化することで高性能化を実現したもので、優れた特長として入力信号に対する高速応答性、放熱の良さからくるパワーリアリティの良さがあり、特にこれらが問題となる高音用、中音用ユニットにおける改善効果は著しいものがある。

今後、デジタルオーディオ時代の到来とともに、プログラムソースの広いダイナミックレンジ、優れたパワーリアリティという特長を生かす上で、更に真価を発揮していく構造として期待される。

参 考 文 献

- (1) 田中ほか：三菱電機技報，53，No. 3，p. 233 (昭 54)
- (2) 興野ほか：日本音響学会講演論文集，p. 25 (昭 57-3)

オーディオ装置の電子制御用IC

川 端 啓 二*・加 藤 直 之*・川 畑 英 雄*・糸 林 学*・千葉喜代一**

1. ま え が き

近年絶え間なく進歩を続ける集積回路技術がオーディオシステムの電子化を促進し、当初機器の機械部分（ターンテーブルやアーム、デッキメカニズム、チューナーの同調メカニズムなど）の高機能化を支援し、“高級化”のために導入された電子制御化は、その後LSIやマイクロプロセッサの低価格化によって急速に浸透してきた。また信号回路の方もデジタル系に比べれば徐々にではあるが、着実にIC化が進み、現在では機能単位から複数機能へ、そして更にスイッチや可変抵抗器などの機構部品までも包含したサブアセンブリへと規模を拡大しつつある。

オーディオシステムの電子制御化は、これまで機器ごとに進められてきたが、今一つの大きな流れに合流しようとしており、デッキ、プレーヤー、チューナー及びアンプなどの各機器で個々に対応していた段階から、システム全体を共通に制御する段階へと展開されようとしている。これらの動きは、オーディオシステムの見直しと集積回路技術の積極的な活用によって支えられ、ユーザーに対しより使いやすく高機能なオーディオ装置を適切な価格で提供する素地をつくりかけている。ここではこれらの動きに対応して開発を進めてきたオーディオ電子制御用ICシリーズについて述べる。

2. 電子同調用PLL周波数シンセサイザICとその応用

PLL(Phase Locked Loop) 周波数シンセサイザによる電子同調システムは、図1.に示すようにプリスケラ、PLL、コントローラ（及び表示）の

三つの基本機能ブロックを構成する。そのIC化に際しては、高速動作($f_{osc}=130\text{ MHz}$ 最大)の要求されるプリスケラ、高速処理と高密度論理回路の必要なPLL、及び種々の形態の受信機に対応できる汎用性の高いコントローラを応用性、量産性について考慮して最適のブロックに分け、ICの製造プロセスを選定する必要がある。現在、PLL+コントローラ部をMOSプロセスを使用して1チップに集積し、プリスケラを別にする構成が一般的であるが、

- (1) プリスケラとPLLのインタフェース部からの高周波成分の不要輻射がある。
- (2) コントローラ部のシステムクロックなどの高周波成分がノイズとなってPLL系に影響する、など周辺回路、基板配置によってはセットのS/N比を低下させることがある。

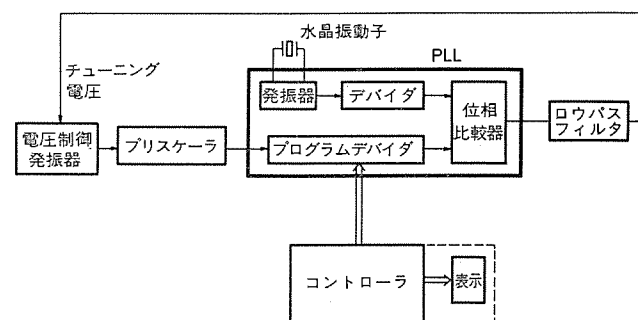


図1. PLL周波数シンセサイザ基本構成図

表1. オーディオ用電子同調ICシリーズ

形 名	構 造	機 能	特 長	使 用 電源電圧	回路電流 (TYP.)	外 形	電子同調システムの構成			
							FM/MW	FM/MW/LW		
M 54922 P	ECL/IIL	FM用プリスケラ内蔵 PLL 周波数シンセサイザ	・4ビットパラレルデータ入力形式 ・比較周波数は、1, 2.5, 4.5, 5, 9, 10, 12.5, 25 kHz ・高入力感度 FM 50mVp-p(TYP.), AM 25mVp-p(TYP.)	4.5~5.5 V	30 mA	22ピン DIP	○	○		
M 54928 P			・4ビットパラレルデータ入力形式 ・比較周波数は、1, 4.5, 5, 9, 10, 12.5, 25, 50 kHz ・高入力感度 FM 50mVp-p(TYP.), AM 25mVp-p(TYP.)	3.0~5.5 V	20 mA	22ピン DIP			○	
M 54927 P			・シリアルデータ入力形式 ・比較周波数は、1, 5, 9, 10, 12.5, 25, 50, 100 kHz ・高入力感度 FM 50mVp-p(TYP.), AM 25mVp-p(TYP.)	3.0~5.5 V	20 mA	16ピン DIP				○
M 50170 P	CMOS	FM/MW 専用 コントローラ	・FM/HW 各6局プリセット ・オート Up/Down スキャン	4.5~5.5 V (スタンバイ 3V)	1 mA (MAX. 10 μA)	24ピン DIP	○			
M 54846 P	IIL	受信周波数表示用蛍光表示管ドライバ	・3 1/2 けた数字表示 ・プリセットチャンネルインディケータ出力	4.5~5.5 V	10 mA	28ピン DIP	○			
M 58497- ×××P	CMOS	液晶表示ドライバ内蔵 FM/HW/LW コントローラ	・4ビットマイコン ROM 2K, RAM 128ワード ・プリセットメモリ FM8, MW8, LW2 ・オートスキャン/シーク ・時計/タイマー機能内蔵 ・4 1/2 けた LCD 表示	3.0~5.5 V (スタンバイ 3V)	300 μA (TYP. 60 μA)	72ピン フラット タイプ		○	○	○
M 51191 L	バイポーラ リニア	AM ミキサー検波	・広 AGC 幅 ・放送局検出回路	8.0~15 V	20 mA	24ピン ジグザグ タイプ	○	○	○	○
M 51174 L	バイポーラ リニア	FM IF 増幅検波	・ストップ信号出力 ・ソフトミューティング機能 ・高リミッティング感度	8.0~15 V	28 mA	20ピン ジグザグ タイプ	○	○	○	○

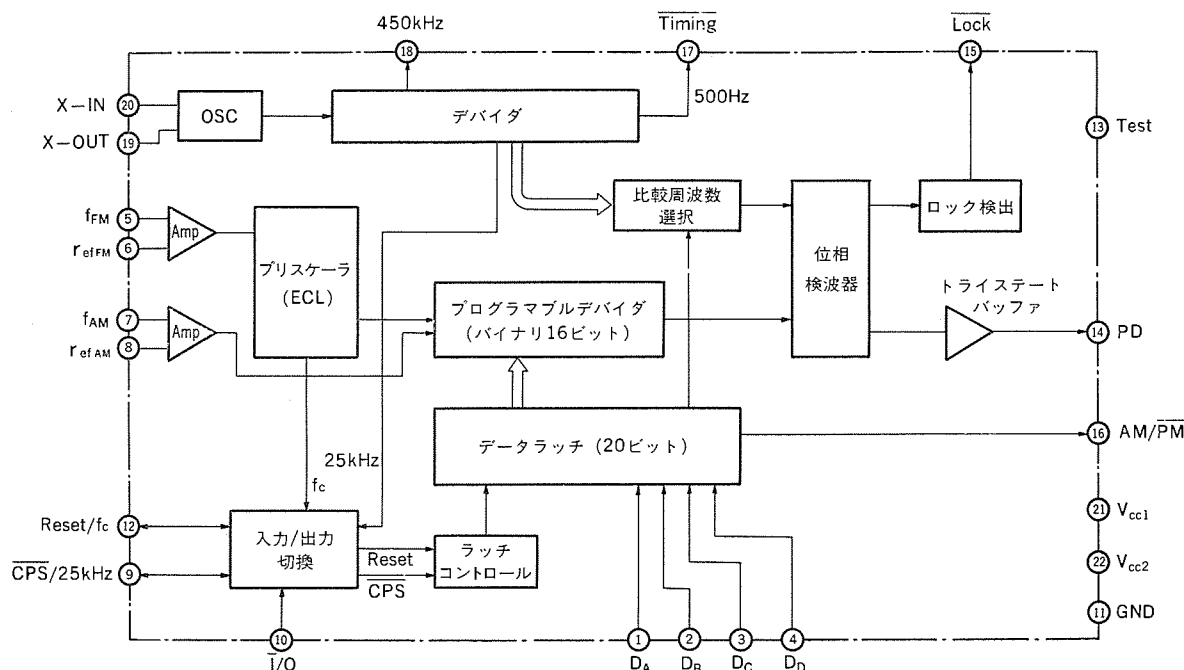


図 2. M54922P 機能ブロック図

(3) 汎用マイコンをコントローラとして使用できないのでシステムとしての柔軟性に欠け、セットの特長が出にくい。などの欠点があり、必ずしも使いやすいものとはいえない。

当社では上記の点を解決するためにプリスケラとPLLを1チップ化し、汎用マイコンをコントローラとして使用する形でシステムのIC化を図った。表1.に当社オーディオ用電子同調ICを示す。以下にプリスケラを内蔵したPLLシンセサイザIC M54922Pを中心に当社システムの概要を述べる。

図2.はそのブロック図で、FM局発周波数カウント用プリスケラをECLで、その他のプログラムデバイダ、比較周波数用デバイダ、位相比較器、データラッチなどのロジック部をIIIで構成し、また素子分離にSi酸化膜を用い素子形状を小さく(当社比1/5の面積)することにより高速、高集積化を図った。

IIIによるプログラムデバイダ部は、インジェクション電流40 μ A/Gateで8MHzの動作を全温度範囲で保証しており、これは当社従来品と比較して約1/2の電流で2倍の動作スピードとなっている。

PLLの機能面での特長を以下に述べる。

(1) プリスケラの分周比を1/16, 1/17のパルスフロー形式とし、比較周波数を高くしてPLL系の応答時間を短かくし安定度を高めた。また例えばFMバンドでは比較周波数25kHzと可聴周波数帯域外の周波数を使用でき、高S/N比を実現できる。

(2) 8種類の比較周波数が選択可能なので、FMバンド25kHz, MWバンド10又は9kHz, LWバンド1kHz, SWバンド5又は1kHzのチャンネルスペースを使用し、全放送バンドに対応することができる。

(3) データラッチ回路の採用により、コントローラからのデータ転送ライ

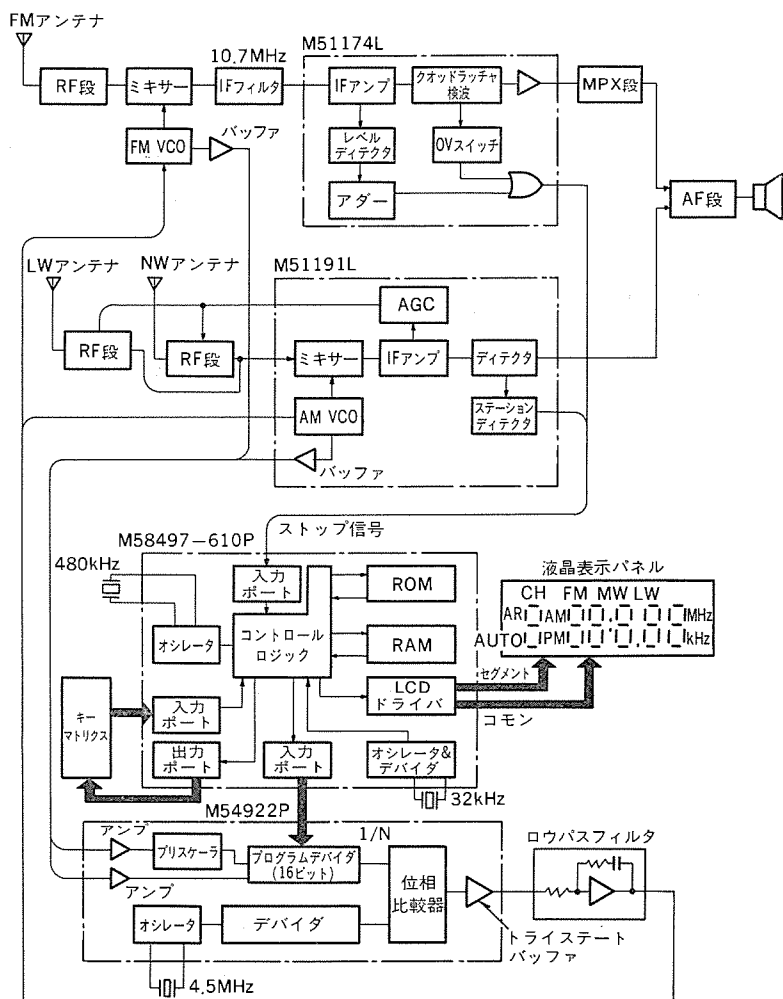


図 3. FM/MW/LW 電子同調システム構成図

ンはデータ更新時のみ所定のクロックを送ればよく、データ保持中は“H”又は“L”のいずれかに固定されるので不要の高周波成分の輻射がない。またデータラッチ部は2段構成をとっており、データ転送完了後全データがプログラムカウンタにセットされる形式をとっているため、

転送中の PLL 系のじょう(擾)乱を抑えることができる。

(4) AM/FM バンド 切換端子を有しており、コントローラからチューナー部への結線を少なくし、ノイズを抑えるとともにコントローラ出力ポートを有効利用できるようにした。

(5) 局発周波数入力が高感度 (FM 50 mV_{P-P}, AM 25 mV_{P-P}, TYP.) となっており、局発回路との接続を容易にした。

以上のように M 54922 P は汎用性及び性能に重点をおいて製品化を図った。

M 54928 P は M 54922 P の機能限定版であり、低電圧動作、低電流化を図ったものである。M 54927 P はシリアルデータ入力形式をとっており、コントローラとの接続は 3 本 (Data CPS Reset) となる。比較周波数 100 kHz, 50 kHz と高い周波数が選択可能で、PLL 系の高い安定度及び高 S/N 比が期待できる。

図 3. は M 58497-610 P をコントローラとして使用した場合の FM/MW/LW 電子同調システム構成図である。ここで M 51174 L, M 51191 L は FM 及び AM 用 IF アンプ検波 IC で、電子同調受信機の特徴である自動選局 (オートスキャン) を行うための局検出機能を内蔵している。このシステムは LCD 表示となっており、付属機能として時計/タイマーなどを有しオーディオ装置に適したシステムとなっている。

3. アナログスイッチ用 IC

機器の電子化に伴い、信号切換機構も機械式から電子式にかわりつつある。電子化による効果は信頼性が高く、また部品削減による原価低減が可能となること、操作性の向上に役立つことなどであろう。アナログスイッチ用 IC には CMOS 形とバイポーラ形があり、主な得失は前者が消費電流は少ないがひずみ率の負荷依存性が大いなのに対し、後者は低ひずみ率だが消費電流が大いという相反する特長を持つ。

M 51551 P は 2 入力 1 出力の 2 接点スイッチを 2 チャンネル内蔵し、高級機にも対応できる低ひずみ率をバイポーラ形スイッチで実現した (図 4.)。主な特長は、

- (1) 電源は単電源と正負 2 電源のいずれにも使用できる回路構成とした。
- (2) 全高調波ひずみ率 0.006 %, クロストーク 58 dB, 電圧利得 0 dB の高性能を有している。
- (3) 切換えは正の単電源 (H/L) で制御され、スイッチモード表示用

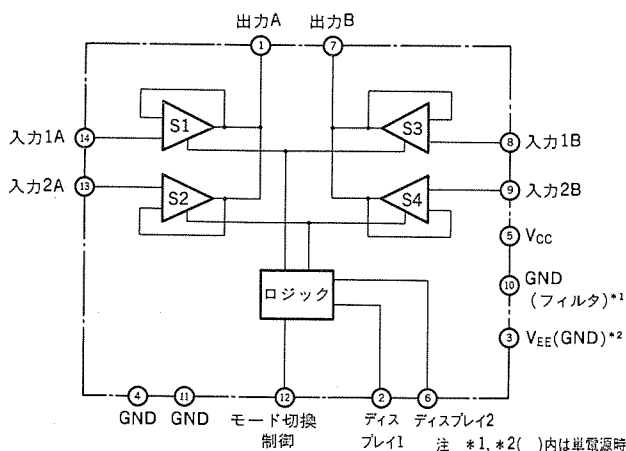


図 4. M 51551 P ブロック図

LED ドライバを内蔵させた。

などであり、オーディオ機器のチューナー信号、テュー信号、外部入力信号の切換えに使用できる。

一方電子スイッチは次のような問題をかかえている。すなわち MOS 形、バイポーラ形ともに切換時に信号経路の急激な DC 変動によりショックノイズが発生するため、その期間中音声信号とミュートする手段をとる必要がある。ミュート制御信号発生機能をスイッチ IC に内蔵させ、他の部分、例えばパワーアンプ、あるいはプリアンプなどで信号をミュートさせる方法が一般的である。一方最近のオーディオシステムは TV, VTR などを含めたシステムアップ化が要求されるので、4~6 入力マルチチャンネル対応の切換スイッチが必要となる、したがって今後のアナログスイッチ用 IC はミュート制御機能を有し、マルチチャンネル対応のものが主流となりそうである。また VTR, VDP などビデオ信号、音声信号の切換えに加え、アンテナ入力信号など高周波信号切換用スイッチも要望されてきている。

4. 電子ボリューム用 IC

音量や音質の調節には従来しゅう(摺)動式の変抵抗器が使われてきたが、電子ボリュームはこれを DC 電圧で利得制御する電子回路で行うものである。このような回路は、多くの素子間の整合を必要とするため集積回路技術が不可欠であり、積極的に IC の利点を生かしたものと見える。

電子ボリュームは以下のような長所を有している。

- (1) 音量、音質の自動制御が容易となる。音量、音質の調節が DC 電圧の増減で行えるので、ある制御目的を DC 電圧に置き換えれば、自動的にそれに応じた制御が可能となる。例えばリモコン、プリセット、ミュート、フェードイン/アウトなど従来の機能のほかに、ハウリングや周囲の騒音に応じて音量、音質を自動的に制御するシステムなどがある。
- (2) 信頼性が向上する。機械式ボリュームは炭素皮膜と金属コンタクトの接触により機能しているために、使用環境や寿命に大きな限界があるが、電子ボリュームはこれらに対する性能を飛躍的に向上させる。
- (3) 機器の設計自由度が向上する。つまり電子ボリュームから制御部までの配線には DC 電圧がのりだけであるから、オーディオ信号経路の理想的な位置にボリュームを配置することができ、機器内部の設計自由度が向上し、また操作面も従来のロータリ式やスライド式に限らず種々の方法が可能となる。

M 51130 P は音量、バランス、高音、低音及びラウドネスを制御でき、M 51133 P は音量とバランスのみの制御を可能とした限定版である。図 5., 図 6. にそれぞれのブロックを示す。M 51133 P は制御回路に若干の差はあるが、基本的には M 51130 P の音量とバランス部と同様なので以下 M 51130 P を中心に述べる。M 51130 P は前述したように、音量系と音質系の電子制御ができるものでその代表的特性を表 2. に示す。

特長は次のとおりである。

- (1) 高調波ひずみ率 0.03 %, 残留ノイズ 6 μ V rms/JIS A と高性能である。
- (2) トーン時定数は高精度な設定が可能とし、音質調整部は多様な構成ができるようブロックを配慮した。
- (3) 電源は信号系 ± 15 V, 制御系 5 V とし汎用リニア IC やコントローラと組合せやすくした。

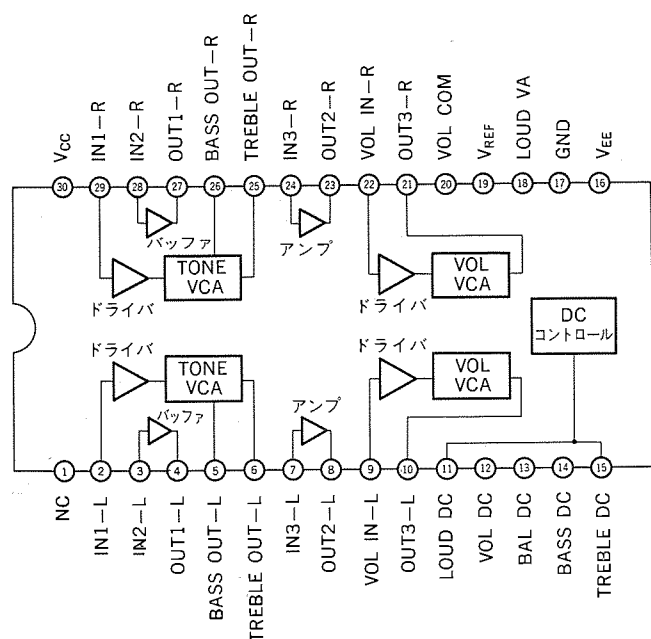


図 5. M 51130 P ブロック図

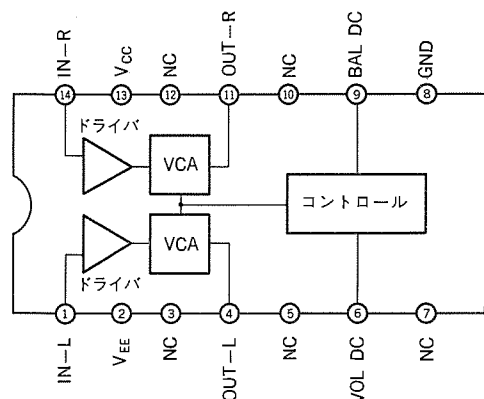


図 6. M 51133 P ブロック図

表 2. M 51130 P の代表電気特性

項 目	規 格
全高調波ひずみ率 (減衰量 0 dB)	0.03 %
許 容 入 力 (減衰量 10 dB)	7 V rms
残 留 ノ イ ズ (JIS A)	6 μ V rms
トーンコントロール 低音 (100 Hz)	± 10 dB
高音 (10 kHz)	± 10 dB
ラウドネス 低音 (100 Hz)	+5 dB
高音 (10 kHz)	+3 dB
電 源 電 圧 信 号 系	± 15 V
制 御 系	+5 V

図 7. に電子ボリュームの主要部である可変利得回路の一部を示す。M 51130 P はこの VCA-QUAD を 3 ペア 有 して お り、高調波ひずみ、ノイズ特性及び温度特性などの点からベース抵抗、エミッタ抵抗が小さく、しかも整合のとれた四つのトランジスタを対称的に配置するなど注意深い設計を行った。制御電圧は規格内であれば任意だが、一般的には UP/DOWN カウンタを内蔵した M 50601 P のようなコ

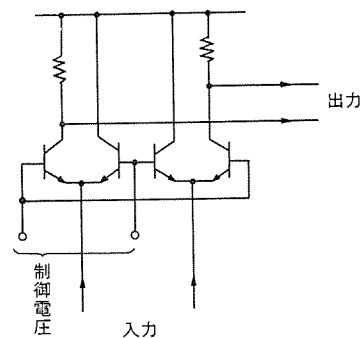


図 7. VCA-QUAD

ントローラを使用する。バランス及び音質は制御電圧の 1/2 でセンターになるよう設定し通常状態を選択しやすくした。

以上概要を述べたが、この音量、音質調整用 IC は、シスコンを中心として広範囲のオーディオ機器に使用されることを目的としており、高調波ひずみや許容入力、同時に使用される他の IC と比べて十分なものとなっており、回路構成も今後更に進展するオーディオシステムの電子制御化に対し、設計自由度の大きいものとした。

5. 電子ボリューム用コントローラとその応用

電子ボリュームの制御電圧をデジタル的に制御するコントローラとして M 50601 P 及び M 50602 P を開発した。この IC は PWM 方式による D-A 変換回路、UP/DOWN カウンタ回路、データメモリ回路、基準信号発生回路を 1 チップに集積しており、素子数 1,300、 $3.48 \times 2.60 \text{ mm}^2$ のチップサイズを有している。LSI 化に際しては、Al ゲート CMOS プロセスを使用し、PWM 方式の D-A 変換を行い高安定度化、部品点数の削減、無調整化を図った。

M 50601 P の特長は、

- (1) セラミック発振子を使用可能な発振回路を有し、安価で周波数安定度が高い。
- (2) 制御方法はマニュアルアップダウン、オートアップダウンの 2 種類とした。
- (3) プリセット位置は、最下位レベル及び中間レベルの 2 種類とした。
- (4) PWM 方式 6 ビットの D-A 変換回路を有し、外付けの CR によりアナログ電圧が容易に得られる。
- (5) 6 ビットのデータメモリを有し、6 ビット UP/DOWN カウンタの内容をメモリすることができ、随時メモリ内容をカウンタへプリセットできる。
- (6) アップ及びダウン入力にはチャタリング防止回路を付加した。

以上の特長を生かした M 50601 P の応用回路を図 8. に示す。発振子は 480 kHz のセラミック発振子を用い、負荷容量 2 個を付ける。D-A 変換部は繰返し周波数 1.25 kHz、最小パルス幅 12.5 μ s の PWM 信号を出力するので、リップル除去能力及び応答速度の両面から外付けの CR フィルタ時定数を設定する必要がある。音量制御に用いる場合の初期設定は L 端子に H レベルを一定時間与えることにより出力を 0 にでき、バランス制御などに用いる場合は M 端子に H レベルを一定時間与えることにより出力を中間レベルに設定でき、外付部品は非常に少なく簡単にボリュームコントローラとして応用できる。

次に M 50602 P の特長は、

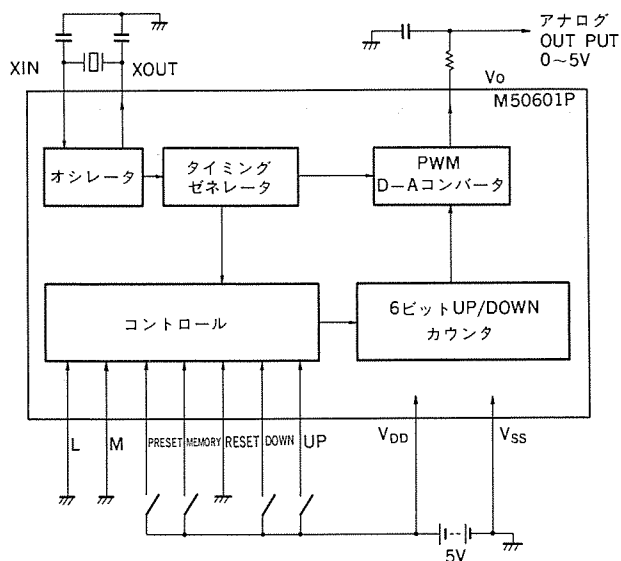


図 8. M50601P の応用回路例

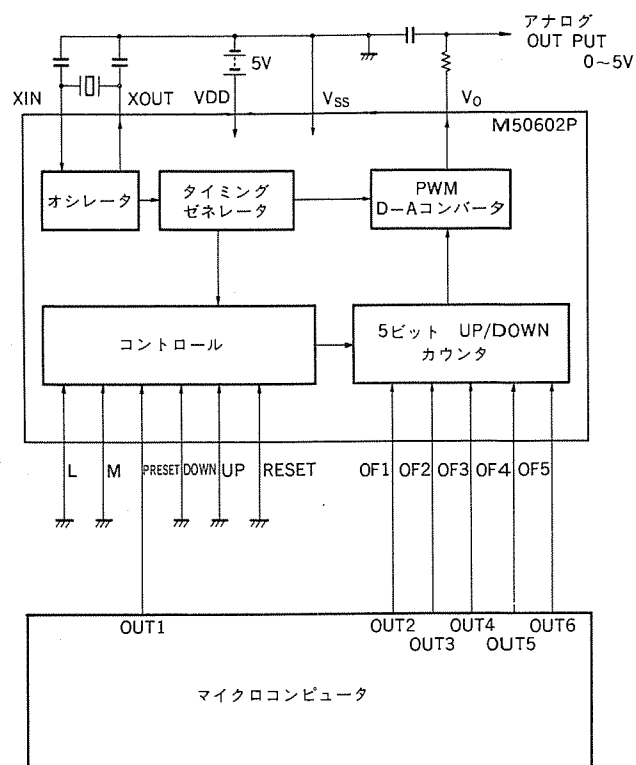


図 9. M50602P の応用回路例

6. む す び

オーディオシステムの電子制御化の動きに対応した新しい IC シリーズについて述べた。今後、更にマイコンの普及やオーディオのデジタル化とともに電子制御化が進展し、LSI 化が図られていくことが予想され、それに応じた IC の開発に努力していくつもりである。

ビデオプロジェクションテレビ

岩村清志郎*・足立和男*

1. ま え が き

ビデオプロジェクションテレビ（以下 VP と称す）のアイデアは古く、1940 年代には既に RCA 社などによって、CRT の蛍光面上の光学像をスクリーン上に、拡大投写する検討が進められていた。しかし、大形の CRT を大量に作れる技術が完成されるに及んで、その検討も下火となり特殊な用途にのみ一部用いられるに過ぎなくなった。ところが数年前、米国のアドベント社が一般家庭向け製品として発表するに及び、大画面で迫力のある映像を見たいという欲求と相まって市場の注目するところとなった。

当社も 1976 年から VP の開発に着手し、1977 年には試作品を発表した。その後、米国を中心に世界十数か国に製品を出荷し好評を博している。図 1. は現在米国へ出荷している 50 インチの製品の一つである。VP の全需要の 80~90 % は米国市場向けで、1981 年には多くの米国大手有力カラーテレビメーカーがこの分野に参入することを発表しており、今後更に市場が拡大していくことが期待される。また国内市場は、家庭用より業務用のウエートが高く、全体の需要もあまり大きくない。欧州市場も日本とよく似た状況にあり、これらの地域では小形化、低価格化がより強く要求されるものと思われる。いずれにしても VP はカラーテレビと異なり、まだ成長段階にある製品と考えられるので、今後更に基本性能の改善、原価低減などを進めていく必要がある。以下現状の VP の概要について述べる。

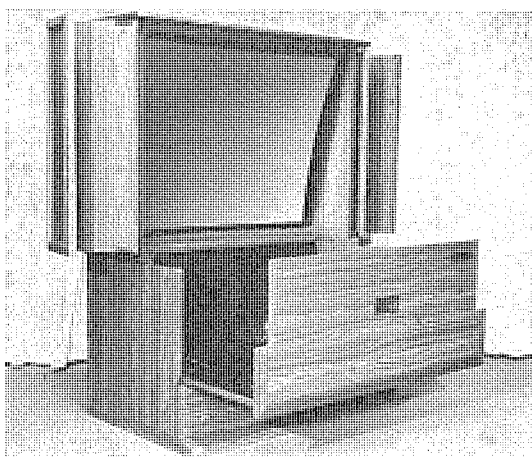


図 1. 米国向けビデオプロジェクションテレビ

2. ビデオプロジェクションテレビの分類

現在市販されている VP を大別すると図 2. のように分類される。単管式は通常のカラーテレビをレンズでスクリーンに拡大する方式で、14 インチ程度のカラーテレビを用いている。構造が簡単で低価格ではあるが、性能が良くないため 3 管式の増加に伴い減少している。

市販 VP の大部分は 3 管式で、更に大きく 2 分できる。すなわち

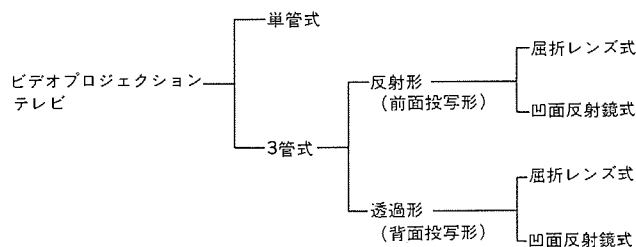


図 2. ビデオプロジェクションテレビの分類

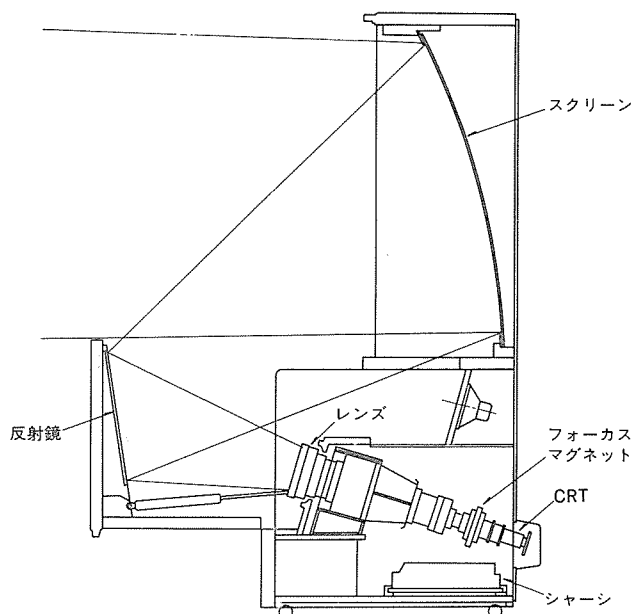


図 3. ビデオプロジェクションテレビの光学系の構成図

その一つは反射形あるいは前面投写形と呼ばれるもので、スクリーンにアルミはく(箔)などを用い、スクリーンからの反射光を見るタイプのものと、他の一つは透過形あるいは背面投写形と呼ばれるもので、アクリル板などをスクリーンに用いスクリーンからの透過光を見るタイプのものである。

また別の分類方法として、CRT の光学像を屈折レンズで拡大するか、凹面反射鏡で拡大するかによって 2 分される。当社では初期には反射形、凹面反射鏡式を採用していたが、現在ではすべて反射形、屈折レンズ式による製品を販売している。また昭和 57 年秋に米国で透過形 VP を販売する計画である。以下、反射形、屈折レンズ式の VP を主に述べる。

図 3. に全体の光学系の構成図を示す。すなわち、VP の光学系の主要部品は CRT、レンズ、反射鏡、スクリーンである。また、VP のスクリーン輝度は一般に次式で表され、これらの主要部品の性能に左右される。

$$B_s = \sin^2 \left[\tan^{-1} \left\{ \frac{m}{2F(m+1)} \right\} \right] \times \frac{\eta_0 \cdot G_s}{m^2} \times B_c$$

B_s : スクリーン上の輝度 m : 像倍率
 B_c : CRT 面上の輝度 F : レンズの F 値
 G_s : スクリーンゲイン η_0 : 光学系の総合能率

初期の VP の輝度は 50 ft-L 程度 (映画は 10~15 ft-L) しかなく、映像を鮮明に見るためには周囲光に対する配慮が必要であったが、その後、CRT、レンズの性能改善が進み、26 インチカラーテレビの輝度に近づきつつあり、十分明るい室でも映像を鮮明に見ることができるようになった。

3. VP の主要部品

3.1 CRT

当社の VP では、3 本の 7 インチ、赤、緑、青の単色管を用いて、それぞれの映像をスクリーン上で合成することにより、カラー映像を再現している。カラーテレビ用の CRT との大きな相異点は、電流密度が 1 けた以上大きいこと、50 インチの場合、管面上の映像が約 10 倍に拡大投与されるためにシャープな映像が要求されることである。まずそのためには、蛍光体には γ 特性、温度特性の優れたものを使用することが重要である。

図 4、図 5 は当社が開発した緑色蛍光体の γ 特性、温度特性を示すもので、従来の CRT で用いていた P-43 蛍光体では、図のように温度上昇に伴い輝度が低下するという欠点をもっていたため、ファンモタによって管面を強制空冷する方法を取っていた。しかし、

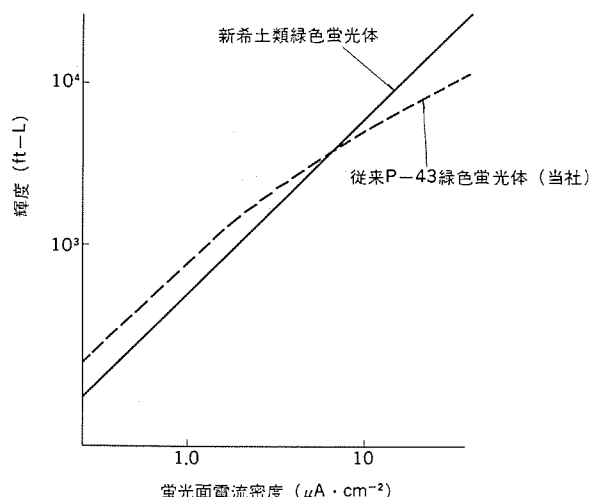


図 4. 新希土類緑色蛍光体の γ 特性

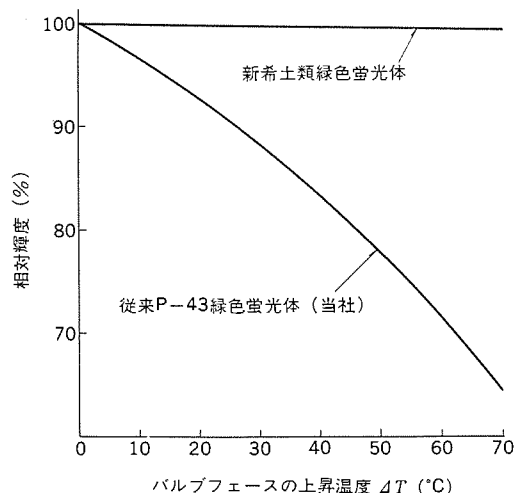


図 5. 新希土類緑色蛍光体の温度特性

新しく開発し使用している新希土類緑色蛍光体は、図のように上記欠点を解決しており空冷が不要となった。また、従来のフェースプレートの場合、高電流域で使用するすると温度上昇により破損の心配があったが、化学強化法により強化した熱強化ガラスを用いることによって問題が解決した。

当社の CRT のもう一つの特長は電磁フォーカスを採用していることである。通常、電子ビームを絞るために静電フォーカスが用いられることが多いが、電流密度の大きい領域では、静電フォーカスはフォーカスレンズ口径が小さいため十分にビームを絞り切れない。したがって、レンズ口径の大きい電磁フォーカスを用いると高電流域でも、はっきりした映像を得ることができる。

3.2 レンズ

図 6 は現在使用しているレンズの構造を示したもので、5 群 5 枚のガラスレンズで構成している。市販されている VP には次の 2 種類のレンズのいずれかが用いられている。

- (1) 球面のみで構成されたガラスレンズ
- (2) 非球面を用いたプラスチックレンズ

両者は表 1 に示すような特徴がある。以前のものと比べると、プラスチックレンズの性能改善が進んできているので、将来的にはプラスチックレンズが主に用いられるようになると思われる。

3.3 反射鏡

一部のセパレートタイプ (投写部とスクリーンが分かれている VP で、例

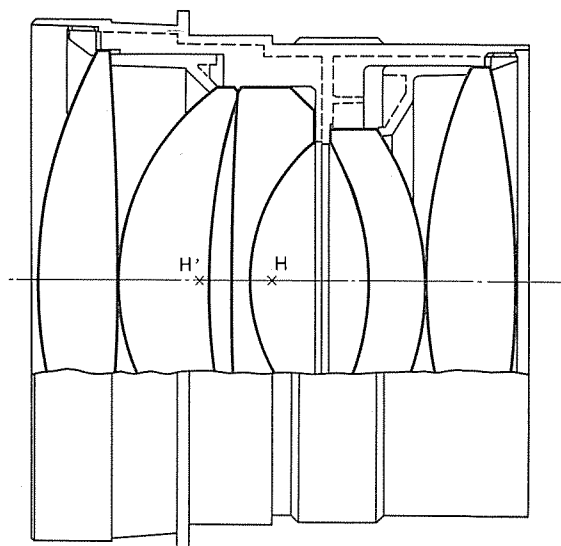


図 6. ガラスレンズの構成

表 1. ガラスレンズ、プラスチックレンズの比較

	ガラスレンズ	プラスチックレンズ
材 料	光学ガラス	アクリル
構 成 枚 数 (枚)	4~6	3~4
重 量 (kg)	2~3	1~2
明 る さ	F 1.0 が限界	F 1.0 以下可能
色 収 差	少ない	大きい
X 線 対 策 (CRT 前面からの X 線)	不 要	要
温 度・湿 度 特 性	問題なし	ガラスに比し劣る
静電気の帯電防止 (防じん)	—	困 難
製 造 方 法	プレス+研磨	成形+研磨
製 造 品 質	ばらつきが少ない	ばらつきが多い
価 格	量産効果はプラスチックに比べ少ない	量産効果が期待される

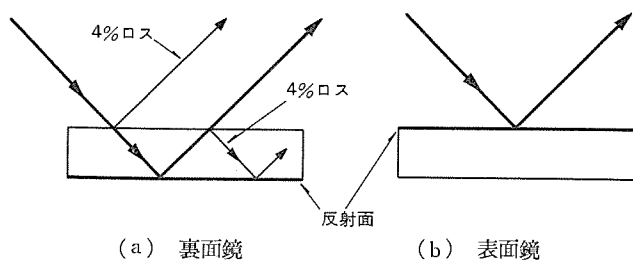


図 7. 裏面鏡, 表面鏡の比較

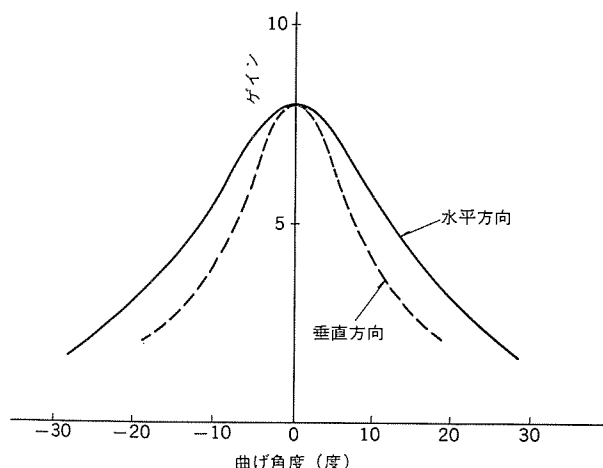


図 8. 反射形スクリーンの特性格

例えば天つ(吊)り形 VP など)を除き,市販の VP には 1~2 枚の反射鏡が用いられている。この反射鏡には表面鏡と裏面鏡があり,その反射率はそれぞれ約 92%, 約 84% と約 10% の差があるほか,裏面鏡では図 7. のようにガラス表面での反射が,映像のコントラストを低下させる。しかし一方,表面鏡では反射面が表面に出ているため,表面の保護や反射率の経時変化を防止するための表面処理を必要とするために,裏面鏡に比べ価格は数倍高くなっている。したがって,両者の得失を生かして使い分ける。

3.4 スクリーン

現在,反射形の VP に用いられるスクリーンは,強化プラスチックあるいは発泡ウレタンにアルミ箔を張ったものが一般に用いられる。このアルミ箔の表面には箔を作る圧延工程で発生する小さな「しわ」があり,これがスクリーンの指向性を決める一つの要素となっている。その特性は図 8. のような性能で,高利得で水平,垂直で異方指向性を有している。垂直方向が狭くても良いのは,観視者の目線の高さにはあまり高低差が生じないのに対し,水平方向は CRT 3 管の横方向への広がり,あるいは室の広がりなどから,垂直に比べより広い指向性が要求されるためである。またスクリーンが球面に作られているのは,光を中心部に集めて中心と周辺の輝度差を少なくするためで,このスクリーンの曲率半径はレンズの投写距離,観視範囲などから決定される。当社の 50 インチでは,2,225 mm の曲率のものを用いている。

反射形の 100 インチ以上の大画面 VP には,映画や 8 ミリと同様,平面スクリーンが用いられる場合がある。この場合,当然指向性は広くする必要があり,したがって利得は低くなるので映像の明るさは

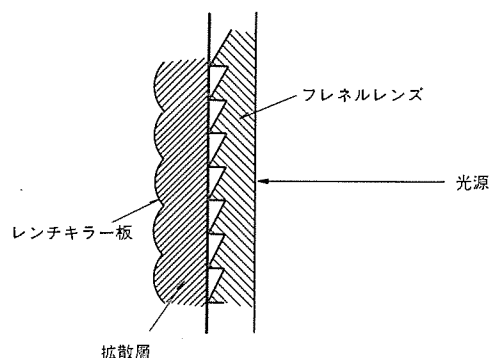


図 9. 透過形スクリーンの断面構造

映画並みになってしまう。そのため,外光を完全に遮断した室で使用する必要がある。

次に簡単に透過形スクリーンについて述べる。一般に用いられている透過形スクリーンは,図 9. にその断面図を示すようにアクリルのフレネルレンズとレンチキラー板を組合せたものである。前述の反射形スクリーンと対応させ比較すると,フレネルレンズは周囲光を中心部に集める働きをしており,反射形スクリーンが球面になっているのと同じ働きをしている。

レンチキラー板は反射形スクリーンのアルミ箔の「しわ」と同等の働きをしており,水平方向の指向性はレンチキラー板のピッチ,レンズ半径によって自由に選ぶことができる。また,垂直方向の指向性は前述のように,水平方向に比べ狭くできるため,拡散シートあるいはレンチキラー板に混入させた拡散剤によって,光を拡散させて所定の特性を得ている。しかし,一般的に透過形は反射形に比べ光の吸収によるロスが多く,暗い上に,映像を有限の厚さをもったスクリーンに結像しているために,解像度の点でも劣るようだ。VP は透過形の比率が増加するといわれているが,スクリーンの基本性能の改善を進めないと,反射形との差は縮まらないと思われる。

4. む す び

以上,現状の VP の概要及び主要部品の性能などについて述べた。しかし,VP はまだ完成された製品とは言えず,更に性能の改善を進める必要があるが,特に改善が望まれる項目としては,

- (1) 小形,軽量化
- (2) 輝度,コントラストをはじめとする基本性能の改善
- (3) 低価格化

などがあるが,今後は家庭用,業務用,教育用など幅広い範囲の需要の拡大が期待される。

参 考 文 献

- (1) 種田:投写形ディスプレイ,4章,コロナ社(昭50)
- (2) 塩田,伊東:カラービデオプロジェクションシステム,電子通信学会誌,61, No. 11 (昭53)
- (3) 堀内:光学技術コンタクト,18, No. 2 (昭55)
- (4) R. L. Howe et al.: Developments in Plastic Optics for Projection Television Systems (1979)

VTR用大規模信号系リニアIC

戸室泰太*・佐藤忠信*・出田 洋*・福山 誠*・小島正典**

1. ま え が き

家庭用 VTR は昭和 47 年頃から急速な伸長を遂げ、昭和 56 年には年産 940 万台の規模となり民生用電子機器において重要な地位を占めるに至った。今後は今までのような急成長は望めないが着実に成長していくものと思われ、最近では、VTR は多機能化、小形軽量化、生産性向上、原価低減化といったものの追求が各社で強力に展開されつつある。このようなあらゆる追求に対しての IC の果たす役割は非常に大きく、回路部品点数の削減、消費電力の削減などは IC によってほとんど決定づけられるともいえる。

今回このような要求に応じて輝度信号処理部 3 IC (M 51450 P, M 51451 P, M 51453 P)、色信号処理部 1 IC (M 51452 P) 及び音声信号処理部 1 IC (M 51129 P) によって VTR の主信号処理をすべて行うことができる VTR 用大規模信号系 リニア IC を開発したのでその技術内容に関して述べる。

2. 輝度信号処理部

記録再生画像処理部を 図 1. に示すが、このうち輝度信号処理部はクロマ信号処理を除く信号処理部分である。今回は極力部品点数を削減するように IC の分割方法を考慮したため、従来のように再生 (PB) 系と記録 (REC) 系とに分割していない。

2. 1 FM 復調用 IC M 51450 P

この IC は記録用 AGC, リミッタ, FM 復調器, ノイズフィルタ, クロマ信号混合, EE/VV 切換え, 同期分離の各回路を内蔵しており 図 2. にそのブロック図を示す。

この IC は次の特長を有す。

- (1) ピーク検出形 AGC のため、安定で視感上の S/N 比が優れている。
- (2) FM 復調器の前にダブルリミッタの採用により、FM 反転現象が

少ない。

(3) 黒ノイズ反転回路 (後述) の採用により、受像機での同期が安定する。

(4) 同期分離回路を内蔵している。

2. 1. 1 AGC 回路

AGC 回路の方式としてキード AGC, ピーク AGC, ピークキード併用 AGC など種々あるが、各一長一短があり、キード AGC は同期信号の立上がり又は立下がり付近の細いパルスを利用するため、同期信号にノイズなどが含まれる場合には誤動作などの障害があり、一方ピーク AGC はこのようなことがないが、信号の忠実な伝達という意味ではキード AGC に一歩譲る。ところが例えば暗い画面の信号が続いた場合、この信号にピーク AGC をかけて伸長してコントラストをつけた方が視感上の S/N 比が向上し、再生したときの画面としては好ましい結果となる。したがってピーク AGC を採用した。

2. 1. 2 FM 復調回路

FM 復調回路の構成はダブルリミッタ、非安定マルチバイブレータ、乗算器とからなっている。リミッタ部はキャリヤ欠落現象 (反転現象) の起きにくいダブルリミッタ構成としている。復調器はリミッタの出力でトリガされる非安定マルチバイブレータと乗算器により構成しており、入力周波数に比例してマルチバイブレータの出力の遅延時間が変化し、この信号とリミッタの出力とを乗算することにより入力周波数に比例したデューティサイクルの信号を得る。この信号をローパスフィルタを通してとり出すことにより、入力周波数に比例した電圧が得られ、すなわち FM 復調されたことになる。この方式は広い周波数帯域にわたり良好な直線性が得られるので、VTR のように周波数偏移の大きな FM 信号を復調するには最適な回路構成である。

2. 1. 3 黒ノイズ反転回路

VTR の再生中、ドロップアウト時やスピードサーチ時のノイズ部分で FM 復調出力が同期信号より更に黒側へ行くことがあり、この復調出力をテレビジョン受像機にて受信した場合、テレビジョン受像機側での同期分離が誤動作し画面が乱れる。この IC ではこれを防止する目的で黒ノイズ反転回路を採用している。

この回路の動作原理を 図 3. に示す。復調された映像信号がクランプ回路に入力して同期信号先端電位をクランプする。このとき入力信号は電圧比較器にも入力し、同期先端電位と入力信号とが比較され、入力が同期先端を越えた場合は図の S_1, S_2 を b 側に倒す。したがって同期先端を越えた部分はレベルシフト回路によって白側にレベルシフトされる。またこのとき白側へ行き過ぎてしまうと、バズの発生、ノイズが目立

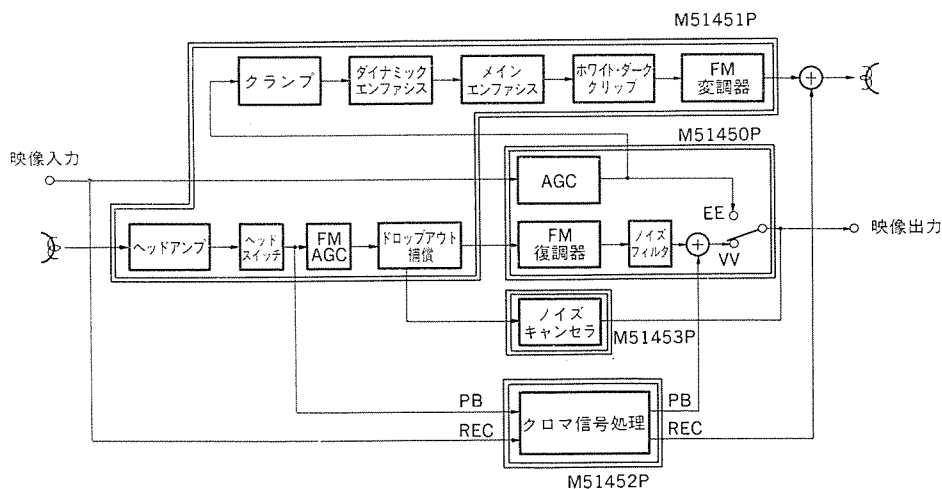


図 1. 記録再生画像処理部 ブロック図

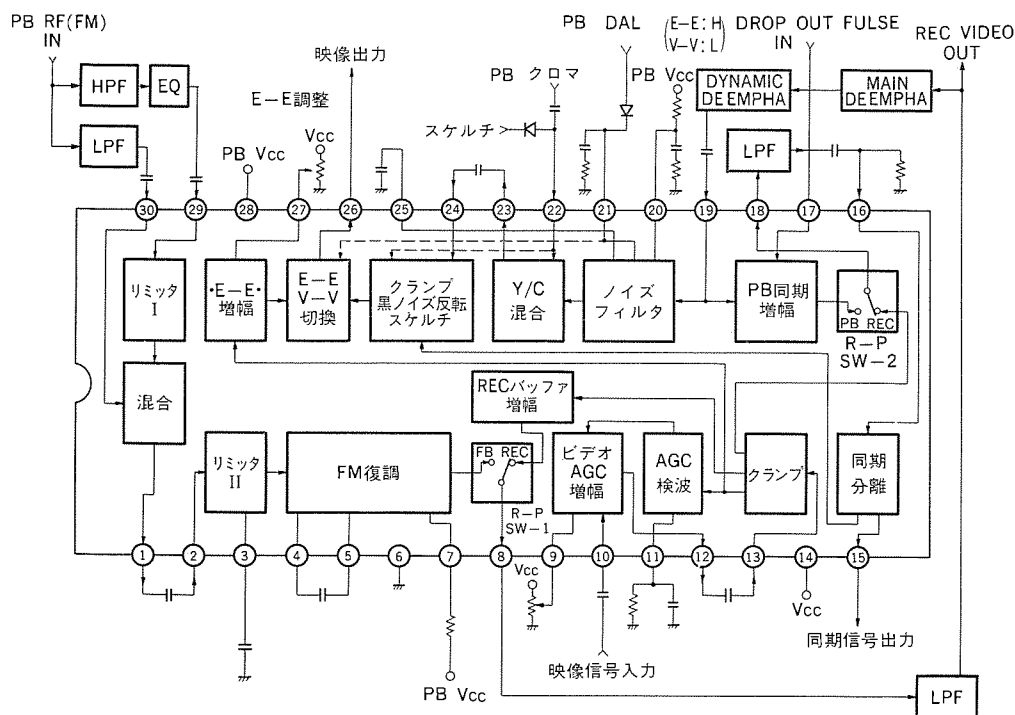


図 2. M51450 P ブロック図

つなどの弊害が出てくるので、クリップ回路により白ピークの約60%を超えないようにクリップをかけてある。上述のようにクリップ回路は、黒ノイズ時以外は動作しないので、通常の信号再生時には全く影響のない回路構成となっている。

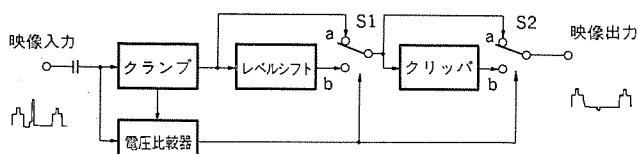


図 3. 黒ノイズ反転回路ブロック図

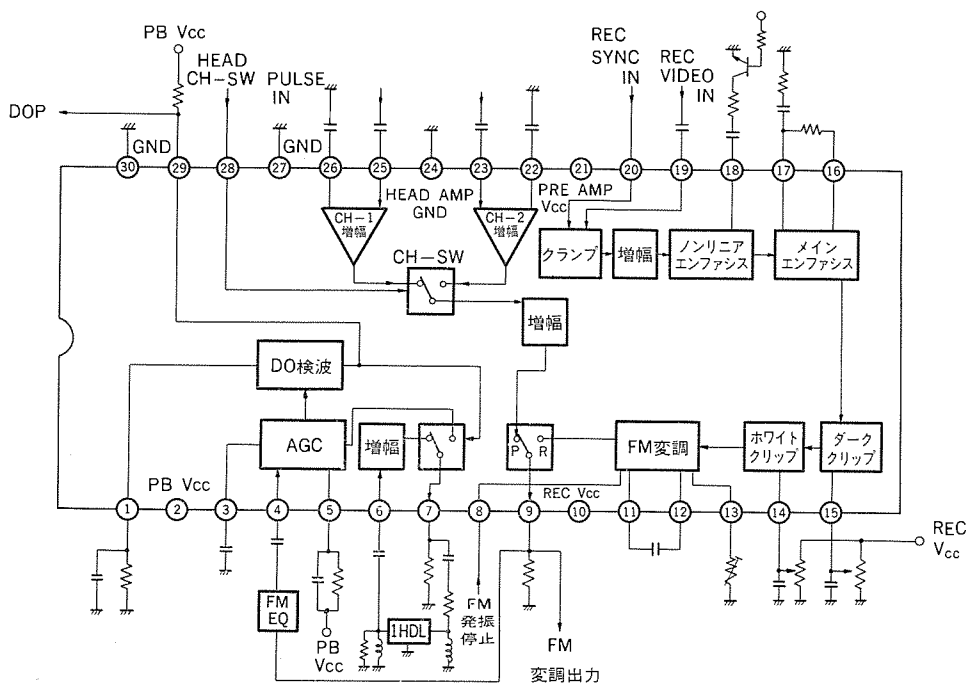


図 4. M51451 P ブロック図

2.2 FM変調用IC M51451P

このICは再生用ヘッドアンプ、ヘッド切換スイッチ、FM AGC、ドロップアウト補償、クランプ、メインエンファシス、ノンニアエンファシス、ホワイト・ダーククリップ、FM変調器の各回路が内蔵されており、図4.にそのブロック図を示す。

このICは次のような特長を有す。

- (1) ヘッドアンプは低雑音、高利得設計になっておりヘッドが直接入力できる。
- (2) FM AGCを内蔵しているため、ヘッド間のバランス調整が不要である。
- (3) ノンニアエンファシス回路内蔵により、外部部品点数が少ない。

2.2.1 ヘッドアンプ回路

ヘッドが直接入力できる増幅度とS/N比を確保するように、特に入力トランジスタの形状、大きさを十分検討し、増幅度59dB typ、入力換算雑音値0.5μV rms typ、を達成した。

2.2.2 ノンニアエンファシス回路

長時間モードでのS/N比を向上させるためにVHS方式では長時間モードのみノンニアエンファシスをかけている。このICでは外部部品点数を減らし、かつICの端子数が少なくして所望の特性を得るために図5.に示す新規な回路を開発した。

Q1のベースに映像信号が入力され、Q4のベースにこの信号が入力されると外部のトランジスタが導通しているときは、Q4のコレクタには入力信号の高域成分が現れる。入力信号が小さいときはこの高域成分がそのままQ5のベースへ伝達されるが、入力信号が大きくなるにつれD1、D2によりこの高域成分は小さくなる。一方入力信号波形はQ1を通り、Q6のベースに加えられるのでQ6のコレクタには

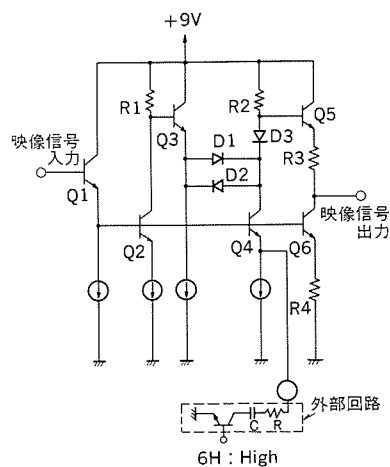


図 5. ノンニアエンファシス回路

この信号がローパスフィルタ(LPF)を通して⑤ピンに入力し(図7.(a)); 一方メインの映像信号が⑦ピンに入力し(図7.(b)), 減算器によってノイズ成分が検出され(図7.(c)), クリッパに加えられる。クリッパは1H遅延信号とメイン信号の内容が違う場合にノイズとして検出してしまふ映像信号を抑圧するためのもので、クリッパ出力波形が⑩ピンより出力する(図7.(d))。この信号をメインの映像信号より引算することによってノイズをキャンセルする(図7.(e))。

このようにしてノイズキャンセルを行うことにより、周波数特性を損なうことなくS/N比を約3dB改善できる。

3. 色信号処理部用 IC M 51452 P

このICは記録再生画像処理のうちの色信号を処理する機能を持ち、バーストエンファシス、バーストディエンファシス、ACC、メインコンバータ、APC、 f_s VCO、カラーキラー、AFC、 $160f_H$ VCO、4相 $40f_H$ 発生器、サブコンバータ、バーストゲートパルス発生器の各回路を内蔵している。図8.にそのブロック図を示す。

このICは次の特長を有する。

- (1) NTSC・PAL両方式の色信号記録再生が可能である。
- (2) NTSC・PAL両方式の色信号記録再生時に、カラーキラー検波が位相検波波形であるため、ノイズによる誤動作がなくカラーキラーレベルを深くできる。
- (3) 従来3IC必要であったものが、このIC1個ですべての色信号処理を行うことができ、外部部品点数を削減できる。
- (4) IILによるデジタル処理によってバーストゲートパルスを発生させているため、従来必要であった外部部品及びICの端子を削除できる。

3.1 周波数変換回路及び色同期回路

この回路は記録時に搬送色信号を低域に周波数変換し、再生時に逆変換して再生搬送色信号を出力する働きを有する。このICではNTSC・PAL両方式に対応したVHS方式色信号処理を行うために新規な回路構成とした。

NTSC・PAL両方式の記録、再生の各モードにおける動作状態を図9.(a)~(d)に示す。

従来の回路構成では、PAL方式の記録時にはAPCループを構成できないという欠点があった。これはPAL方式の色副搬送波周波数(f_s)が4.433MHzなのに対し、低域変換色副搬送波周波数(f_{sL})が $(40 + \frac{1}{8})f_H$ に選ばれているため $(4.433 + \frac{1}{8}f_H)$ MHzの発振器が必要であり、4.433MHzと $(4.433 + \frac{1}{8}f_H)$ MHzとはAPCループができないからである。このICは、図9.に示すように

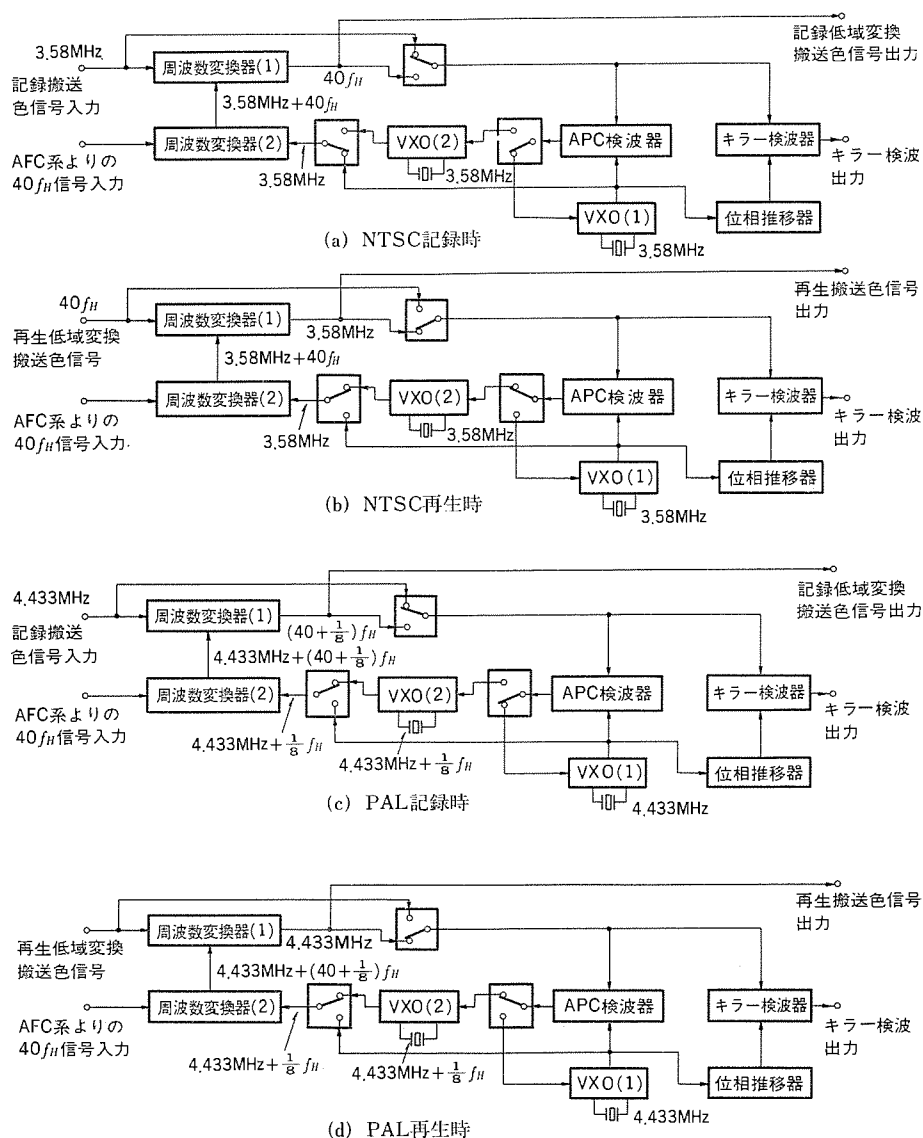


図9. 周波数変換・色同期回路の各モードにおける動作状態

電圧制御形水晶発振器を2個内蔵しており、PAL方式の記録時に一方が $(4.433 + \frac{1}{8}f_H)$ MHzの固定周波数水晶発振器として働き、他方が4.433MHzの電圧制御形水晶発振器として働くことによりAPCループを構成し上述した問題を解決している。

3.2 カラーキラー回路

カラーキラー検波の方式として、ピーク検出方式、位相検波方式などがあるが、ピーク検出方式は回路構成が簡単で素子数は少なくすむが、ノイズによってカラーキラーが不用意にかかってしまうなどの誤動作をしやすい。それを改善するためには検波器に入力する信号の帯域を制限するためのフィルタ及びフィルタ端子が必要になるという欠点を有する。位相検波方式は回路構成が複雑で素子数が多くなる反面、ノイズに対して誤動作が少なく、キラー検出レベルを深くできるという特長がある。このICでは、NTSC・PAL両方式の記録・再生の各モードにおいてAPCループを構成しているため、全モードにおいてカラーキラー検波を特性の優れた位相検波方式としている。

3.3 デジタルバーストゲートパルス(BGP)発生回路

従来のBGP発生回路は、水平同期信号を遅らせてBGPの出力タイミングを決定するためのLCR回路と、その幅を決定するためのモノステーブルマルチバイブレータ(MMV)によって構成しており、多数の外付

部品と MMV のための端子が必要であった。この IC では II L 素子により構成する分周器により、AFC 回路に使用している 160 fH 発振器の出力を分周し、BGP のタイミング及び幅を決定しているため、従来必要としていた外付部品及び端子を削除することができた。

4. 音声信号処理部用 IC M51129P

この IC は、VTR の各モード切換えに対応できる音声信号処理 IC である。VTR 音声処理増幅器と、それに伴う録音、再生のほか、アフレコ (After Recording) など、7 モード対応の多彩なロジック回路、EQ 時定数切換回路、録音 バイアス発振制御回路などの付属回路を搭載し、従来のものより機能の充実を図っている。

4.1 M51129P の構成

M51129P のブロック図を図 10. に示す。再生前置増幅器、マイク増幅器、ライン増幅器、ALC 回路、モニタ増幅器、録音増幅器及び VTR のモード切換えに対応したロジック回路、付属回路などが集積されている。

4.2 増幅器構成

各増幅器 (マイク増幅器は除く) は、リファレンス・バイアス回路方式を採用した差動増幅器となっている。モニタ増幅器は、リファレンス・バイアス回路構成で交、直流帰還方式となるため以下の特長を有する。

- (1) 出力直流バイアスが安定である。
- (2) 負帰還 (直流カット) 用コンデンサが削減できる。
- (3) 電源/接地ラインからの信号のもどりが少ない。

また、モニタ (録音) 増幅器の出力端子にはロジック回路で制御されるトランジスタ構成のミュートングのタイミングが取られている。同様に再生前置増幅器、ライン増幅器の出力端子にも電子切換スイッチを内蔵し、モード切換えによる過渡音の軽減を図っている。

4.3 モード切換ロジック回路と付属回路

ロジック回路の各モード切換基準電圧レベルは、電源電圧の抵抗分圧比で決められ、比較回路に加えられている。モード切換入力端子は 3 端子で構成し、それぞれの入力組合せにより所望のモード切換条件が得られる。また付属回路として、ロジック回路により制御される。“High” “Low” 動作の録音 バイアス 発振制御回路、ヘッドスイッチ制御回路の機能が内蔵され、上述のモード切換入力端子条件により表 1. の制御動作が得られる。

次に VTR の 2/6 時間ビデオ用に、録音と再生の周波数特性の切換変更を行うトランジスタスイッチ回路と、その制御回路を内蔵している

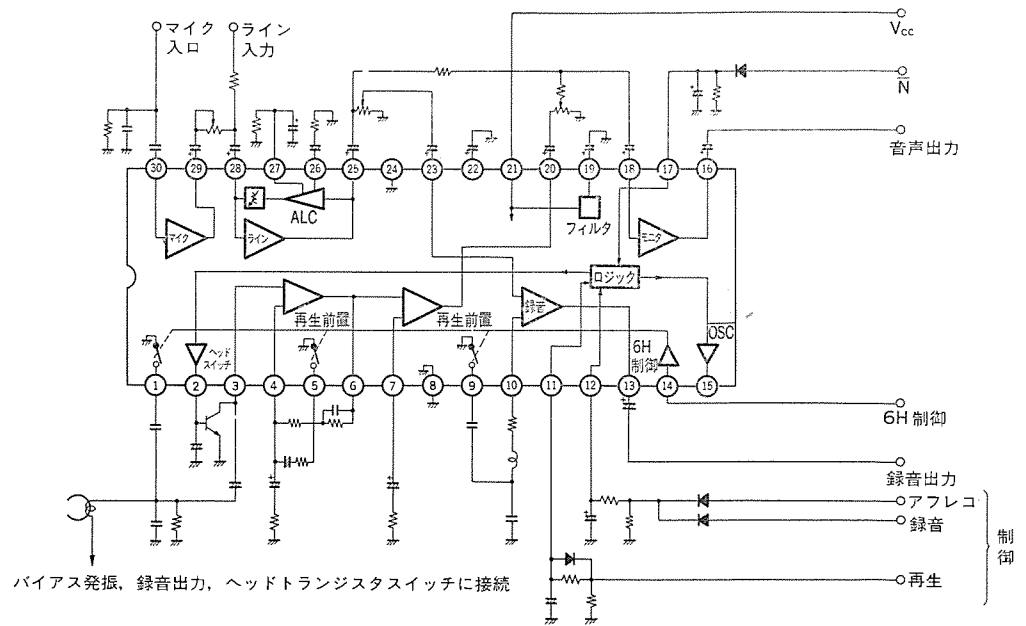


図 10. M51129P ブロック図

表 1. ロジック部各増幅器、ロジック回路動作表

制御 入力ピン	モード	STOP	PB	PB STILL	AFR	AFR STILL	REC	REC PAUSE
PB 系 (⑪ピン)		0 V	9 V	9 V	9 V	9 V	0 V	0 V
REC/AFR 系 (⑫ピン)		0	0	0	9	9	9	9
N 系 (⑬ピン)		0	0	9	0	9	0	9
マイク増幅器		○	○	○	○	○	○	○
ライン増幅器		○	×	×	○	○	○	○
PB増幅器		×	○	○	×	×	×	×
モニタ増幅器		○	○	×	○	○	○	○
録音増幅器		×	×	×	○	×	○	×
HEAD SWITCH		H	L	L	H	H	H	H
OSC		H	H	H	L	L	L	L

注 動作状態○とは、各増幅器出力を 1 V rms とする。
停止状態×とは、出力を雑音電圧レベルとする。

ので制御端子への直流電圧 ON/OFF によって 6/2 時間の増幅器特性の切換えが完了する。

5. む す び

今回、主に IC の周辺部品点数の削減という点に着目して信号系の IC を開発し、従来の IC を使用する場合に比べて約 40 % 部品削減することができた。今後は、更に多くの周辺回路をとり込む IC が要求されるとともに小形軽量化への要求から、小形パッケージ IC、ハイブリッド IC、大幅な低消費電力化 IC などの開発が必要となると考えるであろう。

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
917099	移送体の磁気浮上装置	{地蔵吉洋・山田忠利 岩本雅民	921228	直流電動機の制御装置	甲木莞爾
917110	荷電粒子照射装置	永井昭夫・石田国彦	921229	集中定数形 サークュレータ	川端俊一郎
917111	複数アナログ入力の平均回路	橋本健司	921230	超音波式障害物検出装置	奥村修・野田博司
917116	パルスモータの駆動回路	赤松昌彦	921231	超音波式衝突防止装置	奥村修
917125	ディスプレイ用陰極線管の蛍光面	石井隆	921232	ローラテーブル制御装置	嵯峨千賀男・石雅彦
917282	半導体装置	中村邦宏	921233	保温式炊飯器	{高橋正晨・大沢和夫 石井寛夫・鶴谷嘉正
917300	耐熱絶縁円筒の製造法	{石井勇雄・村上忠禧 大津幸次郎	921235	電力供給装置	小林凱
917302	ヒューズの小電流遮断試験方法	{秋定三津男・太田忍 笹本栄	921236	円偏波発生器	{橋本勉・武田文雄 吉川義彦
917317	交差偏波識別度補償方式	{森谷陽一・岡野晃 尾形隆典男	921237	ビデオ信号伝送方式	大西良一
917325	電気メッキ方法	利藤尚武	921239	同期機始動用電動機の制御方式	加来政博・神田政典
917335	反射鏡アンテナ	阿部紘士・香川哲	921240	集中定数形 サークュレータ	{折目晋啓・紅林秀都司 川端俊一郎
917340	電圧制限器	林伸一郎	921241	2入力増巾器	仲森誥貢
917349	数値制御装置	{曾根和次・伊藤賢治 岩浪清二郎	921243	サイリスタインバータ装置	君塚斉
917355	気体調和装置	{伊藤利朗・大沢孝夫 小川仁・西敦義	921244	清掃装置	{丸山正彦・三田村隆輝 青江寛
917356	気体調和装置	{田畑則一・大沢孝夫 柘植恵・西敦義	921245	位置決め装置	千石真治
917357	気体調和システム	{伊藤利朗・田畑則一 柘植恵・西敦義	921246	耐熱性樹脂組成物	{西崎俊一郎・江藤昌平 中島博行・不可三晃
917375	周波数比較器	丸山和志・金子弘美	921248	位相弁別回路	水田正治
917398	濾過器	加藤悟・福田興司	921249	電動式締付工具	秋吉俊男・渋谷博司
917407	加速装置	小倉新三・岩本雅民	921251	電気車制御方式	小山滋
917414	位置検知装置	稲荷隆彦	921252	電気絶縁ワニス	{柴山恭一・岡橋和郎 林修
917441	光結合接栓	{浜正治・高宮三郎 近藤明博	921253	車両用電動発電機の制御装置	田原先
917447	大気中電子ビーム加工装置	利藤尚武	921261	テープレコーダの動作モード識別回路	茂木充
917452	コイル状部品仕分装置	白石彊・火原辰則	921262	電動機の整流子ライザ溶接法	{赤枝潤二郎・真田義夫 西村次男
917465	電流発生回路	早水弘一	921263	マンコンベヤの安全装置	中山正明・石田松彦
917469	絶縁皮膜形成方法	{柴山恭一・佐藤文彦 藤井良純・高浜隆	921267	感熱サイリスタの動作回路	中田仗祐
919811	通信方式	久我晃二・竹垣弘	921269	時定数回路	{岩村清志郎・西谷芳久 三橋康夫
921191	直接冷却形回転電機	井上武男・土方明躬	921270	位相制御回路	中村久仁輔・金原好秀
921196	方向判別装置	鈴木健治	921272	フェールセーフ形 AND 回路	長谷川博一・武智昭博
921199	回転電機の軸定位置保持装置	神田昭夫	921280	多端子電子部品の移送方向変換方法	石田博一
921200	研削加工法	水野俊朗・井端正一	921288	避雷器	林幸平・但田昭司
921205	タップ選択器	嶋裕史・堤長之	921289	放電ギャップ装置	石田四男・桑原宏
921209	パルス周波数変調増幅器	樺山資嗣	921291	表面欠陥検査装置	稲荷隆彦・亀井光仁
921210	表面検査装置	稲荷隆彦・高嶋和夫	921292	移送体の磁氣的案内装置	{地蔵吉洋・山田忠利 岩本雅民
921217	演算装置	六藤孝夫	921296	表面欠陥検査装置	稲荷隆彦・亀井光仁
921219	PAL方式カラーテレビジョン受像機	{岩村清志郎・西谷芳久 三橋康夫	921298	絶縁体の製造方法	{柴山恭一・佐藤文彦 内藤守
921220	レーダデータ処理方式	米山浩一・林博之			
921221	温度制御装置	藤井学			

特許と新案

制 御 ユ ニ ッ ト (実用新案 第1320300号)

考 案 者 高 橋 勝・遠 藤 護

この考案は、制御装置を装着し、コントロールセンタ等に収納される制御ユニットに関するものである。

従来のこの種のユニットは、小形にするため収納機器を立体的に配置するとともに、操作を必要とする機器たとえば、しゃ断器、電磁開閉器などは取付板の前面に取付け、操作を必要としない機器たとえば、制御トランス、変流器、零相変流器などは取付板の裏面に取り付けていた。

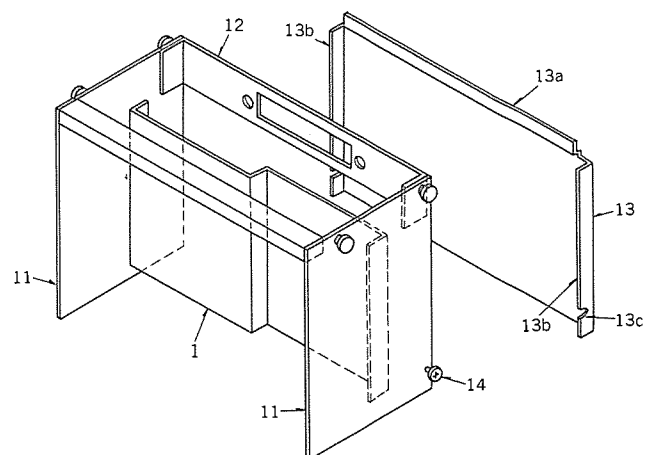
この考案は、この従来のユニットにかえて図に示すように、板付板(1)の両側部を支持する側板(11)と側板(11)の背面上部を連結する背面枠(12)と背面枠(12)と側板(11)に着脱自在に掛止される背面カバー(13)から成り、背面カバー(13)の上部には上部折曲げ部(13a)が、両側部には側部折曲げ部(13b)が形成され、更に、側部折曲げ部(13b)には切欠き(13c)が形成され、背面カバー(13)の上部折曲げ部(13a)は背面枠(12)の内側に挿入され、側部折曲げ部(13b)は側板(11)の外側面に接触し、側板(11)にねじ込まれた締付ねじ(14)は側部折曲げ部(13b)の切欠き(13c)にかん(嵌)入し、締付ねじ(14)を締付けることにより、背面カバー(13)を固定する。

したがって、このユニットは従来のものと比較して次のような特長がある。

(1) 締付ねじをゆるめることにより、側板より背面カバーを簡単に取外することができる。

(2) 背面枠と側板に着脱自在に掛止される背面カバーを設けるようにしたので、取付板の背面に装着した機器の配線作業は極めて容易となる。

(3) 取付板の背面に装着した機器の取り換えも極めて容易に行うことができる。



ブ レ ー キ 付 電 動 機 (実用新案 第1318290号)

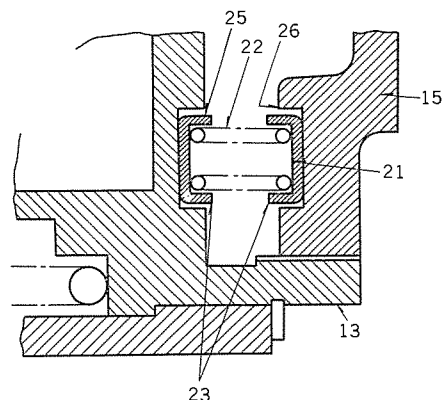
考 案 者 田 村 勝 明

この考案は、可動鉄心支持体とブレーキ板との間に伸縮ストロークの長い弾性体を設けたブレーキ付電動機に関するものである。

従来のこの種の装置は、電磁ブレーキの固定鉄心と軸方向の空隙(g)を介して対向配設される可動鉄心によりブレーキ板の駆動体が構成され、固定鉄心を支持する固定子鉄心支持体、可動鉄心を支持する可動鉄心支持体、固定鉄心に施された励磁コイル、可動鉄心支持体に設けられたねじ部に回転自在に螺合して結合されるブレーキ板、固定鉄心支持板の内側のねじ部に螺合する調整リング、調整リングと可動鉄心支持体に係合し調整リングの回転により圧縮される圧縮ばね、可動鉄心支持体の内周部に装着された調整円筒、反負荷ブラケットにねじ込まれたスタッド、電動機に装備された電磁ブレーキ等から構成されていた。

この考案は、従来の装置に換えて図に示すように、伸縮ストロークの長い弾性体(21)で圧縮ばね(22)及びばねケース(23)から構成され、

可動鉄心支持体(13)及びブレーキ板(15)に設けられたリング状の凹部(25)及び(26)に圧縮ばね(22)のばね圧を十分強力に付勢した状態で



特許と新案

装着される。

したがって、このブレーキ付電動機は、従来のものと比較して次のような特長がある。

- (1) 回転軸系の固有振動数を高めることができ、制動時の鳴き音を防止することができる。
- (2) 弾性体は、伸縮ストロークの長いものとなっているため、ギヤッ

調整のさい、可動鉄心支持体に対しブレーキ板が移動調整されても、弾性体による力を高いまま保つことができ、結合部にガタが生じることがない。

- (3) ねじ結合部に生じるガタを無くする弾性体を設けたので、ねじ結合部の局部的接触によるブレーキライニング押圧面圧の不均一を緩和する。

接 続 端 子 (実用新案 第1356869号)

考 案 者 長 尾 良 章

この考案は、導電板に断面積の異なる2種類の電線を接続する場合等に適した接続端子、特に、首部に線おさえを装着した接続端子に関するものである。

従来のこの種の端子は、首部に線おさえを装着したのちねじ部を転造し、更に、首部とねじ部との境に、線おさえの脱落防止用の環状凸部を設けることにより、断面積の小さな電線と断面積の大きな電線とを導電板へ接続していた。

この考案は、この従来の端子に換えて図に示すように、頭部(4a)に衝合するように設けられた環状突起部(12)の内周部に形成された円すい状の貫通穴(13)の最小径(14)より凸部(6)の外径を大きく形成する。また、接続子(4)の首部(4b)のねじ部(4c)との境界に設けられた環状凸部(6)の位置を線おさえ(11)の空間部(15)内にあ

るように設ける。

- (1) 断面積が大きく異なる電線を締付け、線おさえが十分に傾斜しても環状凸部は線おさえの空間部内にあり、また貫通部の最小径の部分までの距離を十分にとることができるので、線おさえの貫通部と環状凸部とは接触することはない。

- (2) 電線がない状態で接続端子を導電板に締付けても、環状突起は線おさえの空間部内にあるので、導電板の離ねじまたは環状凸部を損傷する恐れがない。

- (3) 頭部と衝合する環状突起部の衝合部の径を小さくすることにより、断面積の小さな電線に加わる力を従来のものに比べ大きくすることができる。

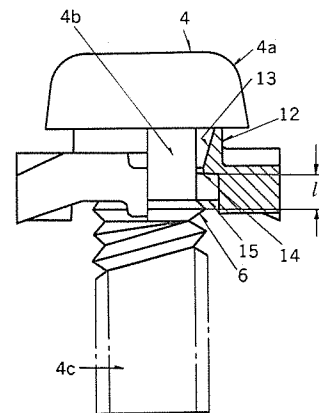


図 1

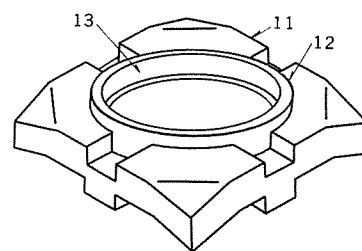


図 2

高圧交流電動機固定子巻線絶縁の経年変化とその診断

平林 庄司*・越場 宏**・川上 剛**・山口 巻夫**・岩 淵 直**

1. ま え が き

電動機、発電機などの回転電気機械は、設備の中で重要な役割を担っている。その機能喪失は、直ちに設備の停止につながるため、機械自体の信頼性向上が要求される。特に電気絶縁に関する故障は、その機械の停止に直接結びつく場合が多く、その信頼性は最も重要である。

高圧交流電動機絶縁の信頼性の向上に関して当社では、昭和31年に無溶剤樹脂（不飽和ポリエステル）による真空加圧含浸方式を、また昭和40年には全含浸方式による《ダイエポキシ》絶縁を採用した。このように常に業界に先がけて新技術を応用し、多くの実績をもち、その信頼性は高く評価されている^{(1)~(4)}。

電動機の高信頼性を維持するためには、機械自体の信頼性向上は無論のこと、運転状態の監視・診断による異常の早期発見と事故の予防保全が必要である。このために絶縁診断の分野では昔から多くの研究がなされ、それなりの成果が得られてきたが、真空加圧含浸方式の電動機絶縁の場合は、まだ診断技術が確立されていない。熱・電気・機械・環境的要因が複雑に作用し、特に電動機の場合には環境的要因が大きな影響を与えるため、ストレス強度モデルや反応速度論などの故障物理手法を用いた信頼度予測が困難である⁽⁵⁾⁽⁶⁾。また、今まで実際に長年使用された電動機絶縁のデータの蓄積が少ないことも診断手法確立の障害の一つになっている。

今回、実際に長年使用された97台の電動機固定子巻線の絶縁診断試験を実施し、絶縁診断手法の確立に役立つ知見を得た。すなわち、吸湿程度による絶縁特性の変化度合、直流・交流の非破壊特性から劣化の程度が推察できることが分かった。本報では、この試験結果を紹介するとともに当社の絶縁診断の考え方を述べ、今後の予防保全の参考に供したい。

2. 供試機及び試験方法

2.1 供試機

供試機97台の高圧電動機は、昭和31年から41年までに製造したもので、すべて真空加圧含浸によるB種《ダイラステック》絶縁（不飽和ポリエステル／はがしマイカ）であり、試験時までの運転経過年数は11～22年間である。表1.に示すように、電圧階級は3～6kV、容量は95～2,500kWの広範囲にわたっている。これら供試機は主に火力発電プラントに設置されていたもので、化学・鉄鋼プラントなども含む。用途は主としてポンプ及び送風機駆動用である。

2.2 非破壊絶縁特性試験

絶縁抵抗、極値指数（P. I.）、 $\tan \delta$ 、部分放電特性などの各試験を実施し、経年変化を調べると同時に絶縁破壊強度との相関性を調査した。測定は、受入時（電動機を工場に搬入した直後）、強制吸湿（60℃、100%相対湿度雰囲気中に12～24時間暴露）後、あるいは洗浄乾燥（蒸気ジェット洗浄、水切り乾燥）後の各段階に分け、環境的要因を変化させて実施した。なおこれらの測定にあたっては、試験

表 1. 供試電動機一覧

(台数)					
電 圧 階 級 (kV)	容 量 (kW)	試験時までの使用年数		合 計	
		11～16 年	17～22 年		
3	500 以下	4	25	29	67
	501 以上	5	33	38	
4	500 以下	—	1	1	7
	501 以上	—	6	6	
6	500 以下	8	2	10	23
	501 以上	9	4	13	
		26	71	97	

期間の都合から試験内容・試験条件を適宜選択した。

2.3 絶縁破壊試験

交流電圧急速上昇試験法を採用し、受入時、強制吸湿後あるいは洗浄乾燥後の試験状態を適宜選択して実施した。主に三相一括にして破壊試験を行い、最低値を調査したが、一部のものは各コイルごとに試験し、絶縁破壊強度の分布状態も調査した。

3. 高圧電動機の絶縁劣化の要因と特徴

電動機絶縁の場合、印加されるストレスと劣化要因としては、

- (1) 熱ストレス……………熱劣化
- (2) 電気ストレス……………部分放電による課電劣化
- (3) 機械ストレス……………熱サイクル又は始動時などの電磁振動による疲労
- (4) 環境ストレス……………吸湿、汚損などの化学作用

が考えられ、これらが相互に複雑に絡み合って複合ストレスとして作用する。この複合ストレスは機器の使用条件に依存するが、特に電動機絶縁の場合、次のようなパターンが経験的に知られている。すなわち絶縁体内部の経年劣化は、主に(1)～(3)項のストレスで進むが、特に電動機の特性上始動時の電磁力による機械的ストレスがコイルエンド部に集中しやすい。このコイルエンド部は、更に吸湿及び汚損の機会が多く、表面抵抗値の低下によって沿面放電を介したコイルエンド部の貫通破壊を生ずる危険性がある。

図1.は、16年間使用した電動機における吸湿前後の絶縁破壊値のワイブルプロットを示す。図中の m はワイブル分布の形状パラメータを表し、吸湿前では $m=16$ で破壊値のばらつきは少なく、平均値は高いレベルにあり、破壊箇所はすべてスロット部である。これに反して吸湿後では、一部コイルは高いレベルを示すが70%のコイルは $m=1.2$ の分布に従い大きなばらつきを示し、最低値は定格電圧付近まで低下しており、その破壊箇所はすべてコイルエンド部である。

このように経年劣化した高圧電動機絶縁は、スロット部よりもコイルエンド部の劣化が進んでいる場合が多く、コイルエンド部表面の汚損・

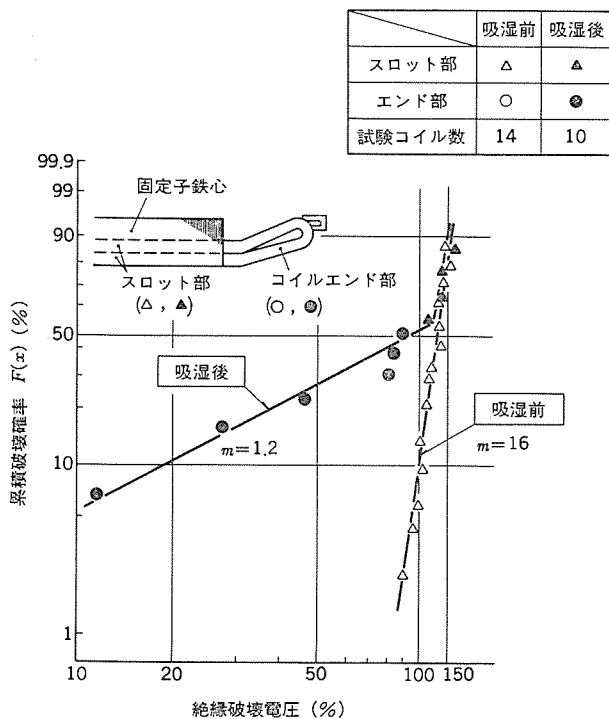


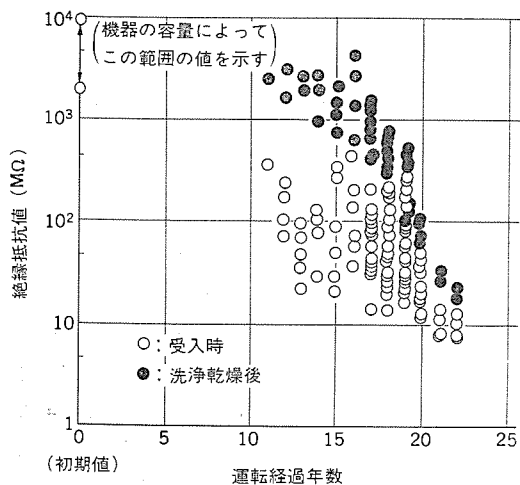
図 1. 吸湿前後の絶縁破壊値のワイブルプロット

・吸湿条件によっては極端に低い絶縁破壊値を示す可能性があることが分かる。

4. 絶縁特性の経年劣化

絶縁抵抗, P. I. (成極指数), $\tan \delta$ 特性及び部分放電特性の経年変化について説明する。

絶縁抵抗の測定結果を図 2. (a) に示す。使用年数が長くなるとともに絶縁抵抗値が低下している。使用年数 11~16 年で $10 \sim 100 \text{ M}\Omega$ 程度になり, 20 年近くになると $10 \text{ M}\Omega$ 程度になる。洗浄乾燥すると絶縁抵抗は回復するが, 使用年数の短いものは 2 けた (桁) 程度回復し, 初期値と同程度になる。しかし 17 年以上経過したものは, 回復程度が小さい。測定した絶縁抵抗値は, スロット部貫通抵抗・表面抵抗及びコイルエンド部貫通抵抗との合成であり, 洗浄乾燥により回復する部分は表面抵抗と思われる。一方, 経年変化と汚損に



(a) $\text{M}\Omega$ —年

図 2. 絶縁抵抗値の経年変化

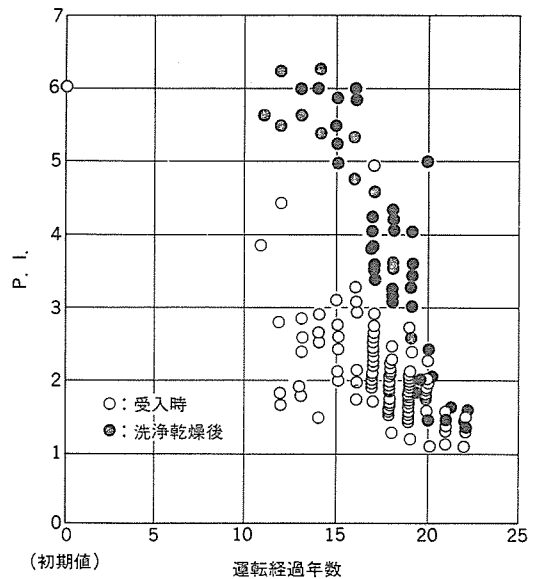


図 3. P. I. (成極指数) の経年変化

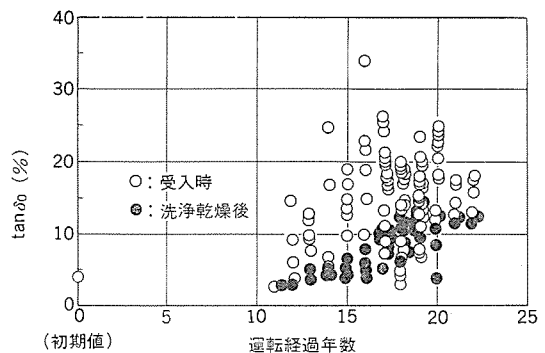


図 4. $\tan \delta_0$ 特性の経年変化

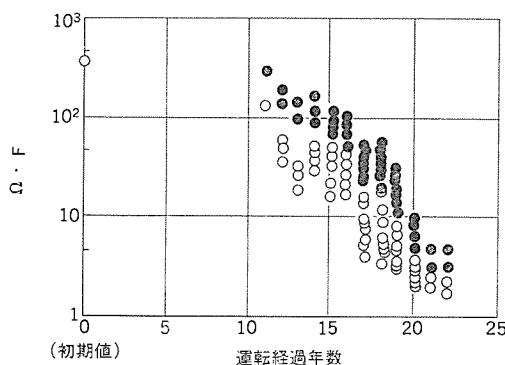
よる貫通方向の絶縁抵抗値低下の場合には, 洗浄乾燥では回復しないと予想される。図 2. (a) に記した機種の一部について静電容量を測定して (絶縁抵抗) $\times$ (静電容量), すなわち幾何学的定数を無次元化した ($\Omega \cdot \text{F}$) によって整理した図 2. (b) から上記傾向が更に明確に分かる。

P. I. の測定結果を図 3. に示す。絶縁抵抗と同様に運転経過年数につれて低下傾向を示す。洗浄乾燥することにより特性は回復するが, 運転年数につれてその回復程度は少なくなり, 20 年付近の供試機は洗浄乾燥しても特性が回復しないものがある。

$\tan \delta_0$ (1 kV における $\tan \delta$) の測定結果を図 4. に示す。 $\tan \delta_0$ の

値はコイル表面の汚損によって上昇し $10 \sim 20\%$ 以上になるが, 洗浄乾燥すると初期値のレベルまで回復する。しかし 20 年近く経年変化したものは, 洗浄乾燥しても $\tan \delta_0$ の回復がみられない。洗浄乾燥後の値の経年変化をみると年数とともに増大し, 劣化を受けていることが分かる。

$\Delta \tan \delta$: {(定格電圧における $\tan \delta$) - ($\tan \delta_0$)} の測定結果を図 5. に示す。 $\Delta \tan \delta$ は運転年数につれて減少傾向を示



(b) $\Omega \cdot \text{F}$ —年

す。 $\Delta \tan \delta$ は通常絶縁体の内部コロナ量を反映するとされているが、ガード電極を施して測定することができない実機の絶縁では、コイルエンド部から流入する電流や外部コロナも考慮する必要がある。コイルエンド部の汚損吸湿は、一般に表面抵抗を低下させ電界を緩和させる。実機絶縁での $\tan \delta$ の経年変化は、このコイルエンド部の外部コロナが影響している可能性がある。

部分放電開始電圧・最大放電電荷量の経年劣化には、顕著な傾向がみられない。この場合も実機では内部コロナと外部コロナが混在しており、特に大きな外部コロナが表面状態に敏感に変化するため、一定の傾向として測定できないためである。

図 6. に絶縁破壊値（最低値）の経年変化を示す。使用年数につれて低下傾向にあるが、 $(2E+1)$ kV 以上の値を示している。しかし、吸湿後の絶縁強度は乾燥状態時よりも経年による低下傾向が強い。

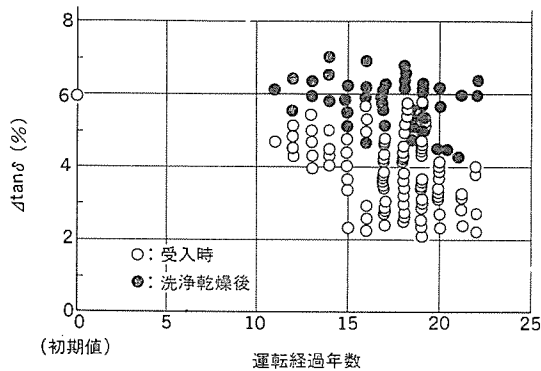


図 5. $\Delta \tan \delta$ 特性の経年変化

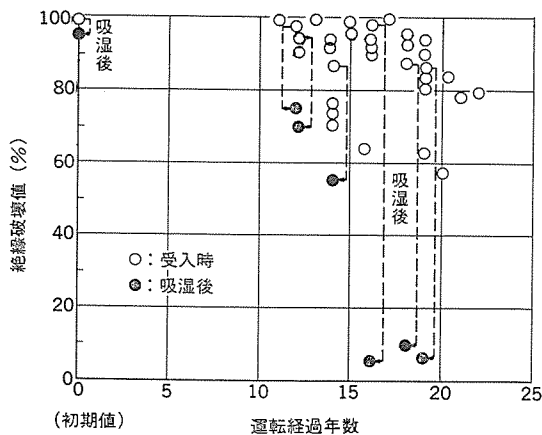


図 6. 絶縁破壊値（最低値）の経年変化

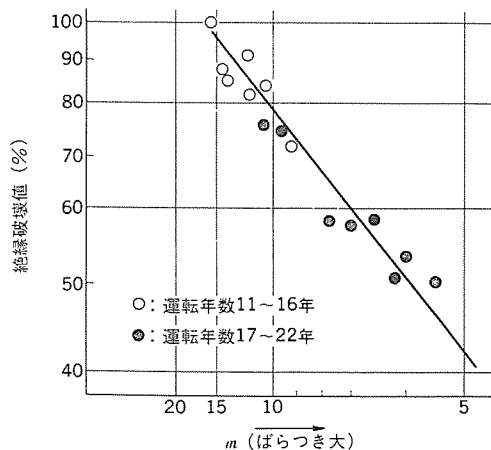


図 7. 絶縁破壊値とワイブル分布形状パラメータ m の関係

く、 $(E/\sqrt{3})$ kV 以下まで絶縁強度が低下するものがあった。3 章でも述べたが、使用年数が長くなると絶縁強度が低下するのは、主にコイルエンドから沿面破壊する割合が多くなり、ばらつきが増加し最低値が低下するためである。図 7. に使用年数の違いによる絶縁破壊値とワイブル分布形状パラメータ m 値の関係を示す。使用年数の長い方が m の値が小さくなり、すなわちばらつきが大きく破壊値が低下しており、絶縁破壊値とワイブル分布形状パラメータ m 値との間には強い相関が認められる。

5. 非破壊絶縁特性と絶縁破壊電圧の関係

図 8. に絶縁抵抗値の乾燥状態における値 (R_d) と吸湿後の値 (R_w) の比と、絶縁破壊値の関係を示す。乾燥時と吸湿時の絶縁抵抗値の変化が大きくなると、絶縁破壊値が低下している。すなわちコイルに欠陥部があると、吸湿させることにより沿面及び欠陥部の絶縁抵抗値が低下し、絶縁破壊試験時にその箇所から破壊するため、図 8. の関係が得られたものと考えられる。絶縁抵抗値の変化が 3 桁に達すると絶縁破壊値の低下が著しくなっている。

図 9. に絶縁抵抗 $\times$ 静電容量 ($\Omega \cdot F$) と絶縁破壊値の関係を示す。 $\Omega \cdot F$ によって整理すると絶縁破壊値との関係がよく分かる。 $\Omega \cdot F$ の値が極端に低いと (10 以下)、絶縁破壊値の低下がみられる。

図 10. に $\tan \delta_0$ と絶縁破壊値の関係を示す。コイルエンド表面の汚損により $\tan \delta_0$ が増大するが、もしコイルエンド部に欠陥が存在すると、その箇所から沿面破壊を生じ低い絶縁破壊値を示す。 $\tan \delta_0$ が 10% を超えるとその傾向が見られる。

一方、 $\Delta \tan \delta$ ・部分放電開始電圧・最大放電電荷量の絶縁破壊値との相関性についても検討した。結果を図 11. に示すが、明白な

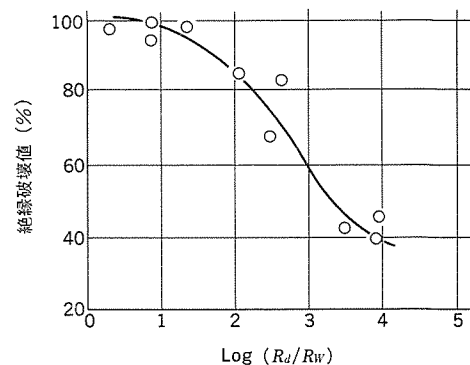


図 8. 絶縁抵抗の変化と絶縁破壊値の関係

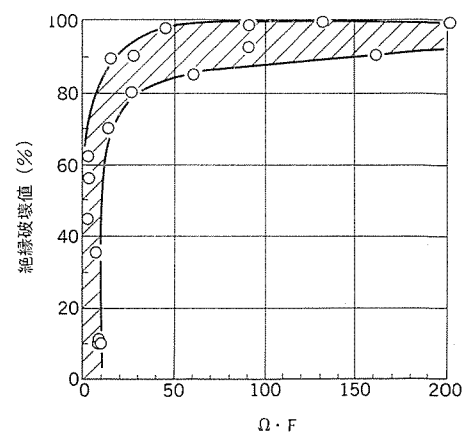


図 9. $\Omega \cdot F$ と絶縁破壊値の関係

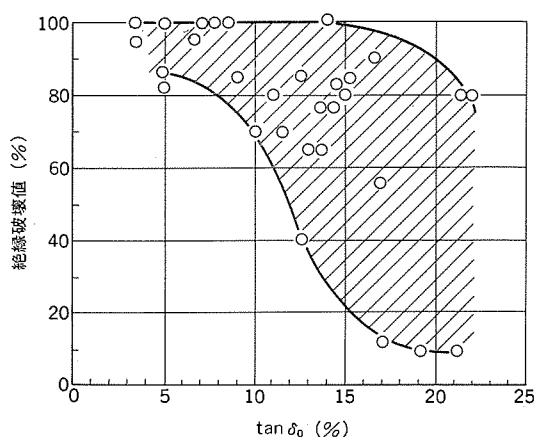
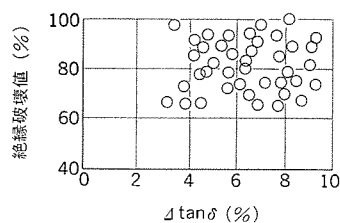
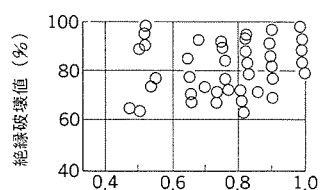


図 10. $\tan \delta_0$ と絶縁破壊値の関係

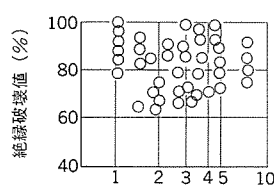


(a)



1×10^{-9} クーロンにおける
部分放電開始電圧 (kV/定格電圧(kV))

(b)



定格電圧における最大放電電荷量
(1×10^{-9} クーロン)

(c)

図 11. $\Delta \tan \delta$, 部分放電特性と絶縁破壊値の関係

相関性は得られなかった⁽⁷⁾。

3 章の電動機絶縁の劣化の特徴、及び上記非破壊特性と絶縁破壊値の関係を合せ考えると、 $\Delta \tan \delta$ や部分放電特性のようなスポットの部位だけの内部ボイドや外部放電に基づく絶縁特性よりも、絶縁抵抗値の変化、 $\Omega \cdot F$ や $\tan \delta_0$ 特性のように吸湿に対して敏感で、しかもコイルエンドの絶縁状態をも検出できる絶縁特性の方が、実際の絶縁破壊値との相関性が強く電動機の絶縁診断により有用である。

6. 絶縁診断法

以上述べてきたように、交流高圧電動機絶縁に不飽和ポリエステル/はがしマイカを使用し真空加圧含浸処理したものは、経年使用により非破壊特性・破壊特性が変化していることが分かったが、その特徴

をまとめると次のとおりである。

- (1) 絶縁破壊値は、乾燥状態では $(2E+1)$ kV よりもはるかに高い値を示すが、15 年程度以上の運転年数を経たものでは吸湿状態では、その低下度が大きく、ばらつきも大きくなり $(E/\sqrt{3})$ kV 以下まで低下するものがあった(図 6.)。
- (2) 絶縁破壊値が極度に低下したものは、コイルエンド部から破壊する傾向を示した(図 1., 図 7.)。
- (3) 絶縁抵抗, P. I., $\tan \delta_0$ 特性に、経年変化による特性低下の傾向が見られた(図 2.~図 4.)。
- (4) (3) 項の特性は、洗浄乾燥すると回復したが、17 年以上使用したものには、特性が回復しないものが多かった(図 2.~図 4.)。
- (5) 絶縁抵抗値は、吸湿状態・乾燥状態の程度により変化した、3 桁以上変化するもの、すなわち $\text{Log}(R_d/R_w) \geq 3$ の場合は、絶縁破壊値が初期値の 50% 以下になった(図 8.)。
- (6) 絶縁抵抗値の変化を $\Omega \cdot F$ によって整理すると、経年変化の傾向がよく分かったが、 $\Omega \cdot F$ の値が 10 以下になると絶縁破壊値が低下するものがあった(図 10.)。

以上の結果をもとにした予防保全における絶縁診断法の考え方を図 12. に示す。定期診断法としては、絶縁抵抗・直流吸収試験(P. I.) があげられる。絶縁抵抗, P. I. の経年変化を把握することにより、おおよその見当がつけられる。

この時点で更に精密診断を要する場合は、 $\Omega \cdot F$ の値、吸湿の程度による絶縁抵抗値の変化割合、 $\tan \delta_0$ 特性を調査すれば精度の高い判断が得られる。

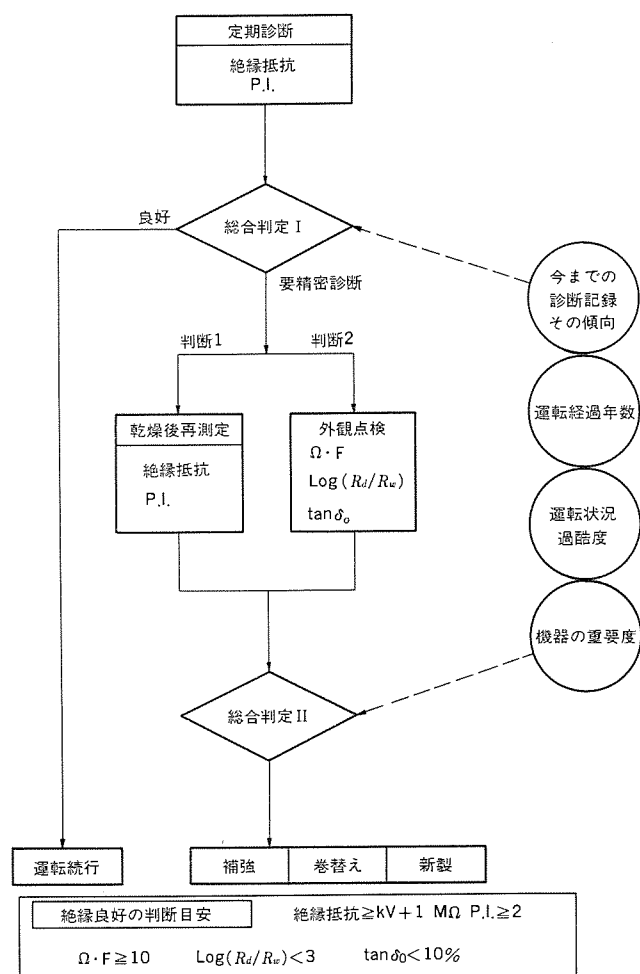


図 12. 電動機絶縁診断法の考え方

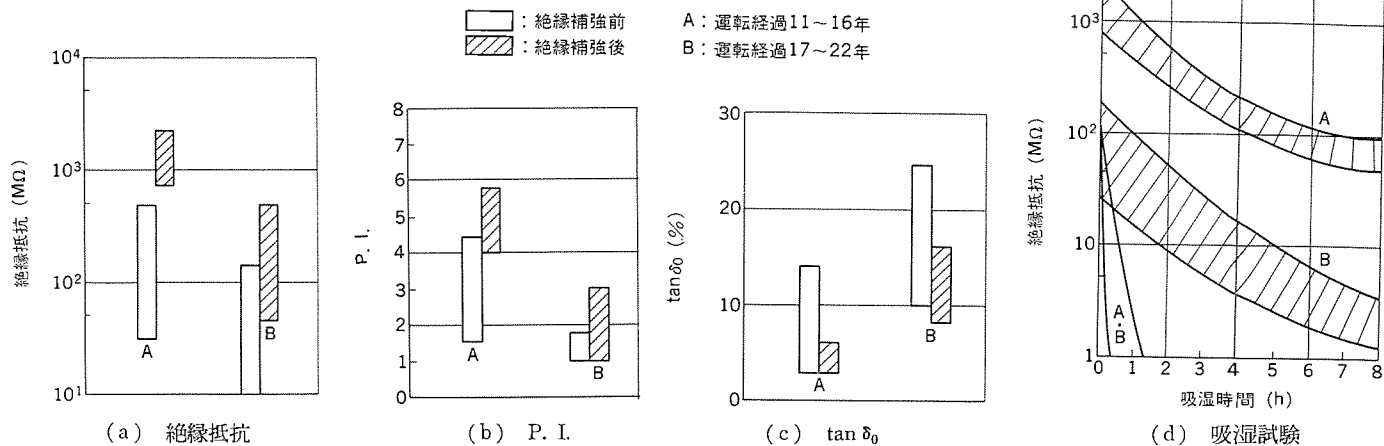


図 13. 絶縁補強前後の特性変化

また、過去の予防保全、プラント定検時の経験などの観点から考えると、定期的な目視による外観点検が重要な役割を果たしている。特に絶縁特性試験では、測定しにくい部分、例えば巻線保持構造物などの健全性のチェックは目視による外観点検以外に方法がない。

以上の方法によって診断した結果から判定するに当たっては、絶縁方式・運転年数・機械の経歴・環境条件・設備重要度などの総合的な観点からの判断が大切である。絶縁方式を考慮するということは、各社絶縁方式によって特性値が異なるので、方式に応じた値で判断する必要があるためである。特に使用年数については、対策後の信頼性の面で大きな要因をしめるので注意する必要がある。図 13. に使用年数 11~16 年の機械と 17~22 年の機械の固定子巻線絶縁補強前後の絶縁特性の比較を示す。使用年数 11~16 年のものは、絶縁補強後に絶縁抵抗・P. I.・tan δ₀ 特性ともに回復しており、耐環境性（強制吸湿暴露中での絶縁抵抗の経時変化）も良好であることを示している。しかし、使用年数 17~22 年のものについては、絶縁特性の回復も見られず、図 13. (d) から分かるように耐環境性も使用年数 11~16 年のものに比較してはるかに劣っている。このように運転年数の違い、すなわち劣化度合によっても絶縁補強効果に差が生じるので、上記のとおり使用年数を判断基準の要因として特に考慮することが望ましい。

以上のように絶縁診断には、絶縁特性試験結果・絶縁方式・運転実績・事故経歴・定期診断記録・外観点検結果などを参考にして総合判定するのが望ましい。

7. む す び

当社は、業界に先がけて真空加圧含浸方式の《ダイラステック》絶縁（不飽和ポリエステル／はがしマイカ）を採用し、多くの実績と高い評

価を得てきた。今回、高圧電動機の固定子絶縁として長年使用した《ダイラステック》絶縁の経年変化について絶縁診断試験を実施し、予防保全のための絶縁診断法の考え方を示した。

当社では耐環境性を含む諸特性において、《ダイラステック》絶縁よりも優れた全含浸方式の《ダイエポキシ》絶縁を昭和 40 年から導入し、更に高い評価を得ている。今後《ダイエポキシ》絶縁の実使用機の絶縁診断を進めると同時に、より精度の高い絶縁診断法を研究してゆきたい。また最近、非破壊絶縁試験の一つとして新交流電流試験法が提案⁽⁸⁾され、この方法によるデータを集積中であるので、これらの結果をもとに新しい診断法を研究し別途報告したい。

最後に、試験を実施するにあたり、多くの供試機を御提供していただいた関西電力(株)殿をはじめとする関係者各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 伊藤：三菱電機技報 32, No. 11, P. 1521 (昭 33)
- (2) 柴田, 伊藤：三菱電機技報, 40, No. 6, P. 969 (昭 41)
- (3) 平林, 林, 美藤, 伊藤, 中村：三菱電機技報, 48, No. 3, P. 297 (昭 49)
- (4) 伊藤, 越場, 川上, 足立, 林：三菱電機技報, 53, No. 8, P. 565 (昭 54)
- (5) 塩見：故障物理入門, 日科技連 (昭 45)
- (6) L. SIMONI : IEEE Trans. EI-8, No. 3, 76 (1973-9)
- (7) 岩淵, 川上, 越場：電気 4 学会九州支部連合大会, 111 (昭 55)
- (8) H. Terase, S. Hirabayashi, T. Hasegawa, K. Kimura : IEEE Trans. PAS-99, No. 4, 1557, July/Aug (1980)

240/300kV一点切り及び550kV二点切り タンク形ガスしゃ断器

伊吹恒二*・懸山 弘**・近藤和正**・田中正治**・尾田真治**

1. ま え が き

我が国の電力需要は、都市部や臨海工業地域に主として増加しており、発・変電所の建設は特に地価高騰・環境調和の面から制約をうけ、変電設備は一層の小形化が望まれている。昭和40年に日本で実系統へ初めて適用されたSF₆ガスしゃ断器（以下GCBと称す）は、小形化の要求にこたえるべくガス絶縁変電所（以下GISと称す）へ発展し、急速に普及してきた。

当社では早くからガス絶縁機器の開発に着手し、その絶縁技術、しゃ断技術の向上に努め多くの製作実績をあげてきた。特にしゃ断技術の発展は著しく、消弧室のユニット電圧、しゃ断電流などは過去15年の間に飛躍的に向上した。単一圧力式GCBの消弧室ユニット電

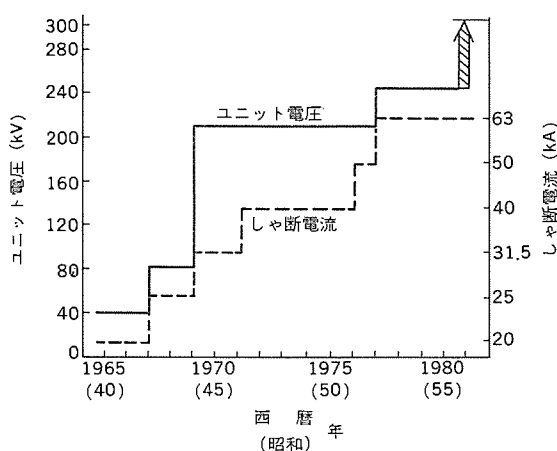


図1. 単一圧力式ガスしゃ断器(GCB)の消弧室ユニットの進歩

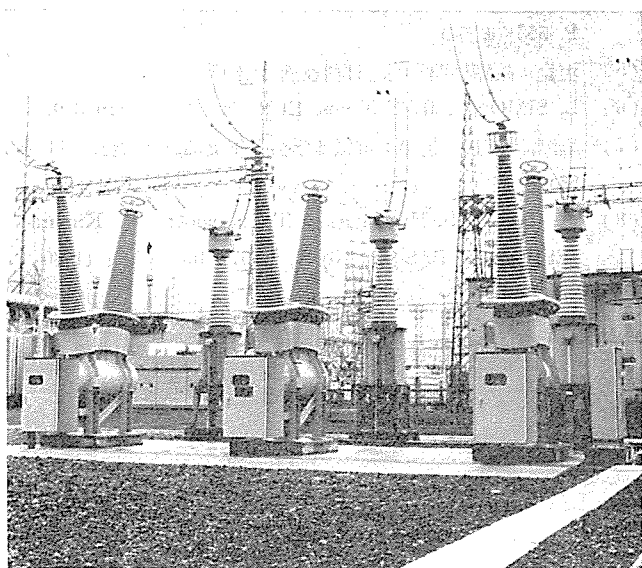


図2. (a) 300kV GCB 外観
(300kV, 2,000A, 50kA)

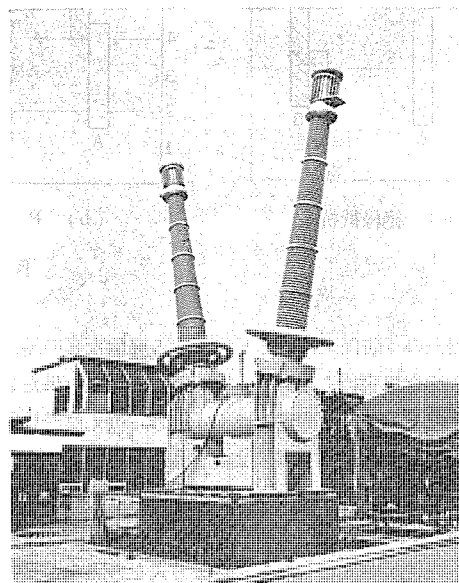


図2. (b) 550kV GCB 外観
(550kV, 8,000A, 50kA GCBの耐震試験中)

圧は、図1. に示すような進歩を遂げて、昭和52年(1977年)には245kVが1しゃ断点で処理できるようになった。

このような背景のもとに、これまでに蓄積した技術を駆使して、300kVを1しゃ断点で処理する消弧室ユニットの研究を続けていたが、昭和56年1月に300kV消弧室ユニットを完成した。

この消弧室ユニットの完成により、従来2しゃ断点で構成していた240/300kV GCB⁽¹⁾を1しゃ断点で構成でき、また同じ消弧室ユニットを2点直列に接続することにより、従来4しゃ断点で構成していた550kV GCB⁽¹⁾を2しゃ断点で構成することができるようになった。1しゃ断点方式(一点切り)の240/300kV及び2しゃ断点方式(二点切り)の550kV, 50kA単一圧力式タンク形GCBの新シリーズの開発を完了し、それぞれ昭和56年9月及び昭和57年2月に公開形式試験を完了した。以下にこのしゃ断器について述べる(図2. (a), (b))。

2. ユニット電圧向上に関する技術

300kV一点切りGCB用の消弧室ユニットは、従来300kV二点切りGCB用の消弧室ユニットに比べて、1ユニット当たり2倍の電圧が加わることになる。これはしゃ断器全開極時の極間電圧のみならず電流しゃ断過程において、極間に現れる電圧についても同様である。これらの性能上の要求に対応した技術的検討の要点を図3. に示し、以下にその概要を説明する。

(1) 電界設計の合理化

ガス中の耐電圧性能は電極の電界値に大きく依存するので、電界解析技術は、GCBの耐電圧性能向上にとって最も重要な技術の一つである。当社における電界解析は、抵抗紙法を用いた電界模写に始

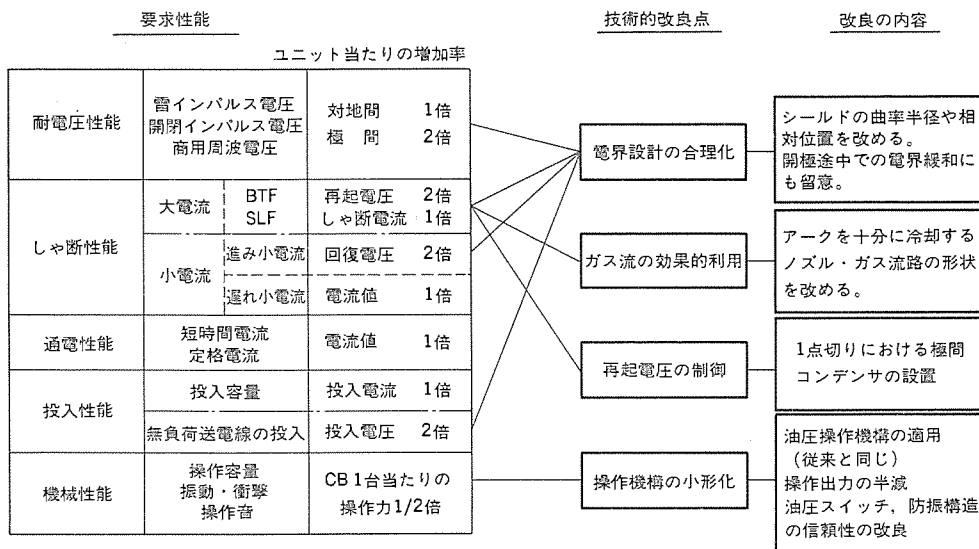


図 3. 300 kV 消弧室ユニット開発のための改良点

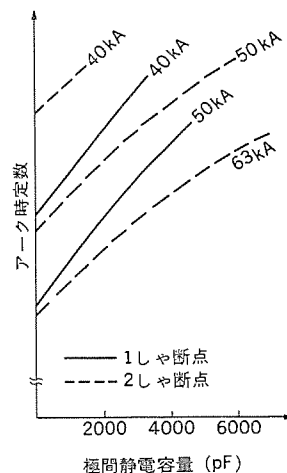


図 5. しゃ断電流による極間容量と限界時定数の関係

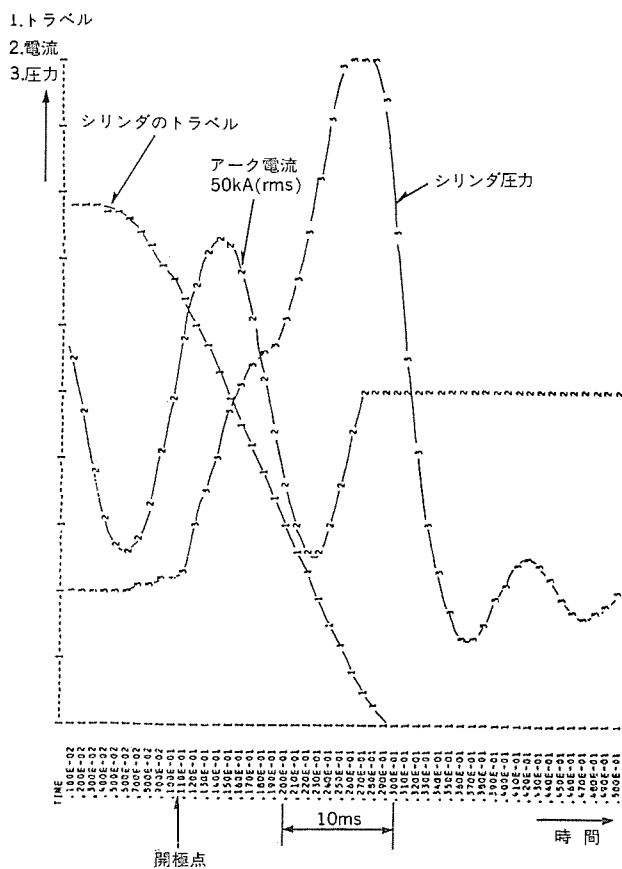


図 4. GCB トラベル及びシリンドラ圧力上昇の計算結果

まり、最近では計算機を使用する種々の数値計算プログラムが開発され、2次元、軸対称及び3次元場の電界解析に関しても、数値計算プログラムの適用により短時間に精度よく解析することが可能になっている。これらの技術を駆使し、従来より一層効率良く精度の高い絶縁設計を行った。今回の消弧室ユニットの設計に際して用いた設計電界値は、当社のSF₆ガス機器の設計に、多くの実績をもつ基準に従った。この電界値を実現するために、極間の接触子と電界緩和用のシールドとの相対位置、シールドの曲率半径などを改良し、更に開極動作途中のすべての位置での電界の解析を繰返し行った結果、従来の2倍の電圧に耐える消弧室ユニットを実現した。

(2) ガス流の効果的利用

新しい消弧室ユニットには、耐電圧責務と同様しゃ断時にも従来のユニットに比べほぼ2倍の再起電圧が課せられる。このしゃ断責務を満足する性能は、アークを消弧するガスの流れによる冷却を効率よく行うことによって得られる。

消弧室ユニットのしゃ断性能は、消弧室内の圧力の1.1~1.3乗に比例すると言われている⁽²⁾。この圧力依存性は、更にガス温度やその分布に依存し、これはパフファシリンドラのノズル形状に依存している。

当社ではガスの圧力、温度などとGCBの実際のノズル形状を与えて、各種のアーク電流についてシミュレートする数値計算プログラムを開発している。図4に、今回用いた消弧室ユニットで50kAの電流を0.9サイクルのアーク時間でしゃ断した場合の計算例より、パフファシリンドラの動きとシリンドラ圧力を示す。ガス流を効果的にアークに吹き付け消弧できるノズル形状やパフファシリンドラの大きさなどを計算することができ、従来のしゃ断試験の繰返しによる改良よりも、効率よく高性能の消弧室を得ることができた。

(3) 再起電圧の制御

系統の条件で決まる再起電圧上昇率は、しゃ断器の極間に並列に配置したコンデンサによって低減できる。(2)項の消弧室の性能向上と合わせて、このコンデンサによってもしゃ断器のしゃ断性能を上げることが可能である。

しゃ断器の熱的なしゃ断性能は、次のMayrの式で近似できる。

$$\frac{1}{R} \frac{dR}{dt} = \frac{1}{\theta} \left(1 - \frac{E \cdot i}{N_0} \right) \quad \dots \dots \dots (1)$$

R : アーク抵抗 E : アーク電圧
θ : アーク時定数 i : アーク電流
N₀ : アーク損失

式(1)をGCBの極間コンデンサを含めた系統の条件と組合せることにより、しゃ断に必要な限界アーク時定数(θ)と極間コンデンサ容量の関係を計算することができる。

63kA、50kA、40kAの0.9I近距離線路故障しゃ断について、一点切り条件、二点切り条件でその限界アーク時定数を計算した結果を図5に示す。この図により、各種の条件に要求される限界時定数を比較することができる。例えば一点切り条件で極間容量2,000pFを必要とする消弧室ユニットでは、40kAの条件では極間コンデンサがなくてもしゃ断が可能であることが分かる。

3. 特 長

240/300 kV 一点切り GCB, 及び 550 kV 二点切り GCB は, 優れたしゃ断性能, 低い開閉サージといった GCB としての一般的な特長のほかに, 次のような特長を持っている。

(1) 据付面積の縮小

GCB 本体部分が, 2 点から 1 点 (240/300 kV), 及び 4 点から 2 点 (550 kV) となり, タンク長さが約 60% に小形化されたため据付面積が縮小できる (図 6. 参照)。特に GIS に適用した場合, 縮小効果は大きい。

(2) 信頼性の向上

しゃ断部に用いられる消弧室の数が, 従来の半分に可動部品数が大幅に減少した。このため衝撃, 振動も減り高い信頼性を得ることができる。

(3) 低騒音化

従来の 300 kV, 550 kV GCB と同様に油圧操作機構を採用しており, 更にしゃ断点数の減少に見合って操作力も低減したので, 操作時の騒音は大幅に減少した。

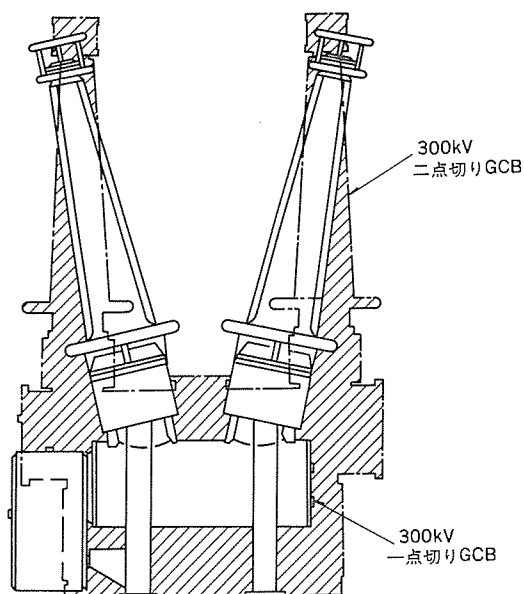


図 6. 300 kV GCB 外形比較図

4. 定格及び外形

しゃ断器の定格及び外形寸法を表 1. に, 単体 GCB の外形を図 7. に示す。寸法は標準ガスブッシング使用時の寸法で表示した。

5. 構造と動作

しゃ断器の内部構造を図 8. に示す。300 kV 一点切り GCB では消弧室はタンクの左側に取付けた絶縁支持筒で支えられ, また極間は絶縁支持棒によって固定している。可動部は絶縁操作ロッドにより, 回転シャフトシール部に連結している。またこのシャフトシールの外レバーに連結した油圧操作機構によって投入及び引はずしの動作を行う。消弧室は二方向吹付形パツファ方式である。550 kV 二点切り GCB の構成は一点切り GCB と同じ消弧室ユニットを 2 極直列につなぎ, その中央にリンク機構を設け両極を同時に駆動する。このリンク機構は絶縁操作ロッドにより, タンク下部に設けたシャフトシール部に連結し

表 1. 定格及び外形寸法

形 名		200-SFM T-40 B	200-SFM T-50 B	250-SFM T-40 B	250-SFM T-50 B	500-SFM T-50 B
定	電 圧 (kV)	240		300		550
	電 流 (A)	2,000, 4,000, 6,000, 8,000				
	しゃ断電流 (kA)	40	50	40	50	
	投入電流 (kA)	100	125	100	125	
	短時間電流 (kA)	40	50	40	50	
格	再起電圧 (kV/μs)	1.0				1.8
	しゃ断時間 (サイクル)	2				
	無負荷投入時間 (s)	0.1				
	操作圧力 (kg/cm ²)	320				
	ガス圧力 (kg/cm ²)	5				
絶縁階級 (号)		170		200		500H
標準動作責務		A, R				
しゃ断点数		1				2
操作方法		油圧操作				
外形図		図 7.(a)				図 7.(b)
外形寸法 (mm)	A	2,440		2,700		6,200 以上
	B	5,160		5,790		11,000
	C	1,200				1,800
	D	3,200				5,100
	E	3,000				8,000
	F	7,040				17,600
G		1,040				1,600
総重量 (BCT を含む) (kg)		13,000		15,000		60,000

注 * ガスブッシング使用時の標準寸法

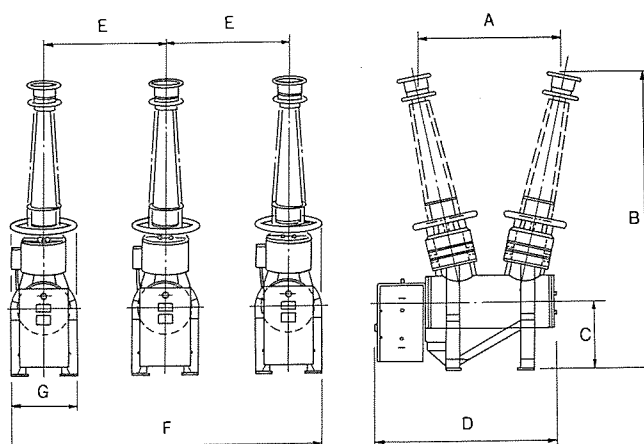


図 7. (a) 300, 240 kV 一点切り GCB 外形図

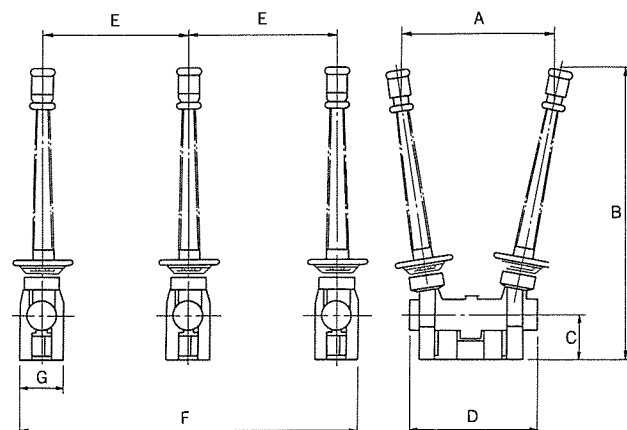


図 7. (b) 550 kV 二点切り GCB 外形図

ている。また消弧室に並列に投入抵抗を取付けている。投入抵抗装置の方式としては従来の四点切り GCB に適用したのと同じ, 投入完了時にも抵抗コンタクトを閉路のままとする方式⁽¹⁾である。

図 9. に油圧操作機構系統図を示す。基本的には従来の当社の

表 2. 240/300 kV, 550 kV GCB のしゃ断試験結果

供試器形式	試験条件	ガス圧力 (kg/cm ²)	操作圧力 (kg/cm ²)	給与電圧 (kV)	しゃ断電流 (A)	動作責務	再起電圧		再点(発) 孤回数	開閉過電圧 ^{#6} 倍数	アーク時間 (サイクル)	しゃ断時間 (サイクル)	備考
							上昇率 (kV/μs)	波高値 (kV)					
250-SFMT-50 B	短絡	4.0 ^{*1}	305 ^{*3}	230	50 k	O'-θ-C'O- 1分-C'O- 3分-O	2.3	465	—	—	0.55 0.95 0.8 0.8	1.45 1.85 1.75 1.75	給与電圧： 300/√3 × 1.3 = 225 kV 550/√3 × 1.3 × 0.55 = 227 kV
	脱調	4.0	260 ^{*4}	350	25 k	O O O	2.7	666	—	—	0.7 0.8 1.0	1.65 1.75 1.95	給与電圧： 300/√3 × 2 = 347 kV 550/√3 × 2 × 0.55 = 350 kV
	SLF0.9I	4.0	260	230	45 k	O O O	2.3	465	—	—	0.75 0.85 0.95	1.7 1.8 1.9	線路サージインピーダンス 450 Ω
	進み小電流	4.0	260	225	70	0・12回	2.6	495	0	1以下	0~0.45	0~1.4	給与電圧： 300/√3 × 1.1 = 191 kV 700/√3 × 0.55 = 223 kV
	遅れ小電流	5.0 ^{*2}	340 ^{*5}	175	6.1 19.2	0・12回	—	—	—	1.45 以下 1.3 以下	0~0.4 0.1~0.45	0.8~1.2 0.9~1.25	給与電圧： 300/√3 = 173 kV 550/√3 × 0.55 = 175 kV
500-SFMT-50 B	短絡	4.0	305	230	50 k	O'-θ-C'O- 1分-C'O- 3分-O	2.3	473	—	—	0.65 0.9 0.85 0.75	1.65 1.95 1.9 1.8	1/2 極で実施
	脱調	4.0	260	350	25 k	O O O	2.7	666	—	—	0.7 0.8 0.9	1.8 1.9 2.0	"
	SLF0.9I	4.0	260	175	45 k	O O O	1.8	352	—	—	0.75 0.8 0.85	1.85 1.9 1.95	" 線路サージインピーダンス 250 Ω (450 × 0.55)
	進み小電流	4.0	305	225	50	O-θ-C- t=0 12回	2.6	495	0	投入時 1.75 しゃ断時 1.0~1.05	0~0.45	1.0~1.4	"
	遅れ小電流	5.0	340	175	6.1 19.2	0・12回	—	—	—	1.45 以下 1.3 以下	0~0.4 0.1~0.45	0.9~1.3 1.0~1.35	"

注 *1 ガス圧ロック圧力, *2 ガス圧定格圧力, *3 油圧再閉路ロック操作圧力, *4 油圧ロック操作圧力, *5 油圧最高操作圧力, *6 給与電圧波高値に対する倍率で表示。

6. 4 耐震試験

240/300 kV, 550 kV 用 GCB について, 各々を加振台に乗せ共振正弦 3 波 0.3 G や エルセントロ 地震, 宮城県沖地震などの実地震波による加振を行った。各部のひずみ(歪)測定を行い, 十分な安全率があることを確認した。また宮城県沖地震波での加振は, 実地震波形による水平・鉛直同時加振を実施し十分な耐震性能を有することを確認した。550 kV GCB の水平・鉛直 2 方向振動試験設備⁽³⁾による耐震試験状況を図 2. (b) に示す。

6. 5 騒音試験

実用性能面の検証試験の一つとして, 騒音特性について実測した。20 m 値で 240/300 kV 品は最大 72 ホン, 550 kV 品は最大 80 ホンであり, 騒音レベルは従来品よりも更に低くなっている。

6. 6 その他の試験

前述の基本的な性能以外に種々の実用性能の検証がある。例えば輸送及び動作時の振動が本体や付属品に与える影響に関する検証, 多数回動作や希頻度動作及び高低温環境での動作に関する試験を実施している。また絶縁回復の速さを確認するために開極過程の雷インパルス耐電圧に関する検証を行い, 従来の二点切り, 四点切り GCB と同等の回復特性をもつことを確認している。

7. む す び

以上 240/300 kV 一点切り及び 550 kV 二点切り タンク 形 GCB の概要を紹介した。

この GCB は, 当社の豊富な パッファ 形 GCB のしゃ断技術と GIS における ガス 絶縁技術の実績に基づくものであり, 信頼性, 保守性などの実用性能面でも優れている。300 kV のものは, 既に実系統で運転中であり, 今後とも電力系統の発展に寄与できるものと確信する。またこの GCB の完成によって, 1 しゃ断点あたり 300 kV の新しい時代に入ることになる。

最後にこの GCB の開発・製品化にあたり, 各電力会社をはじめ関係各位より御指導, 御協力いただいたことに謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 松田, 宮本ほか: 三菱電機技報, 51, No. 9, P. 616 (昭 52)
- (2) B. S. Swanson: IEEE 74, 186-3
- (3) 高橋, 奥津ほか: 三菱電機技報, 55, No. 8, P. 593 (昭 56)

小西正彦*, 神野柳太郎*, 筒井章二*, 井上昭雄*

1. ま え が き

本州四国連絡橋の完成は、地域住民の長年にわたる願いであったが、その一つである大鳴門橋の建設が現在進められている。大鳴門橋は、鳴門海峡を横断して本州淡路島と四国大毛島とを結ぶ中央径間 876 m、橋長 1,629 m、主塔高 144.38 m (海面上) の 3 径間 2 ヒンジ補剛トラス道路・鉄道併用つ(吊)り橋である。主塔工事は完了し、現在はケーブル工事中であり、完成時には中央径間長で東洋一、道路・鉄道併用橋としては世界一の吊り橋となる(図 1、図 2)。

当社は、この吊り橋の主塔内に保守員及び資材輸送用としてエレベーター 4 台を納入し、現在稼働中である。架橋地点の鳴門海峡は、渦潮で名高い国立公園特別地域に指定された景観の優れたところであるが、エレベーターにとっては海上の吊り橋ということで、一般建築物設置とは異なる特殊環境条件に対し、種々の課題を克服して、設計・製作・据付けを行った。

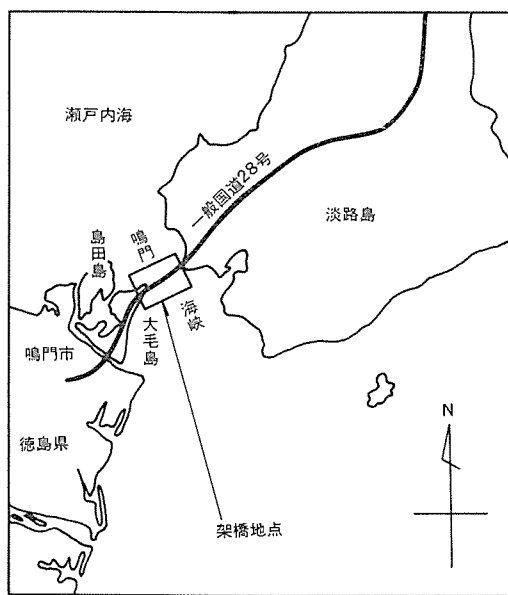


图 1. 位置图

本稿では、このエレベーターの概要、主要な技術的課題とその解決策について述べる。

2. エレベーターの概要

エレベーターは4基の主塔(図3.)内の2.0m×1.0mの昇降路(図4.)内に、それぞれ1台ずつ計4台設置されている。表1.にエレベーターの主な仕様、表2.に特殊環境条件を示す。

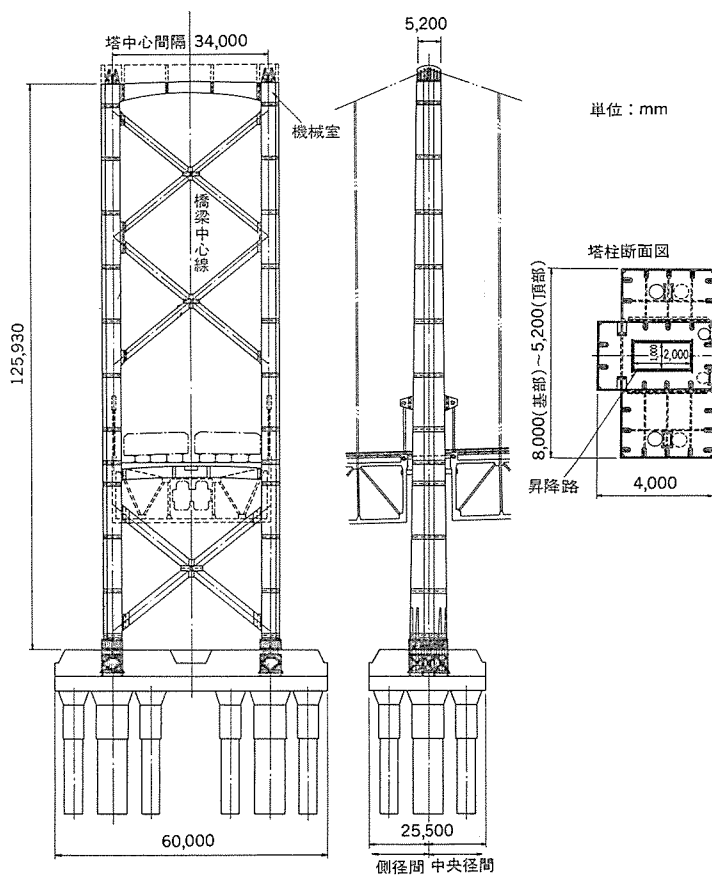


图 3. 主塔一般图

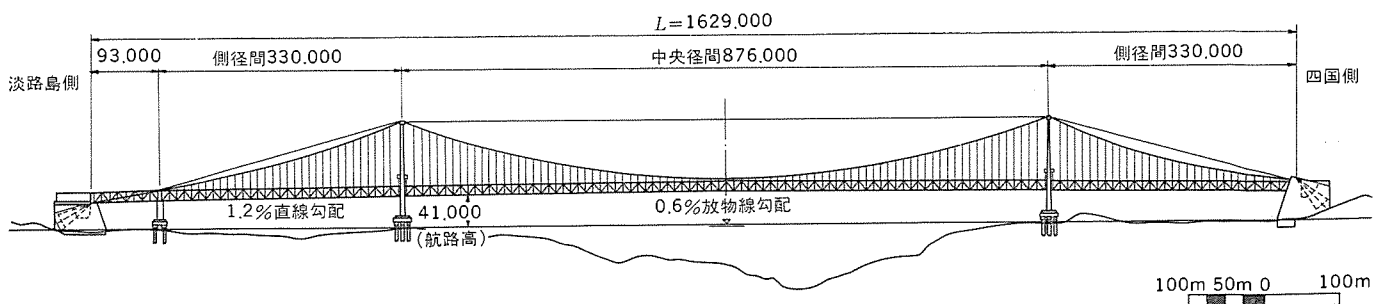


図 2. 大鳴門橋一般図

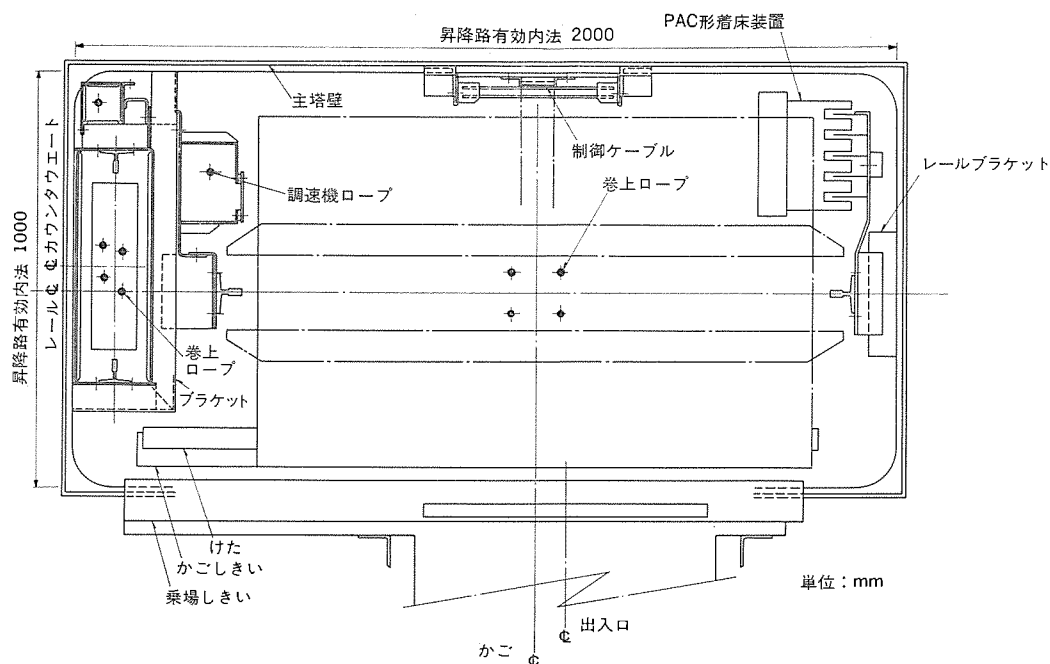


図 4. 昇降路平面図

表 1. エレベーター仕様

項 目	仕 様
用 途	人荷用（保守人員・資材輸送用）
形 式	交流二段速度歯車式
台 数	4 台
定 格 積 載 量	350 kg（5 名）
定 格 速 度	60 m/min
昇 降 路 全 高	119.251 m
昇 降 行 程	112.960 m
停 止 箇 所	10 箇所
か ご 内 法 寸 法	間 口 1,270 mm 奥 行 640 mm 高 さ 2,200 mm
出 入 口 寸 法	間 口 650 mm 高 さ 2,000 mm
出 入 口 戸	自動（電動）ステンレス鋼板 1 枚戸片開方式
電 源	交流三相三線式，440 V，60 Hz

表 2. 特殊環境条件

項 目	条 件
塔 内 気 温	（最高） +50°C，（最低） -5°C
相 対 湿 度	80 %
塔 横 方 向 最 大 変 位	橋 軸 方 向 1,000 mm 橋 軸 直 角 方 向 400 mm
塔 縦 方 向 最 大 変 位	87 mm
そ の 他	耐塩，耐湿 特殊据付工事 （火気厳禁のため，接合はすべてボルト締め接合）

は巻上ロープ振れ止め装置を設置した。

巻上ロープ振れ止め本体（以下、振れ止め本体と称す）は図 5. に示すとおり井げた（桁）状に組まれたローラで構成され、井桁内に巻上ロープを通してその変位量を井桁内に拘束するものである。振

3. 技術的課題とその解決策

3.1 主塔の揺れ、倒れ

風、主塔壁の温度変化、列車・自動車通過時の荷重変化などにより、表 2. に示すとおり主塔は最大変位 1,000 mm が誘起される。この現象により昇降路内のロープや制御ケーブルが揺れて、昇降路内機器へ引つ掛かったり、あるいは非常止めの誤動作が生じるおそれがあるため、慎重な技術検討と対策を実施した。

以下に主な対策例を述べる。

（1）巻上ロープ振れ止め装置

カウンタウェイト側巻上ロープは、図 4. に示す主塔壁に取付けられたブラケット内を通すことにより、その揺れをブラケット内にとどめることができるが、このように固定したロープガイドを設けることのできないかど側巻上ロープに

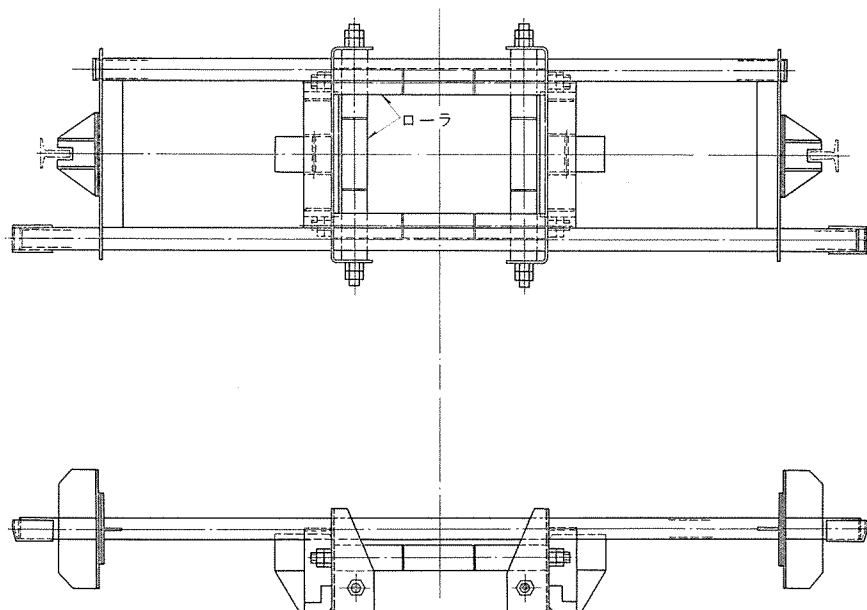


図 5. 巻上ロープ振れ止め本体

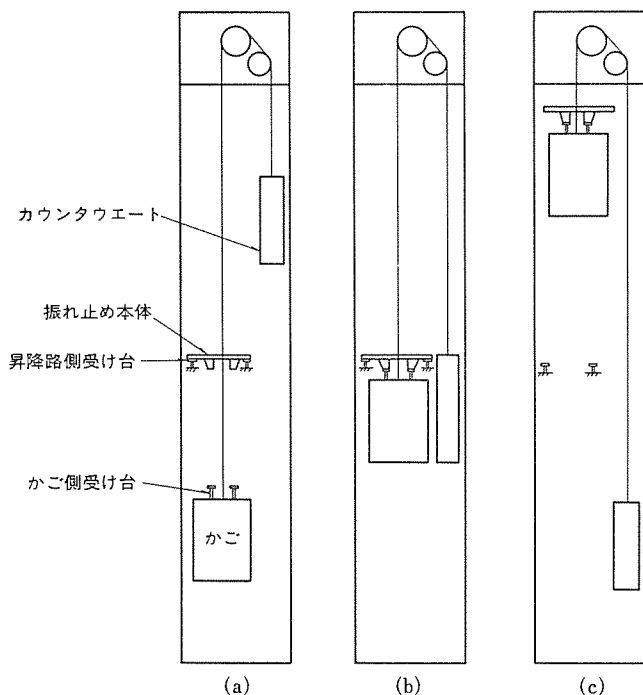


図 6. 巻上ロープ振れ止め位置関係図

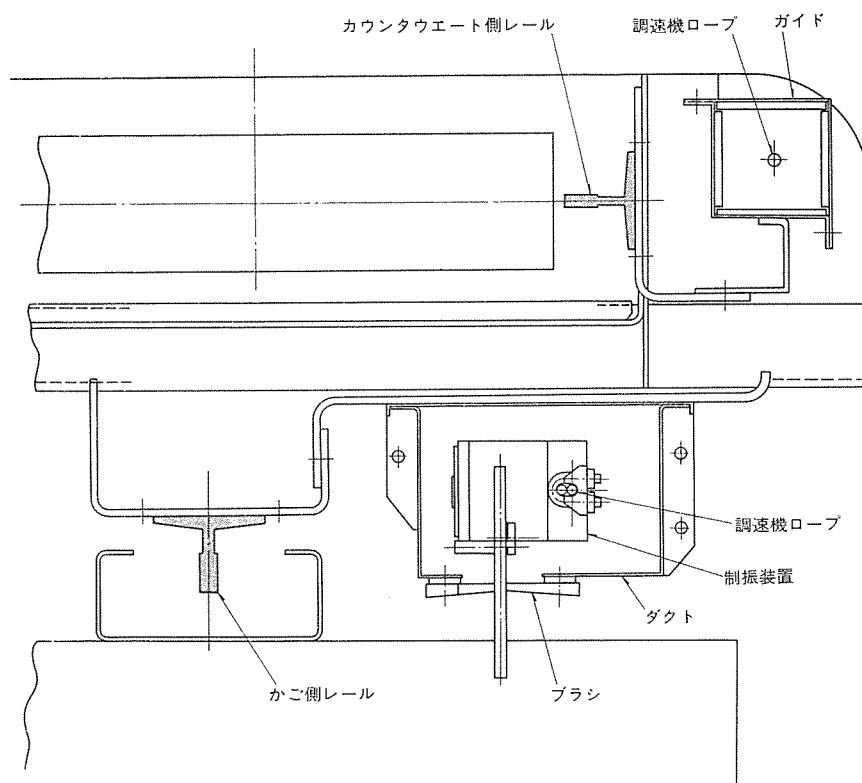


図 7. 調速機ロープ振れ止め装置

れ止め本体は、図 6. (a) に示すように昇降路中央に設置された受け台に乗せられている。かごの上昇途中で、図 6. (b) に示すようにかご上に設けられた受け台に振れ止め本体が支えられ、かごと一体となり昇降路側受け台から離れ、図 6. (c) に示すようにかごと共に上昇する。かご下降の場合は、昇降路側受け台に振れ止め本体が支えられ、かごのみ下降する。

振れ止め本体が、かご側受け台又は昇降路側受け台と衝突することにより衝撃力・衝撃音が生じる。このため、振れ止め本体はパイ

プ構造とし軽量化を図り、かご側受け台にはオイルダンパ及び緩衝材、昇降路側受け台には緩衝材を設け、衝撃力・衝撃音の低下を図った。(特許出願中)

(2) 調速機ロープ振れ止め装置

エレベーターの安全装置の一つである非常止めは、昇降路上部の調速機綱車と昇降路下部の張り車にエンドレスに掛けられた調速機ロープを介して作動する。この調速機ロープが揺れると、昇降路機器に引っ掛かって、非常止め作動レバーが引上げられ、非常止めが誤動作してエレベーターを停止させることになり、乗員が缶詰状態になるおそれがある。このため、調速機ロープ全長にわたりダクト及びガイドを設けて揺れを防止した。

非常止めレバー側の調速機ロープは、図 7. に示すダクト内 (140 mm × 190 mm) に収めて揺れを防止した。ダクト内には非常止め作動レバーが昇降するため、ダクトの一方は開口部とする必要があり、約 4 m 間隔に走行抵抗が小さく剛性の大きいブラシを設けて調速機ロープのダクトからの飛び出しを防止した。(特許取得済み)

反レバー側の調速機ロープは、開口部の無いガイドを設け揺れを防止した。ガイドの内面には摩擦係数の小さい合成樹脂を取付けることにより、調速機ロープとガイドの走行抵抗を小さくし、非常止めの誤動作及び調速機ロープの損傷防止を図った。(特許出願中)

(特許出願中)

3. 2 昇降路有効スペースと高行程

エレベーター設置の昇降路有効スペースは 2.0 m × 1.0 m の畳 1 枚大の限られたもので、昇降行程も 100 m を越えており、従来機器の適用及び据付工法が困難であるため以下の対策を実施した。

(1) 小間口自動 (電動) ドア装置

出入口間口寸法 650 mm 片開き自動 (電動) ドアを開発して採用した。

(2) 調速機ロープ制振装置

このエレベーターは小形・軽量・高行程のため、乗員がかご内で飛び跳ねたりすると、かごは縦揺れを起こしやすい。この縦揺れにより、かごと 1:1 で動く調速機ロープに過速度が生じ、調速機が誤動作して乗員が缶詰状態になる恐れがある。このため、かごの瞬間的過速度を去除しようかごと調速機ロープの連結部に制振ばね (図 8.) を入れて調速機の誤動作を防止した。(特許取得済み)

図 9. にこの装置の効果を示す。エレベーター走行中に瞬間的過速度を発生させた場合の一般的なかごの速度変化を実線で示す。調速機

は定格速度の 1.3 倍を越えたとき作動するように設計されているため、定格速度に瞬間的過速度が加わり調速機作動速度に達したとき誤動作が生じる。一方、制振ばねを取付けた場合、調速機ロープの速度変化は破線で示すようにかごの速度変化と 1:1 にならず、調速機の誤動作を防止できる。

(3) 据付工法

昇降路有効スペースが小さくかつ昇降路全高が高いために、エレベーターの据付時、足場が組めない。このため、かご床に作業員が乗って作業進行に伴い昇降路を上昇していく WOS (Without Scaffolding)

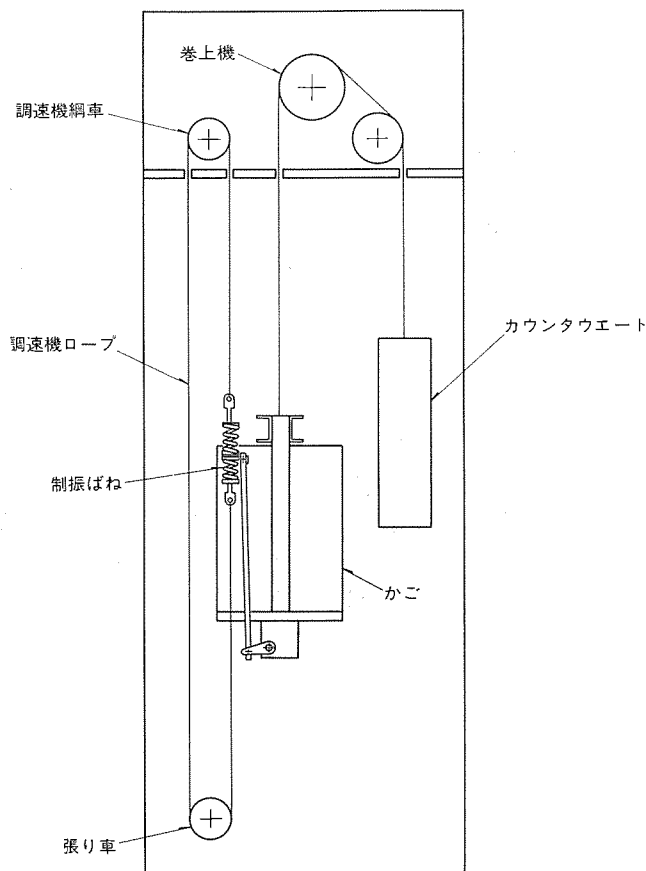


図 8. 制振ばね取付状態

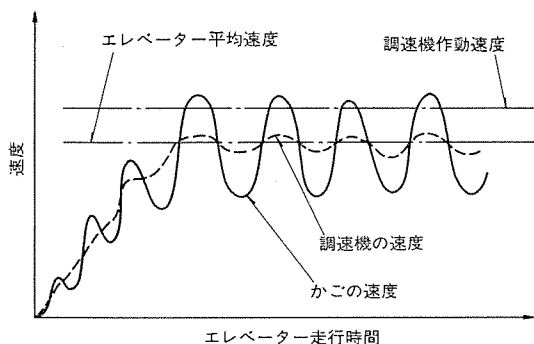


図 9. かごの速度と調速機ロープ速度の関係

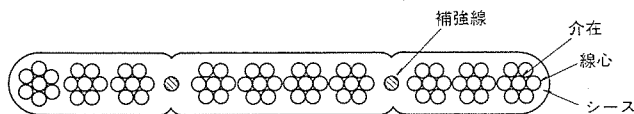


図 10. 制御ケーブル断面図

工法⁽¹⁾を採用した。

3.3 主塔の縦方向変位

主塔はケーブルから約 40,000 t の鉛直荷重を受けることにより、表 2. に示すように無荷重のときより 87 mm の縦方向変位を生じる。

一般に昇降体を案内するガイドレールは、下端部がピットに密着して据付けられ、摩擦固定クリップにより昇降路に取付けられている。大鳴門橋においては、主塔ケーブル施工前にエレベーター据付工事が行われるため、エレベーター据付後にこの 87 mm の縦方向変位が生じると

ガイドレールは摩擦固定クリップから大きな圧縮力を受け、ガイドレール心が狂ったり最悪の場合は座屈が生じるおそれもある。このため以下の対策を実施した。

(1) スライディングクリップ

軽量ガイドレール用に摩擦保持力が小さく、水平方向保持力の大きなスライディングクリップを開発して採用した。

(2) ガイドレール据付法

ガイドレール下端とピット面にすき間を設けて、ガイドレールの据付精度向上及び安全性を図った。

3.4 防 錆

海上の吊り橋に設置するエレベーターということで防錆を実施した。巻上機のプレーキドラム、制御ケーブルの鋼心及び主要ばねの材料はステンレス製とし、制御ケーブルの導体にはすずめっき、巻上ロープ及び調速機ロープには電気亜鉛めっき処理を施した。またスイッチ類は防湿形を採用した。

3.5 制御ケーブル

昇降路有効スペースが小さいこと、主塔の揺れが大きいこと及び高行程であることから、従来品の制御ケーブルとは異なった下記の特長を有し、据付面積が小さくて済み、挙動に対し安定性のある鋼心入り平形制御ケーブルを開発して採用した(図 10.)。

以下に主な特長と施工法を述べる。

(1) 横揺れ、ねじれに対する剛性が優れている平形制御ケーブルを基本的に採用し、更に高行程用としてケーブル重量が大きいので補強鋼心入りとした。また、レイアウト、ケーブル重量を考慮して 60 心ケーブルを 2 本重ねて懸架する方式とした。(特許出願中)

(2) 制御ケーブルの挙動を安定させるため、補強鋼心はそれぞれねじり方向を逆にして 2 本並列配置した。また、2 本をつないでループ状にしてそれぞれの鋼心に加わる張力を均等とする支持方式とした。(特許出願中)

(3) 塩害防止のため、絶縁体及びシースの材料は PVC(塩化ビニル)とし、導体にはすずめっきを施した。補強鋼心は塩害・応力腐食に強い SUS 304 とした。また、信頼性を高めるために制御ケーブルの接続箇所を制御盤内とかご下接続箱のみとした。

(4) 主塔の揺れが大きいので、昇降路内機器には引っ掛かり防止策及び損傷保護対策を施した。

4. む す び

本州四国連絡橋の一つである大鳴門橋の保守人員・資材輸送用として納入したエレベーターの概要及び主な技術的課題とその解決策について述べた。超高層建築・テレビ塔・ダム・煙突などを用途とする特殊エレベーターを製作、納入してきた実績をここに反映した訳であるが、この橋塔向けエレベーターの経験を生かし、ますます研究を重ね市場の要求にこたえる所存である。

最後に、このエレベーターの製作、現地据付施工に際して、多方面にわたっての御指導、御助言をいただいた本州四国連絡橋公団第 1 建設局殿並びに三菱・川重共同企業体の関係者各位に心からの謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) (社)日本クレーン協会：クレーン，15，7号(昭52)

特注形乗用エレベーター《アクセルシリーズ》

梅田 安和*・米本 正志*・高橋 亮司*・勢力 峰生*・牧野 克己*

1. ま え が き

特注形乗用エレベーターの開発は、高速化や運転効率の向上など性能を良くすることに主眼をおいた技術から、省エネルギー、省スペースを中心に経済性を追求したものへと、その時々時代のニーズを反映しつつ行われてきた。そして価値観が多様化し、個性的なものが要求される今日、特注形乗用エレベーターとして今まで以上にそれぞれのビル目的、用途、機能を考慮したものが求められている。

このような背景をふまえこれまでに実現してきた機能を一層高めることは勿論のこと、ビル着工時にはその用途と個性にふさわしく設計製造し、稼働後にはビルの交通状態の変化に自動的に適応し得るエレベーターを開発した。

このエレベーターは、商品名《アクセル》として特注形乗用の全領域に適用し、最高級群管理として業界で初めて学習機能を標準装備した。また意匠品は新材料の導入やCAD/CAMを利用した革新的な設計製造方式を特長としている。以下にその概要を紹介する。

2. エレベーター制御システム

エレベーターの制御装置は大きく分けると、①群管理制御装置、②各台制御装置、③モータ駆動装置から構成されるが、当社は業界に先がけてこれらすべての装置を電子化し、既に多数の実績を有している。今回開発した制御システムは、この電子化技術を基礎として、電子化の種々のメリットをマイクロコンピュータ（以下コンピュータと称す）を駆使して更に発展させたものである。次に従来システムと異なる主な技術事項を中心に説明する。

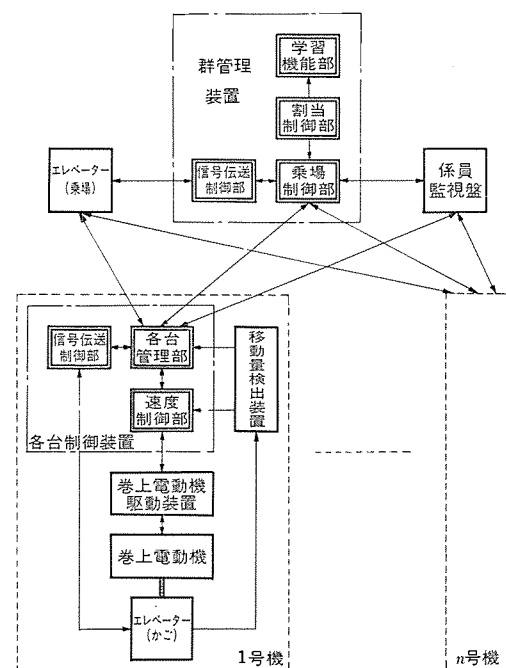


図 1. システム 構成

2. 1 システム構成

図 1. に今回開発した最高級群管理システム“OS システム 2100 C”のシステム構成を示す。このシステムは、乗場呼びの取込みと処理を行う乗場制御部、乗場呼びに応答するエレベーターを選択する割当制御部、各々のエレベーターの運転を管理する各台管理部、後で説明する学習機能部、信号伝送制御部及び速度制御部にそれぞれ高い処理機能を有したコンピュータを使用している。このように多数のコンピュータを有機的に組合せることにより、一層処理能力を高め、より正確で迅速な制御を可能とし、更に万一の故障に対してもコンピュータが相互に補間し合うなどして、システムがフェイルソフト化するように構成した。

また、かごの移動量を電子的に検出する移動量検出装置を設けて、従来の機械式位置検出装置を不要とし、システムの信頼性向上を図った。

2. 2 群管理システム (OS システム 2100 C)

OS システム 2100 C は従来の OS システム 2100 と同様、心理的待時間評価方式により呼び割当てを行い、乗場ボタンが操作されると瞬時にサービスするエレベーターを予報する最高級群管理システムであるが、更に「学習機能」「省エネルギー運転」（特許出願中）を導入し性能を向上させた。

2. 2. 1 学習機能

エレベーター群管理はビルの仕様と時々刻々変動する交通情報を入力して、複数のエレベーターを効率良く運転制御するものである。しかしビルごとに交通パターンは少しずつ異なり、また同一のビルにおいても長い間にはビルの使用形態が変わって交通パターンが変化する。学習機能はこの点を考慮し、エレベーター自身が稼働しながら交通データを収集分析し、よりそのビルに適合した群管理制御に成長してゆくことを目的として開発したものである。すなわち、過去の

交通からビル固有の交通の特徴を学習して近い将来の交通を予測し、それをもとに群管理を行うものである。学習機能は図 2. に示すように、①交通データの収集、②将来の交通の予測、③予測交通に基づく制御とで構成している。

交通データには、エレベーター乗降人数、呼びの数、待時間などがあり、これらを時間帯別、階床別、方向別に収集する。時間帯の幅は図 3. に示すように交通変

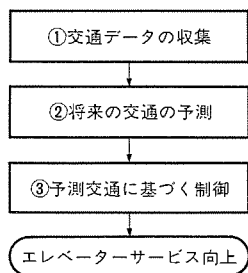


図 2. 学習 機能

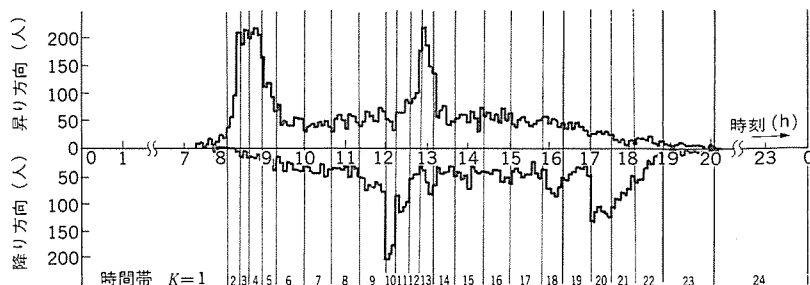


図 3. 交通 データ と 収集時間帯の例

動に応じてその幅の区切りを変化させ、交通量が大きいほど小さくするようにしている。(特許出願中)

交通予測は、上記データの中で最近に得られたデータほど重視して次のような線形加重平均により行った。

$$\hat{P}_k(l) = (1-\alpha)\hat{P}_k(l-1) + \alpha P_k(l)$$

$$\hat{P}_k(0) = P_k(0)$$

ここで $\hat{P}_k(l)$ は l 日間学習した次の日の時間帯 K の予測交通量を、 $P_k(l)$ は l 日目の時間帯 K の実際の交通量を、 $P_k(0)$ は初期値で設計者が事前に設定する交通量を示す。この式でパラメータ α が大きいほど、新しいデータを重視することになるが、大き過ぎるとデータのランダム性にひきずられ、小さ過ぎるとデータの変動に対する応答性が悪くなる(図4. 参照)ので、最適な値に設定する必要がある。

このような予測交通量に基づく制御のうち主なものは次の4項目である。

- (1) 乗場呼びに应答するエレベーターの選択をより正確にする。
- (2) サービスの悪い階に優先的にエレベーターを配車する。
- (3) 昼食時運転のような機能の開始終了時刻を適確に決める。
- (4) 乗車客の多い乗場に用済みのエレベーターを待機させる。

学習機能により従来システムに比べ平均待時間を5~10%短縮し、特定階では60秒以上の長待ち確率を20~50%減少させた。

2.2.2 省エネルギー運転

OSシステム2100Cでは、閑散時にエレベーター速度を定格速度より遅くすることにより電力消費を低減する最高速度制御を導入した。

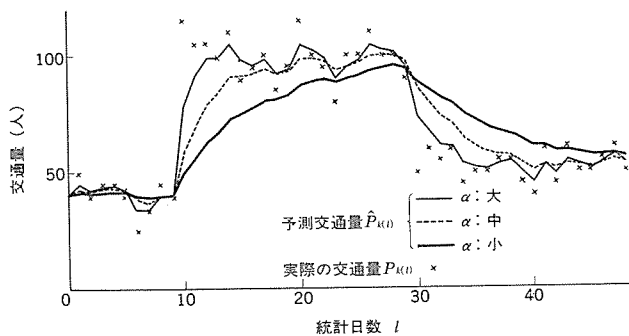


図4. パラメータ α と予測交通量

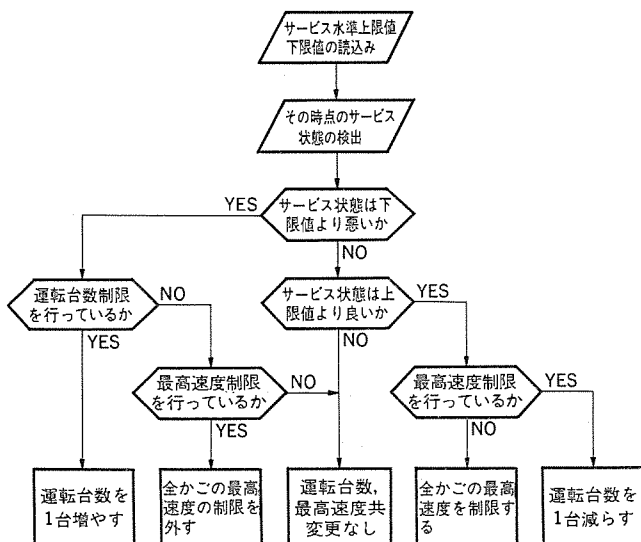


図5. 省エネルギー運転概略フロー図

図5. に示すように運転台数制御と組合せることにより、OSシステム2100と比べ5%程度の節電が可能である。これでOSシステム2100から実施しているサイリスタレオナード方式の採用及び制御装置の電子化による効果を含め当社MG方式エレベーターに比べ約40%程度の節電効果が得られる。

2.3 速度制御システム

2.3.1 構成

図6. に速度制御システムの構成を示す。各台の制御には管理用と速度制御用の2個のコンピュータを使用して、両者の最適な機能分担により制御性能を向上させるとともに、相互バックアップにより冗長性ある高信頼度のシステムを実現している。すなわち、万一運転中に各台管理用コンピュータが故障した場合は、それを検出して速度制御コンピュータ単独でかごを最寄り階に停止させる。また、速度制御用コンピュータが故障した場合は、いったん停止させた後各台管理用コンピュータによりかごを最寄り階まで低速で走行させるようにした。

2.3.2 セレクタ方式

かごが走行するとかごと同期して動く移動量検出装置からかごの単位移動距離ごとにパルスが送り出される。このパルスを累計することによりかごの位置を算出している。かご位置は停電、電源遮断などの無給電状態でもバッテリーで一定期間メモリを保持出来るように配慮している。

一方、コンピュータにはあらかじめ建物の階床数、階床間隔などの階床データを記憶しており、前述したパルスの累計値と比較することによりかごの現在位置や停止可能な階床を計算する。なお、実際の建物の階床間の寸法とコンピュータに入力しておいた計画時のデータとは種々の理由により多少ずれることもあるので、エレベーター運転時に階床間寸法を自動的に実測しコンピュータのデータを実測値に修正する方式を採用した。これにより、長期にわたり無調整で安定した乗心地、着床性能を維持することが可能となった。(特許出願中)

2.3.3 速度指令発生方式

速度制御用コンピュータは、①加速時は時間とともに変化する、②減速時は停止階までの距離に応じて変化する、速度パターンを演算し発生させる。速度指令技術の一つに加速終了時あるいは減速開始時に乗心地を良くする目的で加減速度に丸みをつける、いわゆる丸め動作がある。この丸め動作開始点が変わると乗心地を害することになるが、コンピュータ制御では、アナログ制御におけるドリフトがないので安定した動作開始点が得られ乗心地は一層円滑なものとなった。

2.4 ハードウェア

信頼性向上は構成部品点数及び結線点数の低減という基本事項を忠

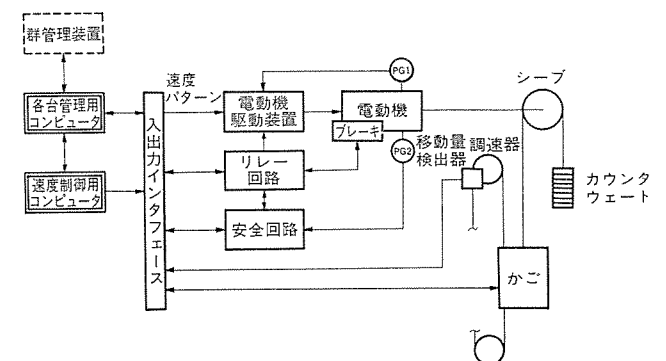


図6. 速度制御システム

実に遂行することにあるという観点から新しいハードウェアを開発した。この結果更に装置の小形軽量化が図れた。

2. 4. 1 直列伝送方式

直列伝送とは1本の信号線で多数の信号を送送する方式のことを言い、エレベーターにおいては乗場呼び、かご呼び及びその応答表示(ランプ)の呼信号の伝送にこの技術を適用すると効果的である。なぜならば乗場及びかごの呼信号線は全信号線中に占める割合が大きく、また呼信号を取込む呼信号インタフェースも多いためである。直列伝送の方式を図7.に示す。これはシフトレジスタ方式を採り、最新技術によるカスタム集積回路を開発し部品点数の削減を図った。また、独自のノイズ対策や回路技術により信頼性の高い直列伝送を実用化した。

この結果従来一つの呼信号あたり1本の配線を要し、信号伝送線は平均停止階床数で約70本、多停止階床になると100本以上にも及んだが、直列伝送化により停止階床数に関係なく数本の信号線で呼関係の信号の伝送を可能にした。信号線の削減に伴い呼信号インタフェースも1/6に減少し信頼性を向上させた。

2. 4. 2 マトリクス方式接点入力インタフェース

かご内器具、係員監視盤、昇降路器具などからコンピュータへ入力する接点信号は呼信号同様に多い。信頼性を向上させるためにこの信号取込みインタフェースを大幅に減少させるマトリクス方式接点入力インタ

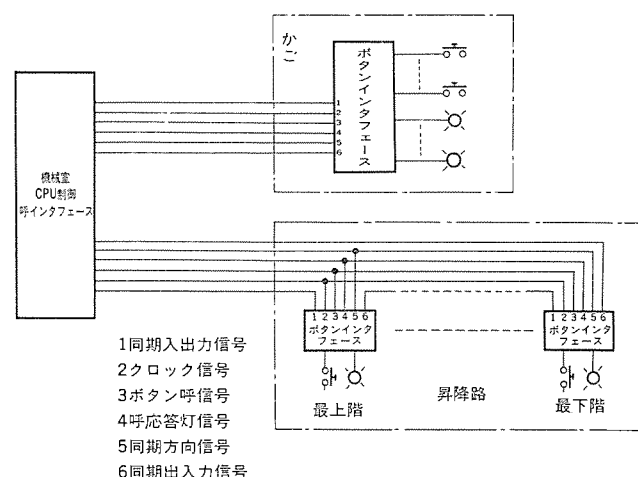


図7. 直列伝送方式の構成

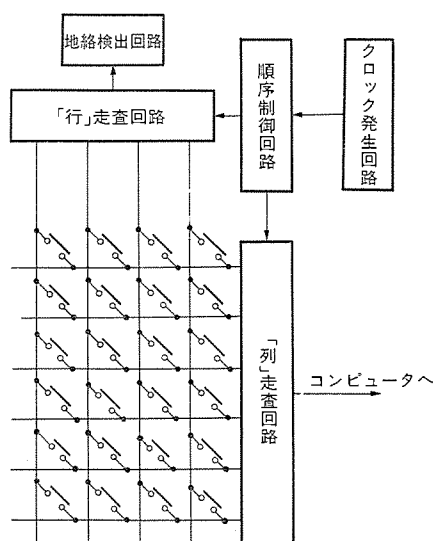


図8. マトリクス方式接点入力インタフェースの構成

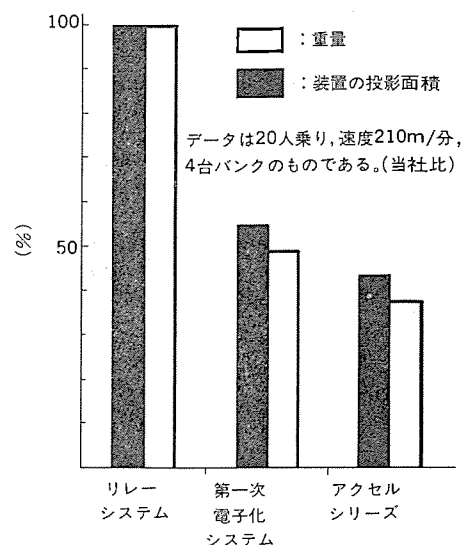


図9. 機械室制御装置の外形・重量比較

フェースを開発した。その構成は図8.に示すように、信号伝送線を格子状に配しその交点に所望の接点を接続するものである。順序制御回路は「行」走査及び「列」走査に必要なタイミング信号をシーケンシャルに発生し、マトリクス上の接点の開閉を時分割的に探索しコンピュータへ伝送させる。この信号伝送線はかなり長いものとなるので、地絡検出回路を設け万一の地絡に対しても機器を保護するとともに、エレベーターの安全性を向上させている。

2. 4. 3 制御盤の小形化

種々の新技術を駆使して、ハードウェアを削減した成果は更に盤の小形軽量化を可能にした。従来モータ駆動盤、制御盤、群管理盤、受電盤で構成していたシステムは、モータ駆動盤と制御盤を合体して各台盤とし、群管理盤と受電盤を合体して共通盤とした。合体化は従来必要とした盤間接続線と接続用器具を減らし、同時に従来各盤が重複して有していた機能の一つにすることができ更に小形軽量化と信頼性向上を実現した。

図9.は当社の機械室の制御装置の外形・重量をシステムごとに比較したものであるが、《アクセルシリーズ》とリレーシステムを比較すると面積にして56%,重量にして62%の小形軽量化が図られており、この面でも電子化のメリットが顕著に生かされていることが分かる。

3. 《アクセルシリーズ》の意匠

最近のエレベーターの意匠は、個性化が進みますます多様化の傾向にあり、建築意匠の中で一層重要な位置を占めてきている。特に、特注形乗用エレベーターの意匠は、オフィスビル、ホテル、ショッピングビル向けなど、それぞれの建物の用途、インテリアにマッチしたデザインと機能性が求められる。更に、高級乗用エレベーターとして、グレードの高さと技術の先進性及び新規性も備えている必要がある。

この《アクセルシリーズ》では、このような幅の広い要求に対して柔軟に対応できるように、それぞれの意匠製品の基本構成を数種類用意して、この基本構成の中で自由にデザインの展開ができる方式とした。そして、オリジナルデザインへの発展もこの基本構成をベースとして容易に展開できるようにした。これは、顧客の意向を効率的に展開するとともに、設計のCADシステムと生産のFMS(Flexible Manufacturing System)により仕様の自由度が高く、高品質の製品を実

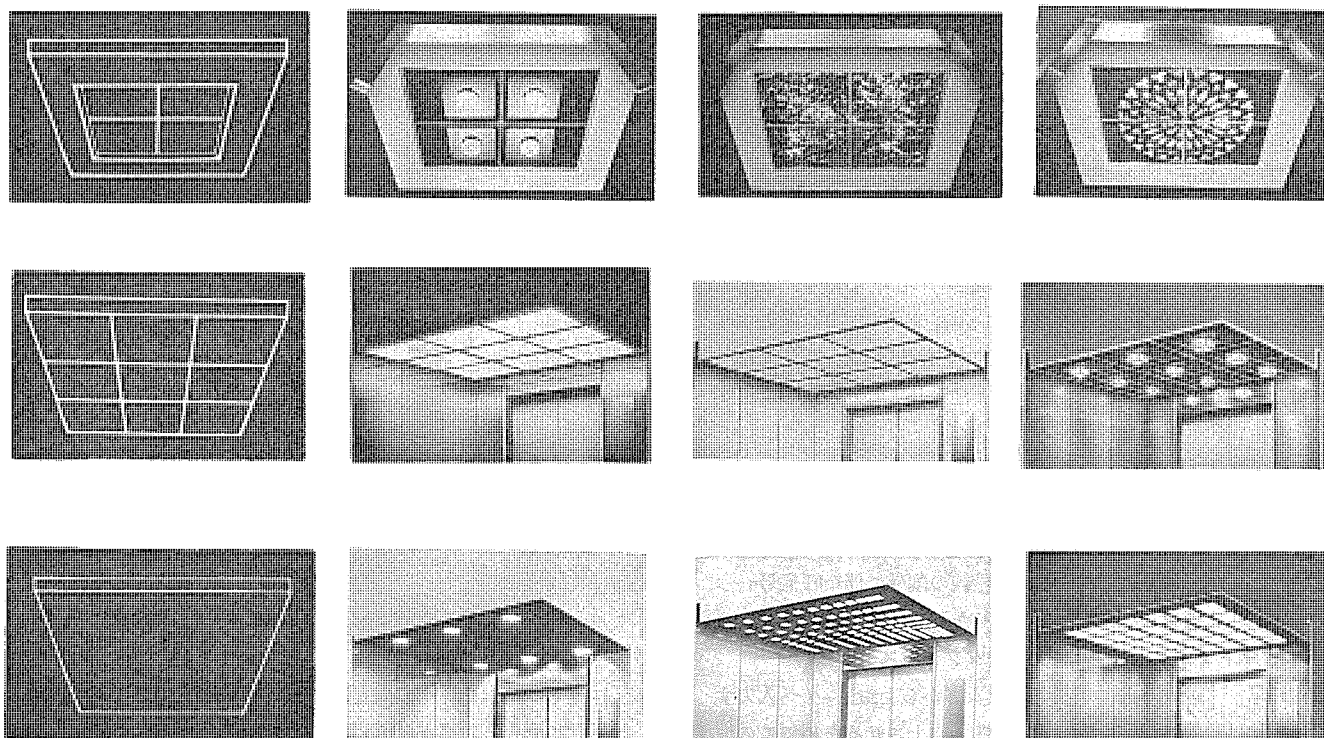


図 10. かご室天井 デザイン の展開例

現するためである。更に、操作・信号器具は高級電子化 エレベーターにふさわしいデザインと機能性をも具現化した。その主な特長は次のとおりである。

- (1) デザイン のバリエーションが効率的に展開できるよう、製品の構成を基本部分と変化部分に明確化した。
- (2) 幅の広いバリエーションの展開が容易にできるよう、新たな内装材と多くのオプションパーツを用意した。
- (3) ハイグレードな製品を経済的に提供できるよう、各種建物の用途にふさわしい推奨デザインを多数用意した。
- (4) 高級電子化 エレベーター にふさわしいデザイン と機能性を持った操作・信号器具の品揃えも豊富に用意した。

3. 1 かご室デザインの展開

かご室のデザインは、建物のトータルデザインとしての観点から顧客の意向が強く示されるところである。中でも天井デザインは形状の変化と照明効果により、また内壁仕上は色彩と材質感の組合せにより、それぞれ建物のインテリアに調和したものが求められる。例えば、オフィスビル向けにはすっきりとまとまりのあるデザイン、ホテル向けにはソフトで落ち着いたデザイン、ショッピングビル向けには個性を生かしたファッショナブルなデザインといったように多種多様である。

3. 1. 1 かご室天井

このシリーズのかご室は、図 10. に一例を示すとおり、天井の基本形式とそれに対応した照明形式の組合せで、数種類の天井の基本構成を設定した。そして、これらの照明部分を仕様の変化対応部分として、自由にデザインのバリエーションが展開できるように構成した。これは顧客の意向を効率的に展開させるとともに、これをベースとしてオリジナルデザインへの発展を容易にするためである。また、この変化部分に対応した各種の照明パーツと建物の用途にふさわしい組合せの推奨デザインも多数用意して、幅広いニーズに対応できるようにした。

この推奨デザインの中には、ホテル、ショッピングビル向けなどかご室内の雰囲気重視するデザインに効果的に適用できるよう写真絵柄を配したアート照明天井、及び鏡面の軽量複合材を採用したミラー天井などを用意するとともに、オフィスビル向けなど近代的でシンプルなデザインも多数用意して、各種建物の用途に幅広く対応している。

3. 1. 2 かご室内壁

かご室の内壁は、従来からの塗装、ステンレス仕上に加えて、新たにレザー調、メタリック調、木質調など質感を強調した硬質の化粧シートと装飾効果を一層高めることができるアートパネルなど各種の絵柄加工を採用した。これらは、天井デザインとの組合せにより、かご室内の雰囲気作りにも有効に利用できる。

以上のようにかご室は、仕様の自由度が高く、高品質なかご室を実現するため、製品を基本構成部分と変化対応部分に明確化して、デザインのバリエーションが容易に展開できるように構成した。これにより、設計の CAD システムと生産の FMS との連携で、一層その効果を高めることができる。

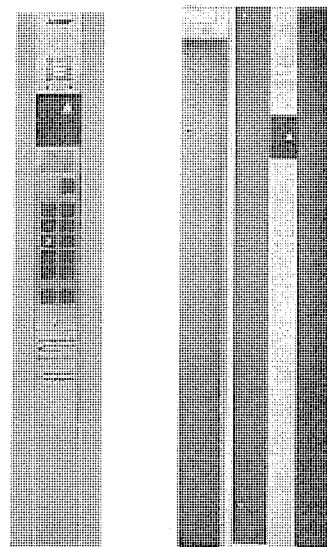
3. 2 新内装材

これまで、エレベーターの内装材は建築意匠との調和という点から様々な要望が出されてきた。しかし、法規制あるいは使用勝手から適用条件を満たす材料が少なく、デザイン上の制約ともなっていた。このシリーズではこれらを解決した新たな内装材を多数開発して、これまで以上にバリエーションの拡大を図った。内装材の適用条件の主なもの、次の 5 項目がある。

- (1) 防火規制： 建築基準法（令第 129 条の 5）に基づき、乗場是不燃材料、かご室内は難燃材料以上の防火性能を有するもの。
- (2) 耐久性： 不特定多数の人が様々な条件下で長年にわたり使用することから、物理的・化学的強度が十分なもの。
- (3) 補修性： 傷、汚れによる不具合に対して、容易に修正又は取替えができるもの。

表 1. 新内装材一覧

新内装材名	特 徴	主 な 用 途
HB 塗装仕上	銅板、ステンレス、樹脂などの素材表面を珪粉塗装後酸化イブシ仕上げしたもの、経済的に高級な丹銅調仕上が実現できる。	乗 場 の 戸
MR 化粧板	ステンレスエッチング化粧板に多色カラー印刷をしたもの、繊細な絵柄加工品で工芸的な感じに仕上げられる。	乗 場 の 戸 か ご の 戸
AE 化粧板	絵柄を細線のエッチングと塗装で、微妙に表現したもの、写真、絵画をステンレスパネル上に工芸的に表現できる。	乗 場 の 戸 か ご の 戸
BB 化粧シート	レザー、木目、メタリック調など材質感を強調した硬質化粧シートで、表面の質感と雰囲気重視するデザインに有効に利用できる。	乗 場 の 戸 か ご の 戸
AD 化粧板	表面をクラッキング加工した磁器調の化粧板で、単色、絵柄などハイグレードな仕上げが表現できる。	か ご 室 壁 か ご の 戸
ACL 照明板	プロ写真家のオリジナルフィルムを生かしたナチュラルカラーの照明板で、かご室内の雰囲気を多様に演出でき、随時取替えも可能である。	天 井 照 明 板
AL 鏡面板	表面に鏡面クロムめっきを施したアルミニウムと樹脂の複合板で、歪くて、強い鏡面天井材として、空間の広がりが表現できる。	天 井 照 明 板
CG 樹脂板	表面のエンボスと鮮やかな色彩をもつ半透明強化樹脂板で、天井照明材として、様々な色彩効果が演出できる。	天 井 照 明 板



(a) 基本形 (b) 応用形

図 12. かご操作盤

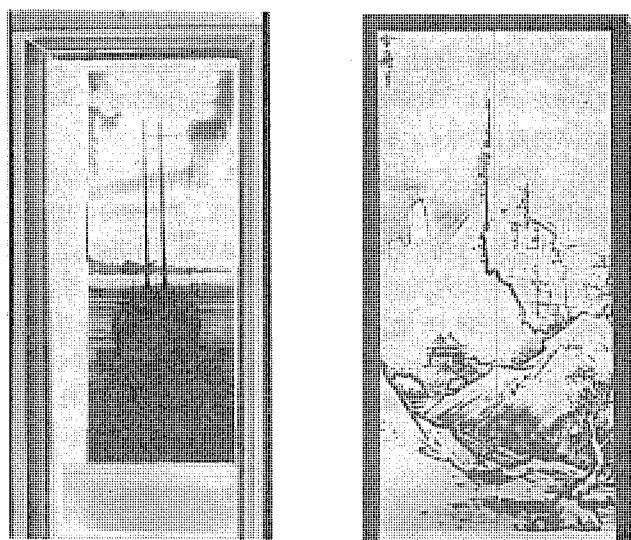
(a) アートパネル
(AD 化粧板)(b) アートエッチング仕上
(AE 化粧板)

図 11. 装飾パネル

(4) 重量制約：巻上機などエレベーターシステムへの負荷を軽減する必要からできるだけ比重の小さいもの。

(5) 意匠性と経済性：デザインをする上で応用性があり、加工がしやすいもの。など

これらの適用条件を十分考慮した新内装材の一覧を表 1. に示す。また、かご室内壁及び乗場の戸の装飾効果を一層高められるアートパネルとアートエッチング仕上を図 11. に示す。

3. 3 操作・信号器具

このシリーズの操作盤、インジケータなどは、高級電子化エレベーターにふさわしいイメージのデザインで誰にでも使いやすく分かりやすい表示など機能性と操作性を一段と向上させた。

3. 3. 1 操作器具（かご操作盤、乗場ボタン）

かご、乗場の操作ボタンは、高級電子化エレベーターのイメージにマッチした操作性の良い、0.2 ミリ 微小ストロークの「マイクロタッチボタン」を全面採用した。ボタンヘッド部は角形金属調のデザインで高級感を一層強調するとともに、長寿命、省電力形のネオンランプを採用して、デザインと機能性の向上を図った。また、操作盤フェースプレート部分は各種

の仕様に容易に応じられるように、表示名板、運行表示、通報及び操作部分とそれぞれ機能単位に組合せができるように構成した。デザイン面では中央パネルに機能を集約させたスリムな感じにまとめ、パリエーションの一例として、袖壁と一体化した新しい展開も可能にした（図 12.）。

一方、電子式のタッチボタンは新設計の検出回路とタッチ部の放電防止カバーの採用で、静電気による人体からの放電ショックをなくするなどデザイン面も含めて大幅に改善を図った。

3. 3. 2 表示器具（かご、乗場位置表示器）

表示の分かりやすい各種のデジタル式インジケータなど、新しい表示形式を充実するとともに、長寿命、省電力形のネオンランプを多く採用した。また、待ち客の心理的いらいらを防止するため、乗場の到着予報灯と一体化して、エレベーターの到着待ち時間をアナログ的に表示する「カーアプローチングインジケータ」も開発した。

3. 3. 3 電子音チャイム

音声合成による乗場到着予報の電子音チャイムを新たに開発した。これは発音 IC にメロディーを含む 6 種類の音色を納めて、各階で自由に音色の選択と音量の調整が可能である。これにより、建物の用途、各階の状況に応じて容易に使分けることができる。

4. む す び

以上、特注形乗用エレベーターに適用される全電子化システム及び新しい意匠の概要について紹介したが、マイクロエレクトロニクス技術や、新材料のエレベーター意匠品への適用技術は、今後ともますます進歩していくことは明らかである。当社はこれらの技術を最大限に活用し、需要家各位に満足していただけるエレベーターづくりにまい進する所存である。

参 考 文 献

- (1) 佐藤ほか：高級乗用エレベーターのソリッドステート制御システム、三菱電機技報、53, No. 3 (昭 54)
- (2) 荒屋ほか：エレベーター群管理のための交通状態学習方式、昭和 57 年電気学会全国大会、1369

1. ま え が き

第1次、第2次のオイルショックを経て、産業界の脱石油、省エネルギー活動はエネルギー使用の節約・高効率化をねらった段階から、省エネルギー設備を導入して生産構造の高度化を図る段階に至っている。

産業界における省エネルギーの具体的手段としてあげられる排熱の有効利用システムは、例えば鉄鋼業での炉頂圧発電やコークス乾式消火設備の排熱利用、また化学プラントにおける精製蒸留塔の排熱回収などにみられる。これらのシステムでは、150℃を超える比較的高温域の排熱回収を対象としており、タービンなどによって動力に変換して有効利用する技術がほぼ確立されている。しかし、30～100℃の低温域の排熱は温排水として多量に存在しているにもかかわらず、温度レベルが低いために有効な利用が行われていなかった。この低温の熱をヒートポンプによって回収し、加熱用のエネルギーに変換できれば、利用価値が高まり用途が広がることから省エネルギーの残された宝庫として注目されている。

このたび開発した三菱ヒートポンプ高温水機（CHR形、CHT形）は上記のような背景から生まれ、従来の給湯・空調分野で実績の多い蒸気圧縮式ヒートポンプを高温仕様にしたもので、30～60℃の温排水を熱源として、70～110℃の高温水を得ることができる省エネルギー機器である。この温水機は、各産業プロセスにおいて排熱の発生と70～110℃の熱の必要性が共存する場合に利用でき、容易に省エネルギー化が図れる。

この論文においては、高温用ヒートポンプ開発上の技術的課題、設計と試験、製品仕様について説明するとともに、応用システムとその省エネルギー効果について述べる。

2. 開発上の技術的課題

産業排熱は業種によって温度レベルが違い、したがって利用技術も異なっている。図1.には、業種別に排熱の実態と利用技術の例を示している。また、特にプロセスの温排水の実例を温度、熱量、発生熱源につき表1.に示している。この表から、温排水は大部分が40～70℃の温度で排出されていることが分かる。

次に熱需要の面からとらえ、必要とする温度レベルについて、大阪湾沿岸の工場に対するアンケート調査を業種別にまとめた結果⁽¹⁾を表2.に示す。同表より明らかなように産業分野においては、150℃以下での熱需要が半数以上である。したがって高温用ヒートポンプの開発にあたっては、熱源温度が40～70℃、利用側温度が150℃程度までの機器を目標とする必要がある。

また、蒸気圧縮式ヒートポンプを省エネルギー機器として有効に利用するには、そのサイクルや各構成要素（圧縮機、熱交換器など）、システム制御の効率向上の研究・開発によって必要動力を削減し、従来の一般的な熱源である重油ボイラによる工場蒸気よりコストを安くする必要がある。例えば、電気料金を27円/kWh、A重油を75円/ℓとした場合、ボイラとランニングコストが等しくなるヒートポンプのCOP（成績係数＝単位時間に利用できる熱量[kW]÷動力[kW]）は2.5になるが、イニシャルコストはヒートポンプのほうが高いため、更に良いCOPが要求される。

表 1. プロセスの温排水の実例

プロセス	温度 (°C)	熱 量 (kcal/h)	発 生 熱 源
製 鉄	78	2,400,000	転炉の冷却水
化 学	60	1,600,000	ディーゼルエンジンの冷却水
化 学 精 製	70	840,000	溶剤回収
織 維	50	5,400,000	染 色
合 織	40	635,000	クーリングタワー水
プラスチック製造	50	750,000	樹脂成形機
金 属 精 練	45	630,000	電気炉のふく射
製 油 業	54	3,000,000	排ガス脱硫塔
食 品 製 造	52	780,000	濃 縮
ゴ ム 製 品 製 造	32	120,000	工業用水

表 2. 業種別熱需要温度レベル (単位: %)

業 種	温 度	100℃以下	～150℃	～183℃	183℃以上
食 料 た ば こ 製 造	2.5	62.3	16.6	18.6	
織 維 工 業	0.4	50.3	49.3	0	
木 材 木 製 品 製 造	1.1	9.3	6.6	83.0	
パ ル プ 紙 加 工 業	0	85.9	4.1	0	
化 学 工 業	4.8	26.5	50.0	18.8	
ゴ ム 製 品 製 造	0	26.3	53.4	20.4	
皮 革 製 品	0	100.0	0	0	
窯 業 土 石 製 造	0	85.6	14.4	0	

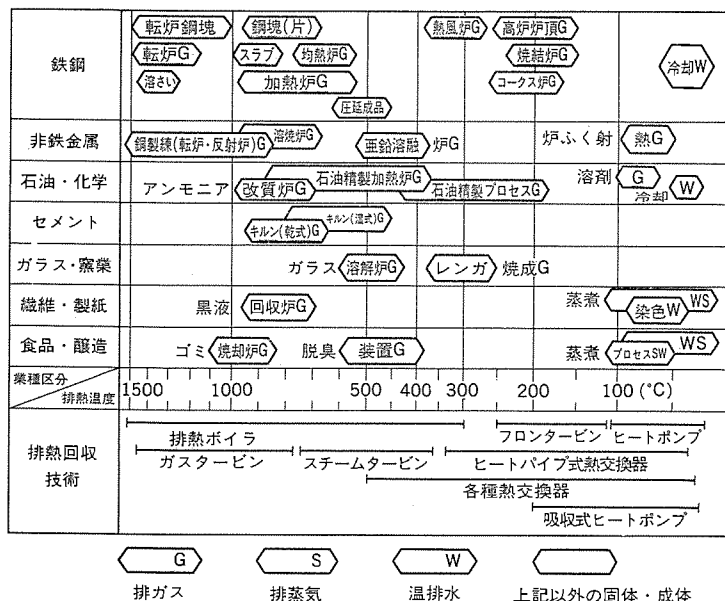


図 1. 業種別排熱の実態及び回収技術

以上のことをまとめると、ヒートポンプを省エネルギー機器として生かすためには、得られる温水を高温化し、かつCOPの向上を図る必要がある。更にインシアルコストが低く、信頼性の高い装置でなければならない。開発にあたってはこれらの点を考慮して、使用温度に応じて最適なCOPが得られる排熱回収システムを決める必要がある。また、この高温用ヒートポンプは一般の空調条件よりかなり高い温度条件で運転されるため、熱交換器などの構成材料を適切に選定する必要がある。

3. 高温用ヒートポンプの設計と試験

3.1 システムの検討

蒸気圧縮式ヒートポンプの冷凍サイクルとしては、基本的に単段圧縮と多段圧縮の2方式が考えられる。単段圧縮方式はシステムが比較的簡単であり、製品価格も安くなる点で有利である。しかし高温仕様において、ある条件では圧縮比の増大や吐出温度の上昇による冷凍機油の劣化、圧縮機効率の低下を生じることから、多段圧縮方式のほうが優れていることがある。表3.には、単段圧縮と2段圧縮の基本的な冷媒回路と、圧力-エンタルピー線図上のサイクルを示している。また表4.に示す条件下でのシステムの理論COP及び各々のシステムの主な特長を表3.に付記している。

これらの比較から、理論COPはオープンフラッシュ形が最も高く、単段圧縮方式より8%程度優れている。しかし、小形装置で冷媒R114を用いた場合の単段圧縮方式と2段圧縮方式(オープンフラッシュ形)を比較した結果⁽⁹⁾によると、圧縮機の特性上、図2.に示すように温水温度と蒸発温度の差が約50℃以上のときは2段圧縮方式、50℃

表 3. 高温用ヒートポンプシステムの比較

名称	冷媒回路	圧力-エンタルピー線図上のサイクル	理論COP	特長
単段圧縮式			4.27	サイクルが簡単 制御が容易 吐出温度が高い
基本形			4.10	サイクルが簡単 制御が容易 冷却水回路が別途に必要 吐出温度は比較的低い
多段圧縮式	クローズド シェル アンド コイル形		4.51	減圧装置が2個必要 液タンク兼サブクーラーが必要 吐出温度は低い 制御が少し面倒
オープン フラッシュ形			4.65	減圧装置が2個必要 液タンクが必要 吐出温度は低い 制御が少し面倒
クローズド ドライ エキス パンション形			4.54	減圧装置が2個必要 サブクーラーが必要 吐出温度は比較的低い

備考

- 圧縮機
- 膨脹弁
- 凝縮器
- 熱交換器
- 蒸発器
- 液タンク

表 4. 理論COPの計算条件

冷媒	R12
凝縮温度	72℃ (サブクール5deg)
蒸発温度	10℃ (スーパーヒート 5)
中間圧力 (2段圧縮の場合)	$= \sqrt{(\text{蒸発圧力}) \times (\text{凝縮圧力})}$
その他	圧縮機では断熱圧縮 冷媒圧力損失は無視

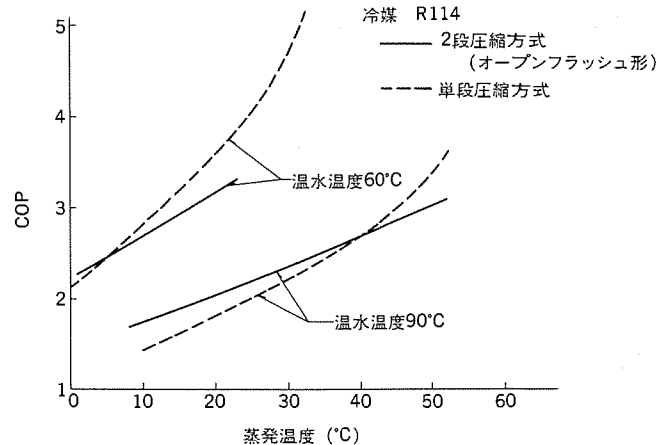


図 2. 小形試験装置のCOP

表 5. 各種冷媒の比較

冷媒	最高出湯温度 (°C)	最低熱源水温 (°C)	加熱能力比	COP
R11	100(以上)	33	0.6	5.0
R12	86	3	2.5	4.7
R22	62	-10	—	—
R114	100(以上)	19	1.0	4.8
R500	77	-10	3.0	4.2
R502	60	-14	—	—

以下のときは単段圧縮方式がそれぞれ優れている。圧縮機の特性及び各構成機器の選定によって、この効率が逆転する温度は若干異なるが定性的には同じものと思われる。したがって、高温用ヒートポンプのシステムを選定する際には、使用温度を十分に考慮する必要がある。

3.2 冷媒の検討

高温用ヒートポンプに用いる冷媒は安全で入手の容易なフロン系冷媒のなかから選定するが、システムに適する条件として、

- (1) 凝縮圧力が30 kg/cm²abs. 以下。
- (2) 蒸発圧力が負圧にならない。
- (3) 圧縮比(2段の場合は低段圧縮比×高段圧縮比)が12以下を満たす必要がある。

蒸発器入口水温と蒸発温度の差を10℃、凝縮温度と高温水温度(凝縮器出口水温)の差を7℃としたときに、各冷媒に対する使用水温のめやすは表5.のようになる。冷媒R12は86℃以下、R500は77℃以下に限られるが高温での使用が可能である。またR11、R114は60~100℃で使用できるが、R11は最低熱源水温度が高い。

表4.の条件下のオープンフラッシュ形ヒートポンプで、低段圧縮機のピストン押しのけ量を一定とした場合に、各種冷媒による特性の差を加熱能力(R114の場合を1とする)とCOPについて調べ、表5.

に付記している。最高出湯温度が低い冷媒ほど加熱能力が大きいが、理論 COP は小さくなる傾向を示す。しかし小形装置での試験によると⁽²⁾、熱伝達特性の関係から最高出湯温度が低い冷媒ほど加熱能力が大きく、しかも COP が高くなることを確認している。このことから、冷媒は必要とする出湯温度より少し高い最高出湯温度をもつものを選定すると、COP が高くしかも小形の装置が得られることが分かる。

3.3 実機設計の概要と各構成機器

高温用ヒートポンプは用途が多く、要求される仕様は、従来のヒートポンプと比較して非常に広いものとなっている。前述のように高温用ヒートポンプの設計にあたっては、まず熱源水温度条件、プロセス温水温度条件及び必要熱量から使用する圧縮機（レシプロ式か遠心式か、あるいは単段方式か2段方式か）と冷媒を選定する必要がある。

まず圧縮機については、熱源水温度条件によりヒートポンプの加熱能力は大幅に異なる⁽²⁾ので、単純に区分しにくいのが、概略次のようになる。

(1) 熱源水入口温度 35℃、プロセス温水出口温度 65℃では必要熱量 75 万 kcal/h 以下はレシプロ式・単段（冷媒 R12）、75 万 kcal/h 以上は遠心式・単段（冷媒 R12）とする。

(2) 熱源水入口温度 50℃、プロセス温水出口温度 90℃では必要熱量 13 万 kcal/h 以下はレシプロ式・単段（冷媒 R114）、13 万 kcal/h 以上は遠心式・単段（冷媒 R114）とする。

また、レシプロ式の単段及び2段、更に冷媒の選定基準はおおむね表 6. のようになる。

以上のように基本的な圧縮機の形式と使用冷媒が決定されるが、更に装置価格、信頼性の見地より対象となるプロセスに最適な機器を選定する必要がある。したがって、高温用ヒートポンプは従来のように固定されたシリーズ化よりも、あらかじめ部分的に設計された機器から最適のものを選択し、これを組合せて要求仕様を満足する方式で対応する必要がある。特に集中的な熱回収が行われるような大容量機では、この方式が有利である。

三菱ヒートポンプ高温水機は、圧縮機、凝縮器、蒸発器の主要構成機器及びこれらを接続する冷媒配管、ポンプやオイルクーラーなどの付属機器、更に制御装置、保護装置などで構成しコンパクトに収納され

表 6. 圧縮機の形式と使用冷媒

熱源水入口温度 (℃)	プロセス温度 (℃)	圧縮機形式	冷 媒
10～25	60～75	2 段	R 12
10～35	70～110	2 段	R 114
25～45	60～75	単 段	R 12
35～60	70～110	単 段	R 114

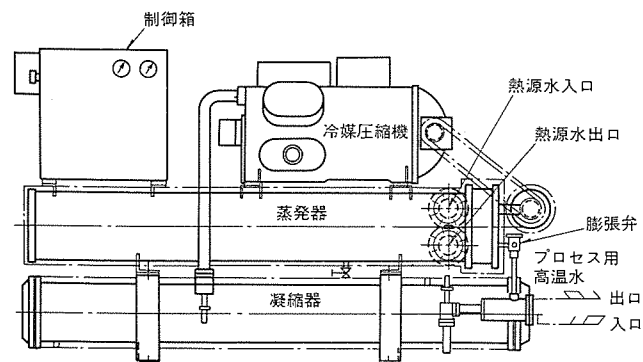


図 3. 三菱ヒートポンプ高温水機 CHR 形

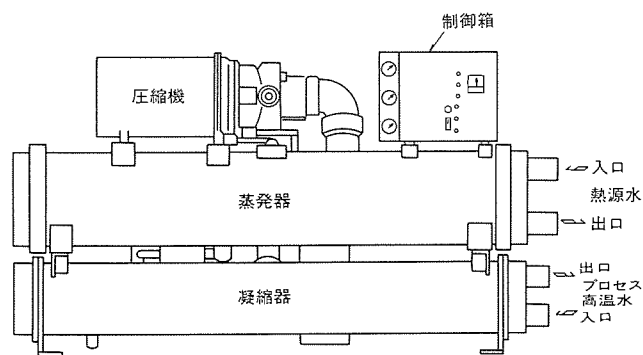


図 4. 三菱ヒートポンプ高温水機 CHT 形

ている。図 3. に CHR 形、図 4. に CHT 形の外形図の一例を示す。また以下には、各構成機器について簡単に説明する。

(1) 圧縮機

ヒートポンプの心臓部にあたる圧縮機にはレシプロ式と遠心式がある。レシプロ式は、当社において空調機や冷凍機で長い実績をもち、信頼性が高い半密閉形圧縮機 MZ 形を高温仕様としたものである。また遠心式は、単段半密形でアルミ合金製の高効率 3 次元翼を用いており、インレットガイドペーンと可動ディフューザーでの容量制御によって効率良く低負荷まで対応できる。また圧縮機を駆動する 2 極の特殊かご形誘導電動機は、液冷媒で十分に冷却され、巻線の温度が蒸発温度より 30℃ 以上上昇しないよう設計している。このため、高温域でも信頼性高く使用できる。

(2) 凝縮器

凝縮器は横形のシェルアンドチューブ式で、使用する温水に応じて管や管板、シェルの材質が選択できる。

(3) 蒸発器

レシプロ圧縮機使用の場合は、蒸発器からの油戻りを考慮して乾式シェルアンドチューブを採用しており、高性能の伝熱管を利用してコンパクトに構成している。また遠心圧縮機使用の場合は、高速満液式横形シェルアンドチューブを採用している。この蒸発器は、満液式熱交換器より高い熱交換特性を示す。

これらの蒸発器は凝縮器と同様に、温排水の水質により材質が選択できる。

(4) 冷媒制御装置

冷媒の流量制御は、圧縮機吸入過熱度を制御する温度式自動膨張弁を採用し、遠心式では、2～3℃、レシプロ式では 5～10℃の過熱度を保つことによって、吐出ガスの温度上昇を抑えている。したがって、冷媒、冷凍機油の劣化がなく安定した運転が維持できる。また温度制御は、電子式の温度調節器で行われ、ヒートポンプの用途に応じて、プロセス温水側あるいは温排水側いずれかの制御が選択可能である。

(5) 付属機器

上記の主要な構成機器のほかに、強制潤滑に必要なオイルポンプ、オイルクーラー、また保守あるいは運転操作に必要なバルブ、ストレーナなどを備えている。

4. 製品仕様

三菱ヒートポンプ高温水機はプロセスの使用条件や用途に応じてシステムや冷媒、構成機器を最適に選定する。したがって、画一的な仕様表を作成することはできないが、参考として、実際の組合せ例についてその主な仕様を表 7.、表 8. に示す。表 7. はレシプロ圧縮機を使

表 7. 三菱ヒートポンプ高温水機 CHR 形仕様 (参考例)

項 目		CHR-40	CHR-120	CHR-240
性 能	加熱能力 (kcal/h)	106,000/125,000	318,000/375,000	636,000/750,000
	消費電力 (kW)	31.7/38.5	95.1/116	190/231
	COP	3.89/3.78	3.89/3.76	3.89/3.78
電 源		三相 200 (又は 400 V) 50/60 Hz		
外形寸法	高 さ (mm)	1,350	1,655	1,954
	幅 (mm)	1,981	2,804	4,100
	奥 行 (mm)	640	800	1,100
圧縮機	形式×台数	半密閉×1	半密閉×1	半密閉×2
	始動方式	スターデルタ		スターデルタ順次
	回転数 (rpm)	1,450/1,750		
凝縮器	形 式	横形シェルアンドチューブ		
	温 水 量 (m³/h)	10.6/12.5	31.8/37.5	63.6/75.0
蒸発器	形 式	乾式シェルアンドチューブ		
	水 量 (m³/h)	15.7/18.4	47.1/55.2	94.2/110
冷 媒		R-12(CCl₂F₂)		
冷 媒 制 御		温度式自動膨張弁		
重 量	製品重量 (kg)	1,100	2,400	4,500
	運転重量 (kg)	1,230	2,790	5,100

注 性能は、下記条件のものを示す。

熱源水 35→30°C

プロセス高温水 55→65°C

表 8. 三菱ヒートポンプ高温水機 CHT 形仕様 (参考例)

項 目		CHT-230	CHT-450	CHT-720
性 能	加熱能力 (kcal/h)	704,600	1,360,800	2,177,300
	消費電力 (kW)	195	356	570
	COP	4.20	4.44	4.44
電 源		三相 3,000 V (又は 400 V, 6,000 V) 50/60 Hz		
外形寸法	高 さ (mm)	2,000	2,150	2,500
	幅 (mm)	4,200	4,220	4,250
	奥 行 (mm)	900	1,100	1,200
圧縮機	形 式	半密閉単段遠心式		
	始動方式	スターデルタ (又は直入・コンドルファ方式)		
電動機	形 式	2 極特殊かご形誘導電動機		
	絶 縁	E 種 B 種		
凝縮器	形 式	横形シェルアンドチューブ式		
	温 水 量 (l/s)	20.2	38.4	62.3
蒸発器	形 式	高速滴液式横形シェルアンドチューブ式		
	水 量 (l/s)	32.6	61.9	100.5
冷 媒		R-12(CCl₂F₂)		
潤 滑 方 式		強制潤滑方式		
制御方式	冷媒制御	パイロット駆動膨張弁		
	温度制御	温水出口又は熱源水蒸発器出口温度制御		
重 量	製品重量 (kg)	3,600	5,000	7,200
	運転重量 (kg)	3,950	5,700	8,100

注 性能は、下記条件のものを示す。

熱源水 35→30°C

プロセス高温水 55→65°C

用した CHR 形、表 8. は遠心圧縮機を使用した CHT 形の例である。また図 5. は CHT 形の COP の例を示したものである。

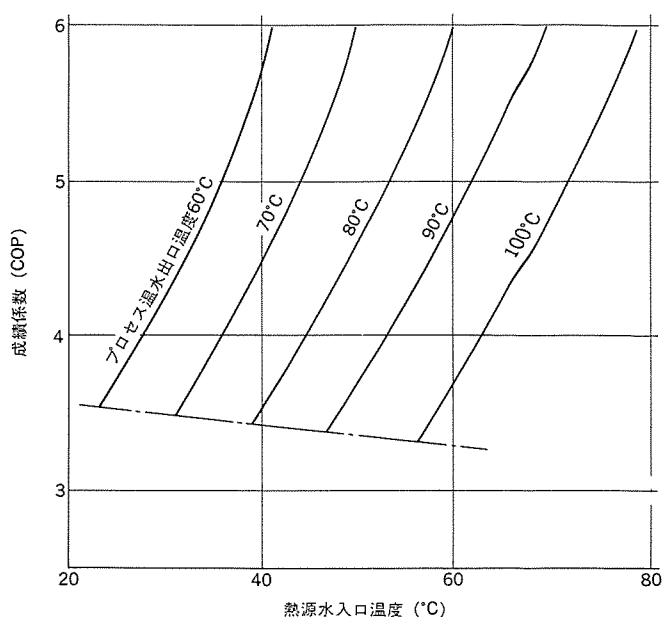


図 5. CHT 形成績係数

5. 応用システムと省エネルギー効果

高温用ヒートポンプを導入して排熱回収を行い省エネルギーを展開していく場合、まず検討すべき重要なポイントは、熱源と利用負荷の同時性、すなわち排熱量と排出パターン、ヒートポンプ加熱量と熱利用パターンの確認である。次に、ヒートポンプシステムの設備費とシステム導入によるランニングコストが既存設備の維持費と比較して経済的に有利なことを

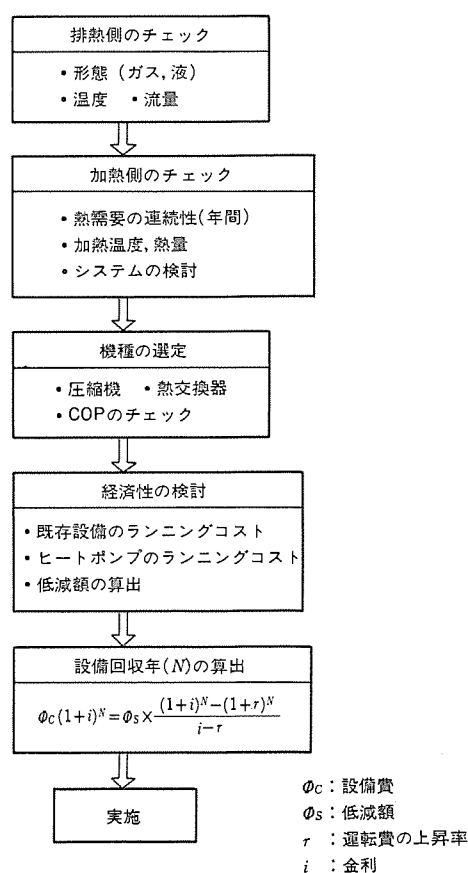


図 6. 排熱回収フィジビリティスタディの手順

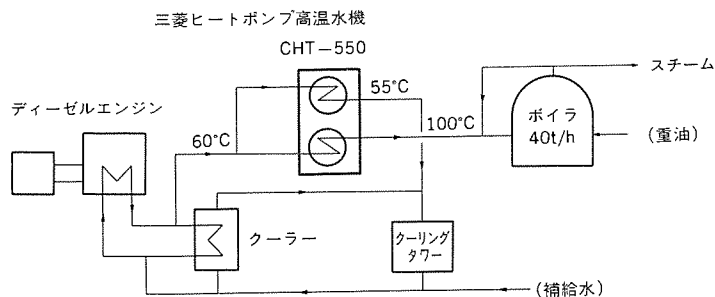


図 7. ヒートポンプ利用 システム (その 1)

が省エネルギー設備導入の必要条件である。したがって一般に排熱回収を計画するにあたってのフィジビリティスタディは図 6. に示す手順に基づいて行う必要がある。

三菱ヒートポンプ高温水機の利用はプロセス加熱、乾燥炉加熱、ボイラ補給水の加熱、吸収式冷凍機の駆動、濃縮プロセスなど広範囲である。以下に代表的な応用例を二つ紹介する。

(1) ボイラ補給水の加熱

ディーゼルエンジン発電設備の冷却水を利用した例を図 7. に示す。このシステムでは、エンジンの冷却水出口 (60°C) をヒートポンプの熱源側と加熱側に流す。熱源側ではヒートポンプで顕熱 5°C 分の熱量を利用し、更にクーリングタワーで冷却してエンジン冷却水として循環使用する。一方、加熱側に流した温水は、100°C まで加温してボイラへの補給水とする。このように従来補給水の加温に用いていたスチームの消費量を節約により省エネルギーを実現できる。

(計算例)

所要熱量	加熱側……………160 万 kcal/h
	熱源側……………129 万 kcal/h
スチームの年間エネルギーコスト……………	153,600 千円
ヒートポンプの年間エネルギーコスト (COP=3.7) ……	108,610 千円
	(80,450 千円)
エネルギー年間節約額……………	44,990 千円
	(73,150 千円)

概略設備投資額 (CHT-550)……………60,000 千円

上記計算では、スチーム単価 6 円/kg、電力単価 27 円/kWh、ただし () 内は電力単価 20 円/kWh を用いている。この計算の結果から、高温用ヒートポンプ CHT-550 を使用することにより、年間 44,990 (73,150) 千円の節約ができる。金利 10% 年、運転費の上昇率 4%/年で設備の償却を行うと、回収は 1.5 (0.9) 年となる。

(2) 濃縮プロセスの加熱

食品工業界で取扱われる牛乳濃縮装置の加熱にヒートポンプを応用した例を図 8. に示す。濃縮装置から排出される 40°C の温水をヒートポンプの熱源側に流し 30°C まで冷却する。一方、加熱側の温水は 52°C から 58°C まで加温する。このシステムでは、従来各加熱缶に流れる温水の加熱に用いていたスチームを節約して省エネルギーを図るものである。

(計算例)

所要熱量	加熱側……………78 万 kcal/h
	熱源側……………60 万 kcal/h
スチームの年間エネルギーコスト……………	74,880 千円

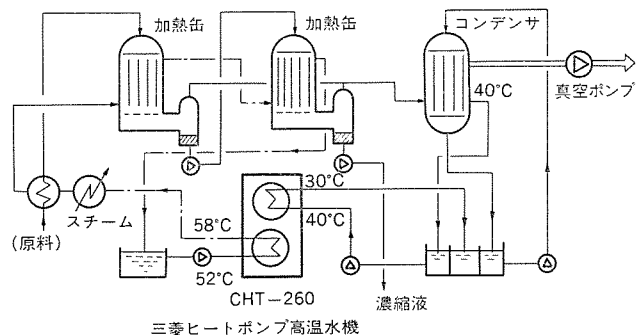


図 8. ヒートポンプ利用 システム (その 2)

ヒートポンプの年間エネルギーコスト……………	39,180 千円
	(29,022 千円)
エネルギー年間節約額……………	35,700 千円
	(45,858 千円)
概略設備投資額 (CHT-260)……………	30,000 千円

ただし、スチーム単価、電力単価は (1) 項と同じとする。このように CHT-260 を使用することにより年間 35,700 (45,858) 千円の節約ができ、設備費の償却は 0.9 (0.7) 年である。

以上の応用システム例は両者とも回収年が短かく有望である。また、自家発電設備をもつユーザーでは電力料金が更に安くなるので省エネルギーの効果が大きく期待できる。

高温用ヒートポンプの用途は現在のところ温水ボイラに取って替わる 110°C 以下が実用域であるが、将来低圧ボイラに取って替わるヒートポンプボイラとしての用途など、更に応用分野も広がるものと思われる。これらに対応した機器の開発、応用システムの検討が今後とも必要である。

6. む す び

排熱を有効利用する高温用ヒートポンプについて、開発上の技術的な課題をとらえ、装置の COP、信頼性の向上を実現するシステム、冷媒、各構成機器の選定・設計法について検討した。この結果最適なシステム、冷媒は、使用温度条件によって異なるため、熱源温度及び利用高温水温度を十分に調査したうえで選定する必要のあることが明らかになった。

これらの検討を基礎として、このたび開発した三菱ヒートポンプ高温水機は 30~60°C の温排水を熱源として、70~110°C の温水を得ることができる。この装置は信頼性が高く、しかも COP が 3.5~6 となる高効率の省エネルギー機器である。この論文においては、代表的な二つの応用例について具体的な省エネルギー効果を示したが、この高温水機は、食品工業、繊維工業、化学プラントなど幅広く利用することができる省エネルギー機器として期待されている。

参 考 文 献

- (1) 財団法人大阪科学技術センター、工場排熱の広域的利用に関する調査報告書 (昭 51-3)
- (2) 田中ほか：高温用ヒートポンプの開発、新・省エネルギー研究会資料、資料番号 ESC-81-31

三菱マイコンゴルフ練習器GL-500形

高瀬 明生*・小川 幸治*・堤 孝夫*・安田 佳則*・田口 博識*

1. ま え が き

近年の社会的な健康への関心の高まりの中で、より積極的な健康法として日常生活の中でスポーツを定期的に行おうとする人が増加してきている。スポーツの中で、ゴルフは昭和55年度1,100万人、60年度見込み1,200万人のゴルフ人口があり、多勢の人々に親しまれているスポーツである。しかし、その最も基本となるショットのインパクトの状態が自分の目では確認できず、練習によって経験と勘でそれを会得する方法しかなかった。

この三菱マイコンゴルフ練習器は、当社のマイコン技術・回路技術をベースに、プロゴルファー 鷹巣氏（鹿野山 CC）のゴルフのノウハウを組込んで開発した商品で、自分の目でインパクトの瞬間を数字などで確かめることができる。これは非常にコンパクトに設計されていて、家庭で手軽に楽しみながら自分のインパクトの欠点を容易に確認でき、ゴルフの上達が図れる健康商品である。

2. 機能と特長

マイコンゴルフ練習器 GL-500 形の外観を図 1. に、表示部を図 2. に示す。機能原理は、センサユニット内に組込まれた四つのセンサの上をクラブヘッドが通過する瞬間を検出し、マイコン処理によって下記のように

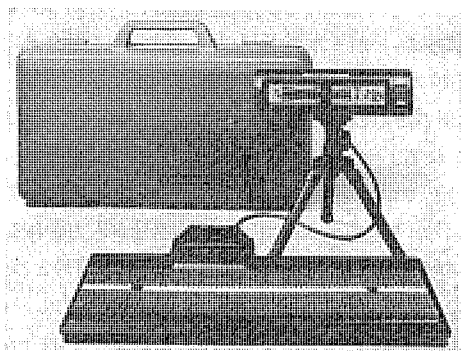


図 1. マイコンゴルフ練習器 GL-500 形の外観（セットアップ時）とキャリングケース

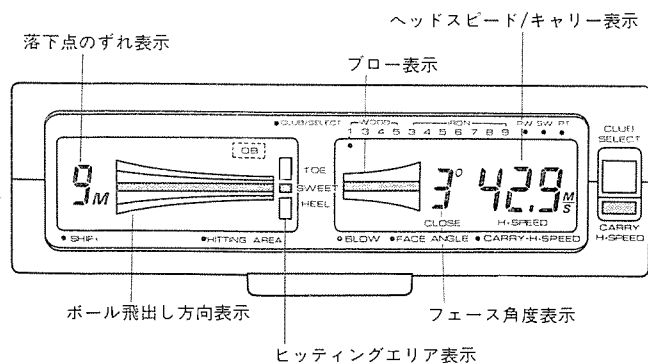


図 2. 表示部

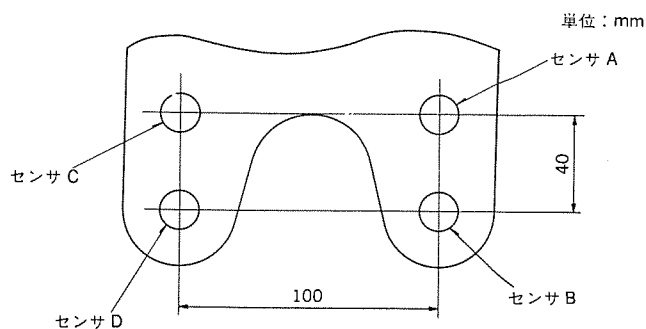


図 3. センサユニット内のセンサの位置

にインパクト時の諸データを測定、表示するよう構成している。主測定機能はヘッドスピード、フェースアングル、ブロー、ヒッティングエリアの4項目で、この測定値から更にボールの飛出し方向、キャリー、落下点での距離ずれなどを計算し、同時にそれらをディスプレイユニットの液晶面に表示する。

(1) ヘッドスピード表示〈測定〉

飛距離を伸ばすにはヘッドスピードをあげることが最も大切である。センサユニット（図 3.）のセンサ A、C 間のクラブヘッドの通過時間差からヘッドスピードを算出、秒速 (m/s) で表示する。

(2) フェースアングル表示〈測定〉

インパクト時のクラブフェースの角度を図 3. のセンサ C、D 間のクラブヘッドの通過時間差から算出し、オープン、クローズとも 1 度きざみで 0 度から 19 度まで数字で表示する。ボールをスクエアインパクトにとらえる 0 度近辺で、ヘッドスピードが大きくなるようなスイングバランスを得る練習ができる。

(3) ヒッティングエリア表示〈測定〉

クラブフェースのどの部分でボールをヒットしたか、図 3. のセンサ C、D の出力レベル差から算出し、TOE、SWEET、HEEL の 3 段階で表示する。

(4) ブロー表示〈測定〉

ボールをインパクトするまでのクラブヘッドの軌道を四つのセンサ A、B、C、D の出力差から算出し、インサイド、アウトサイド、ストレートの 3 段階で表示する。

(5) キャリー表示〈演算〉

使用したクラブごとの飛距離をキャリーで表示する。この数値は、測定したヘッドスピードでの正規のクラブロフト角で打ったときのロケットデータ値である。実際はボール飛出し角度、バックspin 量でもキャリーは変化するため参考値として利用する。

(6) ボール飛出し方向表示〈演算〉

ブローをストレートと仮定したときのボール飛出し方向を測定したフェースアングルから 7 段階で表示する。ブローがストレート以外では、フェースアングルのみから判断しているため飛出し方向は実際とずれる。

(7) ボール落下点での距離ずれ表示〈演算〉

ボール飛出し方向とキャリーの数値からストレートボールとして算出表示する。横方向スピンを測定していないためフックやスライスなどの場合は表示と異なってくる。

(8) その他の表示

OBやダフリも表示する。ダフリは検出信号の時間差から判断しているが、ダフリかターフを取る打ち方かの判断に使用できる。

(9) ドライバーからパターまでゴルフの各段階の練習ができる。ただしセンサが磁性検知方式のためウッド、パターには付属のマグシートを張って使用する必要がある。

(10) 充電式で庭先、練習場へ手軽に移動できる。

(11) 携帯に便利なキャリングケース付きで、収納スペースをとらない。以上のような機能・特長を有している。

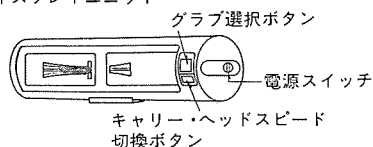
3. 構成

このゴルフ練習器 GL-500 形は、図 4. に示す機能ユニット群で構成している。構成に当たり特に留意したことは、全体がコンパクトであり可搬性も優れていること、スイング時に異和感を与えるような障害物が表面にないこと、更に屋外使用が中心となるため光などの外乱に対して安定に動作する方式とした点である。

ディスプレイユニットは充電時などの可搬性を良くするため、ビールびんの太さを有する円筒形をしており、液晶表示部、CMOS からなるマイコン・汎用ロジックなどのデジタル処理部、全体の電源を供給する充電用バッテリーなどを内蔵するメインユニットである。使用の際には表示部の見やすさと、地表へのじか置きを防ぐために三脚を取付ける。

センサユニットは図 4. に示す位置に配置し、クラブヘッドの動きを検出する 4 個の磁気センサとこのセンサからの信号を増幅するリニア回路

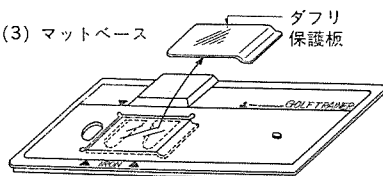
(1) ディスプレイユニット



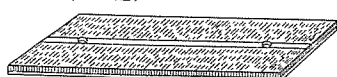
(2) センサユニット



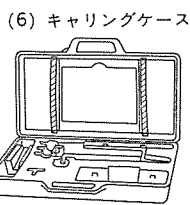
(3) マットベース



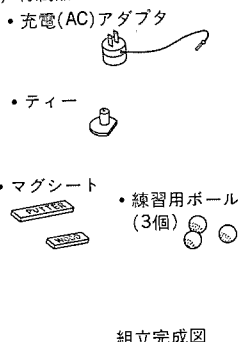
(4) マット(人工芝)



(5) スタンド



(7) 付属品



組立完成図



図 4. マイコンゴルフ練習器 GL-500 形の構成部品

基板を内蔵した機能ユニットで、マットベースに挿入して使用する。ディスプレイユニットとは、DIN コードで接続する。

マットベースは、ショット時の衝撃からセンサユニットを保護するため上面にポリカーボネイト板のプロテクタを設け、更にセンサユニットとプロテクタ間にはエアギャップを設けた構造としている。この上面に付属の人工芝マットをのせて使用する。

収納時、これら全品を収めるキャリングケースは、ポリエチレンの押し出しチューブによる二重壁中低圧ブロー成形品を使用しており、軽量で耐衝撃に優れている。

このほか、充電用アダプタ、ティーなどを付属しており、使用に当たってはディスプレイユニット充電後(8時間充電にて6時間の連続使用可能)センサユニットをマットベースに挿入し、ディスプレイユニットとDINコードで接続後、電源スイッチをONにすれば使用できるので、組立も簡単である。なお収納時の全重量は、4.9 kg で持ち運びに手頃な重量である。

4. システム構成とハードウェア

ゴルフ練習器 GL-500 形のシステム構成図を図 5. に示す。使用している 2 個のマイクロコンピュータ(以後マイコンと称す)は、専用プログラムを記憶した 2 K バイトのマスク ROM と、一時的にデータを記憶する 512 ビットの RAM を有する 4 ビットマイコン 1、及び 1 K バイトのマスク ROM と 256 ビットの RAM を有する 4 ビットマイコン 2 で構成し、インパクト時の諸データを両チップ内のソフトウェアで処理を行っている。この両チップは CMOS を採用しているため、低電力で電池動作も可能である。

マイコン 1 は入力ポートとして 4 本の P1 入力線を有し、出力ポートは 4 本の P3 出力線からなり、入出力ポートは各 4 本の P4、P5、P6 ポートからなる。更に外部割込み 2 本と LCD を直接駆動できるドライバ出力 28 本を内蔵したフラットパッケージタイプのマイコンである。マイコン 2 は入力ポートが 4 本の K 入力線からなり、出力ポートが 8 本の O 出力と 10 本の R 出力線からなる。

内部処理のための入力情報は P1、P4、P5、P6 及び K 入力から取込まれる。マイコン 1 の P1 ポートへはディスプレイユニットからの KEY 信号とマイコン 2 からの算出結果信号で、表示情報としてのクラブ選択信号、キャリー/ヘッドスピード切換信号が入力される。更に P3 出力からの要求指令に基づき、マイコン 2 が応答信号とブロー、ヒットインエリアのためのステータス信号を O ポートから出力し、これらの信号をマイコン 1 が授受する。P4、P5、P6 ポートへはセンサユニットから各センサ間をクラブヘッドが通過するときの時間信号、表示情報としてのヘッドスピード信号、フェースアングル信号などが入力される。マイコン

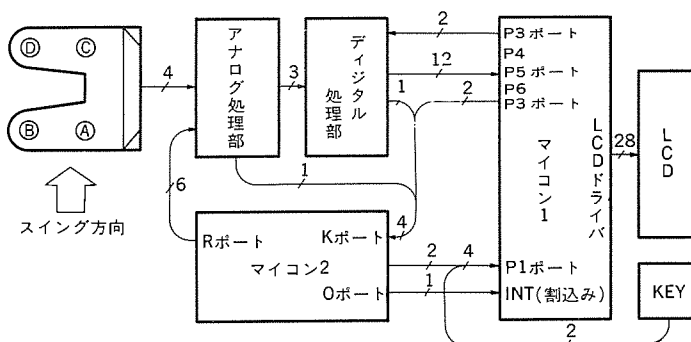


図 5. GL-500 システム構成図

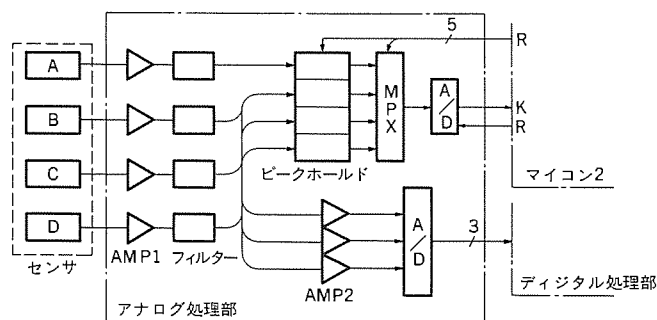


図 6. アナログ処理部構成図

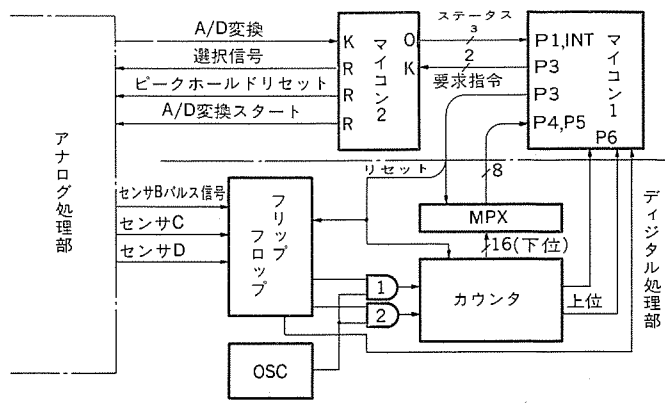


図 7. デジタル処理部構成図

2のKポートへは、各センサからの出力値信号がRポートからのスロー信号に同期して入力されるとともに、マイコン1からの要求指令を入力する。

出力系としてはこのほかにLCDドライバがあるが、これはLCD表示データの出力用として使用している。なおインパクト時の諸データを短かい時間で表示するために、ハードウェアでセンサからの出力信号を2種類の信号に分割する方式を取っている。以下ハードウェア主要部について詳述する。

4.1 アナログ処理部とデジタル処理部

(1) アナログ処理部の構成は図6.に示すように、永久磁石とコイルからなる4個のセンサ上をクラブヘッドが通過することにより各センサから微小の誘導起電力が発生する。この信号には誘導

性ノイズが混ざっており、スイング時の信号からピーク値とゼロクロス点を正確に抽出するため、各センサからの出力信号を増幅後フィルター回路を介し、それぞれピークホールド回路と最終増幅回路へ転送する。

ピークホールド回路では、センサ出力信号のピーク値を各々のセンサごとに記憶し、その出力はアナログスイッチで構成するMPX回路へ入力し、マイコン2からの選択信号に従ってMPX出力はA/D変換後Kポートへ入力する。一方ノイズカットされた有効信号のゼロクロス点を抽出するために、更に増幅後A/D変換回路へ転送されてパルス信号となる。このパルス信号はデジタル処理部で処理する。

(2) デジタル処理部(インタフェース部)は、マイコンとアナログ処理部のインタフェースを行い、図7.に示すように各センサ間の時間データをマイコン1が取込むため、アナログ処理部で出力するパルス信号の立下がり部(ゼロクロス点)をフリップフロップ回路で受け、バックスイングなどのリカーススイングによる信号を識別し、必要なスイング信号のみを抽出して各センサ間の時間信号をAND回路へ入力すると同時に、フェース向けデータをP6ポートへ入力する。カウンタはANDされたクロック数をカウントアップし、上位のカウントアップ信号を逐次P6ポートへ入力すると同時に下位カウントアップ信号をMPX回路へ入力している。P3ポートのカウントデータ選択信号によりカウント停止後、下位カウントアップ信号がP4、P5ポートから読込まれる。その後マイコン1からのリセット信号をP3ポートから出力し、デジタル処理部が初期状態に戻る。

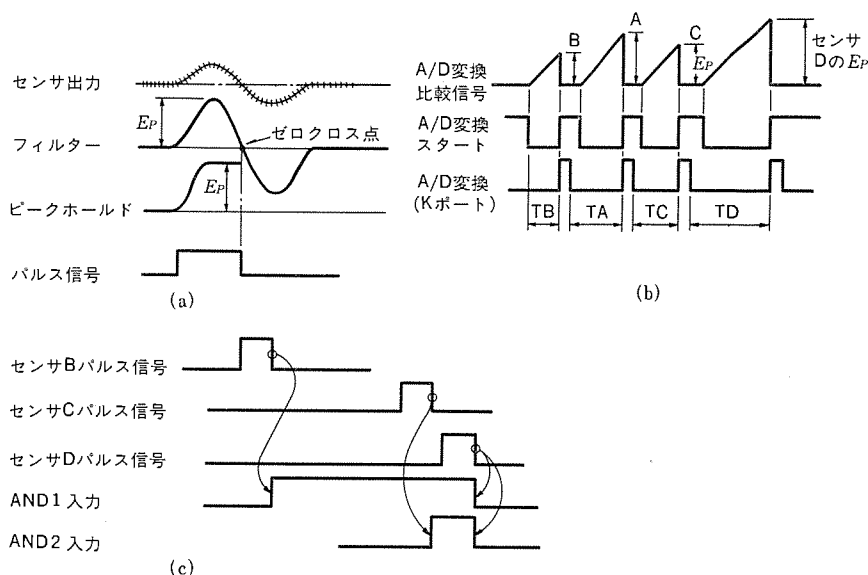


図 8. GL-500 タイミングチャート

4.2 表示部

表示部は2個のLCDを備え、すべての表示はマイコン1のLCDドライバからコモン信号とセグメント信号を受けてダイナミック点灯を行っている。LCDは点灯セグメント数から駆動電圧方式、点灯周期は1/3 バイアス、1/4 デュティを採用している。

以上の信号処理のタイミングチャートを図8.に示す。

5. ソフトウェア

GL-500形のゼネラルフローを図9.に示す。プログラムは汎用性を持たせるため、メインルーチンを数種のステップに分けたスタート方式を採用し、入出力制御及び演算処理をサブルーチン化している。

電源を投入するとプログラムはスタートし、RAMを初期設定する。次に各入出力ポートの初期設定に移る。次いでマイコン1はLCDに初期表示データを転送し表示する。マイコン2はピークホールド回路の初期値データを読取る。両チップはクラブヘッド検知信号であるセンサBからの信号状態を検出し、この後の動作を決定する。マイコン1ではディスプレイユニットからキー入力があればキー処理プログラムに行き、所定のデータ処理を受け、プログラムのスタート部分に戻る。センサユニットからセンサBのデータ入力があれば、両チップとも同時に動作制御プログラムに移り、残りのセンサ情報をロードする。ロード後、情報が正常か否かを判断し、演算プログラムに移行する。マイコン2の演算プロ

グラムは初期値データとスイングデータとの差の結果を演算することによ

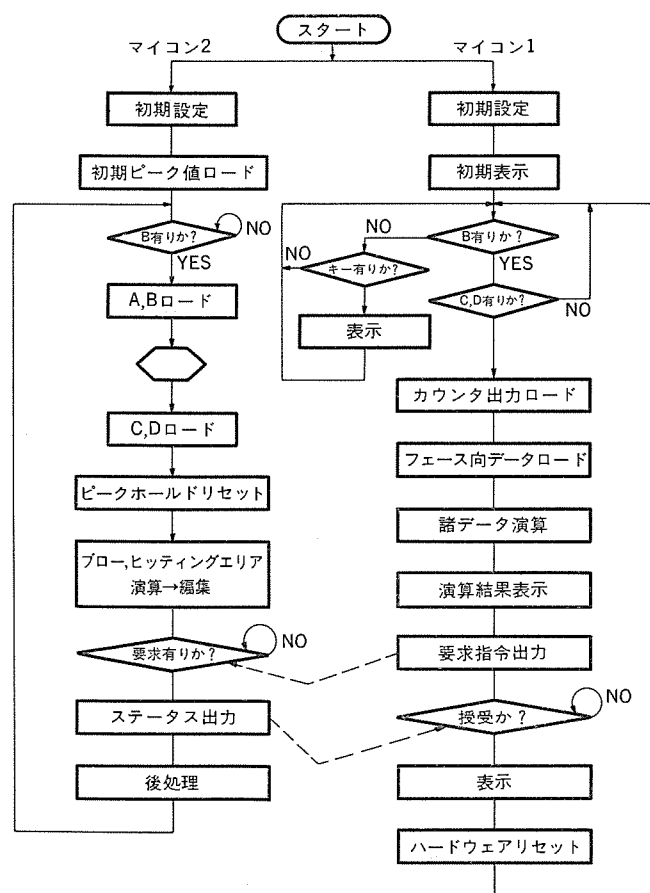


図 9. ゼネラルフロー

り、ブロー、ヒッティングエリアデータを算出し、マイコン 1 からの要求指令を待つ。

マイコン 1 の演算プログラムはカウントデータとクラブ選択データを基に諸データを算出し、結果を LCD 用表示パターンデータに編集して表示する。次にヘッドスピードが 10 m/s 以上であればマイコン 2 にステータス要求指令を、未満であればステータス不要指令を出力しマイコン 2 の応答を待つ。この応答信号は割込処理プログラムで処理され、ステータスをロードする。ロードしたステータスを判別し、それぞれブロー、ヒッティングエリアを細分化し編集する。編集結果を LCD に表示後、デジタル処理部にリセット信号を出力して一連の動作を終了する。

以上のようなプログラム処理の後、再度プログラムのスタート部分に戻り、プログラムは必要な処理を実行しながら回りつづける。

6. む す び

多様化し過密化した社会において、現代人はストレスの蓄積や運動不足といった問題を持っている。この製品はだれでもが簡単にしかも楽しみながら、これらの問題を解決できる商品を開発する目的で生まれたものであり、センサ技術、マイクロコンピュータ技術をうまく利用することにより、コンパクトで使いやすい形状にまとめあげることができた。

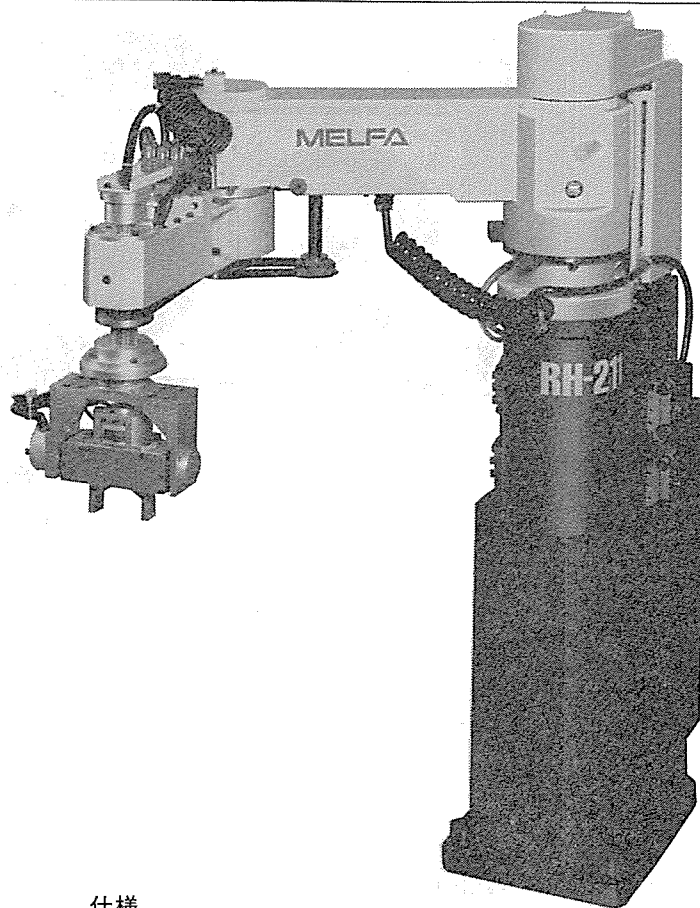
ゴルフというスポーツの世界に科学を導入することにより、家庭においてもゴルフの腕を上げることができるうえに、楽しんで運動できるという新しい概念の健康商品、スポーツ商品の一つの提示ができたといえる。今後もスポーツ、レジャー分野にエレクトロニクスを応用した商品を進んで開発する予定である。

最後にゴルフ練習器 GL-500 形の商品化に際し、種々御協力いただいた関係者各位に深く感謝する次第である。

産業用組立ロボット 《MELFA-RH211》形

このたび三菱電機では、広範囲な組立産業分野の省力化、無人化を目指し、小形軽量でコンパクトな水平関節形組立ロボット《MELFA-RH211》を発売しました。

この《MELFA-RH211》は、第1アーム、第2アームはもとより、先端工具の回転及びアーム全体の上下方向駆動も、DCサーボモータを採用した同時4軸制御の高性能ロボットです。このロボットと組立用周辺機器とを組み合わせると、多種少量生産形の組立用FMS（フレキシブル生産システム）が構成できます。そのためのインターフェイスは、ライン化も考慮してユーザー解放の入出力点数各16点以上に固定機能の入出力ボードを持ち、いっそう使い易さを追求しています。



特長

●水平関節形でありながら、円筒座標形ロボットのように上下軸があり、高さを自由に変えることができます。組立作業の大部分を占める上下方向の組立がやり易くなっています。特に、先端工具を回転させながら部品挿入を行なうなどの応用ができます。

●高精度、高速位置決め

駆動モータの配置を工夫し、アーム可動部の重量を減らし、短かい加減速時間と最高2m/秒の動作速度で高速化を図りました。また、±0.05mmの高精度な位置繰返し精度を持っているため、正確な組みあい作業も容易に行えます。

●豊富な機能と操作性の向上

ロボットの制御装置には、16ビットマイクロプロセッサ、磁気バブルメモリ、CRTキャラクタディスプレイ、完全密封形本体など、長年にわたり培われた数値制御を中心とした高度なエレクトロニクス技術を駆使。座標シフト、直線補間、パレタイジングなどの豊富な機能が盛り込まれており、使い易くなっています。また、このロボットは、プレイバック方式とMDI方式の併用によりティーチングが容易になっています。更に、動作記述レベルのロボット言語とメニュー方式（CRT画面へ入れるデータの位置を表示する方式）との採用により、高度なプログラミングが可能となっています。

●自己診断機能の充実

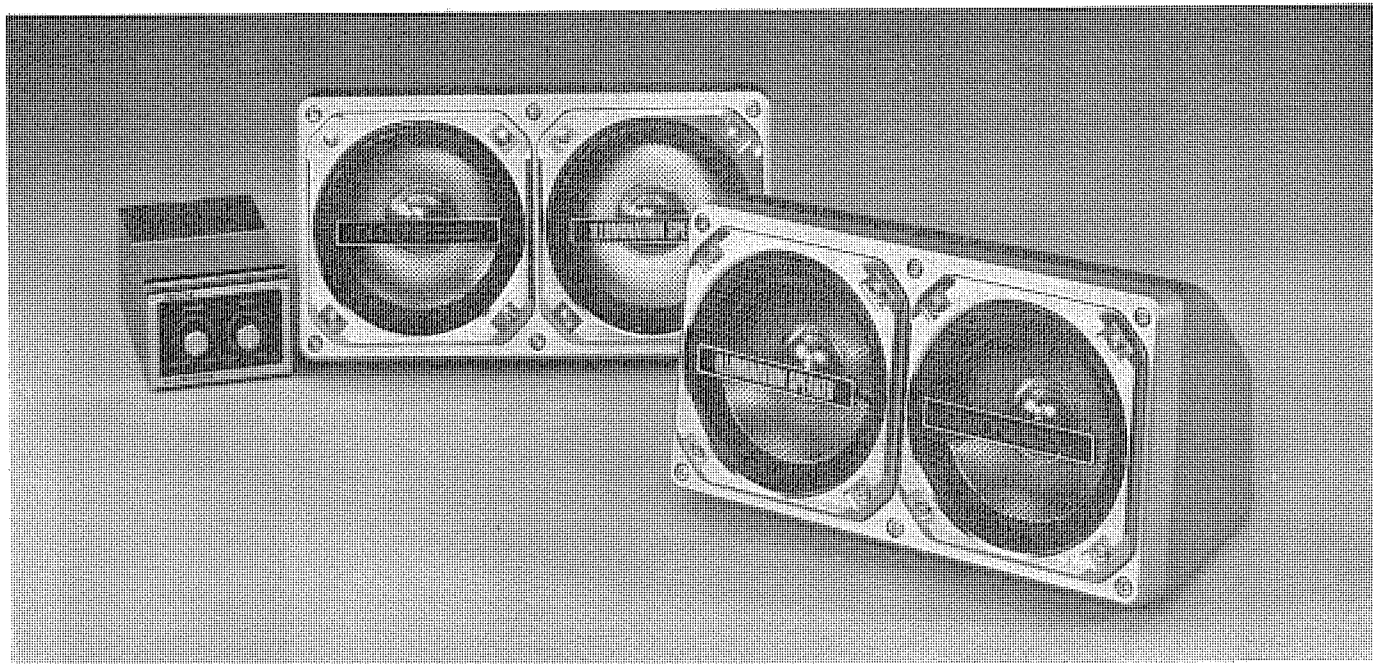
異常診断、自己診断機能は100以上あり、診断内容を即座にCRTに表示できます。

仕様

項 目		内 容
本 体	アーム長さ (L ₁ + L ₂)	400 + 250mm
	上 下 (Z)	300mm
	第1アーム旋回 (Q ₁)	±135°
	第2アーム旋回 (Q ₂)	±135°
	手首ひねり (Q ₃)	±160° (オプション±300°)
コ ン ト ロ ー ラ	最大速度 アーム先端	2000mm/sec
	アーム回転	180°/sec
	位置繰返し精度	±0.05mm
	可搬重量	最大10kg
	駆動方式	DCモータによる電気サーボ駆動
コ ン ト ロ ー ラ	本体重量	約100kg
	教示方式	MDIおよびティーチングプレイバック
	制御方式	PTP, CP (直線補間)
	制御軸数	4軸 (同時)
	位置制御	ソフトウェアサーボ
	データメモリ	標準1000点、最大6000点
	外部補助記憶	バブルメモリ
	座標系	直交座標系 (ロボット系、ワーク系等あり)
	外部入出力点数	入力16点、出力16点 (オプションで追加可)
	ロボット言語	動作記述レベル言語有り
コ ン ト ロ ー ラ	操 示 操 作 盤	有り
	自己診断機能	有り
	電 源	AC100/100V (又はAC200/220Vオプション)
	構 造	自立完全防じん形

注) この仕様はRH-211のものですが、シリーズとしてRH-111、RH-212の2機種があります。

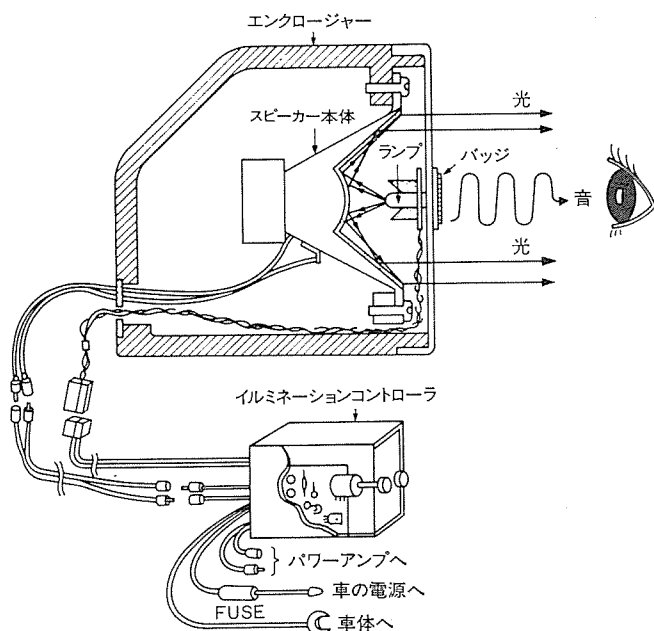
カーオーディオコンポーネント用 イルミネーションスピーカーSX-S5形



三菱電機では、このたびカーオーディオコンポーネント《オルフェス》の開発テーマ「音と光とフィーリング」をスピーカー領域に拡大した「光るスピーカー、SX-S5」を新発売しました。このSX-S5形は、

光を自由にコントロールできるようにするとともに、より忠実度再生を図ることにより、完成度の高い商品にしました。

イルミネーションスピーカー機構図



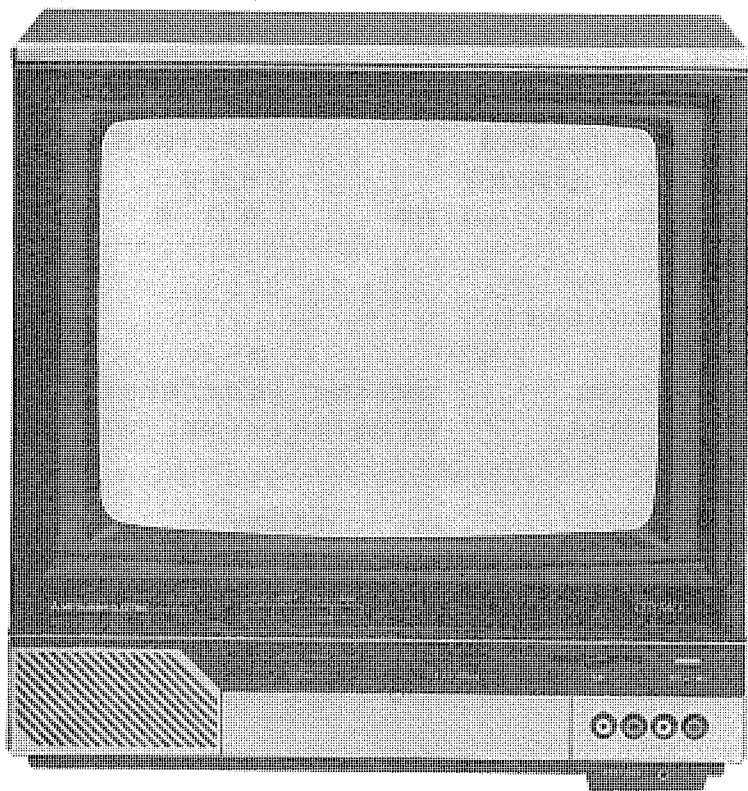
特長

- 10cmメタルコーンが音量に呼応して鮮やかなグリーンとオレンジに輝き、点滅します。
- 点灯の輝度と感度調整が手元操作で行える「イルミネーションコントローラ」付きです。これにより、いかなる音量でも、音楽の変化に対し、光が最もダイナミックに躍動できるように調整設定できます。光の明るさも自在にコントロールできます。
- スピーカーは、豊かな低音と忠実度再生を可能にするパッシブラジエータ方式を採用しています。
(注)パッシブラジエータ方式：磁気回路を持たない振動板だけのコーンをパッシブラジエータといい、これが一定周波数で共振して低音を増強するものです。
- どんな車にもジャストフィットする、軽量エンクロージャーを採用しています。

仕様

スピーカー方式	パッシブラジエータ方式
使用スピーカー	10cmメタルコーン形
インピーダンス	4Ω
再生周波数帯域	100～22,000Hz
出力音圧レベル	87dB
最大許容入力	30W
定格入力	15W
外形寸法(W×H×Dmm)	230×128×129
重量	1.5kg(1個)

マルチユースモニターテレビ 《CITY FACE2000》(14CT-D27V)



三菱電機では、このたびパーソナルコンピュータディスプレイ機能と、鮮明なカラー画像とを両立させたマルチユースモニターテレビ《CITY FACE 2000》(14CT-D27V)を新発売しました。これは、家庭用カラーテレビをパーソナルコンピュータ、VTR、ビデオディスクなど、映像機器のディスプレイとして利用する新しいニーズに対応するために開発したものです。

特長

●高品位カラーブラウン管の採用

シャドウマスキングをカラー映像の表示と、文字・図形の表示とを両立させる最適値0.40mmとし、小さな文字や細かい縞模様をくっきりと再現します。また、当社独自のスーパーハイコントラストシステム、マルチステップフォーカス電子銃の採用により、明るい場所でも見易く、解像度も約30%向上しています。

●高品位画像

新開発のクシ形フィルタの採用によりドット防害、クロスカラーを除去し、水平解像度も従来の270本から330本(アンテナ入力時)に向上しました。

●パーソナルコンピュータに対応

高品位カラーブラウン管により2000文字表示を可能とし、また、パーソナルコンピュータからの出力をダイレクトに接続できるRGBインタフェースを内蔵しています。

●ワンタッチ入力切換

アンテナ入力端子、ビデオ入力端子、RGB入力端子の3種類の端子を備えテレビ放送、VTRやビデオディスクなどの、ビデオ入力2系統及びパーソナルコンピュータなど、RGB入力をワンタッチで選択することが可能です。

●映像新時代への対応

高品位カラーブラウン管、クシ形フィルタ、新映像回路により、家庭用テレビとしては初めて解像度400本以上(ビデオ信号入力時)を実現。文字多重放送、キャプテンシステム、衛星放送などのニューメディアに対応できるように考慮しています。

仕様

電 源	AC100V 50/60Hz
消 費 電 力	70W
音 声 出 力	2.5W
テ レ ビ 入 力 (アンテナ端子)	VHF 75Ω 不平衡型 UHF 200Ω 平衡型
ビ デ オ 入 力 (映像・音声)	2端子(前面1, 後面1)
R G B 入 力	1.入力信号 (1)映像信号 RGBセパレート直接ドライブ方式 TTLレベル正極性 (2)周期信号 水平 TTLレベル負極性 垂直 TTLレベル負極性
	2.入力インピーダンス 映像約270Ω 水平周期 約260Ω 垂直周期約270Ω
	3.入力コネクタ 角型8ピンコネクタ
	4.表示文字数 最大2000文字(5×7ドット, 80文字×25行)
	5.表示ドット数 水平 560ドット 垂直 230ライン
	6.表 示 色 8色
	7.偏向周波数 水平 15.75KHz 垂直 60Hz
出 力 端 子	テレビ出力端子…1 イヤホン端子……2
ブ ラ ウ ン 管	幅28.1cm 高さ21.1cm
ス ピ ー カ ー	5×9cm だ円形 1個
外 形 寸 法	幅37.7×高さ38.4×奥行38.6cm
重 量	13.4kg

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
921300	無溶剤フニスによる絶縁電線の製造方法	{平岡幸郎・田辺文男 鈴木康弘・角田 誠 柴山恭一	921305	脱硝方法	吾妻健国・後藤令幸
921301	電子線硬化性フニスによるオーバーコート絶縁電線の製造方法	{平岡幸郎・古田堅司 鈴木康弘・角田 誠 柴山恭一	921306	蛍光ランプ	{村上勝男・大谷光興 梅田三郎
921304	蛍光ランプ	{村上勝男・大谷光興 平田東洋夫・梅田三郎	921309	脱臭装置	{吾妻健国・土居邦宏 池田 彰
			922279	パルス発信機	桜井五十次・西岡隆文
			922284	長さ測定装置	村西有三
			922295	6相クロックパルス回路	谷口 真

訂 正 Vol. 56 No. 6 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。

	正	誤
・ P.25左側上から15行目	……村野浄水場は、大阪府枚方市に位置し 庭窪浄水場とともに府下28市7町に上 水を供給している。	……村野浄水場は、大阪府枚方市に位置し 府下28市7町に上水を供給している。
・ P.25右側上から5行目	……中央管理室……	……中央監視室……
・ P.27左側下から7行目		

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 56 No. 10 発電プラント特集

特集論文

- 改良型原子炉保護装置“ANCAP 80 保護系”
- PWR 型原子炉用炉内温度計装装置
- PWR プラント廃棄物処理系のデジタル制御・監視システム
- 原子力プラント多機能シミュレーションシステム
- 中小水力発電への誘導発電機の適用
- 中小水力発電所向け運転制御装置
- 水力発電所用総合監視装置
- 四国電力(株)分水系各発電所納め出力自動制御装置
- 火力発電所納め高圧電動機の信頼性向上
- 相生火力1号最新鋭中間負荷火力の電気設備と自動化の概要
- 集光形太陽光発電システム

普通論文

- 高圧配電線用電撃防止器
- 抵抗溶接機用漏電遮断器
- 5 インチ固定ディスク装置 M 4863
- 密閉形カードユニットの新冷却法
- パターン計測応用の新形果実・野菜選別システム

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 56 巻 9 号	
委員長	志岐守哉	委 員	野村兼八郎	(無断転載を禁ず)	
副委員長	大谷秀雄	”	山内 敦		
”	三浦 宏	”	柳下昌平	昭和 57 年 9 月 22 日 印刷 昭和 57 年 9 月 25 日 発行	
常任委員	佐藤文彦	”	立川清兵衛		
”	峯松雅登	”	徳山 長	編集兼発行人	諸 住 康 平
”	田中克介	”	柴山恭一	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
”	葛野信一	”	早瀬通明	発 行 所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号 (〒 100) 菱電エンジニアリング株式会社内
”	井上 通	”	荒野 喆也	発 売 元	「三菱電機技報社」Tel. (03) 218 局 2045
”	阿部 修	”	瀬辺国昭		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
”	吉田太郎	”	倉橋浩一郎	定 価	Tel. (03) 233 局 0643 (代), 振替口座東京 6-20018
”	野畑昭夫	”	小原英一		1 部 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)
”	的場 徹	幹 事	諸住康平		
”	尾形善弘	”	足立健郎		
		9 号特集担当	川井 尚		

三菱電機が昭和53年に業界で初めてファンヒーターを発売して以来、この7月で生産台数が200万台（当社累計）を突破しました。今やファンヒーターの売上高は、ポータブル形石油ストーブを追い抜き、今年度の世帯普及率も16%に達すると予想される成長率の高い商品になりました。更に、今年度発売のファンヒーターは、基本性能の向上に加えて、マイクロコンピュータの採用によって経済性、操作性、信頼性の改善を図りました。



特長

●ムダな暖めすぎを抑える燃焼3段制御

HI-LO-OFFの燃焼3段制御は、ルームサーモの設定温度より約5℃室温が上昇すると、自動的にOFF機構が働きムダな暖めすぎを抑えます。また、室温が設定温度まで下がると、自動的に着火する石油ファンヒーターでは初めての機構を備えています。

●見える温度と時間「レッドサイン」

12個の発光ダイオードでルームサーモの設定温度（点灯）と室温表示（点滅）を同時に表示。12時間点火タイマー（マイコン式）の使用時は、まず設定時間が表示され、着火と同時に設定温度と室温表示に切り替わります。

●基本性能の向上

プレパージ運転に加えて点火プラグを2極式にし、更に放電回数を電源周波数と同期にして、点火期の臭気を可能な限り抑えました。また、ステンレス積層方式のバーナヘッドの採用によって燃焼騒音の低減と予熱時間を約3分30秒に短縮しました。

●コンパクト・軽量化

ポータブル形石油ストーブとほぼ同じサイズにコンパクト化するとともに、石油ガス化ファンヒーターとしては最軽量級の16.3kgにしましたので、収納性、可搬性が向上しました。

●自己診断機能

電気系統に異常がないかどうか自己診断し、万一異常が生じたときは、3つのランプが同時点滅して異常を知らせます。更に、マイクロコンピュータに搭載したサービスプログラムによって故障箇所がすぐに判明しますので、サービス性が良くなりました。

●安全性の向上

耐震自動消火装置、温度過昇防止装置などに加えて、万一の酸欠に備えて自動消火する換気ランプシステムの動作レベルを自己設定方式にしましたので、安全性はさらに向上しました。

仕様

形 名		KD-32ETD	KD-25ETD
暖 房 能 力		(強)3,200—(弱)約1,850kcal/h	(強)2,500—(弱)約1,450kcal/h
灯 油 消 費 量		(強)0.388ℓ/h	(強)0.303ℓ/h
タンク容量		4.6ℓ	
燃焼持続時間		(強)12時間	(強)15時間
電 源		100V・50/60Hz	
定格消費電力		62/56W	
点火時消費電力		460W	
暖房の めやす	木 造	6畳～10畳	4.5畳～8畳
	コンクリート	8畳～13畳	6畳～10畳
温 風 量		2.4m³/min	
運 転 音		(強)38/39dB	
室 温 調 節		電子式ルームサーモ(HI-LO-OFF/HI-LO)	
点火タイマー		マイコン点火タイマー(12時間セット)	
安 全 装 置		耐震自動消火装置、温度過昇防止装置、停電時安全装置、点火安全装置、換気表示装置	
その他の装置		水検知装置、給油表示装置、セーブ運転装置、室温表示装置	
外 形 寸 法		高さ470×幅600×奥行245mm(置台642×339mm)	
製 品 重 量		16.3kg	
色		木目・アーモンドホワイト	