

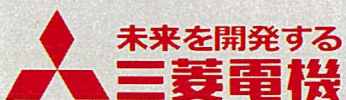
MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.56 No.5

レーザ応用特集



5
1982

レーザ応用特集

目次

特集論文

半導体レーザを用いたビデオディスクプレーヤー.....	1
上村 勝・久保高啓・平沢和夫・近藤光重・木目健治朗	
三菱POSバーコードリーダー.....	5
大和真二・妹尾俊彦・西 和郎・倉橋浩一郎	
光ファイバ応用計測装置.....	9
田井修市・久間和生・布下正宏	
三菱レーザ式表面検査装置.....	13
鈴木明夫・亀井光仁・稲荷隆彦・竹内宗昭・向井文章	
無声放電励起(SD)式炭酸ガスレーザ加工機.....	18
田畑則一・八木重典・森 一平・金原好秀・林 榮吉	

普通論文

三相一括形ガス絶縁母線.....	25
桑原 宏・但田昭司・倭 雅英・沼 芳伸・安田 勝	
走行風利用送油自冷式車両用主変圧器.....	31
佐藤正信・佐藤辰夫・安部 勉・遠藤道忠・平山良雄	
水道用広域監視制御システム.....	36
津吉信夫・中野 栄・中島弘善・真坂博好・坂下龍司	
工場内設備集中管理システム.....	41
石田準一・林 洋一・赤塚和裕・矢野哲雄・有村慎一	
三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》.....	46
貴田篤志・赤桐行昌・中川正護・押見哲朗	
三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》のソフトウェア.....	51
貴田篤志・出口博章・飯川昭一・居原田邦男・北原拓也	
工作機械主軸用インバータ駆動ACモートル.....	56
松本圭二・深沢和夫・杉本英彦	
マルチセントラル空調システムのシミュレーションの実証研究.....	62
山下紀夫・阿川正憲・小松正樹	

特許と新案..... 23

同期間欠駆動装置

熱交換器

エンジン遠隔制御装置における自動減速装置

当社の登録特許一覧..... 68

スポットライト

三菱冷凍冷蔵庫MR-2402V形3ドア..... 66

壁掛タイプ薄形《ロスナイ》..... 67

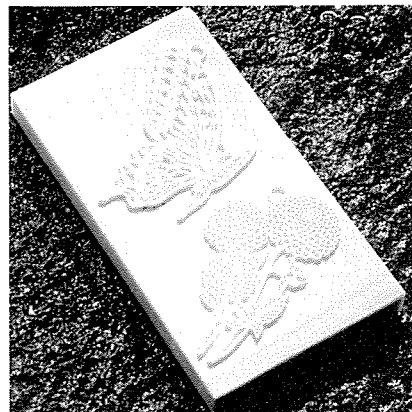
三菱オフィスコンピュータ《MELCOM 80》OFFICELANDモデル8..... (表3)

表題

人工大理石のレーザ彫刻

この彫刻は、無声放電励起式炭酸ガスレーザ加工機(本文P.18参照)を用い、マスク法により作成されたものである。人工大理石の寸法は110mm(長さ)×60mm(幅)×12mm(厚さ)で、彫刻の深さは1mm、加工に要したレーザ照射時間は約80秒である。加工精度はマスクの模様の寸法精度そのもので決まる。単純なあるいは規則的なパターンは、CNCによりマスクなしで彫刻することができる。

この加工例からみて、当社の炭酸ガスレーザ加工機が次世代技術革新の担い手と言われるニューセラミック、複合材料の加工やアモルファス材料の製造・加工に威力を発揮することが期待される。



アブストラクト

半導体レーザを用いたビデオディスクプレーヤー

上村 勝・久保高啓・平沢和夫・近藤光重・木目健治朗

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P1～4

ビデオディスクプレーヤーの技術開発の焦点の1つは、光源にHe-Neレーザに代る半導体レーザをいかに使いこなすかにある。今回、当社TJS形可視光半導体レーザを用いたピックアップを開発し、ビデオディスクプレーヤーに搭載した。この小形軽量化、省電力化されたプレーヤー試作機は、He-Neレーザを用いたものと同等の性能を有することを確認した。ここではプレーヤーの概略説明と半導体レーザピックアップについて述べる。

無声放電励起(SD)式炭酸ガスレーザ加工機

田畑則一・八木重典・森 一平・金原好秀・林 栄吉

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P18～22

レーザ応用技術発展の中で、加工用大出力炭酸ガスレーザの高性能化、信頼性の向上などが進められている。今般当社では、オゾンイザ放電でよく知られる無声放電を、炭酸ガス分子励起に応用した世界でも初の全く新しいレーザ加工機の開発、製品化を行った。このレーザ加工機は、100kHz以上の交流高周波放電を自在に変調することによるパルスレーザ発振が最大の特長で、今後レーザ加工分野の拡大にも寄与することが期待される。

三菱POSバーコードリーダー

大和真二・妹尾俊彦・西 和郎・倉橋浩一郎

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P5～8

POS用のバーコード値札自動読取装置として、レーザ光の走査にホログラムを使用したバーコードリーダを開発した。この装置は、共通商品コードとしてのバーコードシンボル(JANコード)をレーザ光によって読取るスキャナで、ホログラムの回折現象を利用することにより、簡単な光学系で寸法の小さい(高さの低い)バーコードの読取りを可能とした。本文では、この装置の構成、機能、特長につき概要を報告する。

三相一括形ガス絶縁母線

桑原 宏・但田昭司・倭 雅英・沼 芳伸・安田 勝

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P25～30

当社では、早くからガス絶縁母線(GIB)の研究開発に着手し、昭和53年以来、実系統での検証や製品の納入により現在までに多数の実績を得てきたが、変電所の大容量化や環境上の問題から、GIBを適用するのみならず変電所のあり方まで追究する“新しい変電所”の一部として用いることが活発になってきている。この要求に対応した三相一括形GIBは大きく期待されるが、相分離にない適用上の留意点もあり、構造・特長・性能・適用などについて述べる。

光ファイバ応用計測装置

田井修市・久間和生・布下正宏

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P9～12

光ファイバの高絶縁性、耐誘導雑音性などの特長を活用して、高電磁界下にある運転中の電力機器、工業プラントなどの計測制御を行うために、光ファイバ応用計測装置及び各種光ファイバ応用センサの開発を進めている。

本稿では光ファイバレーザドップラ速度計、光ファイバ応用温度測定装置及び加速度測定装置につき、それらの概要を紹介する。

走行風利用送油自冷式車両用主変圧器

佐藤正信・佐藤辰夫・安部 勉・遠藤道忠・平山良雄

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P31～35

走行風を利用した送油自冷式TM924形(電車用)主変圧器を製作した。この変圧器は、油冷却器用電動送風機が不要であり、保守の省力化、耐雪・耐候性向上などの長所がある。製作にあたり、走行風の特質把握と、これを冷却に利用するための構造・機能両面の試験・検討を行った。実車搭載後の運転走行時の油温度は、現用の強制風冷式変圧器と同程度であり、自冷式が十分実用に供しうることが確認できた。

三菱レーザ式表面検査装置

鈴木明夫・亀井光仁・稲荷隆彦・竹内宗昭・向井文章

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P13～17

三菱レーザ式表面検査装置は、これまでの同種表面検査機に比べて高い欠陥分解能と高速で多様なパターン処理機能を備えたことを特長としている。これは、回折現象を利用した高感度な光学ヘッドとマイクロプロセッサを多重利用したパターン処理回路を装備したことにより実現したものである。

ここでは、実プラントで稼働中のシステム例を紹介するとともに、装置の動作原理、構成などを詳述する。

水道用広域監視制御システム

津吉信夫・中野 栄・中島弘善・真坂博好・坂下龍司

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P36～40

最近の水道施設管理システムでは、給配水系統も含めた総合管理システムが増えてきた。水の安定供給と水資源の有効利用を図るため、末端に至るまで水の適正運用を行い、できるだけ無駄を省くものである。

本稿ではそのような目的で設置された最近の広域監視制御システム2例を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 18~22 (1982)

A CO₂ Laser with Silent-Discharge Excitation

by Norikazu Tabata, Shigenori Yagi, Kazuhira Mori,
Yoshihide Kimbara & Eikichi Hayashi

Advances in laser-application technology have improved the performance and reliability of high output CO₂ lasers for machining. The world's first machining equipment using silent (ozonizer) discharge to excite the CO₂ molecules has now been developed and marketed by Mitsubishi Electric. This innovative equipment is characterized mainly by pulsed laser excitation using freely modulated AC with frequencies over 100kHz. It is expected to contribute significantly to the expansion of machining by lasers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 1~4 (1982)

A Video-Disk Player Using a Laser Diode

by Masaru Uemura, Takahiro Kubo, Kazuo Hirasawa,
Mitsushige Kondo & Kenjiro Kime

One of the major technological development themes for video-disk players has been how to utilize effectively the laser diode as a light source to replace the He-Ne laser. Mitsubishi Electric has developed a TSJ-type visible-radiation laser diode to serve as a pickup for video-disk players. The new unit will make it easy to design video-disk players that are more compact, lighter, and use less energy than those using He-Ne lasers. Performance is strictly comparable. The article describes the laser-diode pickup with a brief description of the player.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 25~30 (1982)

A Three-Phase-Enclosure SF₆-Gas-Insulated Busbar

by Hiroshi Kuwahara, Shoji Tada, Masahide Yamato,
Yoshinobu Numa & Masaru Yasura

Mitsubishi Electric is one of the pioneers of research and development for gas-insulated busbars (GIBs), and has registered several achievements in field-operation testing and delivery of products since 1978. GIBs have been increasingly applied not only to reconcile high power-capacity requirements for substations with environmental problems but also as vital elements of advanced substations built on completely new concepts. Three-phase-enclosure SF₆ GIBs promise to play an important role in satisfying these requirements, despite the special considerations that apply when single-phase-enclosure buses are not used. The article deals with the construction, features, performance and applications of GIBs.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 5~8 (1982)

A POS Bar-Code Reader

by Shinji Yamamoto, Toshihiko Seno, Kazuro Nishi
& Koichiro KuraMashi

A bar-code reader using a hologram for laser scanning has been developed for point-of-sales (POS) bar-code scanners. The reader is designed to scan bar-code symbols (Japanese Article Number—JAN—codes) used for common article numbers (CAN). The use of hologram diffraction enables short bar codes to be read using a simple, compact optical system. The article gives brief descriptions of the reader's structure, functions, and features.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 31~35 (1982)

A Naturally Air-Cooled Main Transformer for Rolling Stock

by Masanobu Sato, Tatsuo Sato, Tsutomu Abe, Michitada Endo
& Yoshio Hirayama

The Mitsubishi Type TM924 forced-oil traction transformer for railcars uses the airflow created by railcar motion for natural air cooling. This method dispenses with the blower motor normally required for oil coolers, and thus reduces maintenance manpower requirements and improves the resistance to inclement weather, including snow. Manufacture of the new transformer was preceded by investigation of railcar airflows, with thorough testing and evaluation of the cooling effect with respect to transformer construction. It was confirmed that operational oil temperatures in a transformer mounted on a railcar are comparable with those of forced-air-cooled transformers, establishing the practical viability of the Type TM924.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 9~12 (1982)

Fiber-Optic Measuring Instruments

by Shuichi Tai, Kazuo Kyuma & Masahiro Nunoshita

Fiber-optic measuring instruments and sensors are currently under development at Mitsubishi Electric for applications in the measurement and control of electric-power equipment and industrial plants, where the inherently high insulation and independence from inductive noise of optical fibers gives them advantages in regions of high electromagnetic field strength. The article introduces fiber-optic Doppler velocimeters, thermometers, and accelerometers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 36~40 (1982)

Remote Supervisory-Control Equipment for Water-Supply Systems

by Nobuo Tsuyoshi, Sakae Nakano, Hiroyoshi Nakajima,
Hiroyoshi Masaka & Ryuji Sakashita

There is a growing demand for overall supervisory-control systems that include water-supply and distribution subsystems. These systems are used to ensure stable water supplies and effective utilization of water resources. The article introduces two recent examples of Mitsubishi remote supervisory-control systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 13~17 (1982)

A Laser-Type Surface-Inspection System

by Mitsuhito Kamei, Takehiko Inari, Muneaki Takeuchi,
Fumiaki Mukai & Akio Suzuki

The Mitsubishi surface-inspection system using a laser provides high resolution and a wider variety of pattern-processing functions—and higher speed—than conventional systems. The high performance is achieved using a sensitive optical-diffraction head and a pattern-processing unit with a multi-use microprocessor. Applications of the new system, which is currently in actual use in plants, are described in the article, along with the system's operating principles and structure.

アブストラクト

工場内設備集中管理システム

石田準一・林 洋一・赤塚和禧・矢野哲雄・有村慎一

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P41～45

当社神戸・制御製作所で、工場内に散在する空調設備、受配電設備、ボイラ設備、コンプレッサ設備、工水設備を管理室で集中管理するシステムを実用化、運用開始した。このシステムは《MELFLEX 400-EE》を適用し、温度による空調制御、ボイラ自動燃焼制御、コンプレッサ運転台数制御を行うことによる省エネルギー化と、各設備の監視、自動記録による省力化を図ることを目的としたシステムである。

工作機械主軸用インバータ駆動ACモーター

松本圭二・深沢和夫・杉本英彦

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P56～61

従来の工作機械主軸用モーターは、可変速性能の点でDCモーターが主流となっていたが、ブラシを有することに伴う保守性、耐環境性、及び高速化に対する弱点が問題であった。新方式の正弦波電圧形インバータとインバータ駆動に適した新機軸の主軸用ACモーターを開発し、保守性、高速化だけでなく、回転むら、振動、騒音などの点でもDCモーターをしのぐ高応答システムが得られたので、その新技術及び性能について述べる。

三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》

貴田篤志・赤桐行昌・中川正護・押見哲朗

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P46～50

《MULTI 16》は、CPUにi8088を使用し、実装可能メモリ最大384Kバイトをサポート、更に高速演算プロセッサi8087をオプション装備可能とした業務用本格派の16ビットのパーソナルコンピュータである。CRT表示にドットイメージリフレッシュ方式を採用、640×400ドットという高分解能表示を効率良く実現し、豊富な補助記憶装置、I/Oオプションとともに、コストパフォーマンスに優れたハードウェアを実現した。

マルチセントラル空調システムのシミュレーションの実証研究

山下紀夫・阿川正憲・小松正樹

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P62～65

建物の屋内周囲空間と内部空間の各ゾーンに、熱源となる水回路を共通にもつヒートポンプを複数台分散配置して熱回収を行うマルチセントラル空調システムについて、1年間実測調査を行った。実測結果より、同システムの消費電力量を把握し、熱回収を確認した。また、同システムの年間シミュレーションプログラムの計算結果と実測値を比較することによって、シミュレーションプログラムの妥当性が実証されたので、その内容について報告する。

三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》のソフトウェア

貴田篤志・出口博章・飯川昭一・居原田邦男・北原拓也

三菱電機技報 Vol.56・No.5・P51～55

パーソナルコンピュータ活用のかぎ（鍵）は、そのソフトウェアにあるといっても過言ではない。《MULTI 16》のソフトウェアは新しい時代の要請を踏まえて企画、設計しており、コンピュータになじみの薄いユーザーがすぐ使いこなせるプログラムレスソフトウェアや、広範囲にわたるアプリケーションを高い生産性で開発できる用途ごとの強力な高級言語を備え、また豊富な応用パッケージソフトウェアをそろえている。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 56~61 (1982)

An AC Spindle Motor for Machine Tools

by Keiji Matsumoto, Kazuo Fukazawa & Hidehiko Sugimoto

The requirement for variable-speed operation has meant that DC motors have been used for most machine-tool spindle motors. However, these motors, with their brushes, have disadvantages with respect to maintenance requirements, the ability to operate in certain environments, and restrictions in high-speed operation. A new AC motor has been developed for use with a sinusoidal voltage-source inverter and an inverter drive. The new motor not only requires less maintenance and runs at higher speeds than DC motors, it also offers improvements in response with respect to speed ripple, vibration, and audible noise. The article describes the technology used in the new motor and its performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 41~45 (1982)

A Centralized Supervisory-Control System for Saving Industrial Energy

by Jun'ichi Ishida, Yoichi Hayashi, Kazuyoshi Akatsuka, Tetsuo Yano & Shin'ichi Arima

Mitsubishi Electric has developed and put into use a centralized control system that enables centralized supervision of air conditioners, power supplies, boilers, air compressors, and industrial water-supply facilities in the Corporation's Kobe Works. A MELFLEX 400-EE system is used to save energy by automatically controlling temperatures, combustion parameters, compressor operation, etc., and to save manpower by the supervision of facilities and automatic data logging.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 62~65 (1982)

A Verification Study of the Multi-Central Air-Conditioning System-Simulation Program

by Norio Yamashita, Masanori Agawa & Masaki Komatsu

A one-year survey has been made of multi-central air-conditioning systems designed to perform heat recovery by installing multiple heat pumps that use the same heat source (water) for both perimeter and interior zones of the building. The results established the electric-power consumption and the effect of heat recovered by the system. A comparison between the empirical results for the year and theoretical values for annual consumption obtained from a simulation program demonstrated the latter's validity. The article gives details of the simulation program and the system survey.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 46~50 (1982)

The Multi 16 Personal Computer

by Atsushi Kida, Gyosho Akagiri, Shogo Nakagawa & Tetsuro Oshima

The Multi 16 is a 16-bit personal computer that supports a maximum addressable memory area of 384KB. This computer, with an i8088 CPU, is designed for optional mounting of a high-speed i8087 numerical-data processor and can handle complex business-oriented processing. Using the refreshed dot-image system for the CRT display, it provides a high-resolution display of 640 x 400 dots. The new computer is designed to accept a wide variety of peripheral equipment, including a high cost-performance auxiliary storage memory and input/output options.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 56, No. 5, pp. 51~55 (1982)

The Software of the Multi 16 Personal Computer

by Atsushi Kida, Hiroaki Deguchi, Shoichi Iikawa, Kunio Iharada & Takuya Kitahara

The key to success in marketing a personal computer lies in the quality of the software. The software available with the Multi 16 personal computer is designed and produced to meet the requirements of today's users. The computer enables the less experienced computer user to employ "programless" software, and a wide range of application software can be developed with excellent productivity. High-level languages for specific applications and a full range of application-package software are already available.

半導体レーザを用いたビデオディスクプレーヤー

上村 勝*・久保高啓**・平沢和夫***・近藤光重***・木目健治朗***

1. ま え が き

光学式ビデオディスクシステムは⁽¹⁾、情報がピットの有無に変換されて記録されたディスクより、信号を光学的に非接触で読出すものであり、次のような特長を有する。

- (1) 非接触読出しであるために、ディスクの摩耗がない。
- (2) 静止画、こま送り、早送り、遅送りなどの特殊再生及びランダムアクセスが容易である。
- (3) ディスク表面のほこりや傷の影響を受けにくい。
- (4) 高密度記録が可能である。(直径30cmのディスク片面で、一般家庭で受像しているカラーテレビ画像が、枚数にして54,000～108,000枚記録できる。)

ところで、現在市販されているビデオディスクプレーヤーの光源部には、性能が安定しているHe-Neレーザが用いられているが、ディスクから信号を読出すピックアップ部を小形軽量化するには、構造上不適当である。ビデオディスクプレーヤーの技術開発の焦点は、ピックアップ光源としての半導体レーザをいかに使いこなすかにある。光源に半導体レーザを用いる当社の試みとしては、既に超小形半導体レーザピックアップを用いたDAD(Digital Audio Disk)プレーヤーの開発があり、デジタル化したオーディオ信号を記録したディスクからの信号再生に成功している⁽²⁾。

ところで、ビデオディスクプレーヤーでは、信号をデジタル化せずにディスクに記録している。良好な画像を再生するためには、ピックアップのS/Nが、DADプレーヤーのものよりも約20dB程度優れている必要がある。

今回、ビデオディスクプレーヤー用の半導体レーザピックアップを開発し、He-Neレーザを使用したプレーヤーと同等の性能を得ることができた。ここでは、プレーヤーの概略説明と半導体レーザピックアップについて述べる⁽³⁾。

2. プレーヤーの概要

光源には、当社TJS形可視光半導体レーザを用いてピックアップを構成した。開発したプレーヤーの概略仕様を表1に示す。主な特長を以下に列挙する。

- (1) 光源に半導体レーザを用いたために、ピックアップ部が小形軽量化されている。
- (2) He-Neレーザ駆動用の高電圧電源が不要となり、装置の小形軽量化が図られている。
- (3) 発振効率の良い半導体レーザの採用により、約20%の省電力化を実現している。
- (4) ラジアルトラッキングサーボにウォプリング方式を採用し、情報信号検出用の光をサーボ用に流用して半導体レーザの発振出力の低減化を行っている。

図1にプレーヤーの概略構成図を示す。プレーヤーは、次のように大きく分けられる。

表 1. 半導体レーザピックアップ搭載ビデオディスクプレーヤー仕様

項 目	仕 様
再生可能ディスク	MCA-PHILIPS方式ディスク
光 源	TJS形レーザダイオード、波長780nm
ディスク回転数(rpm)	1,800 CAV*標準ディスク
最大再生時間(分/1面)	30 CAV標準ディスク
再生映像信号方式	NTSC方式
映像S/N比(dB)	45以上
水平解像度(本)	270以上
音 声	独立2チャンネル
音 声 帯 域(kHz)	20
音 声 S/N 比(dB)	60以上
再生モード	通常再生 静止画、こま送り、こま戻し スキャン(早送り、早戻し) 早送り(3倍速) スローモーション(連続可変)
消費電力(W)	85
寸 法(mm)	160(H)×565(W)×390(D)

注 * CAV(Constant Angular Velocity)標準ディスクとは、回転角速度をディスクの内外周ともに一定にして記録されたディスクである。これに対してCLV(Constant Linear Velocity)ディスクは、ディスクの接線速度をディスクの内外周ともに一定にして記録されたディスクであり、外周に行くほど回転速度が遅くなる。

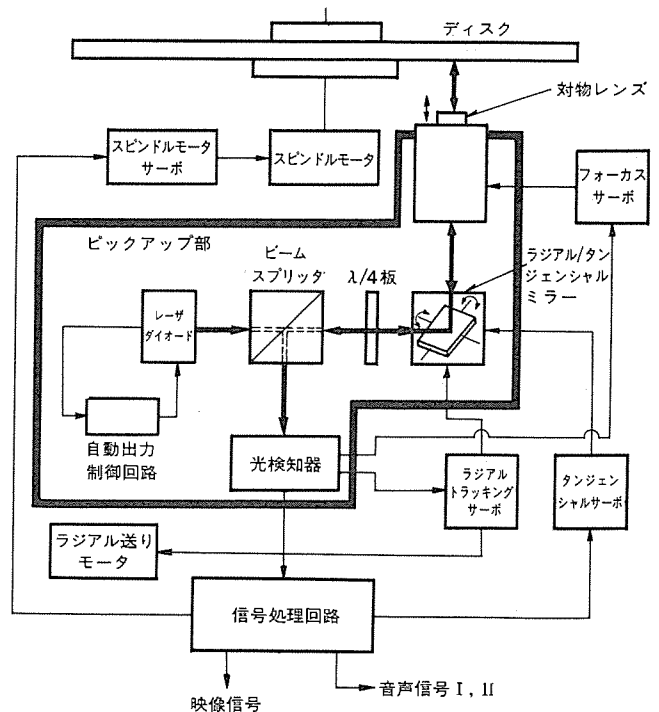


図 1. ビデオディスクプレーヤーの構成図

- (1) ディスクから信号を光学的に読出すピックアップ部
- (2) ディスクと対物レンズの距離を最適位置に保つフォーカスサーボ部

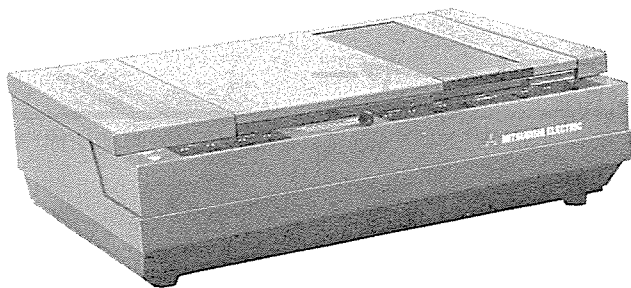


図 2. ビデオディスクプレーヤーの外観

- (3) 読取光をディスクの信号トラックの中心に常に保つラジアルトラッキングサーボ部
- (4) ディスクの回転変動による再生信号の位相ずれを抑圧するタンジェンシャルサーボ部
- (5) ディスクを回転させるスピンドルモータ部とスピンドルモータサーボ部
- (6) ピックアップ部をディスクの径方向に移動させるラジアル送りモータ部
- (7) ピックアップ部で光電変換した信号を処理する信号処理回路部

図 2. に半導体レーザピックアップを搭載したビデオディスクプレーヤーの外観を示す。

3. 半導体レーザピックアップ

3.1 半導体レーザピックアップ開発のねらい

従来の He-Ne レーザに代えて、半導体レーザを採用した主な目的を次に列挙する。

(1) 小形軽量化

光学式ビデオディスクの特長をいかして、ディスクから所望の情報が入っているトラックを、超高速でランダムアクセスする場合にはピックアップ部の移動を容易にするために、ピックアップ部を小形化して重量を低減する必要がある。

(2) 省電力化

半導体レーザは、He-Ne レーザに比較して発振効率が良いので、所定の光量を得るのに必要な電力が低減できる。

(3) 原価低減と信頼性の向上

製造技術の進歩により、半導体レーザが He-Ne レーザよりも安価に大量生産される可能性は大である。また長寿命化に対しても大きく進歩するものと思われる。

(4) ピックアップ部のカートリッジ化

故障時にピックアップ全体を簡単に交換できることが、民生用においては特に望まれる。

しかしながら、上記の特長を有する半導体レーザピックアップを実現するには、次のような課題の解決が必要である。

- (1) 集光特性の向上
- (2) 光源ノイズの低減
- (3) ピックアップの小形化とバックトラックノイズの低減

3.2 半導体レーザピックアップの構成

半導体レーザを用いた再生光学系としては、半導体レーザの自己結合

効果⁽⁴⁾を用いた SCOOP (Self Coupled Optical Pickup) 方式がある⁽⁵⁾。この方式によれば、光路中に偏光ビームスプリッタや 1/4 波長板を挿入する必要がなく、ピックアップを非常に小形化することが可能となるが、良好なビデオ信号を再生するのに必要な S/N を得るには、まだ解決すべき項目がある⁽⁶⁾。今回、He-Ne レーザと同等の性能を有するピックアップを開発することを目標として、SCOOP 方式は採用せず、光源のみを He-Ne レーザから半導体レーザに置換した方式を用いた。

図 3. にピックアップ部の光学系の構成図を示す。波長 780 nm の直線偏光半導体レーザ光は、レンズ、偏光ビームスプリッタを通過した後、1/4 波長板にて円偏光に変換される。円偏光に変換された光は、ラジアルミラー及びタンジェンシャルミラーにて、ディスクの信号トラックに直角方向及び接線方向に偏向されて、信号トラックを正確に追尾して行く。偏光ビームスプリッタと 1/4 波長板の間にあるウォブリングミラーは、ディスクを照射する集光スポットが、信号トラックを正弦波状に横切るように微小振動させるためのものである。ディスクからの戻り光量を微小振動周期で位相検波して、ラジアルトラッキングサーボのエラー信号を得る(図 4. 参照)。対物レンズでディスクの信号ピット面上に集光された読取光は、ピットの有無により強度変調を受ける。対物レンズを通過したディスクからの戻り光は、再びタンジェンシャルミラー、ラジアルミラーを通過して 1/4 波長板に入る。ディスク面で円偏光の回転方向が逆

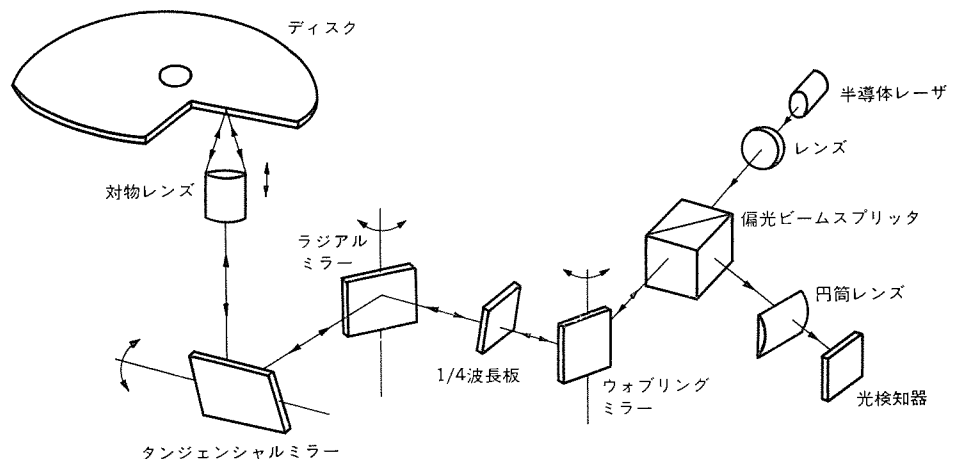


図 3. 半導体レーザピックアップ光学系構成図

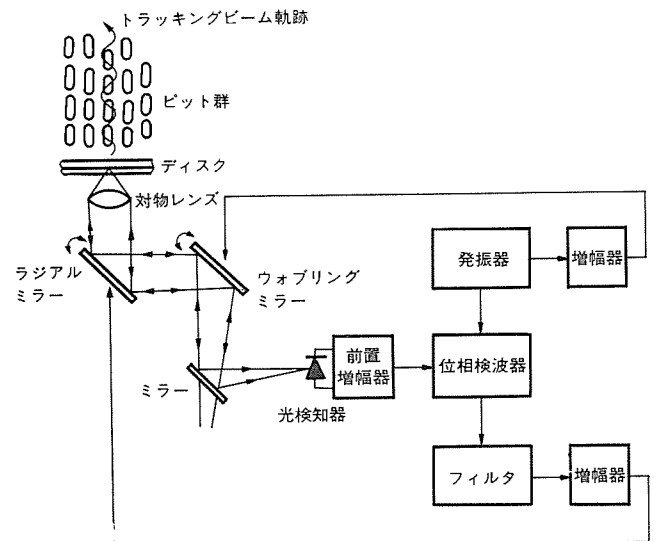


図 4. ウォブリング法によるラジアルトラッキング

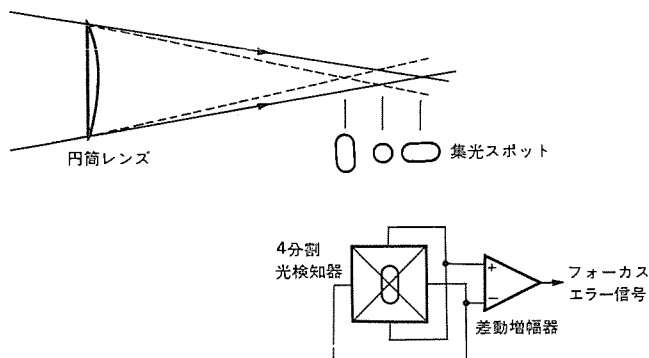


図 5. 非点収差法によるフォーカスエラー信号検出

転された戻り光は、1/4 波長板を通過して直線偏光に変換される。
戻り光の直線偏光の方向は、行きの読取光の偏光方向と直交する。したがって、偏光ビームスプリッタに入射した戻り光は、ほとんどのものが円筒レンズを通過して光検知器に導かれ、半導体レーザの方には戻らない。戻り光が再び半導体レーザに入射すると、半導体レーザ出力が変調を受け、バックノイズが生じて、信号の S/N を劣化させる。前述した SCOOP 方式のピックアップは、この現象を積極的に利用して信号を検出するものである。今回の光学系では、1/4 波長板と偏光ビームスプリッタにより、バックノイズを極力抑えている。オートフォーカサーボには、円筒レンズを用いた非点収差法を用いている。

この方法は、図 5. に示すように、集光スポットの光検知器面上での形状により、フォーカスエラー信号を得るものである。このエラー信号により、対物レンズを上下動させて、常に対物レンズとディスク間の距離を最適位置に保つ。

3.3 半導体レーザの集光

半導体レーザから出射される光は、媒質が均一な He-Ne レーザから出射される等方平行光束とは異なる空間特性を示す。TJS 形半導体レーザのファースフィールドパターンは、図 6. に示すように、接合面に平行な方向と垂直な方向とでビームの広がり角が異なり、等方的でない楕円形状を呈する。かつ両方向の広がり角の比とファースフィールドパターンの形状は、各半導体レーザにより異なる。またビームの広がり角は、He-Ne レーザに比較して非常に大きい。したがって、ビデオディスクの再生に要求されるスポット径に、各半導体レーザの光を集光することは、He-Ne レーザに比較して簡単なものではない。そのため、与えられた光学系で理論上得られる集光スポット径を、あらかじめ計算で求めておき、実際に得られた集光スポット径と比較すること

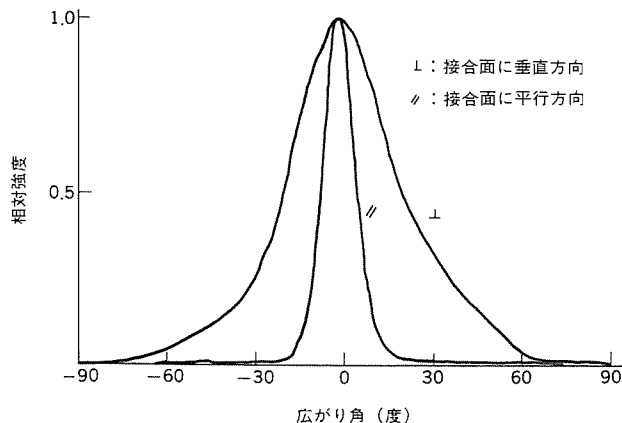


図 6. 半導体レーザのファースフィールドパターン

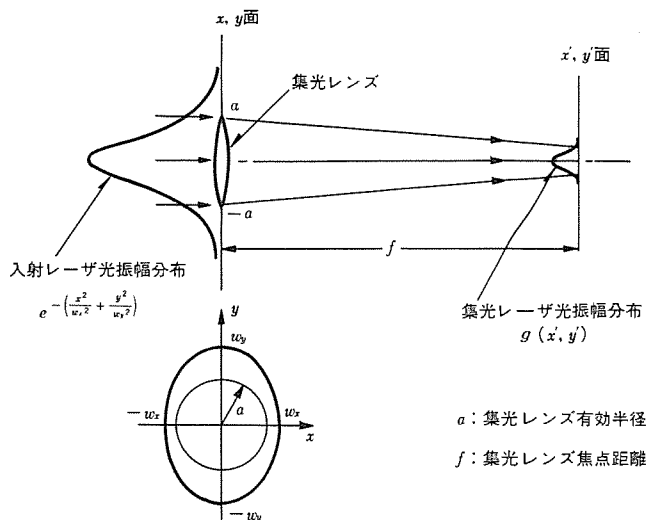


図 7. 半導体レーザ光の集光系

により、集光できない半導体レーザを選別する必要がある。

図 7. の集光系において、縦横比の異なる楕円形のスポット形状をしたガウス形の振幅分布を有する半導体レーザ光を、半径 a の有限開口のレンズで集光した場合の集光レンズの焦点での振幅分布は、集光レンズ開口面でのフネル回折積分により次式で与えられる。

$$g(x', y') = g(r', \theta') = e^{ik \frac{r'^2}{2f}} \int_0^{2\pi} \int_0^a e^{-r'^2 \left(\frac{\cos^2 \theta}{w_x^2} + \frac{\sin^2 \theta}{w_y^2} \right)} e^{-i \frac{k}{f} r r' \cos(\theta - \theta')} r dr d\theta \dots (1)$$

$$\text{ここに } \begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases} \quad \begin{cases} x' = r' \cos \theta' \\ y' = r' \sin \theta' \end{cases}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (\lambda: \text{レーザ光の波長})$$

規格化された光強度分布 I は、次式で与えられる。式(2)で $\frac{1}{e^2}$ に

$$I = \frac{|g(r', \theta')|^2}{|g(0, \theta')|^2} \dots (2)$$

なる点 r_s' を求めれば、集光スポット径 $d = 2r_s'$ が得られる。また集光スポット径 d は、けられの影響による係数 K を用いれば、次式で与えられる。

$$d = K \frac{2\lambda}{\pi \left(\frac{a}{f} \right)} = K \frac{2\lambda}{\pi NA} \dots (3)$$

ここに NA : 集光レンズの開口数

$K=1$ の場合は、けられの影響がない場合で、無限開口のレンズで集光した場合に相当し、式(1)で $a \rightarrow \infty$ とし、式(2)より集光スポット径を求めたものと一致する。種々の縦横比 $\frac{w_y}{w_x}$ 、種々のけられ $\frac{w_x}{a}$ について K を求めており、式(3)から直ちに集光スポット径を計算することができる。

今回、開発した集光系では、 $NA=0.5$ のレンズを用いて、実測スポット径として $1.3 \mu\text{m} \times 1.5 \mu\text{m}$ を得ており、理論計算値にほぼ近い値に集光できている。

3.4 半導体レーザの光源雑音⁽⁷⁾

屈折率導波形の TJS 形半導体レーザの光源雑音は、単一縦モードで発振している時には、ビデオディスクの再生には問題にならない程度の

ものである。しかし周囲温度一定で駆動電流を変化させた場合、あるいは光出力一定で周囲温度を変化させた場合に、ある電流値又は温度で、隣接する2つの縦モードで発振する。縦モードが競合状態になると光出力が著しく変動し、ビデオディスクの再生に必要とされる光源の S/N 基準を満足しないものが出てくる。この問題を解決するために、縦モードの多モード化による半導体レーザの改良の試みもなされているが⁽⁸⁾、半導体レーザの駆動回路に帰還をかけて、再生ビデオ信号帯域に入ってくるモード競合雑音を抑圧する方式により、良好な結果を得ている⁽⁹⁾。

3.5 半導体レーザピックアップの応用

半導体レーザピックアップは、民生用及び産業用への応用研究が盛んである。

3.5.1 民生用への応用

ディスクにオーディオ信号をPCM符号化して記録したDADシステムは、規格の統一化が進められた結果、3方式にまとめられた。その中の光学的にディスクから信号を再生するCD(Compact Disk)方式においては、ディスクの直径が12cmと小形化されている。したがって、プレーヤー自体も小形化するために、半導体レーザピックアップが用いられる。このDADプレーヤーで開発された半導体レーザピックアップ技術は、ビデオディスクプレーヤーにも応用されるであろう。

3.5.2 業務用への応用

光学式ビデオディスクシステムの有する高密度記録特性を利用した情報ファイルシステムは、所望の情報が記録されているディスク上のトラックを、高速でランダムアクセスすることが可能であり、業務用に応用されつつある。ところで、このようなディスクからの信号の再生のみならず、必要に応じてユーザーの手元で、ディスクに情報が任意に追加書き込みできるAdd-on形の光ディスク記録再生装置は、大容量情報ファイルシステムの端末装置として最近注目されている。これに半導体レーザピックアップを用いれば、次の理由により最適である。

- (1) 記録装置としてもピックアップの光学系のほとんどのものが共用できる。
- (2) 装置の小形化が可能である。
- (3) ディスクに情報を書込む時に、記録信号に応じて光源に変調をかける必要があるが、光源に半導体レーザを用いれば、ガスレーザの場合

に必要であった光変調器が不要で、直接変調をかけることが可能である。

4. む す び

半導体レーザピックアップは、まず光学式のDADプレーヤーに搭載され商品化される。ここで検討される半導体レーザ及びピックアップの技術改良は急速に進められるものと思われる。蓄積された技術はやがてビデオディスクプレーヤーにも適用されるであろう。

一方、業務用としては、ディスクの記録媒体の開発と相まって、大出力半導体レーザを用いた追加書き込み可能なAdd-on形光ディスク記録再生装置の開発が進められており、大容量情報ファイルシステムの新しい端末の一翼を担うものと思われる。また将来、半導体レーザを用いた消去可能な光ディスクメモリが実現されれば、業務用としては、計算機メモリへの応用も可能であり、また民生用としては、現在普及しているVTRにとって代る可能性も秘めており、今後の研究開発が待たれる。

参 考 文 献

- (1) 上村, 久保, 大西: レーザ研究, 8, No. 6, 891 (昭55)
- (2) K. Okada, et al: 1978 Audio Engineering Society Preprint No. 1409 (D-4)
- (3) T. Kubo, et al: 1981 Conference on Lasers and Electro-Optics Preprint THG 3
- (4) 島田: 電子通信学会誌, 60, 19 (昭52)
- (5) Y. Mitsuhashi, et al: Opt. Comm. 17, No. 1, 95 (昭51)
- (6) 岡田, 江頭, 久保, 高宮: 応用物理学会講演予稿, 31 p-R-16 (昭56-3)
- (7) 平沢, 大門, 木目, 山下: 応用物理学会講演予稿, 30 a-R-1 (昭56-3)
- (8) 高宮, 玉利, 十河, 隈部: 電子通信学会光・電波部門全国大会講演予稿 (昭55)
- (9) 近藤, 伊藤, 上村: 応用物理学会講演予稿, 1 a-H-7 (昭56-3)

1. ま え が き

食品雑貨を大量に取扱う小売業界では、レジ業務の省力化、高速化、また経営管理（売上げ、仕入れ、在庫など）の合理化が望まれている。これにこたえるものとして値札の自動読取装置（バーコードリーダ又はOCRリーダ）を備えたPOS（販売時点情報管理）システムが急速に注目されてきている。特に、数多くの商品を扱う大形小売店にとっては、その導入が経営合理化の決め手とまでいわれており、既に一部の百貨店やチェーンストアなどでも導入され始めている。このPOS導入の動きは、昭和53年にバーコード自動読取りのための共通商品コードとしてJAN（JAPAN ARTICLE NUMER）コードがJIS化されたことにより、更に拡大していく傾向を見せている。

一方、情報関係の機器メーカーにおいても、JANコードに対応したPOSシステム機器の開発が積極的に行われている。

当社では、昭和51年にT-102 POSターミナル、R-102オートリーダ（ビジコンを使用した回転ラスタ走査方式のもので、独自のバーコードである三菱バーコードを読取るもの）を発売して以来、ストアコントローラ、ストアデータプロセッサ（以下SDPと呼ぶ）、TR-520、T-600 POSターミナルと開発を行ってきた。

今回、JANコード方式のPOSに対応するため、ホログラムを用いたレーザ走査方式の読取精度の高いバーコードリーダを開発したのでここに紹介する。

2. バーコードリーダの概要

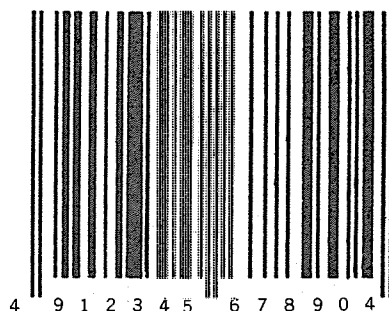
図1. (a)にJANコードシンボルの1例を示す。これは、白黒バーの幅の組合せによって、図1. (b)に示すように、国別フラッグ、商品コード、メーカーコードなどの情報を表している。

図2. は当社のPOSシステムの1例を示す⁽¹⁾。

ここで、バーコードが印刷された、あるいは店内値付けされた商品品を、バーコードリーダの読取面に置くことにより、このバーコードは自動的に読取られる。この読取られた商品コードなどの情報は、POSターミナルを経てSDPに送られる。SDPはこの送られてきた商品コードに従って、価格ファイルメモリの中から、この商品コードに対応した価格を選び出し、POSターミナルへ送り返す。POSターミナルは送られてきた価格によって自動的に商品登録を行う。SDPは、POSターミナルの登録に従ってSDP内部の売上情報を更新し、その売上情報をオンライン回線にてホストコンピュータに送る。この売上情報は、ホストコンピュータによって売上げ、仕入、在庫などの店舗経営管理に使用される。

上記POSシステムでは、バーコードリーダによる自動読取りのため、以下のような特長がある。

- (1) 従来のキーイン方式に比べて、チェックアウト業務における省力化が可能である。
- (2) 商品登録にミスがなく、しかも速い。
- (3) あらかじめバーコードを印刷できない生鮮食品類も、店内値付コードを用いることにより自動読取りが可能である。
- (4) 一品一品の商品コードが入力されるため、単品管理（在庫、



(a) JANコードシンボルの1例

桁位置	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
標準コード	フラッグ		商品コード										
	f ₁	f ₂	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	C
短縮コード						フラッグ		商品コード					
						f ₁	f ₂	×	×	×	×	×	C

注 Cはチェックディジットを示す。

(b) バーコード情報（ソースマーキング用共用商品コード）

図1. JANバーコードシンボルの1例

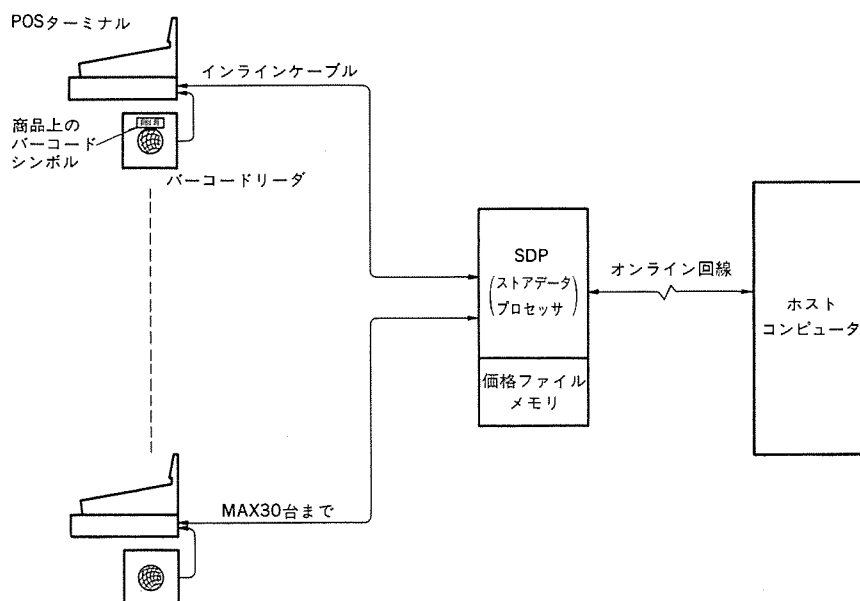


図2. POSシステムの1例

仕入れ、発注)が可能である。

以上のようにPOSシステムにおいては、バーコードリーダの読取性能及び操作性が非常に重要なポイントとなる。

バーコードリーダにおいては、バーコードの全方向及び高精度の読取りが要求される。このためバーコード走査にはレーザ光を用いるが、一般にその走査軌跡すなわち走査パターンは、多方向の走査線をもち、かつ各方向の走査線数が多いことが要求される。このような走査パターンを従来の回転ミラーと複数個の固定ミラーを用いて発生させると、光学系の構成が非常に複雑となり、走査系が高価となるため、光学系の簡略化が望まれていた。これを解決する方法として回転ミラー方式に換わって、レーザ光の回折現象を利用した新しいレーザスキャナとしてのホログラムスキャナが注目されている。

ホログラムスキャナは、凸レンズと等価な働きをするホログラムを複数個円周上に配置したホログラムディスクを回転し、これに入射するレーザ光を走査するものである。

ホログラムスキャナの一般的特長は、

(1) ホログラムディスクは複製が可能のため量産性が良く、低価格化が

できる。

(2) 1枚のディスクにより、複数の走査線が発生できることにより、複雑なレーザ光走査が可能である。

などがある。

これらの特長をいかすことにより、走査光学系の簡略化、低価格化が可能となることから、ホログラムを採用した移動読取方式のバーコードリーダが開発されている⁽²⁾⁽³⁾。

今回、これらに対し、ホログラムの複製技術、及び走査線密度の高い走査パターンを発生できる走査方式を開発することにより、更に高性能の読取りが可能な底面読取方式のバーコードリーダを開発した。

3. バーコードリーダの構成及び動作

この装置の外観写真を図3に、構成を図4に示す。この装置は、大別して走査光学系と信号処理部とで構成している。

読取面上に置かれた商品は、商品検知用の赤外発光ダイオードのビームをさえぎることにより、商品検知センサによって検出する。この検知信号は処理部へ送り、光学系の電磁シャッタの制御を行う。これにより光学系の電磁シャッタを開き、光学系はレーザビーム走査を始める。商品に印刷されたバーコードは、このレーザビームにより走査され、バーコードの白黒に対応した散乱光を発生する。この散乱光は、光学系を経て光電変換素子(PINホトダイオード)に入射する。光電変換素子に入射した散乱光は、電気信号に変換し、処理部へ送る。この信号は、処理部でバーコードとして判定し、商品コード情報に変換する。変換した商品コード情報を、POSターミナルへ送る。以下に、走査光学系及び信号処理部について詳述する。

3.1 走査光学系

3.1.1 構成及び動作

ホログラムを用いた走査光学系の基本構成を図5に示す。

He-Neレーザから出射した光ビームは、レンズにより収束し、ミラーを介してO点を点光源とする入射ビームに変換する。入射ビームは、穴あきミラーの開口を通過してホログラムディスクに入射する。ホログラムディスクには、凸レンズ作用をするホログラムを、その中心を発生すべき走査線位置に対応して変位させ、ディスクの円周上に複数個形成する。入射ビームは、このホログラムにより回折されて走査ビームとなり、読取窓上(P点)

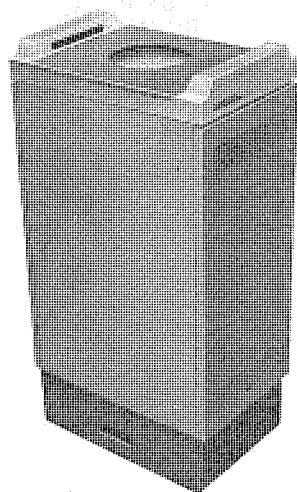


図3. バーコードリーダの外観

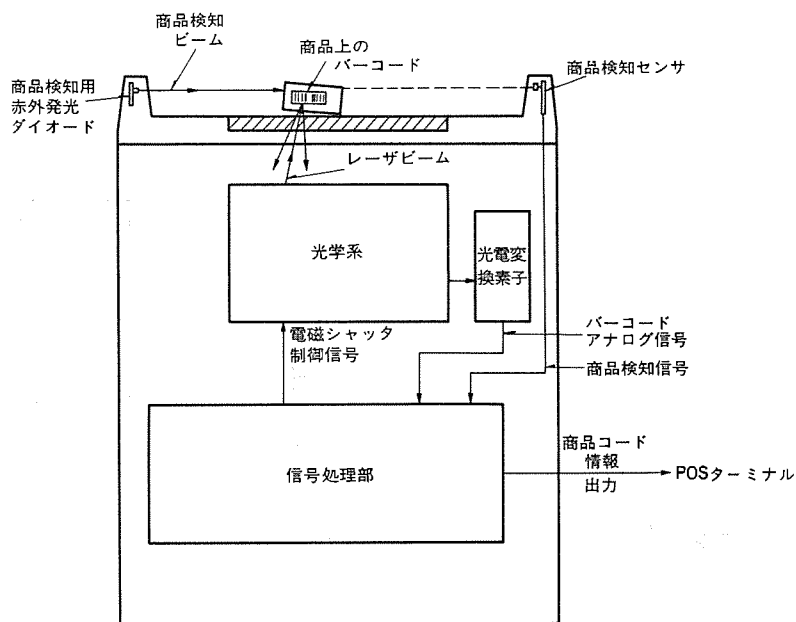


図4. バーコードリーダの構成

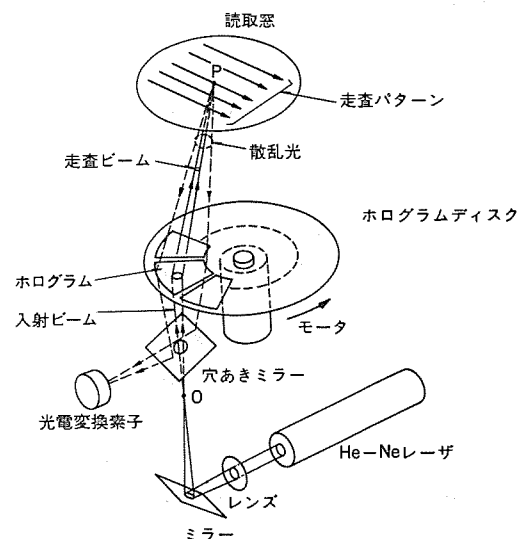


図5. 走査光学系の基本構成

でバーコード読取りに必要な分解能をもつ光スポットに集光する。すなわち、ホログラムの凸レンズ作用により、O点とP点とは結像関係にある。この状態でホログラムディスクを高速回転すると、走査ビームは、各ホログラムの中心の変位に対応して、ディスク半径方向にシフトして偏向する。その結果、読取窓上にホログラムの個数と等しい数の、互いに平行な走査線をもつ走査パターン(ラスタ走査パターン)を発生する。

このような走査軌跡の光ビームにより商品に印刷されたバーコードを走査すると、バーコード面で反射した光ビームは、バーコードの濃淡に比例した強度の散乱光となる。この散乱光は、走査ビームを発生したものと同一のホログラム全面で受光し、穴あきミラーで反射し、光電変換素子上に集光する。このような受光法を採用したことにより、外乱光の影響を殆んど受けない信号検出が可能となる。これは、読取窓上の光スポットの位置(P点)によらず、P点は光電変換素子上に結像するため、その有効受光面寸法に対応したP点近傍以外からの外乱光は、光電変換素子上に集光しないためである。

以上が走査光学系の基本動作であるが、バーコードの全方向読取りを可能にするため、更に次に示す方法により走査線の高密度化を図った。この方法は、ディスクを高速回転するのみならず、ディスク上の光ビーム入射点がディスクの円周上を移動するように、入射ビームも低速回転するものである。すなわち、図5.に示すラスタ走査パターンの走査方向は、光ビーム入射点におけるディスクの接線に平行となるので、入射点がディスクの円周上を移動すると、それに対応して走査方向も順次回転する。したがって入射点が1回転すると、ラスタ走査パターン全体が読取窓上で1回転したものと等価なレーザ光走査が可能となる。この方法により発生した走査パターンは、図6.に示すように高密度(～250本/走査周期)となり、バーコードの全方向読取りが可能となった。また、走査光学系は回転ミラー方式に比べて大幅に簡略化された。

3.1.2 ホログラムの複製

次にホログラムスキャナの実用化に不可欠なホログラムの複製技術について述べる。複製工程の概略を図7.に示す。

洗浄、ベークしたガラス円板上に、ホトレジスト(AZ-1350)をスピナーにより塗布する。このホトレジスト円板を、Arレーザ(波長4,880 Å)により、露光(平面波と球面波との干渉し)した後、現像(AZ-303 A 現像液)すると、正弦波状凹凸をもつホログラムが記録される。

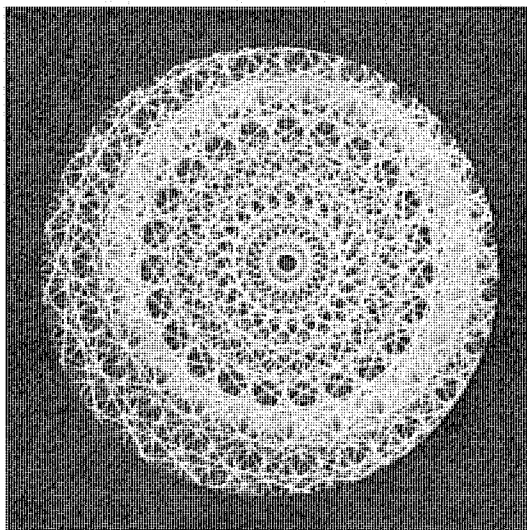


図 6. 走査パターンの1例

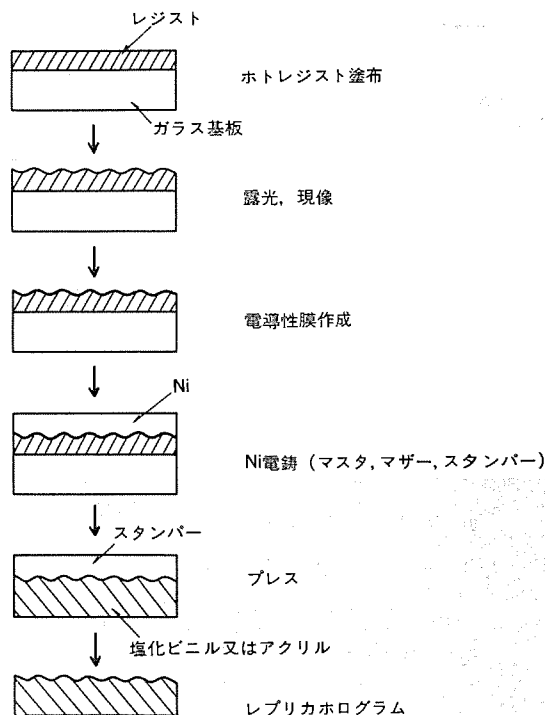


図 7. ホログラムの複製工程

次に、ホログラム原盤に金属膜(Ag)を蒸着し、この金属膜を電極として、ニッケル電鍍(スルファミン酸ニッケル液)することにより、ホログラムのニッケルマスタを作る。更に同様な工程により、マザー、スタンパーを作る。次に熱プレスにより、スタンパーからホログラムをアクリルに転写することにより、(複製ホログラム(回折効率)20%)ができる。

3.2 信号処理部の構成及び動作

読取面上のラベルは、既に説明したように光学系によって走査し、バーコードからの散乱光は光電変換用PINホトダイオードに集光するが、この反射光は極めて微弱であり、しかもバーコード信号以外の成分も少なくない。また、ラベルの違い、あるいはバーコードのかすれ、にじみなどによる反射率の違い、及びラベルへの入射ビームの角度の違いなどの条件により、バーコードの散乱反射光は、その信号レベルにおいて大きなレベル差が存在する。

このように、バーコードリーダは、微弱でレベル差の大きな反射光から、元のバーコード情報を選び出して再生し、POSターミナルへ送る必要がある。したがって、今回の開発にあたっては、次のような性能が要求された。

- (1) 前置増幅部が極めてローノイズであること。
- (2) ノイズ成分の除去能力が優れていること。
- (3) バー検出能力が優れていること。
- (4) バーコード判定能力(バーコードのキャラクタ判定能力など)が優れ、処理が高速であること。

このため、光電変換素子及び増幅素子には、ローノイズ、高帯域のものを使用し、再生方式には微分による微分再生方式を用い、高速のバーコード判定(キャラクタ、チェックディジットなどの計算)を実現するために、高速のマイクロプロセッサを採用した。

図8.に処理部の構成を示す。前置増幅部は、光電変換用PINホトダイオードからの微弱な信号を、次のバー検出部に必要なレベルまで増幅を行う。この前置増幅部で増幅したバーコードアナログ信号を図9.に示す。微分部は、バーコードアナログ信号を微分することにより、バー

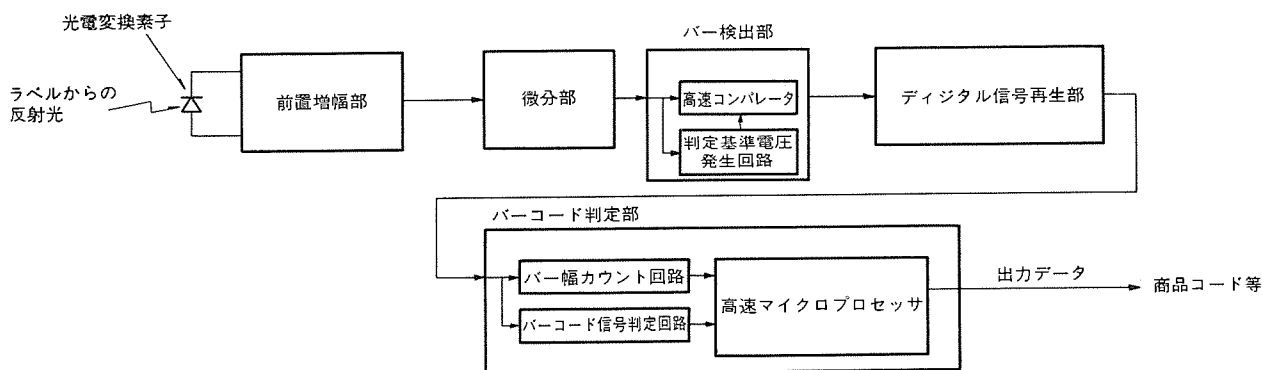


図 8. 処 理 部 の 構 成

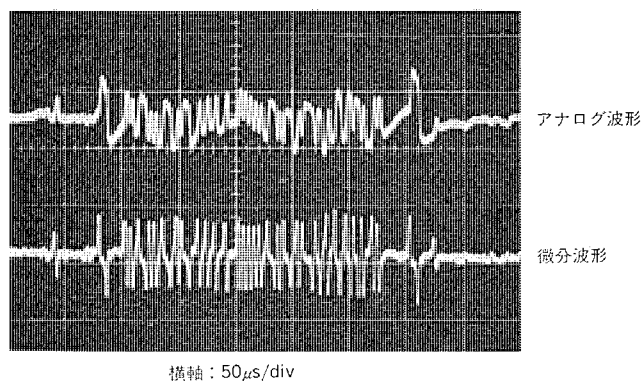


図 9. バーコード 信号波形

コードアナログ信号の平均レベルが均一なものとなり、バー検出部における検出を容易にしている。

微分波形を図 9. に示す。バー検出部は、高速のコンパレータ及び判定基準信号発生回路で構成し、白黒バーの検出を行う。デジタル信号再生部はバー検出部からの検出信号をもとに、元のバーコードデジタル信号に再生する。バーコード判定部は、バー幅カウント回路、バーコード信号判定回路、及び高速マイクロプロセッサで構成し、バーコードとしての判定、バーコード信号から商品コードなどの情報への変換、チェックディジットの計算を行い、商品コードなどのバーコード情報を POS ターミナルへ転送する。

4. 仕様・特長

- 本機の仕様を表 1. に示す。また、その特長は次のとおりである。
- (1) 回転ラスタ走査方式により、走査線密度が高く、このため寸法の小さい（高さの低い、6 mm）ラベルまで速く読取ることが可能となり、インストアマーキングの場合でも小さなラベルが使用できる。
 - (2) 読取面が広く、しかも静止、移動の併用読取りが可能なため操作性が良い。
 - (3) ホログラムディスクの複製技術の開発により量産性に優れ、低価格化が可能である。
 - (4) 構造が簡単のため、信頼性が高く保守性が良い。

表 1. バーコードリーダの仕様

読 取 対 象 シンボル	JAN, UPC, EAN コード, サイズ×0.8~2.0 バーコード高さ 6 mm 以上
読 取 方 法	底面静止読取方式
シンボル読取方向	全方向
読 取 窓 面 積	直径 150 mm
平均読取時間 (秒)	0.2
走 査 方 式	回転ラスタ方式
光 源	He-Ne ガスレーザ
電 源	AC 100±10 V 50/60 Hz 2.5 A
寸 法 (mm)	300(W)×845(H)×450(D)
重 量 (kg)	50

5. む す び

ここでは、今回開発した三菱 POS バーコードリーダについて、その概要、構成、動作原理、特長について説明した。

流通部門の近代化における POS システムの果たす役割は、今後ますます重要となりつつあり、バーコードリーダについても、ソースマーキングの普及に伴い、更に性能向上、信頼性向上、低価格化が要求される。当社としては、走査光学系及び信号処理部の改良などを行い、これらの要求にこたえていきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 村山, 橋本, 大和: 三菱電機技報, 53, No. 8, P. 613 (昭 54)
- (2) H. Ikeda, S. Matsumoto, T. Inagaki: Fujitsu Scientific and Technical Journal, 59 (1979-12)
- (3) 小野, 西田, 阪口: 信学会総合全国大会, 876 (昭 54)

光ファイバ応用計測装置

田 井 修 市*・久 間 和 生**・布 下 正 宏**

1. ま え が き

大規模化、高度化の一途をたどる電力系統や鉄鋼、石油化学などの各種工業プラントにおいて、その安定・高速かつ効率的な運用を保障するために、計測制御、監視保護機能の重要性がますます高まっている。しかし従来の電気式計測制御・監視保護システムでは、プラント内の電力機器、動力機械の大電流・高電圧に伴う電磁誘導雑音による誤動作や短絡破壊の危険性のため、あるいは爆発・可燃性化学物質の大容量化に伴う引火爆発の危険性のために適用困難になっている。このため、そのような悪環境下でも高品質の計測制御を可能にするための対応が迫られている。

一方、70年代最大の技術革新の1つとして脚光を浴びている光ファイバ及び光ファイバ伝送技術を計測制御分野に導入することは、光ファイバの有する高絶縁性、無誘導性、低損失広帯域性、軽量細径可とう性、耐化学薬品性、安全防爆性などの多くの優れた特長を有効にいかすことになり、従来技術では困難であった高電磁界、引火爆発性雰囲気、可燃性溶液中など化学雰囲気などの悪環境下でも安全、高感度、高精度、高速度の遠隔計測を可能にする。

このような背景のもとに、最近通商産業省大型プロジェクト「光応用計測制御システムの開発」がスタートした。また、電力会社や重電機器メーカーなどの光ファイバ応用技術への関心も急速に高まっている。当社は、社内外のニーズと技術動向に沿って各種の光ファイバ応用センサ及びそれらを用いた計測装置の開発を積極的に進めている。本稿では、当社における最近の光ファイバ応用センサ及び計測装置の開発状況についての概要を紹介する。

2. 光ファイバレーザドップラ速度計⁽¹⁾⁽²⁾

2.1 原理と構成

今回開発した光ファイバレーザドップラ速度計（以下、光ファイバLDVと略す）は、新規の光ファイバピックアッププローブ（以下光プローブと略す）及びレーザ光源から受光素子に至るすべての光信号伝送路を光ファイバによって連結している。このため、光学的調整が不要で取扱いが非常に容易になり、物体の速度、振動、流体の流速、流量などを高感度、高精度に非接触測定することができる。

図1.はこの装置の構成を示したものであり、光プローブの先端にマイクロレンズを装置したことを特長としている。光源にはHe-Neレーザを、受光素子にはSi-APDを、光ファイバにはコア径50 μm 、ファイバ径125 μm 、開口数0.18の石英ガラス系GI形(Graded Index type)を使用している。まず、He-Neレーザの出射光を光ファイバに結合し、ビームスプリッタを経て光プローブから出射する。この出射光は光プローブ先端のマイクロレンズにより平行ビームにし、運動している被測定体にその運動方向に対し角度 θ で照射する。その散乱光は被測定体の速度に比例した周波数シフト、すなわちドップラ効果を受ける。この散乱光の一部を同一の光プローブで受光し、ビームスプリッタを介してAPDへ導びく。このピックアップされた信号光の周波数は、He-Ne

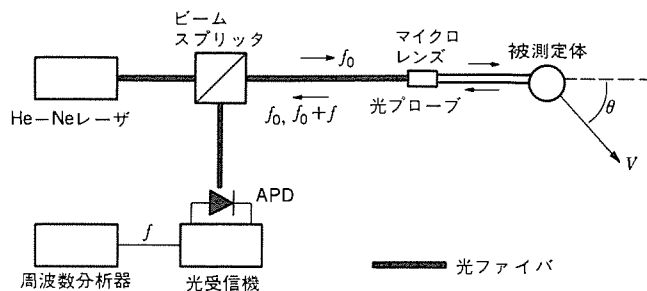


図 1. 光ファイバLDVの構成

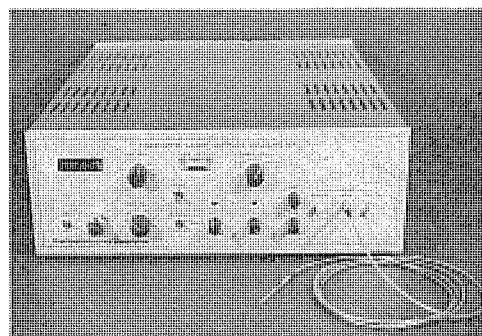


図 2. 光ファイバLDVの外観

レーザ光の周波数を f_0 、ドップラ効果による周波数シフトを f とすれば、 $f_0 + f$ と表すことができる。また、光プローブ先端で反射されて、周波数 f_0 のまま信号光と同一経路をたどってAPDへと導びかれる光も存在する。これら2つの周波数の光が干渉し、APD受光面上では2つの光の周波数差に相当するビート信号が得られる。

この方法は光ヘテロダイン検波と呼ばれ、非常に高感度に信号検出が行える。ドップラ周波数 f はこのビート信号そのものであり、次のように表すことができる。

$$f = \frac{2V}{\lambda} \cos \theta \quad \dots \dots \dots (1)$$

式(1)において、 V は被測定体の速度、 λ はレーザ光の波長である。APDによって検出されるビート信号の周波数を測定すれば、式(1)より速度 V を知ることができる。この装置は周波数トラッカを用いてAPD出力信号の周波数を分析し、実時間で速度を直読できるようにしてある。また、光源、ビームスプリッタ、光受信機、周波数トラッカはすべてキャビネット内に一体化してあり、光学的調整は不要で機械的に安定である。この装置の外観を図2.に示す。

2.2 基本性能

光ファイバLDVの速度測定範囲は原理的に $10^{-4} \sim 10^3 \text{ m/s}$ （上限は受光素子の応答速度、下限はレーザ光源の雑音で制限される）であり、非常にダイナミックレンジの広いことが特長であるが、実際には測定速度の上限は光受信機又は信号処理器の周波数帯域の上限で決まる。図3.は被測定体（回転円板）の速度 V と実測したドップラ周波数 f との関係を、光プローブからの平行出射ビームと速度 V とのなす角

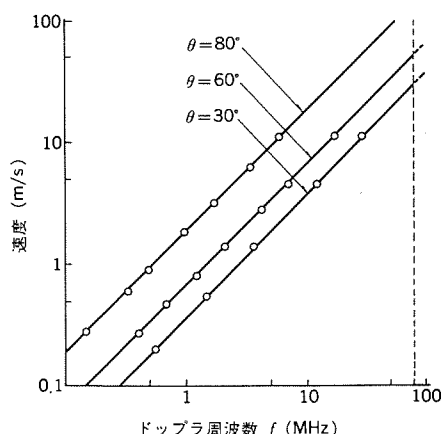


図 3. 速度とドップラ周波数との関係

θ をパラメータとして示したものである。同図より、スペクトルアナライザのような広帯域の信号処理器を使用すれば 100 m/s 以上の速度測定が、また当社で開発した帯域 10 MHz 程度の周波数トラッカを用いれば最高 20~30 m/s までの測定ができることが分かる。測定精度は θ に依存して変化し、例えば $\theta=30^\circ, 60^\circ$ に対して、各々 0.6%, 2% 以下である。したがって、光プローブを実装する際の角度設定の精度も誤差要因のひとつであるため、設定角 θ に依存しない光ファイバプローブの開発も進めている。

光ファイバ LDV は非接触測定という利点を有しており、光プローブと被測定体との距離は長い方が望ましい。出力 1.5 mW のレーザを用いているこの装置では光プローブ先端から 40 cm 程度離れた箇所の速度測定が可能である。この測定限界距離を更に長くすることは大出力のレーザを使用すれば可能である。

2.3 その他の応用

この装置は固体の速度のみならず、液体の流速や流量の測定に対しても威力を発揮する。光プローブからの出射平行ビームを流体に対し角度 θ で照射したとき、出射ビームは流体中に含まれる微粒子により散乱され、粒子の速度に比例したドップラ効果を受ける。一般に流速 V は管壁近傍では遅く、中央付近で最大となるため、光プローブで受光される信号光はゼロから最大流速までに対応した周波数変化を受けている。この信号光を APD で電気信号に変換したのち、スペクトルアナライザで周波数分析すれば、0~ f_{\max} まで分布した周波数スペクトルが観測できる。したがって、容易に f_{\max} が求まり、次式によって管内を流れる流量 A を知ることができる。

$$A = \frac{\alpha \lambda f_{\max} S}{2 \cos \theta} \quad (2)$$

ここで、 S は流管の断面積、 α は最大流速と平均流速との比であり、流速分布により決まる定数である。

内径 17 mm のガラス管内を流れる水の流量を測定した結果を図 4. に示した。これは、流れが乱流であると仮定して、最大ドップラ周波数 f_{\max} より式 (2) を用いて計算したものである。この装置を用いれば、例えば光受信機の帯域を 80 MHz、流管の口径を 50 cm としたとき、最高 20 m³/s までの流量計測が行える。また、光プローブ出射光を光プローブ前方で焦点を結ぶようにしておけば、高い空間分解能をもって焦点部分の流速のみを検出することができ、流速分布を求めることができる。

次に振動計測への応用について説明する。物体の振動と速度との間には密接な関係があるため、この装置を用いて振動の計測を行う

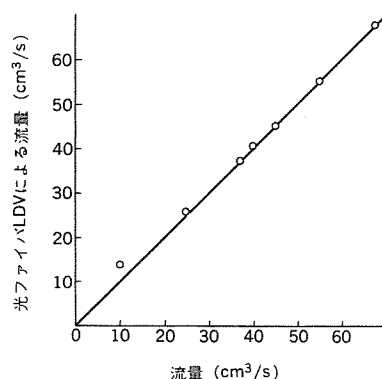


図 4. ガラス管を流れる水の流量計測例

ことができる。振動物体はその変位が最大のとき速度がゼロ、変位がゼロのときに速度が最大となるため、このような物体に光プローブ出射光を照射したときに得られる散乱光は、ドップラ周波数がゼロから f_{\max} までの間を時間的に変動している。この信号光を電気信号に変換し、周波数分析することにより振動振幅と振動数に依存したスペクトルを得ることができる。したがって、振動数がわかれば振動振幅を求めることができる。

実験では、振動数 120 Hz のとき振動振幅 0.4 μ m 程度まで測定できた。互に直交する 3 本の光プローブを用いることにより、従来の装置では

実現が困難である 3 次元の非接触微小振動計測を行うこともできる。また、超音波変調器などで周波数バイアスを与えた光を用いて光ヘテロダイン検波を行えば、振動波形の観測も可能である。

3. 光ファイバ応用温度測定装置⁽³⁾

3.1 原理と構成

動作状態にある電力機器内部のような高電磁界が発生している箇所、例えば変圧器の巻線の温度を測定するために光学式温度センサを用いた光ファイバ応用温度測定装置を開発した。

光ファイバ応用温度センサの測定原理図を図 5. に、センサの構成及び外観を図 6. に示した。測定原理として半導体の光学的基礎吸収端波長 λ_g の温度依存性を利用している。 λ_g は半導体固有のバンドギャップエネルギーに対応しており、温度の上昇とともに長波長側へ移動することが知られている。その変化の割合は Si や GaAs など、多くの半導体ではおよそ 0.3~0.4 nm/deg である。

したがって、測定温度内で光源の発光スペクトルの中に含まれる λ_g をもつ半導体チップを図 6. のようにセンサ部の金属細管内において 2 本の光ファイバで挟み込んでおけば、半導体チップ透過光強度は温度の上昇とともに減少する。この透過光強度を光ファイバを介して光受信機で測定することにより、センサ部の温度を知ることができる。しかし、温度に関する情報を光の強度に変換するため、光コネクタ損失の変化、光ファイバの曲がりによる伝送損失の変化、センサ部の光ファイバ間の結合損失の変化などによる光強度の変動が、温度測定の大きな誤差要因となる。

当社では、これらの誤差要因を除去するために、スペクトル内に λ_g を含む光源（中心波長 λ_1 ）のほかに λ_g より長波長の光源（中心波長 λ_2 ）をも用いた 2 波長方式の光温度測定装置を開発した。図 5.

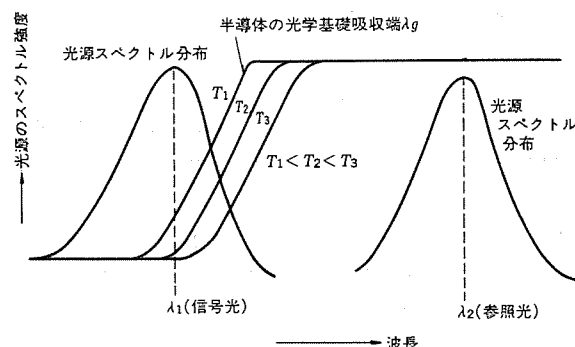


図 5. 光温度センサの原理図

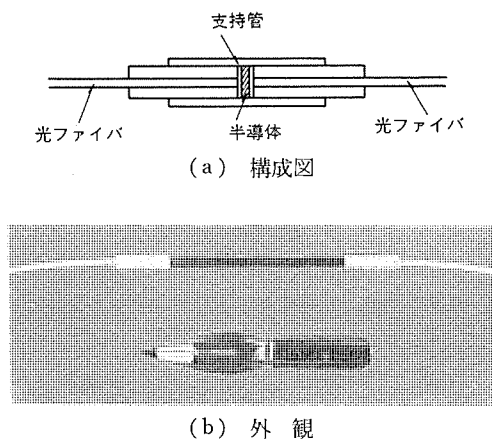


図 6. 光温度センサの構成及び外観

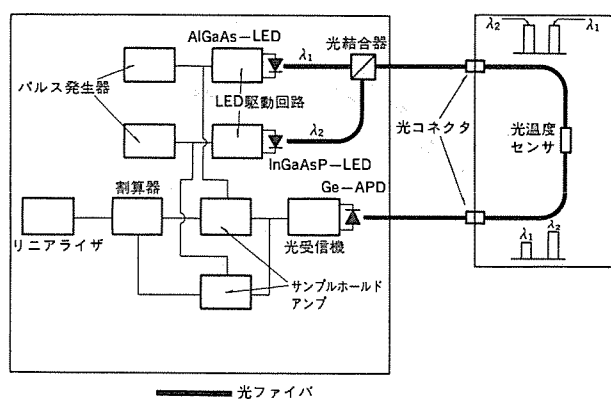


図 7. 光ファイバ応用温度測定装置の構成

に示したように、中心波長 λ_2 の光は λ_1 が温度により変化しても透過率はほとんど変動しないため、 λ_2 の光を参照光として用いることにより、温度による λ_1 の透過率変化以外の光強度変動を補償することができる。

開発した装置では、 λ_1 の光源として AlGaAs 系 LED ($\lambda_1=0.87 \mu\text{m}$)、 λ_2 の光源として InGaAsP 系 LED ($\lambda_2=1.27 \mu\text{m}$)、温度センサ部の半導体には、CdTe ($\lambda_g \approx 0.85 \mu\text{m}$, 室温) 又は GaAs ($\lambda_g \approx 0.9 \mu\text{m}$, 室温) を用いており、センサ部の寸法は $1.5 \text{ mm}\phi \times 30 \text{ mm}$ である。

装置全体の構成を図 7. に示す。LED₁ (AlGaAs 系) 及び LED₂ (InGaAsP 系) を交互にパルス駆動し、それらの出射光を光結合器で波長多重した後、光ファイバで温度センサ部へ導く。温度センサ部においては上述したように LED₁ の透過光強度は温度によって変化するが、LED₂ からの光は温度には無関係で透過率は変化しない。一方、光コネクタ、温度センサ部における結合損失の変化量はどちらの光に対してもほぼ同一であるため、これら 2 つの光を Ge-APD を受光素子とする光受信機において電気信号に変換した後、2 つの光による電圧の比をとれば温度以外の要因による影響を補償できる。また、温度による λ_1 の光の透過量はほぼ指数関数的に変化するため、割算器出力を対数変換し、そのあとリニアライザで直線化して温度を直読できるようにしてある。

3.2 基本性能

この装置の測定温度範囲は GaAs, CdTe いずれを用いたセンサも $-30 \sim 300^\circ\text{C}$ である。この測温範囲の上限は、光ファイバジャケットの耐熱温度によって制限されている。2 波長を用いているため、光コ

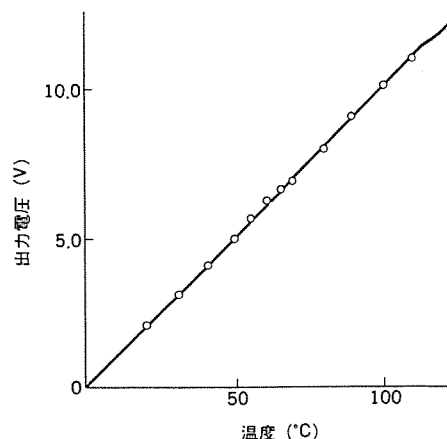


図 8. 変圧器コイルの温度測定結果

ネクタ損失が 3 dB (2 倍) 程度変動しても測定精度は $\pm 1^\circ\text{C}$ 以下である。また、応答速度は時定数にして 2 ~ 3 秒以下である。

3.3 応用例

この装置を用いて変圧器コイルの温度を測定した結果を図 8. に示した。これは GaAs をセンサ材料とした場合のもので、横軸は熱電対 (精度 $\pm 1^\circ\text{C}$) で測定した温度、縦軸はこの装置の出力電圧であり、温度 10°C 当たりの出力電圧が 1 V となるように調節してある。使用した光ファイバの長さは 230 m である。

4. 光ファイバ応用加速度測定装置

この装置は振動体の加速度測定を行うためのもので、光学式センサとして、慣性系を用いたものと光弾性効果を用いたものを開発している。いずれも光源には AlGaAs 系 LED、受光素子には Si-DIN PD を使用している。

4.1 慣性系を用いた加速度測定装置⁽⁴⁾の原理と構成

慣性系を用いた光ファイバ応用加速度センサとその測定系の構成を図 9. (a) に示す。円形の板ばねとおもりとで慣性系を構成しており、センサ部に振動が加えられたとき、おもりに取付けられた遮へい板によって、マイクロレンズからの出射平行光ビームの一部を遮へいし、振動に応じて遮へい板通過光を強度変調する。この強度変調を受け

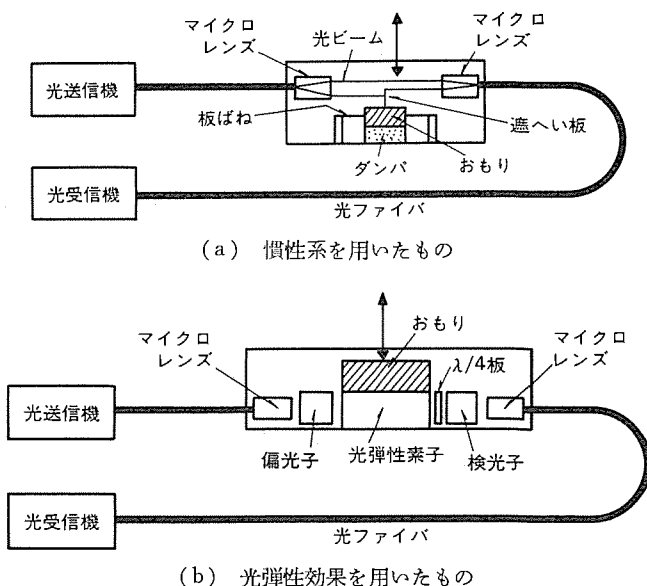


図 9. 光ファイバ応用加速度センサとその測定系の構成

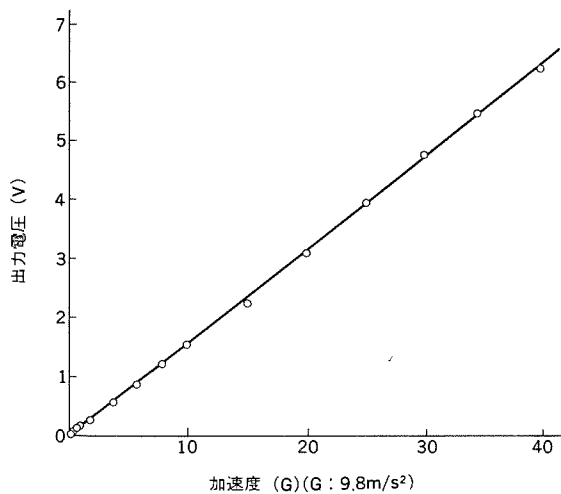


図 10. 加速度と出力電圧の関係 (慣性系を用いたセンサ)

た光を光受信機で検出することにより、振動の状態がわかる。

センサ部の固有振動数 f_n を被測定体の振動数 f に対して、 $f_n \gg f$ となるようにばねのスティフネスとおもりの質量を選んでおけば、遮へい板の変位は被測定体の振動の加速度に比例する。したがって、 f_n を高くしておけば、広範囲の振動数領域における加速度測定が行える。

4.2 基本性能

開発した装置は $f_n = 2 \text{ kHz}$ 、測定周波数範囲 $0 \sim 1 \text{ kHz}$ のものである。この装置は、 40 G (G は重力加速度) 程度の加速度まで直線性良く測定することができる。測定結果を図 10. に示す。横軸が加速度、縦軸が光受信機出力電圧である。光受信機出力信号の S/N 比は、加速度 0.1 G で 40 dB 以上得られている。また、光コネクタやセンサ部における光の結合損失の変動による測定誤差を除去するために、光受信機出力の直流成分をフィードバックして光源の LED 駆動電流を制御し、常に一定光量が光受信機に到達するようにしている。

4.3 光弾性効果を用いた加速度測定装置⁽⁵⁾の原理と構成

このセンサとその測定系の構成を図 9. (b) に示す。おもりを乗せた光弾性素子の両端に偏光子と検光子を光軸が直交するように配置し、検光子と光弾性素子の間には $\lambda/4$ 板を挿入してある。この偏光子の光軸と光弾性素子の応力印加軸は 45° になるよう配置している。

まず、光送信機からの光を光ファイバでセンサ部へ導びき、マイクロレンズで平行ビームに変換したのち、偏光子で直線偏光にする。いま、図の矢印の方向に振動が加えられると、光弾性素子にはおもりの質量と加速度に比例した応力が加わり複屈折性を呈するため、光弾性素子通過光は(だ)楕円偏光となる。この光を $\lambda/4$ 板と検光子で光強度信号に変換して、光受信機で検出することにより加速度を知ることができる。光弾性素子としては、エポキシ樹脂、ジアリルフタレート (DAP) 又は LiNbO_3 単結晶を用いている。

4.4 基本性能

この装置の周波数特性を図 11. に示す。これは LiNbO_3 を光弾性素子として用い、おもりの質量 m を $m=25 \text{ g}$ とした場合のものである。図より振動数 3 kHz まで平坦な特性を有していることがわか

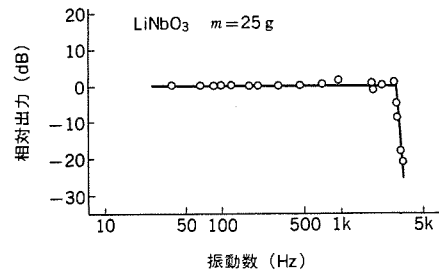


図 11. 周波数特性 (光弾性素子として LiNbO_3 を用いたセンサ)

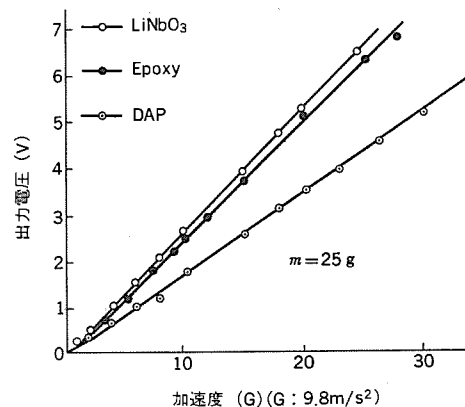


図 12. 加速度と出力電圧の関係 (光弾性効果を用いたセンサ)

る。光弾性素子としてエポキシや DAP を用いても同様である。

図 12. は加速度と光受信機出力電圧との関係を示している。これは $m=25 \text{ g}$ の場合であるが、いずれの素子を用いても加速度 30 G 程度まで直線性良く測定できる。また、検出感度は m に比例し、例えば $m=25 \text{ g}$ では加速度 0.1 G で S/N 比 40 dB 以上、 $m=280 \text{ g}$ では 0.01 G で 40 dB 以上の S/N 比が得られている。

なお、図 9. (b) の光弾性素子のおもりを除去し、その面を受圧面とすれば、光ファイバ応用圧力センサとして使用することも可能である。

5. む す び

以上、当社で開発した光ファイバ応用計測装置の概要を紹介した。ここでは紹介しなかったが、当社では光ファイバを応用した電流⁽⁶⁾や電圧測定装置の開発も進めている。これらの光ファイバ応用センサ及び測定装置は、当社の主な製品である電力機器などの付加価値を高めるためばかりではなく、各種工業プラントの計測制御・監視保護システムとして近い将来重要な位置を占めるであろう。

参 考 文 献

- (1) K. Kyuma et al : Appl. Opt. 20, 4, 2424 (1981)
- (2) 久間ほか : 計装 24, 8, 37 (昭 56)
- (3) 久間ほか : センサ技術 1, 2, 26 (昭 56)
- (4) 田井ほか : 第 1 回 センサの基礎と応用 シンポジウム, 57 (昭 56)
- (5) 田井ほか : 電子通信学会技術研究報告, OQE 81-110 (昭 56)
- (6) 久間ほか : 昭和 55 年秋, 応用物理学学会講演予稿集, 18 P-G-3

三菱レーザ式表面検査装置

鈴木明夫*・亀井光仁**・稲荷隆彦***・竹内宗昭⁺・向井文章⁺

1. ま え が き

生産ラインの自動化が進んでいる中で表面検査は、視覚検査特有の難しさがああり、技術的に困難なものとしてとり残されてきた。

表面検査技術としては、これまでに光学的手法を用いたものが主流を占め、いろいろなタイプのものがああったが、広く普及するには至らなかった。その大きな原因としては、欠陥分解能及びパターン処理能力が不足しており、どうしても目視検査との間に差が出るところにあった。

これに対処するため、“三菱レーザ式表面検査装置”はレーザ光のもつ回折現象を用いて、欠陥分解能を優れたものにすると共に信号の内部処理に単にアナログ的レベル分離処理のみでなく、マイクロプロセッサを多重利用したデジタル的な高速パターン処理機能を持たせたもので、高い欠陥分解能を持つ表面検査装置として現在実プラントで稼働中である。

以下に“三菱レーザ式表面検査装置”の特長、装置概要、実用例などについて紹介する。

2. 仕様及び特長

“三菱レーザ式表面検査装置”の標準仕様を表1.に示す。この装置は250mmを検査幅とするユニット構成をしており、広い検査幅の対象にはユニットを千鳥状に配列した光学ヘッドが用意される。その他この装置の主な特長を表2.に示す。

3. 装置の概要

前述のように“三菱レーザ式表面検査装置”は、これまでの表面検査装置に無い数多くの特長を持っている。ここではこの装置の詳細に関して動作原理、構成ブロックとともに多重マイクロプロセッサの利用で得られた多くのシステム機能を紹介する。

3.1 動作原理

レーザ光は、金属表面などの粗面に照射した場合、その表面粗さ構造により回折をうけ⁽¹⁾⁽²⁾、圧延金属板の場合には、その回折像は図1.に示すように金属板の走行方向と直角をなす方向に広がった帯状の像となる。一方、金属板表面に正常面と異なる構造変化を持った欠陥が存在すると、回折像は図2.に示すようにその構造を特徴的に表すものに変化する⁽³⁾。この装置は、この回折像の変化を光学的に検出することにより欠陥を検出するもので、その光学的検出部の基本構成を図3.に示す。

He-Neガスレーザ光を集光レンズにより被検査材表面で必要なビーム形状になるよう集光し、電磁振動鏡により被検査材の幅方向にビームを振り、反射

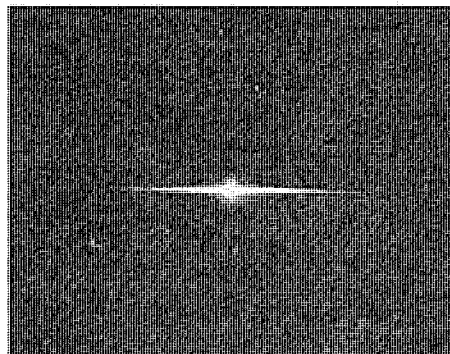


図 1. 正常面の回折像

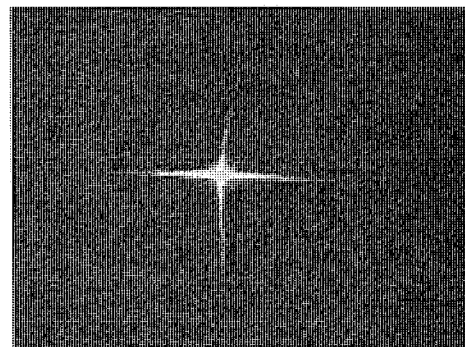


図 2. 欠陥部の回折像

表 1. 標準仕様

(1) 検査幅	250mm/ユニット
(2) ライン速度	最大720m/分
(3) 走査方式	フライングスポット
(4) 感 度	鏡面状金属板に対し欠陥幅>30μm
(5) 検査方式	回折パターン直接受光方式
(6) 表面異物	圧延油、水等の付着は可能
(7) 出力表示	長さ方向、幅方向に検査領域を分割し欠陥分類別に表示及び印字
(8) 欠陥判別機能	〔グレードⅠ〕 規定以上の欠陥の有無判別 〔グレードⅡ〕 規定以上の欠陥の長さ判別、計数 〔グレードⅢ〕 欠陥の種類判別……スクラッチ、密集、汚れ等 ランク分け………縫欠陥、中欠陥、重欠陥等 判定基準値可変
(9) 電源電圧	AC 100V±10%, 50/60Hz
(10) 周囲温度	0~40℃

表 2. 装置の特長

1.	欠陥検査分解能が高い	レーザ回折パターン直接受光方式 ⁽¹⁾ であるため分解能が高い。 (30μm幅の欠陥検出可能)
2.	マイクロプロセッサによる高速多様処理が可能	マイクロプロセッサの多重使用により、欠陥の有無から欠陥の種類(スクラッチ、密集欠陥、汚れ等)を判別更に目視検査に近いクラス分け判定まで単純なものから複雑なものまで高速処理が可能。 また、一目でわかる欠陥発生アップあるいは、ライン管理資料等の出力がプリントアウトできる。
3.	油、水などの表面付着物の影響を受けない	油、水等が表面に付着していても、レーザビーム径程度の粒が発生していなければ検査に影響しない。
4.	疲労、見のがしが無く信頼性が高い	機械化により従来の目視検査に起こりがちな疲労、見のがしが無くなり、品質の均一化が得られる。 また、信号処理部は、ほとんどIC、LSI化され、信頼性が高い。
5.	ラインの高速化が可能	目視検査では、ラインスピードが制限されるが、自動化により高速オンライン化できる。
6.	自己診断により、異常場所及び内容の表示	検査スタートの度に装置全体を自己診断し、検査の信頼性を維持している。また、異常があればただちに異常場所及び内容の表示をするので修理がす早く行える。

鏡を通して被検査板上にレーザビームを走査する。この時の被検査材からの反射回折光を、オプティカルファイバ成形品で空間的にフィルタリング集光、光電子増倍管により光電変換され電気信号としてとり出す。この電気信号を表面検査信号として後続の信号処理回路に送り、各種の処理を経て欠陥の発生を検知する。

3.2 装置の構成

装置の概略構成を図4.に、ブロック構成を図5.に示す。この装置は、図4.に示すように、表面用検査ヘッド、裏面用検査ヘッド、信号処理装置、オペレーションパネル、プリンタ、ロータリエンコーダで構成している。図5.の各ブロックにおける動作概要は次のとおりである。

(1) 検査ヘッド

被検査材の表面欠陥を光学的に検出し、電気信号に変換して信号処理部へ出力する。

被検査板上でのレーザビーム形状は、検出すべき欠陥の大きさとウインスピードに合わせて円又はだ(楕)円形状を選択しており、最小ビームは0.1mmφまで可能である。また、反射回折光の集光にはオプティカルファイバ束の特殊成形品を使用しているが、その形状は空間フィル

タリング効果が最良になるように選ばれている。この微小ビームと最適フィルタリング効果が高感度、微小欠陥検出を可能にしている。レーザ光の走査には電磁振動鏡を使用しているが、これは回転鏡に比べて高速走査、耐摩耗性、駆動回路の簡易性、小形化、低廉などの理由からである。走査周波数は最高6kHzまで可能である。受光部分ではNDフィルタにより1/64~1/400に減光し、更に外部光減衰フィルタを入れているため、外乱光の影響は受けにくく、通常の蛍光灯照明の下では暗室的な外乱光防護は不要である。

(2) 信号処理部

信号処理部は検査ヘッドからの信号を受けて各種の処理を施し、結果をプリンタあるいは外部のラインコントローラなどに出力する。処理部は以下に述べる回路ブロックで構成しているが、複数の演算判定専用のマイクロプロセッサと装置制御専用のマイクロプロセッサを備えているところに特長があり、各回路間をすべてバスラインで接続している。2台の

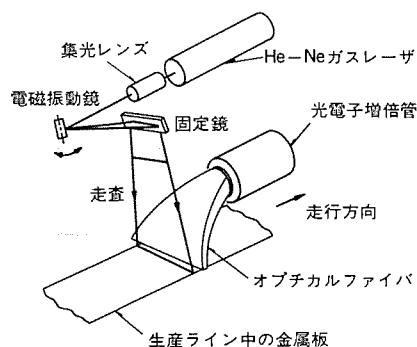


図3. 検出部の基本構成

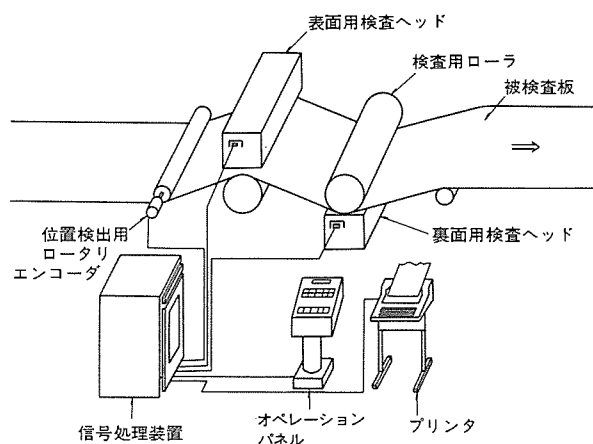


図4. 装置の概略構成

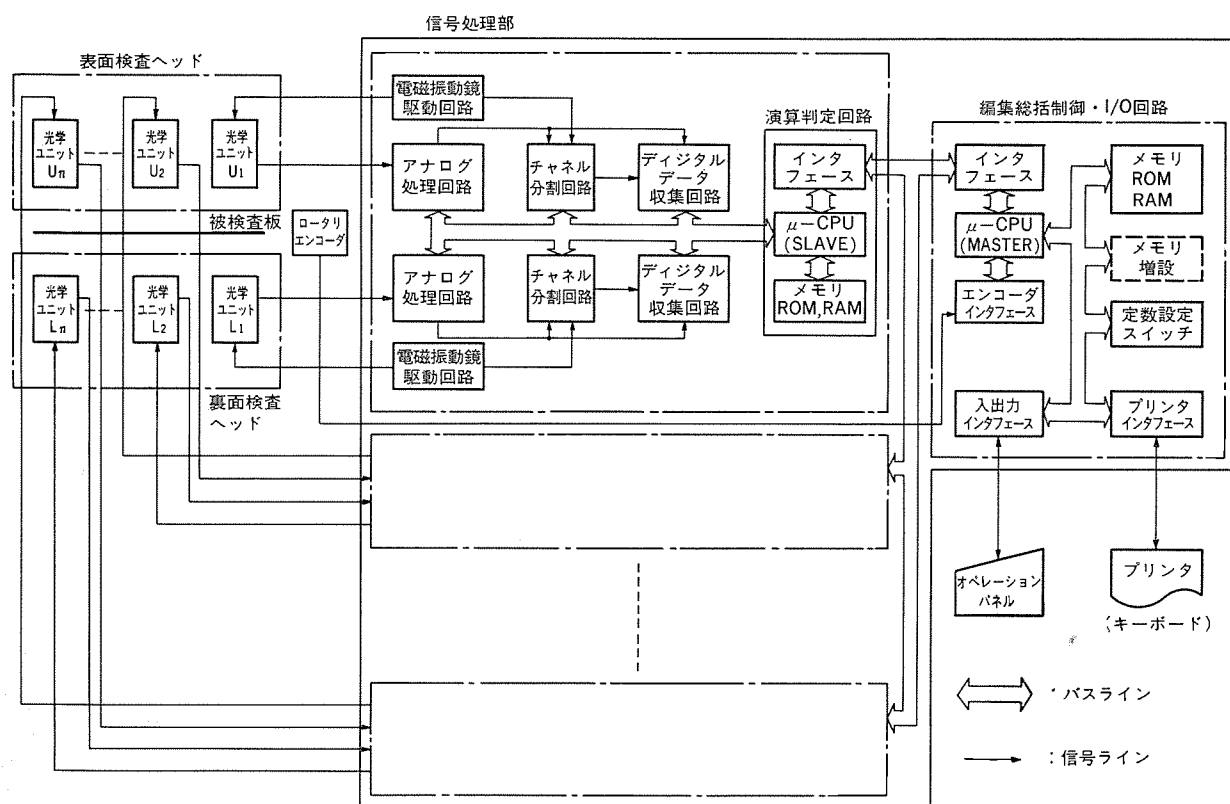


図5. 装置のブロック構成

光学ユニットに対応する処理回路を1回路ユニットとして構成し、バスラインのコネクタ接続のみで、このユニット単位で増設が容易にできる。

(a) アナログ処理回路

検査ヘッドからの信号を増幅、波形整形した後、欠陥信号レベル分類を行う。最高3レベルまで分類でき、欠陥部分の単位長ごとの分類レベル別デジタル信号に変換する。増幅回路は、微小欠陥検出のために、150 MHz以上の周波数特性をもっている。

(b) チャンネル分割回路

被検査板上の欠陥の位置情報を得るために、光学ユニット単位で出力されるアナログ信号を時分割し、ユニット対応の板幅を最高4チャンネルまで任意の位置で分割でき、各チャンネル対応で後続の信号処理を行うことができる。チャンネル位置は、板幅及び分割数又は分割位置の外部設定値により異なるため、これらの読取り、演算を自動的にを行い、各チャンネルに指示する。このチャンネル分割は、毎回のビーム走査ごとに前回走査時のデータを参照して補正を加える自動追従形としているので、検査領域のずれによる誤動作は起こさない。

(c) デジタルデータ収集回路

アナログ処理回路でデジタル信号に変換された欠陥信号は、チャンネル分割回路で振り分けられたそれぞれのチャンネル別データ収集回路で、後続の演算判定に必要なデータ(欠陥の長さ、幅、密集度など)の形にそろえる。更に、同じ領域内に発生した複数個の欠陥についてそれぞれの程度を判定する必要があるため、それらを個別に分離認識する回路を備えている。

(d) 演算判定回路

デジタルデータ収集回路でそろえられたデータを集め、あらかじめ決められた欠陥判定アルゴリズムに従って演算などを行い、個別欠陥の種類、程度(ランク)判定を行う。ここでは、演算判定専用マイクロプロセッサを使用しており、任意の演算判定を行うことができる。また、光学ユニット2台に対して1つの演算判定回路を持っているため、複雑な判定処理でも高速で対応できる。判定結果は個別欠陥ごとにデータメモリに格納する。

(e) 編集・総括制御・I/O回路

各領域別の演算判定回路で判定された個別欠陥データを被検査板の長さ及び幅領域ごとに編集し、領域内の欠陥の種類、ランク別発生個数などの検査結果をプリンタに出力する。また、オペレーションパネルからの運転指令に従い、装置全体の動作を制御する。ここでもマイクロプロセッサにより装置動作制御、データ編集、出力などを行っている。システムの大形化、高速化に対応できるようデータメモリは増設可能である。欠陥の個別判定及び装置動作制御に必要な各種の定数は、デジタルスイッチで容易に変更が可能である。

(3) オペレーションパネル

装置の運転操作(検査の開始、停止、各種検査モードの選択)及び動作状態、判定結果、異常の表示を行う。すべての操作は、このオペレーションパネルで行うことができる。運転に必要な可変設定値にはデジタルスイッチを設けて容易に変更できるようにしている。

(4) プリンタ

信号処理部で判定された結果を欠陥発生マップ、管理資料など必要な形式でプリントアウトする。高速オンライン化のためにインクジェット式プリンタを使用している。また、キーボード付きのものを使用することにより、処理装置内のマイクロプロセッサと接続して、メモリ内データ、プログラムの表示、書換えなどのデバッグも行うことができる。更に装置異常の場合に異常内容、異常部分を自動的にプリントアウトする。

(5) ロータリエンコーダ

被検査板の長さ方向の情報を入力するためにラインに取付ける。これにより欠陥の長さ計測、被検査板の長さ領域判定を行う。

3.3 システム機能

この装置にはハードウェアでのデータの収集及び入出力機能を十分に用意しておき、ユーザーにより異なる欠陥判定及びシステム動作に対して、ソフトウェアによりデータ、入出力機能を選択・組合せて処理を行うことにしている。したがって、次に述べるような種々の機能を持たせることができる。

(1) 計測判定機能

計測判定においては、基本的には欠陥信号の深さ、欠陥の幅、長さなどの情報をもとにして、各々の情報の2次元的な分布状況から欠陥を判定する。具体的には図6.に示すような情報収集(計測)及び欠陥判定機能を持っている。

(2) 欠陥判定処理

欠陥判定処理は、図7.に示すように、単純なものから複雑なものまで可能である。顕著な欠陥のみが存在する場合は、例1.の程度の処理でも有効である。例2.では、不連続的に検出される欠陥の場合、目視では不連続部分を含めて長さを判定しているため、これに対応した全長計測機能を持たせている。例3.は、被検査板を細かく分割した小短冊を製品単位とする場合に有効である。例4.は、最も複雑な処理で、各種計測データを組合せ演算判定し、個別欠陥及びこれらの分布状況により総合判定を行うものである。

各ユーザーで現在行われている目視検査では、検査員の経験的であり複雑な判定基準により欠陥判定及びランク分類が行われており、例4.に近いものが要求される場合が多い。それだけに、各ユーザーの

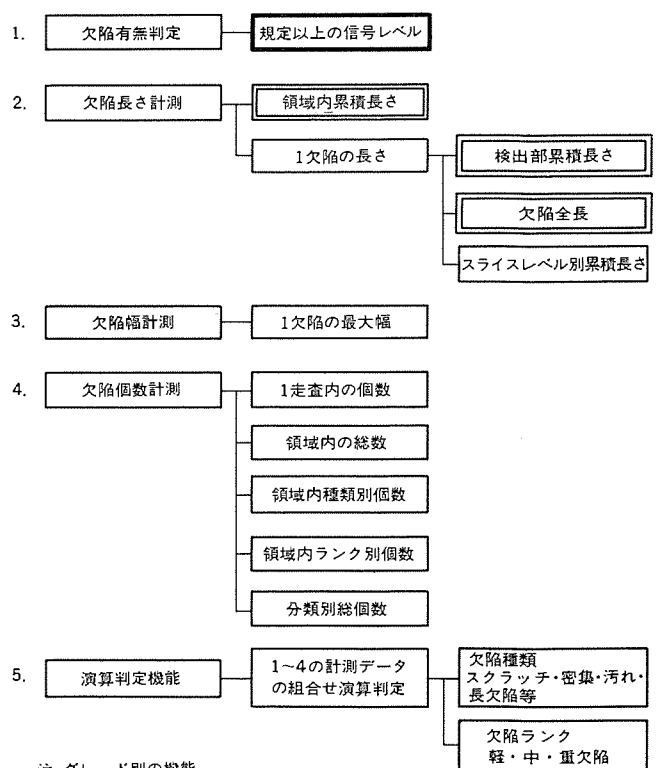
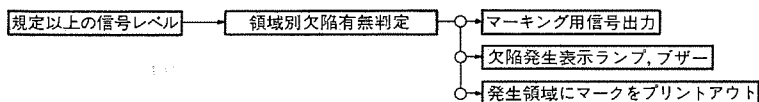
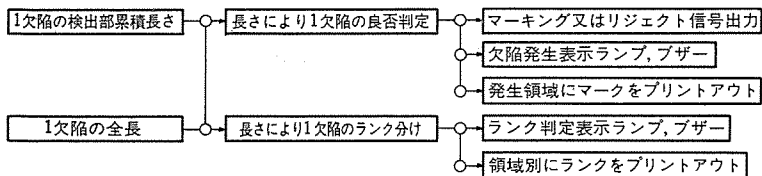


図 6. 計測判定機能

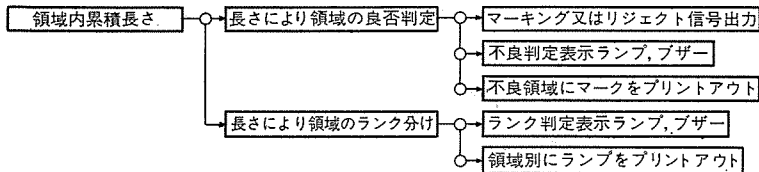
例1 単なる欠陥の有無（グレードⅠに相当）



例2 個々の欠陥の長さによる判定（グレードⅡに相当）



例3 一定の面積内の欠陥の累積による判定（グレードⅡに相当）



例4 欠陥の種類、ランク、発生状況による判定（グレードⅢに相当）

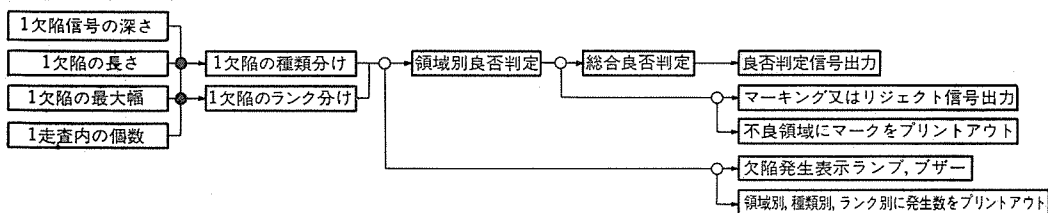


図 7. 欠 陥 判 定 処 理 例

表 3. オペレーション 及び機能例

状 態	操 作	機 能	関連機器
準備	可変設定値の設定	設定値可変機能 (1)被検材ごとに変更する設定値（可変）・・・・・・ 板幅分割数，不感帯等 (2)調整時にのみ変更する設定値（半固定）・・・・・・ 判定処理用定数	オペレーションパネル 信号処理装置
通板	被検材を通板し安定位置で停止		
設定値読込 (前処理)	設定値読込スイッチを押す	可変設定値読込機能 板幅自動読込機能 不感帯位置、板幅分割位置の自動演算設定機能 疑似信号による自己診断機能 異常時の異常箇所・内容表示機能	オペレーションパネル 信号処理装置
予備検査開始	○予備検査開始スイッチを押す ○被検材の移動を開始 ○板の前端部の欠陥発生状態を確認	欠陥判定処理機能 欠陥発生表示機能（ランプ、ブザー）	オペレーションパネル 信号処理装置
本検査開始	本検査開始スイッチを押す	欠陥判定処理機能 欠陥発生表示機能（ランプ、ブザー、プリンタ）	オペレーションパネル 信号処理装置 プリンタ
検査終了	検査終了スイッチを押す	欠陥判定処理機能（最終領域、トータル） 欠陥発生表示機能（最終領域、トータル） 処理終了（プリンタ紙送り、待期）	オペレーションパネル 信号処理装置 プリンタ
端末巻取り	被検材の終端部を巻取る		

判定基準に合致した判定 アルゴリズム は、 経験的あるいは実験的にそれぞれの ライン 又は製品の特異性を盛り込んで作り出されるものであり、 これらは各 ユーザー のノウハウとなっている。この装置では、このような種々のノウハウを含んだ検査基準に容易に対応できるように、ソフトウェア 部分に柔軟性を持たせている。

る。納入製品例は図 8.、図 9. に示す。

(1) スリットライン 用表面検査装置

このラインは圧延後アルミ板を2又は3分割に切断するもので、切断前に表面検査を実施し、発生した欠陥の種類及びそのランク（3段階）ごとの発生数を分割領域及び定尺長さごとにまとめてプリントアウト

(3) システムオペレーション
システムオペレーションは、ラインコントロール及び必要なデータ、管理資料の出力などユーザーの使用目的に合わせて装置動作が行えるようソフトウェアコントロールとし、プリンタ入出力のほかにホトカプ絶縁形入出力信号回路による対外部コントロール信号入出力も可能である。ライン運転に対応した操作及び各動作時の機能の1例を表3.に示す。

検査システムにおいては、オペレータ操作の簡便性、異常時の対応の容易性が重要である。したがって、この装置ではオペレータの操作するスイッチを極力減らし、その間の動作シーケンスを自動化し、誤操作に対しては保護インタロック機能を設け、不注意によるライン運転障害を防止している。更に装置自身の自己診断、異常部分及び内容の表示を行い、常に装置の信頼性を維持できるようにになっている。

4. 実 用 例

過去に納入した実用例の中から、図 6 のグレードⅢ（最も複雑な処理）に相当する処理を施している例として、三菱アルミニウム(株)富士製作所において稼働中のアルミニウム薄板のスリットライン及びシーラインに使用の表面検査を取りあげて概略を紹介す

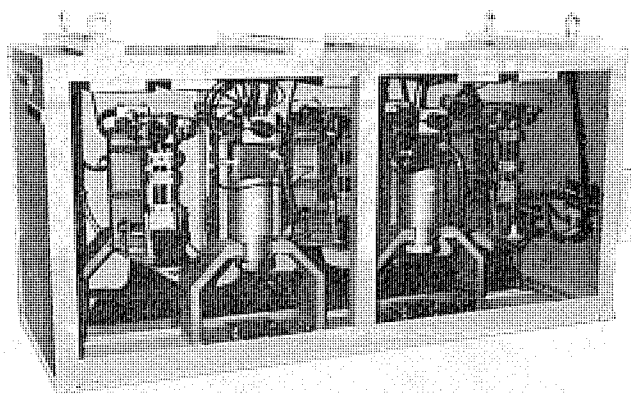


図 8. 検査ヘッド (5 ユニット構成)

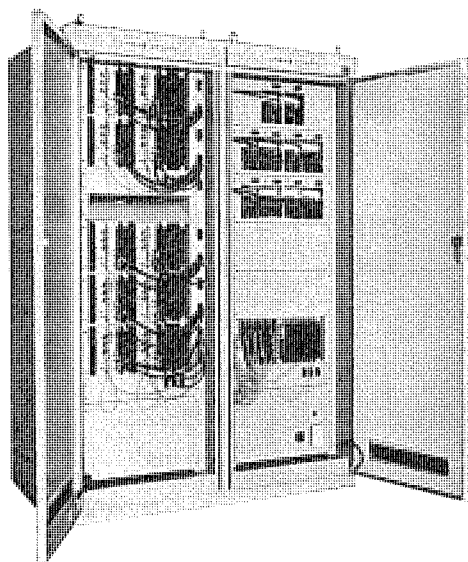


図 9. 信号処理部

トし、欠陥発生マップを作成する。グレードⅢに相当する処理を施しており、検査幅 1,250 mm、ラインスピード最高 350 m/分である。

欠陥判定では、従来の目視判定基準に近づけることを目的とし、判定アルゴリズムはかなり複雑となっている。例えば、アナログ信号レベルに対応して重みをつけた独自の判定演算式による判定と、欠陥種類及び長さによる強調補正、汚れ系欠陥とスクラッチ系欠陥とで判定方法と定数の変更、スクラッチ系の中でも内部欠陥を含むと予想される欠陥の分離強調など目視判定要素の分析結果を盛り込んでいる。このラインにおける稼働例では目視検査による欠陥のランク判定結果との間に若干のずれはあるが、内部欠陥が予想されるスクラッチなどその他重大欠陥の見逃しはほとんど無く、省力、高速化に効果を上げている。

(2) シャーライン用表面検査装置

このラインは圧延後のアルミ板を定尺に切断するもので、ライン上流で表面検査を実施し、欠陥が発生したときには該当する欠陥が存在する切断後の板を自動的に仕分けるように構成している。この装置は、グレードⅢに相当する処理を施しており、検査幅 1,210 mm、ラインスピード最高 125 m/分の検査能力である。表面検査装置としては、板の切断情報の入力により、表面及び裏面について予想切断板上の欠陥発生とその領域を判定し、不良板選別コントローラに信号を出力する。欠陥判定処理はスリットラインとほぼ同様である。このラインでは、不良判定板が自動的に仕分けられ、かつ切断板上の欠陥発生領域、欠陥データ(長さ、幅、信号レベル別分布、不良判定項目など)をプリンタに出力するため、すぐに判定結果の対応がチェックできる。

このラインは、シャーライン特有の理由から、不良選別板は目視により再選別するという運用を行っており、表面検査は過剰検出気味の動作による微小欠陥検出を目的としている。このラインにおける稼働例では、この装置が不良として選別した板の中での過剰検出率(不良品の中に良品が入る割合)は 10% 以下、また見逃し率(良品の中に不良欠陥が入る割合)はほぼ 0% で、機械判別に対する信頼度も高く、省力、高速化に効果を上げている。

5. む す び

人間が目視検査をすると、欠陥の長さ、幅、色、分布状況などを、一瞬のうちに周囲の表面と比較(パターン認識)して欠陥と判定する。これと同じことを機械にさせようとする、非常に高感度な分解能を持つ検査ヘッドと高速で複雑なパターン処理をする処理回路が必要となる。しかも、検査ヘッドが高感度になると、欠陥以外の不要な情報が数多く発生し、パターン処理がますます複雑になる。このため、これまでの表面検査装置では適当に感度を下げるとともに、パターン処理はホストコンピュータに任せるといった形をとってきた。したがって、ホストコンピュータを持つ大規模な検査ライン以外では、表面検査装置はパターン処理能力が極めて低レベルで、しかも検査感度が低いということ、なかなか普及しなかった。

ここに紹介した“三菱レーザ式表面検査装置”は、最近進歩の著しいマイクロプロセッサを多重使用することにより、標準的に高度なパターン処理機能を持たせるとともに検査ヘッドの分解能も向上させたもので、欠陥認識の能力において一歩目視検査に近づいたものといえる。

参 考 文 献

- (1) 稲荷, 亀井: 三菱電機技報, 51, No. 5, P. 334 (昭52)
- (2) M. Kamei, T. Inari: Recognition and Inspection of Surface Roughness by Coherent Diffraction Pattern, Proc. 3th. I. C. P. E 113/118 (1977)
- (3) 稲荷, 亀井: レーザによる表面検査技術, NDI004 研究会 (昭52)

無声放電励起(SD)式炭酸ガスレーザ加工機

田畑 則一*・八木 重典*・森 一平**・金原 好秀**・林 栄吉**

1. ま え が き

高出力炭酸ガス (CO_2) レーザ加工機は、各種加工産業の将来を担うものとして期待され、国内外において急速に導入される機運にある。信頼性、制御性に優れ、高周波パルス発振機能を有する高出力 CO_2 レーザは各種加工産業用途に適するものとして、その製品化が望まれていた。

今般、当社はレーザの励起手段として全く新しい放電システムを採用し、高周波パルス発振機能を有する CO_2 レーザ加工機を開発し、これを“SD 式 CO_2 レーザ”と名付けた。

従来の CO_2 レーザは、プラスト抵抗を接続した多数の金属電極間に、直流グロー放電を発生して炭酸ガス分子を励起していたが、電極の消耗が早い、アークが発生しやすく電気的手段による放電の高速制御が難しいことなど、種々の短所があった。

我々は電極を誘電体電極（誘電体によって破覆された金属）として、その間に交流高電圧を印加し、炭酸ガス分子を放電励起する手段をとった。この種の放電は、無声放電 (Silent Discharge: 以下、SD と略す) と呼ばれ、従来放電電力密度の低い状態でオゾナイザなどに利用されていた⁽⁵⁾⁽⁶⁾ものである。

この報告では、この SD 式 CO_2 レーザ加工機の研究開発、製品化などの結果について、その概要を紹介する。

2. SD 式 CO_2 レーザの特性

2.1 装置及び原理

SD 式 CO_2 レーザ発振器部分の基本構成は、図 1. に示すとおりである。金属管を誘電体（ガラス）で被覆して作られた 1 対の誘電体電極の間に交流高電圧を印加し、SD を発生させている。放電方向、レーザ光軸方向及びガス流方向は互いに直交し、いわゆる“3軸直交形”の構成となっている。

SD では交流放電の 1 周期の間に極性の異なる放電が各 1 回発生するが、電極を覆う誘電体の存在のために、放電電流は自律的に制

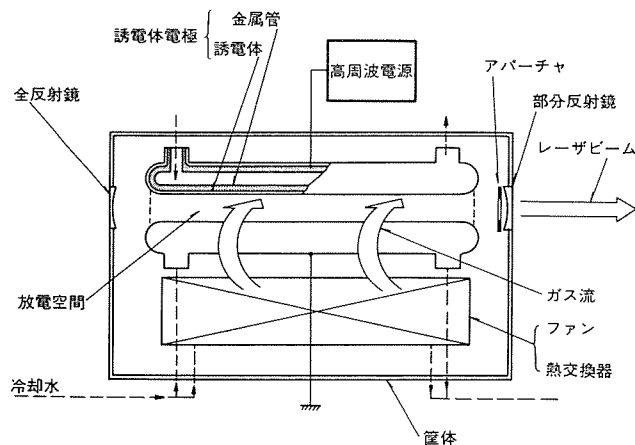
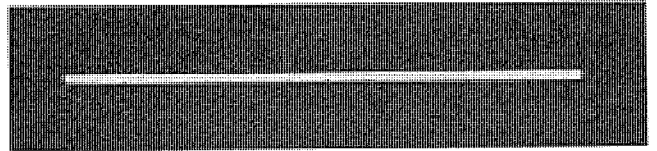
図 1. SD 式 CO_2 レーザの基本構成

図 2. SD (無声放電) の写真

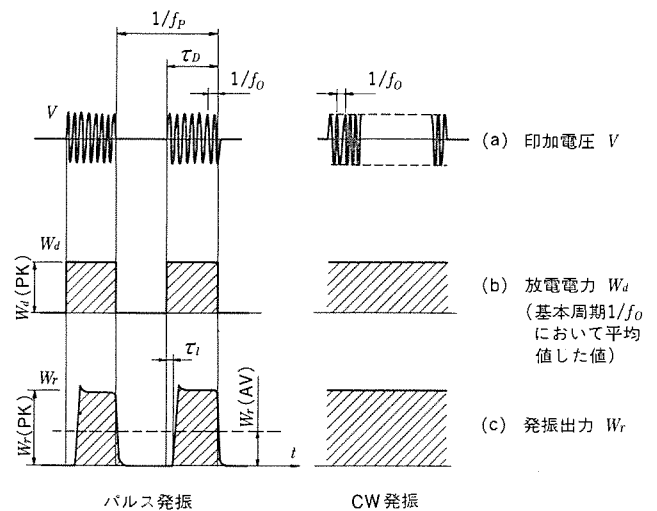


図 3. パルス発振と CW 発振の原理図

限され、アーク放電に転移するおそれは全く無い (Capacitive ballast effect)。放電の起点が面（誘電体表面）であるため、100 Torr 以上のガス圧力下でも安定、かつ均質の放電励起状態が実現される。

図 2. は SD の写真である。均質な放電が、放電空間に一様に形成されているのが観測される。

SD の放電電界とガス圧力との比、 E/P は直流放電に比べて高く、SD に適したガス組成は従来のものより窒素分率が大きいものであることが見出されている⁽⁴⁾。発振エネルギー効率を最高にし、かつガス封じ切り運転を可能にすべく、窒素を約 60% 含み、ヘリウム分率を従来の直流放電励起方式の約 1/3 にした安価な混合ガスを使用している⁽¹⁾。

SD 式 CO_2 レーザにおける連続発振、パルス発振の原理を図 3. に示す。図において、 f_0 は高周波電源の基本周波数、 f_p はパルス周波数、 τ_D は放電継続時間、 τ_t は発振遅れ時間である。パルス発振において交流電圧を断続的に印加し、時間的に不連続な放電電力を投入しても、上記 SD の均質性と安定性がくずれることはない。したがって、レーザを高速繰返しでパルス発振させることが可能となる。

2.2 発振特性

SD 式 CO_2 レーザの発振特性について述べる。

2.2.1 CW (連続) 発振特性⁽²⁾

ガス圧力 P をパラメータとした放電電力 W_d と発振出力 W_t の関係を図 4. に示す。マルチモード発振のとき、ビームは TEM_{00} モードで、共振器出口のビームは約 $16 \times 16 \text{ mm}$ の正方形である。発振出力 W_t

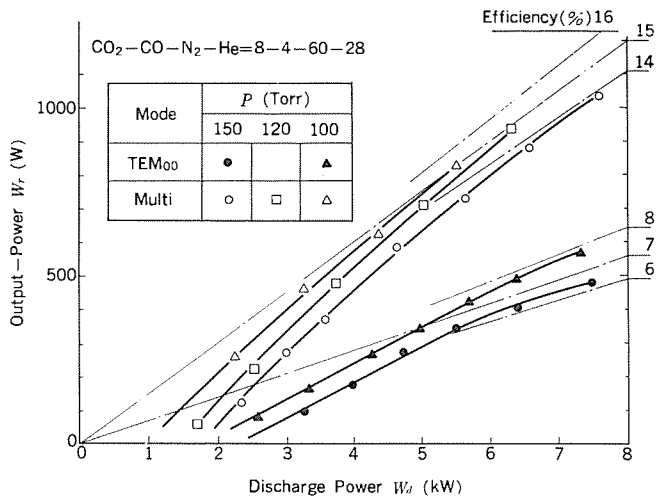


図 4. 放電電力と発振出力 (CW 発振)

は、放電電力 W_d の増加に伴って直線的に増加する。

ガス圧力 100 Torr で発振効率 η の最大値 15% が達成され、ガス圧力 150 Torr において W_r の最大値 1,020 W ($\eta=14\%$) が得られている。発振特性を直線で近似すれば、発振しきい値の放電電力 W_0 と微分効率 η_0 を求めることができる。ガス圧力 P を大きくすると、 W_0 は $W_0 \propto P^2$ で増加するが、 η_0 はほぼ一定である。これは、小信号利得 g_0 が $g_0 \propto W_d \cdot P^{-2}$ の依存性をもつこと、 η_0 が飽和強度 I_s と g_0 の積に比例し、かつ $I_s \propto P^2$ であることで説明することができる⁽⁴⁾。

図 4. には、シングルモード (TEM₀₀) の発振特性も付記してある。図 1. に示したように、部分反射鏡の前面にアパーチャを設けることによって TEM₀₀ モードを得ている。この場合ビーム径は共振器出口において約 12 mm で、発振出力及び効率はマルチモードの約 1/2 になる。

2. 2. 2 パルス発振特性⁽³⁾

パルス発振時の出力波形の測定例を図 5. に示す。ここで、(a) は印加電圧、(b) は発振出力波形である。電圧はパルス周波数 $f_p=1$ kHz、放電のデューティ $\alpha_D=\tau_D \times f_p=0.49$ 、ピーク電圧 $V_{op}=8$ kV で断続的に印加されている。

このとき、放電電力のピーク値 $W_d(PK)$ は 7.5 kW である。得られた発振出力は立上がり、立下がり時間共に約 50 μ s、ピーク出力 $W_r(PK)=$ 約 500 W (TEM₀₀ モード) の疑似矩形波である。立下がり時間は、ガス圧力に逆比例している。これは、分子間衝突による CO₂ 分子のエネルギー準位の緩和機構から説明できる。また、電圧が印加されてから発振を開始するまでに発振遅れが観測される。発振遅れ時間 τ_l を異なるパルス周波数 f_p 、デューティ α_D について求めたものが図 6. である。 τ_l は放電継続時間 $\tau_D (= \alpha_D \cdot f_p^{-1})$ のみの関数としてまとめられるが、 τ_D への依存性は大きくなく、約 200 μ s である。図 7. に、ピーク放電電力 $W_d(PK)=7.5$ kW、デューティ $\alpha_D=0.49$ における、パルス周波数 0~2 kHz の範囲内でのピーク発振出力 $W_r(PK)$ と、平均発振出力 $W_r(AV)$ を求めた結果を示す。ピーク出力は、パルス周波数に依存せず、500 W でほぼ一定である。一方平均出力は、パルス周波数の増加と共に減少している。これは、放電継続時間 τ_D の減少により、放電継続時間に対する発振遅れ時間 τ_l の割合が増大することによる。更にパルス周波数を増大させると、出力パルスのフラット部が消え、平均出力のみならずピーク出力も減

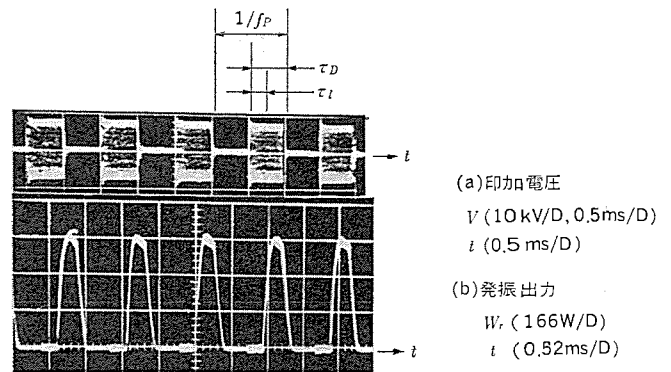


図 5. パルス発振波形

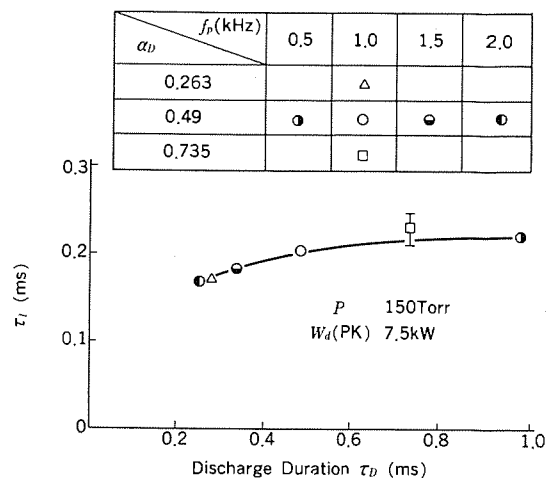


図 6. 放電継続時間 τ_D と発振遅れ τ_l

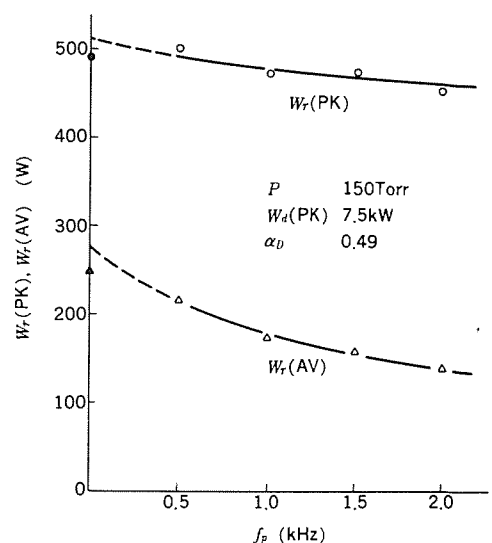


図 7. パルス周波数 f_p と発振出力ピーク値 $W_r(PK)$ 、平均値 $W_r(AV)$

少する。今回の結果を外挿すると、実用上、パルス化は 3 kHz までが有効と推定される。ただし、放電入力制御方式を改良することによって、発振遅れ時間 τ_l を短くすることも可能であることが判明しているので、近い将来 5 kHz 程度のパルスレーザを実現できる見込みである。

また、出力パルスの立上がり、立下がりが約 50 μ s であるから、高周波印加電圧の時間的制御によって、容易に高速応答のレーザ出力を得ることができる。

3. 装置の概要

3.1 特長及び従来機との比較

上述のような開発実験結果に基づき製品化を行った出力1kWのSD式CO₂レーザ加工機(ML-1000P)の外形写真を図8.に、概略仕様を表1.に示す。また、当社において従来より製品化されていた直流放電式の出力1kWの(O₂レーザ発振器(ML-1000)と、今回製品化したSD式CO₂レーザ発振器の特長を比較して表2.に示す。

主たる相違は、従来機ではパルス発振が10Hz程度までであった

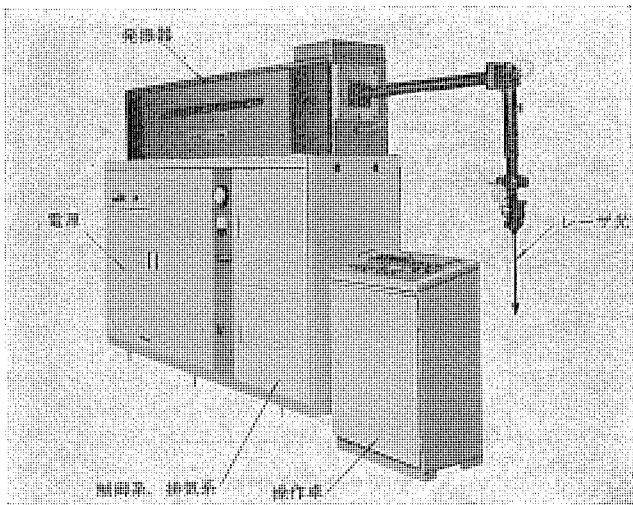


図 8. SD 式 CO₂ レーザ 加工機の外観

表 1. SD 式 CO₂ レーザ 加工機 (ML-1000 P) の仕様

形 式	高ガス圧封じ切り3軸直交形 CO ₂ パルスレーザ	
出力ビーム波長 (μm)	10.6	
出力範囲 (W)	0~1,000 (マルチモード) 0~500 (TEM ₀₀ モード)	
出力形態	CW (連続出力), パルス出力	
パルス出力特性	パルス周波数 (kHz)	0.1~3.0
	ピーク出力	最大出力の範囲
	出力応答性 (μs)	50
出力安定度 (%)	±5 (8h)	
出力ビーム径 及び発散角	マルチ モード	Max. 16×16 mm, 5 m rad (全頂角)
	TEM ₀₀ モード	Max. φ 12.5 mm, 2 m rad (全頂角)
共振器長 (mm)	1,820	
ガス寿命 (h)	100 封じ切り	
ガス消費量 (Nl/100h)	約 75	
1 次冷却水量 (m ³ /h)	2.1 (クーリングタワー水)	
電源	3 φ, 200/220 V, 50/60 Hz 16 kVA (冷却ユニット含む)	

のに比べ、本機では最大3kHzの高周波パルス発振が可能になったことである。誘電体電極の放電安定化効果 (Capacitive ballast effect) によって、従来のバラスト抵抗は不要となり、大幅な省エネルギー化も達成された。電極は極めて単純、堅ろうとなり、全く消耗がない。使用ガスはN₂を主成分とし、高価なHeを従来の約1/3に節約することができた。全体はコンパクトにまとめられ、省スペース化も図られている。

3.2 構成及び仕様

SD 式 CO₂ レーザ (ML-1000 P) の構成及び仕様詳細について述べる。

3.2.1 発振器及び冷却系

きょう(筐)体の内容積は約400l、両側にメンテナンス用扉を有する構造で、内部には約100 Torrの封じ切り混合ガスを放電空間に循環させる高速軸流ファン、放電部で温度上昇したガスを冷却するフィンチューブ式熱交換器及び1対の誘電体電極を配し、電極両端には給電、給水用のポートを設けている。電極近傍は耐熱性絶縁材料で構成している。

光共振器として1対の部分反射鏡と、全反射鏡を約1.8m間隔に配置し、ワンプス安定形共振器を構成している。共振器長の保持にはインバー(36% Ni合金)3本を使用し、温度変化に対する共振器の安定性を保持している。

混合ガスの交換に用いる油回転式真空ポンプは、本体下部に配している。ガスの交換頻度は通常1週間に1回程度で、その所要時間は約15分である。冷却系統としては、冷却ユニットを別置とし、チリソユニット(冷却能力6~7,000 kcal/h)により冷媒を約10°Cで発振

表 2. SD 式 CO₂ レーザ と直流放電式 CO₂ レーザ (従来品) の比較

	直流放電式 (ML-1000)	SD 式 (ML-1000 P)
共通仕様	3 軸直交形, 10.6 μm, 1,000 W, ガス封じ切り	
放 電	直流グロー放電	無声放電 (SD)
レーザ出力	CW & 低周波パルス (10 Hz)	CW & 高周波パルス (3 kHz)
電 極 構 造	陰極ピン 100 本+陽極板	1 対の誘電体電極 (ガラス被覆銅管)
バラスト抵抗	100 本+放熱ファン	不用 (ガラスの Capacitive ballast effect 利用)
混合ガス組成 CO ₂ -CO-N ₂ -He (%)	5-2.5-15-77.5	8-4-60-28
ガス圧力 (Torr)	250	100
放電電源/消費電力 (kW)	直流高電圧/12.1	100 kHz 交流電源/8.6
全消費電力 (kW) CW 1 kW 出力	15.1	11.3
外形寸法 (mm) (冷却水系を除く)	810(W)×2,960(L)×1,750(H)	650(W)×2,300(L)×1,800(H)
重 量 (t) (冷却水系を除く)	2.0	1.5

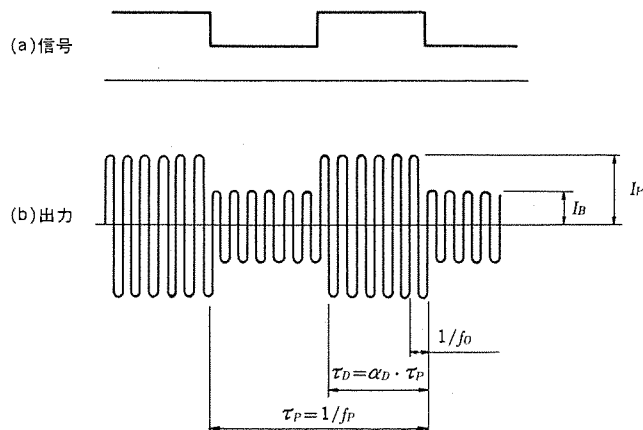
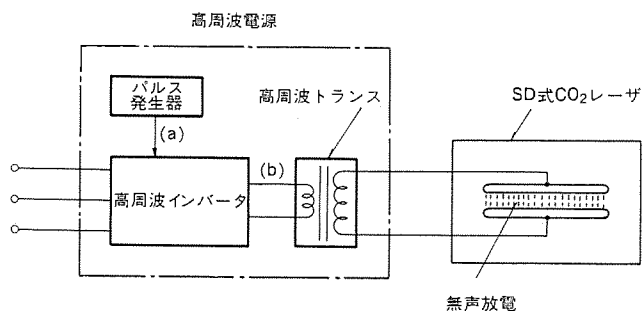


図 9. 高周波電源の構成

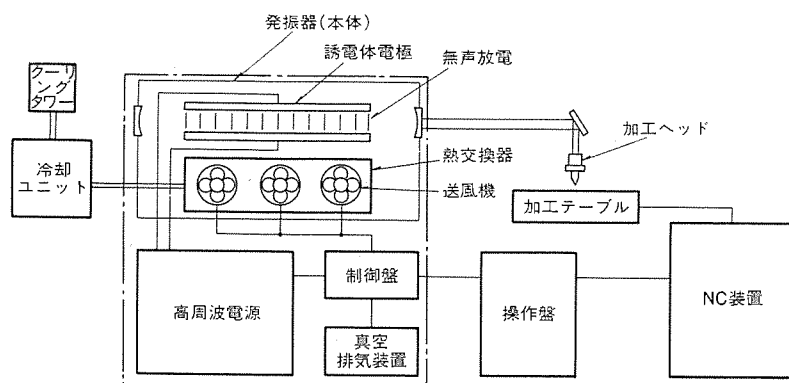
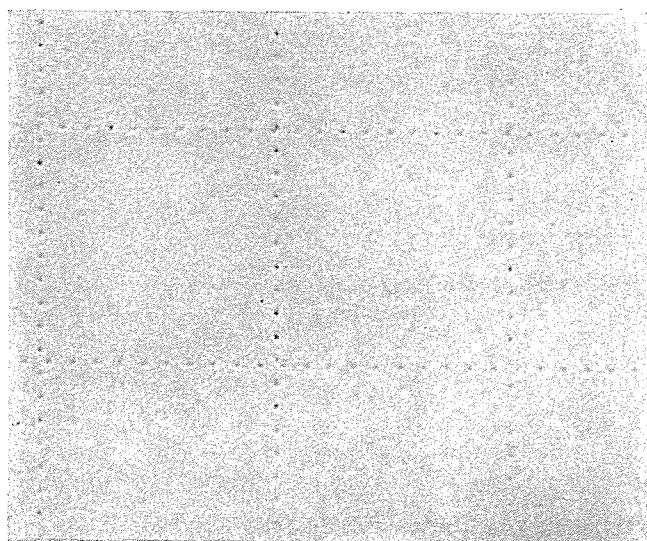
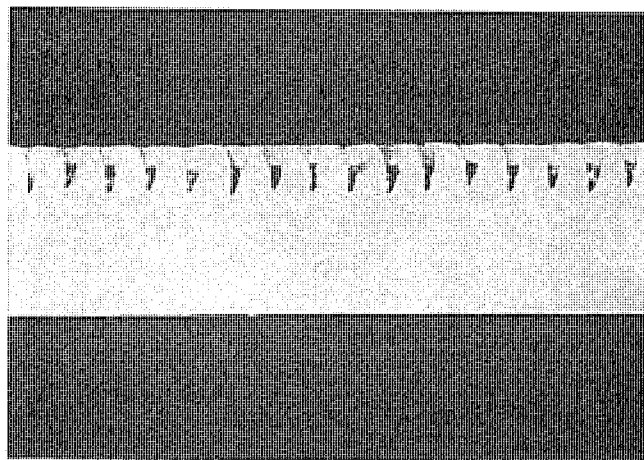


図 10. SD 式 CO₂ レーザ 加工機の標準システム



アルミナセラミックスのスクライビング



スクライビング後のブレーキング断面
 <加工条件> ●出力：150W ●パルス：200Hz ●加工速度：3.6m/min
 ●デューティ：50% ●板厚：1.0mm, アルミナセラミックス

図 11. アルミナセラミックスのスクライビング例

器へ供給する。冷媒は電極からの電流漏えいを防止する目的で、イオン交換器によって脱イオン化した純水を循環使用している。

レーザ光学部品類の冷却用としては、常温の専用冷却水回路を有している。

このほか、共振器部分には1対の共振器ミラーの光軸位置を調整するためのミラー調整機構、レーザ出力モニタ装置、レーザ出力を加工へ適用するための加工ヘッド取付部などが具備されている。

3. 2. 2 高周波電源

SD 式 CO₂ レーザ用に新しく開発した高周波電源の概略構成を図 9. に示す。パルス発生器、高周波インバータ及び高周波トランスで構成している。インバータには、50 ns の超高速スイッチング機能を有する電力スイッチング素子を採用している。パルス発生器からの信号で 100 kHz の交流を変調し、更にトランスで昇圧して、電極に電圧を印加している。標準仕様として放電電流のピーク値 I_p 、ベース値 I_B 、周波数 f_p 、放電デューティ α_D を任意に設定できる機能をもたせている。トランスを含めたこの電源の総合効率は約 90 % で、極めて高い水準となっている。

3. 2. 3 全体構成

SD 式 CO₂ レーザ加工機は標準システムとして、図 10. のような構成をとっている。従来のものは発振器と電源が別置となっていたが、本機では発振器と電源の一体化を図った。すなわち発振器の下部に電源、真空排気装置、冷却回路、制御回路などを配置し、全体のコンパクト化、軽量化を実現している（図 8. 参照）。

加工装置は、加工テーブルが移動する XY テーブルと、加工ヘッドが移動する光走査テーブルなどがあり、いずれも NC 装置により高精度に位置決めと加工ができる。また、1 台の発振器のレーザ出力を複数に分割し、種々の加工を同時に行うこともできる。

操作盤では、レーザ加工機の制御を簡単なボタン操作で行うことができる。機能は温度異常、冷却水量、混合ガス圧力、加工ガス圧力などに関する各種インタロック、送風機や真空排気装置、冷却装置の制御、NC 装置との信号のやりとり、及び高周波電源出力のスローアップ、スローダウン、CW/パルス発振の切換えなどを含

んでいる。

また、NC 装置では加工テーブルを制御するだけでなく、ビームシャッタや加工ガスの制御及びレーザー出力レベルの高速制御ができる。

このように、このレーザー加工機は全機能をシステムとしてコンパクトにまとめ上げている。

4. 加工性能

加工性能に関して言えば、SD 式 CO₂ レーザ加工機は CW (連続発振) はもちろんのこと、パルス発振やレーザー出力レベルの高速制御が可能のため加工適用範囲は広く、従来のレーザー加工機に比べ、更に次のような加工性能が加わる。

- (1) ガラス、セラミックスのような熱応力で割れやすい物質の切断や穴あけ、けがきなどの組合せによる複合加工。
- (2) パルス出力による小形部品のマイクロ溶接。
- (3) 出力プログラム制御による複雑な形状の精密切断。
- (4) 非金属材料に対する熱変質層の少ない精密せん(穿)孔、切断。

図 11. には参考にアルミナセラミックスのスクライビング例を示した。

以上の特長から、SD 式 CO₂ レーザ加工機は、今後工業分野における金属・非金属の高速精密加工を担うものと期待される。

5. むすび

SD 式 CO₂ レーザの特長は次のように要約される。

- (1) 速い応答
レーザー出力を高速応答で制御できる。加工用途に応じた任意の波形が電源のプログラム制御によって得られる。
- (2) 高周波パルス発振が可能
3 kHz までの任意の周波数のパルスレーザー出力が得られる。
- (3) 高効率
従来の DC 式では不可欠であったプラスト抵抗による電力損失が省かれるため、総合励起効率が高くなる。
- (4) 電極が長寿命
金属電極が放電にさらされることがないので、長寿命である。更に

混合ガスに対する金属の飛散による汚損が全くない。

- (5) 窒素リッチなレーザーガスを使用

レーザーガスは窒素を主成分としており、高価なヘリウムを従来の約 1/3 に減らすことができる。

- (6) 長時間ガス封じ切り運転を実現

高圧力ガス封じ切り技術が適用されているので、100 時間以上の封じ切り運転が可能である。

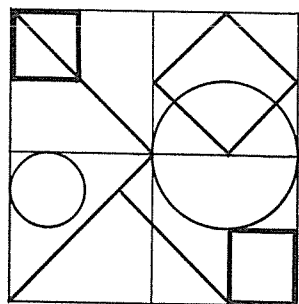
- (7) 出力が安定

発振器がコンパクトであり、共振器が折返しのないシンプル構成となっている。温度変化や振動などに影響されない安定な出力が得られる。

以上、SD (無声放電) 式 CO₂ レーザの研究開発、製品化、加工性能について報告した。現在この方式のレーザーは (ML-1000 P) として 1 kW クラスのものが製品化されているが、高周波パルス発振機能や高効率などの優れた機能をいかして更に大出力化、高性能化を図る予定である。

参考文献

- (1) S. Yagi and N. Tabata : Silent Discharge CW CO₂ Laser, Conf. Lasers and Electro-Opt., WE-5, Washington, D. C., JUN. 10 (1981)
- (2) 小川, 葛本, 八木 : SD 励起 CO₂ レーザ (CW 発振特性), 昭 57 レーザー学会年次大会
- (3) 葛本, 小川, 八木 : SD 励起 CO₂ レーザ : パルス発振特性, 昭 57 電気学会全国大会
- (4) 八木, 菱井, 田畑, 永井(治), 永井(昭) : 無声放電形 CO₂ レーザ, レーザ研究, 5, 3, 171 (昭 52)
- (5) 田畑, 八木 : 無声放電式 オゾナイザのオゾン発生特性について, 電気学会論文誌 B-96, 2, 43 (昭 51)
- (6) S. Yagi and M. Tanaka : Mechanism of ozone generation in air-fed ozonizers, J. Phys. D, 12, 1509 (1979)



特許と新案

同期間欠駆動装置 (特許 第 997340 号)

発明者 武田 克巳・高橋 賢治

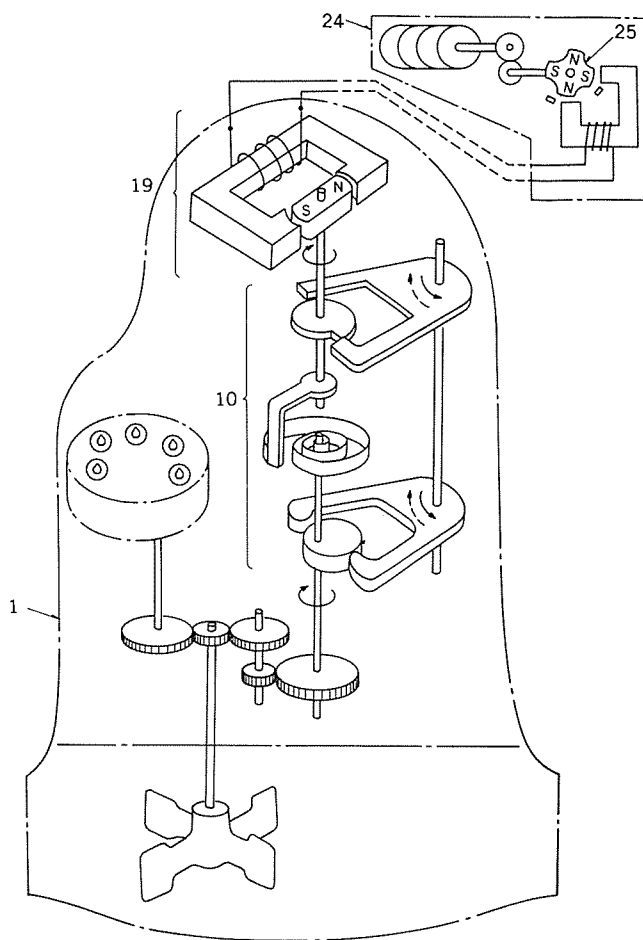
この発明は、たとえば遠隔表示の水道メータのような、水量を計測する部分の発信装置と、この発信装置からの信号を受けて計測部の水量を積算表示する受信器との間の同期間欠駆動装置に関するものである。

従来のこの種の装置は、計測量に応じて電気接点を開閉させる発信装置と、電磁カウンタなどで構成した受信器とを組合せ、別途に準備された蓄電池又は乾電池等の電源を利用して発信装置から発信されたパルス数を受信器でカウントするようになされていた。

この発明はこの従来の方法にかえて図に示すように、入力軸の所定回転量ごとに出力軸を急速回転する蓄勢装置(10)と、その出力軸の1回の回転により交互に1山(正又は負の半サイクル)の電力を発電する発電機(19)を計測装置(1)に設け、この交互に逆極性の電力により歩進駆動されるステップモータ(25)を受信器(24)に設けて計測装置の計測量を受信器に遠隔表示するものである。

したがって、この方法は従来のものと比較して次のような特長がある。

- (1) 外部から電源を供給する必要がある。したがって保守が容易である。
- (2) 接点又はブラシなどの電気的な接触部分がないため腐蝕性ガスなどの外部条件に影響されず長寿命である。
- (3) 間欠的に交互に逆方向の電力を発生させ、ステップモータを歩進させるので1回の発電による受信器の動作が1ステップごとに規定されるため正確に表示し得る。(原理上、電源電圧の変動、摩擦の変動などによる表示ミスを生じない)
- (4) 構造簡単である。



熱 交 換 器 (特許 第 930986 号)

発明者 吉野 昌孝

この発明は、1次空気流と2次空気流との間で温度と湿度の交換を同時に行うようにした全熱交換器に関するものである。

この発明の熱交換器は、図1と図2に示すように、伝熱性と通湿性を有する和紙等で作られた複数枚の仕切板(1)を複数層重ね合わせ、この仕切板の間に波形断面の間隔板(2)をその波形方向が交互に90°異なるように挟持させて形成している。そして仕切板(1)

の各層間に矢印で示す1次空気流と2次空気流とが交互に通るようにすると、1次空気流と2次空気流が保有する温度と湿度の交換が各仕切板(1)を介して同時かつ連続的に行われる。このため、この熱交換器は室内の汚れた空気を新鮮な外気と取り換える換気装置に組込むことに適している。

以上のようにこの発明によれば、従来の回転型熱交換器のような

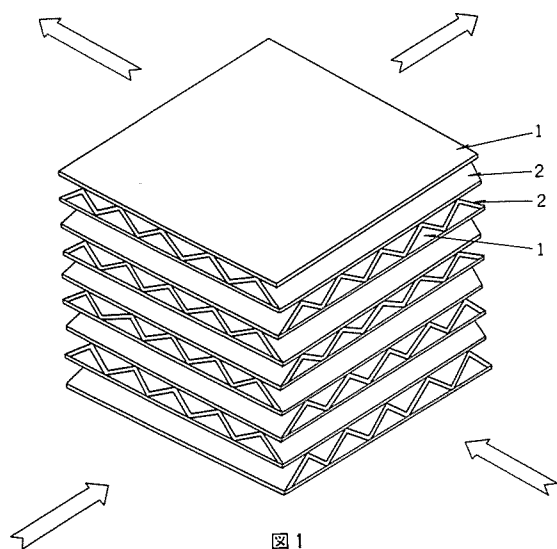


図 1

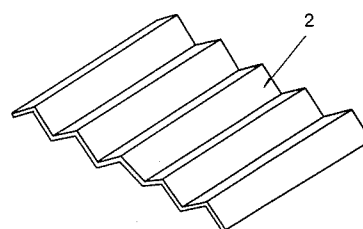


図 2

複雑な回転駆動機構等が全く不要となり、また温度と湿度を交換する仕切板が和紙のように軽くて薄い材料で形成できるため安価に製造できるとともに、1次空気流と2次空気流との間を完全に仕切った状態でかつその流動を中断させることなく温度と湿度とが同時かつ連続的に交換できる。

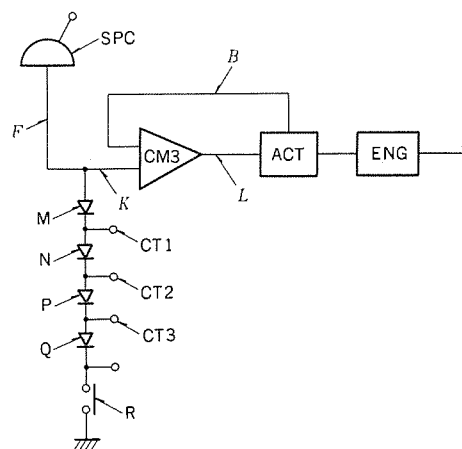
エンジン遠隔制御装置における自動減速装置 (実用新案 第 1361237 号)

考案者 畑 野 征 弘

エンジンの遠隔制御装置には、エンジンの重大事故以外の故障が発生したときは、エンジンを自動減速することによってエンジンを保護する自動減速装置が設けられている。この考案は、回路構成が簡単で且つ調整容易な自動減速装置を提案することを目的とするものである。

図は、エンジン減速装置におけるこの考案の自動減速装置の1実施例図である。通常は、速度設定器 SPC の設定信号 F とアクチュエータ ACT からのフィードバック信号 B とを比較器 CM3 によって比較し、その偏差信号 L をアクチュエータ ACT の入力としてエンジン ENG の速度を制御している。自動減速装置は、比較器 CM3 と大地との間に接続されたダイオード M、N、P、Q 及びスイッチ R により構成されている。自動減速条件が生じたときはスイッチ R が閉路し、比較器 CM3 の入力端 K の電圧は、速度設定器 SPC の設定信号 F からダイオード M～Q の順方向電圧降下へ低下するので、比較器 CM3 の出力 L は減速信号となる。

この考案の自動減速装置は、ダイオードとスイッチからなるので構成が簡単である。また、ダイオードの途中からタップ CT1～CT3 を引き出しておけばこれを利用して簡単に自動減速位置を変更することができるので調整も容易となる。



三相一括形ガス絶縁母線

桑原 宏*・但田昭司**・倭 雅英**・沼 芳伸**・安田 勝**

1. ま え が き

変電所の大容量化や環境上の諸問題による変電所の立地の困難性に対処するため、ガス絶縁開閉装置 (Gas Insulated Switchgear: 以下、GIS と略す) とガス絶縁母線 (Gas Insulated Bus: 以下、GIB と略す) を組合せた全ガス絶縁変電所が積極的に採用されている。

不純物抑制装置付きの新形ガス絶縁母線について、昭和53年から500kV系統で実証試験をして以来⁽¹⁾、GIBの製作実績は線路長で約1.5km (製作中も含めると約2.5km) に達している。

その適用箇所は、変圧器—GIS間、GIS—鉄塔間並びに既設屋内変電所—増設GIS間、及び線路との交叉部などで、また据付方式も地上・地中、開きょ (渠)・暗渠 (蓋渠)、壁貫通、及び鉄塔取付けなど多岐に及び、いずれも変電所の立地と縮小に寄与している。

このようなGIBの活用は、変電所の配置はほとんど既存のままにして、接続の困難性や経済性を改善するものであるが、GIBが多用されるにつれて変電機器の配置と相互の接続の改善を更に追求し、GIBを適用して新しい効果を生み出す変電所、すなわち“新しい変電所”のあり方が注目されてきた。

一方、GIS製品の初期段階 (昭和44年) に主母線は既に三相一括化されており⁽²⁾、187kV系統までは全三相一括化されたGISが多くの実績を有しており、更に275kV系統用も主母線は三相一括化されていることから⁽³⁾、当初からGIBは三相一括化する方が望ましいとの考え方があったが、GIBの運転実績が多くなるにつれて、前述の“新しい変電所の構成”は三相一括形GIBと組合せて一層の効果を期待する考え方が提起されている。

図1. はその1例で⁽⁴⁾、大電流域用と低損失の利点を生かして変

電所の構成概念を変えるもので、図1. (b)は2重化された主母線をGIBで延長して信頼性の向上を図り、更に各変圧器ごとにGISと直結して電力損失の低減を図っている。

ところで、このように三相一括形を適用した効果は非常に大きく期待されるが、相分離形にない適用上の留意点もあるところから、ここでは構造・特長・性能以外に、適用についても詳しく述べる。

2. 三相一括形GIBの概要

GIBは、一般には据付時に溶接で長尺化してフレンジ接続を省略し、既に報告済みの不純物抑制装置を各絶縁スペースに取付けているので⁽¹⁾、従来の母線と比べて直径で60~80%に小形化して、信頼性の高いものを実現している。このGIBを適用することの利点は、従来から次のように考えられてきた⁽⁵⁾。

- (1) 変電所の縮小化が達成できる。
- (2) 変電所構成の自由度が向上する (直角曲げが可能)。
- (3) 経済的である (大容量送電が可能で、送電損失が少ない)。
- (4) 安全性が高い (不燃性であり、漏れ磁束がない)。
- (5) 絶縁協調上有利 (GISとサージインピーダンスが同等)。
- (6) 静電容量が小さくて交流耐電圧試験が可能である。
- (7) メンテナンスが軽減する。

更に、三相一括形としては、

- (8) 環境調和の効果が大きい (据付スペースが大幅に減る)。
- (9) 三相一括形GISとの接続が容易である。

などの効果も期待できるが、構造上の配慮は相分離形に対して異なっているので、次にその定格と構造について述べる。

2.1 定 格

三相一括形シリーズの定格と特性を表1. に示す。

表1. 代表的なガス絶縁母線の定格事項と諸定数

系 統 電 圧 (kV)		154/187	220	275		500					
定 格 電 圧 (kV)		168/204	240	300		550					
耐 電 圧 値 (kV)	雷インパルス	750	900	1,050		1,550			1,800		
	商用周波	325	395	460		750					
定 格 電 流 (A)	相 分 離 形	3,000	3,000	4,000	8,000	4,000	8,000	※16,000	4,000	8,000	※16,000
	三 相 一 括 形	〃	〃	〃	〃	〃	—	—	〃	—	—
短 時 間 電 流 (kA)		40	50/63								
定 格 ガ ス 圧 (kg/cm ²)		4 (20℃で)									
相 分 離 形	インダクタンス (mH/km)	0.25	0.25	0.23	0.20	0.24	0.17	0.17	0.25	0.18	0.18
	静 電 容 量 (F/km)	0.044	0.044	0.048	0.061	0.047	0.066	0.066	0.044	0.060	0.060
	インピーダンス (Ω)	75	75	70	60	70	50	50	75	55	55
外 径 約 (mm)	三 相 一 括 形	600	700	800	1,200	1,100	1,400	—	1,200	1,500	—
	相 分 離 形	300	350	400	600	550	700	700	600	750	750

注 ※印は強制冷却方式を採用

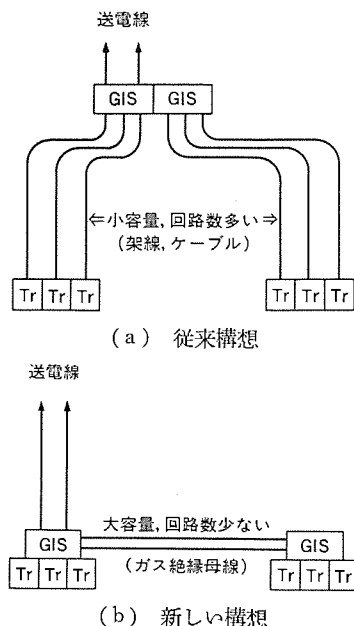


図1. 新しい変電所の構成例

154~500 kV の系統電圧に対し、168~550 kV の定格電圧のものを設計し、300 kV までのものの製品化を完了した。550 kV 用は基本的検討を終えているが、製品化は 300 kV 用の実績を踏まえて実施するのが最適であると考えている。

耐電圧値と短時間電流値とは、相分離形と同じであり、また他のガス絶縁機器と同等であるので、使用上の制約は生じない。

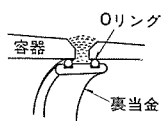
GIB は、一般に大電流領域に適しており三相一括形でも同様であるが、相分離形に比べると容器の表面積が少ない点で放熱は不利であり、後述 (2.2 節) のとおり配慮している。ここでは、代表的なものとして 3,000~8,000 A 定格のものを記載した。

また、相分離形と同様に⁽⁶⁾、500 kV 用は主として耐電圧から外径が決まり、275 kV 用以下は主として電流容量から外径が決まる。

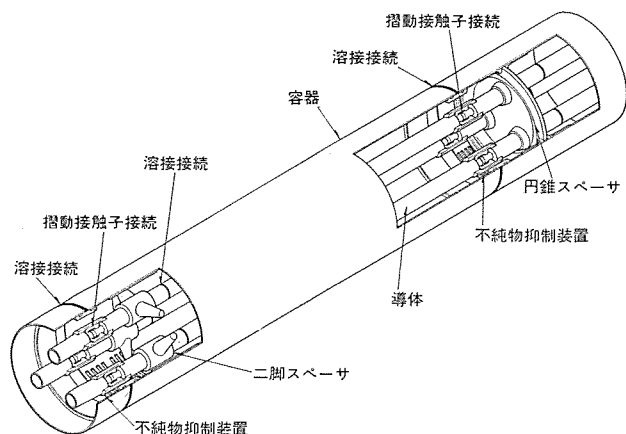
2.2 構造

GIB は、輸送可能な最大長さを限界とするユニットを組合せ、据付時に溶接で長尺化する。それらは⁽³⁾、

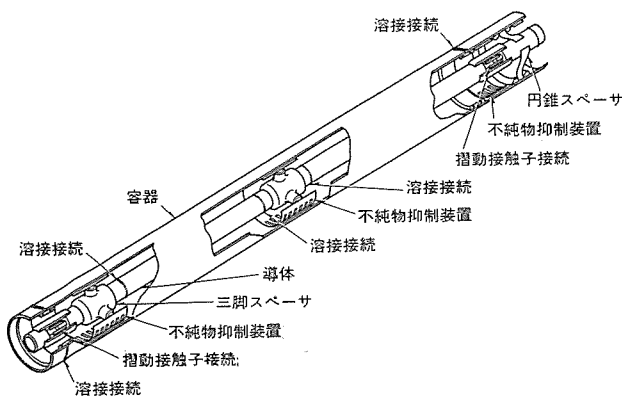
- (1) 直線ユニット
- (2) 曲がりユニット
- (3) 接続ユニット (機器やブッシングとの接続部に適用)
- (4) ベローズユニット (熱伸縮吸収用及び寸法調整用)



(a) 容器溶接接続部の構造詳細



(b) 三相一括形



(c) 相分離形

図 2. ガス絶縁母線の代表的な構造例

(5) 調整用ユニット (寸法調整用)

などからなり、三相一括形では、更に次のユニットが必要である。

(6) ガス区分ユニット (直線ユニットで兼用する場合もある)

(7) 相順変換ユニット (接続、引出部の相順の調整用)

次に、三相一括形の代表的な構造例を相分離形と対比して図 2. に示す。いずれの母線も溶接接続によって長尺化できるようにするため、接続部には裏当金を使用して溶接時のスパッタが内部へ侵入しないようにしている。

導体は、中間部に二脚スペーサを溶接で取付けて一体化し、容器内では一端は固定するが、他端は移動できるようにして、温度変化による容器と導体間の熱伸縮差を吸収できるようにしてある。更に、導体の温度は三相で不均一な場合があり、この温度差を吸収できるような構造を採用している。

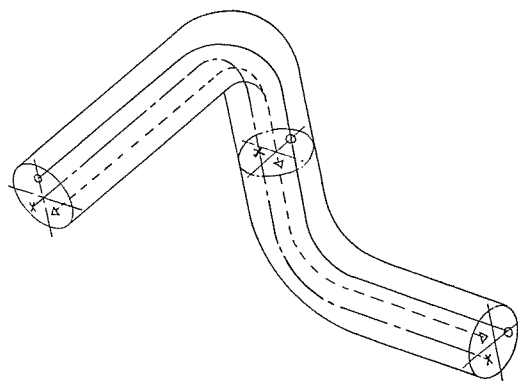
ユニット同志の導体接続には、GIS で実績のあるチュールリップ接触子を用いるが、接続の確実性を期して挿入ガイドを採用し、接続時に外部から確認できるようにしている。

ガス区分ユニットについては、三相の導体を絶縁物に一体で注形した三相形スペーサの構造を用いるが、ガス区分の容量が大きい場合には、相分離用の円すい (錐) スペーサを正三角形に配置してフランジに取付けて構成するようにしている。

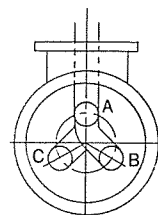
この方式は、三相形スペーサを用いる場合より外径が大きくなるが、ガス区分が少ないので配置上の制約になることはほとんどなく、実績の多い相分離用を使えるので、信頼性が同等以上で生産上も都合が良いなどの特長がある。

相順変換ユニットは三相一括形特有の構造で、変圧器や GIS、及び送電線引込口を接続する場合に相順を合わせるのに用いる。

一方、三相一括形 GIB を曲げ箇所に応用する場合には、図 3. (a) に示すように、そのままでは導体位置が変化する。また、図 3. (b) に示すように、相分離機器と接続する場合も引出順によ



(a) 曲がり部



(b) 接続部

図 3. ガス絶縁母線の相順

ては相順が変わってしまうので、それに応じて配慮する必要があり、相順を変える必要がある場合には、逆に曲がりユニットや接続ユニットを活用して相変換を行うようにするのが得策である。

前述の三相一括形にした場合の容器表面積減少による放熱の低下については、導体サイズの選定や表面の放射率の改善をしている。

3. 適用上の留意点

GIB の適用は GIS とほとんど同じに考えてよいが、溶接で延長することやベローズを極力使わないようにすること、及び環境との係りが深いことから若干の配慮も必要である。

ここでは、GIB の使用実績が多くなったことから適用上の留意点について考察し、表 2. に整理して示すが、この内、三相一括形にとって特に重要で特な事項について次に述べる。

3.1 ガス区分

ガス区分は、①据付けが能率良く行えること、②事故時の復旧時間が著しく長くないこと、③他の機器と分離すること、などを考察して決めるので、従来は大きくても 20 kI 程度であった。ところで、大口径の三相一括形の出現や大規模の GIB の採用により、従来の考え方を踏襲するだけではガス区分数が多くなり、配管又はケーブルの引き回しが必要になることや、中間点の監視装置の保守が不便であることなどの問題が生じてきている。このような点から、前述の条件を考慮しながら実績の積重ねにより、ガス区分は拡大方向に向うことが必要になっている。

真空引きや充てん(填)に日数をかければ、更に大きなガス区分容量でも実現が可能であるが、1 日で作業を終えることを条件にする

と、ガス処理装置の能力からガス区分容積は 40 kI(300 kV で 100 m に相当)程度になる。しかしながら、隣接するガス区分同志を配管で接続して更に大きな容量にすることも可能であり、接続構造に配慮すれば内部事故の拡大を防止できる点でこの方法は優れている。

別に実施した地絡アーク試験では⁽⁹⁾、アークの移動速度は 0.5 m/kA・s であるので、継続時間が 0.3 s とし、事故電流を 50 kA とすると、約 8 m の間がアークにより損傷されると想定できる。更に、地絡による分解生成物はガス区分内のほぼ全域に広がるので、配管でガス区分同志を接続してガス区分を拡大する方式は、事故の波及を一部分に抑えることができて有効であると考えられる。

3.2 電界解析

SF₆ガス絶縁機器の絶縁特性に対しては、空気絶縁や油絶縁などの機器に比べて電界強度の影響が大きいため、電界の分布を精度良く推定することが重要であり、三相一括形は同軸円筒形状でないので、解析技術も適切な方法を選ぶことが重要である。特に、GIB の特長である直角曲げをコンパクトに設計するためには電界解析は重要であり、複雑な 3 次元場の解析には最も適切な表面電荷法による電界解析を実施している。図 4. は解析の 1 例で⁽⁷⁾、数値解析以外に、電位分布の様相を計算機によりプロットアウトさせて解析手法の信頼度を上げている。

接続ユニットや相順変換ユニットなどについても、同様の手法により電界解析を実施し、形状の最適化を図っている。

3.3 コンディショニング

GIB は、据付後運転開始前に AC 電圧を階段状に印加するコンディショニングにより、不純物は不規則な運動をおこし不純物抑制装置内に捕そく(捉)される⁽⁶⁾。不純物の運動は電界強度によるので、図 5. に示す三相一括形のように容器内面の電界分布が不均一な場合には、電圧値が小さくなれば不純物の捕捉は難しくなる。しかし、コンディショニングを常規対地電圧の 50% から開始するとして、導体の二相に同時に電圧を印加すれば、導体から最も遠い電界の弱いところでも十分な電界強度になる。したがって、変圧器の容量が小さい時には、

表 2. ガス絶縁母線適用上の主な留意点

分類	留意点	検討内容ほか
性能	耐震性	地盤の事前調査。多質点系の動的解析
	耐風	250 kg/m ² の風圧による強度設計
	熱伸縮	気温の年周変化と日周変化、及び通電と日射による温度上昇の重畳の対策
	不等沈下	軟弱地盤対策
	耐雷	変電所全体のサージ計算
構造	機器との接続	GIS, LA, プッシングとの取合い。変圧器、防音建屋及び GIB の各独立基礎を考慮した GIB 接続
	ベローズ	熱伸縮、据付寸法調整対策
	相順	送電線、GIB, GIS, 変圧器の各機器間の相順を GIB で調整
	ガス区分	保守の容易性、復旧作業
	接地	異常電圧、循環電流を考慮した設計
	不純物抑制装置	電界解析による最適形状。コンディショニング電圧
	固定方式	伸縮、振動を考慮した構造
環境	美観	住宅地域における調和对策
	耐寒性	特殊環境の事前検討
	耐雪性	〃
	安全性	据付工事、保守、変電所外を含めて総合的に検討
輸送据付け	輸送	輸送試験と、製品輸送時の加速度計による管理
	保管	防じんと防水対策
	据付方法	適用箇所にあった手順の検討
	据付精度	敷地実測の精度向上、寸法調整用ユニット
	コンディショニング	静電容量、印加電圧と試験用変圧器の検討
	耐電圧試験	変圧器、GIS を含めた実施方法
保守	保守・点検	メンテナンスフリーの追求
	事故対策	異常の予知の検討。事故復旧手順
	異物落下対策	上部から工具や氷塊の落下時の検証と防護

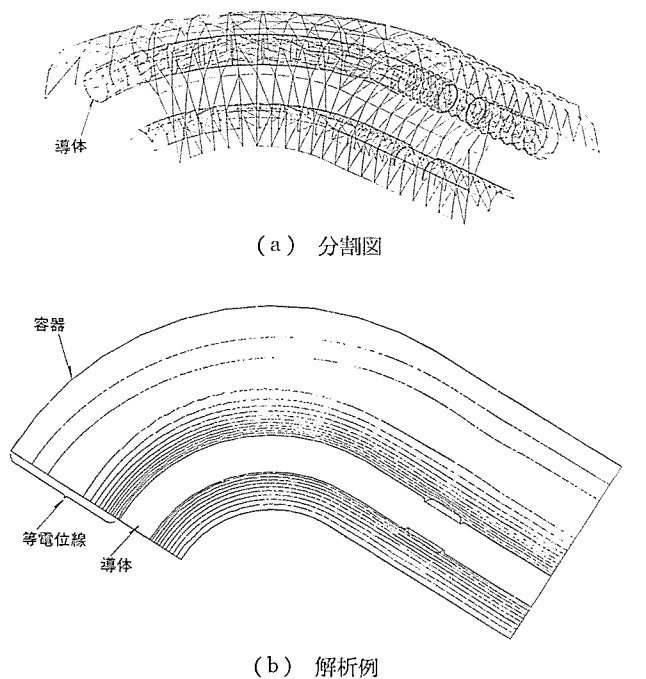


図 4. ガス絶縁母線の電界解析結果

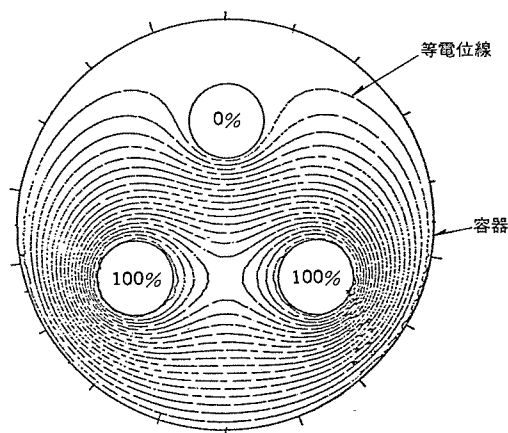


図 5. 二相印加時の電位分布

三相同時に電圧を印加できず二相のみに電圧を印加することも可能である（容量的に 15% 負担が減る）。

3.4 熱伸縮

三相一括形 GIB の熱伸縮は、相分離形と同様に容器の曲げ変形で吸収することを原則としている。このことは各種試験で実証済みで⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾、三相一括形でも考え方は大差はないが、径が大きくなることから適用の制約が若干ある。

まず、熱伸縮の吸収方法を表 3. に示すモデル配置で比較検討する。モデルは、温度上昇による伸縮量を均一とし、同一平面内に設置し、片端は GIS で他端は変圧器で固定している。このような場合の熱伸縮の吸収方法は、モデルを構成する各辺の長さの関係から、基本的

- (a) 曲げ変形で吸収する。
- (b) 直角方向にベローズを用いる。
- (c) 直線方向にベローズを用いる。

それぞれの方法の考え方と特徴は表 3. に示すとおりであるが、適用に際し基礎への制約のないのが(a)と(b)で、基礎への制約は多いが配置の自由度が大きいのは(c)である。(c)では、ベローズの断面積×内圧=軸力が各架台に対して作用するので、強固な基礎を作る必要があるが、ベローズを使いながら(b)では、ベローズ同志がタイロッドで固定されて軸力が外部に作用しないようにしているので、(a)と同様に基礎の強度は必要としない利点がある。

これらの方法が適用できる目安として表 3. に示したが、経済性を別にすればフレキシビリティの大きいのは(c)で、(a)と(b)については各辺の間に大小関係があるので注意する必要がある。なお、モデル以外の形態についても、この考え方に準じて熱伸縮の吸収は可能であり、理解を深めるため付録にその計算方法を示す。

3.5 耐震

電気設備の耐震については、JEAG-5003 によれば⁽⁹⁾ 0.3 G 共振正弦三波に対して安全率 1 以上で規定されている。

特別な規定はないので、GIB についてもこの規定にそって設計し適用しているが、次の点については配慮をしている。すなわち、GIS は通常同一基礎上に設置されるので、地震時には同時に加振されるが、長尺の GIB では、地震波の伝ば(播)に時間差があり、位相の異なる加振を受け応答する。この応答による発生応力は、長尺 GIB の各基礎に同位相の入力がある場合に最も大きくなる。各基礎に異なる位相の入力がある場合には、GIB に高次の振動モードが発生し、その共振周波数が高いために地震波に対して共振することはまずなく、発生応力は小さくなるので、同時加振の耐震計算を実施すれば、実際の場合よりはるかに大きな応答が生じ過酷側の検討と考えられる。

次に、位相差を考えた場合は、0.3 G の横波で正弦波を想定し、伝播速度 V_s (m/s) と周波数 f (Hz) から、地盤の相対変位 l (cm) は地震波の山一谷間の長さ $L = V_s / (2 \times f)$ (m) に対し、 $l = 0.3 \times 980 /$

表 3. 熱伸縮の吸収方法

方 法	(a) 曲げ変形で吸収する	(b) 直角方向にベローズを挿入する	(c) 直線方向にベローズを挿入する
形 状			
適用範囲の目安	(1) $L_3 \geq 2a$ (2) $L_1 \geq 2b$ (3) $L_1 + L_3 \geq 2L_2$	(1) $L_1 + L_3 > L_2 > 0.2 (L_1 + L_3)$ (2) $L_2 > 5 \times \text{容器径}$	(1) $L_1 + L_3 > L_2$ ($L_2 \leq 5 \times \text{容器径}$)
考え方	(1) BC間で $2a \approx L_3$, $2b \approx L_1$ となる固定架台⑤を考える。 (2) 熱変形は長さ a と L_3 , 長さ b と L_1 にて相互に吸収する。 (3) (2)項の変形で母線の応力を求め、材料のS-N曲線により繰返しの変形に対する安全を確認する。	(1) BC間にベローズ①, ②を1組挿入する。 (2) ベローズ①, ②間寸法 d をできるだけ長くする。 (3) ベローズ①, ②を圧力分を打消し合うようタイロッドで結合する。 (4) 長さ d の熱伸縮は、それぞれベローズ①, ②で吸収する。	(1) L_1 , L_3 にそれぞれ単位長さ e に応じた熱伸縮吸収用ベローズ①, ②, ③を挿入する。 (2) L_2 の熱伸縮は、それぞれ f , g で吸収する。(方法(a)による) (3) ベローズは拘束せず熱伸縮可能な構造で使用する。
特 徴	(1) ベローズ挿入しないので構造は簡単となる。 (2) A, D端に長さ a , b 分の曲げによる荷重は加わる。 (3) B点以外の基礎部(図示しない)は強度を必要としない。	(1) 1組のベローズで大きな熱変形が吸収できる。 (2) ベローズはタイロッドで拘束して使える。 (3) 基礎部(図示しない)は強度を必要としない。	(1) 方法(a), (b)に比べ配置は自由に選べる。 (2) 容器径により差異があるがベローズの数は多くなる。 (3) 基礎部は各単位長さ e ごとに①~③点に強度が必要である。

$(2\pi f)^2(\text{cm})$ となる。例えば、 $f=0.5\text{ Hz}$ 、 $V_s=100\text{ m/s}$ の場合には、GIBの長さ $L=100\text{ m}$ で、地盤の相対変位は $l=30\text{ cm}$ となる。したがって、強度上は0.3 G 正弦三波に対して検討すれば十分過ぎるくらいであるが、地盤の変位に対しては地盤と本体とが切離されながら支持することができる構造上の配慮が望ましい。具体的には、GIBが支持架台上でしゅう(摺)動できるようにして変位に対処するが、風圧に対しては逆効果の場合もあるので、ばね力を応用して水平方向も支えるなどの配慮をすることもある。

3. 6 保 護

GISに接続する三相一括GIBを線路側に数百m以上にわたって適用する場合には、GIBとの接続部のGISの三相一括部に設けるCTをGIBと線路との接続部のブッシング部分に移設する方が、絶縁取付けや三相設置の複雑な構造上の配慮が不要になることから信頼性が向上すると共に、経済的にも優れたものになる。更に、GIB内部の事故と線路事故とを判別できるようになるので、再閉路操作などによる事故の拡大防止を果たすことができる。

4. 試 験 結 果

GIBの各種試験結果については、報告済みであるので⁽⁵⁾⁽¹⁰⁾、ここでは代表的な300 kV三相一括形について試験結果を表4.にまとめて示す。また、図6.に熱伸縮用ペローズの寿命試験状況を示す。

5. 据 付 け

GIBは、工場でユニットごとに試験を実施するが、溶接で長尺化する

表 4. 300 kV 三相一括 ガス 絶縁母線の試験結果

分 野	試験検討項目	試 験 内 容 又 は 結 果
性 能	耐 震	ユニット及び高所据付部の0.3 G 共振三波に対する強度を確認
	通 電	4 kA 連続, 6 kA (150%) 10 分間を確認
	耐 電 圧	対地は 1,050 kV, 相間ば ±525 kV : 干1,050 kV を確認
	短 時 間 電 流	50 kA, 2 s を確認
	寿 命	絶縁スペーサの長期課電は 275 kV を印加し加速試験により、30 年以上を確認
構 造	ペ ロ ー ズ	熱伸縮を直角方向の曲げで40年相当の1.5万回以上を確認
	不 純 物 抑 制 装 置	三相母線のコンディショニング方法と効果を確認
環 境	日 照	容器の日照側の温度上昇は 20°C 前後であるが、導体は 10°C 前後であり、時間遅れも数時間あることを確認
輸 送 据 付 け	輸 送	製品の納入は、北海道、台湾、知多などに多数の実績がある
	熱 伸 縮	各種実証試験以外に三相一括形の製品で24時間にわたり温度と伸縮を確認
保 守	事 故 対 策	地絡アークの移動速度 0.5 m/kA・s と分解生成物の拡散範囲を確認
	異 物 落 下 対 策	高所 (15 m) から工具や水塊の落下時の強度の確認

「付録」GIBの熱伸縮に関する計算方法

1. 曲げ変形で吸収する方法

付図1.はGISの枝管部分の有限要素法による解析の例である。GIBも同様の方法を適用するが、GIBの各辺の長さが直径に対し十分に大きい場合には、次のように簡略化して扱うことができる。

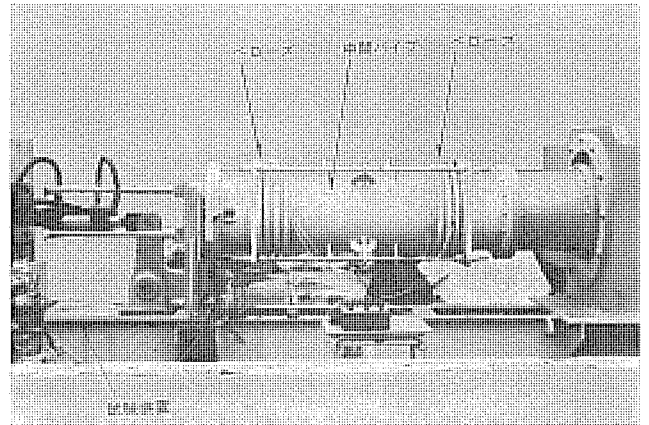


図 6. ペローズ 試験状況

関係上、据付完了後に主回路の接続チェック、容器の気密・耐圧力試験、及びコンディショニングなどを実施する。

なお、通電せずとも温度変化があるので、容器温度と伸縮量を1～2日で測定し、熱伸縮の吸収が十分行われていることを確認する。

6. む す び

GIBの適用のメリットについても報告済みであるので⁽⁵⁾、ここでは記載しなかったが、省エネルギーの点から見るべきものがある。

例えば、550 kV, 2,000 A の 100 m 前後の線路長では、設備費はケーブルよりGIBが高いが、GIBでは誘電体損失がなく大電流に適しているため、電力損失費はケーブルよりはるかに低く、年間の設備費と電力損失の合計ではGIBが優れていると推定される。

今後は、1章で述べたように、変電所の配置を更に追求する“新しい変電所”のあり方にこのような省エネルギーの特長を生かし、三相一括GIBがますます役立てられるものと期待される。

参 考 文 献

- (1) 松村、富永ほか：三菱電機技報，53，No. 8，P. 593 (昭54)
- (2) 森岡、吉田ほか：三菱電機技報，44，No. 9，P. 1,164 (昭45)
- (3) 福西ほか：電気学会東海支部，232 (昭54)
- (4) 桑原、稲村：火力原子力発電，P. 366 (1981-4)
- (5) 桑原、松田ほか：三菱電機技報，53，No. 11，P. 823 (昭54)
- (6) 吉永ほか：電気学会関西支部，G 3-64 (昭56)
- (7) 荒畑ほか：電気学会東京支部 (昭56)
- (8) 島村、菊地ほか：三菱電機技報，55，No. 6，P. 456 (昭56)
- (9) 変電所等における電気設備の耐震対策指針 (昭55)
- (10) 柳浦ほか：三菱電機技報，54，No. 9，P. 649 (昭55)

表 3. のモデルで、 L_1 の熱膨張による L_2 に生ずる変形 δ_1 、及び曲げ応力 σ_2 は

$$\begin{aligned}\delta_1 &= \alpha \Delta T L_1 \text{ (mm)} \\ \sigma_2 &= \frac{1.5 E \delta_1 d}{(L_2)^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

α : 線膨張係数 $1/^{\circ}\text{C}$
 E : 縦弾性係数 kg/mm^2
 ΔT : 温度変化量 $^{\circ}\text{C}$
 d : 容器外径 mm

このように、構造解析プログラム、又は上式で求めた応力は、他の要因により発生する応力と合算して合応力で検討する。容器に繰返し応力がかかる場合は、応力と繰返し回数により容器の寿命が定まり、アルミニウムでは付図 2. に示す $S-N$ 曲線による。一般には、 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i$ の応力をそれぞれ N_1, N_2, \dots, N_i 回加えた場合、累計回数比の合計が $\sum(n_i/N_i) < 1$ であることが、破壊しないための必要条件である。

容器に発生する応力は付図 3. に示す内圧と熱伸縮による応力が主体で、これ以外に風圧や地震などの外力による応力も考慮する。

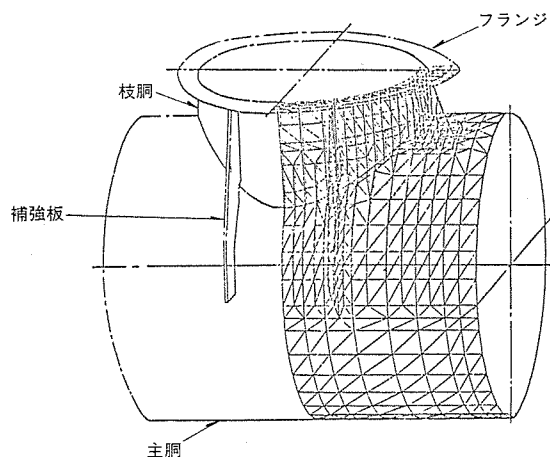
内圧による応力 σ_p は一定レベルにあるので材料の疲労には影響しないと考えるが、熱伸縮などによる繰返し回数の多い応力と一定レベルの応力の合計は、0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ を越えないようにして容器の永久変形が生じないようにする。地震による応力については、それのみで $\sigma_{0.2}$ を越えないようにする。

2. 直角方向にベローズを用いる方法

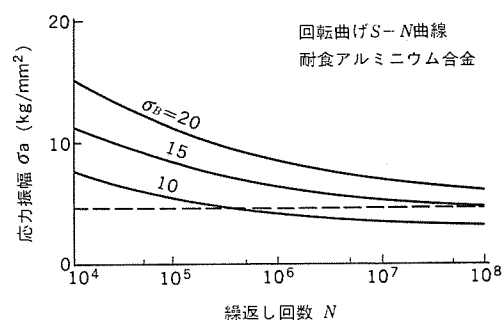
2つのベローズ間の距離 a により吸収できる伸縮量が決まり、ベローズの軸方向の吸収可能な変形量を δ_B 、直径を d とすると、直角方向に吸収可能な熱伸縮量 δ はほぼ $\delta = a\delta_B/d$ となる。

3. 直線方向にベローズを用いる方法

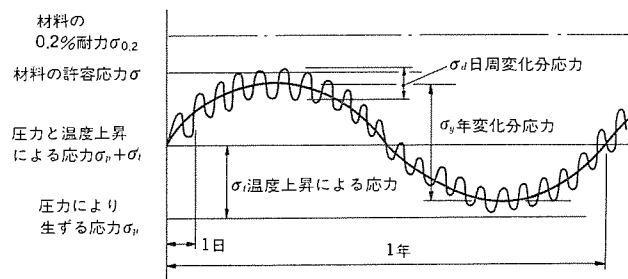
単位長さ e の伸縮量 δe は $\delta e = \alpha \Delta T e$ で、これに見合うベローズを採用する。



付図 1. GIS の枝管部分の構造解析結果



付図 2. 耐食アルミニウム合金の回転曲げ $S-N$ 曲線



付図 3. 熱伸縮による応力

走行風利用送油自冷式車両用主変圧器

佐藤正信*・佐藤辰夫**・安部 勉**・遠藤道忠**・平山良雄**

1. ま え が き

我が国の車両用主変圧器は、小形・軽量を図るため、その冷却方式として、送油風冷式を採用してきた。しかし、車両走行時には相当量の空気流（走行風）が車両周囲に存在するため、この風を冷却に利用すれば、送油自冷式の変圧器が実現する可能性がある。自冷式は、電動送風機が不要になるため、機器の保守の省力化、信頼性の向上、騒音の低減、省エネルギーなどの面で、風冷式と比較してより多くの利得を生むものである。この走行風利用自冷式変圧器は、海外で一部実施例を見るが⁽¹⁾、走行風という一見不安定な風を利用するため、冷却設計にあたり風冷式にない特質を十分考慮する必要がある、国内ではこれまで製作実績がなかった。

このたび、この冷却方式の実用化に向け、各種冷却特性試験及び検討を重ねてきた結果、在来線 485 系特急形電車用 TM 924 形主変圧器を試作した。この変圧器は、昭和 56 年 1 月に試運転冷却性能試験を実施し、その後も継続運転をしているが、所期の冷却性能を満足し、十分実用に供し得ることを確認したので、ここにその特長と概要について述べる。

2. 自冷式主変圧器の概要

2.1 仕様

走行風利用送油自冷式（以下自冷式と略す）TM 924 形主変圧器は、在来線交直流電車で搭載の TM 20 形主変圧器の自冷化を目標とし、電気特性及び構造の両面からこの変圧器との互換性をもたせた。この主変圧器の外観を図 1. に、また基本仕様を TM 20 形と比較して表 1. に示す。

2.2 冷却系統

次に、自冷式及び風冷式の冷却系統を比較すると、図 2. のようになる。風冷式では、冷却風は電動送風機により車両の側面から取入れられ、油冷却器を通過した後、反対の側面へ吐出される。また、乾式の IC 26 C 形主平滑リアクトルが風流路内に組込まれており、主変圧器冷却器との共通風冷化が図られている。

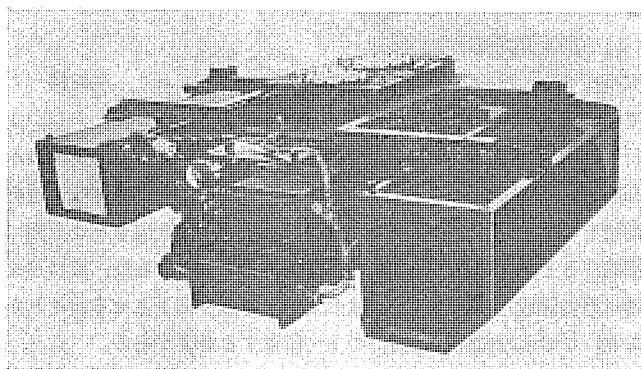


図 1. TM 924 形主変圧器 (IC 929 形 リアクトル 内蔵) 外観

表 1. TM 924 形主変圧器の仕様概略

主 変 圧 器 部	形 式		TM 924 形	TM 20 形
	方 式		単相，50／60 Hz，外鉄形，連続定格，シリコーン油入，無圧密封方式	
	絶 縁 種 別		A 種	
	油 冷 却 方 式		走行風利用送油自冷式	送油風冷式
	定 格	1 次 巻 線	1,235 kVA，20,000 V，61.8 A	
		2 次 巻 線	1,235 kVA，1,850 V，668 A	
	絶 縁 階 級，試 験 電 圧		1 次線路側：車両用 20 号 AC 50 kV 1 分 インパルス 120 kV 1 次接地側：車両用 1 号 AC 4 kV 1 分 2 次 側：車両用 3 号 AC 10 kV 1 分	
	等価内部直流抵抗（Ω）		0.262／0.314 （50／60 Hz）	0.267／0.309 （50／60 Hz）
1 次巻線直流抵抗（ $\frac{\Omega}{75^{\circ}\text{C}}$ ）		2,430	3,910	
重 量（kg）		—	2,520	
主 平 滑 リ ア ク ト ル 部	形 式		IC 929 形	IC 26 C 形
	構 成		主変圧器に内蔵	別 置
	方 式		単相 50×2／60×2 Hz 内鉄形（ギャップ付クロ ーズドコア形），油入式	単相 50×2／60×2 Hz 内鉄形（オープンコア形） 乾式
	絶 縁 種 別		A 種	F 種
	冷 却 方 式		走行風利用送油自冷式	風冷式
	定 格	回 路 電 圧（V）	1,680	
		インダクタンス （mH）	5.0 （於：720 A）	7.0 （於：720 A）
		吸 流 率（％）	36／30	24／20
		電 流（A）	568	850
重 量（kg）		—	460	
総 発 生 損 失（kW）		34.6／39.6 （50／60 Hz）	45.1／50.6 （50／60 Hz）	
総 重 量（kg）		3,580	2,980	

一方、電動送風機のない自冷式では、冷却器を機器装荷の多い車体中央部を避け、車体側面に寄せて変圧器本体の両翼に各 1 台設置して、走行風を最大限に利用できるようにした。

また、主平滑リアクトルは、電動送風機がなくなるため、耐候性の向上も考慮して油入式として主変圧器タンク内に収納し、油流路側で主変圧器との共通冷却を図った。また、表 1. に示すように、定格・中身構造の変更も併せて行った。

3. 自冷化の効果

現用の風冷式油冷却器は、ハイフィン管を千鳥配列としたり、あるいはコルゲートフィンを使用して構成されているが、小形化を図るため、その冷却管間隔とフィン間隔は小さくとられている。このため、長年の走行使用により、ほこり・泥・羽毛などが管間、フィン間に固着

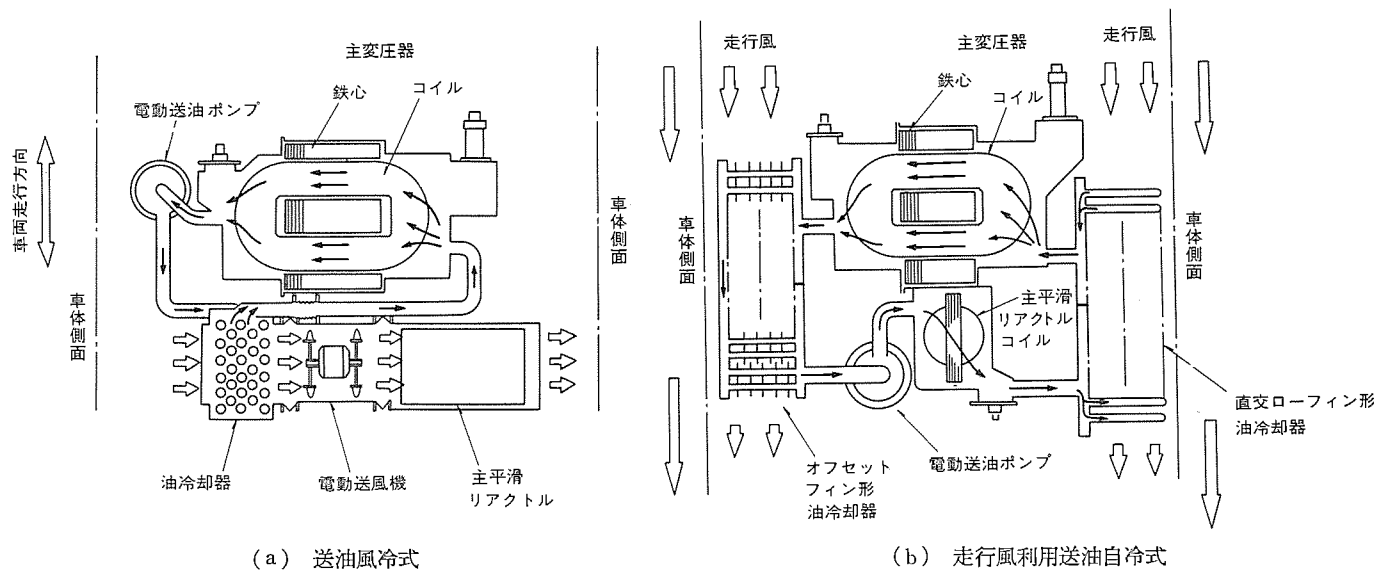


図 2. 冷却系統比較

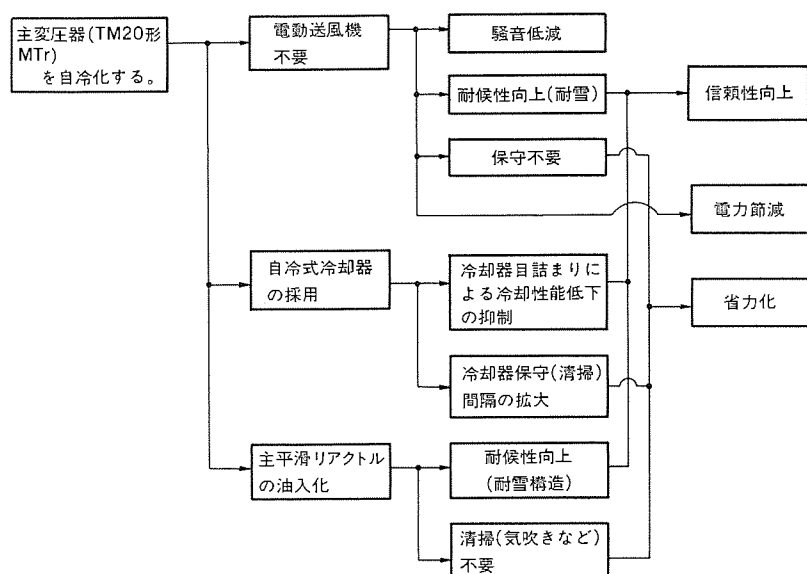


図 3. 自冷式主変圧器の特長

して目詰まり状態となり、冷却風の通流が妨げられ、冷却性能が低下して油温度が異常に高められるおそれがある。また、電動送風機は、凍結防止のため、冷却器より排風側に設置されているが、前記のように冷却器が目詰まり状態となって風量が低下すると、冷却器排風温度が高くなり、これが送風機へ流入して、運転に支障をきたすおそれもあり、冷却器の定期的な点検及び清掃が必要となる。

一方、自冷式では、電動送風機がないため、これの保守は一切不要となる。また、後述のように、冷却器の管間隔あるいはフィン間隔を十分粗くとしたため、長年の走行使用によっても目詰まりを起こしにくく、冷却性能の低下は大幅に抑制されと考えられる。

図 3. に示すように、自冷式にはこのような効果も含め、保守上の煩わしさを軽減・除去すると共に、機器の信頼性を向上させる長所がある。

4. 冷却設計

4.1 冷却設計上の留意点

走行風利用冷却方式は、強制風冷式とは異なる種々の特質があり、

冷却器構造から必要冷却容量の設定に至るまでの冷却設計において、これら特質につき十分検討する必要がある。

(1) 車両速度と冷却性能

走行風利用冷却の最も大きな特質は、冷却性能が車両速度により変化することである。すなわち、冷却能力が十分で変圧器が熱的に問題なく運転に供せるか否かは、運転走行状況にすべて依存している。そこで、後述のように、予想される走行線区で走行温度上昇シミュレーション計算を行うことにより、熱的に問題のない冷却容量の設定を行わなければならない。

冷却能力が車両速度に依存していることは、この変圧器を熱的に見た場合の定格容量が定まらないことを意味するが、その負荷となる機器（容量）が変わらぬため、便宜上、TM 20 形変圧器と同一の容量呼称とした。

(2) 車両速度と冷却風速

走行により生ずる空気流を冷却風とするため、冷却風速は、車両速度の関数となる。空気粘性により、冷却器付近の空気は車体に引きずられ、周囲空気に対してかなりの相対速度で移動するため、反対に冷却器に対する流速はあまり大きな値にはならない。いずれにしても、車両速度に対する冷却風速の関係を把握することは、冷却設計において、不可欠である。

(3) 開放雰囲気中での冷却

風冷式では、冷却器と送風機は風胴で連結されており、送風機への流入風はすべて冷却器中を通過する構成となっている。しかし、走行風利用冷却では、送風源が集中して存在しないため、冷却風は冷却器と開放空間へとの分流状態となる。したがって、冷却器の放熱面積を増そうとして、冷却管あるいは冷却フィン間隔をあまり密に構成すると、冷却器内の流路圧力損失が増すことになり、風は冷却器以外の開放空間へ逃げて、放熱効率をむしろ低下させるおそれがあり、この点冷却器構造設計の上で留意する必要がある。

(4) ゴ(箆)装機器配置と冷却風

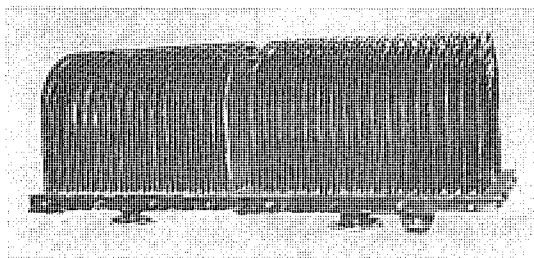
車両床下の主変圧器周辺には種々の機器が装荷されており、これら

機器の配置によっても冷却器への流入風速・風量は影響を受けるため、冷却器の性能把握にはこの点も考慮する必要がある。

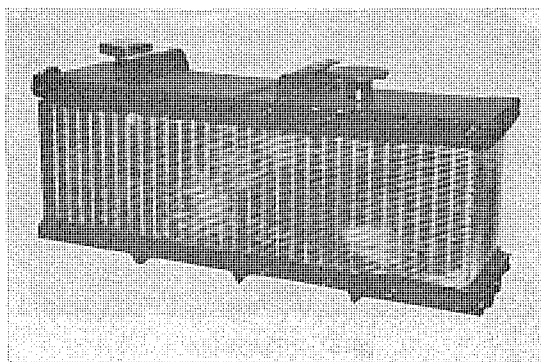
4.2 自冷式冷却器の開発

(1) 定置風洞内試験による各種モデル冷却器性能比較

前記のとおり、冷却器を走行風が流入・通過しやすい構造としながら、放熱面積を確保する必要がある、この点を加味した7種類の実器サイズ・モデル冷却器を試作した。これらモデル冷却器を、開放空間を十分大きくとった風洞内に設置し、前方より送風して冷却性能定置試験を行った。その結果、直交ローフィン形冷却器及びオフセットフィン形冷却器がほぼ同等の良好な性能を有することがわかった。図



(a) 直交ローフィン形冷却器 (自冷式)



(b) オフセットフィン形冷却器 (自冷式)

図 4. 冷却器の外観

4. (a), (b)に各冷却器の外観を示す。

直交ローフィン形冷却器は、高さ約 1.6 mm、ピッチ 1.3 mm のローフィンをたてた冷却管を、ピッチ 40 mm×40 mm で多段として管板に取付けた構造で、鉄鋼製である。

オフセットフィン形冷却器は、プレート状のフィンを上下・前後に千鳥配列し、これを冷却管に取付けた構造で、フィンピッチ 10 mm、管ピッチ 77 mm×43 mm である。材質は、同じく鉄鋼製である。

風洞内定置試験では、冷却器構造の違いによる性能比較のほか、

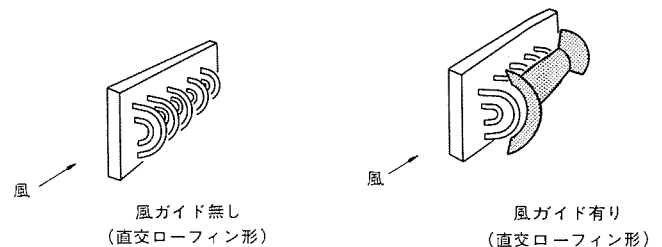
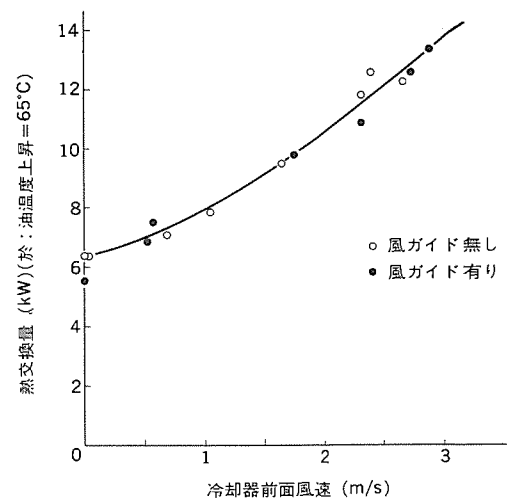


図 5. モデル冷却器 (直交ローフィン形) の冷却性能

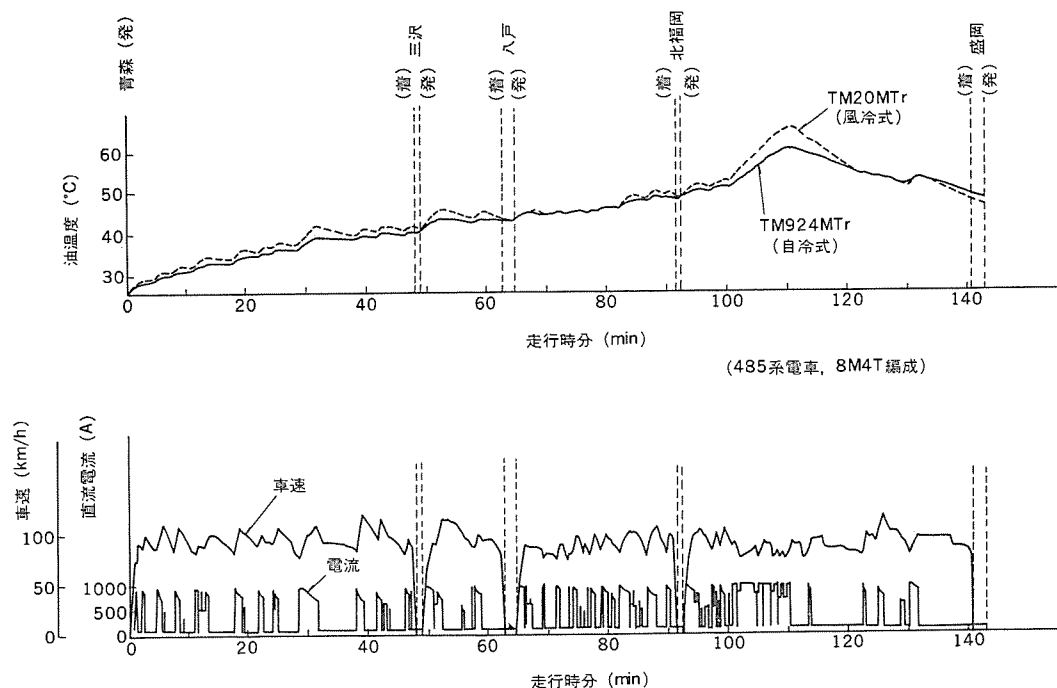


図 6. 走行シミュレーション 計算結果の例

冷却器周囲に各種風ガイドを設けた場合の効果についても検討した。

図 5. に直交ローフィン形冷却器での例を示すが、結果として、風ガイド設置による冷却性能増大効果は認められなかった。このため、実器冷却器には風ガイドを設けないことにした。

(2) トレー装着による実走行冷却性能試験

以上の定置での試験結果により、一応のめどはついたものの、実際に走行して究明すべき事項がまだ多く残されていた。そこで、これらの冷却器をトレーの床下に装着して、実走行冷却試験を実施した。試験では、冷却器の対地面取付け高さ位置を実器に合わせる、冷却器周辺の機器を模擬した箱も同時に床下に装着するなどして、実運転での使用環境にできるだけ近づけた。

この試験の結果、

- ・ 走行速度と冷却器前面風速（走行風風速）の関係
- ・ 冷却器前面風速と冷却性能の関係（定置試験結果との対比）

を知ることができた。また、直交ローフィン形及びオフセットフィン形両冷却器の間に性能上の差はほとんどなく、実器変圧器にはこれら2種の冷却器を各1台ずつ使用して、現車走行試験により両者の優劣を比較することとした。

4.3 必要冷却容量の設定

前記のように、冷却性能は車両の走行運用に依存しているため、予想される走行線区で最も厳しい条件下での温度上昇走行シミュレーション計算を行って必要冷却容量を設定した。

計算では、各部の温度上昇値、熱時定数・負荷電流の相関が十分な精度で必要であり、一般の変圧器の場合よりも厳密に追求した。更に、車両速度に対応しての冷却器性能、すなわち油温度上昇値及び熱時定数を逐一変化させて計算を行った。

図 6. にシミュレーション計算結果の1例を示す。この図のように、自冷式は風冷式に比較して油温度の変化がゆるやかになるのが特長である。すなわち、風冷式は、車両速度によらず冷却性能が一定のため、停車時など負荷のない時には急速に油温は下降し、反対に力行負荷時には急上昇する。一方、自冷式では停車時の冷却性能が低いため、油温の下降はゆっくりしたものとなり、力行負荷時でも速度が高ければ冷却能力は高められ、油温上昇は抑え気味になる。

結論として、一定速度 100 km/h で走行中、定格時発生損失(39.6 kW)を与えた時、油温度上昇値が約 40°C で熱交換可能な性能に等価な冷却容量があれば、現用風冷式とほぼ同程度の温度推移となることがわかり、この性能が得られるように冷却系を構成した。

5. 現車走行試験

5.1 試運転走行試験

TM 924 形主変圧器は、モハ 484-202 号車に搭載したのち、現車でその性能を確認するため、昭和 56 年 1 月 29 日、東北本線の盛岡～青森駅間で試運転走行試験を実施した。試験の測定系統の構成を

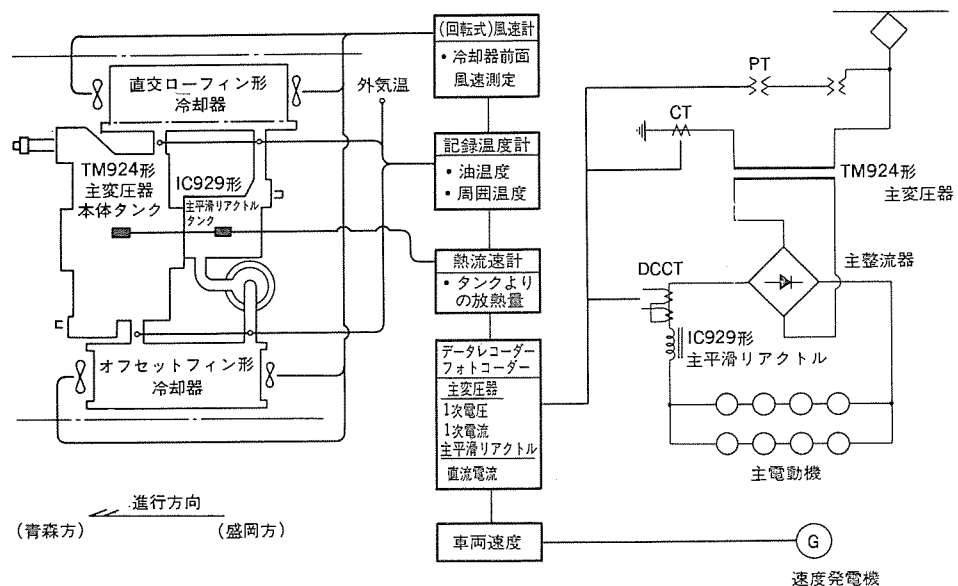


図 7. 現車走行試験・測定系統概略構成

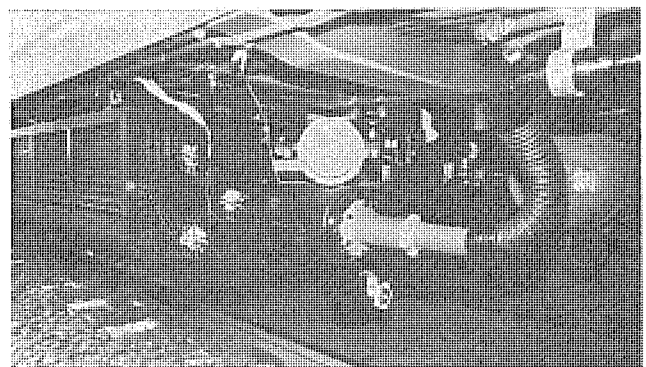


図 8. 走行試験状況

図 7. に示す。また、走行試験中の当該車両床下の主変圧器周辺の状況を図 8. に示す。

試験結果の概要につき以下に述べる。

(1) 車両速度と冷却器前面風速（走行風風速）の関係

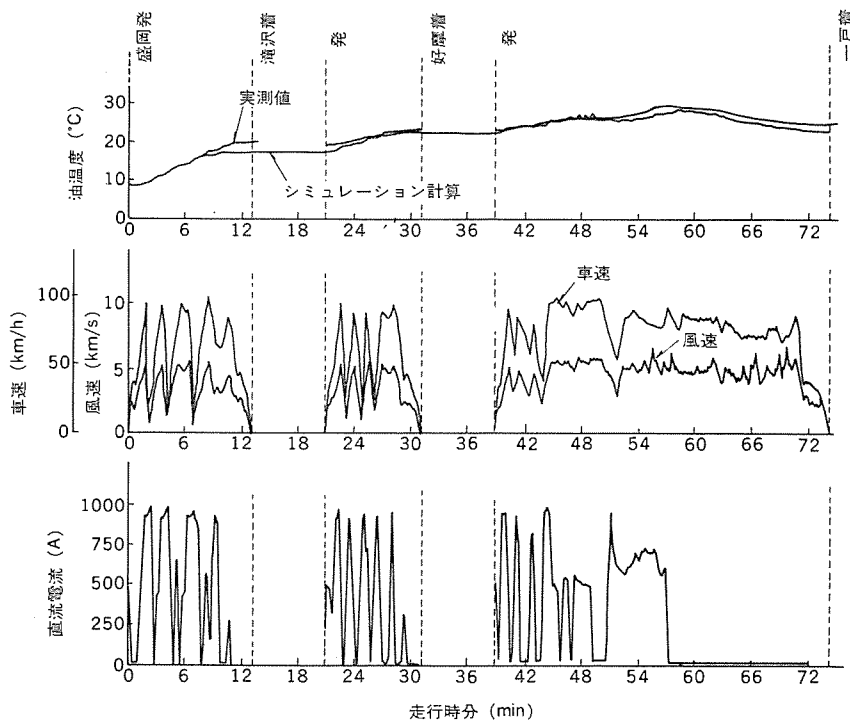
走行中の冷却器前面風速は、ほぼ同一速度で走行中にも小刻みに変化している。そこで、風速を 10 秒間隔で平均値処理することによって走行速度と風速の関係を調査した。走行速度と風速の対応は、線路の状況（トンネル内・曲線・山あい走行）など周囲の環境変化によって多少のばらつきがあったが、合計 480 点の走行速度とその時点の風速の対応を無作為抽出して相関式を求めたところ、下式で表せることがわかった。

$$u = 0.22 \times \frac{V}{3.6} \quad \left(\begin{array}{l} \text{ただし、} u : \text{冷却器前面風速 (m/s)} \\ V : \text{車両走行速度 (km/h)} \end{array} \right)$$

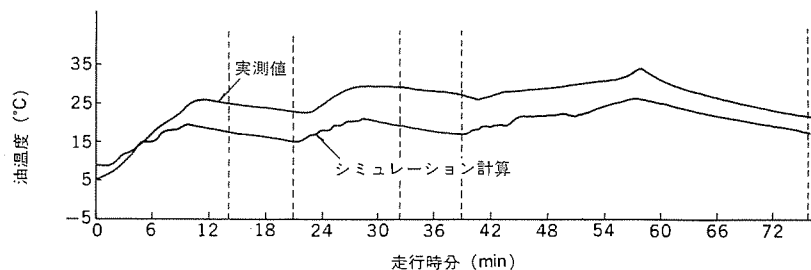
この式から車両速度の約 1/5 が走行冷却風速として得られることがわかる。ちなみに、この結果はトレーでの走行試験結果と、ほぼ合致していた。

(2) 油温度の変化

試験時の油温度の経時変化は、図 9. (a) のようであった。この図には同時に、主変圧器 2 次側負荷電流、走行速度、冷却器前面風速の実測値、及びこれらデータに基づきシミュレーション計算をして求めた油温度の推移もあわせて示した。油温度の実測値と計算値は、よく一致しており、シミュレーション計算の精度が高いことが裏付けられた。



(a) 自冷式 (TM 924 の場合)



(b) 風冷式 (TM 14 の場合)

図 9. 走行時の油温度測定結果の例

表 2. 油温度追跡調査結果の例

測定期日	列車名	発駅・着駅	地 点	油温度 (°C)	外気温 (°C)	油温度上昇 (°C)
昭和 56 年 2 月 10 日	白 鳥 (4002 M)	青森→大阪	酒田 付近	24	3	21
2 月 12 日	はつかり 8 号 (26 M)	青森→上野	奥中山 付近	32	7	25
2 月 15 日	はつかり 11 号 (1 M)	上野→青森	奥中山 付近	27	5	22
7 月 14 日	やまびこ 6 号 (36 M)	盛岡→上野	白河 付近	61	35	26
8 月 5 日	はつかり 2 号 (2 M)	青森→上野	奥中山 付近	45	22	23
8 月 7 日	ひばり 6 号 (1006 M)	仙台→上野	福島→郡山間	45	25	20
8 月 13 日	やまびこ 6 号 (36 M)	盛岡→上野	福島→郡山間	56	33	23

注 油温度警報設定値は 80°C である

試験ではこのほか、試運転編成中の他ユニットに搭載されていた TM 14 形主変圧器 (TM 20 相当品) の油温度も測定し、その結果を図 9. (b) に示す。油温度の推移パターンは、実測・計算両者相似形となっているが、実測値の方が高くなっているのは、冷却器が目詰まりをして、冷却性能が若干低下しているものと推定される。図 9. (a), (b) を比較しても、前記のとおり自冷式の温度変化がゆるやかであるという特長がうかがえる。

(3) 各冷却器の冷却性能

直交ローフィン形、オフセットフィン形各冷却器、及び主変圧器本体タンクよりの各放熱分担の測定も併せ実施したが、その結果放熱比は概略次のとおり、

直交ローフィン形冷却器：オフセットフィン形
44 % : 45 %
冷却器：本体タンク
: 11 %

であった。これにより両冷却器には冷却性能上の有意差がないことが分かり、今後は使用中の汚れなどを比較検討していく予定である。

5.2 油温度追跡調査

TM 924 形主変圧器は、試運転試験を終えた後、現車に搭載のまま運転を継続しており、変圧器付属箱内に積載した小形記録温度計により油温度の追跡調査を実施した。調査結果の例を表 2. に示すが、いずれの結果も油温度は問題なく運転可能な範囲内にある。

6. む す び

以上、車両用変圧器の自冷化を目指した TM 924 形主変圧器の概要及び現車試験の成果につき説明した。現車試験を主体とした各種試験により、この変圧器が十分実用に供し得る性能を有することを確認した。また、これらの試験を通じて、走行風という一見不安定とも思える風の特徴を把握し、これを冷却に利用するために必要となる貴重なデータを得ることができた。

TM 924 形主変圧器の発生損失は、現用量產品に比較して約 10 kW 小さく、省エネルギーの面では利得があるが、重量は 600 kg 重い。そこで、日本国有鉄道では今後自冷式変圧器の軽量化を一層進めるため、温度上昇限度をアップした⁽²⁾ TM 926 形主変圧器を製作し、試験を行う予定である。

最後に、これらの開発・試験に際して、日本国有鉄道 鉄道技術研究所電力機械研究室並びに盛岡工場の関係各位より多大の御指導、御協力を得たことを深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) Electric Trains for Euston Suburban Services : The Railway Gazette, August 6 (1965)
- (2) 桑原ほか：車両用シリコン油入ポリアミド絶縁変圧器，三菱電機技報，50，No. 9 (昭51)

水道用広域監視制御システム

津吉 信夫*・中野 榮*・中島 弘善*・真坂 博好*・坂下 龍司*

1. ま え が き

「上水道は、建設の時代から維持管理の時代に入った。」と言われていた。近年の水需要増大に伴い、各自治体、企業団などの水道整備事業も拡大の一途をたどってきた。しかし、普及率が90%を超えた現在、水道施設と配管網を拡充するという建設の時代は、将来の水資源確保のための建設を別にして、ようやく一段落を告げ、最近では、水源から末端需要家までの各施設を効率よく、かつ安全に運営し、全体の管理の最適化を実現するシステム作りが検討、あるいは実用化されてきている。

当社においてもこれまで、広域水道用システム、大都市あるいは中都市水道用システム、配水管理用システムなど数多くのシステムを製作・納入してきたが、特に、昭和56年の納入実績から、維持管理の高度化、防災対策の強化を図ったシステム2例につき概要を述べる。

2. 射水上水道企業団水道施設コントロールシステム

2.1 システムの概要

射水上水道企業団は、昭和47年に都市化の傾向が著しい富山県北西部の新湊市・小杉町・大門町・大島町・下村の水道事業を統合した給水人口10万人の広域水道である。水源は、主として県営水道和田川浄水場からの受水であるが、他に広上・布目・大島の各水源地に自己水源がある。

昭和49年度に、日の宮受水場を親局とする1:4の施設系遠方監視制御装置を当社が納入している。今回納入したシステムは、既設システムをそのまま残し、新築された庁舎防災監視室に別ルートで施設系の情報を伝送し、また配水に関するブロックメータの情報を防災監視室に伝送するという総合管理システムである。このシステムは、既設の送配水管理をより高度化し、受水から末端配水までの一元化を図ることにより防災対策と維持管理の一層の合理化を図るもので、広域化・複雑化した施設の稼働状況を監視制御すると同時に計算機による水需要予測と組合わせて水道施設全体の最適運用を図ること

ができる。図1.に防災監視室の全景を示す。

2.2 システムの特長

(1) 監視制御の2重化

従来から日の宮受水場を親局として稼働している設備に加え、庁舎防災監視室を親局とするテレメータテレコン装置を設置したので、最重要施設である施設系子局を2方向から監視制御できると同時に、新設システムダウン時のバックアップを行うことができるという信頼性の高いシステムである。

(2) 処理の分散

テレメータの監視制御及びデータの1次処理までをテレメータ装置内蔵の8ビットマイクロプロセッサで行い、以後の集計・統計・予測等高級処理を中央処理装置が行う。このように処理を分散させたことにより、中央処理装置の保守点検時又は異常時にも監視制御が可能となるシステムが構成できる。

(3) ブロック化による水運用の把握

給水区域を9ブロックに分割し、ブロック間の要所要所にブロックメータを配置したことにより、地域内の水需要を集中監視でき、効率的な系統運用が可能となった。また、各ブロックメータに設置される減圧弁により水需要の少ない夜間に水圧を下げ、漏水の防止に努めることができる。

(4) 水需要予測及び水位予測

現在及び過去の実績をもとに、今後の水需要と主要配水池の貯水量(配水池水位)の予測を行うことにより、合理的な受水揚水計画の立案及び事故時の的確な対応が可能となった。

(5) 長期間データの保存

長期間データをフレキシブルディスクに保存することにより、保管スペースの削減と検索が容易になった。また、1か月分のデータが1枚のシートに保存され、その再現もCRT上に行うことができる。

2.3 システムの構成

2.3.1 システム構成

このシステムは、日の宮受水場を親局とする既設設備に、更に防災監視室を親局とする設備を付加し、2方向の監視制御を行うシステムである。構成は図2.のとおり、親局2局に対し子局43局(施設系4局・小容量系5局・ブロックメータ系28局・末端水圧監視系6局)が接続され、通信には日本電信電話公社専用線D1規格を使用している。

2.3.2 ハードウェア構成

監視制御装置は、8ビットマイクロプロセッサを主要構成要素とする広域監視制御装置《MELFLEX 400》であり、操作卓・監視盤に対する制御はすべてこの装置で行い、中央処理装置の負荷を軽減している。

中央処理装置は、工業用計算機《MELCOM 350-50》A2100であり、その周辺機器は固定ヘッドディスク装置、フレキシブルディスク装置、CRT、CRTモニター、ハードコピー、アナウンスタイプライター及びロギングタイプライター(2台)で構成している。

図3.に防災監視室のシステム構成を示す。



図1. 防災監視室

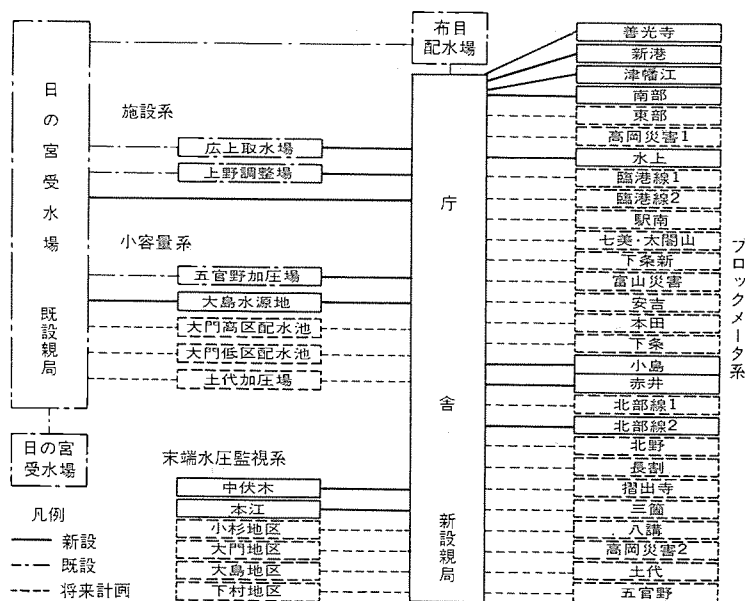


図 2. システム 系統図

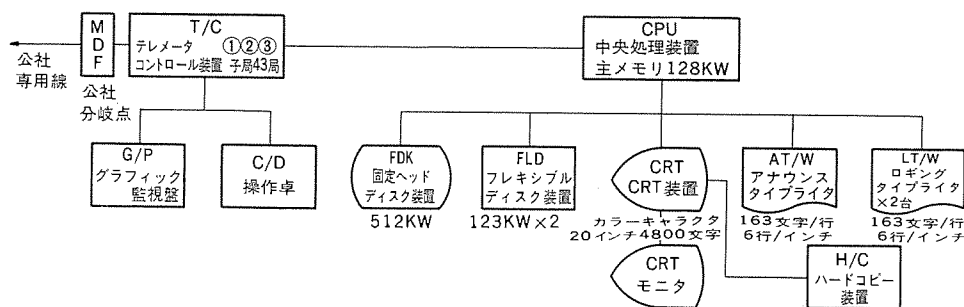


図 3. 防災監視室 システム 構成

2. 4 処理機能

2. 4. 1 1 次処理

(1) テレメータ 処理

各子局から伝送される データを入力し、必要な検定を行う。

(2) テレコントロール 処理

操作卓からの テレコン 指令により、各子局に対し制御 コード を伝送する。2 挙動方式により信頼性を向上させている。

(3) 監視盤表示

監視盤の地図上の子局 ランプにより局一括異常を表示し、操作員が

一見して異常局を認識できる。また、操作卓で選択した ブロックメータ のデータを数値表示する。

(4) 操作卓表示

監視盤に表示される局一括異常の明細 (機器故障、回線異常など) をランプ表示する。また、選択表示によりすべての受信データをモニタできる。

2. 4. 2 記録処理

(1) アナウンスメント 記録

すべての異常の発生・復旧の履歴をタイプライタに記録する。また、防災監視室で行ったテレコン の記録も行う。

(2) 日報、月報、年報

すべての流量、水圧、水質について毎日 9 時に前日分の日報を作成する。また、施設系の流量・電力量については月報及び年報を作成する。

(3) データ 保存

月報に記録した データ をフレキシブルディスク に保存する。シート 1 枚に 1 か月分を保存する。

2. 4. 3 CRT 表示

CRT には次のような データ を表示する。その中から特長的な画面を図 4. ~ 図 7. に示す。

- (1) 画面案内 図 4.
- (2) 水 系 図 図 5.
- (3) データリスト
- (4) 時系列 リスト
- (5) 流量実績 図 6.
- (6) 水位予測 図 7.
- (7) 故障履歴

2. 4. 4 水位予測、需要予測

需要予測を行い、このときの受水量あるいは取水量を設定することにより、配水池水位の変化を今後 24 時間分予測する。これにより合理的な受水、取水、揚水計画が立案でき、また、緊急時に的確な操作を行うことができる。

水位予測は各施設について行っているが、ここでは日の宮受水場、上野調整池について述べる。図 8. に水系模式図 (全体施設の一部) を示す。

(1) 需要予測

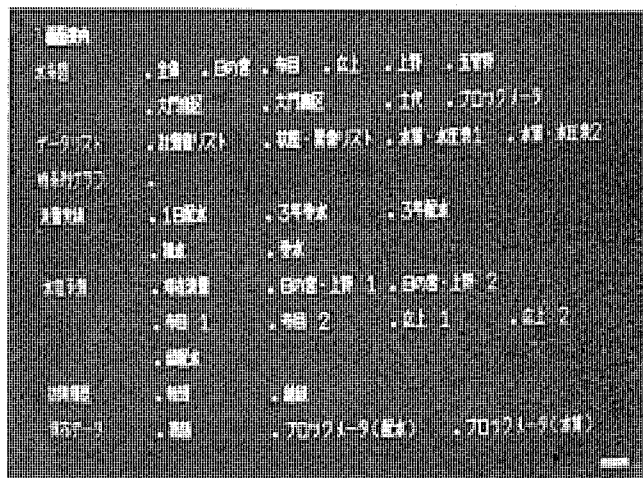


図 4. 画面案内

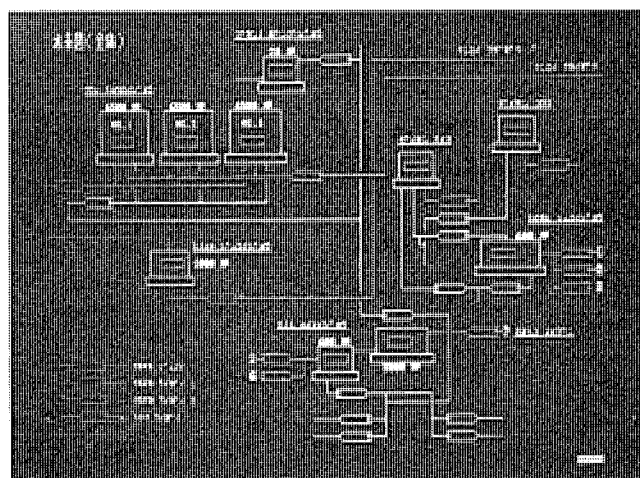


図 5. 水系図 (全体)

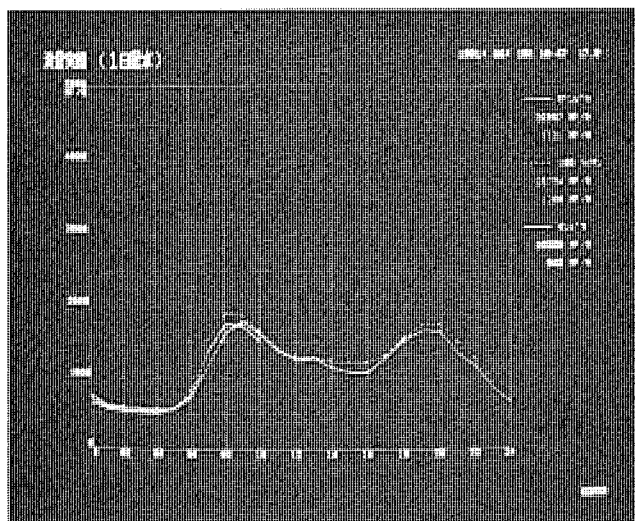


図 6. 流量実績 (1日配水)

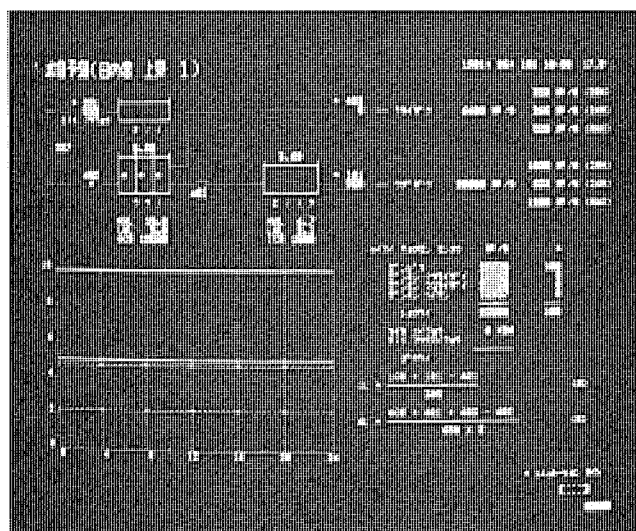


図 7. 水位予測 (日の宮・上野1)

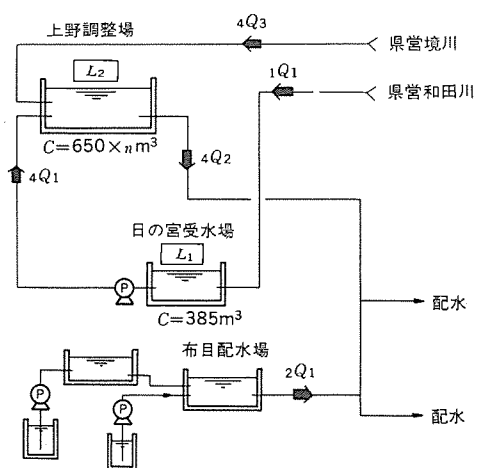


図 8. 水系模式図

図 8. において、上野調整場の需要量 $4Q_2$ については式(1)で求められる。

$$4Q_2(t) = \left[\frac{(Q_1(t) \times a) + (Q_2(t) \times b) + (Q_3(t) \times c) + (Q_4(t) \times d)}{100(\%)} + e + 2Q_{1t} \right] \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (1)$$

ここで、 Q_1 は前日実績、 Q_2 は前年夏の最大実績、 Q_3 は前年冬の

最大実績、 Q_4 は前年平均実績、 e は追加水量、 $2Q_1$ は布目配水場からの予測配水量、 a, b, c, d は各々への重み (%) である。なお、 a, b, c, d, e は当日の状況により CRT 画面上より手動でインプットされる。

$2Q_1$ は布目配水場の予測需要量であり、別の演算式で求められたものを使用する。これは応援配水を行うための項である。

(2) 水位予測

図 8. において、日の宮受水場の受水池水位 L_1 は式(2)で求められる。

$$L_1(t) = \left[L_1(t-1) + \frac{1Q_1(t) - 4Q_1(t)}{A(\text{m}^3) \times 60(\text{分})} \right] (\text{m}) \quad (2)$$

ここで、 $1Q_1$ は受水量、 $4Q_1$ は揚水量、 A は受水池容量であり、 $1Q_1$ は CRT 画面上から手動でインプットし、 $4Q_1$ は、受水場水位により自動運転されるポンプ台数により決定される。

また、上野調整場の配水池水位 L_2 は式(3)で求められる。

$$L_2(t) = \left[L_2(t-1) + \frac{4Q_1(t) + 4Q_3(t) - 4Q_2(t)}{B(\text{m}^3) \times 60(\text{分})} \right] (\text{m}) \quad (3)$$

ここで、 $4Q_1$ は揚水量、 $4Q_3$ は受水量、 $4Q_2$ は需要量である。 $4Q_2$ は式(1)より求められ、 $4Q_3$ は CRT 画面上から手動でインプットする。

(3) 予測結果の表示

以上の運転条件及び設定値により、今後24時間の水位、需要量を予測し、CRT にトレンドグラフ表示する。

3. 愛知県企業庁尾張水道事務所無線データ転送システム

3.1 システムの概要

木曾川東岸、濃尾平野一帯に上水を供給する犬山浄水場と 22 供給点は、木曾川より取水浄化後、8 市、6 町、2 村、4 水道企業団に対し給水を行うもので、総給水量日最大 259,500 m^3 /日、総給水人口 138 万人を擁する大規模なものである。

このシステムは、昭和 48 年度に当社が納入した犬山浄水場～各供給点を結ぶ、無線テレメータシステムの上位システムと考えられ、犬山浄水場にて管理されている取水から供給点までの各種情報(取水量、送水量、給水量、水位、水圧、水質など)を尾張水道事務所へ伝送し、管内の取水・送水状況の一括管理を目的とし、データの表示及



図 9. テレメータ管理室

び記録により総合的な判断・処理ができる集中管理システムとなっている。尾張水道事務所テレメータ管理室全景を図9.に示す。

3.2 システムの特長

(1) 犬山局と尾張局の二元監視

犬山局に集めた供給点系の情報を尾張局へ転送することにより、同一データを同時に2か所から監視することができ、システムの信頼性の向上に寄与する。

(2) 犬山局での転送データの1か月分の保存

尾張局においては、休日及び夜間は無人となるためシステムを停止する。犬山局では、これを補うため常時1か月分のデータを保存し、一定時間ごとにデータを転送する。また、必要時には尾張局からの転送要求でデータを転送することができる。

(3) 70 MHz 帯単一无線回線による1,200 b/s (ビット/秒) 伝送

犬山局から尾張局へのデータ伝送回線として、既設無線テレメータと同一波を使用し、電波の節約と管内他場所での情報の傍受(共有化)を図るため、70 MHz 帯単一无線回線を使用した。また、1か月分にもわたる多量のデータを、短時間に(通話時間帯の確保)効率よく伝送することを目的として、1,200 b/s の HDLC に準拠した伝送フォーマットを採用した。

そのほか、尾張局は国道沿いに設置されているため、自動車などの発生する都市雑音にデータ伝送が妨害されやすい。これに対処する必要から、データ伝送用に指向性の鋭い5素子八木アンテナを、通話用に無指向性のブラウンアンテナを切換使用とした。

(4) CRT を主体としたデータ処理

尾張局において、マンマシンインタフェースの主体をCRTとし、水量、水位、水圧、水質のデータを局別もしくは項目別に、過去1か月又は7日間にわたり、見やすいグラフ又は表形式で表示する。これら見やすい表示によって、取水より給水までの一貫した水道システムの状況と将来への動向が把握され、水供給の安定化及び保全業務に有効となるものである。

(5) 漏水監視の実施

取水より給水までの一貫したデータが取扱えるため、送水システムの漏水監視を行っている。送水ロスの防止及び送水の有効利用を目的とする。

(6) 供給点系～犬山局・尾張局双方との通話の実施

各供給点は犬山局、尾張局双方から無線により直接通話可能としてあり、連絡打合せが容易なため災害時などに迅速に対応できる。

(7) 計算機間結合装置による高速データ転送

尾張局のテレメータ装置とデータ処理装置間には多量のデータに対応するため、DMA チャンネルによる計算機間結合装置を使用した。

3.3 システム構成とハードウェア構成

このシステムは、無線テレメータシステム(既設)、データ転送システム及び無線通話システムの3システムで構成している。システム構成を図10.に示す。これより各システムについて記述する。

(1) 無線テレメータシステム(既設)

犬山局を親局とし22供給点を子局とする1:N無線テレメータで、供給点データの収集を行う。概要を表1.に示す。

(2) データ転送システム

犬山局転送用テレメータ装置に蓄積された場内瞬時データ、場内CPUからの場内積算データ及び供給点データを犬山局(送信局)から尾張局(受信局)へ1:1の無線回線によりデータ転送を行うものである。転送は無線テレメータ定時収集後に引続き行われ、HDLCにて約

凡例
 無線テレメータシステムでのデータの流れ
 データ転送システムでのデータの流れ
 無線通話システムでの通話ルート

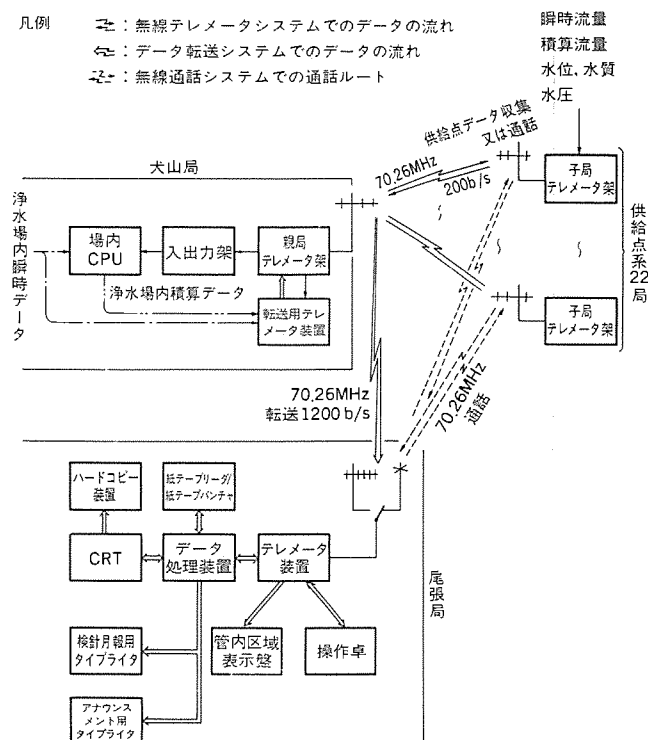


図10. システム構成及びハードウェア構成

表1. システムの概要

システム名	項目	概 要
無線 テレメータ システム	構 成	1:N (N=22)
	伝 送 路	70 MHz 帯単一无線回線 70.26 MHz
	伝 送 方 式	ポーリング
	伝 送 速 度	200 b/s
	変 調 方 式	FS 変調 2,000±100 Hz
	伝 送 項 目	瞬時流量、積算流量、水質、水圧、その他
	処 理 項 目	ロギング、アナウンスメント印字
データ転送システム	構 成	1:1
	伝 送 路	70 MHz 帯単一无線回線 70.26 MHz
	伝 送 方 式	単信 HDLC フォーマット
	伝 送 速 度	1,200 b/s
	変 調 方 式	FS 変調 1,700±400 Hz
	伝 送 項 目	場内及び供給点の瞬時流量、積算流量、水位、水質、水圧、その他
	処 理 項 目	検針月報、アナウンスメント印字、CRT 表示(表又はグラフ形式)
無線 通話 システム	構 成	(1:N)×2の複合システム
	通 話 方 式	70 MHz 帯単一无線回線 通話時間帯のプレストーク方式

11 K バイトのデータ転送後、尾張局にてデータ処理し、CRT、タイプライター、表示盤に出力する。また必要時は、尾張局からの要求によっても転送を行う。概要を表1.に示す。

(3) 無線通話システム

犬山局を親局とし供給点22局を子局とする1:Nシステムと、尾張局を親局、22供給点を子局とする同様システムの複合システムとなる。犬山局、尾張局いずれからも供給点と無線通話が可能である。

(4) ハードウェア構成

ハードウェア構成と各装置の仕様・特長を表2.に示す。

3.4 情報処理

3.4.1 入力データと転送データ

表3.に入力データと転送データの概要を示す。

3.4.2 データ保存処理

表 2. ハードウェア 構成及び概略仕様

局 名	装 置 名	特 長 ・ 仕 様
犬 山 局	転送用テレメータ装置 1 架	<ul style="list-style-type: none"> ・ MELFLEX 400 ・ HDLC 1,200 b/s によるデータ転送 ・ 1 か月分のデータの保存 ・ 設定盤による保存データの設定変更 ・ メモリ容量 32 K バイト
	テレメータ装置 1 架	<ul style="list-style-type: none"> ・ MELFLEX 400 ・ HDLC 1,200 b/s によるデータ受信 ・ 操作卓、管内区域表示盤の表示制御 ・ データ処理装置とのデータ高速転送
尾 張 局	データ処理装置 1 架	<ul style="list-style-type: none"> ・ MELFLEX 500 ・ テレメータ装置とのデータ高速転送 ・ 周辺機器の制御 ・ メモリ容量 128 K ワード
	操作卓 1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ CRT の表示操作その他 ・ 水道及びテレメータの無線操作
	管内区域表示盤 1 面	・ 地図形式による局状態表示
	CRT 1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ データの表又はグラフ形式の表示 ・ 20 インチ 7 色大形画面 ・ 英、数、カナ、特殊文字、その他 ・ 100 字×48 行
	ハードコピー装置 1 台	・ CRT 画面のプリント
	フレキシブルディスク装置 1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ データ保存 ・ 243 K バイト (1 ドライブ時)
	検針月報用タイプライタ 1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検針月報印字 ・ 136 字/行 ・ 文字種類 128
	アナウンスメントタイプライタ 1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ アナウンスメント印字 ・ その他は同上
	紙テープリーダー 紙テープパンチャ 各 1 台	・ プログラム保守

表 3. 入力 データ 及び 転送 データ

データ項目	概 要
入力データ	浄水場内瞬時データ：1～5 V のアナログ値を AD 変換して入力
	浄水場内積算データ：浄水場内 CPU より入力
転送データ	供給点 データ：テレメータ架より入力
	15 分周期で全入力データ (約 11 K バイト) を HDLC 方式により、尾張局へ転送する。テレメータ装置が転送データを受信し、計算機間結合装置を通してデータ処理装置へ送る。

(1) 尾張局のデータ処理装置は、主メモリ上のデータファイルに格納されている最新データを、停電によるデータ消滅防止のため1時間ごとにフレキシブルディスクに保存する。

(2) 犬山局では、入力データを常時1か月分保存する。
データを2か所で保存することにより信頼性向上に寄与している。

3. 4. 3 警報処理

操作員に対し異常発生地点 (22 供給点と浄水場) とその内容 (商用電源断、瞬時値の上下限オーバー、漏水など) を直ちに通報するため、ブザー鳴動、管内区域表示盤のランプ表示、アナウンスメントタイプライタによる内容の記録を行う。また、周辺機器 (CRT、タイプライタなど) の故障に対しても、ランプ表示、内容の記録を行う。

3. 4. 4 ロギング処理

- (1) 日報：毎日定時に前日の浄水場での取水量、送水量、放流量と、その最大値、最小値及び各供給点の日給水量を印字する。
- (2) 月報：前月 20 日より当月 20 日までの水量カウンタ値を基に、各供給点の日給水量及び月給水量を印字する。

(1), (2) の処理により、取水より給水までの動向を、日又は月

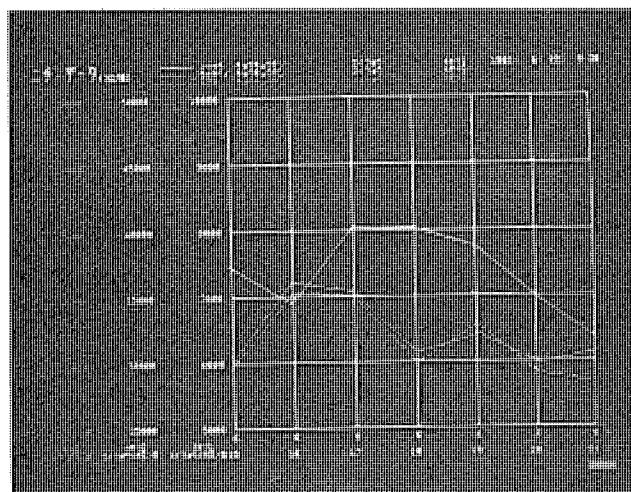


図 11. CRT 画面表示 (グラフ形式)

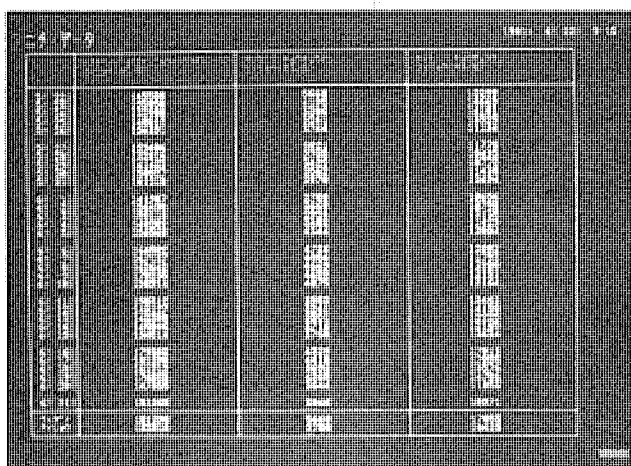


図 12. CRT 画面表示 (表形式)

単位で把握できる。

3. 4. 5 データ表示処理

局名と項目名を任意に選択し、それを CRT に表示することにより、各局間、各項目間の相関関係を一見して把握できる。表示形式としては、瞬時データ表、25時間分の表又はグラフ、7日、1か月分の表又はグラフがある。なお、瞬時データは操作卓上への表示も行う (図 11., 図 12.)。

3. 4. 6 データメンテナンス

各データの上下限値、漏水異常算出係数などのシステム運用上必要な定数、及び保存データの修正をシステムタイプライタにより行う。また犬山局では、1か月分保存しているデータを設定盤により表示、変更ができる。これによりきめ細かなシステムの監視ができ、データの欠測補完も容易に行える。

4. む す び

最近の特長的な水道用広域監視制御システムについて2例を紹介した。

社会に不可欠な水の安定供給と水資源の有効利用のため、この種のシステムが今後増々計画されると共に、漏水防止を含めた経済的な諸設備が必要となるだろう。筆者らもこれらの要請に確実にこたえられるシステムを構成していく所存である。

最後に、このシステムを施工するに当たり多大なる御指導をいただいた射水水道企業団殿及び愛知県企業庁殿の関係各位に深く感謝するものである。

工場内設備集中管理システム

石田 準一*・林 洋一*・赤塚 和禰**・矢野 哲雄**・有村 慎一**

1. ま え が き

当社神戸・制御製作所で、工場内の空調設備、受配電設備、ボイラ設備、コンプレッサ設備、工水設備を管理室で集中管理するシステムを実用化し運用開始した。このシステムは《MELFLEX 400-EE》を適用し、温度による空調制御、ボイラ自動燃焼制御、コンプレッサ運転台数制御を行うことによる省エネルギー化、各設備の監視、自動記録による省力化を図ることを目的としている。

2. システムの特長

このシステムには下記の特長がある。

(1) 設備総合管理

工場内の空調設備、受配電設備、ボイラ設備、コンプレッサ設備、工水設備などの各種設備を一括して集中管理する総合管理システムである。

(2) 管理の集中化

空調設備などは特に各工場に分散しており、一般には各工場側（現場側）に専用コントローラを設置する分散形が行われているが、このシステムでは、監視センターに設置しているマイクロプロセッサ形親局装置に一括制御機能を持たせる集中形制御方式を採用し、費用の削減を図った。

(3) マルチマイクロプロセッサによる機能の分散化

親局装置は3台のマイクロプロセッサで構成し、それぞれ、制御卓・監視盤インターフェース機能、自動制御機能（伝送制御を含む）、自動記録機能に分担させる機能分散形マルチマイクロプロセッサシステムである。

(4) ミニデータウェイ伝送の採用

親局と子局間の通信線をループ状に接続するミニデータウェイ伝送方式を採用し通信線の節約を図ると共に、通信線を2重化（2ペア使用）して切替可能な方式とし、伝送信頼度の向上を図った。

3. システム構成

このシステムは下記の構成である。

(1) 監視センター

- (a) 無停電電源装置 1式
- (b) 監視盤 1式
- (c) 制御卓 1式
- (d) タイプライタ 3台
- (e) 親局装置 3架

(2) 本館子局

- 子局装置 1架

(3) 受電所子局

- 子局装置 1架

(4) 工場Ⅰ子局

- 子局装置 1架

(5) 工場Ⅱ子局

- 子局装置 1架

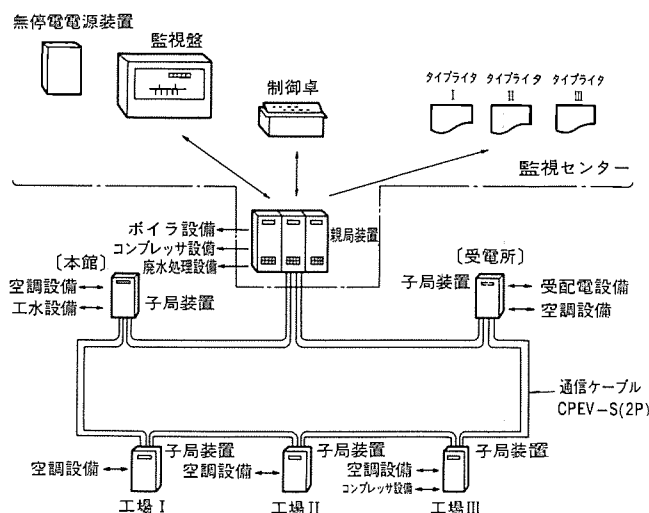


図 1. システム構成図

(6) 工場Ⅲ子局

- 子局装置 1架

なお上記子局において、子局装置以外に空調設備用として、温度センサ及びコンプレッサ設備用として圧力計を設置した。

4. システム機能、仕様

4.1 集中管理対象設備

システムにおける管理対象設備は表 1. のとおりである（設備台数は各工場の合計数）。

4.2 各装置機能

(1) 無停電電源装置

5kVA 容量の CVCF を設置し、システム用無停電電源を供給している。

(2) 監視盤

対象設備の監視項目表示と警報を行う。表示は常時表示方式とした。

(3) 制御卓

対象設備の制御項目に必要なスイッチを設けると共に、運転モード（自動・手動）の切替制御と表示を行っている。

(4) タイプライタ

3台設置しており、受電日報月報作成、ボイラ・大気日報月報作成、動作・故障記録を行っている。

(5) 親局装置・架Ⅰ

下記の機能を有する（マイクロプロセッサ内蔵）。

- (a) 対制御卓入出力処理
- (b) 対監視盤入出力処理
- (c) 架Ⅱとの伝送情報の受渡し

(6) 親局装置・架Ⅱ

下記の機能を有する（マイクロプロセッサ内蔵）。

- (a) 対子局装置入出力処理

表 1. 本システムの管理対象設備

区 分	対 象 設 備	制 御	計 測	監 視	記 録
空 調 設 備	空調機	47		47	
	冷却水ポンプ	6		6	
	クーリングタワー	5		5	
	ルーフファン	3		3	
	蒸気弁	14		14	
	冷却水弁			19	
	室 温		10	34	
	水弁, ポンプ故障				7
受 配 電 設 備	遮断器, 断路器,	38		38	38
	電力, 電力量, 力率 故障		2	16	31 16
コンプレッサ設 備	高圧コンプレッサ	5	5	5	
	低圧コンプレッサ	1		1	
	冷凍ドライヤー	1		1	
	故 障			8	8
	圧力警報			5	
ボ イ ラ 設 備	ボイラ	2		4	
	水タンクレベル			8	
	油タンクレベル			4	
	給水量		3		
	蒸気流量		3		
	燃油流量		3		
	蒸気圧		1		1
	給水温度				1
	蒸気温度				1
	効 率				2
	蒸気消費量				8
	油消費量				6
	煙道ガス濃度				5
	蒸気流量			1	
工水, 上水 廃水処理設備	水 位			25	
	異常監視			6	
	工水量		1		1

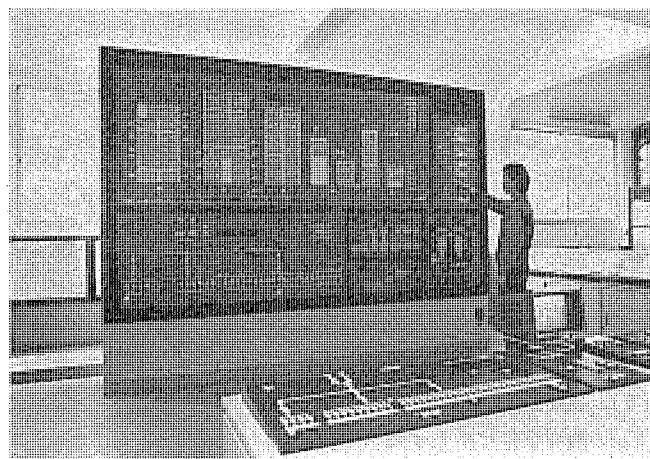


図 2. 監 視 セ ン タ ー

- (b) 親局装置と直接接続するボイラ室, 廃水処理設備の制御監視用入出力処理
- (c) モニタパネル との入出力処理
- (d) コンプレッサ 自動制御

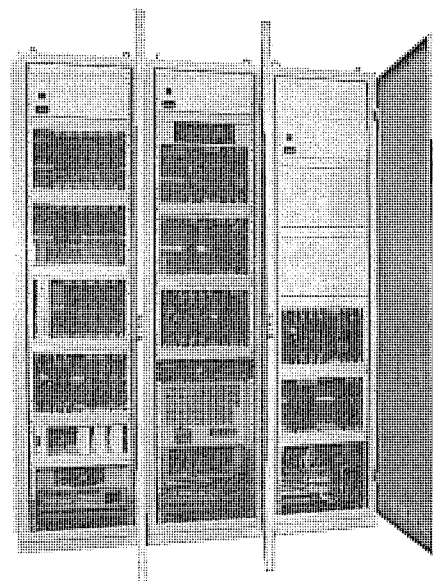


図 3. 親 局 装 置

- (e) 空調機自動制御
- (f) ボイラ 自動制御
- (g) システム 監視 (伝送異常, タイプライタ 異常など)

(7) 親局装置・架Ⅲ

下記の機能を有する (マイクロプロセッサ 内蔵)。

- (a) タイプライタ 制御
- (b) WH 修正入出力処理
- (c) 監視盤への数値表示用出力処理
- (d) 架Ⅱ との伝送情報の受渡し

(8) 子局装置

子局側の各設備との制御, 計測, 監視項目信号との受渡しを行うと共に, 親局とのデータ伝送機能を有している。

4. 3 装置仕様

(1) 親局—子局間伝送路

この伝送路は CPEV-S 2 ペア (Main 系, Sub 系各 1 ペア) をループ状に接続している。

(2) 伝送路切換え

断線が生じた時, Sub 系を併用した事故点における折返し切換えにより, 伝送系を救済することが可能で, また特定子局をバイパスすることが可能である。

(3) 伝送速度

伝送速度は 96 Kb/s (キロビット/秒) (データ更新周期 0.6 s) である。

(4) 変調方式

ベースバンド 変調方式である。

(5) 情報伝送方式

時分割多重 タイムスロット 方式を採用している。

(6) 親局装置仕様

(a) 使用 CPU 素子

CPU 素子には M5L 8080 AS (インテル 8080 A 相当) を使用している。

(b) 使用メモリ素子

使用メモリ素子はコアメモリで, CPU カードに ROM 4 K バイト (KB) RAM 1 K バイトを内蔵している。

(c) CPU 間転送

子局から収集したデータを架Ⅱより、架Ⅰ及び架ⅢのCPUへ転送する時間は 5 ms/1ワードである。

(7) 子局装置仕様

(a) 制御出力

DC 100 V, 5 A 遮断容量とし、制御時1秒間接点閉を出力する。

(b) 表示入力

DC 48 V, 100 mA 容量の接点を入力とし、最小メーク時間は 50 ms である。

(c) 計測入力

電圧、電力は PT, CT の 2 次入力 (110 V, 5 A) とし、その他は 4 ~ 20 mA あるいは 1 ~ 5 V の入力である。

(d) 設置条件

温度は -10 ~ +40°C で、湿度は 30 ~ 90% である。

(e) 耐圧

耐圧は AC 1,500 V 1分間とした。

(f) 子局間距離 (隣接子局間)

子局間距離は 1 km 以内とした。

4. 4 自動制御方式

4. 4. 1 コンプレッサ自動制御

自動制御対象コンプレッサ 5 台に対し、あらかじめ 5 台の運転順序を定めておき、始動時はベースロードの必要台数を遠隔手動で運転し、その後自動運転に入る。

自動運転時、圧力下限警報の接点入力があった場合 (負荷が多くなった場合) 一番長く待機していたコンプレッサの自動起動を行う (下限警報は、親局装置にて 5 分ごとにチェックしており、これにより制御起動をかける)。

圧力上限警報が入力された時 (負荷が軽くなった場合) 一番長く運転していたコンプレッサを停止する (上限警報は、親局装置にて 20 分ごとにチェックし、制御起動をかける)。

4. 4. 2 空調機自動制御

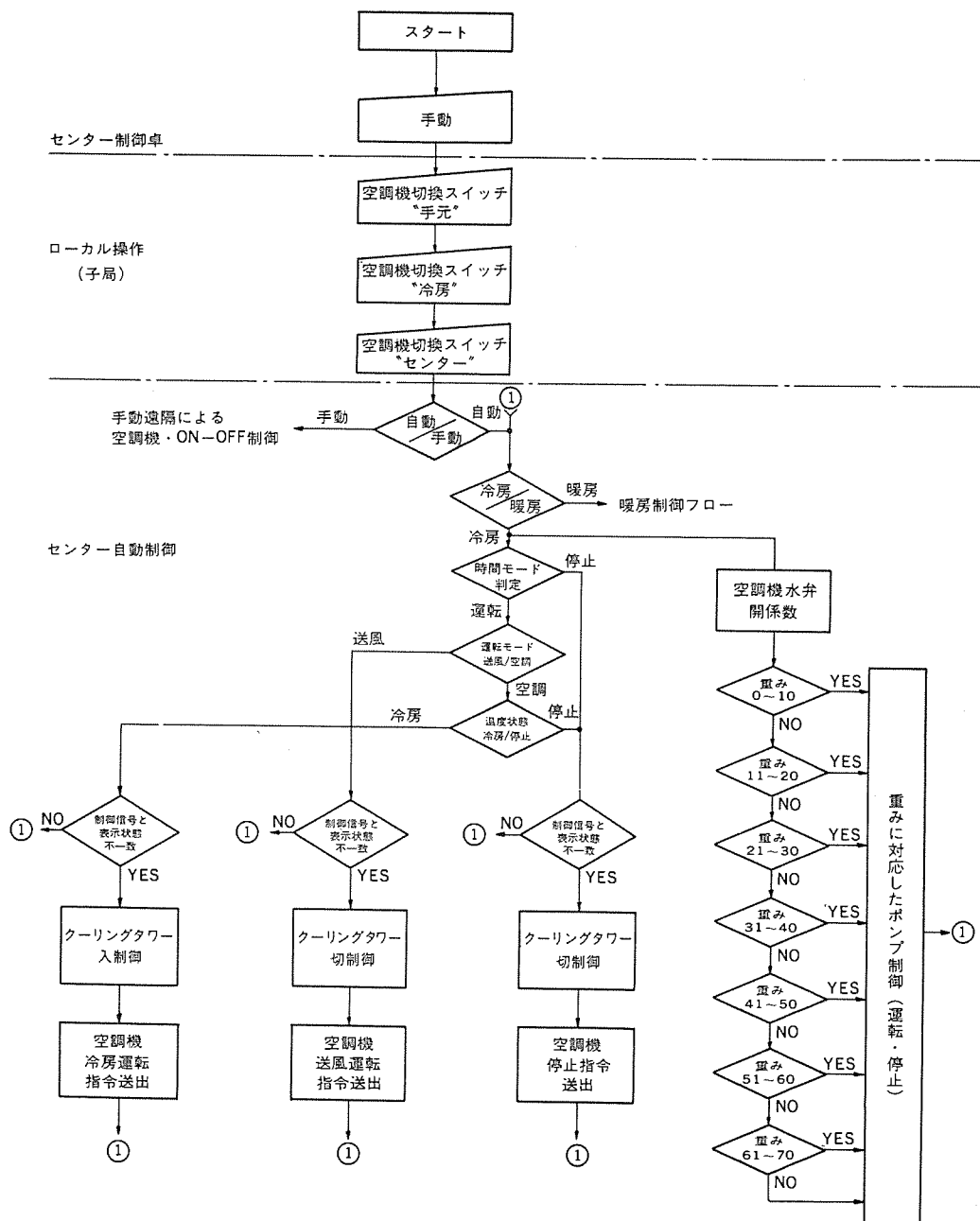


図 4. 空調自動制御冷房運転フロー

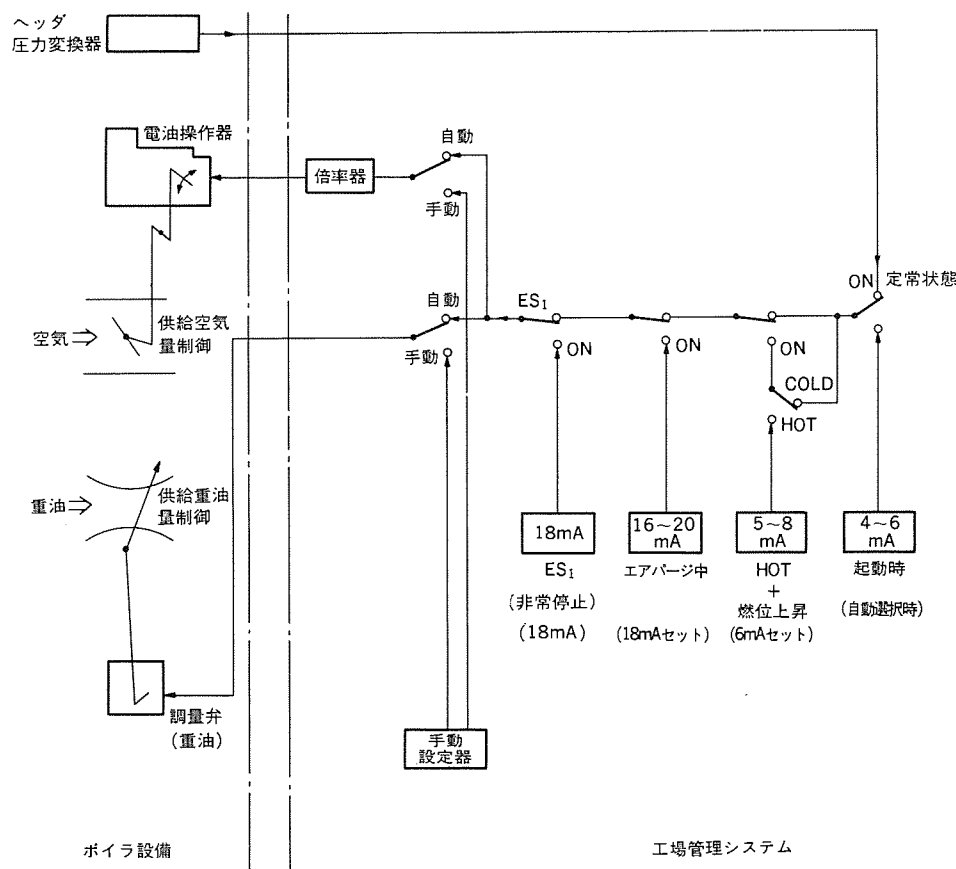


図 5. ボイラ 設備 制御 機能 図

冷房モード時は空調機 46 台、クーリングタワー 5 台、ポンプ 6 台を自動制御し、暖房モード時は空調機 46 台を自動制御する。

空調機、クーリングタワーは冷暖房の時刻をあらかじめ設定しておき、その時刻に運転、停止の制御を行うと共に、空調機に対応した温度センサからの温度を入力し、あらかじめ定めた温度より高く(あるいは低く)なった時、自動的に冷暖房の運転、停止を行う。また冷房時には、空調ごとに運転時の水弁流量の重みを設定しておき、空調機の運転台数の水弁流量の重みに対応してポンプの運転台数制御を行うようにしている。

4. 4. 3 ボイラ自動制御

(1) 起 動

ボイラ起動準備ができた時点で、制御卓手動により調量弁(重油)と空気ダンパを最小開度にし、手動→自動に切換えて起動させる。

(2) 起動後

エアージ、着火時、燃位上昇時、調量弁に対しあらかじめ定めた値の電気信号(4~20 mA)を与え、かつ燃焼用空気ダンパについても、電油操作器に対し同時に電気信号(4~20 mA)を与える。

(3) 定常運転

次に定常運転信号を受けつけると、(2)項に記載した電気信号出力をボイラの蒸気送り出し圧力の圧力変換器からの電気信号に切換えることにより、蒸気負荷の増減に相当した燃料制御を行う。

(4) 停 止

ボイラ停止操作は自動→手動に切換え、手動にて順次燃位を下げて最低燃位において停止サイクルに入る。

5. 適用効果

5. 1 空調の温度制御、時間管理による省エネルギー化

冷房期間の節電として下記の3種類がある。

- (1) 自動停止制御による早切り節電
- (2) 昼休み自動停止による節電
- (3) 就業時間内温度自動制御による節電

上記3種類の節電効果算出について以下に記載する。

(1) 項による節電分 (A_1 kWh)

$$P_1 \times M_1 \times 21 \times 0.5 \text{ (kWh)}$$

ただし

P_1 : 空調消費電力(kW)

M_1 : 1年のうちの空調使用月数

なお1か月当たり21日稼働とし、終了前0.5時間早切りしたものとする。

(2) 項による節電分 (B_1 kWh)

$$P_1 \times M_1 \times 21 \times \frac{45}{60} \text{ (kWh)}$$

ただし 昼休み45分を空調自動停止とする。

(3) 項による節電分 (C_1 kWh)

$$P_1 \times M_1 \times 21 \times \frac{T}{2}$$

ただし 温度自動制御なしの場合の冷えすぎの時間(設定値以下の温度になっている時間)を T とすると、温度自動制御を行う場合 $T/2$ 時間を空調停止とする。

したがって、冷房期間における節電率の算出式は、

$$\frac{A_1+B_1+C_1}{P_0} \times 100(\%)$$

ただし P_0 : 自動制御前の冷房期間中の空調消費電力量 (1年当たり)

次に暖房期間中の節電は、冷房の場合と同様であるが、空調電力としては送風分だけでよく、稼働期間を冷房期間と同一とした場合それぞれ節電分 A_2 , B_2 , C_2 は

$$A_2 = P_2 \times M_1 \times 21 \times 0.5 (\text{kWh})$$

$$B_2 = P_2 \times M_1 \times 21 \times \frac{45}{60} (\text{kWh})$$

$$C_2 = P_2 \times M_1 \times 21 \times \frac{T}{2} (\text{kWh})$$

ただし P_2 : 空調の送風電力

したがって、暖房期間における節電率の算出式は、

$$\frac{A_2+B_2+C_2}{P_S} \times 100(\%)$$

ただし P_S : 自動制御前の暖房期間中の送風消費電力量 (1年当たり)

今回のこのシステム導入において、冷房、暖房用電力の節減は、総合して12%である。

5.2 ボイラの自動燃焼制御による省エネルギー化

従来の手動運転よりも、廃ガス損失減少により燃料節減となる。まずボイラ出力の蒸気供給量(消費量)と、燃料である重油の供給量との関係は一般的に次の式で表現できる。

$$J \times \frac{1}{K} \times \frac{1}{F} \times \frac{1}{R} \times 8 = Q (\text{kl})$$

ただし J : 蒸気消費量 (t/h)

K : 蒸発倍数 (一般には12.5)

F : 重油の比重

R : 搬送効率

Q : 重油供給量 (8時間分)

したがって、ボイラの蒸気送り出し圧力を常時監視し、蒸気消費量に相当した送り出し圧力の変化に応じて重油、空気の供給量を自動的に増減させることにより、従来よりも蒸気負荷変動に対し安定した応答ができる。

今回の制御対象のボイラは8t/hボイラであり、この燃焼制御により、空気比 $m=1.2$ (残存廃ガス O_2 3%) を目標に運転することができ、従来より2%程度の効率向上が見込まれる。一般にはアナログ計装機器を使用して制御を行っているが、今回は親局装置に内蔵のマイクロプロセッサを応用してデジタル処理を行い、省エネルギーの制御を実行した。

5.3 コンプレッサの台数制御による省エネルギー化

自動制御を適用する前の段階で、現状のエア吐出量において、エアコンプレッサ総能力から見て、1台運転停止してもエア供給が可能な時間帯が T 時間であった場合、この後自動的にコンプレッサの台数制御を行うことによりコンプレッサ電力の節減率の算出式は下記のとおりとなる。

$$\frac{V \times T}{U \times N \times 8} \times 100(\%)$$

ただし V : 無負荷運転時の電力消費

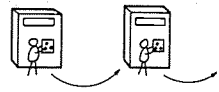
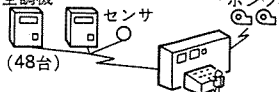
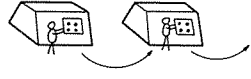
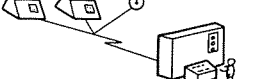
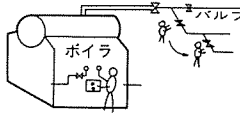
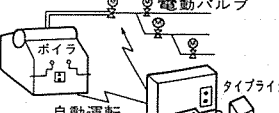

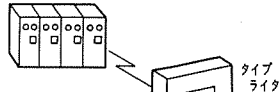
	比 較	
	合理化前	合理化後
空調の温度 時間管理	 <ol style="list-style-type: none"> 巡回パトロールによる運転操作(共通部門9台) 温度管理は巡回パトロールによる(46台) 冷却水ポンプはマン管理(制電) 	 <ol style="list-style-type: none"> 空調時間管理(入,切)の自動化 空調センサによる自動温度管理 冷却水ポンプの自動台数制御ほか
コンプレッサ 自動台数制御	 <ol style="list-style-type: none"> 巡回パトロールによる運転操作 運転台数の選択はMan管理 	 <ol style="list-style-type: none"> 遠方運転操作 圧力計による自動運転台数制御
ボイラ運転の 自動化	 <ol style="list-style-type: none"> 8tボイラは手動操作運転 巡回パトロールによるバルブ開閉 	 <ol style="list-style-type: none"> 8tボイラ(1台)の自動運転化 ローカル蒸気バルブ開閉の遠方操作 蒸気、大気管理の自動運転記録
受配電設備の 遠方操作と 自動記録	 <ol style="list-style-type: none"> 受電所による手元運転 巡回パトロールによる電力使用量記録 	 <ol style="list-style-type: none"> 監視センターよりの集中監視と遠方操作 電力使用量の自動記録

図 6. システム適用による改善概要

N : コンプレッサ台数

U : 負荷運転電力消費

今回のこのシステム適用における電力節減率は6%である。

5.4 省力化

システム導入前の監視員による巡回パトロール、操作記録などを、導入後の遠方操作化、自動記録化により、省力化を図ることができた。

5.5 安全面の向上

動力設備は工場内に分散しているため、運転操作が現地まで運転操作に行くなど、特に夜間運転時は危険な要素もあったが、遠方操作、集中監視による安全面の向上が図れた。

5.6 動力の安定供給への対応の向上

各動力設備の集中監視が可能となったため、事故時対応が早くなり、動力供給の安定化が図れた。

5.7 設備寿命の延長

設備の運転記録が得られることにより、複数機運転の場合、稼働時間の平均化が容易となり、特定設備の長期稼働をなくすることができ、設備故障の軽減化が図れる。

6. む す び

最近、工場内における省エネルギー化、省力化が要求されており、このシステムはミニデータウェイ伝送とマルチマイクロプロセッサシステムを利用して、管理の集中化と機能の分散化を図ることにより、省エネルギーと省力化を実現したものである。今後各工場で適用されることを期待したい。

三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》

貴田 篤志*・赤桐 行昌*・中川 正護*・押見 哲朗*

1. ま え が き

三菱 パーソナルコンピュータ《MULTI 16》は、CPU にマイクロプロセッサ i 8088 を使用し、実装可能メモリ最大 384K バイト(KB) をサポート、更に高速演算 プロセッサ i 8087 をオプション 装備可能としており、本格化する オフィスオートメーション 時代に備え、コストパフォーマンス を追求した業務用本格派の 16 ビットパーソナルコンピュータ である。

CRT 表示にはドットイメージリフレッシュ方式を採用し、640×400 ドットの高分解能を効率良く実現し、高度な図形処理、漢字サポートを可能としている。更に豊富な補助記憶装置、各種入出力オプションの接続によりシステムの拡張性に優れている。

《MULTI 16》には、基本構成要素の違いにより、MP-1601、MP-1602 及び MP-1605 の 3 種類がある。

本文では、《MULTI 16》のシステム概要、ハードウェアの特長、機能及び構成について述べる。なお、《MULTI 16》のソフトウェアについては別に紹介する。

図 1. は《MULTI 16》の外観である。

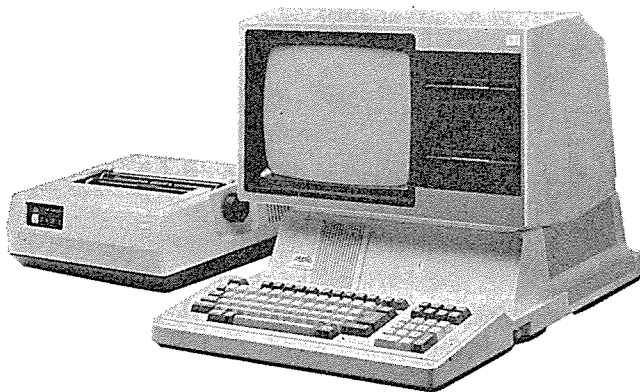


図 1. 《MULTI 16》(MP-1602, MP-1605) 外観

2. 開発のねらい

パーソナルコンピュータは、ゲームを主としたホビーあるいはマイコンマニア向けから発生したが、コンパクトにまとめられ、使いやすく、しかも低価格なパーソナルコンピュータの威力が注目され、急速に業務用途に使用されるようになった。そして、各社が業務用にも使用できる製品を次々に開発するとともに、ソフトウェアツールを提供するソフトハウスも数多く現れ、ここに業務用パソコンとして大きな市場が開かれてきた。

昭和 56 年 8 月に IBM の参入もあり、一層この市場が定着し、また近年のオフィスオートメーションの波とも相まって、ますます業務用途の市場が拡大しつつある。

これまでの 8 ビットマイクロプロセッサによるパーソナルコンピュータは、BASIC 言語が基本であり、英数・カナ文字ベースのスタンダード形態での使用が主であった。特に図形処理については、高分解能を要求す

る業務用には不向きであった。

また、企業における業務用途への比重の高まりは、従来から蓄積されたソフトウェア技術をいかすために、BASIC 言語に加え、FORTRAN、COBOL といった高級言語への要求となっている。したがって、マルチ言語サポートはこれからのパーソナルコンピュータが備えるべき要件となる。

更に、FORTRAN、COBOL など高級言語による大きなアプリケーションプログラムを容易に組めるプログラム空間の大きなパーソナルコンピュータが必ずとなっている。

今後、我が国におけるオフィスオートメーション化へのアプローチにおいては、日本語(漢字)の取扱い・処理が必ずであり、この点からも大きなメモリ空間、高速処理など漢字への配慮は重要である。このような市場動向を背景に開発された《MULTI 16》は以下の基本的特長を持つ。

- (1) メガバイト級の大きなプログラム論理空間。
- (2) BASIC に加え、FORTRAN、COBOL を使用可能としたマルチ言語サポート。
- (3) ディスプレイへの漢字表示能力を高めた本格的日本語機能。
- (4) 業界随一の高分解能フルカラーグラフィック機能。
- (5) これら主要な特長を 8 ビット機の手軽さで提供可能とし、高いコストパフォーマンスを実現。

3. ハードウェアの特長

3.1 高解像度 CRT

- (1) 640×400 ドットの分解能は業界随一であり、鮮明な表示で、本格的ビジネスグラフィックを画くことができる。
- (2) 8 色のカラーでドットごとに色指定ができる。8 色：赤、緑、青、紫、シアン、白、黒、黄
- (3) グリーン CRT、カラー CRT いずれも可能である。

3.2 16 ビットマイクロプロセッサ

- (1) 16 ビットマイクロプロセッサ i 8088 を採用し、メガバイト級のアドレス空間のもと CP/M ベースで本格的な高級言語 FORTRAN、COBOL の使用が可能となり、本格的業務への適用に良くマッチしている。

3.3 64 K ビット RAM

- (1) いち早く 64K ビット RAM を採用し、メモリのすべてを RAM 化したクリーンコンピュータを実現している。
- (2) 最小 128K バイトから最大 384K バイトまでのメモリ拡張をコンパクトに実現した。

3.4 高速演算プロセッサ

- (1) 高速演算プロセッサ i 8087 をオプション装備可能とし、FORTRAN、BASIC ユーザーに対し、画期的な高速演算性能を提供している。

3.5 大容量ファイルの接続

- (1) 5 $\frac{1}{4}$ インチ 両面倍密度のミニフロッピー (300K バイト) を標準装備している。

(2) 8インチ両面倍密度薄形フロッピー(1Mバイト)を接続可能としており、8インチフロッピーによる上位システムとのデータ交換などを可能としている。

(3) 5¹/₄インチ固定ディスク(10Mバイト)を接続可能としており、高速大容量ファイルとして日本語処理及びOAアプリケーションに幅広く使用できる。

3.6 漢字サポート

(1) MP-1602, MP-1605では500種の漢字が可能であり、メモリ増設128Kバイトにより4,000種の漢字が可能である。

(2) 漢字表示は、40字×20行=800字と他社にない多さである。画面上は16×16ドット/字で表示する。

3.7 豊富なI/O機器

(1) RS-232C……ホストコンピュータやタブレットなどとの接続に使用できる。

(2) GP-IB……計測システムとの接続に使用できる。

(3) プリンタ、X-Yプロッタなど豊富なI/Oオプション装置の接続により、コンパクトなスタンドアロンシステムからホストコンピュータと接続したTSS端末応用など広範なシステムを構築できる。

3.8 一体化構造

(1) ハードウェア構造はプリンタセパレート形で、本体部+キーボード及びディスプレイ+5¹/₄ミニフロッピーディスクの2ブロックに分離も可能な一体化構造を採用し、省スペース配置を実現している。

(2) ディスプレイ部はスライド可能な構造であり、オペレータの目の位置に合わせたセッティングができる。また、ディスプレイ部は取外し可能で、横に置いたり、持ち運びを容易にしている。

3.9 システムの拡張

(1) 本体部に内蔵のI/Oスロットが3~4スロット(タイプにより異なる)についており、I/Oを追加した小中規模システムをコンパクトに実現できる。

(2) 本体部に内蔵のI/Oスロット数を越える大規模システムは拡張ユニットを追加接続し、各種I/Oコントロールカードを実装することにより実現できる。

3.10 その他

(1) クリック音……キーを押した時、クリック音(ピッ)を発生させ、キー操作を確実にリズミカルにできる。

(2) ファンクションキー……10個のファンクションキーにより操作を容易にしている。

(3) スカルプチャーキーボード……キートップが曲面構造になっており、操作性に優れている。

(4) ハードコピー機能……画面上の状態をそのままプリンタに出力できる。

4. システム構成

図2.に《MULTI 16》のシステム構成を、表1.に《MULTI 16》のシステム仕様を示す。《MULTI 16》は、CRTがグリーンか又はカラーか、5¹/₄インチフロッピーの基本装備が1台か2台か、英数・カナか漢字かによる実装メモリ容量の違いにより、MP-1601, MP-1602及びMP-1605の3タイプに分けられ、いずれのタイプでも合計384Kバイトまでのメモリ増設が可能となっている。

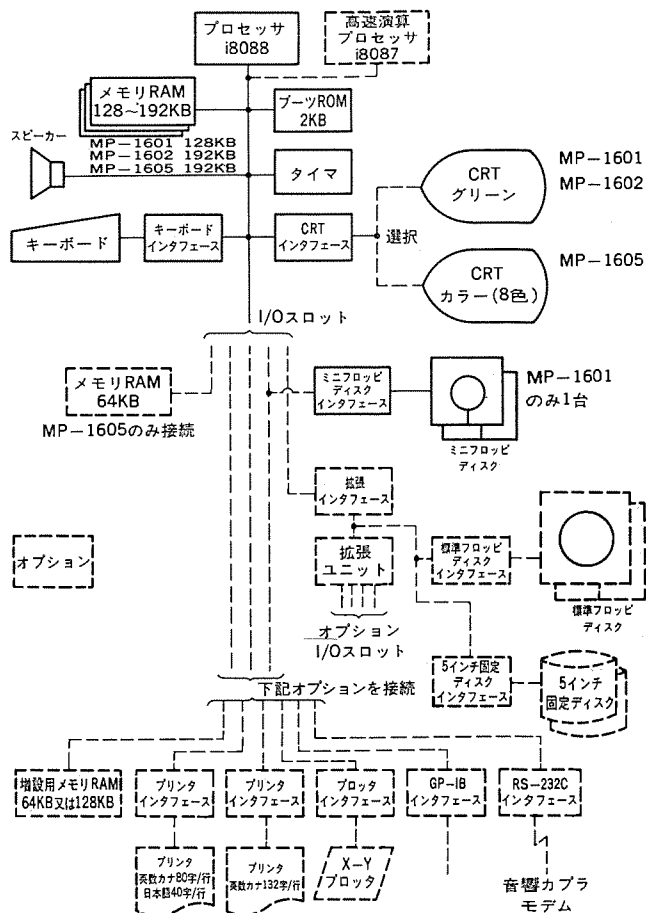


図2.《MULTI 16》システム構成

表1.《MULTI 16》システム仕様

タイプ		MP-1601 グリーンA/N版	MP-1602 グリーン漢字版	MP-1605 カラー漢字版
本 体	プロセッサ	16ビットマイクロプロセッサ i8088		
	メモリー	128 KB	192 KB	256 KB
デ ィ ス プ レイ	サイズ・色	12" グリーン 高解像	12" グリーン 高解像	12" カラー高解像 (8色)
	表示文字数	40字×25/20行 80字×25/20行	A/Nカナモード {40字×25/20行 180字×25/20行 漢字モード {80字×25/20行 (A/Nカナ) 40字×20行(漢字)	同 左
	字 種	英数、カナ及び記号: 256種 (8×16ドット) (4KB) 漢 字 : 500種 (16×16ドット) (16KB)		
	ドット分解能	横 640×縦 400ドット	640×400ドット	640×400ドット (ドットごと色指定可)
キーボード		データキー(49), デンキーブロック(14), ファンクションキー(10), 他(21) 計94キー		
補助記憶		5" FDD×1	5" FDD×2	5" FDD×2
基 本 フ ァ ン ク シ ョ ン	O S	CP/M-86		
	言語	M-BASIC, FORTRAN-77, CIS-COBOL		
	ライブラリ	グラフィックライブラリ (BDP用, 技術計算用)		
オプションスロット		4スロット	4スロット	3スロット
オ プ シ ョ ン	増設メモリ	64 KB又は128 KB メモリカード		
	DISK	5" FDD, 8" FDD又は5" FXD		
そ の 他		高速演算付加機構 (i8087) 漢字フォント 500字種(16KB), 4,000字種(128KB) プリンタ 8ピンプリンタ, 16ピンプリンタ RS-232C, GP-IB, プロッタ, 拡張ユニット		

5. 基本処理装置

5.1 概要

(1) 基本処理装置は、《MULTI 16》の下部本体キーボードユニット内に実装しており、CPU(i 8088)、ディスプレイコントローラ、キーボードコントローラ、プログラマブルタイマ、スピーカー、リセットスイッチ及びI/Oスロットを構成するコネクタなどよりなる。基本処理ロジックは、水平実装された1枚のメインボード上に搭載されている。

(2) ソフトウェアメモリとイメージメモリとして同一制御下のダイナミックメモリを共通に使用しており、CPU(i 8088)は4.44 MHzで動作している。

(3) 64Kビットダイナミックメモリの記憶内容を保持するためのリフレッシュ動作は、ディスプレイコントローラ側からのイメージメモリアクセスに同期して行われる。

(4) 基本処理ロジックには、高速演算プロセッサインタフェース、システム拡張用インタフェース及びDMAコントローラのオプション接続インタフェースを包含している。

図3.に《MULTI 16》のメインボードブロック図を示す。

5.2 CPU

(1) 16ビットプロセッサi 8086とソフトウェア的には完全互換性を有し、ハードウェア的にはi 8086(16ビットデータバス)の8ビットバスバージョンとしてコンパクトなハードウェアバス構造をとることのできるi 8088をプロセッサとして採用している。

(2) CPUは、マイクロプロセッサi 8088を中心に、26.6 MHzの発振回路及びクロック分周回路などからなる。プロセッサは4.44 MHzで動作し、この周波数は原発振26.6 MHzの6クロック分として規定される。CRT表示制御に必要なドットクロック13.3 MHz、キャラクタクロック1.66 MHzも同一のクロック分周回路から供給される。

(3) プロセッサi 8088は、マキシマムモードで制御及び動作させ、高速演算プロセッサi 8087の接続が容易に可能となっている。

(4) プロセッサi 8088により、20ビットのアドレスをサポートしており、1 Mバイトという大きな論理空間を実現している。《MULTI 16》で

は、実用上十分な384Kバイトまでのメモリ実装を可能としている。

(5) 4.44 MHzクロックレートにおけるプロセッサi 8088のバスサイクルは、1.125~1.35 μ sである。I/Oサイクルは、1.35 μ sに固定されているが、リード/ライト転送時、更にクロックを必要とするI/Oによりi 8088のバスサイクルを外部からの信号で延長することも可能となっている。

(6) プロセッサi 8088は、20ビットのダイレクトメモリアクセス(DMA)をサポートしている。DMA機能はオプションとして追加し、高速ファイル装置、高速データ処理I/Oの接続、及びDMA機能を使ったメモリ間転送が可能である。

5.3 メモリ及びメモリ制御

(1) メモリ素子

CRT表示のためのイメージメモリアクセス時間(表示用リフレッシュ時間)がプロセッサによるプログラムメモリアクセスに影響を与えないよう、メモリ素子として、アクセスタイム150 nsの64KビットダイナミックRAMを用い、サイクルタイム300 nsでリード/ライトオペレーションを行っている。

(2) メモリレイアウト

プログラム用メモリとCRT表示用イメージメモリは物理的に同一の64Kビットチップに割付けており、これらの構成は図4.に示すように《MULTI 16》のタイプごとに異なっている。システム全体のメモリレイアウトを図5.に示す。

3面のイメージメモリの物理アドレスを固定化し、かつメモリ増設に対しても、プログラム用メモリの物理アドレスの連続性を保つために、32 Kバイトバウンダリで物理アドレスをハードウェアテーブルでアドレス変換してメモリアクセスを行っている。

(3) イメージメモリのアクセス

イメージメモリは、CRT表示をリフレッシュするためのリフレッシュメモリとしても機能するよう、サイクルスチール制御方式を採用している。図6.に示すように、プログラムによりイメージメモリをアクセスする場合、1キャラクタサイクル(表示のために、1バイト=8ビットのデータを読み出し、操作するサイクルである)をCRTタイム、CPUタイムに2分割し、各々300 nsのメモリサイクルタイムと対応させているため、CRTの表示期間に関係なくアクセスできる。この方式により、CRT表示のためのリ

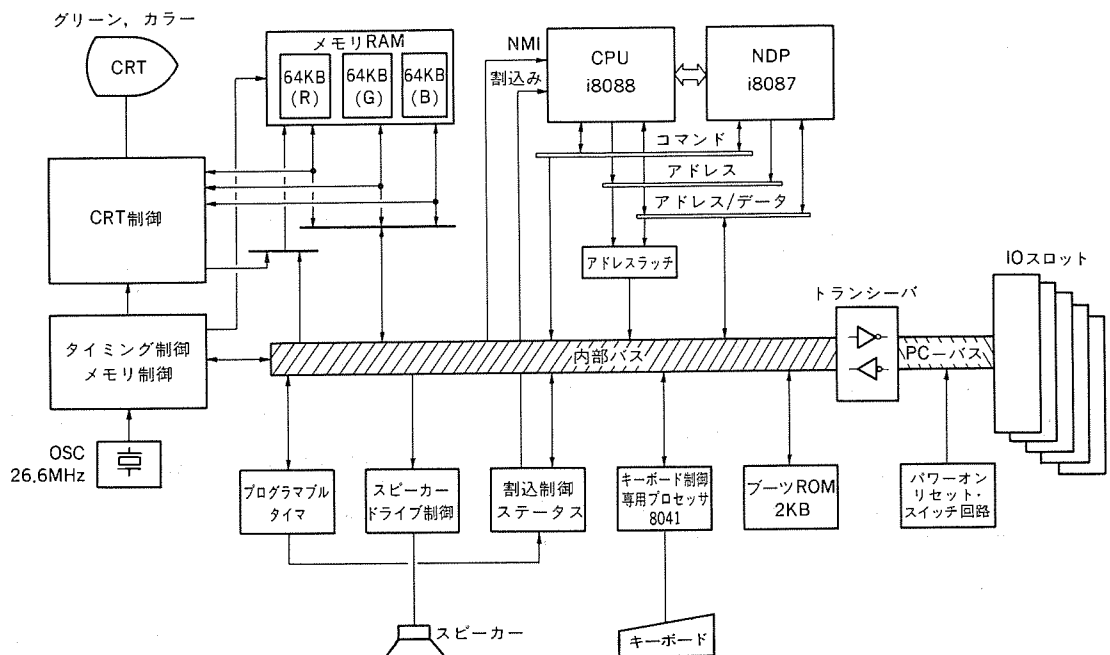


図3. メインボードブロック図

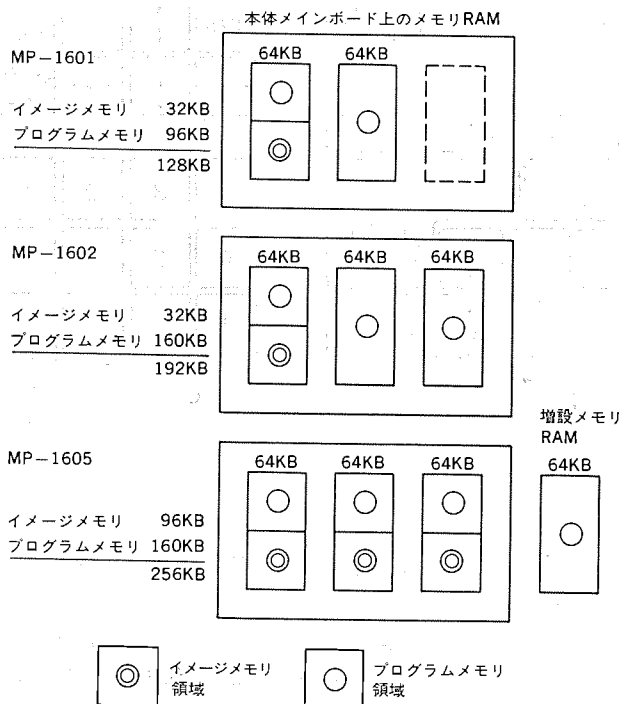


図 4. メモリ構成

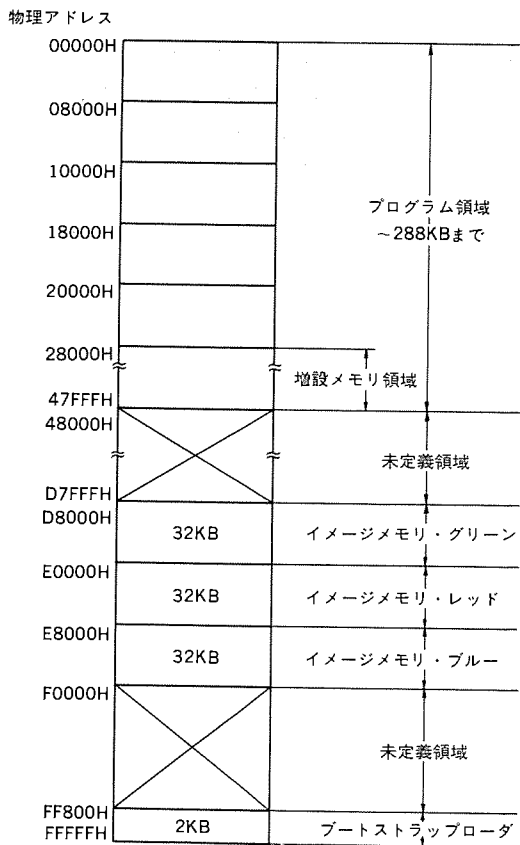


図 5. メモリレイアウト (MP-1605)

フレッシュ時間がシステム的なオーバヘッドタイムにならないという利点となっている。

5.4 CRT 制御

(1) CRT 制御ロジックはすべてメインボード上に実装され、イメージメモリアクセスのためのアドレスカウンタ、ドットカウンタ、カラムカウンタ、ラインカウンタ、フレームカウンタ及びスクロールレジスタが主要構成要素である。

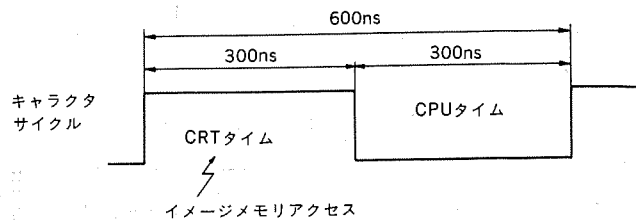


図 6. イメージメモリアクセス

制御ロジックと上部CRTデバイスとはケーブルを介して接続される。CRTデバイス制御信号HD(水平同期)、VD(垂直同期)、ビデオ(R, G, B)はすべてセパレート出力である。

(2) 表示方式は、イメージリフレッシュ方式であり、表示パターンの制御はすべてソフトウェアによって行う。

(3) ドット/カラー分解能ともに640×400であり、グリーンモニタ時1色32KBバイト、カラーモニタ時3色96KBバイトのイメージメモリが対応している。

(4) 画面走査は、70.35 Hzのインタレース方式であり、ちらつきのない高密度画面を実現している。

5.5 キーボード制御

(1) キーボード制御回路は、専用プロセッサ8041を中心に、ロジック部をすべてメインボードに実装し、キーボード部には図7.に示すJIS配列準拠94種のキースイッチマトリクス部を実装、制御回路部とケーブル接続している。

(2) キーボードのスキャンは、専用プロセッサ8041によりプログラムスキャンを実行する。キーボードのスキャンは、カラムラインを順次LOWにし、対応して各カラムのロウ(ROW)データを取込み、ロウデータがLOWである時、キーの押下と判定する。キー操作に伴うチャタリング防止のためのプログラム処理を行った後、ホスト(プロセッサ8088)に対し割込信号を送出する。

(3) 割込みによりホストに渡すデータは押下キーの位置情報のみであり、エンコードはソフトウェアにより行う。

5.6 諸機能

メインボード上には、以下の諸機能を有するハードウェアを実装している。

(1) リセットスイッチ

システムを初期状態にするためのスイッチであり、《MULTI 16》本体右側面より操作できる。リセットスイッチは、パワーオンと同等で、ブートROMをアクセスし、5¹/₄フロッピーディスクからのIPLを実行する。

(2) ブートROM

システムディスク上のCP/Mローダをメモリ(RAM)上の特定エリアにロードするためのローダを格納しており、パワーオン又はリセットスイッチ操作時には必ずこのローダが動作する。ローダはプログラムブート基本機能に加え、ブートROMのサムチェック、メモリ(RAM)ライト/リードデータコンパチェック及びシステムイニシャライズ機能を持っている。

(3) プログラマブルタイマ

プログラマブルタイマを内蔵し、3チャンネルをサポートしている。うち2チャンネルは100.2μsのクロックでカウントし、割込みを起こすことができ、ソフトウェアにより使用する。残りの1チャンネルは1.2μsのクロックでカウントし、スピーカの周波数発生専用に割当ててある。

(4) スピーカ

ビーブ命令の実行により、長音、短音など鳴動することができる。

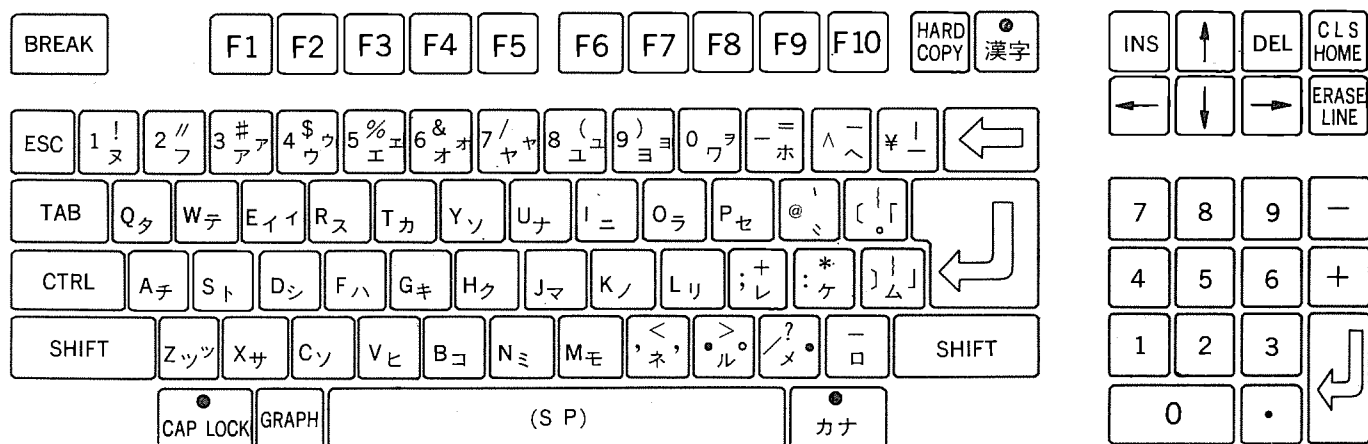


図 7. キー配列

6. I/O オプションとシステムの拡張

(1) 《MULTI 16》にはプリンタ、X-Y プロッタ、RS-232C、GP-IB、メモリ、ディスクファイルなど豊富なオプションを用意している。これら装置の増設は、本体の I/O オプションスロットを使って容易に行うことができる。ディスクファイルなど 1 部を除き、オプション装置のインタフェースボード（又はコントロールボード）は、100×220 mm というコンパクトなサイズで実現している。

(2) 小中規模のシステムは、3～4 個の本体 I/O スロットへのオプションボード実装で構築でき、更に大規模システムで多数のオプションボードを実装するために、拡張ユニットを用意している。このように、

《MULTI 16》ではシステム規模に応じた効率の良いハードウェア構成が可能である。

(3) 《MULTI 16》本体及び拡張ユニット内 I/O スロット上に定義されるバスは、PC バスとして物理的、電気的仕様を公開し、幅広い応用を図っている。

7. むすび

1980 年代は、本格的オフィスオートメーション時代の幕あけであり、事務分野／技術分野を問わず多彩な能力を発揮する業事用パーソナルコンピュータへの期待は大きい。16 ビットの世界を低価格で先取りした《MULTI 16》は、ユーザーの期待に十分こたえるものと確信する。

三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》のソフトウェア

貴田 篤志*・出口 博章**・飯川 昭一*・居原田邦男*・北原 拓也*

1. ま え が き

パーソナルコンピュータが各層のユーザーに使い込まれるにつれて、コンピュータになじみの薄いユーザーにもすぐ使いこなせるプログラムレスソフトウェアへの期待が高まっている。また、本格業務への適用が増えるにつれて、広範囲にわたるアプリケーションを高い生産性で開発できる用途ごとの強力な高級言語に対するニーズも強まっている。

パーソナルコンピュータ活用のかぎ(鍵)は、そのソフトウェアにあるといっても過言ではない。

本文では、これら新しい時代の要請を踏まえて開発された三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》のソフトウェアのねらいと特長を述べる。

2. 設計のねらい

表 1. に、パーソナルコンピュータの世代変遷を示す。

8ビットのマイクロプロセッサに BASIC 言語を組合せ、英数字とカナ文字までの範囲でプログラミングしていた第1世代のパーソナルコンピュータは、業務用の比重が高まるにつれて、高度なアプリケーションプログラムを収容するためにメモリ容量が増大してきた。アプリケーションを表現するプログラミング言語についても、従来から各分野で蓄積されたソフトウェア技術をいかすために、FORTRAN, COBOL といった高級言語への要求が本格化してきた。

これに続く第2世代のパーソナルコンピュータは、16ビットマイクロプロセッサをベースとし、64Kバイト(KB)以上のプログラム論理空間を持ち、様々なアプリケーションを素直に表現できるマルチ言語サポート、日本語機能が重要な要素となってきた。

更に今後は、イメージ処理、人工知能、OA (Office Automation) ネットワーク機能など、エンドユーザー指向の機能を強めながら、第3世代、第4世代のパーソナルコンピュータへ発展して行くことが予想される。

表 1. パーソナルコンピュータの発展経過

年	1979 (第1世代)	1982 (第2世代)	1985 (第3世代)	1988 (第4世代)
マイクロプロセッサ	8ビット	16ビット	32ビット	OBJECT ORIENTED
言語	BASIC	BASIC FORTRAN COBOL PL/I	ADA	AI指向言語 (Artificial Intelligence)
データベース	CODASYL RELATIONAL DB DATABASE COPROCESSOR			
表示機能	英数字, カナ	漢字	多種類漢字	任意パターン
図形/イメージ	簡易グラフィック	グラフィック	イメージ	階調付イメージ
	ドット分解能 320×200 色分解能 80×100	640×400 640×400	1,024×1,024 1,024×1,024	2,000×3,000 2,000×3,000
適用分野	ホビー	業務用	OA (ローカルネット) ホームユース	OA (グローバルネット) ホームユース (グローバルネット)

《MULTI 16》は以上の動向を踏まえ、第2世代のパーソナルコンピュータに的を絞って企画・設計した。

- ① 大きなプログラム空間
- ② マルチ言語
- ③ ディスプレイ画面の大きな漢字表示能力を備えた本格的日本語機能
- ④ 高分解能フルカラーグラフィック機能

などが、これまでのパーソナルコンピュータには見られなかった《MULTI 16》の大きな特長である。

《MULTI 16》のソフトウェアは、これらの余裕ある機能、性能をもとに、以下の本格業務への活用をねらって開発した。

- (1) 大企業における“セクションコンピュータ”
部、課、個人単位の独立性のある業務や、ホストコンピュータにのっていない非定型業務を効率良く処理できること。
- (2) 技術計算、設計計算などを行う研究者、技術者の“パーソナルコンピュータ”
ミニコン下位をカバーし、計測処理を行うこと。
- (3) 分散処理システムでの端末としての役割
TSS 端末として使ったり、ファイル転送を行って、パーソナルコンピュータで前処理、後処理を行うこと。
- (4) 中企業、小企業でのホストコンピュータ
極めて安価に各種事務処理ができること。
- (5) 教育、学校への応用
プログラミング教育、CAI (Computer Aided Instruction) などに使用できること。

3. ソフトウェア体系

《MULTI 16》のソフトウェアとしては、各種高級言語をはじめ、使い勝手のよい、各種パッケージソフトウェアをそろえている。

図 1. に、《MULTI 16》のソフトウェア体系を示す。《MULTI 16》のソフトウェアは、マイクロソフト社の BASIC を拡張したスタンダード形の M-BASIC と、マイコンの世界的スタンダードオペレーティングシステムといわれるディジタルリサーチ社の CP/M-86 及び CP/M-86 の下で実行されるいろいろなソフトウェアとに分けられる。

スタンダード形の M-BASIC も、ディスクファイル形式は CP/M-86 と互換性があるので、相互に円滑なデータ処理ができる。

4. CP/M-86

CP/M-86 (Control Program for Mic-

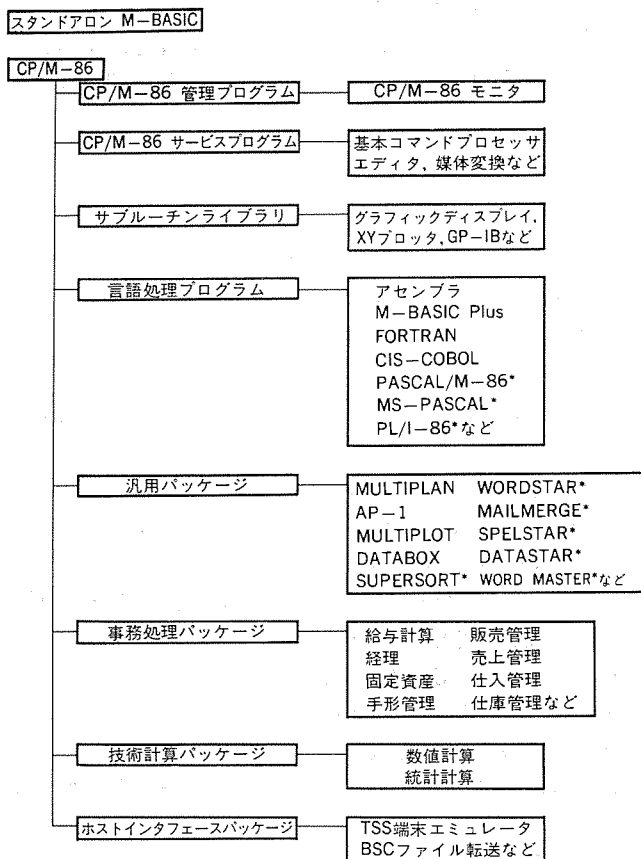


図 1. 《MULTI 16》のソフトウェア体系

processor) は、デジタルリサーチ社が開発した 16 ビットマイクロプロセッサベースの単一ユーザー向けディスクオペレーティングシステムである。その前身である 8 ビット版の CP/M-80 の機能をすべて備えており、更に i8088/i8086 の拡張機能を取り入れて、主メモリを最大 1M バイトまでサポートできる。

CP/M-86 と CP/M-80 を区別する下 2 けた(桁)の数字は、対象とするマイクロプロセッサを識別するもので、i8086 (16 ビット系) と i8080 (8 ビット系) の各々下 2 桁をとっている。CP/M-86 は、CP/M-80 と完全なファイル互換性を保ち、CP/M-80 の 2.0 版のファイル構造を採用しているため、CP/M-80 と CP/M-86 とで自由にファイル交換ができる。

CP/M-86 の前身である CP/M-80 は、単純なファイル構造と単純なコマンドを備えたシンプルなオペレーティングシステムであるが、できるだけ多機種にインストールできるように、マシンインデペンデントに構築していることと、多くの言語プロセッサをそろえたことにより、高い評価を得ている。

1975 年に初版を出して今日までの 6 年余りの間に、約 30 万人のユーザーを得ており、名実ともにマイクロプロセッサの世

界的スタンダードオペレーティングシステムになっている。

《MULTI 16》の CP/M-86 は、このデジタルリサーチ社の CP/M-86 に対し、コンソール機能の強化(グラフィック機能、日本語機能、カーソル制御機能など)、プリンタ機能の強化(日本語機能、イメージハードコピーなど)、RS-232C サポート機能などを盛り込んだものである。

CP/M-86 のメモリ管理方式には、次のように大きな特長がある。CP/M-86 は、i8080 系のアプリケーションプログラムの i8088/i8086 系への移行を容易にするという互換性上の配慮と、i8088/i8086 系のハードウェア拡張機能をつるに活用するというねらいを共に成立させるために、3 種類のメモリ割付け方式を用意して、ユーザーが選べるようにしている。

この 3 種類のメモリ割付け方式をメモリモデルと呼び、CP/M-86 はメモリモデルごとにセグメントレジスタの内容をコントロールして、各々のプログラムに合ったメモリ割付けを行っている。

メモリモデルには次の 3 種類がある。

- (1) 8080 メモリモデル(互換形)
- (2) スモールメモリモデル(拡張形)
- (3) コンパクトメモリモデル(拡張形)

すべてのモデルについて共通に、CP/M-80 と大きく異なる点は、モニタとユーザープログラムとが独立の論理アドレス空間を持っていることである。このために、CP/M-86 のの中では最も論理空間の狭い 8080 メモリモデルでもユーザープログラム独自に 64 K バイトのメモリを使用できるので、CP/M-80 よりはるかに大きなアプリケーションプログラムを実行できる。

8080 メモリモデルは、CP/M-80 からそのまま移行してきたプログラムを使用し、プログラムのコードとデータは、同じセグメントに配置している。

スモールメモリモデルは、プログラムのコードとデータを分離して作る際に使い、コードとデータにそれぞれ 64 K バイトまでとれる。

更にコンパクトメモリモデルでは、プログラムをコード、データ、エクストラデータの各セグメントに分けて作る際に使用し、一層大きなプログラム空間が使用できる(図 2.)。

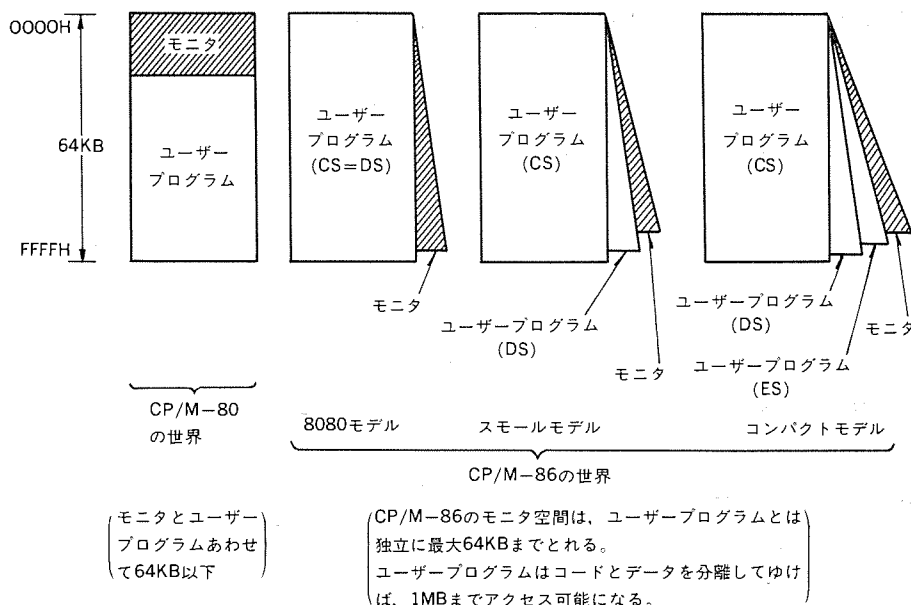


図 2. CP/M-80 と CP/M-86 論理アドレス空間

5. M-BASIC plus

M-BASIC plus は、マイクロソフト社 BASIC に以下の機能を拡張したインタプリタ形言語プロセッサである。

(1) 高分解能グラフィック表示機能

高解像度 カラーグラフィックス (640×400 ドット, ドットごと8色指定可能)

が使えるステートメントを追加した。

(2) 日本語処理機能

漢字表示, 漢字プリント, 漢字列処理用ステートメントを追加した。

(3) 通信回線サポート機能

オンラインサポート用ステートメントを追加した。

(4) スクリーンエディット機能

いちいちエディットコマンドを入力しなくても, カーソルを修正箇所に移動させて文字修正すれば, プログラム変更ができるよう機能追加した。

(5) 高速演算付加機構 (i8087) サポート機能

i8087 を使い, 技術計算の処理速度を大幅に向上できるよう機能追加した。M-BASIC には, スタンドアロン形と CP/M-86 ベースのものがある。表 2. に, その仕様を示す。

図 3. に, M-BASIC plus を使って書いたグラフィックの事例を示す。ここでは, カラー表示をモノクロのハードコピーで識別できるようにする「タイリング」機能が用いられている。当然のことながら, 通常の塗りつぶし機能も使用できる。

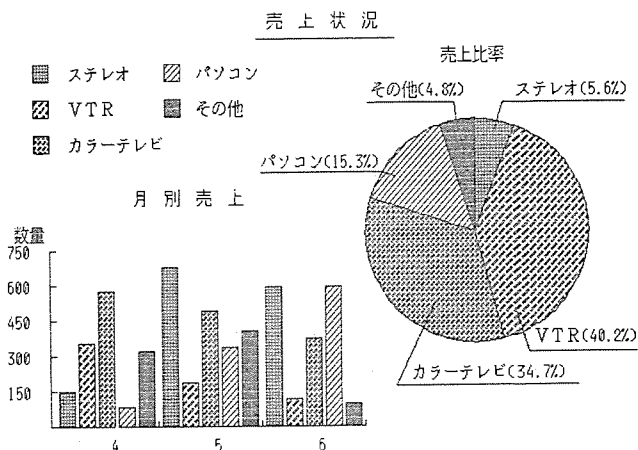


図 3. ビジネスグラフ表示例

表 2. M-BASIC plus 仕様

諸元	仕様
扱える文字	英大文字, 英小文字, 数字, カナ, 特殊記号
数の表現	整数数 ー32768～32767 単精度実数 有効数字6桁 指数10 ～10 倍精度実数 有効数字16桁 指数10 ～10 16進定数 & H0～& HFFFF 8進定数 & 0～& 177777 & 00～& 0177777 文字定数 0～255文字
行番号	0～63999
行の長さ	255文字
変数	先頭が英字である255文字以内の英数字列, 最初の16文字までが有効。変数名の後に属性文字をつけて, 変数の形が指定できる。% (整数), ! (単精度実数) # (倍精度実数), \$ (文字)
配列	多次元配列が可能
マルチステートメント	文をコロン (:) で区切るにより可能
サブルーチン	メモリの範囲内で何レベルでもネスト可能
FOR～NEXT	メモリの範囲内で何レベルでもネスト可能
WHILE～WEND	メモリの範囲内で何レベルでもネスト可能
編集機能	スクリーンエディタ
グラフィック機能	640×400ドット
カラー機能	8色指定可能
機械語モニタ	メモリの内容の表示, 変更, 指定アドレスへの分岐
ファイル機能	フロッピーディスク
ターミナル機能	TTY手順
コマンド	AUTO, BLOAD, BSAVE, DELETE, LIST NEW, RENUM, CONT, RUN, LOAD SAVE, FILES, MERGE, NAME, KILL, TRON, TROFF, EDIT, CLEAR
ステートメント	DEFFN, DEFUSR, DEFINT DEFSNG, DEFDBL, DEFSTR, REN

諸元	仕様
	END, FOR～NEXT, WHILE～WEND
	GOSUB, GOTO, ON～GOTO
	ON～GOSUB, RETURN, STOP
	IF～THEN～ELSE, LET, SWAP, DIM
	DATA, READ, RESTORE, ERROR
	ON ERROR, GOTO, RESUME
	RANDOMIZE, POKE, LSET, RSET
画面制御/グラフィックステートメント	WIDTH, COLOR, CLS LOCATE, PSET, PRESET, LINE GET, PUT, PAINT, CIRCLE
入出力ステートメント	INPUT, LINEINPUT, PRINT PRINT USING, OPEN, CLOSE INPUT#, PRINT#, PRINT#USING LINEINPUT#, FIELD, GET PUT
ソフトキーステートメント	KEY, KEY LIST, KEY ON, KEY OFF KEY STOP, ON KEY GOSUB
数値関数	ABS, ATN, COS, EXP, FIX, INT LOG, RND, SGN, SIN, SQR, TAN CSNG, CDBL, CINT
一般関数	CSRLIN, POS, POINT, ERR, ERL VARPTR, USR, PEEK, FRE, SPC TAB
入出力関数	CVL, CVS, CVD, MKIS, MKS\$ MKD\$, LOC, INPUT\$
ストリング関数	CHR\$, HEX\$, INKEY\$, MIDS OCT\$, RIGHT\$, SPACE\$, STR\$ STRING\$, ASC, INSTR, LEN, VAL
タイム関数	TIME, TIME\$, DATE, DATE\$
演算子	=, +, -, *, /, ^, %, MOD, NOT AND, OR, XOR, IMP, EQV, <, > <=, >=, <>, =<, =, ><

6. FORTRAN

FORTRAN は、マイクロソフト社製で、最新規格である ANS X 3.9-1978 (FORTRAN 77) のサブセットレベルに基づいているが、次のような特長を持っている。

- (1) ANS X 3.9-1978 フルセット 準拠の次の機能拡張をしている。
 - (a) 倍精度実数形の追加
 - (b) 添字式での関数や配列要素の引用
 - (c) DO 文、DO 形並びのパラメータ、入出力文でのユニット番号と出力並び、計算形 GO・TO 文における式の指定
 - (d) 順及び直接 アクセスファイルにおける書式付き、書式なし入出力文
- (2) 16 ビットマイクロプロセッサのプログラム空間を最大限にいかしたオブジェクト構造を採用しており、実行可能なプログラムの大きさは、従来の 8 ビットマイクロプロセッサ用 FORTRAN に比べ、飛躍的に拡大している。
- (3) 高速演算付加機構 (i8087) を使用することにより、処理速度を大幅に向上させることができる。
- (4) 再帰呼出し サブルーチンを書くことができる。
- (5) ホリス 定数や DO ループ回数のオプション機能により、従来規格の FORTRAN からの移行が容易である。

7. CIS-COBOL

CIS-COBOL はマイクロフォーカス社製の言語プロセッサである。事務処理に十分な機能、性能を持った言語プロセッサであり、本格業務用途の主言語である。

普及している COBOL 言語と親和性があり、会話形でデバッグできるので、個人使用に適している。また、ディスプレイ画面定義プロセッサ FORMS 2 と組合せて使用すると、ディスプレイをいかした操作性の良い業務プログラムを簡単に作れる。

ちなみに、CIS とは Compact (簡潔さ)、Interactive (会話形)、Standard (標準) の頭文字を並べたものである。

言語水準は、ANS 74 水準 2 をほぼ満足しており、以下のとおりである。

- (1) 水準 2 の機能単位
 - (a) 中核、(b) 表操作、(c) 順ファイル、(d) 相対ファイル、(e) 索引ファイル、(f) プログラム間連絡
- (2) 水準 1 の機能単位
 - (a) 区分化、(b) 登録集、(c) デバッグ

CIS-COBOL は、上記機能の実現により本格的業務を対象としたプログラミングを可能としている。特に入出力機能については、索引ファイルの副レコードキー機能を追加し、多面的な検索が可能とするなど強化している。更に、ACCEPT/DISPLAY 命令による画面操作ができ、アセンブラ言語、PL/M 言語で記述されたサブルーチンを使用することもでき、一層使いやすいつものとしている。

8. 主なパッケージソフトウェア

8.1 Multiplan

Multiplan は、マイクロソフト社製で、財務、会計、販売などあらゆるビジネス分野に幅広く利用できる汎用 OA ツールである。紙と鉛筆と電卓を使い手作業で行ってきた計算や作表などを、ワークシートと呼ばれる電子の紙の上でディスプレイを通して簡単に作成でき、プログラミン

グの知識がなくても使いこなせる。

データ入力、表示、計算と再計算、編集、プリントなどの諸機能を経済形コマンドで実行するので、販売管理、経営の予測、予算と実績対比、決算のシミュレーション、各種の計画表など、縦と横の表を使うあらゆる業務に活用できる。

表 3. Multiplan のコマンド

コマンド	機能
ALPHA	文字入力の指定 (通常は数字入力モード)
BLANK	指定セル、エリア、行、列の内容クリア
DELETE	行、列の削除 (行、列はつめられる)
INSERT	行、列の挿入
EDIT	セルの中の文字の編集
FORMAT	セルの中のデータの編集 (右づめ、左づめ、ドル・セント表示、整数、固定小数点表示など)
GOTO	指定セル、又はエリアにカーソルを移動
HELP	コマンドの使い方表示
MOVE	列、行の移動 (もとの列、行はクリアされる)
NAME	指定セル又はエリアに名前をつける
OPTION	再計算機能を生かしたり殺したりする
PRINT	プリンタへの出力
QUIT	終了
TRANSFER	ディスクへのセーブ、ロード、ワークシートのクリア
WINDOW	画面の分割使用
EXTERNAL	外部名の宣言
FORMULA	数式入力
COPY	指定セル、又はエリアの内容を他のセル又はエリアにコピーする

表 4. Multiplan の関数

分類	コマンド	機能
数値変換	ABS	絶対値をとる
	SGN	符号を判定する
	ROUND	まるめ、四捨五入
	INT	整数化
	FIXED	固定小数点化
	DEFAULT	項目のフォーマットをデフォルト値にもどす
	DOLLAR	ドル表示指定
三角関数	ATN	Arctangent
	COS	Cosine
	SIN	Sine
	EXP	Exponential
	LN	Log _e (自然対数)
	LOG	Log ₁₀ (常用対数)
合計、平均	AVG	平均
	COUNT	カウント
	MAX	最大値
	MIN	最小値
	SUM	合計
文字列処理	GENERAL	数値を文字数字に変換
	INTEGER	数値を文字数字に変換 (整数)
	LEFT	文字列の指定位置から左側の文字列を取出す
	RIGHT	文字列の指定位置から右側の文字列を取出す
	MID	文字列の指定位置から指定個数の文字を取出す
	REPT	文字列を何回か繰返す

#1	1	2	3	4	5	#2	14
1	ウリア* アタカ	1981年				1	
2						2	
3		4月	5月	6月	7月	3	ゴウイ:4-3月
4						4	
5						5	
6						6	
7	ウリア*	870000	920000	910000	980000	7	11260000
8						8	
9	ゲンカ					9	
10	サイル大	186000	212000	215000	238000	10	2539000
11	ジンカ大	283000	289000	288000	297000	11	3554000
12	ケイカ大	156000	159000	161000	162000	12	1962000
13	ゲンカゴウイ	625000	660000	664000	697000	13	8065000
14						14	
15	江キ	245000	260000	246000	283000	15	3195000
16						16	
17						17	
18						18	
19						19	

COMMAND: Alpha Blank Copy Delete Edit-Format Goto Help Insert Lock Move
Name Option Print Quit Sort Transfer Value Window Xternal
Select command option or type command letter
R15C3 R1C-81C-R1C-21C 80% Free Sheet:SHEET

図 4. Multiplan の画面例

Multiplan では、縦 255、横 63 までの項目を持つワークシートを何枚でも持つことができ、それに名前をつけてファイルすることができる。コマンドは会話形で、ディスプレイ画面にプロンプトされた中から選ぶ方式で、操作を忘れたときでもヘルプコマンドを使って問合せることができる。また、ディスプレイ画面を分割し、複数の表を同時に表示して見たり、別々にスクロールすることができるなど、強力な操作機能を持っている。

表 3. に Multiplan のコマンドを示し、表 4. にその関数を示す。また、図 4. には Multiplan のディスプレイ画面表示例を示す。

8. 2 Multiplot

Multiplot は、データとグラフ表示様式を指定するだけで、棒グラフ、折れ線グラフ、円グラフなどが即座に作成できる会話形自動図パッケージである。

今まで、鉛筆と定規とコンパスを使って何度も書直しながらグラフを書いていた時間を大幅に節約でき、他のプログラムで作られたデータもグラフ表示できるので、汎用性が更に高くなり、各種の管理データなども見ずらい数字のら列でなく、視覚に訴えることで効果的な判断を可能にしている。

グラフの種類としては、円グラフ、棒グラフ、折れ線グラフ、レーダチャート、Hi-Lo チャート、ヒストグラム、帯グラフ、点グラフなど豊富であり、複数グラフの同時表示ができる。作図データや作図パラメータは、ディスクに保存できるので、データやパラメータを独立に変えながら各種のグラフ表示ができる。グラフのハードコピーもとることができる。

8. 3 事務処理パッケージ

《MULTI 16》は、本格的業務用の応用ソフトウェアパッケージを準備しており、実業務のプロであれば、コンピュータの知識がなくても、導入したその日から使えるように配慮している。

各パッケージには次のような特色がある。

(1) 実業務をそのままプログラム化している。

システム規模、操作性の良さ、処理スピードの速さなど、どれをとっても実務向きに設計している。

(2) 明解な操作説明書が完備している。

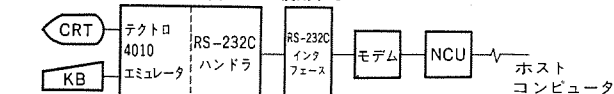
初めてコンピュータを操作するユーザーでも、説明書に従って操作すれば、正しく運用できるよう記述している。

(3) 充実した教育プランを準備している。

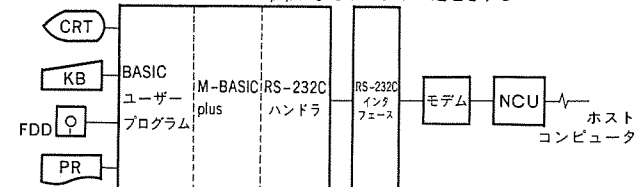
表 5. 事務処理パッケージ

パッケージ名	システム概要
給与計算パッケージ	給料計算、賞与、給料年調、賞与年調、単独年調
経理パッケージ	仕訳帳、総勘定元帳、合計残高試算表、決算モニタ
販売管理パッケージ	売上、仕入、在庫
売上管理パッケージ	売上、売掛管理、在庫管理
仕入管理パッケージ	仕入、買掛管理、在庫管理
在庫管理パッケージ	発注、在庫管理
固定資産管理パッケージ	固定資産台帳、原価償却計算
手形管理パッケージ	受手、支手、割引、裏書、返却、保証手形管理

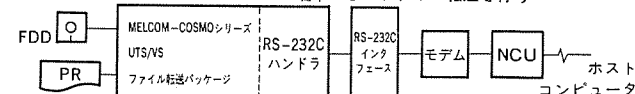
① TTYインタフェースの端末として使用する



② TTYインタフェースでBASICの命令によるプログラム処理をする



③ MELCOM-COSMOシリーズのTSS端末としてファイル転送を行う



④ IBM3740インタフェースのファイル転送端末として使用する。

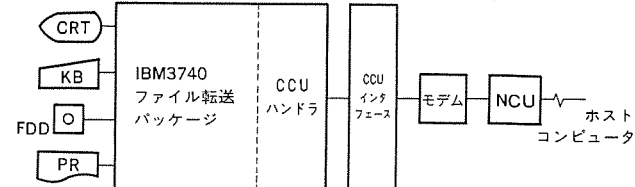


図 5. 《MULTI 16》のホストコンピュータ接続

応用ソフトウェアパッケージの事務内容、導入の手順、操作などの教育を行い、システムを完全にマスタしてから利用できる。

表 5. に、事務処理パッケージの主要レポートを示す。

8. 4 ホストコンピュータ接続

パーソナルコンピュータのホストコンピュータ接続は、高性能大容量ディスクを備えた情報の蓄積、検索に強いホストコンピュータと、手軽に使える図形、グラフなど表現力の豊かなパーソナルコンピュータの長所を、伝達機能により結びつけようとするものである。

図 5. の接続事例にあるように、単なる端末としての利用とインタリジェント端末としての利用に分かれるが、いずれに対してもパッケージソフトウェアが用意されている。

9. む す び

以上、三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》の主要ソフトウェアの特長、機能を述べた。紙面の都合で紹介できなかったが、ほかにも特色ある強力なソフトウェアが豊富にあることを書き添えておきたい。

今後も引続き市場ニーズの先取りをし、言語、パッケージの充実に努めてゆきたい。

工作機械主軸用インバータ駆動ACモートル

松本 圭二*・深沢 和夫*・杉本 英彦**

1. ま え が き

工作機械の主軸駆動は、可変速性能の良さから DC モートルが主流で、更に、耐環境性向上の目的で防滴保護構造から全閉構造へと推移してきた。しかし、工作機械の高速化の要求に対して機械的しゅう動部（ブラシ）の存在は、その対応を困難なものとしている。

高速化や耐環境性の要求される用途に対してしばしば適用される AC モートルのインバータ駆動についても、可変速性能が不満足であることや制御装置が大きく高価であることなどの理由で、研削盤や専用機の一部に使用される程度であった。

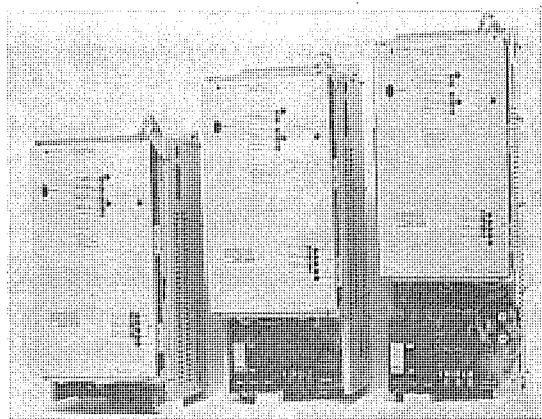
最近のパワーエレクトロニクスの進歩（高周波電力半導体、高集積制御 IC など）は、これらの欠点を大幅に改善し、制御装置の大きさを除いては、DC モートルを上回る域にまで AC モートルを発展させている。

本文では、現在主流となりつつある工作機械主軸用 インバータ 駆動 AC モートルの新技术及びその性能について述べる。

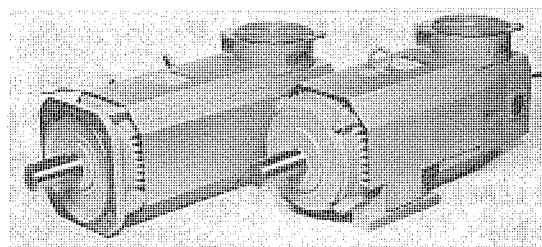
2. 要求される性能と機能⁽¹⁾

主軸駆動に要求される基本性能と適用上の機能は次のとおりである。

(1) 基本性能



(a) 《FREQROL-SD》形 コントローラ
(左より 7.5 kW, 11 kW, 18.5 kW)



(b) 主軸用 AC モートル (18.5 kW)
(左より フランジ形, 脚取付形)

- (a) 定出力範囲が広く、可変速特性が安定なこと。
- (b) 定常負荷変動及びインパクト負荷に対する速度変動が小さいこと。
- (c) 振動、騒音、及び回転むらが小さいこと。
- (d) 最高速度が高いこと。

(2) 適用上の機能

- (a) 小形、軽量であること。
- (b) 信頼性が高く、保守・点検が容易なこと。
- (c) 悪い使用環境や電源事情に対しても、支障のない運転ができること。
- (d) 広範な仕様（電気式オリエンテーションの付加など）に対しても適用が容易なこと。

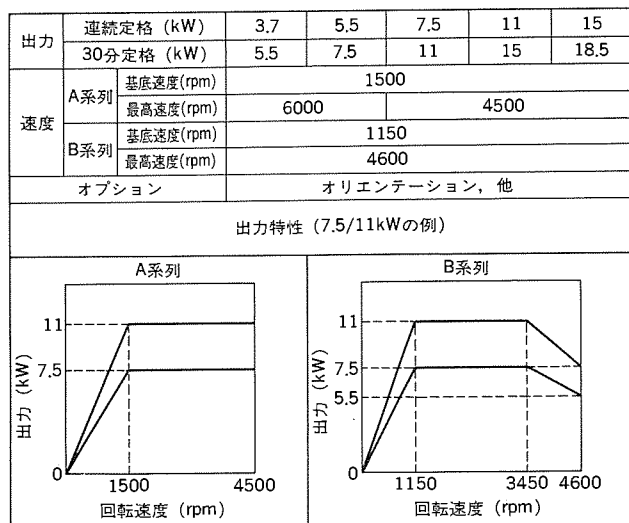
特に(1)―(c)(d)、及び(2)―(a)は AC モートルである故に可能となるもので、当社の工作機械主軸可変速ドライブ三菱《FREQROL-SD》は、高い剛性と工作精度の誘導電動機と正弦波出力のトランジスタインバータとによりこれらの要求にこたえるものである。

3. 要求性能・機能ハードウェア (H/W) への反映

3.1 インバータ駆動誘導電動機の基本特性

三相かご形誘導電動機を定電圧定周波数 (VVVF) インバータで駆動するとき、従来の商用周波電源駆動と比べて、次の諸特性について考慮することが必要である。

- (1) 低周波駆動時における最大発生トルクの減少
- (2) 低周波駆動時における回転むら及び振動の増加
- (3) インバータ出力周波数変化時における高応答性と安定性の確保
- (4) インバータ出力の時間高調波による損失の増加
- (5) 広範な周波数域にわたる駆動時における磁気騒音の増加



(c) 仕 様

図 1. 工作機械主軸可変速ドライブ “ブラシレスシリーズ”

これらの項目について以下詳細に説明する。

3. 1. 1 かご形誘導電動機の定常特性

電圧形 インバータ 駆動される誘導電動機の 1 相分の等価回路は、文献⁽²⁾によると、基本波成分に対する等価回路 (図 2. (a)) と k 次時間高調波成分に対する等価回路 (図 2. (b)) とで表される。ここで、基本波成分及び k 次高調波成分に対するすべり S_1 及び S_k は、

$$S_1 = (N_1 - N) / N_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$S_k = ((k \pm 1) \pm S_1) / k \quad \dots\dots\dots (2)$$

N_1 : 基本波成分の同期回転速度 N : ロータの回転速度
で表され、更に 5 次以上の時間高調波成分に対しては、 $S_k \approx 1$ とみなし、図 2. (c) の近似等価回路が導かれる。有効トルク (基本波成分トルク) T_1 は、一般に、

$$T_1 = \frac{P m_1}{2 \pi f_1} (I_2)^2 \frac{r_2}{S_1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

m_1 : 相数 P : 極対数 f_1 : 基本波周波数

r_2 : 2 次抵抗

で表される。図 2. (a) の空けき (隙) 印加電圧 E_1 を一定に保つと、2 次電流は $I_2 = E_1 / [(r_2 / S_1)^2 + x_2^2]^{1/2}$ 、 x_2 : 2 次漏れリアクタンスで表され、有効トルク T_1 は次式となる。

$$T_1 = \frac{P m_1 (E_1)^2}{2 \pi (f_1)^2} \frac{S_1 f_1 r_2}{r_2^2 + (S_1 x_2)^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

最大トルクの条件を上式へ適用すると、最大有効トルク $T_{1 \max}$ 、及びその時のすべり周波数 $S_1 f_{1 \max}$ は下式で示される。

$$T_{1 \max} = \frac{P m_1 (E_1)^2}{2 \pi (f_1)^2} \frac{1}{4 \pi l_2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$S_1 f_{1 \max} = r_2 / (2 \pi l_2) \quad \dots\dots\dots (6)$$

l_2 : x_2 のインダクタンス

すなわち、2 次漏れインダクタンス l_2 が小さく、更に 2 次抵抗 r_2 が小さいほど、低いすべり周波数で大きな発生トルクが得られる。

3. 1. 2 回転むら及び振動

インバータ 駆動誘導電動機の低周波での回転むら (回転速度の微少な変動) 及び振動は、次の 2 つの原因によるトルク脈動で発生する。

(a) 2 次電流の基本波成分が脈動する。

(b) 低次の時間高調波電流が 2 次回路に流れる。

(a) については、2 次電流が時定数 $\tau_2 = (l_m + l_2) / r_2$ 、 l_m : x_m のインダクタンスで減衰するためであり、発生トルクは、基本周波数の 6 倍の周波数で増減を繰返す。トルク脈動を抑制するには、2 次時定数 τ_2 を大きくするのがよい。

(b) については、下式で示されるように、2 次電流の時間高調波成分 I_{2k} が発生トルク T に影響し、 $6m$ 次の脈動トルク T_{6m} を発生する。すなわち、インバータ出力の $6m \pm 1$ 次の高調波成分が大きな影響を及ぼしている⁽³⁾。

$$I_{2k} = C_k \sin(2 \pi f_1 k t + \phi_k) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$k = 6m \pm 1$, m : 正の整数

$$T = (r_2 / 2 \pi f_1 S_1) \sum_{UVW} I_{21} \cdot \sum_k I_{2k} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$T_{6m} = \frac{3 C_1 r_2}{4 \pi f_1 S_1} [C_{6m-1}^2 + C_{6m+1}^2 - 2 C_{6m-1} C_{6m+1} \times \cos(2 \phi_1 + \phi_{6m-1} - \phi_{6m+1})] \quad \dots\dots\dots (9)$$

C_k : k 次高調波電流の振幅, ϕ_k : k 次高調波電流の位相

したがって、 f_1 、 S_1 、 C_1 、及び C_k (漏れリアクタンスにより定まる) を同一値にした場合、2 次抵抗 r_2 が小さいほどトルク脈動が小さくなる。また、インバータ側での重要な点は、2 次回路に低次の時間高調波電流を流さないように、出力線間電圧に低次高調波成分を含まないことである。

3. 1. 3 高応答性と安定性

広い速度範囲にわたって高応答性と安定性が必要とされる用途に適するインバータ駆動方式の 1 つにベクトル制御がある。

図 2. (a) の等価回路において、 x_1 及び x_2 に比べてけた (桁) 違いに大きなリアクタンスの x_m に流れる励磁電流 I_m は、その回路の時定数が極めて大きいため、急俊に変化できない。したがって、誘導電動機の発生有効トルクを高応答で制御するためには、励磁電流 I_m を極力変化させないことが重要である。すなわち、すべり S_1 に対応する 2 次電流 I_2 を演算し、 I_m と I_2 とからベクトル演算した 1 次電流 I_1 の大きさと位相を制御するものである。このように一般に実施されている制御方式では電動機各定数を用いて演算制御するため、出力容量が異なると制御回路定数を変更する必要があるなど量産性に欠け、工作機械用装置として必ずしも適切とはいえない。そこで、ベクトル制御の基本理念をいかすことにより、工作機械主軸駆動用として必要な応答性 (100 rad/s 程度) が得られ、量産にも適したすべり周波数制御電圧形インバータの基本理念を述べる。

電圧形インバータ駆動される誘導電動機の有効トルク T_1 及び有効出力 P_1 は、図 2. (a) の 2 次抵抗電圧 E_2 を用いて式 (6) を変形すると、 $T_1 \propto S_1 f_1 (E_2 / f_1)^2$ となり、有効出力もすべり S_1 の小さな領域で、 $P_1 \propto S_1 f_1 (E_2^2 / f_1)$ となる。したがって、定常状態だけでなく過渡状態においても E_2 / f_1 又は E_2^2 / f_1 を一定に保つと、すべり周波数 $S_1 f_1$ により T_1 又は P_1 を直線的に制御でき、負荷の変化に応じて速応的に負荷電流を制御できる。しかし、かご形誘導電動機では E_2 を直接制御することはできないため、下式に示す電動機端子電圧 \hat{V}_1 と E_2 の間の関係を全速度範囲にわたって一定に保ち、 \hat{V}_1 により E_2 を直線的に制御することが必要となる。

定常状態では式 (10) で示す関係式 \hat{V}_1 / E_2 は一定であるが、低周波数領域 (f_1 の小さい領域) では 1 次抵抗 r_1 による電圧降下があるため、 E_2 / f_1 あるいは E_2^2 / f_1 を一定に保って安定に駆動できるよ

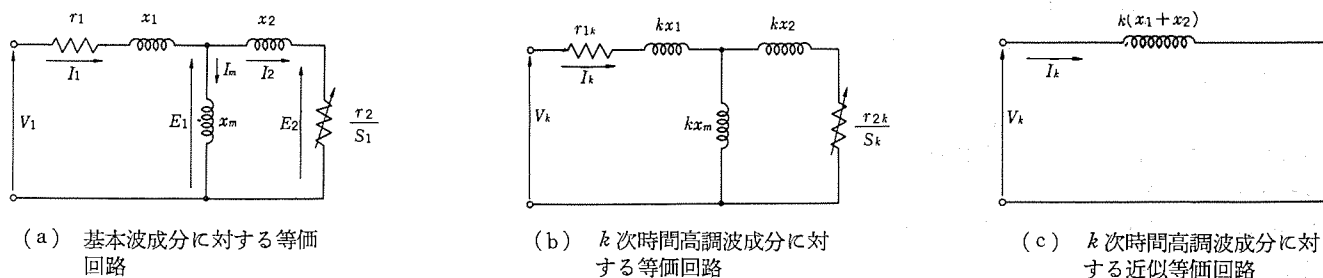


図 2. 誘導電動機の 1 相の等価回路

うに電圧補償をしている。

$$\frac{\dot{V}_1}{E_2} = 1 + \frac{l_1}{l_m} + \frac{S_1 f_1}{f_1} \cdot \frac{r_1(1+l_2/l_m)}{r_2} + j \left[\frac{2\pi S_1 f_1 (l_1 + l_2 + l_1 l_2 / l_m)}{r_2} - \frac{r_1}{2\pi f_1 l_m} \right] \dots\dots\dots (10)$$

$l_1: x_1$ のインダクタンス

これに反して、過渡状態では $S_1 f_1$ 及び f_1 が変化するため、 \dot{V}_1/E_2 を一定にするためには電圧補償だけでなく \dot{V}_1 と E_2 との間の過渡的な位相変化も補償する必要がある。両者の間の位相差 θ は、

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{\frac{2\pi S_1 f_1}{r_2} \left(l_1 + l_2 + \frac{l_1 l_2}{l_m} \right) - \frac{r_1}{2\pi f_1 l_m}}{1 + \frac{l_1}{l_m} + \frac{S_1 f_1}{f_1} \cdot \frac{r_1(1+l_2/l_m)}{r_2}} \right] \dots\dots\dots (11)$$

で表され、更に数十 kW 以下の電動機に対しては、ほぼ分子 \ll 分母が成り立つことから、

$$\theta \approx \frac{\frac{2\pi S_1 f_1}{r_2} \left(l_1 + l_2 + \frac{l_1 l_2}{l_m} \right) - \frac{r_1}{2\pi f_1 l_m}}{1 + \frac{l_1}{l_m} + \frac{S_1 f_1}{f_1} \cdot \frac{r_1(1+l_2/l_m)}{r_2}} \dots\dots\dots (12)$$

と近似される。

したがって、位相差 θ の過渡的な変化 $d\theta/dt$ は、3.3.2 節過渡補償付すべり制御で述べるように、指令周波数 f_1 を過渡的に変化させることにより、補償することができる。

3.1.4 時間高調波による損失の増加

時間高調波で増える損失は、無負荷損失の増加として顕著に現れる。特に、表皮効果によって増加する 2 次抵抗 r_{2k} で発生する抵抗損 ΔW_2 が最も大きな損失増加分である。図 2. (c) の近似等価回路より求まる高調波 2 次電流 $I_k = V_k/k(x_1+x_2)$ を用いて

$$\Delta W_2 = m_1 \sum_k \frac{r_{2k} V_k^2}{k^2 (x_1+x_2)^2} \dots\dots\dots (13)$$

したがって、2 次スロットを浅くし表皮効果の影響を受けにくくするとともに、2 次スロットの断面積を増して 2 次抵抗を小さくすることにより高効率化が可能となる。

3.1.5 磁気騒音の増加

多数の時間高調波成分を含むインバータで広範囲に可変速運転する電動機では、基本波成分とそれに伴う高調波成分が広範囲に変化するため、どれかの周波数成分がロータの固有周波数と一致し、更に次式で示される空隙の偏心で生じる付加的な磁気吸引力 ΔF_θ の相乗作用で、特定周波数の磁気騒音が極端に増加することがある。

$$\Delta F_\theta = \frac{PrL}{4\pi\mu_0} B_1^2 \frac{\varepsilon}{\delta_0} [-2\cos\theta + \cos\{(2P-1)\theta - 2\omega_1 t\} + \cos\{(2P+1)\theta - 2\omega_1 t\}] d\theta \dots\dots\dots (14)$$

τ : 極間隔 L : 鉄心長 μ_0 : 空気透磁率 B_1 : 基本波成分磁束密度の振幅 ω_1 : 基本波角周波数 θ : 空隙部円周上の位置 $d\theta$: θ の位置での微小部分 δ_0 : 平均空隙長 ε : 空隙の偏心量

更に、ステータコア、フレーム、ブラケット、及びコイルなどの種々の固有周波数との共振が生じ、電動機の構成部品の固有周波数が多いほど耳ざわりの磁気騒音となる。

したがって、丸形ステータコアの採用、フレームやブラケットの形状の単純化による固有周波数の数の減少、フレームやブラケットの剛性の強化、ステータコアやコイルの強力含浸による剛性の増加や電磁波に対

するダンピングの増加などが耳ざわりの磁気騒音の減少に効果が大きい。

3.2 基本方式

3.1 節の基本特性から、誘導電動機の 2 次抵抗及び 2 次漏れインダクタンスを可能な限り小さくすれば、有効トルクの増大、高調波損失の低減、回転むら及び振動の減少など良い効果が得られる。更に、インバータ出力に含まれる高調波を少なくすることにより、回転むらや振動の減少、磁気騒音の低減に、より一層の効果が得られる。こ

表 1. 要求性能・機能の H/W への反映

要求性能・機能	基本方式
モータルの小形化	低抵抗の誘導電動機
低振動・低回転むら	高い剛性と工作精度の電動機
低騒音	正弦波出力のトランジスタインバータ
安定な可変速特性	コンバータ制御併用 PWM インバータ
広範な仕様への適用	すべり制御電圧形インバータ
(電気のオリエンテーションなど)	
悪い使用環境への適用	全閉形電動機
信頼性、保守・点検の容易さ	

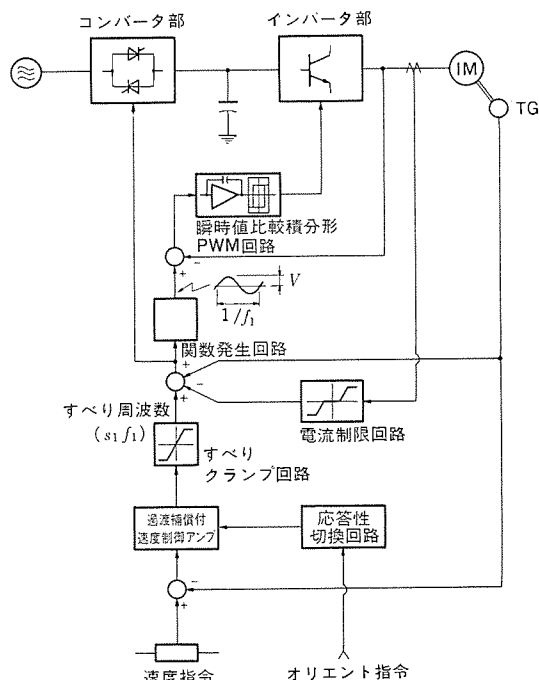


図 3. 速度制御 ループブロック図

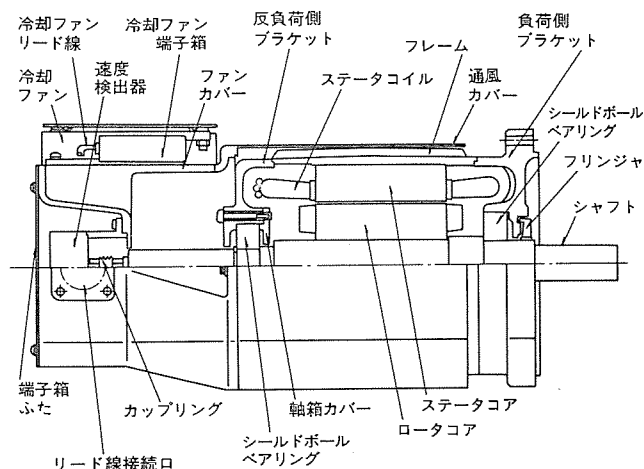


図 4. 主軸用電動機の構造

の基本特性を踏まえ、要求性能・機能を満たす基本方式は表 1. にまとめられ、その具体的内容は制御ブロック図(図 3.), 及び主軸用電動機の構造(図 4.)に示される。

3. 3 新技術の導入と成果

3. 3. 1 積分形正弦波 PWM 方式

一般に、直流電圧が一定のままで低周波駆動時の回転むら及び振動を低減させるには、PWM のチョップ周波数を高める必要がある。これは素子のスイッチング損失を増加させるだけでなく、現在の技術ではスイッチング周波数に限りがあるため、インバータ出力の PWM 周波数含有率の増加を招き、駆動電動機の損失や磁気騒音に大きな影響を及ぼす。コンバータ制御併用 PWM インバータは、コンバータ電圧をインバータ出力電圧に対応させて制御するもので、これらの不具合点を解決している。

正弦波出力インバータとしては、瞬時値比較形の積分形正弦波 PWM 方式(特許申請中)を採用することにより、インバータ出力周波数が変化しても、直流成分の発生しない安定な正弦波出力を供給する。

積分形正弦波 PWM 方式の動作原理は、1 周期で区間の動作フローチャート(図 5.) 及びインバータ出力電圧波形(図 6.)より明らかのように、インバータ出力電圧はその基本波成分の振幅及び周波数が等

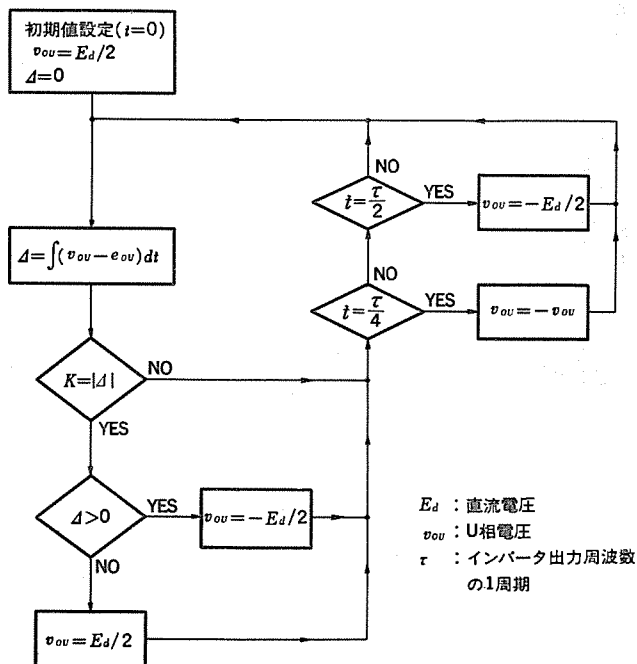


図 5. 積分形正弦波 PWM 方式の動作フローチャート

しくなるべき正弦波基準信号 e_{ov} に所定の積分誤差範囲 K で追従するので、最大積分量誤差 K を小さくすることによりインバータ出力電圧の高調波含有率を小さくすることができる。

従来の方形波電圧形インバータと正弦波出力電圧形インバータにより、主軸用電動機(出力 7.5 kW, ベース回転速度 1,500 rpm)を 200 rpm で、無負荷駆動した場合のデータを図 7. (a)(b)に示す。後者の出力電圧は低次高調波成分(特に 5 次及び 7 次)が完全に除去されており、基本波周波数の 6 倍で脈動する回転むらは図 8. に示されるように前者の場合に比して約 1/3 に低減されていることが分かる。

トルク脈動 T_{6m} は回転むら ω_{6m} との間に

$$\omega_{6m} = (1/J) \int T_{6m} dt \dots \dots \dots (15)$$

J : 慣性モーメント

が成り立つ。図 8. (a) の回転むらは

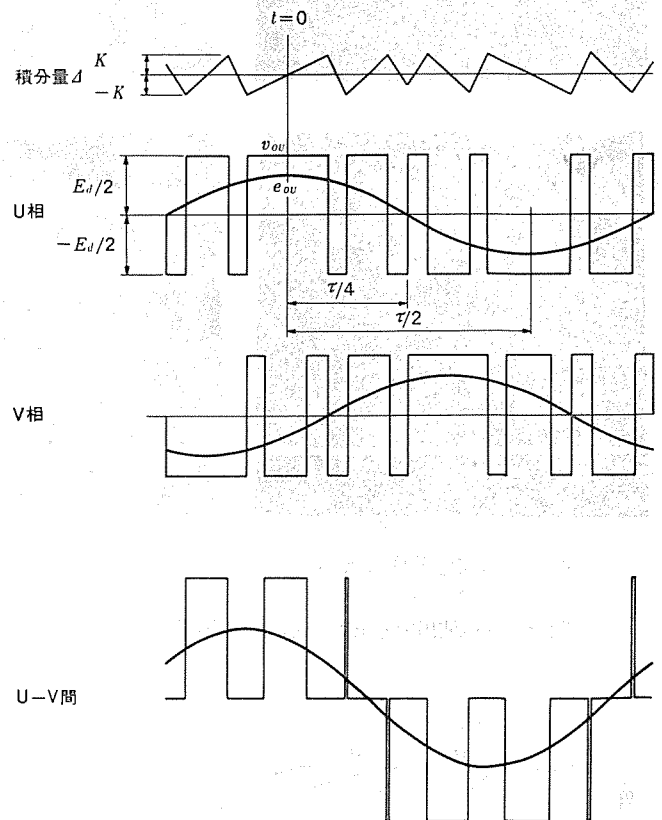


図 6. 積分形正弦波 PWM 方式の電圧波形

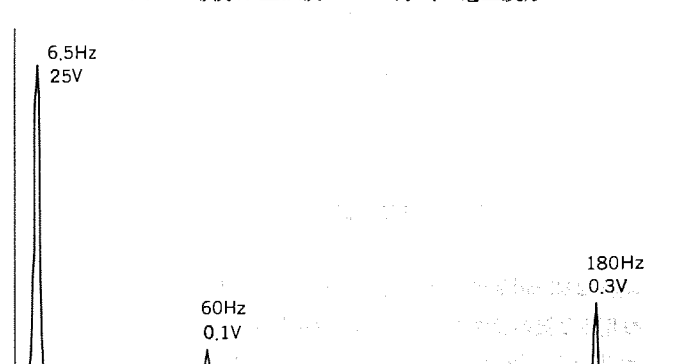
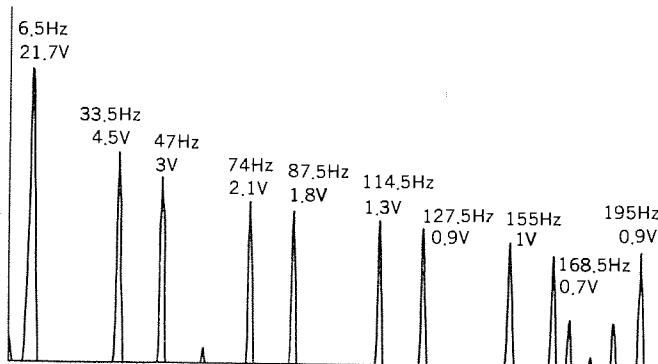


図 7. インバータ出力電圧(線間)の周波数分析

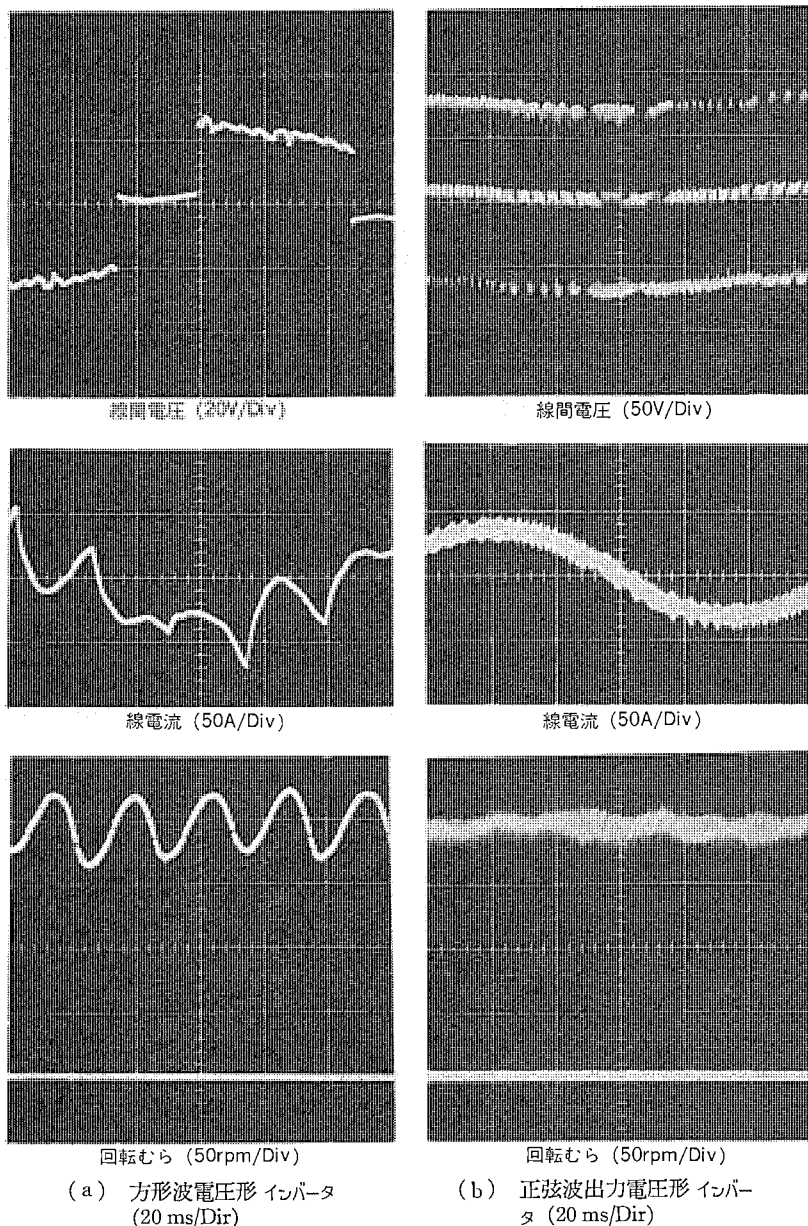


図 8. 正弦波出力電圧形 インバータ と方形波電圧形 インバータ との比較

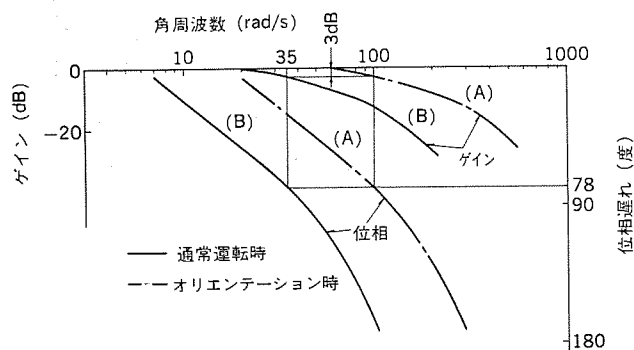


図 9. 速度制御 ループ の ボード 線図

$\omega_{0m}=2.88 \text{ rad/s}$ であり $T_{0m}=J \cdot \omega_{0m} / \Delta t$ で三角波近似すると、この主軸用電動機の慣性モーメントは $J=3.06 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$ 、定格トルクは $T_0=4.87 \text{ kg} \cdot \text{m}$ であるから、トルク脈動率は約29%となる。一方正弦波出力電圧形インバータ駆動の場合は約9%に低減される。このトルク脈動率は、界磁を単相全波、電機子を三相全波で駆動した

全閉形 DC モータ (出力 7.5 kW、ベース回転速度 1,150 rpm) のトルク脈動率 (7~10%) とほぼ同等である。

3. 3. 2 過渡補償付すべり制御

すべり周波数制御電圧形インバータでの過渡補償については、実使用状態を考慮すると、式(12)より下式が近似的に導かれる。

$$\Delta f_1 = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta}{dt} \approx K_1 \frac{d}{dt} (S_1 f_1) \quad (16)$$

K_1 : 比例定数

すなわち、すべり周波数 $S_1 f_1$ の微分に比例して f_1 を Δf_1 だけ過渡補償することにより、速応性が高く、制御性の高い系が得られる。この過渡補償を付加した速度制御ループでは、実測ボード線図(図9.)の曲線(A)で示すように、ほぼ 100 rad/s の高速応答が得られた。しかし、工作機械の主軸のようにギヤのバックラッシュが大きく機械剛性も比較的弱い場合には、速度制御ループに設けた応答性切換回路により、速度制御ループの応答を曲線(B)のように下げて、ギヤのたたきの不具合を解消している。

また、電圧形インバータの弱点である電流制御については、速度制御ループに設けた電流制限回路によりインバータ出力電流の瞬時値ですべり周波数を制御し、急激な運転条件の変化に対しても電流ピークの増大を防止し、安定な高速応答制御を得ている。(特許出願中)

3. 4 性能

工作機械の主軸駆動に必要な性能について、実測データをもとに述べる。

3. 4. 1 始動・停止性能 (図 10. (a))

主軸用電動機 (出力 11 kW、ベース回転速度 1,500 rpm) を無負荷で駆動したときの特性を示す。加減速トルク: 定格の 120%, $GD^2: 0.22 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ (慣性モーメント: $J=5.61 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$) の理論加減速時間: 0.51 s に近い値が得られた。

3. 4. 2 速度精度 (図 10. (b))

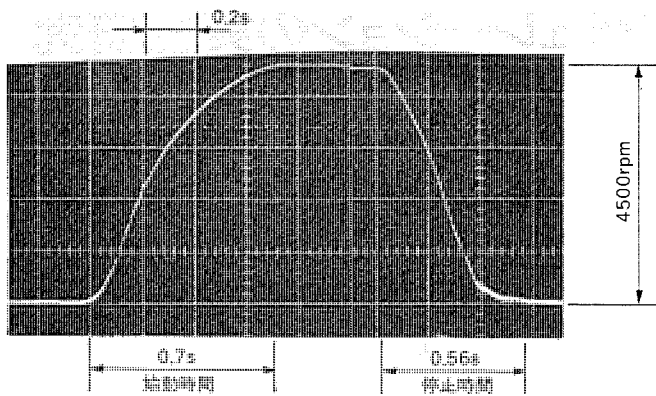
前記主軸用電動機 (出力 11 kW) に電動機 GD^2 の 3 倍の負荷 GD^2 を付加したときの特性を示す。過渡的变化に対して 95% 値安定時間がほぼ 0.4 s であり、負荷 $GD^2=0$ における 30 rad/s の速度応答を裏付けている。

3. 4. 3 オリエンテーション性能 (図 10. (c))

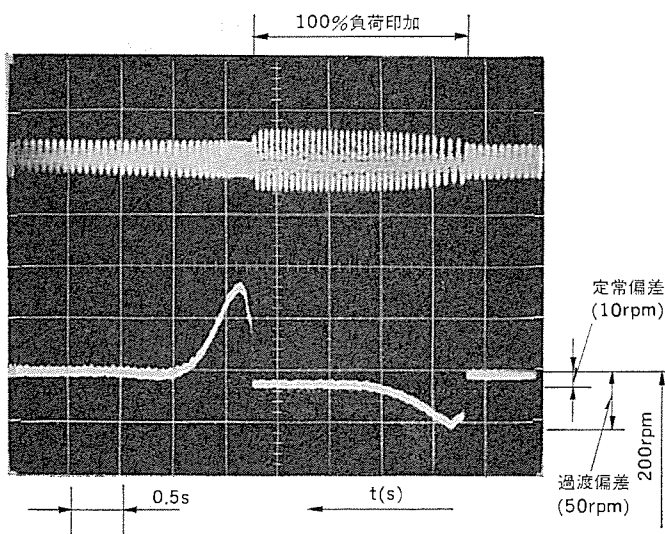
工作機械主軸駆動のオリエンテーション性能 (位置決め性能) は、工具交換などに重要な機能である。磁気センサ方式にて、マシニングセンターで実機テストした結果、停止状態からの位置決め停止時間は 1.5 s 以下、位置決め繰返し精度はハイギヤ、ローギヤ共機械の主軸にて $\pm 0.1^\circ$ 以下の結果が得られた。また、サーボ剛性は、ハイギヤにおいて電動機定格トルクの 10% 及び 20% を加えたときの定常偏位 ε_1 と過渡偏位 ε_2 を当社 DC モータと比較した場合、負荷印加時の定常精度はほぼ同等であるが、過渡精度は倍以上に向上している。

3. 4. 4 振動・騒音 (図 10. (d)(e))

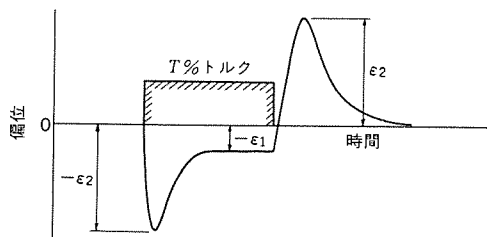
主軸用電動機 (出力 7.5 kW、ベース回転速度 1,150 rpm) の測定例を示す。振動振幅特性は目立った共振点はなく、振幅値も小さいことが分かる。騒音特性は冷却ファンを停止させたときの磁気騒音について、従来の方法で製作された電動機との比較を示す。



(a) 始動・停止性能



(b) 速度精度



	10%トルク		20%トルク	
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_1	ϵ_2
交流	0.02°	0.1°	0.04°	0.2°
直流	0.02°	0.25°	0.02°	0.5°

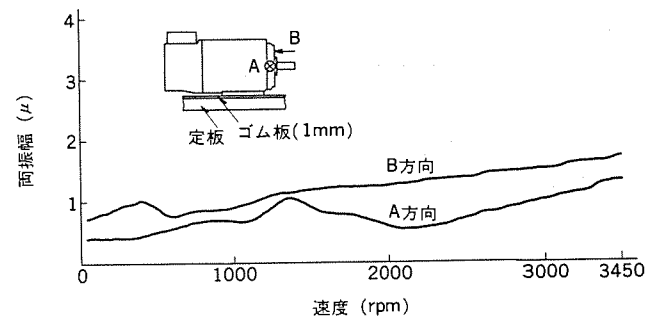
(c) サーボ剛性

4. むすび

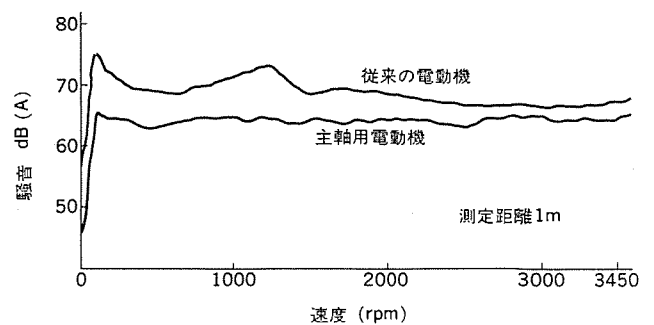
三相かご形誘導電動機の基本特性、及びインバータ駆動したときの問題点を明確にしながら、主軸用ACモータとその駆動電源である《FREQROL-SD》形制御装置に採用した新技術とその成果を述べた。需要家のニーズをいかに製品に具現化するかという命題に対して、今後も限らない努力を続ける所存である。需要家各位の御指導、御批判をいただければ幸いである。

参考文献

- (1) 松本、三浦：三菱電機技報，53，No. 9，p. 627（昭54）
- (2) J. M. D. Murphy：Thyristor Control of A. C. Motors, Pergamon Press (1975)
- (3) 細川、甲木、矢野、細野：電気学会東京支部大会資料，No. 194（昭52）
- (4) 野口：現場の電動機技術，オーム社（昭51）



(d) 振動特性



(e) 磁気騒音特性

図 10. 基本性能

マルチセントラル空調システムのシミュレーションの実証研究

山下 紀夫*・阿川 正憲*・小松 正樹*

1. ま え が き

建物のペリメータゾーン（屋内周囲空間）とインテリアゾーン（内部空間）の各ゾーンに、熱源となる水回路を共通にもつヒートポンプユニットを複数台分散配置して熱回収を行うマルチセントラル空調システムが施工され、運転されているビル消費電力などの実測調査を行った。実測結果より、このシステムの月ごとの消費電力量を把握することができ、熱回収が行われていることも確認された。また、このシステムの設備設計計算と年間シミュレーションを行うプログラムの計算結果と、実測結果を比較することにより、このプログラムの妥当性が実証された。

2. マルチセントラル空調システム

2.1 建物の概要

システムの実測を行ったKビル（東京都渋谷区）の建物概要を、表1.に示す。この建物の各階の床面積と用途は、若干異なっている。建物のコア部は南側に面しており、他の方位の外壁のほとんどがガラス窓を有している。

2.2 マルチセントラル空調システムの概要

Kビルに設置したマルチセントラル空調システムの水回路を図1.に、その空気回路を図2.に示す。各ゾーンのヒートポンプユニットは、共通な水回路に連結され、その配管内の水はメインポンプによって循環される。更に、この水回路は、冷却塔及び電気ボイラを有する蓄熱槽からなっている。水回路の水温がある一定の温度幅から離脱した場合には、その水の一部が3方弁によって冷却塔、又は温水の蓄熱槽をバイパスすることにより、水温が制御されている。水回路の循環水温については、その上限値をサーモS1で、下限値をサーモS2で検出している。循環水温が上限値以上になると、3方弁V1によって循環水の一部が冷却塔に流され放熱する。また、下限値以下になると、3方弁V2によって蓄熱槽の温水が水回路に流入する。蓄熱槽の水温がある温度以下になると、電気ボイラの作動により蓄熱槽に熱が供給される。

このシステムの空気回路については、まず取入れ外気を全熱交換器

表 1. Kビルの概要

用 途	事務所ビル
階 数	地下1階，地上6階
延 べ 床 面 積 (m ²)	2,862
基 準 階 床 面 積 (m ²)	470
空 調 面 積 率	0.70
基 準 階 階 高 (m)	3.35
窓 面 積 率	0.31
人 数 (人/m ²)	0.1
照 明 (W/m ²)	20
外 気 取 入 量 (m ³ /m ² h)	2.0
ロスナイの全熱回収率	0.69

T₁: ヒートポンプからのリターン T₄: 電気ボイラの入口
T₂: 蓄熱槽出口 T₅: 冷却塔の出口
T₃: ヒートポンプへのサプライ T₆: 外気温度

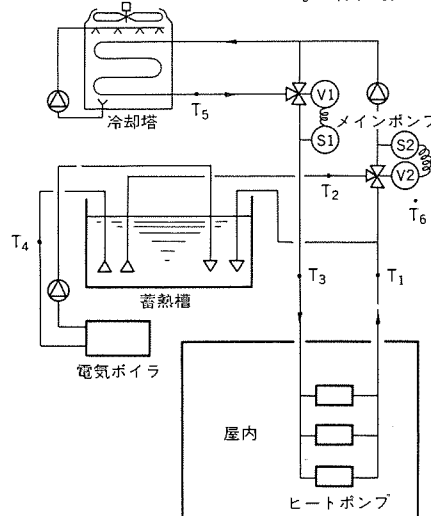


図 1. システムの水回路

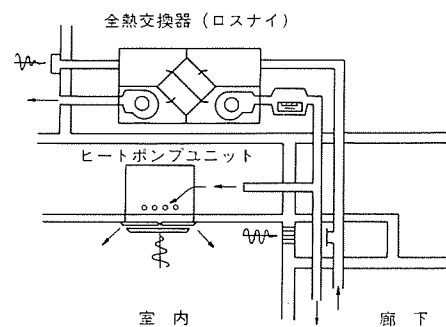


図 2. システムの空気回路

《ロスナイ》で排気と熱交換させ、ダクトを通して各階の天井裏に運ぶ。ここで、ヒートポンプユニットを介して室内空気と混合し、室内に供給する。排気は、室内のガリなどより吸込まれ、ダクトを通り、全熱交換器を介して屋外に排出される。

中間期と冬期において、建物の規模が大きい場合、又は照明、機器などによる室内発生熱量が大きい場合には、ペリメータゾーンで暖房負荷が発生しているにもかかわらず、インテリアゾーンでは冷房負荷となることが多い。この場合には、インテリアゾーンでのヒートポンプユニットは冷房運転となり、その冷房負荷と圧縮機動力に相当する熱量が、ヒートポンプによって水回路に汲み上げられる。この熱量は、ペリメータゾーンのヒートポンプによって、暖房のための熱として室内に供給される。つまり、冷房負荷の発生した室内から奪った熱量を、水回路を介して暖房負荷の発生した室内に供給することになり、熱回収が成立する。

Kビルに設置されたヒートポンプユニットの台数は、冷房能力の2,240 kcal/h のものが99台、4,700 kcal/h のものが5台、全館合計で104

台である。

3. マルチセントラル空調システムの計測方法

システムの水配管の温度測定については、図 1. に示す 5 点と外気温度を、記録計によって 1 年間にわたり連続記録した。各階ごとのヒートポンプユニット、メインポンプ、外気取入れ送風機、電気ボイラなどの消費電力量は、18 個の積算電力計によって 1 か月ごとに読取った。また、夏と冬の各 1 週間について、積算電力計の読取りと 2 階の各ヒートポンプユニットの運転状況の調査を 1 時間ごとに行った。なお、実測期間は、昭和 55 年 4 月から翌年の 3 月までの 1 年間であった。

4. システムの熱回収量

2 階に設置されたヒートポンプユニット（天井埋込み形）の配置とその番号を図 3. に示す。また、昭和 56 年 1 月 22 日（木）における 2 階のヒートポンプユニットの運転状況を時刻ごとに調べたので、その結果を表 2. に示す。主に、ペリメタゾーンでは暖房運転、インテリアゾーンでは送風運転がされており、午後になるとインテリアゾーンのの一部で冷房運転が始まっている。No. 9 のユニットについては、付近の在室人員が多かったのと窓から差し込んだ西日のために、冷房負荷が発生したと考えられる。表 2. より、冷房運転のユニットが少なかったのは、ペリメタゾーンとインテリアゾーンを区分する間仕切りがないために、両ゾーンの室内空気がある程度混合していることと、インテリアゾーンの室内発生熱量が少なかったことが考えられる。なお、室内温度制御について、その設定幅を図 4. に示す。

全館のヒートポンプユニットと電気ボイラとの消費電力量、及び水配管の温度の実測値をもとに、ヒートポンプの冷房運転によってインテリアゾーンから回収された熱量 Q_C kcal/d と、ペリメタゾーンの暖房に供給された熱量 Q_H kcal/d とを、水配管内での熱平衡式を立てて求めたので、その結果を表 3. に示す。これらの熱量を直接測定することは、現設備の改良を必要とするので、回避した。ここで、熱回収率 R を式(1)のように定義すると、表 3. より熱回収率 R と日平均外気温との間に、相関関係のあることが分かる。

$$R = \frac{Q_C}{Q_H} \quad \text{.....(1)}$$

つまり、この 4 日間に関する限り、日平均外気温が高いほど熱回収率が大きな値となっている。この関係より、冬期においても日平均外気温の高い日には熱回収率の値が大きくなることが予想され、特に初冬及び春先においては、この熱回収の効果がより一層期待できる。よって、熱回収式ヒートポンプシステムであるマルチセントラル空調システムの省エネルギー効果が確認された。

5. シミュレーションプログラム

システムのシミュレーションプログラムは、図 5. に示すフローチャートに従って実行される。基本的なフローは、インプット、ゾーニング、空調負荷計算、消費エネルギー量計算の順となっている。また、年間の気象データと設備の設計計算用の気象データは、地方ごとに与えられている。

5.1 インプット

このプログラムのインプットは、非常に簡単になっており、インプットカードは全部で 5 枚である。そのインプット項目は、ビル名・所在地・建物寸法・階数・階高・コア位置・地方・建物構造・建物方位・窓ガラスの種類・窓面積率・空調面積率・配管方式・制御方式・室内発生熱（人間、照明、機器）・大きな発生熱を伴う特殊な部屋の冷房負荷・

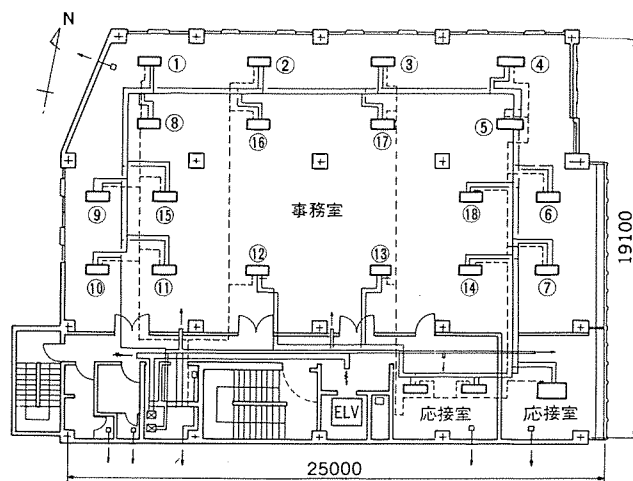


図 3. 2 階のヒートポンプユニットの配置

表 2. 2 階の各ヒートポンプユニットの運転状況

		昭和 56 年 1 月 22 日（木）											
ゾ ー ン	ユニット No.	時 刻											
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
北 側 ペリメタ	1												
	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	3	○											
	4	○	○	○	○		○	○	○			○	
東 側 ペリメタ	5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
西 側 ペリメタ	8	○	○	○	○		○	○	○	○	○		
	9					×	×	×	×	×	×		
	10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
コ ア 側 インテリア	11	○	○	○	○	○	○	○		○	○		
	12							×	×	×	×		
	13							×					
	14		○			○							
インテリア	15	○											
	16	○											
	17												
	18	○											

注 ○：暖房運転，×：冷房運転，無印：送風運転

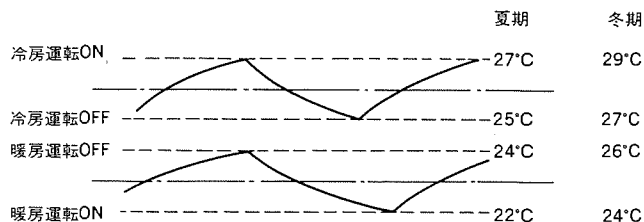


図 4. 冷房、暖房運転の室内温度設定幅

表 3. 熱回収率と日平均外気温の関係

	Q_C (Mcal)	Q_H (Mcal)	回収率 $\frac{Q_C}{Q_H}$	日平均外気温 (°C)	天 候
1 月 19 日 (月)	212	791	0.27	5.3	曇 り
1 月 20 日 (火)	157	569	0.28	5.4	晴 れ
1 月 21 日 (水)	132	561	0.24	4.3	晴 れ
1 月 22 日 (木)	149	654	0.23	3.5	快 晴

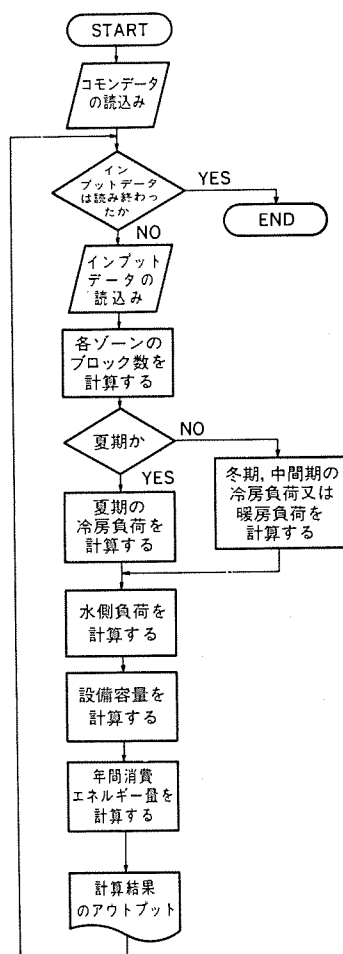


図 5. シミュレーションプログラムのゼネラルフローチャート

外気取入れ量・外気調機機の負荷処理率・全熱交換器の全熱回収率・ポンプ揚程・電気ボイラ運転時間・アウトプット形式・冬期冷暖房設定室温・中間期冷暖房設定室温・夏期冷暖房設定室温である。コア位置・地方・建物構造・建物方位・窓ガラスの種類・配管方式・制御方式・アウトプット形式については、いずれも与えられているもののコード番号を選択するようになっている。

5.2 ゾーニング

建物を、最上階、地上中間階、地下中間階、及び地下最下階に分け、更に地上階を四方位のペリメタゾーンとインテリアゾーンに、地下階もペリメタゾーンとインテリアゾーンに区分する。ペリメタゾーンは、壁面から室内側に 3.16 m までの領域としている。

5.3 年間の空調負荷計算

1 年間の負荷計算では、冬期を 12 月から 3 月まで、夏期を 6 月から 9 月まで、その他の月を中間期としている。そして各月ごとに、晴れ、くもり、雨の 3 日分の気象データでその月の気象データを代表させて計算している。代表させた各日の時刻別室内熱負荷を求め、その熱負荷に 1 か月の晴れ、くもり、雨の出現日数を乗ずることによって、その 1 か月間の熱負荷を求めている。1 か月の気象データを、晴れ、くもり、雨の 3 日分の気象データで代表させたのは、計算量を大幅に短縮するためである。

室内熱負荷は、外壁、屋根、窓からの貫流負荷、換気負荷、窓からの透過日射負荷、室内発生熱負荷、及び壁体などの蓄熱負荷を 1 時間ごとに計算している。外壁と屋根からの貫流負荷は、日射と熱伝導の時間遅れを考慮した相当外気温を用いて計算し、ガラス窓か

らの貫流負荷は、室内外の温度差で瞬時に生じるものとした。取入れ外気負荷は、全熱交換器と外気調機を通過した後の外気を、室内空気温湿度に等しくするための熱量とした。窓からの透過日射負荷は、普通ガラスを透過する日射量を基準として、ガラス係数及びブラインドなどの遮へい係数を用いて計算している。空調開始時の蓄熱負荷については、代表的な気象パターンにおける間欠空調負荷と周期定常空調負荷との差を求めておき、蓄熱負荷が室内外温度差と日射量に比例するとして、計算している。

5.4 設備設計

設備容量計算には、各地方の過去 7 年間の気象データの内、超過確率 2.5% のものを用いている。ゾーンごとのヒートポンプの能力は、空調ゾーンごとに計算した室内熱負荷の大きさによって決定する。蓄熱槽、電気ボイラ、冷却塔などの各設備の容量は、水側熱負荷から求める。水側熱負荷には、ヒートポンプ及びポンプの軸動力による発生熱と配管熱損失を考慮する。開放形蓄熱槽の容積と電気ボイラの容量については、計算した水側熱負荷にもとづいて計算する。冷却塔の容量は、夏期設計条件における最大水側熱負荷を処理できるものとしている。

5.5 消費エネルギー量の計算

ヒートポンプ、電気ボイラ、冷却塔、加湿器、メインポンプについて、その消費電力量を求める。まず、ヒートポンプの消費電力量は、水側熱負荷と成績係数から求める。冷却塔は、水側冷房負荷と水側暖房負荷の差を処理するものとし、その運転率から消費電力量を求める。加湿器については、暖房潜熱負荷から求める。電気ボイラについては、蓄熱槽を利用した場合では 1 日の水側暖房負荷が水側冷房負荷を越えた量を積算し、密閉回路では 1 時間ごとに両水側負荷の差を求め、消費電力量を計算する。

先に述べたように、各月の晴れ、くもり、雨の出現日数を、時間ごと、及び 1 日の消費電力量に乗ずれば、各月更に年間の消費電力量が求まる。

6. 実測値と年間シミュレーション結果の比較

6.1 空調設備容量の比較

空調設備の容量について、Kビルに設置されたものの値と、Kビルをインプット条件としてシミュレーションプログラムで計算した値とを比較したのが、表 4. である。各階のヒートポンプの設備容量の値については、

表 4. 設置例の空調設備容量と計算値

設 備	設 置 例	計 算 値
ヒートポンプの 冷房能力 (kcal/h)	1 階	42.6×10 ³
	2 階	49.3×10 ³
	3 階	51.5×10 ³
	4 階	31.4×10 ³
	5 階	31.4×10 ³
	6 階	35.8×10 ³
	全館 入力 110(kW)	201×10 ³ 入力 75(kW)
メインポンプ(出力) (kW)	15.0	8.0
冷 却 塔 (kW)	10.2	9.2
	100(RT)	68.1(RT)
電 気 ボ イ ラ (kW)	50	57.3
蓄 熱 槽 容 量 (m ³)	18	32.1
外気導入ファン(出力) (kW)	3.7×2 台	—

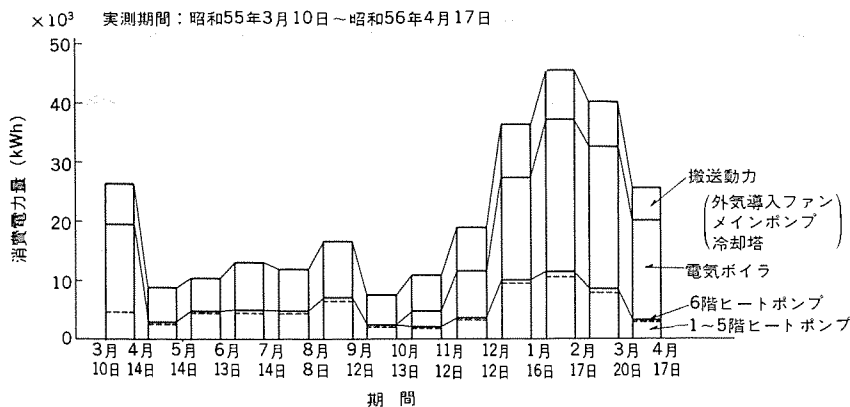


図 6. 各期間の空調設備の電力消費量の実測値

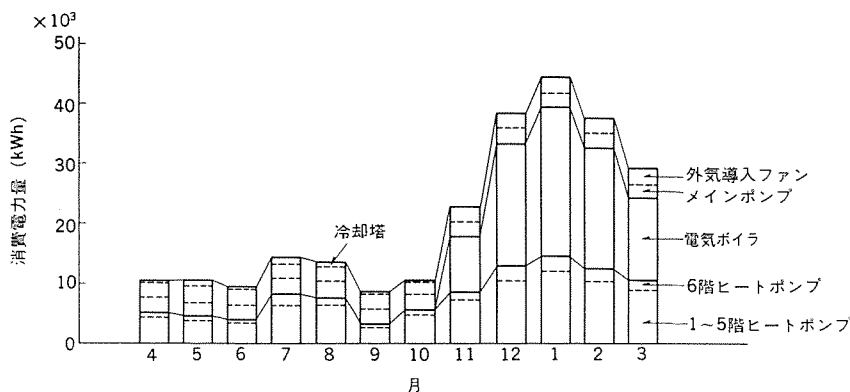


図 7. 各月の空調設備の電力消費量のシミュレーション結果

設置されたものの方が20%程度大きい。Kビルにおいて、空調開始後に室内空気温度が設定温度に達するまでの時間が若干短かったが、これは設置されたものの設備容量が、安全率を考慮しているためと考えられる。また、メインポンプの出力については両者にかなりの差があるが、ポンプの流量及び水配管の枝管やヒートポンプの配管での抵抗値の取り方によって違うものと思われる。冷却塔についても、最大冷房負荷の発生する日の外気湿球温度の取り方の違いによるものであろう。電気ボイラ能力と蓄熱槽の容積については、共に設置されたものの方が小さな値となっている。図1.に示した水回路の各点の実測温度を見ると、1月と2月においては、空調開始後数時間で蓄熱槽の熱量が使い果たされてしまい、後は電気ボイラだけで熱量を賄っている日がほとんどであった。このことから、寒い日が続いた場合には蓄熱量が不足することもあり、電気ボイラ能力又は蓄熱槽の容積を、設置されたものの値よりも大きくすることが必要である。Kビルの蓄熱槽は屋上に設置されているので、荷重制限又はスペース的な問題のために、その容積を小さくせざるを得なかったものと考えられる。

6. 2 年間消費電力量の実測値とシミュレーション結果との比較

約1か月ごとの各空調設備の消費電力量の実測値を図6.に、そのシミュレーション結果を図7.に示す。実測を行った昭和55年の夏は冷夏であったので、気象データと現実の気象条件の差が特に大きい。積算電力計の読取りは各月の中旬に行ったので、シミュレーション結果と半月ほどずれている。なお、図6.の搬送動力とは、外気取入れ送風機、メインポンプ及び冷却塔を意味している。

両者を比較すると、搬送動力の消費電力量については実測値の方が大きくなっている。これはメインポンプの入力値の差によるものである。ヒートポンプの消費電力量については、シミュレーション結果のほうが大きくなっている。これは、実際のKビルでは5階と6階のヒートポンプユニットの使用率が低かったのに対し、シミュレーションでは空調時間に全館すべてのヒートポンプユニットを運転していたためである。ヒートポンプユニットの実際の全館使用率が低かったので、電気ボイラの消費電力量は実測値のほうが小さくなるが、シミュレーション結果とほぼ等しくなっている。これは、蓄熱槽及び配管からの熱損失が予想以上に大きかったために、その熱損失の量だけ電気ボイラを運転したと考えられる。

月ごとの消費電力量とその1年間の変化を見ると、実測値とシミュレーション結果は、かなり類似していることが分かる。以上の結果からシミュレーションプログラムで計算したシステムの設計計算及び年間ランニングコストは、十分に信頼できる値であることが分かる。このシミュレーションプログラムの特長は、インプットが非常に簡単で、計算時間が非常に短いことである。ひとつの建物の年間シミュレーションに要する計算時間は、IBM 370/168の計算機で約5秒である。このように情報量の少ない簡単なインプットで、以上のような妥当な計算結果が得られることの意義は大きい。

7. む す び

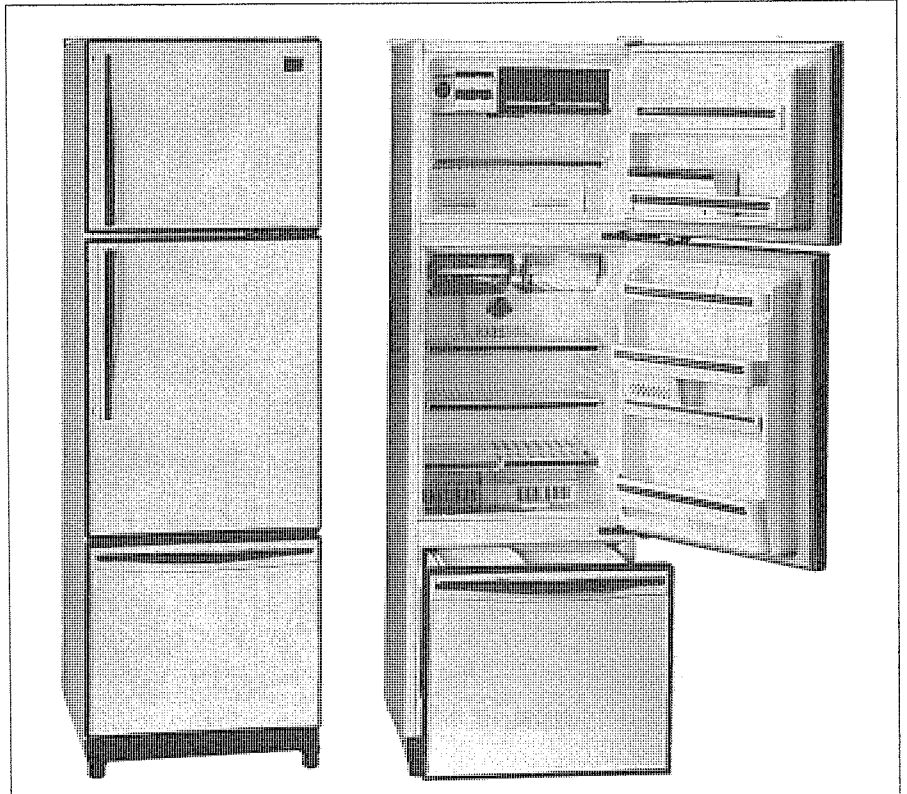
Kビルでのマルチセントラル空調システムの運転状況を調査することによって、熱回収という同システムの省エネルギー効果を確認できた。更に、この空調システムの電力消費量などの年間実測を行ったことにより、同システムの設備設計計算及び年間シミュレーションを行うプログラムの妥当性を実証できた。今後、システムの設計、評価研究、及び販売サービスにこのシミュレーションプログラムを役立てたい。

独立引出式野菜室つき、壁にピッタリつけられる

三菱冷凍冷蔵庫MR-2402V形3ドア

独立野菜室つき3ドア冷蔵庫のウェイトが、今シーズン2ドア冷蔵庫からの買い替えて急速に高まるものと予想されています。特に主力容量帯の230ℓクラスの冷蔵庫においては、3台に1台が3ドア冷蔵庫であると見込まれています。

このほど新発売したMR-2402V形冷蔵庫は、これらの需要にこたえて開発されたものです。本体の大きさは230ℓクラスですが、ロータリーコンプレッサの採用により、庫内の実質容積を240ℓにすることができたのをはじめ、広く大きく使える数々の工夫を凝らしております。このクラスの大きさの3ドア冷蔵庫として、理想的な形になるようモジュールから見直すとともにカラーにも新色を採用。買替え対象の主婦層をターゲットとした、明るく新鮮なデザインにまとめあげた全く新しい製品です。



特長

- すえつけスペースをとらない新モジュール。
既存の冷蔵庫スペースにすえつけ可能な、奥行600mm×幅550mmの新モジュールを採用。システムキッチンなどとピッタリ揃う奥行600mmに加え、フラッシュヒンジの採用で冷蔵庫の側面を家具などにピッタリすえつけても扉の開閉が可能です。
- クリスタルホワイトの新キャビネットカラー採用。
キャビネットカラーは、クリスタルホワイト、グリーン、ワインレッドの3色で、特にクリスタルホワイトはキッチンに明るさをもたらし、ハンドルの色調ともマッチするニューカラーです。
- ロータリーコンプレッサの採用で大形引出式野菜ケースを実現
冷蔵庫の心臓部に小形軽量、高効率のロータリーコンプレッサを採用。機械室を小さくでき、野菜室は62ℓとジャンボサイズを実現しました。なお、野菜室は扉ごと野菜ケースが引き出せるワンタッチ引出し式を採用しております。
- 新技術の採用で、より低消費電力化を実現。
高効率ロータリーコンプレッサをはじめ、冷蔵庫のON・OFFによるロス改善のための新冷媒回路MICLOSS(ミクロス)、低入力コンデンサファンモータなど、数々の省電力新技術を採用。このクラスの3ドア冷蔵庫では、最も少ない月間消費電力量27/27KWHを実現しました。
- 野菜ケースは清掃に便利な受け皿つき、冷凍室にも早変り。
野菜ケースの底には受け皿が付属しています。簡単に取り出せ、水洗いできますので、いつも清潔に使えます。また、野菜ケースはシャッタの切替えて冷蔵室としても使えます。もちろんビール大ビンも縦に入る大きさです。
- より大きく、冷蔵室にも使える数々の工夫を採用。
3ドア冷蔵庫では、冷蔵室の使いやすさも大きなポイント。この冷

蔵庫には次のような数々の工夫を施しています。

- (1)ドアスペースは、ジャンボポケット採用。
オープンポケットの採用で、このクラスの3ドア冷蔵庫では初めてビール大ビンが上下2段に合計9本入るワイドな設計です。
- (2)肉、魚を別々に貯蔵できる2個の低温ケース採用。
- (3)棚をとり外さなくても、大きなスペースが生まれる1・2・3(ワン・ツー・スリー)棚を装備。
- より静かに、数々の低騒音技術の採用。
- 背面スッキリ、壁にピッタリつけられるピッタリバッグの採用。

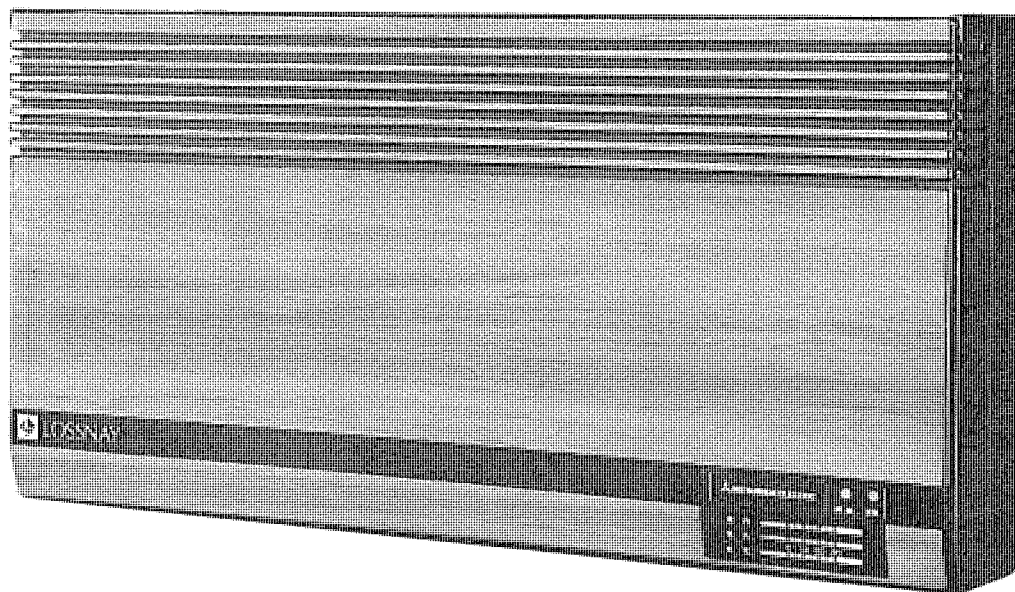
仕様

内容積(ℓ)	冷凍室	52
	冷蔵室	126
	野菜室	62
	合計	240
外形寸法(mm)	高さ	1710
	幅	550
	奥行(除ハンドル)	600
消費電力量 KWH/月 50/60Hz		27/27Hz
背面形状		ピッタリタイプ
コンプレッサ		ロータリーコンプレッサ
キャビネットカラー		クリスタルホワイト(MR-2402VW)
		ワインレッド(MR-2402VR)
		グリーン(MR-2402VG)
野菜室		引出式
ヒンジ形状		フラッシュヒンジ
		フリーズルーム
冷凍室		製氷皿(2個) フタ付野菜箱
冷蔵室		ジャンボポケット(ビール最大9本)
		低温ケース(2個)
		1, 2, 3棚
野菜室		フルーツケース 受け皿

スポット ライト

インテリア性を高めた

壁掛タイプ薄形《ロスナイ》



三菱電機では、このたび室内インテリア性を追求した壁掛タイプ薄形ロスナイを新発売いたします。このロスナイは、従来のロスナイにはみられない送風機配列と特殊形状ロスナイエレメントにより116mmという、エアコンなみの薄形化を実現しました。

また、省エネ効果が一目でわかる温度表示装置付ロスナイも新発売いたします。

特長

●インテリア性を追求した薄形、軽量化

インテリア性をより高めるために、ロスナイエレメント(熱交換素子)を菱形にし、さらに給気、排気にそれぞれ独立した2個の送風ファンを使用。116ミリという、エアコンなみの薄形化を実現しました。また、重量も本体のプラスチック化を図ることにより、従来機種に比べ30%強の軽量化を図りました。

●中間期の換気冷房運転の実現

2モータ2ファン方式の採用により、排気のみ運転ができ、冷暖

房していない中間期の換気冷房として、その効果が発揮できます。これにより、運転方式は、強制同時給排、強(排気のみ)強制同時給排、弱と3段切替えが可能となりました。

●取付工事も簡易

75mmの給排気用穴を2つ平行にあげ、壁に取り付け、屋外側はウェザーカバーを取り付ければ、取り付け完了。取り付けが簡単になりました。

●ロスナイ効果が一目でわかる温度表示装置付

3本の温度計を本体に組み込み、室内、室外、給気の温度を同時に表示することによりロスナイの省エネ効果が目で確認できます。

特性

給 排	周波数 (Hz)	ノッチ	消費電力 (W)	風 量 (m³/時)	熱交換効率 (%)	騒 音 (ホン)	重 量 (kg)
強制同時給排	50	強	45	70	55	42	6.5
		弱	23	52	58	35	
	60	強	53	80	53	43	
		弱	27.5	52	58	34	
排 気	50	強	23	70	—	39	6.5
	60		27	78	—	41	

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
910546	充電電流補償式表示線継電装置	菅井英介・海老坂敏信	910591	オプナイザ 放電電極	〔平林庄司・川上 剛 谷 功
910550	ワイヤレスライトペン	富川直博	910592	オープン 発生装置	〔山本吉彦・重信正広 桑原秀夫
910551	湯沸機の燃焼制御装置	野沢栄治	910593	オープン 発生装置	〔山本吉彦・重信正広 桑原秀夫
910555	通信制御方式	六島昭治	910596	プラズマ式映像表示装置	鳥取 浩
910558	サイリスタ 制御装置	熊野昌義	913902	シーケンス 制御装置	〔山中彪生・松本直巳 吉田日出夫
910559	低温ガス・プラズマによるエッチング 方法およびその装置	園部幸夫・榎本龍弥	913908	デジタル 計測装置	崎山幸二郎・茂木 充
910561	相対距離検出装置	葛西由夫	913917	電気 メッキ 装置	利藤尚武
910562	位相制御回路	川畑隆夫・杉元幸郎	913920	屈曲 コード	鳥山建夫
910564	表示線保護継電装置	菅井英介・海老坂敏信	913922	伝送項目数 チェック 方式	大 仲 悟・柳 沢 忍
910566	半導体装置	早坂吉昭・関根 宏	913925	抵抗溶接機用交換回路	大島征一
910573	サイリスタの点弧装置	光岡 宏・熊野昌義	913926	周波数 リレー	大野義隆
910574	半導体装置の製造方法	山上倅三・山田富久	913927	三相整流形直流 アーク 溶接装置	鵜飼 順・水野孝治
910576	汚泥凍結脱水処理装置	〔森口哲雄・本多敏一 松尾敏治	913929	エレベータ 用階床選択器	小沢靖彦
910579	メタルハライドランプ	〔土橋理博・馬場景一 菅野文夫	913932	赤色蛍光体	〔村上勝男・末高高幸 朝 長 朗
910580	円板形電磁 ブレーキ	大川明久	913933	試験装置	六藤孝雄・宮永英生
910586	裏波溶接方法	奥田滝夫・大峯 恩	913939	電力系統保護装置	鈴木健治
910587	溶接装置	大峯 恩	913942	超音波式衝突防止装置	渡辺幸康・高石 皎
910588	FET を用いた論理回路	山田憲正	913943	表示線保護継電装置	菅井英介・海老坂敏信
910589	磁気記録再生装置	田中邦磨・川辺貞信			
910590	電磁 ブレーキ 装置	武谷勝次・榎島信二			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 56 No. 6 大規模システム特集

特集論文

- 科学技術計算分野における《MELCOM-COSMOシリーズ》のネットワークシステム
- インテリジェント端末による建設機械物流オンラインシステム
- 東京電力㈱向け店所給電所自動給電システム
- 電力設備計画策定システム (CAPPS)
- 多端末 TSS 志向教育用電算機の授業援助システム
- 大阪府村野浄水場向け中央監視制御システム
- 東京都下水道局向け森ヶ崎処理場 (西) 監視制御システム
- 鉄鋼プラント用分散形高速 DDC システム

普通論文

- ベネズエラグリ第2発電所向け単相 268.5 MVA 800 kV 昇圧変圧器
- SVG (静止形可変容量調相設備) の開発と実係系運転試験
- VVVF インバータによる誘導電動機の速応制御
- 高揚程モジュラーエスカレーター
- 多機能形感熱高速ファクシミリ《メルファス 600》
- 冷媒加熱冷暖房機 (石油タイプ)

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 56 巻 5 号	
委員長	志岐 守哉	委 員	柴田 謹三	(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 5 月 22 日 印刷	
常任委員	三輪 進	"	立川清兵衛	昭和 57 年 5 月 25 日 発行	
"	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		
"	葛野信一	"	早瀬通明	印 刷 所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地	
"	井上 通	"	荒野 詰也	大日本印刷株式会社	
"	阿部 修	"	瀬辺国昭	発 行 所 東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号 (〒 100)	
"	桐生悠一	"	倉橋浩一郎	菱電エンジニアリング株式会社内	
"	野畑昭夫	"	小原英一	「三菱電機技報社」 Tel. (03) 218 局 2045	
"	的場 徹	幹 事	諸住康平	発 売 元 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒 101)	
"	尾形善弘	"	足立健郎	株式会社 オーム社	
5号特集担当 秋場 稔光				Tel. (03) 233 局 0643(代), 振替口座東京 6-20018	
				定 価 1 部 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)	



このたび三菱電機では、OA時代を先取りしたオフィスコンピュータの新シリーズ「MELCOM80 OFFICELAND」の新機種として、モデル8を3機種8モデル開発しました。ここでご紹介するモデル8は、従来のMELCOM80シリーズと完全な互換性を保ちつつ、処理性能の向上と省スペース化を目指して開発。その結果、性能、操作性が向上し、事務機とほぼ同じスペースで本格的な日本語処理のできるオフィスコンピュータとなりました。モデル8は、わずかなスペースで大きな処理能力を発揮するオフィスコンピュータです。

特長

●日本語処理の高速化

演算制御機構と日本語処理機構を分割し、高速な日本語処理が可能です。読みやすい日本語を使って迅速な事務処理ができます。

●親しみやすい明朝体の日本語

表示・印字とも24×24ドットの親しみやすい明朝体の字体を採用しています。4000字種分のフォントメモリを内蔵していますので、社章などの印字・表示も可能です。

●見やすいディスプレイ

画面上に漢字1000字又はカナ2000字を表示できます。

また、拡大文字も表示できます。したがって、誰でも操作できるように、きめ細かいガイダンスを表示することができます。

●OA時代にふさわしいニューデザイン

キーボードを使わないときには、事務機として使えるなど、OA時代にふさわしいさまざまなアイデアの盛り込まれたデザインです。

●省スペース化、軽量化

超LSI技術による64Kビットメモリ素子をはじめ、CRT制御用にカスタムLSIを用いるなど、高密度実装を図り、コンパクトなデザインで省スペース、軽量化に成功しました。

●工事不要の手軽さ

低消費電力ですので、特別な電気工事は必要ありません。そのうえ、事務機と同じ程度のスペースさえあれば十分ですから、どんなオフィスでも、すぐに高性能オフィスコンピュータを導入することができます。

仕様

中央処理装置	演算制御機構	使用素子 命令種類 演算方式	LSIマイクロプロセッサ 69種 2進化10進、2進固定小数点
	主記憶装置	使用素子 容量	64KビットRAM 64Kバイト
	日本語処理機構	使用素子 記憶装置	LSIマイクロプロセッサ、カスタムLSI 64KビットRAM・64Kバイト
	フォント記憶装置	使用素子 容量	64KビットRAM 288Kバイト
日本語ビデオ画面	大きさ	14形	
	表示密度 字体 表示字種 表示字数 拡大文字 表示色	24×24ドット 明朝体 日本語4000字種 (JIS第1水準を含む) 日本語1000字・カナ2000字 横2倍、縦2倍、4倍拡大文字 緑色またはカラー8色	
キーボード			JIS配列またはワンタッチスクリーン・キーボード
日本語シリアルプリンタ	印字速度 印字幅 複写枚数 その他	日本語40字/秒 カナ120字/秒 日本語88字/行 カナ132字/行 4枚 (オリジナルを含む) 字体、字種、拡大文字はビデオ画面と同じ	
	フレキシブル・ディスク	容量	1Mバイト×2台、増設2台可
オプション	通信制御アダプタ	通信速度 適用回線 通信方式 制御手順	300～19200ビット/秒 公衆回線、特定回線 半二重 BSCコンテンション
	カット紙フィーダ		単票フィーダ
電源		電圧 定格電流	単相100V (50Hz/60Hz) 5A
外形		重量 寸法	120kg 幅950mm 奥行700mm 高さ1060mm