

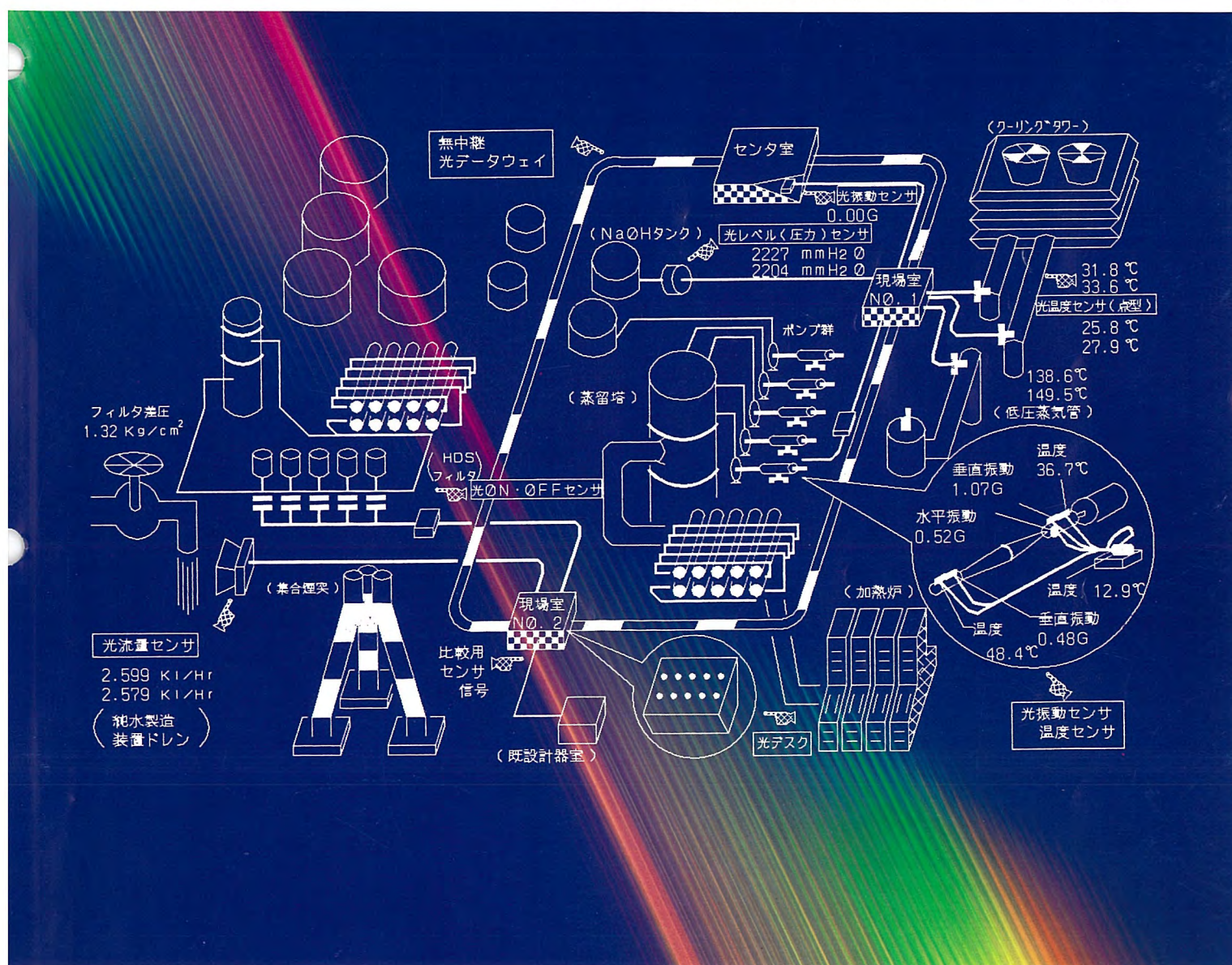
MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.60 No.12

12
1986

光応用計測制御システム特集



光応用計測制御システム特集

目次

特集論文

- 光大プロが拓いた時代…………… 1
島田潤一
- 工業技術院大型プロジェクト“光応用計測制御システム”…………… 2
田中正躬
- 光大プロに対する三菱電機の取組…………… 6
中原昭次郎
- 高速プロセス情報サブシステム—サブシステム全体構想—…………… 7
橋本 勉・外山守城・伊東克能
- 高速プロセス情報サブシステム—情報幹線系—…………… 12
大島一能・北山忠義・松井輝仁・吉良広文・伊東克能
- 高速プロセス情報サブシステム—情報支線系—…………… 17
伊東 尚・笠原久美雄
- 高速プロセス情報サブシステム—光応用計測系—…………… 21
高嶋和夫・金田 一・稲荷隆彦
- 集積形位相同期半導体レーザ…………… 27
生和義人・池田健志
- 光弾性方式振動センサ…………… 32
吉永 淳・進藤紘二・井田芳明・滝岡孝司
- 無中継広域伝送サブシステムの現場実証…………… 35
辻 順一・香川重光・平野昌彦・上住好章

普通論文

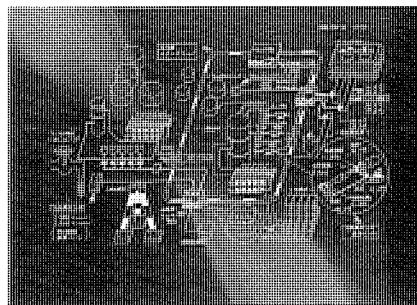
- 誘導形リニアモータ《MELLINER》とリニア駆動搬送装置…………… 44
阪部茂一・柳内芳彦・中本道夫
- 赤外線撮像素子冷却用スターリング冷凍機…………… 49
数本芳男・菅波拓也・野間口 有・清田浩之・竹之内 泰・沢田榮二
- 乗用車におけるオーディオシステムの音質評価…………… 53
早川富士男・日比野昌弘
- 図面管理ワークステーション…………… 58
寺沢昭夫・中崎勝一・石崎 貴・長島 清
- 画像伝送装置MVC-3000シリーズ…………… 61
久保 勤・今村恒浩・上澤 功・浅井光太郎・村上篤道
- 《MULTI 16》パソコンクラスタシステム…………… 67
山崎 眞・成岡祥匡・峯田照夫・田村敏之・岩間一男
- 特許と新案…………… 72
マイクロ波放電光源装置
- スポットライト…………… 71
ビデオテックス・ミニ情報センター（機能拡張形）VC300…………… 71
ダクト用換気扇 自動運転シリーズ…………… 77
FAコントローラ《MELSEC-LM》…………… 78
産業用ロボット《MELFAピックアップ・シリーズ》…………… （表3）
- 三菱電機技報60巻総目次…………… 73

表紙

光大プロ 現場実証システム

光大プロ 現場実証システムのうち、無中継広域伝送サブシステムの構成図で、CRTディスプレイ上に表示されている。

石油プラント内に設置された各種光センサからの情報は、ループ状の無中継光データウェイによってセンター室に伝送され、表示されたデータは時々刻々と変化する。



アブストラクト

高速プロセス情報サブシステム—サブシステム全体構想—
橋本 勉・外山守城・伊東克能

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P7～11

高速プロセス情報サブシステム（後に無中継広域伝送サブシステムと改称）は、通商産業省 工業技術院大型プロジェクト「光応用計測制御サブシステム」の一環として三菱電機（株）が受託した研究開発項目である。ここでは、その全体構想を概念設計段階における光応用技術の適用及び機能分割に関する考察並びに基本設計段階におけるシステム構成、目標性能及び工業プラントへの適用効果などに分けて記述した。

集積形位相同期半導体レーザ

生和義人・池田健志

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P27～31

3又は5個の半導体レーザを近接して形成した集積形位相同期半導体レーザに、Siサブマウントを介したJ-down組立法を採用し、室温で400mW、110℃で100mWの高いCW光出力を得た。また50℃において光出力100mW、デューティ比33%のパルス動作で寿命試験し、MTTF 1万時間以上を確認した。このレーザは通常のレーザと同様にGHz帯の高周波域まで変調でき、光ファイバ伝送用光源や計測用光源として今後の発展が期待できる。

高速プロセス情報サブシステム—情報幹線系—

大島一能・北山忠義・松井輝仁・吉良広文・伊東克能

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P12～16

高速プロセス情報サブシステムにおける情報幹線系は、無中継光データウェイを中心とした高速高信頼度情報伝送システムであり、受動型の光部品によるループ状の無中継光伝送路、バーストモード伝送を行う光送受信器、TDMA方式による $N:N$ 通信を行う光TDMAプロセッサ及び端末とのインタフェースアダプタにより構成される。ここでは情報幹線系の基本構成、主要諸元、特長などの概要を述べ、次に開発した主要な構成要素の詳細について説明する。

光弾性方式振動センサ

吉永 淳・進藤紘二・井田芳明・滝岡孝司

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P32～34

光ファイバセンサは高絶縁性、無誘導性など多くの優れた特長をっており、高電磁界、爆発性雰囲気などの悪環境下における計測に最適である。このたび、石油プラントなどにおける設備機器の状態監視、異常診断に適用するため、光弾性素子に偏・検光子を一体合成した光振動センサを開発した。本稿では、光弾性効果を利用した光ファイバ式振動センサについて、その動作原理、構成、構造、諸特性及び実フィールドにおける実証運転結果について紹介する。

高速プロセス情報サブシステム—情報支線系—

伊東 尚・笠原久美雄

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P17～20

昭和54年度から60年度にわたり情報支線系において開発を進めてきた同種多数の1ビット情報を時系列化して収集する遅延線方式光集線装置と、アナログ情報を順次アクセスして収集する多接点スイッチスキャナ方式光集線装置の構成、動作原理、特長及び性能について紹介する。また、実証試験として、日本鉱業（株）水島精油所の石油精製プラント内に敷設し運転評価した遅延線方式光集線装置の概要についても紹介する。

無中継広域伝送サブシステムの現場実証

辻 順一・香川重光・平野昌彦・上住好章

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P35～43

当社は、7年にわたる光大プロの研究開発の最終年度において、無中継広域伝送サブシステムの石油精製プラントにおける現場実証を担当した。実証システムは当社の総力をあげての推進体制のもとに構築され、所期の機能を実現し、高い評価を得て、光技術の新たな確立に貢献することができた。本稿では、実証システムの構成、現場における構築、システム機能などの、現場実証の概要について紹介する。

高速プロセス情報サブシステム——光応用計測系——

高嶋和夫・金田 一・稲荷隆彦

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P21～26

最近の各種生産プロセスラインの高度化と光ネットワーク化に対応して、多数多次元に配置された光センサ群の情報をベースに、上記ラインの状態を計測する状態計測方式を研究した。具体的にはインテリジェント化された分散型センサ端末である光ブリプロセッサと、光ファイバレーによる高速型の同時並列データ収集システムの開発を行った。更に前者に関しては実証システムを製作し、石油精製プラントにおいてテストした結果、所期の機能が確認できた。

誘導形リニアモータ《MELLINER》とリニア駆動搬送装置
阪部茂一・柳内芳彦・中本道夫

三菱電機技報 Vol.60・No.12・P44～48

リニアモータは直線運動が直接得られるダイレクトドライブの駆動方式として、最近広い分野で使われるようになっている。この論文ではFA、産業機駆動用として開発・シリーズ化を行った誘導形リニアモータ《MELLINER》の理論解析と特性について述べ、それを駆動源として使ったリニア駆動搬送装置の概要について紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 27 ~ 31 (1986)

A Phase-Locked Laser Array

by Yoshito Seiwa & Kenji Ikeda

Mitsubishi Electric has developed a five-stripe phase-locked laser array using junction-down mounting, Au-Si solder, and an Si submount that is capable of high-power continuous-wave operation. The output is 400mW at room temperature, and 100mW at 110°C. An aging test was performed at 50°C with the laser pulsed at 33% duty, and the mean-time-to-failure was found to exceed 10,000 hours. Like conventional single-stripe lasers, the phase-locked laser array can be modulated by high-frequency drive currents up to the GHz region. The new laser is expected to be used as a light source for fiber-optic communication and optical measurement.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 7 ~ 11 (1986)

The Conceptual and Basic Designs of a High-Speed Process-Data Subsystem

by Tsutomu Hashimoto, Moriki Toyama & Katsuyoshi Ito

High-speed process-data subsystems (also called nonrepeated wide-area network subsystems) are one of the research themes of the large-scale R&D of Optoelectronic Measurement and Control Systems project administrated by the Agency of Industrial Science and Technology of the Ministry of International Trade and Industry (MITI). Mitsubishi Electric has researched and developed this subsystem.

The article describes the overall concept of the subsystem, including functional partitioning, system architecture, performance objectives, use of optoelectronics, and applications of the subsystem in industrial plants.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 32 ~ 34 (1986)

A Fiber-Optic Vibration Sensor Using a Photoelastic Substance

by Kiyoshi Yoshinaga, Koji Shindo, Yoshiaki Ida, & Takashi Takioka

The highly resistive and noninductive properties of fiber-optic sensors make them superior to conventional electric sensors in many applications in the power and manufacturing industries. Mitsubishi Electric has developed an advanced all-in-one photoelastic sensor for vibration sensing in the monitoring system of an oil refinery.

The article describes the principle of operation, configuration, construction, performance, and field test results of this new sensor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 12 ~ 16 (1986)

A High-Speed Process-Data Subsystem: The Primary Information-Transmission System

by Kazuyoshi Oshima, Tadayoshi Kitayama, Teruhito Matsui, Hirobumi Kira & Katsuyoshi Ito

The primary data network of this high-speed process-data subsystem features high reliability and high-efficiency communications. It consists of loop-configured passive fiber-optic transmission lines equipped with optical couplers, burst-mode optical transceivers, TDMA processors for N:N communication, and interface adapters for data-terminal equipment.

The article briefly describes the network configuration, its principal parameters, and the station equipment design.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 35 ~ 43 (1986)

A Field Demonstration of a High-Speed Process-Data Subsystem

by Jun'ichi Tsuji, Shigemitsu Kagawa, Masahiko Hirano & Yoshiaki Uezumi

Mitsubishi Electric Corporation has supervised the development, manufacture, installation, and field demonstration of this nonrepeated wide-area network subsystem in an oil refinery. Recently, the demonstration was completed, marking the conclusion of seven years' development as part of a large-scale government-sponsored optical measurement- and control-system development project. All of the subsystem functions were confirmed to perform as intended, and the subsystem was well received by the plant personnel.

The article describes the configuration, functions, and field installation of the demonstration system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 17 ~ 20 (1986)

A High-Speed Process-Data Subsystem: The Secondary Information-Transmission System

by Sho Ito & Kumio Kasahara

From 1979 to 1985, Mitsubishi Electric developed two kinds of optical-sensing networks for this secondary information-transmission system. One type employs optical-fiber delay lines that tranform multiple on/off signals into an optical pulse train, and has already been demonstrated at the Mizushima Petroleum Refinery of Nippon Kogyo Corporation. The other type employs a multiport optical rotary switch to serially access fiber-optic sensors monitoring temperature, rotor vibration, gas leaks, etc.

The article reports on these optical sensing networks, their technical features, operating characteristics, and the demonstration system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 44 ~ 48 (1986)

MELLINER: A Series of Linear Induction Motors and Their Applications

by Shigekazu Sakabe, Yoshihiko Yanai & Michio Nakamoto

Linear motors, which feature direct drive based on straight-line motion, have recently been applied in a variety of fields. The article reports on the theoretical analysis and features of the MELLINER series of linear induction motors developed for factory-automation machines. An application of these motors as the drive device in a linear-motor drive carrier is also described.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 21 ~ 26 (1986)

A High-Speed Process-Data Subsystem: The Optical Sensing System

by Kazuo Takashima, Hajime Kanada & Takahiko Inari

A high-performance instrumentation system has been developed and an optical network constructed for use in manufacturing lines. Multiple sensors are employed in this multidimensional sensing system to enable measurements of line conditions.

Mitsubishi Electric has performed studies on a system for measuring plant conditions based on a high-speed data-acquisition system with an optical-fiber array and newly developed optical preprocessors. The optical preprocessors have intelligent functions that realize high-level distributed sensing. A demonstration system employing optical preprocessors was installed and proved efficient in tests at an oil refinery.

アブストラクト

赤外線撮像素子冷却用スターリング冷凍機

数本芳男・菅波拓也・野間口 有・清田浩之・竹之内 泰・沢田衆二
三菱電機技報 Vol.60・No.12・P49～52

赤外TVカメラの撮像素子は約 -200°C 程度に冷却する必要があるが、この冷却にスターリング冷凍機を開発した。冷凍機の性能として、 $1\text{ W } 77\text{ K}$ の冷却熱量で重量 1.7 kg 、消費電力 65 W 、クールダウンタイム8分の諸性能を得て、実用上十分な性能が得られた。本稿は、冷凍機の構造と特長、性能向上のための検討と試験結果、そして今後の課題について述べる。

画像伝送装置MVC-3000シリーズ

久保 勤・今村恒浩・上澤 功・浅井光太郎・村上篤道
三菱電機技報 Vol.60・No.12・P61～66

ダイナミック多段ベクトル量子化技術を用いた、画像伝送装置MVC-3000シリーズを開発、製品化したのでここに紹介する。この装置は、伝送速度を $56\text{ Kbps}/64\text{ Kbps}$ から 384 Kbps まで、 64 Kbps ごとにスイッチ切換ができ、NTSC/PAL両装置の接続を可能とし、音声、データをも多重化ができ、かつ高精細の静止画伝送機能を持っており、テレビ会議用としてトップレベルの能力をもっている。また、他システムへの応用が今後期待される。

乗用車におけるオーディオシステムの音質評価

早川富士男・日比野昌弘
三菱電機技報 Vol.60・No.12・P53～57

近年カーオーディオ機器の性能向上が進んでいるが、その再生音は車室の音響特性に大きく影響されることから機器特性の評価だけでは不十分である。今回実車で、機器と車室音場を含んだトータル再生系の音響特性を測定し、同時に再生音の聴感評価を行った。

音響特性と聴感評価結果との対応を調べることで、物理特性及び聴感の両面から再生音の特徴を明らかにでき、カーオーディオの音質改善に役立つことが確かめられた。

《MULTI 16》パソコンクラスタシステム

山崎 真・成岡祥匡・峯田照夫・田村敏之・岩間一男
三菱電機技報 Vol.60・No.12・P67～70

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムは、M5000/55EVをシステムサーバとし、複数台の《MULTI 16-III》を接続できる高性能なオンラインシステムである。このシステムには、ホストコンピュータの端末機能とマイクロメインフレームリンク機能がある。《MULTI 16-III》は、クラスタ端末エミュレータやOAソフトウェアなどを同時動作させて、多機能パソコンとして活用することができる。

図面管理ワークステーション

寺沢昭夫・中崎勝一・石崎 貴・長島 清
三菱電機技報 Vol.60・No.12・P58～60

図面管理システムの基本である図面管理ワークステーション（WS）について説明する。このWSは、入出力装置（A1又はA3）とWSが一体となったスタンドアロン（将来ネットワーク）タイプであり、図面の入力から、認識処理、イメージ・ベクトルの共通ハンドリング、そして出力まで一貫して実現でき、応用例としての図面入力編集装置について述べるとともに、ハードウェア構成、ソフトウェア構成についても合わせて詳述する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 61 ~ 66 (1986)

The MVC-3000 Series of Video Codecs

by Tsutomu Kubo, Tsunehiro Imamura, Ko Kamizawa, Kotaro Asai & Tokumichi Murakami

The article introduces the newly marketed MVC-3000 series of video codecs and their dynamic multistep vector-quantization technology. The codes feature transmission speeds of 56/64Kbps to 384Kbps with switching in steps of 64Kbps. They are compatible with both NTSC and PAL equipment standards, and can multiplex and transmit audio and data signals as well as high-resolution still images. The series represents the state of the art in teleconferencing equipment, and a wide variety of other applications is also envisioned.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 49 ~ 52 (1986)

The Development of a Stirling Cryocooler for IR Imaging Systems

by Yoshio Kazumoto, Takuya Suganami, Tamotsu Nomaguchi, Hiroyuki Kiyota, Tai Takenouchi & Kumeji Sawada

The sensing element of infrared television cameras must be cooled to about -200°C for proper operation. Mitsubishi Electric has developed a light-weight, highly efficient Stirling-type cryocooler for this application. The 1W, 77 Kelvin cryocooler weighs 1.7kg, has a power consumption of 65W, and achieves cooldown in eight minutes. The article describes the cryocooler's structure and performance, investigations aimed at improving performance, and test results. Future development themes are also discussed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 67 ~ 70 (1986)

The MULTI 16 Personal-Computer Cluster System

by Makoto Yamasaki, Yoshimasa Narioka, Akio Mineta, Toshiyuki Tamura & Kazuo Iwama

The MULTI 16 Personal Computer Cluster System is a high-performance on-line system consisting of multiple MULTI 16-III personal computers connected to an M5000/55EV system server. The system includes host-computer terminal and micro-mainframe link functions. The MULTI 16-IIIs can concurrently run the cluster-terminal emulator and OA software, permitting a variety of flexible applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 53 ~ 57 (1986)

The Evaluation of the Sound Quality of Audio Systems for Passenger Cars

by Fujio Hayakawa & Masahiro Hibino

The performance of car-audio equipment has been improved dramatically in recent years, but due to the strong effects of cabin acoustic characteristics on the reproduced sound, conventional performance testing is insufficient for evaluating this type of equipment. The authors have measured the total acoustic characteristics of the reproduction system, including both the equipment and sound field in the cabin, and simultaneously performed hearing evaluations.

By studying the relationship between the acoustic characteristics and the hearing evaluations, the authors were able to identify important physical and subjective features of the reproduced sound. These standards have been employed to improve the sound quality of car-audio equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 12, pp. 58 ~ 60 (1986)

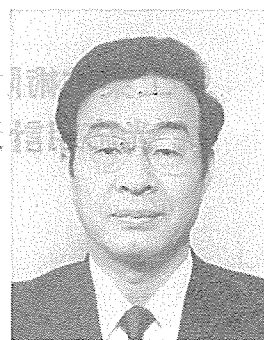
A Drawing and Archives Management System

by Akio Terasawa, Katsuichi Nakazaki, Takashi Ishizaki & Kiyoshi Nagashima

The article describes a workstation used for drawing and archives management. Designed to allow eventual incorporation in a network, this workstation is a stand-alone system with an integrated image I/O unit capable of handling drawings of either A1 or A3 size. The workstation can automate the entire management process with automatic functions for image input, recognition of vectors and symbols, and output. An application as an automatic input and editor system for drawings is introduced, and details of the hardware and software architecture are discussed.

光 大 プ ロ が 拓 い た 時 代

電子技術総合研究所 電子電波部長 理学博士 島 田 潤 一



「光」の字を見ないで日が暮れることはない、といってもよい程の昨今である。居間にもレーザがはいってきた。軒先まで光ファイバが届こうとしている。光産業の規模も1兆円に垂んとするまでになった。年率30%で成長する勢いである。光が或る面では技術力指標になっている。産業力指標になる日も遠くはあるまい。

しかし、光がここに至った軌跡は真直ではなかった。レーザが出現した1960年に続く数年間は期待に充ちた時代であった。各種のレーザがひきもきらず発振した。いろいろな応用が考えられた。しかし、すぐに焦燥の時代がやってきた。期待に反して実用品が生れてこなかったのである。ベトナム戦争も泥沼状態に陥り、汚れゆく地球に怖え、もはや技術に革新なしとまでいわれた社会的背景もあった。今日隆盛の一途を辿っているオプトエレクトロニクスの緒が開かれたのはこういう時代であった。三菱電機・須崎氏らによる半導体レーザにかかわる先駆的な仕事、今日の半導体レーザの礎を作ったベル研・林氏らの仕事、光ファイバの可能性に説得力ある示唆を与えたSTL・カオ氏の仕事、それを具現化したコーニング社・カブロン氏らの仕事が現れたのである。光通信技術に研究者は一斉にとびついた。しかし、これの実用性については懐疑論も多かった。関西電力などが世界に先駆けて実用化に踏み切ったが、大勢は慎重であった。このような状況の打開をはかるべく光大プロ（光応用計測制御システムの研究開発プロジェクト）が発案された。1977年のことである。

光大プロの技術的な狙いは、それまでのpoint-to-point光ファイバ技術からの飛躍にあった。そして、伝送路重点型の技術からノード重視型の技術への展開であった。そのために、半導体レーザの多様化がはかられた。

プロジェクトは機能の配分と独立性を考慮した五つの信号種別サブシステムを作ることを目標に進められた。実用にあたっては適用対象に応じてこれらシステムを適宜組み合わせるという方式である。いわ

ばキット方式である。これらの開発には、通信システムと半導体レーザの両面で有力な5社があたった。これらシステムは、センサベースシステムの形で構築された。センサ開発には他の多くの企業も参画した。単なる光通信システムの開発ではなく、光技術全体を吊り上げようというものであった。八ヶ岳型の開発スキームが採られたわけである。

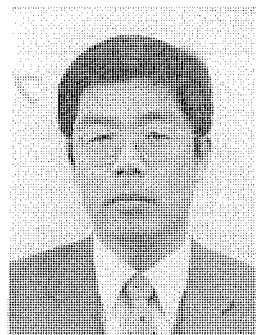
そして、7年間の過ぎた。この間、鉄鋼プラント用を想定して作られたシステムイメージも途中で石油プラント用に塗り変える必要が生じるなど、道は平坦ではなかった。にも拘らず、産業界もよくこれに対応し、多大な成果を挙げた。センサのいくつかは実証システムのイメージが固まってから開発が始められたものである。しかし、短期間に実装可能なものが仕上がった。

こうしてプロジェクトが終わってみると、時代は移ろいを見せていた。光通信と光ディスクというオプトエレクトロニクスの二つの目玉は取りあえず実用段階に入った。低中速LANは普遍化した。高速LANに視線が集まってきた。光ファイバセンサに関する国際会議が開かれるようになった。三菱電機・布下、久間両氏によって世界初の光ファイバセンサに関する本も著わされた。このプロジェクトで作られたOEIC（オプトエレクトロニックIC）という言葉が世界で使われるようになった。家元である日本では第2世代のOEICを開発しようという官民共同出資の会社が発足した。オプトエレクトロニクスは多様化の時代に入った。この光大プロが目指した時代になってきた。光大プロも新しい時代を切り拓くに多大の貢献があったと信じるゆえんである。

今、光大プロの成果をまとめる時がきた。しかし、これは物事を閉じるためのまとめではなく、新しい飛躍への足場作りであると考えたい。このまとめの場も次の時代について語るフォーラムとなることを期待してやまない。

工業技術院大型プロジェクト “光応用計測制御システム”

科学技術庁原子力局 技術振興課長
(前 通商産業省工業技術院研究開発官) 田 中 正 躬



— は じ め に —

通商産業省の工業技術院では、大型工業技術研究開発制度（いわゆる大型プロジェクト制度）にもとづき、昭和54年より「光応用計測制御システム」（光大プロ）の研究開発を昭和60年まで推進してきた。このプロジェクトは、この7年間に約157億円を費やし、民間企業及び財団法人光産業技術振興協会からなる研究組合、電子総合技術研究所さらに研究組合のもとに設けられた光技術共同研究所が研究開発の推進主体となり、大学を始めとする学識経験者の意見を反映させながら進めてきた産—官—学の連けいによる大プロジェクトであった。

大型プロジェクトは、既に20以上の技術分野が取り上げられ、要素技術の開発とそれらの成果を組み合わせた実証システムの実施を前提としてきた。研究組合に属する個々の企業内にプロジェクトとして取り上げた技術分野の研究の核が作られ、その核は、ある場合は国からの委託により研究を行なうし、またある場合は自社研究として研究が行なわれる。国のプロジェクトの性格として近未来の技術分野が取り上げられるため、「光大プロ」の長い研究開発期間を経たあとには、1つの新しい技術の領域が作られることとなる。光大プロの場合は、共同研究所を持つことによってOEICという新しい技術領域の創生にさらに強い圧力がかかり、さらに電子総合技術研究所の貢献もありプロジェクトの終了後には、オプトエレクトロニクスに関する広く、また新しい技術の領域の拡大に大きい貢献が出来た。この新しい技術のフロンティアは、今後直接あるいは複雑な技術関連性を経ながら、個々の企業によって商業的な利用機会に結びつけられ、ひいては経済社会のニーズに応えることとなる筈である。

筆者は、偶然、工技院において本プロジェクトの研究管理の任を受けた最後の研究開発官であり、以下私見を混じえて本プロジェクトの目的、経緯、成果等を述べることにする。

— 目 的 —

工技院によると大型プロジェクトとは次のような要件を備えるものとされている。「国民経済上重要かつ緊急に必要とされる大型工業技術であって、その研究開発に多額の資金と長期の期間を要し、かつ多大の危険負担を伴うために、民間業界を主体とした開発では実施し得ないものについて国が所要資金を負担し、産業界、学界等と

の密接な協力体制のもとに計画的かつ効率的に研究開発を実施するために設けるもの」。

本「光大プロ」がスタートする前の時点で、伝統的な光技術と電子技術が接点を持つ分野—すなわちレーザ光をもとに通信分野だけでなく、計測技術、制御あるいはプロセス技術といった分野に多くの可能性が期待出来ることが明らかになっていた。昭和55年に通産省内に光産業懇談会が設けられ、新しい光の技術体系をもとにした光産業の範囲が定義されている。これによると光産業とは、レーザ、光ファイバー、光IC等の材料部品を提供する分野、光計測、光加工、光通信、光ディスク等の機器を主製品とする分野、さらに光情報伝送システム、光計測制御システム、光情報処理システム、光エネルギー応用システム等のシステムを構築する分野の製造業であるとされており、懇談会によるとこの定義による光産業の市場は当時(1980年)823億円、これが1985年には9,000億円、1990年に2兆円、今世紀末には12兆円と飛躍的な発展をとげるとの予測がなされている。これら光産業を構成する技術要素を図示したものが図1.である。これら多くの技術的な関連を持つ分野で、とくにオプトエレクトロニクスをベースにした光による計測制御に係る技術の分野が国が取り上げるべき分野として、その重要性が認識された訳である。オプトエレクトロニクスは、単に電子技術と光学技術を結合させることにとどまらず、従来のエレクトロニクス技術を凌駕する新しい情報処理技術への展開が期待される重要技術であったからである。光の計測制御システムは、電線の代りに光ファイバを用い、電流の代りにレーザ光を用いて計測、伝送、制御を行なうシステムである。これらのシステムを用いることにより、生産活動に関しては、石油精製業、鉄鋼業等におけるプラント内の計測・制御の高度化や、環境の監視を可能とし、さらに分散処理化の進んだ総合情報計測制御システムの構築に必要な高速大容量情報伝送も可能にする。さらに、光のシステムは、中小企業の工業団地における環境対策・防犯・防災などの共同管理システム、大規模ビルにおける人・物の流れあるいは設備、エネルギーの管理、研究所における多種多様な実験、試験データの伝送、機器の制御及び情報管理検索、病院における自動診断などの医療計測にも効果が発揮出来ることが期待された。光大プロの進展とともに、光を応用した計測制御は、ほぼこのような新しい応用面が開拓されつつあるのが現状である。

このような計測・制御に係わるシステムの開発は、勿論重要な研究

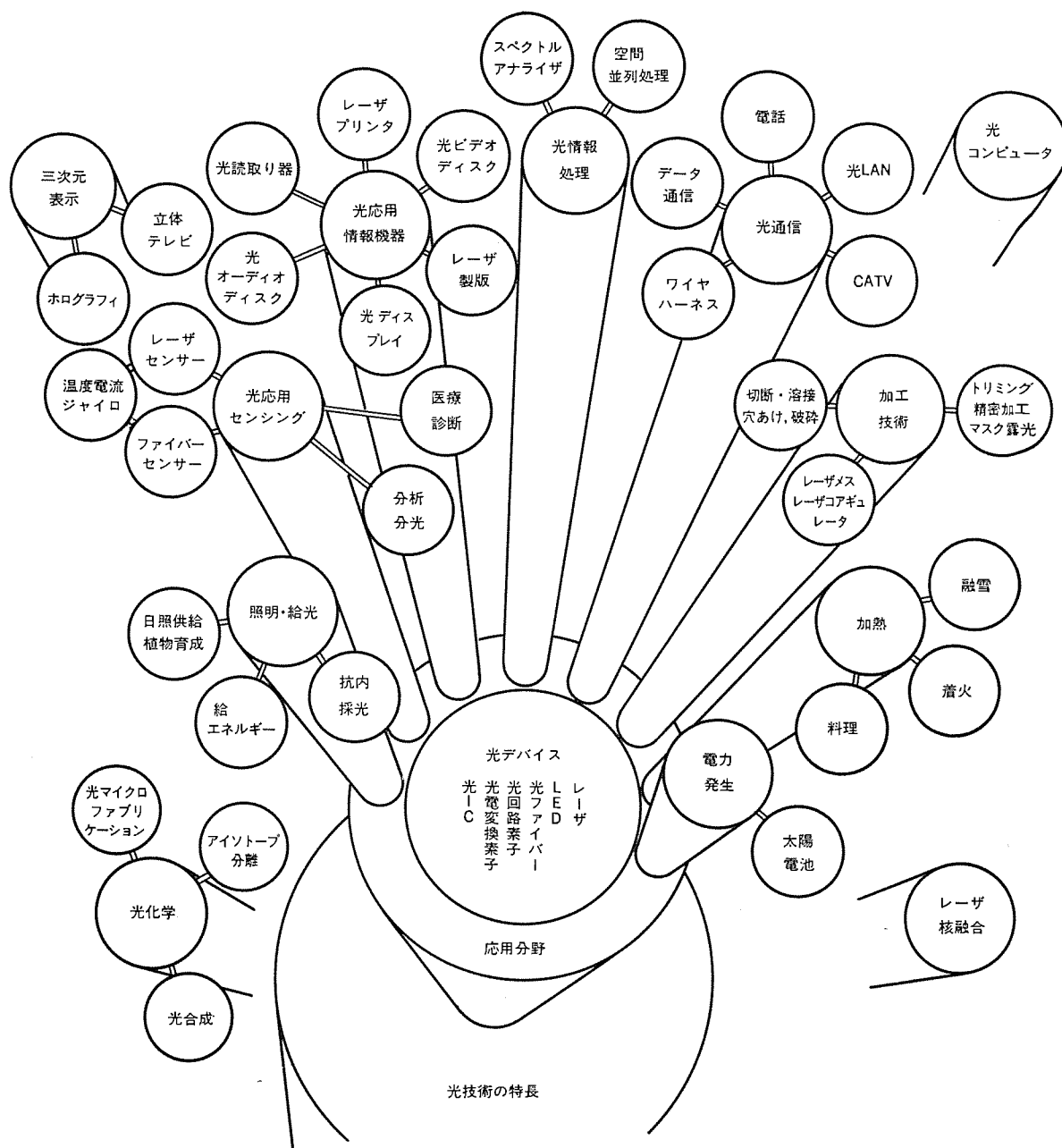


図 1. 光産業を構成する技術

開発の目標であったが、要素技術としての各種の半導体光素子、光伝送路技術、光センサー等の研究開発を如何に行なうかが「光大プロ」を開始した時点での最も大きな課題であった。半導体レーザーは1970年にベル研究所で始めて発振が行われて以来、多くの研究がなされ、(イ)高速化、(ロ)波長域の拡大、(ハ)高出力化、(ニ)波長の安定化、(ホ)低しきい値等に向けての高性能化が行われてきた。「光大プロ」の開始当時は、32 Mb/s 程度の光通信システムが国内外で導入され始めた段階であったし、(ロ)～(ホ)にかけても多くの開

発要素があった。また「光大プロ」を特徴づけた光・電子集積化素子(OEIC)は、初歩的なデバイスの基礎的検討がなされたばかりであり、きわめて挑戦的な技術課題であった。

以上のような経済社会的な要請及びそのニーズに応えるためのシステムの開発、さらにその中核となるOEICを始めとするデバイス等の要素技術の開発を如何なるスケジュールで如何なる体制で行なうかが産業技術審議会大型技術開発部会光応用計測制御システム分科会(主査：田中昭二教授)で審議され、研究開発の目標が定められ、

具体的な研究開発がスタートすることとなった。

一研究開発の体制とその概要—

研究は図 2. にあるように昭和 56 年 1 月に設立された光応用 システム 技術研究組合が中核となり官・民一体の開発体制がとられ、同組合には電機、電線、計測器などのメーカー 14 社と財団法人光産業技術協会が加わり、研究開発を分担した。さらに同年 10 月には組合の下に光技術共同研究所が設置され、光電子集積回路 (OEIC) の開発に取り組んだ。電子技術総合研究所では、光要素技術のうち

長期的な観点から開発の必要な光素子技術及び光回路技術を中心に研究を進めた。とくに、光共研を中心に 50 人を超える各企業から派遣された研究者間で十分な共同研究が行なわれたほか、西独の研究機関—ベルリン 工科大学、マックス・プランク 研究所等と研究用試料の交換と相互評価あるいは米国の大学から長期滞在の研究者を迎えて共同研究を行なうなど、人材および情報の交換を欧米諸国と密接に行なうことにより、国際的にオープンな研究体制がとられた。

研究開発の実施経過は表 1. に示すとおりであるが、第 1 段階は、光による計測制御システムを、画像情報の計測伝送に関するもの、プ

ロセス量の計測・制御に関するものなど 5 つの機能別サブシステムに分けて開発を行ない、第 2 段階はこれらの成果をもとに実証システムの開発を図るため石油精製工場を選択して総合運転実験を行ない必要な技術を確認した。これらのサブシステムを構成するデバイス等の研究については、昭和 54 年度から 60 年度まで全研究期間にわたり、素子の開発、改良、システムへの実装化研究が行なわれ、とくに昭和 59、60 年度は、石油プラント用の各種の光センサが開発された。本プロジェクトに係る要素技術は、多岐をきわめ、通常用いられていた素材、加工方法あるいはプロセス技術に加え、まったく新しいアイデアが投入された。研究は、おおむね、材料の選定のような所から始まり、①比較的簡単な素子あるいはセンサーの部品をつくり、多くの試行錯誤を加えながら、複雑なものへ移ってゆく。あるいは、②いくつ

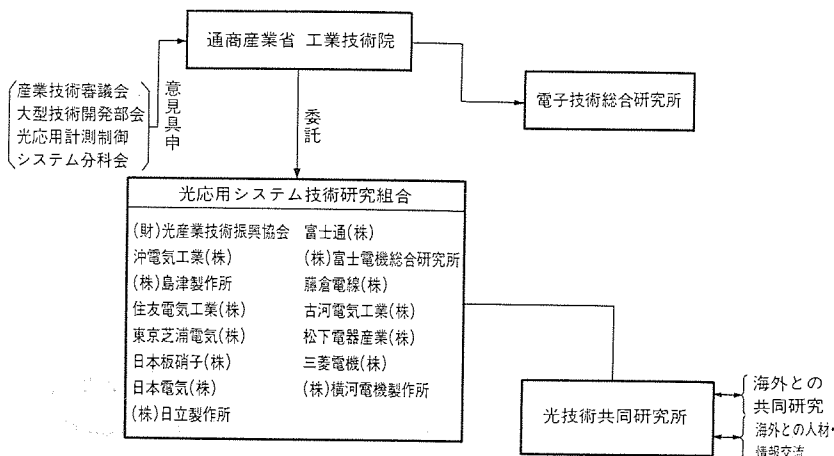


図 2. 「光大プロジェクト」の研究開発体制

表 1. 研究開発経緯

(単位: 百万円)

研究項目	年度	研究区分	54	55	56	57	58	59	60	合計
実証システムの研究		電子総合研究所開発費								
		民間委託費		21	20	21	35	454	1,841	2,392
光技術応用のための確認実験		開発費								
		委託費					95	267	349	711
機能別サブシステムの研究 [画像情報処理 広域監視制御 無中継広域伝送 複合プロセス情報処理 高速情報管理]		開発費								
		委託費	28	34	65	533	837			1,497
光要素技術の研究 光電子集積回路素子 発光素子 伝送素子 光センサ 光回路素子		開発費	23	291	247	289	299	232	208	1,589
		委託費		580	2,086	2,395	2,066	1,374	1,040	9,541
合 計		開発費	23	291	247	289	299	232	208	1,589
		委託費	28	635	2,171	2,949	3,033	2,095	3,230	14,141
		その他	0	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	2
		計	51	927	2,418	3,238	3,333	2,327	3,438	15,732

表 2. 特 許 出 願 件 数

年 度	54	55	56	57	58	59	60	計
総 件 数	16		45	102	141	96	74	474
電 総 研	6		4	11	3	9	5	38
光 組 合 (光共研)	10		41 (4)	91 (28)	138 (54)	87 (22)	69 (21)	436 (129)

の選択肢を設けて次第に焦点をしぼるなど多くのアプローチがとられた。とくに OEIC の開発は、本プロジェクトの中核になるデバイスとの認識のもとに、光技術共同研究所を中心に、集中的な資金及び人材の投入が行なわれ、デバイスの開発に必要な、基板結晶成長技術、プロセス技術及び結晶プロセス評価技術に関して集中的な研究がなされた。

また電子技術総合研究所では、半導体光素子、誘電体光素子、光ファイバー等に関する研究が行なわれたが、本研究所では、個々の素子の開発完了よりも、革新的な素子を開発するための基盤技術の研究が行なわれた。

とくに昭和60年度においては、「光大プロ」の総仕上げとして研究開発の成果を、石油精製工場に実際に適用して実証研究を行なう試みがなされ、岡山県水島に立地する日本鉱業の製油所を具体的なサイトを選び、温度、圧力、振動センサーなど光を用いたセンサーあるいはイメージファイバーを石油精製プラントに実装するとともに、工場を画像により広域監視するためのシステム及び無中継の広域伝送システムを実際に適用して、多数のプロセス情報に関して信頼性の高い伝送が行なわれることが確認された。現在光を用いた情報システム(LAN)は、製造業に関して言えば、鉄鋼業、電力発電所等に導入された例はあるが、化学あるいは石油精製工場のように高度なプロセス制御が必要な分野で実証システムの研究が行なわれたことは意義が大きい。

一研究開発の成果一

光システムは、レーザー光が持つ広帯域の低損失伝送を最大限に生かした大量の大規模な伝送に必要な技術開発のほかに、光のもつ各種の機能、特徴を有効に利用するために必要な発光受光素子の高信頼性、高度化をはじめとして、ネットワークノードの部分を構成する各種の光素子あるいは各種のセンサーなど多方面にわたる研究項目が存在する。「光大プロ」は、とくに後者の広範な技術分野を個々の要素技術について体系的にブレークスルーすることにより、大きな技術的フロンティアの拡大をねらったものである。大型プロジェクトは国による民間への委託制度と国立の研究機関が自ら研究を行なうことから、その成果は特許、ノウハウまで含めてすべて国に帰属することとなるが、7年間にわたる特許の出願件数の推移をみると表2. のようになり57年度頃より大きな成果が上がっていることがわかる。研究開発の評価委員会(昭和60年10月設置 大越孝敬教授主査)による報告書(昭和61年8月)によれば、本プロジェクトのスタート時に設定された研究開発の目標は、十分達成されており、「光大プロ」は多くの点できわだった成果が上がったと評価されている。国際的にオープンな体制の下で、民間企業よりなる研究組合が共同研究所をつくり、OEIC という新しい概念のもとに新しい技術の領域がつけられたことに内外から多くの賞賛が与えられたが、いくつかの主要な成果を評価報告書によって拾ってみると以下のようなものであろう。

(1) OEIC に関しては、基板結晶の大口徑化を図るため LEC 法の抜本的な改良がなされ、無添加無転移の Ga-As 結晶が得られたことさらに集束イオンビームを用いたイオン打込み装置の開発、真空一貫プロセス装置の開発など新しいプロセス技術が開発され、これらの技術と合せて結晶の薄膜の総合的評価技術が確立した。個々のデバイスについてみると、可視光あるいは波長をうまく制御出来る半導体レーザーさらに100 mW 以上で横モードを長時間制御出来る高出力の半導体レーザーなど世界的レベルから見ても革新的な素子が開発され、変調速度 1 Gb/s 以上の高速の OEIC や多チャンネル光信号の高速スイッチングのように今後のすう(趨)勢と思われる OEIC の目途がついた。

(2) 光を用いるまったく新しい温度、圧力、振動等のセンシング技術やセンシングが可能なファイバー、あるいは高性能のイメージファイバーといった多機能ファイバーが開発された。また伝送路についても赤外の波長帯域のものや、使用条件の厳しい所でも使用可能なファイバーが開発された。

(3) 新しい誘電体材料である PLZT による光スイッチ、高い回折効率を持つホログラムレンズの開発が行なわれた。

(4) 最後に、システム関係について言えば、25チャンネルの並列デジタル光伝送システム、百万画素以上の高品質画像を処理、頒布するシステム、5波長多重リンクによる並列伝送システム及び多数のステーション間を高速で無中継伝送するデータウェイについて世界的に見てもトップレベルの成果が得られている。

一お わ り に一

「光大プロ」が実施された期間は、国の財政事情が悪化して当初の計画どおりに予算を確保するのが大変むずかしい時期であった。また技術進歩の著しいエレクトロニクス分野で、当初設定した開発目標を7年間も維持してゆくのも仲々むずかしい。当然のことながら多くの議論がなされ、方針が変わり多くの研究者は果してほんとうにいい環境で研究が出来たのかどうか疑わしい。また筆者が研究開発官を行なっていた時代に、欧米の研究者からの共通の指摘は、何故相互に競争相手にある企業が国の旗じるしの下とは言え、いい協調の下に研究が進められるのかということである。多くの発散してしまいそうな要因にもかかわらず、多くの成果をあげ「光大プロ」が終了したことは、まことに幸いなことであろう。

光大プロに対する三菱電機の実組

前 三菱電機(株) 情報電子研究所 所長 工学博士 中 原 昭 次 郎
(現 宇宙通信株式会社副社長)

エレクトロニクスにおいて、電子が果たしてきた諸機能を光によって実現するのみならず、電子が果たし得なかった新たな機能をも達成することを目的とした工業技術院 大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」(以下、光大プロとよぶ)で、当社は「高速プロセス情報サブシステムの研究開発」とその要素技術である「高出力半導体レーザの研究開発」の委託を受けた。

このサブシステムはプラント内に散在する各種プロセス情報を、最寄りのステーションに集めて、TDMA方式の無中継光データウェイで高速に伝送し、プラントを制御するものである。以下、このサブシステムに対する取組について述べる。

まず、開発における基本的な考えは、“光大プロの目的に沿って、できるだけ多く光の機能を活用したシステムを構築して、光産業発展の基盤を作る”ことである。開発の初期においては、鉄鋼プラント用を想定したが、開発される要素技術は特定のシステムに限定されるものではなく、広く色々なシステムにも適用されるものであるとの観点から、システム構成でも鉄鋼プラントにこだわることはなかった。

サブシステムは三つの系、すなわち情報幹線系、情報支線系及び光応用計測系から成っており、プラント内に散在するプロセス情報を情報支線系、光応用計測系で最寄りのステーションに集収し、情報幹線系によって伝送、制御を行っている。情報幹線系の中核をなすのは、TDMA方式のループ状無中継光データウェイである。これは各ステーションで伝送されてきた光電力の一部を取り出し、残りはそのまま次のステーションへ伝送するもので、ループ内に中継機能を含まないの、信頼性、応答性の面で従来形式より非常に優れたものである。しかし各ステーションで光電力の一部が取り去られるので、通過するステーションの数が増えると光の減衰が大きくシステムが動作しなくなる。したがってステーションを多くするには、送信光電力を大きくする必要があり、ステーション数を20局とすると、100mWの光電力を出す半導体レーザが必要である。

100mWの半導体レーザの開発にあたっては、将来光集積回路への展開も考えて、複数個の半導体レーザを近接して形成し、相互に結合させた位相同期形をとった。

また、光データウェイの信頼性を向上させるために、伝送路等の断線障害の場合、直ちに障害を検出して、自動的に復帰する方式を採用した。

情報支線系としては、プラント内に散在する多数の接点情報を、伝送路内に電気回路を全然含まず、すべて光によって収集する全光情

報収集方式をとった。これは信頼性のみならず安全性の面でも非常に優れている。

光応用計測系は、将来の計測システムとして有望視されている多数多次元に配置された光センサ群の情報をベースに、プロセスラインあるいは機器の状態を計測する方式をとった。

以上の研究開発を遂行するには、多くの関連部門の参画が必要であり、社内にもプロジェクトを設置して、研究を推進した。参画した部門は4研究所と5製作所に及び、相互の連絡、進捗の確認などのために、初期のころは2か月に1回、後期には月に1回の割合で、光大プロ企画推進会議を開催して、研究開発の円滑な推進を図った。開催回数は7年間で59回に達し、情報幹線系、支線系、光応用計測系についても、同様の運営を行った。

このプロジェクトは昭和54年度から始まり、58年度からトータルシステムの中で石油プラント機器の振動を計測する「光振動センサの研究開発」が当社に委託された。59年度にはサブシステムの名称が「無中継広域伝送サブシステムの研究開発」に変更になり、「高速プロセス情報サブシステム」で開発した技術を石油精製プラント内に構築する実証システムにおいて、その有効性を実証することになった。更に、60年、61年の2年間で構築、実証する予定であった実証システムの研究開発が1年間に短縮された。そして実証プラントの構築場所として、日本鉱業(株) 水島精油所が選定された。実証システムの構築にあたり、当社は無中継広域伝送サブシステムを石油精製プラント内に構築して、光大プロで開発された光センサをプラント内の機器に取り付け、そのデータをセンター室に伝送・表示することを担当した。

実証システムは、61年2月20日から約1か月間、関係部門に公開された。その結果は非常に好評であった。

以上、7年間の光大プロ研究開発を振り返ってみて、光大プロの残した足跡の大きさには感嘆するばかりである。この間、光ファイバ通信の驚異的な発展は言うまでもなく、計測、制御分野でも光技術の普及は目覚ましく、更には光ディスク、CDなど日常生活の中でも、光技術は用いられるようになり、光大プロの夢も一步一步着実に実現されつつあることは、光技術にたずさわる者にとって非常に大きな喜びである。

最後に、光大プロを企画・推進いただいた通商産業省 工業技術院開発官をはじめ、ご指導、ごべんたつをいただいた皆様に厚くお礼申し上げます。

1. ま え が き

高速プロセス情報サブシステムは、同種多数のセンサ・アクチュエータ情報をデータウェイ方式により無中継で高速に収集・伝送し、プロセスの制御を行うことを可能にするシステムの開発を目的とし、工業技術院大型プロジェクト「光応用計測制御システム」(光大プロ)の一環として、研究開発が行われた。

本稿では、この高速プロセス情報サブシステムの構成決定に至る概念設計及び基本的なシステムパラメータを決定した基本設計の概要について説明し、この特集号の他稿においてその詳細を述べる高速プロセス情報サブシステムの構成要素である情報幹線系、情報支線系及び光応用計測系の3系の序論とする。具体的内容として、このサブシステムへの光技術適用、システム構成と目標性能の設定、サブシステムの工業プラントへの適用などについて記述する。

2. 光技術適用の考え方

光技術が社会・生産システムに寄与できる能力には、①情報伝達、②情報検出(計測)、③情報処理、④エネルギー伝送の四つが存在する。これらの能力を単独で使用するのではなく、組み合わせて使用して相乗的な効果を発揮させることを期待してサブシステムの概念設計をスタートした。

一方、社会・生産システムでは、その総合化、大規模化、広域化に対するシステム構成法として、信頼性、高速性、拡張性などにおける有利性から、分散処理化の方向にある。そのため、各処理装置間の通信伝送技術はシステム構築に不可欠である。また、社会・生産システムにおけるセンサは、一般には過酷な電磁環境下に設置されることが多く、そのセンサ情報の正しい伝送はシステムの信頼性にとって必ず(須)である。

このようなシステムにおける情報伝送の第1次機能は、①高速伝送であるが、プラントの誤動作や停止による社会的影響、経済的被害の甚大さを考慮すれば、②高信頼性が不可欠であり、またシステムの追加変更に対する、③融通性・拡張性や、④操作性・保守性も間接的に信頼性を向上するものとして強く要求される。更に、高速伝送機能に対しては分散化ネットワークに適した $N:N$ 通信を主にしたアプローチを行い、センサ情報については速度的にバランスした階層化された伝送路構成をとり、システムの信頼性を高めることに注力する。ここで無誘導伝導帯域という光ファイバの優れた能力が最大限に活用される。

また、社会・生産システムでは、視覚的なセンサで計測すべき対象や多数点の計測と面的に広がった情報の計測など、従来の計測法では実現しがたい計測技術の開発に対する期待が高まっている。これに対応して多数センサによる機器の状態計測により、システムの安全操業を実現し、安全で生産性の高い社会・生産システムの建設に寄与する。なお、光技術の情報処理能力及びエネルギー伝送能力は、計測あるいはセンサ・アクチュエータに対して最も効果的な能力と考えられる。

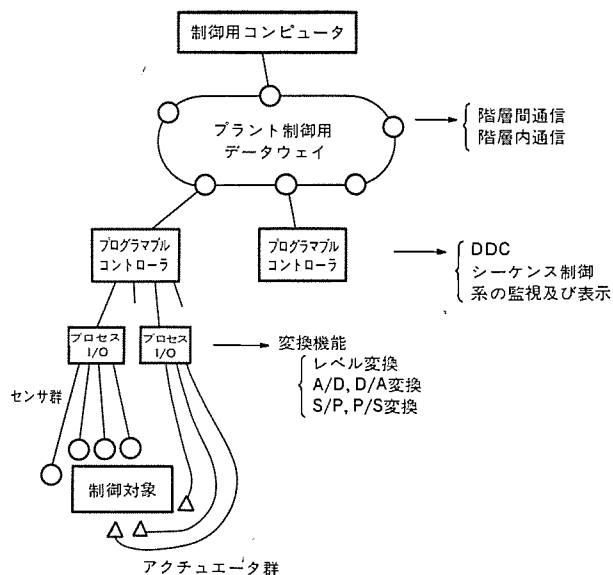


図 1. 工業プラントにおける情報処理ネットワーク

しかし、前者は今回の光大プロの目標範囲外であり、後者は十分な出力の光源及び適用するセンサ・アクチュエータが無く、以後の検討から除いた。

3. 基本構成と光技術の適用—サブシステムの概念設計

3.1 工業プラントにおける制御技術の動向

社会・生産システムの中で工業プラントは、最も光技術の適用による効果が顕著にしかも早期に現れると期待される。工業プラントにおける光技術の適用領域は、情報処理ネットワーク、プロセスI/O及び計測系である。これらの適用領域の技術動向は、次のようなものであるとして光技術の適用法を検討した。

3.1.1 情報処理ネットワーク

工業プラントの情報処理機能は、生産手順の制御を行う「制御機能」とそのプラントや制御装置の状態を監視する「監視機能」に分けられる。情報処理ネットワークは、図1.に示すようにこの制御及び監視機能が十分に達せられるように、制御対象からセンサにより計測した情報及び制御を制御対象に加えるアクチュエータ情報や制御情報を、各装置に適した形に処理変換し、伝送する役割を果たす。

制御機能においては、制御技術の高度化により高次の制御が要求され、また、監視機能においては人間の五感(特に視覚)の代替装置の必要性が発生しており、これに伴って情報処理ネットワークには、高速情報伝送と高速応答性が同時に要求されるようになってきている。更に、システムの融通性への要求から、情報処理ネットワークには、プラントのいずれの場所へも自由にデータを伝送可能な柔軟性が期待されるほか、プラントの安定操業の重要性から高信頼性、高稼働性が重要な要因となってきている。

3.1.2 プロセスI/O

図1.において、プログラマブルコントローラ、センサ群、アクチュエータ群及び

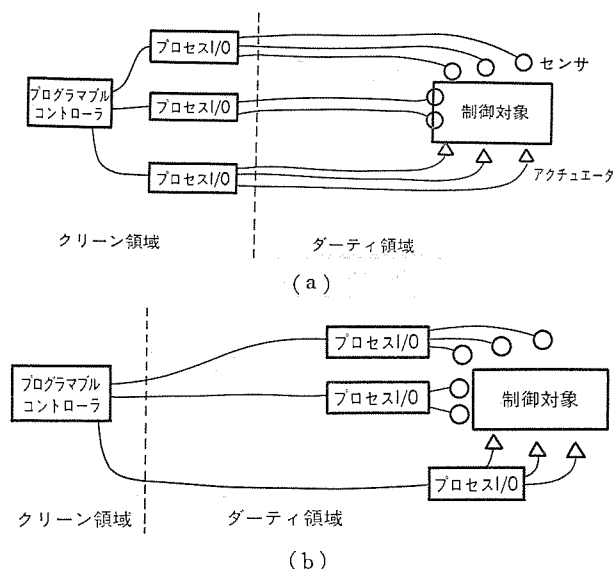


図 2. 制御系の構成例 (プロセス I/O の配置に注目)

プロセス I/O が集合して一つの制御系を構成している。ここで、プロセス I/O は、センサ、アクチュエータの多様な信号をプログラマブルコントローラの入出力に適合する形に変換する装置で、具体的には、レベル変換、A/D変換、D/A変換、P/S(パラレル/シリアル)、S/P(シリアル/パラレル)変換などの諸変換機能をもつインタフェース回路の集合体である。

プロセス I/O の配置には、図 2. に示すような二つの方式がある。ここで、ダーティ、クリーンとは電磁環境的に雑音が多いか、少ないかを示している。すなわち、前者では、センサ、アクチュエータは個別配線でプロセス I/O と接続される。このため、例えば数十 V という高レベルの信号伝送を行っており、配線量の削減とともに問題となっている。また、後者ではプロセス I/O で信号を多重化 (センサ情報) あるいは多重分離 (アクチュエータ情報) して配線量の削減を図っており、プロセス I/O 及びプロセス I/O とプログラムコントローラ間の伝送路の電磁誘導に対する遮へいが大きな問題である。

このように、センサ、アクチュエータ情報の収集、分配を行う伝送系として、プロセス I/O 及びそれに接続される伝送路の電磁環境対策及び配線量削減が新たな技術課題となっている。

3. 1. 3 計測系

工業プラントでは、一層の省エネルギー、省資源、高効率操業への絶えざる進展に対応して、計測制御システムの高度化への要求がますます高くなっている。これらの要求には高速応答性はもちろん、高速伝送系、高機能制御系、大規模情報処理系との適合性から電子式、デジタル式の計測系への転換などが含まれる。しかし、更に安全性、信頼性、経済性などの各面から一段の開発が期待されている。計測系の高度化には、次のような計測内容の質的変化という側面もあることに注目する必要がある。

(1) 状態計測

多数の計測点からの信号全体から、一つの意味のある情報を抽出する計測方式で、特に計測対象の状態を判断する計測に用いると有効である。センサと情報処理の両面からの検討が必要である。

(2) インテリジェント計測

計測を単なる状態量の電気信号への変換にとどめず、計測系の中で必要な情報変換や処理を行って、情報抽出を図る方式である。センサとプロセス I/O との一体化の観点でとらえるべき動きであり、マイクロプロセッサの発展に促されている面が大きい。

(3) 面情報の計測

工業プラントの特徴に、面的に分布した情報計測の必要性の増大がある。これは点情報の集合ではなく、面としての状態の計測を意味し、まだ計測不可能な対象が多く、解決すべき課題が多い。

3. 2 光応用技術の工業プラント制御システムへの適用

上記のような動向にある工業プラント制御システムに対して、光応用技術を以下に述べるように適用することにした。

(1) 情報処理ネットワーク

情報処理ネットワークは、図 1. におけるプラント制御用のデータウェイとプログラムコントローラからプロセス I/O 側の 2 階層に分割して開発を進めることとした。第一は高速大容量のデータウェイで収容ステーション (ノード) 数も比較的少ないのに対し、第二はプロセス I/O に近く、収容端末数が多いが伝送速度は低いという機能的な差がある。ここで、2 階層化した情報処理ネットワークのうち、第一のものを情報幹線系、第二のものを情報支線系と呼ぶことにする。情報幹線系と情報支線系の概念的構成を図 3. に示す。

情報幹線系は高速大容量のデータウェイであり、ここでは光応用技術の中で光ファイバ伝送技術がその特長を最も発揮する。すなわち、次のような光ファイバ伝送技術の特長が有効に利用できることが期待される。

- ・ 高速大容量の情報伝送が可能である。
- ・ 高品質な長距離伝送が可能である。
- ・ 電磁誘導雑音を受けにくく、電力線との一体敷設も可能である。
- ・ 防爆性、耐熱性に優れている。
- ・ 細径、軽量である。
- ・ 省資源的であり、低価格化も期待できる。

これらの特長をいかして、制御系を構成するコンピュータやプログラ

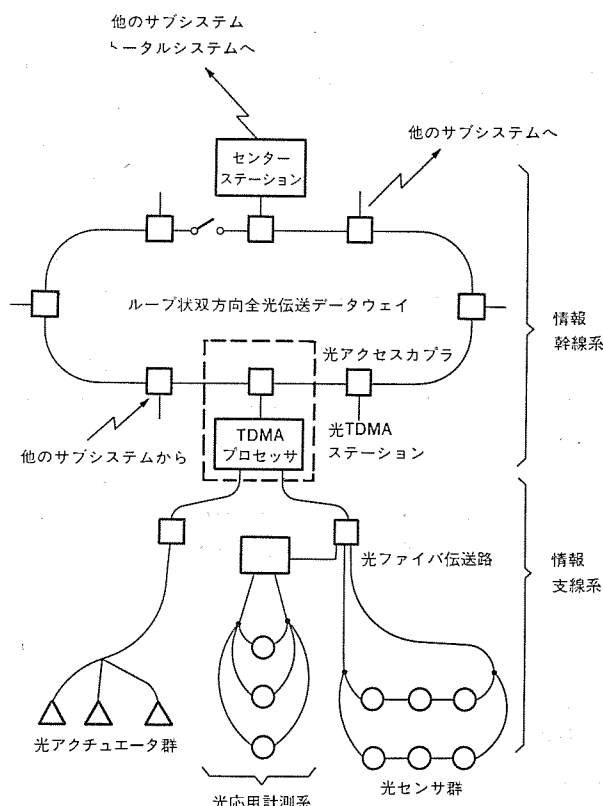


図 3. 高速プロセス情報サブシステムの概念的構成

マブコントロール間の通信のリアルタイム性や信頼性の要求にこたえとともに、情報幹線系では、データウェイを構成する各ステーションで他ステーションの信号の中継を行わない光伝送路の受動化—全光伝送—を適用し、システムの信頼性向上を図ることを開発の目標とする。

情報支線系は、プログラマブルコントロールとセンサあるいはアクチュエータ群の間を結ぶ。この部分は電磁環境としてはデータである場合が多く、次のような光ファイバ伝送技術の特長が有効である。

- ・電磁誘導雑音を受けにくい。
- ・配線数の減少が図れる—多重化による集線機能の導入による—
- ・非接地性、非短絡性による敷設の容易化。
- ・細径・軽量であることによる敷設スペースの低減。

現状では実現されていないが、光ファイバにより電源エネルギーの伝送が可能になれば、アクチュエータも含めてより有用な系に情報支線はなり得るものである。

(2) プロセス I/O

プロセス I/O は伝送機能と信号処理機能の両面がある。伝送機能は上記の情報支線系がほぼ果たしてくれる。信号処理機能としては、光プリプロセッサを開発目標に選んだ。

光プリプロセッサは複数の光センサに対し共通の光源となり、また光検出器の役目も果たす。あわせて、計測信号のインテリジェント処理、プリプロセッサ自身の自律制御、センサ制御信号/計測データの入出力などの機能を具備し、光センサの高機能集中処理制御となるものである。

(3) 計測系

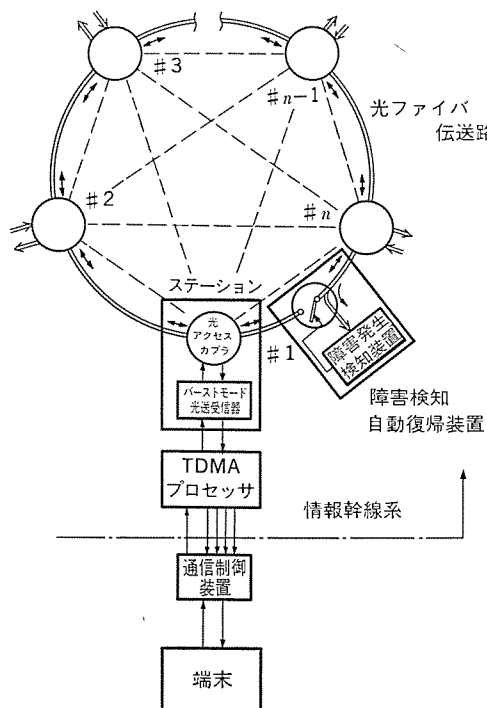


図 4. 情報幹線系の構成

表 1. 工業プラント制御機能と高速プロセス情報サブシステム

プラント制御システム機能		高速プロセス情報システム機能		高速プロセス情報サブシステムの詳細機能		同左 特徴・用途	必要技術
情報処理ネットワーク	高速伝送	情報幹線系	ループ状双方向伝送 光データウェイ	<ul style="list-style-type: none">・非中継全光伝送・バースト TDMA 接続方式・障害検知自動復帰方式	<ul style="list-style-type: none">・高信頼度、大容量、高レスポンス・伝送制御手順の簡略化・網構成の柔軟性と拡張性・伝送路障害の自動回復；信頼性	<ul style="list-style-type: none">・高出力半導体レーザ・低損失光アクセスカプラ・バーストモード光送受信・ループ状 TDMA プロセッサ・高信頼度断線検出	
	センサ・アクチュエータ情報伝送	情報支線系	光集線装置	<ul style="list-style-type: none">・遅延線方式光集線装置・多接点スイッチスキャナ方式光集線装置	<ul style="list-style-type: none">・ON/OFF センサによる全光伝送 1 ビット情報収集・スイッチスキャナ方式による複数ビット情報（アナログ含む）の収集	<ul style="list-style-type: none">・低遅延光送受信光遅延線・多接点光スイッチ	
プロセス I/O	インテリジェント計測	光応用計測系	光プリプロセッサ	<ul style="list-style-type: none">・計測信号のインテリジェント処理・自律制御機能・複数センサの収容	<ul style="list-style-type: none">・自動校正、フィルタリング異常検出・光振動センサ、光温度センサに適用	<ul style="list-style-type: none">・光源／光検出器の分岐共用	
光応用計測系	状態計測		計測系に多数センサによる状態計測	<ul style="list-style-type: none">・多数点計測データの収集方式・状態判別アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none">・数百点の光センサ情報収集・機器予防保全		<ul style="list-style-type: none">・並列光センサ情報入力用光回路・多数多次元データの解析による状態判別

先に述べた計測系の質点変化の側面のうち、インテリジェント化に対しては上記の光プリプロセッサが対応する。

センサについて、このサブシステムの研究開発では取り上げないことになっているので、ここでは状態計測を光プリプロセッサと結合して光伝送計測系として開発の目標とする。状態計測は多数のセンサ情報から特徴抽出を行い、計測対象全体の状況を判別する計測方式であり、プラント機器の予防保全に有効と考えられる。これは、光センサが絶縁体のみで構成可能で従来計測が不可能であった計測量、装置部位の計測が可能となりつつある現状から、より期待が大きくなっている。

以上述べた各研究開発テーマのプラント制御システムとの関係、開発テーマの特徴・用途及びそれに必要な技術を表 1. に示す。必要技術については次章で説明する。

4. システム構成と開発目標—サブシステムの基本設計

概念設計の結果を踏まえて、開発するシステムの基本構成と目標性能

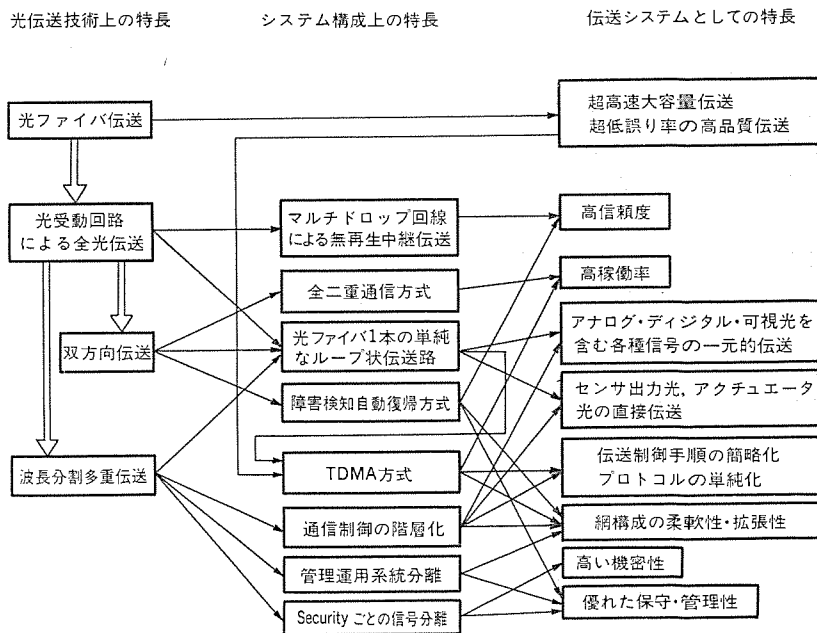


図 5. 情報幹線系の特長

表 2. 情報幹線系の目標性能

(1) システム基本性能	
方 式	ループ状双方向全光伝送 TDMA 方式データウェイ
ステーション数	20 局以上
ル ー プ 長	標準 2 km
レスポンス時間	1 ms
伝 送 速 度	標準 250 KBps/チャンネル
スループット	約 5 MBps
通 信 形 態	$N:N$, $1:N$, $1:1$ の多階層通信
(2) 伝送系基本性能	
送信器出力	+15dBm peak 以上 (ファイバ内)
送信器波長	0.85 μ m 帯
変 調 方 式	PCM-IM
基本ビット伝送速度	60 Mbps
	(変調速度 120 Mbps)
多重化方式	非同期バースト伝送による時分割多元接続 (TDMA) 方式
送受信器-伝送路結合方式	アクセスカプラによる双方向結合
伝 送 路	低損失広帯域光ファイバ
伝送路障害対策	障害検知自動復帰方式

表 3. 高速 プロセス 情報 サブシステムの目標性能

系	開 発 課 題	目 標 性 能
情報幹線系	ループ状双方向全光伝送 TDMA データウェイ	ステーション数 20 以上 スループット 5M バイト以上 レスポンス 1 ms 以下
	全光多数ビット情報収集 (遅延線方式光集線装置)	センサ数 100 以上 更新周期 10 ms 以下
	スイッチスキャナ方式多数光アナログ情報収集 (多接点スイッチスキャナ方式光集線装置)	接点数 100 以上 更新周期 1 s 以下
光応用計測系	多数点計測データの収集方式 状態判別アルゴリズム	計測収集点数 500 点以上 多数多次元データの解析による状態判別

を決定した。全体システムとしては図 3. に示した構成で、これを情報幹線系、情報支線系及び光応用計測系に分割し、それぞれに対して目標性能を設定した。

(1) 情報幹線系⁽¹⁾

情報幹線系の命題は、高速・大容量のデータウェイを無中継受動型の伝送路で実現することである。これを実現する方式について検討を行い、図 4. に示すループ状の光ファイバ伝送路に対して、双方向に結合する光アクセスカプラを用いる受動型伝送路と、バースト TDMA 方式の接続方式によりデータウェイを構成するのが最適と判断し、伝送容量の動向を考慮して同時に開発する高出力半導体レーザ⁽²⁾も含めて表 2. に示す目標性能を設定した。これにより得られる情報幹線系の特長は図 5. に示すとおり広範なもので、特に障害検知自動復帰方式の採用による高信頼度が特徴となっている。

(2) 情報支線系⁽³⁾

情報支線系は、センサ情報を全光伝送で収集する集線装置の開発を目標とし、1 ビット (ON/OFF) 情報を収集する遅延線方式光集線装置 (図 6.) とアナログあるいは多ビットのデジタル情報を収集する多接点スイッチスキャナ方式光集線装置を開発目標に選んだ。表 3. に示すようにいずれ

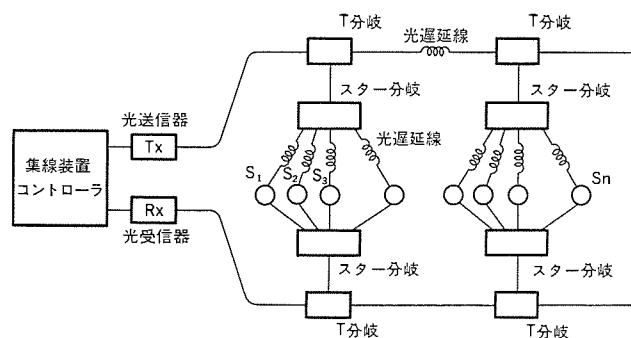


図 6. 情報支線系の構成 (遅延線方式光集線装置)

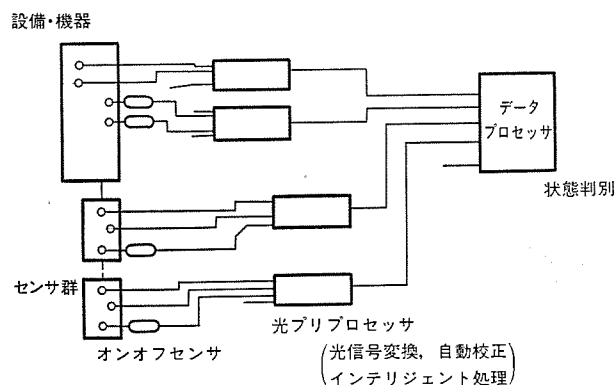


図 7. 光応用計測系の構成 (多数センサによる状態判別計測)

表 4. サブシステムの各種工業プラントへの適用 (1)

応 用 分 野		鉄 鋼 プ ラ ン ト		
高 速 プ ロ セ ス 情 報 サ ブ シ ス テ ム	概 要	鉄鋼プロセス制御	製鉄製鋼プロセス制御	設備異常監視
	情報幹線系	鉄鋼プロセス制御における計測、情報伝送、制御を行う。	製鉄製鋼プロセス全体の監視制御を行う。	プラント設備の運転状況を監視し、その状況を診断、適切な処置を指示し、事故、故障の発生を防ぐ。
	情報支線系	プロセス計算機とプラントコントローラなどを結ぶデータウェイ	同 左	同左を共用
	計測系	多数のセンサ情報の効率的収集、錯さした盤間配線を整理統合する集線装置	同 左	同 左
高 速 プ ロ セ ス 情 報 サ ブ シ ス テ ム	制御用計測	鋼塊位置、形状、温度などを計測する光応用センサ	原料、鉄鋼成分分析、排ガス分析、温度各センサ	—
	異常監視	温度、振動、圧力計測用光応用センサ	同 左	同 左
	アクチュエータ	光サイリスタを介してバルブ、モータを作動	同 左	警報発生
	計測系	鋼塊位置、形状、温度などを計測する光応用センサ	原料、鉄鋼成分分析、排ガス分析、温度各センサ	—
高 速 プ ロ セ ス 情 報 サ ブ シ ス テ ム	概 要	大規模プラント	設備異常監視	組立ライン制御
	情報幹線系	石油化学など大規模プラントの計測、情報伝送、制御を行う。鉄鋼プラントに類似	プラント設備の運転状況を監視し、その状況を診断、適切な処置を指示し、事故の発生を防止する。	自動車組立ラインにおける作業指示・報告及び部品供給
	情報支線系	プロセス計算機とプラントコントローラなどを結ぶデータウェイ	同左データウェイを共用	プロセス計算機と端末とを結ぶデータウェイ
	計測系	多数のセンサ情報の効率的収集、錯さした盤間配線を整理統合する集線装置	同 左	多数の位置検出センサと端末とを結ぶ集線装置
高 速 プ ロ セ ス 情 報 サ ブ シ ス テ ム	制御用計測	本質安全光応用センサ	—	位置検出センサ
	異常監視	同 上	本質安全光応用センサ	—
	アクチュエータ	本質安全形アクチュエータ	—	—
	計測系	鋼塊位置、形状、温度などを計測する光応用センサ	原料、鉄鋼成分分析、排ガス分析、温度各センサ	—

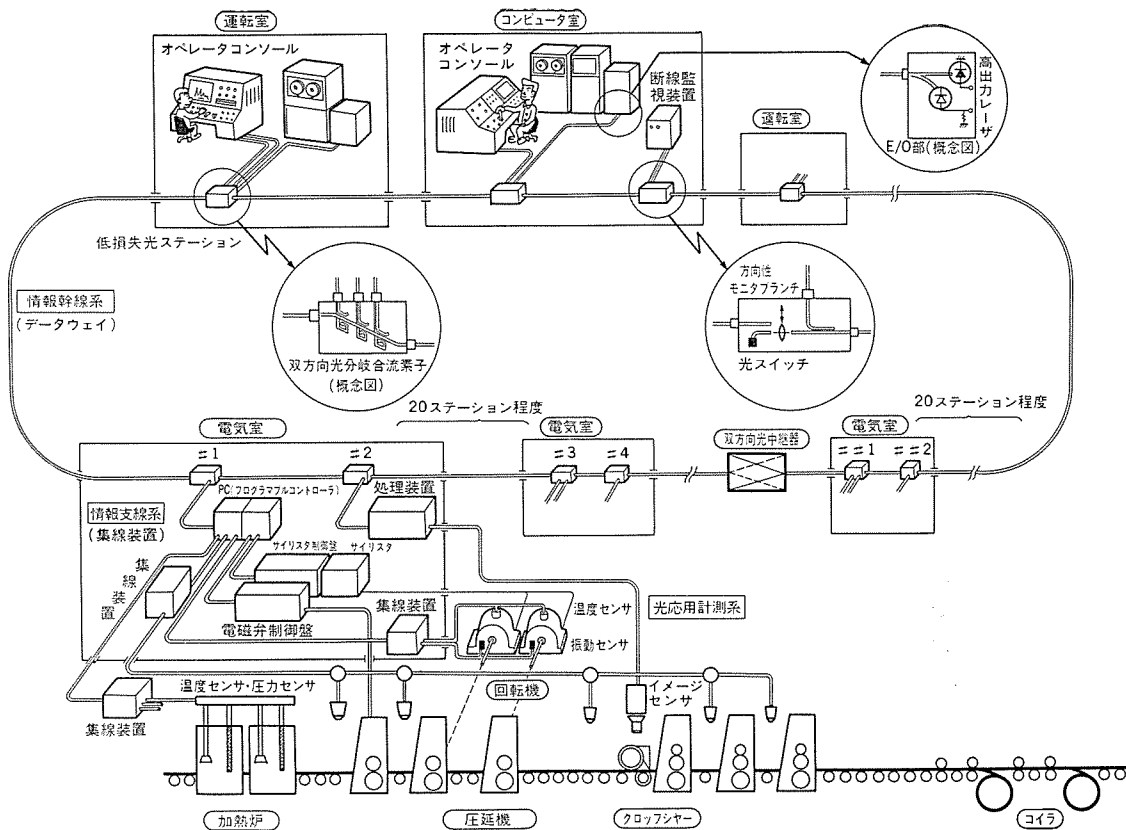


図 8. サブシステムの適用例 (鉄鋼圧延プラント)

表 4. サブシステムの各種工業プラントへの適用 (2)

応用分野	自動車工場(様)	原子力発電所	大規模ビル(事務所)
概要	NC・ロボット群管理 数値制御工作機 (NC) あるいは工業ロボットの群管理を行う。	格納容器内監視制御 原子炉格納容器内機器の制御と監視	設備異常監視 発電機器などの運転状況の監視と診断を行い、適切な指示により事故を防止する。
情報幹線系	計算機と各NCあるいはロボットの制御装置を結ぶデータウェイ	計算機と制御装置とを結ぶデータウェイ	同左を共用
情報支線系	センサと制御装置を結ぶ集線装置	センサとコントローラを結ぶ集線装置	同上
計測系	—	—	—
異常監視	—	温度、振動、圧力計測用光応用センサ	同上
アクチュエータ	—	光サイリスタを介してモータ、バルブを作動	警報発生

応用分野	交通情報システム		
概要	電鉄変電所制御 データウェイ方式による変電所の分散制御	車両自動検査システム 列車車両の自動点検システム	自動操作場 貨車の自動編成における計測、情報伝送、制御
情報幹線系	中央計算機と各変電所を制御する計算機とを結ぶデータウェイ	中央計算機と検査端末とを結ぶデータウェイ	中央計算機と各制御端末とを結ぶデータウェイ
情報支線系	各変電所のセンサと制御用計算機とを結ぶ集線装置	多数のセンサと検査端末とを結ぶ集線装置	—
計測系	—	—	速度、距離、貨車番号読取り
異常監視	—	—	—
アクチュエータ	—	—	—

も 100 個以上の光センサの収容を目標としている。

(3) 光応用計測系⁽⁴⁾

図 7. にその構成例を示すような光プリプロセッサを含む多数センサによる状態判別計測系を目標とした。目標性能を表 3. に示す。

(4) サブシステムの工業プラントへの適用

このサブシステムを各種の工業プラントに適用すれば、多くの効果が期待される。

表 4. に代表的

な工業プラントに対し適用効果を検討した結果を示す。図 8. には鉄鋼圧延プラントに適用した例を示す。

5. む す び

三菱電機(株)が工業技術院から大型プロジェクト「光応用計測制御システム」の一環として受託した「高速プロセス情報サブシステム」(後に「無中継広域伝送サブシステム」と改称)の全体構想一概念設計と基本設計について述べた。実際の開発成果は、この特集号掲載の各論文に述べられているとおり、目標性能を満足するものであった。これらの成果は、今後工業プラントの中で広く活用されていくものと期待される。

この研究は、通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として実施されたものである。

参 考 文 献

- (1) 大島ほか：高速プロセス情報サブシステム—情報幹線系一，三菱電機技報，60，No. 12 (昭 61)
- (2) 生和，池田：集積型位相同期半導体レーザ，三菱電機技報，60，No. 12 (昭 61)
- (3) 伊東，笠原：高速プロセス情報サブシステム—情報支線系一，三菱電機技報，60，No. 12 (昭 61)
- (4) 高島ほか：高速プロセス情報サブシステム—光応用計測系一，三菱電機技報，60，No. 12 (昭 61)

1. ま え が き

高速プロセス情報サブシステムにおける情報幹線系は、光ファイバのもつ無誘導伝導域という優れた情報伝送能力を生かした無中継の光データウェイであり、情報支線系と接続して階層化した伝送路を構成することにより、多数のセンサやアクチュエータ情報の悪環境下での高速高信頼度伝送を実現するものである。

工業プラントなどで、現在適用されているループ状光データウェイの大部分は各ステーションごとに光/電気変換、電気/光変換を行う中継方式であるため、電源断や装置故障による中継機能の障害がループ全体に影響を及ぼすので、信頼性の確保や障害対策が重要な課題となっている。情報幹線系では、この光/電気変換による中継の信頼性の問題を本質的に解消すべく、受動型光回路部品で光信号を分岐合流することにより各ステーションをつないで、無中継の光伝送系によるデータウェイの開発に成功した。更に、伝送路自体の断線などの障害に対しても、障害検知自動復帰機能による高信頼化を実現している。

本稿では、無中継光データウェイを中心とした情報幹線系の基本構成、主要諸元、特長などの概要を述べ、次に現場実証システムとして試作した装置を例に開発した主要な構成要素の詳細について説明する。

2. 情報幹線系の概要

2.1 基本構成

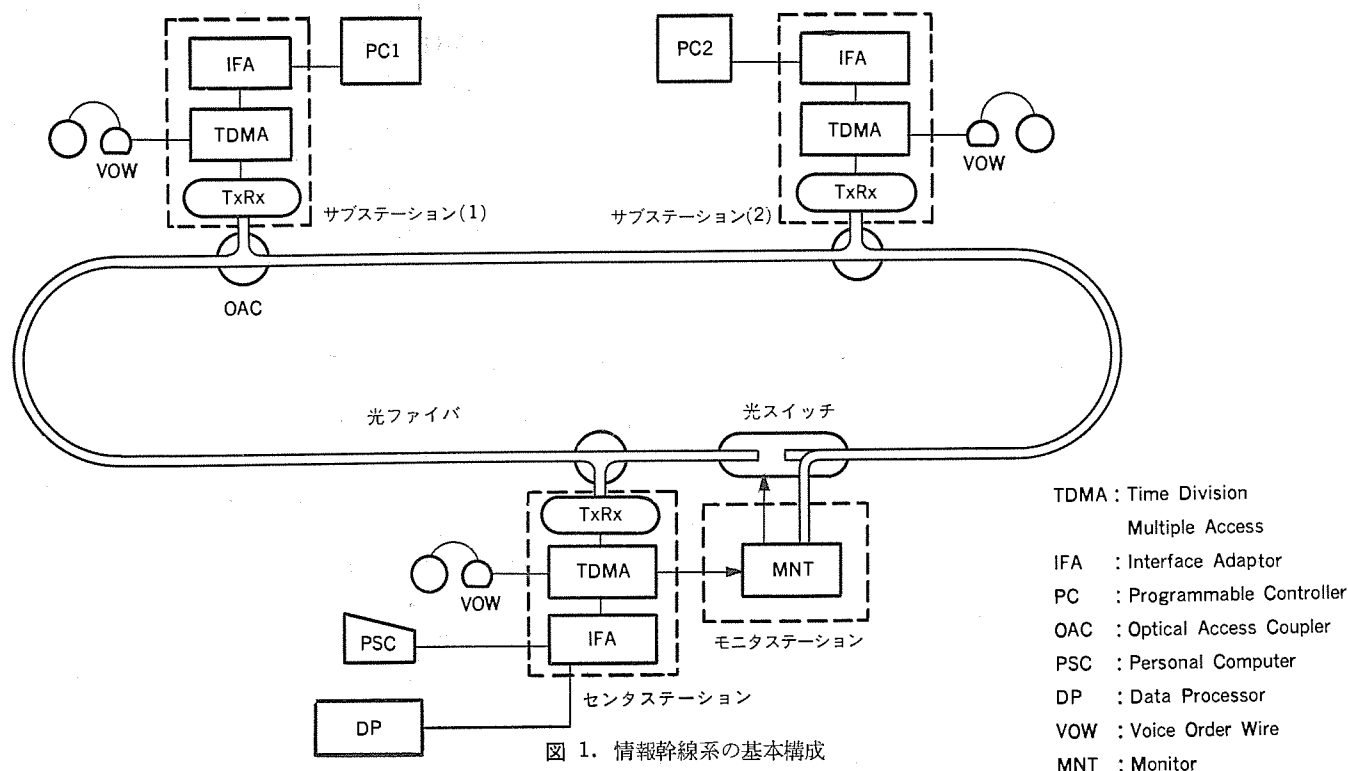
高速プロセス情報サブシステムにおける情報幹線系を形成する無中継光

データウェイの基本構成を図1.に示す⁽¹⁾⁽²⁾。図は1台の親局（センターステーション：CS）と2台の子局（サブステーション：SS1, SS2）、及び親局に隣接した1台のモニタステーション（MS）が、1本の双方向伝送光ファイバによりループ状に接続された構成を示している。光伝送路は、モニタ付き光スイッチによりその一端が開放されており、マルチパス伝搬を防ぐとともに、伝送路上に断線などの障害が発生した場合に、光スイッチを閉じることにより直ちにシステムが復旧する障害検知自動復帰方式を採用している。

各ステーションの装置は、受動型の双方向光分岐合流素子である光アクセスカプラ（OAC）、バースト状の光信号の送受信を行うバーストモード光送受信器（Tx/Rx）、時分割多元接続（Time Division Multiple Access：TDMA）方式の高速デジタル送受信処理を行う光TDMAプロセッサ（TDMA）、及び端末機器との接続を行うインタフェースアダプタ（IFA）により構成される。バーストモード光送受信器は、送信光信号と受信光信号を分離する機能を持つ光アイソレータ付き半導体レーザーモジュールを内蔵した光送信器並びに広いダイナミックレンジと速いバースト引き込み機能を持つ高感度光受信器により構成される。また、インタフェースアダプタは、工業用計測制御システムで用いられるプログラマブルコントローラ（PC）やデータ入出力端末、データプロセッサなどと接続する場合に最適なインタフェース機能を持っている。

2.2 主要諸元と特長

無中継光データウェイの主要諸元を表1.に示す。無中継光伝送路を構成する光アクセスカプラは、精密に研磨されたくさび（楔）形ミラーにより光ビームを分岐合流する方式とし、通過挿入損失の低減化を図っ



ているが、ステーションを通過するごとに光信号の減衰があるので、20 局程度のステーションの接続を可能とするためには、100 mW 以上の高出力半導体レーザが必要となる⁽¹⁾。また、光受信器へ入力され

る光信号は、送信局から受信局までの距離及び光アクセスカプラの数によって伝搬損失が異なるため、パースト信号ごとに異なった受信レベルとなるので、パーストモード光受信器には極めて広いダイナミックレンジが要求される。ループ状双方向光伝送路でのパースト TDMA 方式では、計測制御に要求される速いレスポンスの実現のためと、ループ上のいかなる箇所に障害が発生してもこれを検知し、 $N:N$ 相互通信を直ちに復旧する高信頼化のために、新しいパースト同期技術及び障害検知自動復帰方式の開発が必要となる。

以上のような課題を中心に開発を進めた無中継光データウェイの主な特長を次に示す。

- (1) ループ状双方向の全光化無中継伝送による高信頼度、大容量の光データウェイである。
- (2) パースト TDMA 方式による高速レスポンスと伝送制御手順の簡略化が実現できる。
- (3) 障害検知自動復帰方式による伝送路障害のバックアップと信頼性の向上が可能である。

- (4) 受動型の無中継伝送路であるため波長多重技術の導入が容易であり、アナログ、デジタル、センサ・アクチュエータ信号などの一元的伝送が可能である。
- (5) インタフェースアダプタ (IFA) の適用により、プログラマブルコントローラなどの各種端末機器の接続及び計測制御用光データウェイの階層化・統合化構成が実現できる。

3. 情報幹線系の構成要素

情報幹線系をなす無中継光データウェイの構成要素を、現場実証システムとして開発した装置を例に説明する。現場実証システムでは、ステーション数は3局(センター室、現場室1、現場室2)であり、システムパラメータはそれに最適化している。

3.1 パーストモード光送受信器

3.1.1 構成

パーストモード光送受信器の構成を図2に示す。パーストモード光送受信器は、情報幹線系ステーション内にあって TDMA プロセッサから入力される送信パースト信号を電気/光変換し、光アクセスカプラを介して幹線光ファイバへ出力するとともに、光アクセスカプラを介して受信される各ステーションの光パースト信号を光/電気変換し、TDMA プロセッサへ出力する。光アクセスカプラと光送信器間は、1本の光ファイバ中を送信、受信信号が双方向伝送される。送信、受信信号は偏光ビームスプリッタにより分離される⁽³⁾。

3.1.2 主要諸元

表2にパーストモード光送受信器の主要諸元を示す。伝送路符号にはパースト伝送方式に適したバイフェーズ符号を用いているので、情報伝送速度51.2 Mbps (メガビット/秒)、変調速度102.4 Mbpsである。光源及び受光素子には、波長0.8 μm 帯の高出力半導体レーザ⁽⁴⁾と Si-APD を用いている。無中継光データウェイでは伝送距離は比較的短く、光ファイバの伝送損失は光アクセスカプラの挿入損失に比較して小さいため、送受間許容損失が大きくとれ

表 1. 無中継光データウェイの主要諸元

項 目	主 要 諸 元
伝 送 路 構 成	ループ状双方向伝送光バス形式
ル ー プ 長	標準 2 km
ア ク セ ス 方 式	パースト TDMA 方式
通 信 形 態	$N:N$ 相互通信
伝 送 速 度	51.200 Mbps
TDMA フレーム長	1 ms
障 害 対 策	障害検知自動復帰方式
光 送 受 信 機	0.8~0.9 μm LD/Si-APD
変 調 方 式	パースト PCM-IM
伝 送 路 符 号	2値バイフェーズ符号 (同期語検出によるブロック同期)
ク ロ ッ ク 同 期	サンプルホールド形 PLL による位相同期
パ ー ス ト 同 期	同期語検出によるバッファアクセス
端 末 イン タ フ ェ ース	インタフェースアダプタによるストアアンドフォワード方式
光 分 岐 合 流 素 子	楔形ミラーによる T 形カプラ
レーザモジュール	フアラディ素子によるアイソレータ付き半導体レーザモジュール

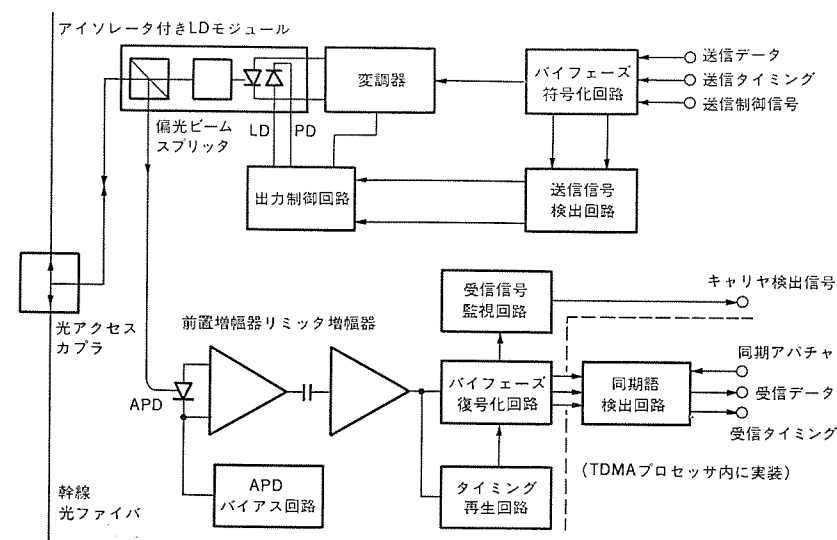


図 2. パーストモード光送受信器の構成

表 2. パーストモード光送受信器の主要諸元

No.	項 目	設 計 値	備 考
1	伝 送 速 度	51.200 Mbps	クロック偏差 ± 5 ppm 以下
2	伝 送 路 符 号	バイフェーズ符号	変調速度 102.4 Mbps
3	光 源	レーザダイオード (LD)	
4	受 光 素 子	Si-アバランシェホトダイオード	
5	変 調 方 式	強度変調	
6	パースト光出力制御方式	平均光出力検出バイアス電流制御方式	
7	パースト受信方式	低周波遮断ブロック後半ビット判定方式	
8	波 長	830 ± 10 nm	
9	送 信 光 出 力	0 dBm peak ± 2 dB	適合光ファイバ GI 50/125 μm
10	最 小 受 光 電 力	-38 dBm peak 以下	
11	最 大 受 光 電 力	-12 dBm peak 以上	
12	符 号 誤 り 率	10^{-9} 以下	
13	タイミン引込時間	256 ビット以下	
14	キャリヤ検出見逃し率	10^{-9} 以下	受光電力 -38 dBm peak
	キャリヤ誤検出率	10^{-9} 以下	受光電力 -60 dBm peak
15	温 度 条 件	0~40°C	
16	電 源 条 件	+5 V, -5.2 V 各 $\pm 5\%$ 以内	

る $0.8\ \mu\text{m}$ 帯の方が有利である。これにより送受間許容損失 36 dB 以上、ダイナミックレンジ 26 dB 以上を得ている。バースト受信開始時の重要な性能パラメータであるタイミング引込時間は、256 ビット以下としている。キャリア検出信号は同期再生及び断線検出に不可欠な信号で、検出見逃し率及び誤検出率は 10^{-9} と十分に低く設計されている。

バースト光送受信器を構成する主要技術は、バースト光出力制御方式と高速アキュイジション方式である。前者により、①非送信時に他局信号に干渉を与えない高消光比、②送信開始時における光波形の短時間安定化、③半導体レーザ温度変動による光出力変動の低減をそれぞれ実現している。具体的には、時定数を TDMA フレーム長以上に設定した平均光出力検出バイアス電流制御方式と、送信時には負帰還制御されているバイアス電流を、非送信時には半導体レーザから抵抗負荷に高速でスイッチする方式を併用して、非送信時には光出力を完全に 0 とするとともに、送信開始時には数ビットで光出力を安定化させている。

高速アキュイジションは以下に述べる方式で実現している。光受信器は、安定な高感度受信動作を行うために交流結合増幅器により信号増幅を行うが、光信号はユニポーラ信号であるために受信開始時に、直流レベルドリフトが発生し正しい信号再生が行えない区間が発生する。パイフェーズ符号を用いた低周波遮断、ブロック後半ビット判定方式は、増幅器の低周波遮断周波数を高くするとともに、パイフェーズ符号の復号化において低周波遮断ひずみの影響を受けにくい後半ビットから復号する方式で、バースト受信時に直流レベルシフトを短時間に吸収する受信方式である。設計においては、低周波数遮断周波数比は 0.1 とした。パイフェーズ符号のブロック同期は、TDMA プロセッサ内で行う同期語検出により行っている。

3.1.3 性能

図 3. に符号誤り率対バースト受信光電力特性を示す。試験信号は、 $\text{PN}^{2^{10}-1}$ 信号をパケット化して用いている。パラメータは、プレアンブルビット長である。プレアンブル長が長くなるに従い最大受光電力が改善されるが、8 ビット以上のプレアンブルに対し 30 dB 以上のダイナミックレンジを得ている。

3.2 光 TDMA プロセッサ

光 TDMA プロセッサは、情報幹線系の無中継光データウェイにおけるバースト信号の発生、受信処理、同期確立、システム監視制御などの高速デジタル処理を行う装置である。

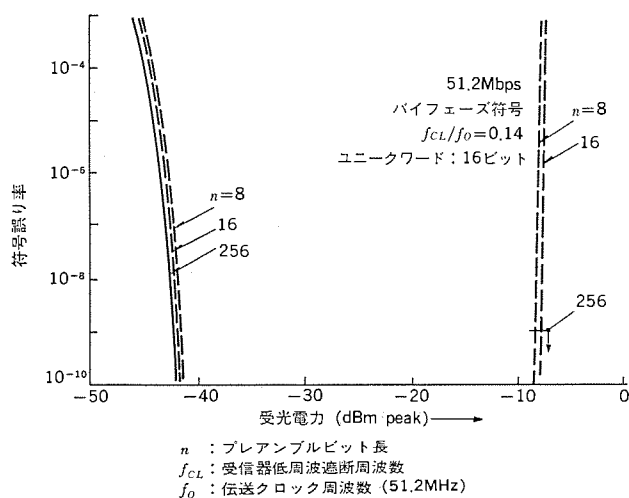


図 3. バースト受信時符号誤り率対受光電力 (ピーク値)

図 4. に光 TDMA 方式に適用したバースト信号例のフレーム構成を示す。無中継光データウェイの各ステーションが、自局の信号をその局に割り当てられた時間内にバースト的に送出し、各バースト信号は、光伝送路内で規則的に配列された形で伝送される。各ステーションの送出するバーストは、ループ状の伝送路を伝搬するので伝搬遅延時間の差を考慮したバースト間の同期確立を施す必要がある。また、光受動部品で構成された無中継光伝送系であるため、光伝送路内での光の反射やエコーの影響及びバーストモード光伝送に伴うバースト間干渉を考慮した設計を行わなければならない。

開発した光 TDMA プロセッサでは、8ステーションまで接続できる構成を想定して、TDMA フレームの各ビット単位の信号配置を決定した。クロックレートは 51.2 Mbps, TDMA フレーム長は 1 ms であり、最小ガードタイムを $10\ \mu\text{s}$ とし 8 局接続した場合の伝送効率率は約 90% 弱を得ている。

タイミング再生用ビットは、標準 16 Word (=256 ビット) 付加し、ユニークワード部には将来の局識別コードの拡張性を考慮して、2 Word (=32 ビット) 設定している。サービスチャネル (SC) 及び音声連絡回線 (VOW) は、それぞれ 4 Word (=64 ビット) ずつ設けている。トラヒックデータには、各局当たり 320 Word (=5,120 ビット) を割り当てている。なお、光 TDMA プロセッサでは、これらのバースト構成をメモリに書き込まれた制御命令によって変更することは容易であり、システムを構築する際にアプリケーション対象に即したバーストフレーム構成を設計することが可能である。

図 5. に光 TDMA プロセッサの構成を示す。プラント制御用のプログラマブルコントローラやデータ I/O、制御用コンピュータなどの種々の端末機器から発生した信号は、各々の信号形式に適したインタフェースアダプタ (IFA) を介して TDMA プロセッサで多重化され、TDMA システムで取り扱われるビットレートを持つバースト信号に変換された後、バーストモード光送受信器に加えられ、バースト状の光信号としてループ状双方向光伝送路に送出される。一方、光伝送路からの受信バースト光信号は広い受信ダイナミックレンジをもつバーストモード光受信器により復調され、TDMA プロセッサに送られる。このバースト状信号は、TDMA プロセッサでバースト同期がとられ、受信処理された後、インタフェースアダプタに送られる。VOW 装置は、情報幹線系の各光 TDMA ステーション間の打合せ回線用音声伝送装置である。

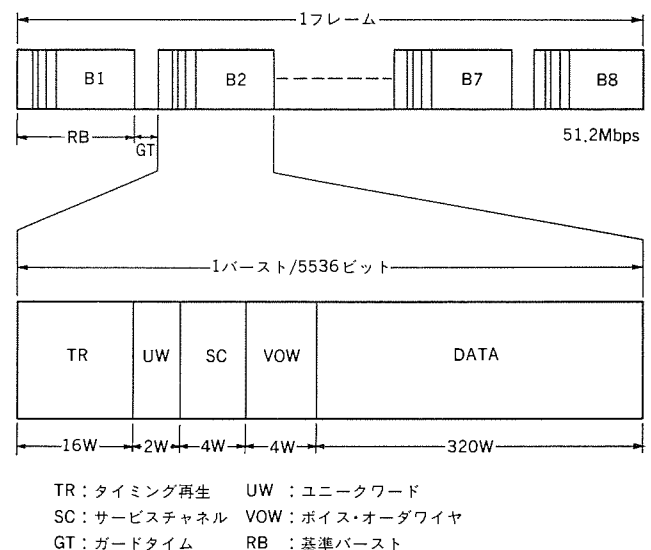


図 4. フレーム構成

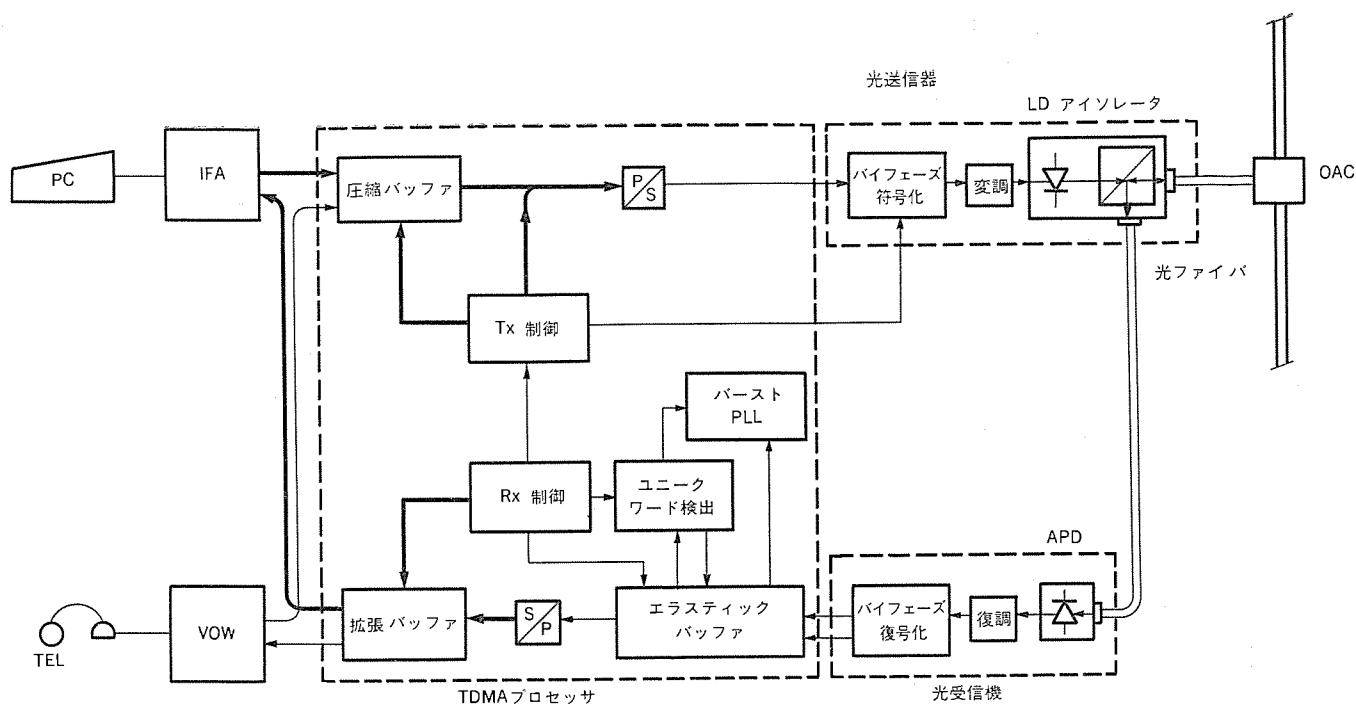


図 5. 光 TDMA プロセッサの構成

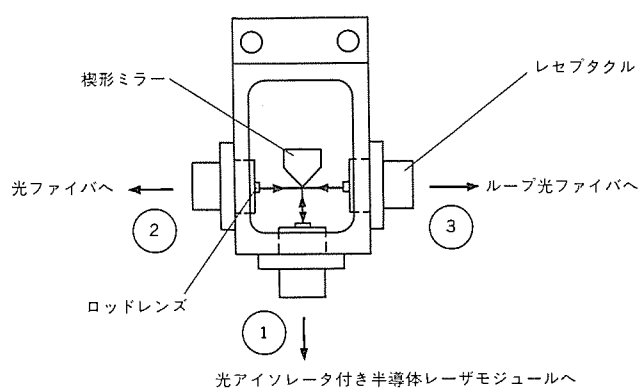


図 6. 光アクセスカプラの構成

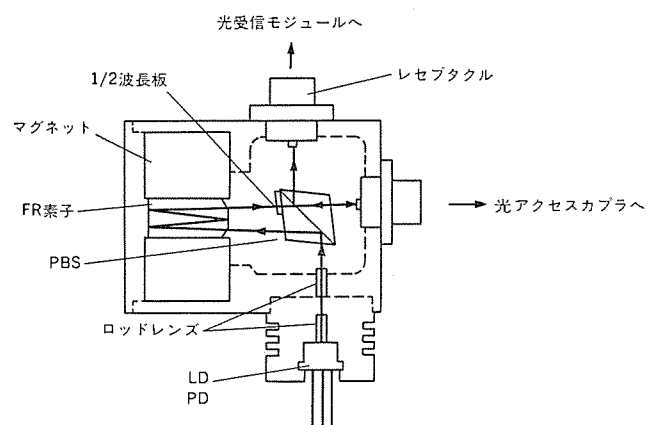


図 7. 光アイソレータ付き半導体レーザモジュールの構成

3.3 光回路

無中継光データウェイを構成するため、光アクセスカプラ、光アイソレータ付き半導体レーザモジュール及びモニタ光スイッチを開発した。光アクセスカプラは、バーストモード光送受信器と光ファイバ伝送路とを結合するT型の光分岐結合器である。光送受信信号は光ファイバ伝送路の双方向に対して結合されている。構造は図 6. に示すような挿入損失を小さくできる楔形ミラーを用いて、平均過剰挿入損失 1.6 dB を得ている。

光アイソレータ付き半導体レーザモジュールは、反射による半導体レーザへの戻り光の防止と送受信光信号の分離の二つの機能を持っている⁽⁹⁾。光アイソレータは、ファラデー素子と偏光ビームスプリッタを兼ねた偏検光子により構成されている。図 7. にこのモジュールの構造を示す。アイソレーション 30 dB 以上、送受分離損失 4 dB 以下の性能を得ている。

モニタ光スイッチは、センターステーションの光信号を常時モニタできるポートを持ち、その信号の有無により光スイッチを OFF 又は ON して(図 1. 参照)伝送路の障害を自動復帰させるのに用いる。

3.4 障害検知自動復帰装置

障害検知自動復帰装置は、前項で述べたモニタ光スイッチと、遅延ゲート同期方式による基準バースト検出回路により構成される。モニタ光

スイッチは通常運転時には開放状態になっており、光信号は 1 本の光データバス上を双方向伝送され、センターステーションから周期的に送出されるバースト信号(基準バーストと呼ぶ)を受信して伝送路の障害を監視している。光ファイバの断線などにより、この基準バースト信号が受信されなくなると、光スイッチが作動して閉状態(ON)になり、断線箇所を新たな開放端とする光データウェイが構成され、システム全体の障害となることを防ぎ稼働率を高めている。

3.5 インタフェースアダプタ

インタフェースアダプタでは、実時間性の要求される制御データ形式のものと、比較的長周期のメッセージ形式のものを取り扱い、これらの転送パスを分離独立して構成している。インタフェースアダプタは、IFA 基本部、転送制御用 CPU 部及び端末インタフェース部により構成される。IFA 基本部は、発信メッセージ、着信メッセージのバッファリング機能を持ち、転送制御用 CPU (8085 系 16 ビット並列演算型)の制御のもとに、端末インタフェース部に高速でデータを転送する。端末インタフェース部では、送信バッファに送信すべきメッセージが取り込まれたときに送信起動してメッセージを端末に向けて転送し、端末からのメッセージの受信は、自己あてに発呼されたときにチャネルを獲得して受信し、受

表 3. 伝送損失¹⁾(dB) 及び平均受光レベル²⁾(dBm)

Tx \ Rx	センター室	現場室 1	現場室 2	モ ニ タ
センター室 (CS)	22.6(−27.7)	16.9(−22.0)	25.1(−30.2)	31.8(−36.9)
		29.9(−35.0)	17.7(−22.8)	(−36.3)
現場室 1 (SS 1)	22.6(−26.8)	18.0(−22.2)	19.8(24.0)	25.1(−29.3)
	33.8(−38.0)		27.1(−31.3)	(−29.6)
現場室 2 (SS 2)	28.8(−34.0)	19.9(−25.1)	17.0(−22.2)	14.3(−19.5)
	22.6(−27.6)	28.2(−33.4)		—

注 送信レベル (光ファイバ内) −4 dBm±2 dB に設定
 受信レベル −15〜−41 dBm に設定
 上段 正常時
 下段 異常時 () 内光レベル

表 4. 障害自動復起時間の測定例

単位: ms

サンプル周期	測定回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均値
	8 ms	64	54	64	63	50	55	52	54	65	54	57.5
PC 1→DP	15 ms	65	65	65	65	66	61	66	69	75	65	66.2
	8 ms	69	76	65	68	63	73	69	60	51	55	64.9
PC 2→DP	15 ms	64	67	61	52	69	63	60	59	57	53	60.5

信バッファにメッセージを書き込むメッセージ転送部と、サイクリックに順次高速に転送を行う制御データ転送部があり、異なる性質をもつデータとメッセージの効率的な複合転送方式を実現している⁶⁾。

3. 6 性 能

実証システムにおいて、3. 3 節で述べた光回路と光ファイバで構成された無中継光データウェイの光伝送路の伝送損失 (dB) 及び光レベル (平均値: dBm) の実測値を表 3. に示す。なお、実証システムにおいて敷設された光ファイバ長は、それぞれ 258 m (CS-SS 1 間), 324 m (CS-SS 2 間), 582 m (SS 1-SS 2 間) である。なお、障害検知自動復帰機能を確認するため、CS-SS 1 間には断線模擬用光スイッチが設けられている。

表 4. の光レベルと表 2. に示したバーストモード光送受信器の諸元から予想されるとおり、伝送路が正常の状態はもちろん、断線を光スイッチにより生じさせた場合でも、 10^{-9} 以下のビット誤り率が得られた。また、障害が発生した場合に自動復帰機能が作動し、通信が正常状態に戻るまでの時間の測定例を表 4. に示す。このように 100 ms 以下の高速で復帰している。これは現場室 1 におかれたプログラマブル

コントローラ (PC 1) からセンター室のデータプロセッサ (DP) へのサイクリックデータ伝送に対する値である。

これにより、別稿⁷⁾において報告されている諸機能が無中継広域伝送サブシステムとして実現することができた。

4. む す び

高速プロセ情報サブシステムにおける情報幹線系の概要と各部の構成、主要諸元及び性能について述べた。情報幹線系では、全光化の無中継伝送による高信頼度、大容量伝送と同時に高速レスポンスを実現し、オール光による今後の新しい光伝送システムの実用化の可能性を実証した。また、実時間性の要求される制御用データと比較的長周期の

メッセージ情報との複合転送により、プロセ制御におけるデータ転送の性能向上をも可能とした。今後、引き続き光ステーションの低損失化、半導体レーザーの高出力化を更に推進して、接続ステーション数の増加を図るとともに、伝送速度の高速化、より一層の高信頼化並びに装置の低コスト化を行い、多方面への適用を進めてゆく予定である。

この研究は、通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として実施されたものである。

参 考 文 献

- (1) K. Oshima, T. Kitayama, M. Yamaki, T. Matsui and K. Ito: Fiber Optic Local Area Passive Network Using Burst TDMA Scheme, IEEE Jour. LT, LT-3, p. 502-510 (1985)
- (2) 大島ほか: バースト TDMA 方式による無中継ルータ状ネットワークの試作, 昭和 59 年信学全大, No. 749 (昭 59)
- (3) 北山ほか: バーストモード光送受信器, 昭和 59 年信学全大, No. 751 (昭 59)
- (4) 生和, 池田: 集積形位相同期半導体レーザー, 三菱電機技報, 60, No. 12 (昭 61)
- (5) 松井, 布下: 光データバス用光アイソレータ付 LD モジュール, 昭和 59 年信学総全大, No. 2649 (昭 59)
- (6) 八巻ほか: 無中継ルータ状光ネットワークを用いた計測制御用光データウェイシステム, 昭和 61 年信学総全大, No. 1862
- (7) 辻ほか: 無中継広域伝送サブシステムの現場実証, 三菱電機技報, 60, No. 12

1. ま え が き

プラント内に散在する多数の接点情報や、温度、振動などのアナログ情報を伝送路内に一切電気回路を含まず、すべて光によって収集する全光情報収集装置は、耐電磁雑音性、安全防爆性、更に高速性に優れたものとして実現が待たれている。情報支線系では、この全光情報収集装置として、同種多数の1ビット情報を時系列化して収集する遅延線方式光集線装置と、アナログ情報を順次アクセスして収集する多接点スイッチスキャナ方式光集線装置を開発した。

本稿では、これら2種類の光集線装置の構成、動作原理及び特長について述べ、更に、前者の光集線装置について、日本鉱業(株)水島精油所の石油精製プラント内に敷設しておこなった実証試験について述べ、後者の光集線装置についてキー要素である接点数100個の光ロータリスイッチについて述べる。

2. 遅延線方式光集線装置

2.1 構 成

図1.に装置の構成を示す。装置は集線装置コントローラと光伝送系とから成っている。

集線装置コントローラは、時間幅の狭い単一の光パルスが発生する光送信器、光伝送系により時系列化された光信号を受信する光受信器、これら光送受信器を制御するとともに、受信信号からセンサ番号とそのオンオフ状態を識別し誤りの訂正などを行う制御器及び後続のプログラマブルコントローラと信号のやり取りを行うインタフェースにより構成される。

光伝送系は⁽¹⁾⁽²⁾、接点などの状態を光路の導通又は遮断によって光信号に変換する光オンオフセンサ、各センサごとに固有の時間遅延を

与える光ファイバ遅延線、これら二つの要素に光送信器からの送信光パルスを分配するとともに、光オンオフセンサを通過した光パルスを収集して1本の光ファイバに集める分配結合器及びこれら三つの要素を接続する光ファイバにより構成される。

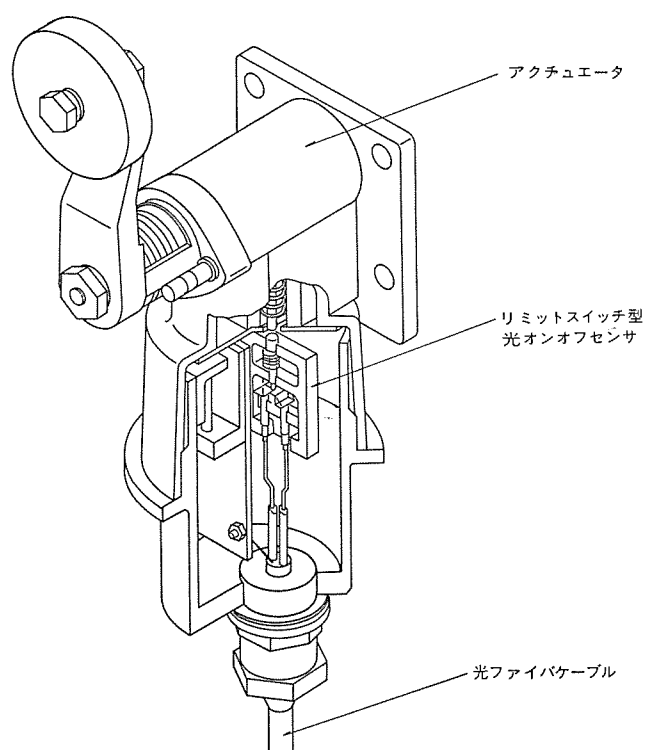


図2. リミットスイッチ型光オンオフセンサとアクチュエータの構造

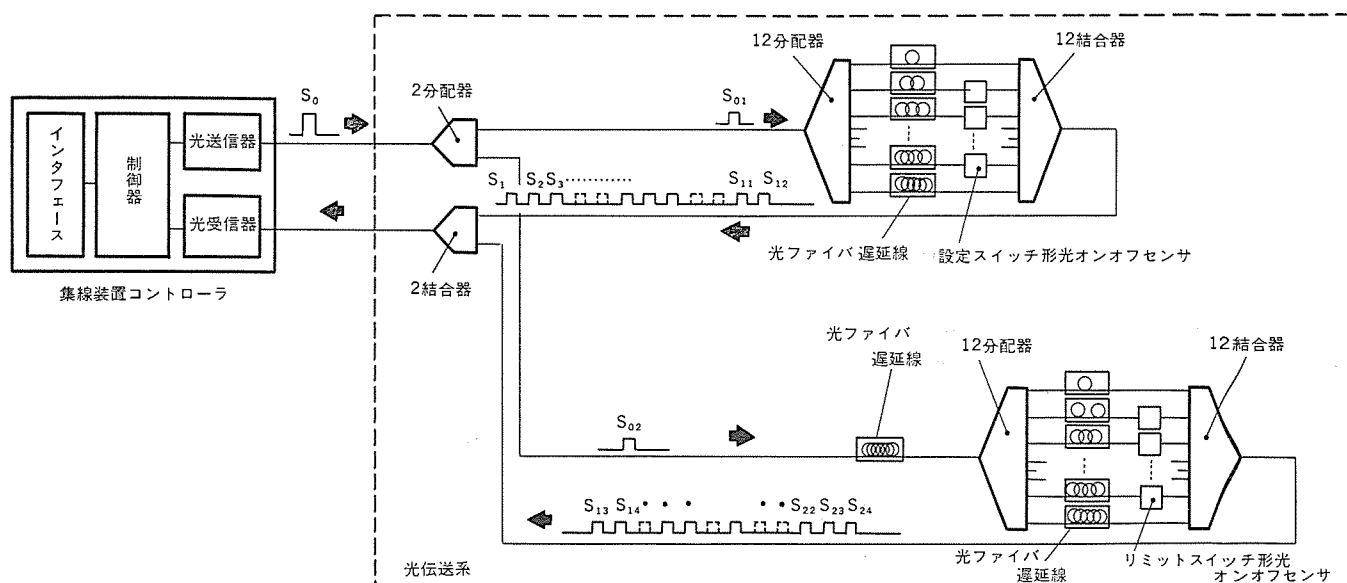
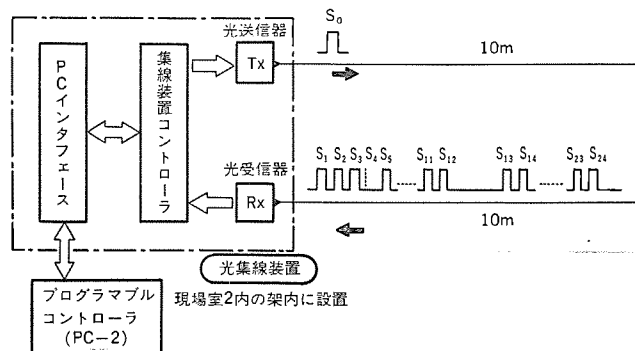


図1. 遅延線方式光集線装置の構成



この光集線装置に接続可能な光オンオフセンサの数は100個以上、データの更新周期は1ms以下である。

2.2 動作原理と特長

光集線装置の動作を図1.により説明する。光送信器は制御器からの指令に基づいて、波長0.85μm、パルス幅20ns、ピーク出力-0.5dBmの光パルス S_0 を送信する。光パルス S_0 は光ファイバ中を伝搬して2分配器に至り2等分される。更に、12分配器により12等分されて、各分枝に接続された光ファイバ遅延線と光オンオフセンサに至る。

光ファイバ遅延線は、心線状態で巻棒に巻き付けた光ファイバであり、その長さによって光パルスに80ns⁽³⁾から880nsの遅延を与える。

光オンオフセンサは、外力によって光路中にシャッタを出し入れする形式のもので、バルブのオンオフ状態や検出物体の有無を光の導通又は遮断に変換するセンサである。アクチュエータ形式の差からリミットスイッチ型と設定スイッチ型の2種類がある。

図2.にリミットスイッチ型光オンオフセンサの構造を示す。

2結合器及び12結合器は、光オンオフセンサを通過した光パルスを1本の光ファイバに集めて、図1.中の S_1 から S_{12} と S_{13} から S_{24} の二つの光パルス列をつくる作用を持っている。図から明らかなように、12分配器の第1分枝と第12分枝には光オンオフセンサが接続されていないため、上述の二つのパルス列には、先頭パルス S_1 と S_{13} 及び末尾パルス S_{12} と S_{24} の2種類の基準パルスが常に存在する。

光受信器は光信号を電気信号に変換する。制御器は基準パルスの有無から光伝送系の誤りを検出する機能と、基準パルスに挟まれた10個のパルスの有無からセンサ番号とセンサのオンオフ状態を識別し記憶する機能を持っている。

以上のように、光伝送系は2種類の分配結合器によって2階層構成としているため、一方の12分配結合器をバルブなどのオンオフ情報源が集中した地域に設置し、他方の12分配結合器をその他のオンオフ情報源が集中して存在する製造ラインに近接させて設置することなどができ、光ファイバ使用量の節約に有効である。この光集線装置の特長は次のとおりである。

- (1) 光送受信器間の光伝送系において、構成部品として光ファイバと受動型光回路部品を用いており、途中で電気回路を含んでいないため、外来の電磁雑音に強く安全防爆性に優れかつ信頼性が高い。
- (2) データ更新周期は、光パルスの全伝搬時間と受信信号からオンオフ状態を識別する時間及びその値をメモリに記憶する時間などで決

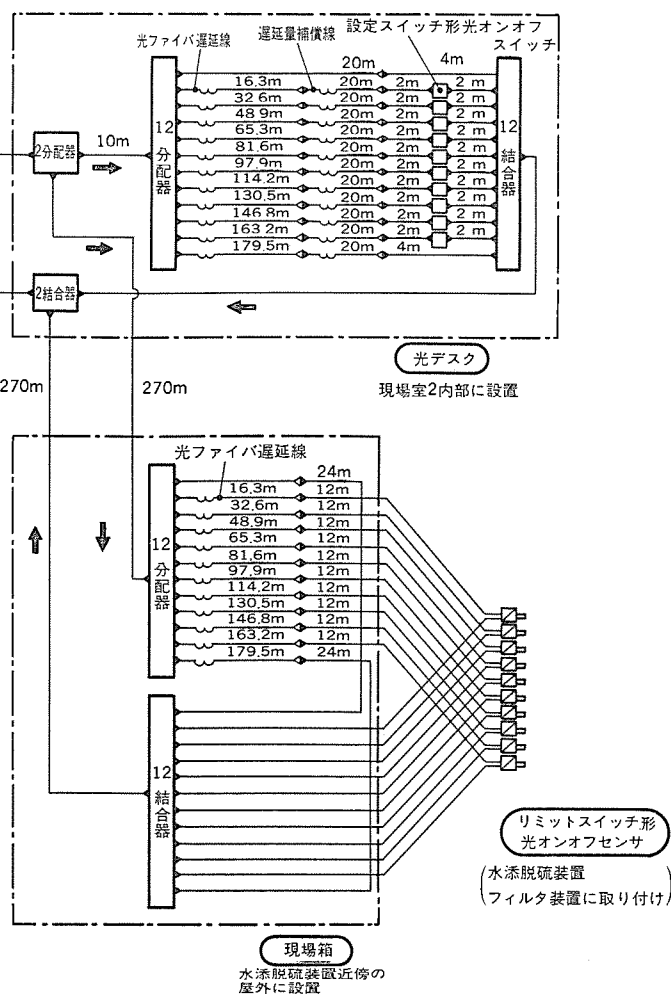


図3. 遅延線方式光集線装置の詳細構成

まるが、1ms以下と高速である。

(3) この方式によって収集可能な1ビット情報は、100以上と多数である。

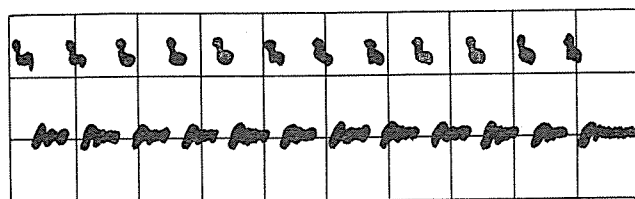
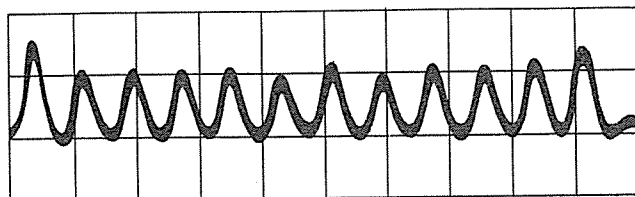
(4) 光伝送系を2階層構成としているため、光ファイバの全使用量は、光オンオフセンサ数が100個程度のとき、個々の光オンオフセンサに光ファイバを接続する場合の約1/5と少量であり経済性に富んでいる。

2.3 実証試験用遅延線方式光集線装置

図3.は実証システムとして、日本鉱業(株)水島精油所構内に敷設した遅延線方式光集線装置の詳細構成である。この装置を、光プロの実証試験のために設けた現場室2と、そこから光ファイバ敷設長270mの距離にある水添脱硫装置フィルタ設備間に設置した。

光オンオフセンサは、リミットスイッチ型をフィルタ設備に、また設定スイッチ型を現場室2内に設置した光デスクにそれぞれ10個ずつ設置した。前者は、水添脱硫装置フィルタ設備のフィルタの目詰まりを洗浄中か否かを監視し、後者は、光デスクで制御される機器の接点状態を監視するのに用いた。なお、2種類の光オンオフセンサの情報は、現場室2内に設置した集線装置コントローラにより収集され、PCインタフェース及びプログラマブルコントローラを介して、無中継光データウェイによりセンタ室内の計算機へ転送した。

図4.は、光受信器により得られたパルス列信号と識別回路を経て抽出されたセンサのオンオフ信号の一例である。図から十分なS/N比をもって受信されていること、及び20個の1ビット情報をデータ更



横軸: 100ns/div

図 4. 光受信器により得られたパルス列信号(上)と識別回路を経て抽出されたオンオフ信号(下) 横軸: 100 ns/div

新周期 0.3 ms で収集できることが分かる。この実証試験用遅延線方式光集線装置の性能を、表 1. にまとめて示す。

3. 多接点スイッチスキャナ方式光集線装置

3.1 構成

図 5. に試作した装置の構成を示す。装置は、遅延線方式光集線装置と同様に集線装置コントローラと光伝送系とから成っている。集線装置コントローラは、光ロータリスイッチの制御を行う光送信器とファイバ

表 1. 実証システム用遅延線方式光集線装置の性能

項 目	性 能 等	備 考
接 続 セ ン サ 数	20 個 (現場室 2 内に 10 個、 水添脱炭装置フィル タ設備に 10 個)	遅延線方式光集線装置の 接続可能センサ数の最大 値は 100 個である。
デ ー タ 更 新 周 期	0.3 ms	
2 分岐と 12 分岐間の線路長	270 m	集線可能線路長の最大値 は 500 m である。
誤 り 率	2×10^{-9} 以下	
回 線 余 裕	5 dB 以上	

ンサのアナログ情報の読取りを行う光送受信器を制御する制御器及び二つの光送信器と一つの光受信器により構成される。光伝送系は、光ファイバセンサのセンシングヘッド、100 端子の結合器、センシングヘッドを順次切り換えて接続する光ロータリスイッチ及び接点番号を識別するための光信号を発生する接点同定信号発生回路により構成される。

この光集線装置に接続可能なセンシングヘッドの数は 100 個で、データの更新周期は 1 s 以下である。

3.2 動作原理と特長

装置の動作を図 5. により説明する。第 1 の光送信器 (Tx1) は、光ロータリスイッチの制御信号を送信する。第 1 の光受信器 (Rx1) はこれを受信する。制御駆動回路はこの信号により光ロータリスイッチを 1 接点分移動する。所定の時間スケジュールに従って、第 2 の光送信器 (Tx2) は光ファイバセンサのアナログ情報の読取り信号を送信する。その信号は光ロータリスイッチを経て、光ファイバにより構成された接点同定信号発生回路に至り、立ち上がり部分に通過接点に固有の時間幅をもつ階段状の変調を受ける。更に読取り信号は、センシングヘッドと結合器を経て第 2 の光受信器 (Rx2) に至る。読取り信号は、センシングヘッドを通過したときに波高値又はそのエンベロープに変調を受

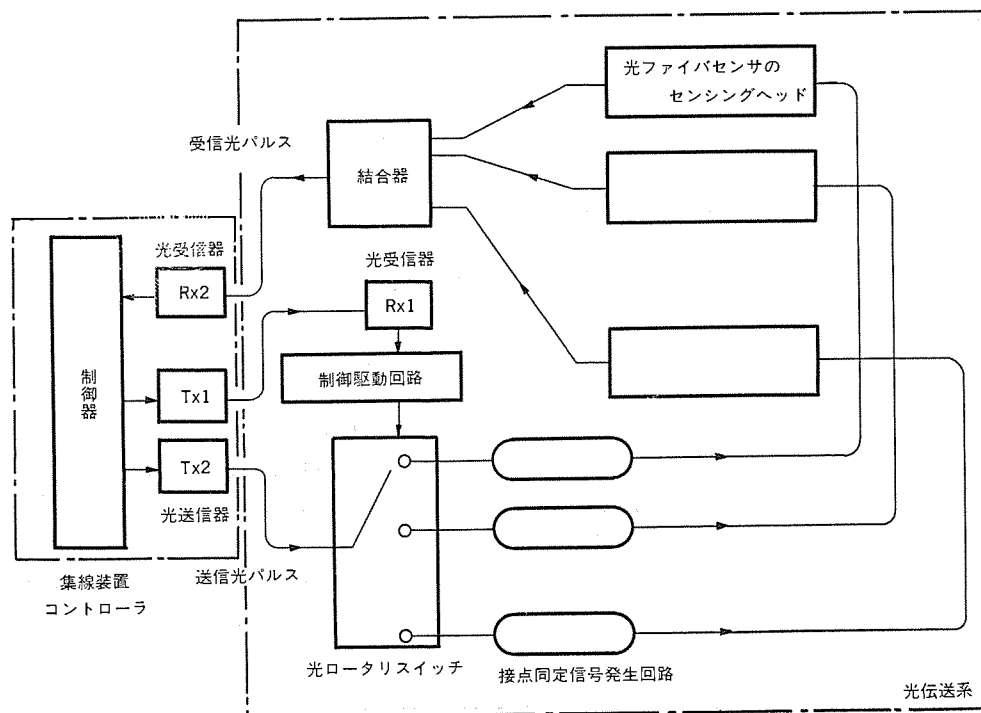


図 5. 多接点スイッチスキャナ方式光集線装置の構成

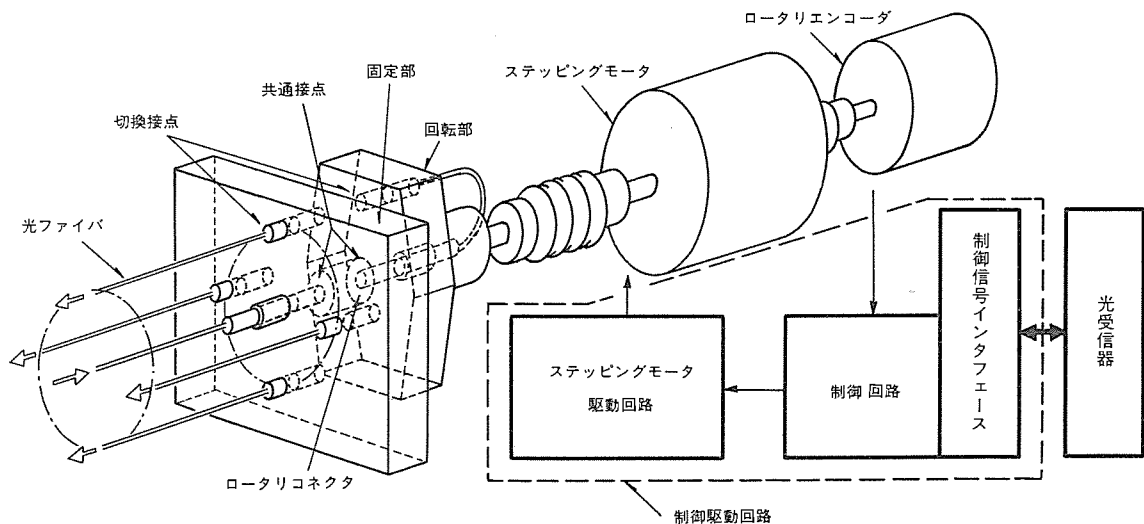


図 6. 光ロータリスイッチの構造

ける。したがって、読取り信号の立ち上がり部分の波形からデジタル的に接点番号が識別でき、波高値又はそのエンベロープからセンシングヘッドが観測している物理量に関するアナログ情報を得ることができる。この光集線装置の特長は、次のとおりである。

- (1) センシングヘッドの情報と接点番号の収集をすべて光によって行っており、耐電磁雑音性、安全防爆性に優れている。
- (2) 光ロータリスイッチは、各接点間のアイソレーションが高く、また接続の再現性が高いため、高精度・高分解能なアナログ情報の収集ができる。
- (3) 光ロータリスイッチの接点数は100と多数で、1本の光ファイバ線路を100個の光信号の伝送路として共用でき経済性に優れている。

3.3 光ロータリスイッチ

この装置の構成要素のうち、センサネットワーク構成上最も重要な光ロータリスイッチについて説明する。

図 6. に光ロータリスイッチの構成を示す。切り換え接点は、共通接点を中心とする円周上に等間隔で100個配置されている。いずれの接点の光結合も、ロッドレンズに光ファイバを接続して構成した対称なコリメート光学系である。回転部は、光ロータリコネクタにより固定部に連結し、無限回転を可能としている。回転部を駆動するステッピングモータは、停止角度精度の高い5相駆動形のものである。制御回路は、ステッピングモータに直結したロータリエンコーダの角度信号をモニタし、低振動駆動となるように位相を調整した駆動パルスを出力する機能をもっている。

光ロータリスイッチの性能は、切り換え時間8ms、挿入損失 $2.75\text{ dB} \pm 0.55\text{ dB}$ 、切り換え再現性 $\pm 0.05\text{ dB}$ 、隣接接点間の信号の漏えい量 -60 dB 以下であり、アナログ情報の収集時間を2msとすると、1sで100個のセンサ情報を収集し更新することができる。

なお、Tx1とRx2間の光信号線は光RS232Cであり、光ロータリスイッチには接続接点番号を検知するロータリエンコーダを内蔵しているため、集線装置コントローラからの指令に基づくランダムアクセス動作が可能である。

4. む す び

昭和54年度から60年度にわたり情報支線系において開発を進めてきた遅延線方式光集線装置と、多接点スイッチキャナ方式光集線装置の構成、動作原理及び特長について述べた。前者は100個の1ビット情報を時系列化することにより、データ更新周期1msで収集できるものであり、後者は100個のアナログ情報を順次アクセスすることにより、データ更新周期1s以下でそれぞれ収集できるものであることを確認した。

実証試験では、前者の遅延線方式光集線装置を日本鉱業(株)水島精油所の石油精製プラント内に敷設して運転評価し、全光情報収集装置の特長である耐電磁雑音性、安全防爆性、高速性及び光ファイバ遅延線を2階層構成としたことによる経済性の確認など所期の目標を達成することができた。

今後、情報支線系で開発した光集線装置は、石油精製プラントをはじめとする各種のプラント制御や物流システムの制御など各方面で応用されるものと期待される。

この研究は、通商産業省工業技術院大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として実施されたものである。

参 考 文 献

- (1) 伊東ほか：光ファイバ遅延線を用いた全光情報収集装置，昭和58年度自動制御連合講演会，No. 4020
- (2) 伊東ほか：光ファイバ遅延線を用いた全光情報収集装置の光伝送系，昭和58年度電子通信学会 情報・システム部門全国大会，No. 390
- (3) 笠原ほか：光ファイバ遅延線を用いた全光情報収集装置の同期法に関する検討，昭和58年度電子通信学会 情報・システム部門全国大会，No. 389
- (4) 堀田ほか：1×100ポート双方向光ロータリスイッチの開発，昭和60年度電子通信学会総合全国大会，No. 2603

1. ま え が き

生産プロセスラインに配置される設備機器の構造や機能はますます複雑化し、かつ多くの情報をベースとして高速かつ複雑に計測制御される傾向、すなわち智能化の傾向が強くなっている。設備機器の制御のみならず、これらの状態を監視し、異常などを早期に発見し、診断し、必要な処置を行うことや、また設備機器のみならず、ライン上での製品の状態を判断し、これに対応した制御や品質管理などを行う必要性も増大している。これらの傾向はセンサの多数多次元化、各センサの機能の拡大、複雑化の必要性を増大させている。

一方、情報伝送量の増大に対応して、光ファイバ通信系による情報ネットワークが発達し、また耐電磁環境雑音性、絶縁性、安全性などに優れた光ファイバや各種光学現象を用いた光センサの研究開発が行われている。しかしながら、将来プロセスラインなどに多数配置されるであろうこうした光センサ群を、光伝送システムに有効に、総合的に結合する技術は、まだほとんど開発に着手されていなかった。光センサ群と光伝送システムとの情報結合に基本的に要求されるのは、上にのべた計測制御の傾向から考えて、まずセンサの多数多次元化に対応できること、次に高速化に対応できると、特に制御ループを形成する場合には伝送ループを極力短くできると、そして多数多次元のセンサに汎用的に結合され、標準化された伝送方式で伝送システムに結合され、かつ検出すべき計測量や処理内容を比較的容易に変更が行える、つまり汎用性に対する機能が必要とされる。

ここでは、上に述べた必要性を踏まえた多数センサによる状態計測方式の構成、並びにその中の基本となる技術を抽出し、研究開発を行った。上に述べた基本的な要求事項をうけ、開発すべき技術内容の要目を下記のとおり設定し、研究開発を実施した。

(1) 光センサ⇄光伝送システムの光と光の結合の特徴を生かすため、できるだけ光を用いた結合方式とする。

(2) 光センサ情報の収集、結合方式として、下記二つの方式の開発を行う。

(a) 計測制御システムの末端において、複数多次元センサ情報を結合処理し、センサ系を自律的に制御し、圧縮された情報を、標準形式で伝送システムへ送るインテリジェント機能をもつセンサ端末(光

プリプロセッサ)。

(b) 多数のセンサ情報を同時並列でプロセッサへ送り、データの瞬時読み込み、情報の任意優先選択が行える同時並列データ収集システム。以下、開発した技術内容につき述べる。

2. 多数センサによる状態計測方式の概要

図1. に多数センサによる状態計測システムの概略構成図を示す。計測対象の状態に対応する情報は、個々の計測点での点情報の重要性はもちろんであるが、更にセンサ情報群の時間的、空間的分布、並びにそれらの情報群の相互関連性がきわめて重要である。センサ群にも同一種類のセンサ群の場合と、異なる種類のセンサを配置し、その相互関連で一つの情報を抽出する場合がある。また、一つの設備の状態を知るために、数百点のセンサ群の情報を結合処理する例も多く、センサ数と配置方法については計測対象ごとの検討が必要である。このようなセンサ群からの情報は、後述する2種類のデータ収集方式によりデータプロセッサに効率良く入力できる。データプロセッサでは設備機器などの制御やシステムの管理制御、監視、異常の予知、診断など、状態計測の目的に合わせて処理を実行する。多数多次元のデータを結合、解析する信号処理法として代表的なものに、センサ群出力分布の変化、平均値の変化、突出部の検知、差分演算、トレンド曲線の検知、相関演算、フーリエ変換処理などがあげられる。表1. にこれらの処理内容の詳細を示す。

3. 光プリプロセッサによる並列収集方式

上述したように石油精製や鉄鋼などの各種プラントは、近年ますます高度化し、複雑化してきている。このようなプラントを最適の状態で運転、管理するには多数のセンサを用いた状態監視システムが必要となる。ただし、この多数センサから発生する生の計測信号すべてをプラント制御用のコントローラ(計算機)に入力すると、コントローラにとっては非常に大きな負荷となる(図2.(a)参照)。

光プリプロセッサは、多数のセンサから生の計測データを入力し、インテリジェントな処理を施すことにより、意味のある情報として上位プラント制御機器に送るもので、光計装システムの高速化や上位プラント制御機器の稼働率向上など、各種プラント計装用光システムの高度化を

図るものである(図2.(b)参照)。

また、光プリプロセッサは、多数の光ファイバ応用光センサに対し単一の処理回路、出力線で済むので、信頼性が向上し計装コストの低減が図れるなどのメリットがある。

3.1 構成

(1) ハードウェア

光プリプロセッサの構成例を図3. に示す。同図に示すように光プリプロセッサは、光ファイバ応用センサを接

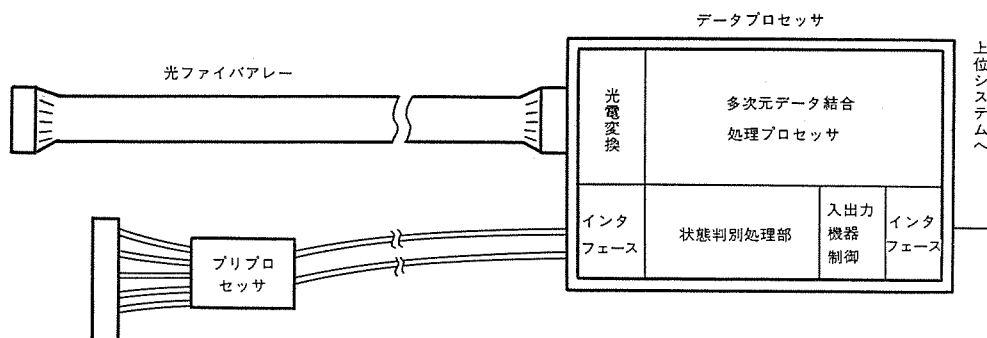
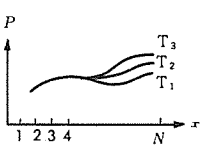
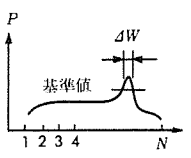


図1. 状態計測システムの構成図

表 1. 多数多次元データの解析方法

分 類	処 理 内 容
分布の変化	 <p>①データ量が多い場合は、n 個 ($n > 1$) の平均値をデータとする。 ②分布値の度数を計算し、ヒストグラムを作成 ③分布の時間変化 $P_j(T_3) - P_j(T_1)$ ($j = 1, 2, \dots, N$)</p>
平均値の変化	<p>①空間平均値 $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i(T_j)$ の時間変化 ②時間平均値 $\frac{1}{T} \sum_{j=1}^T P_i(T_j)$ の空間分布</p>
突起部分の検出	 <p>基準値を越えた部分の幅 ΔW がある範囲のものを突起部と判定 ①空間分布の突起部 ②時間分布の突起部</p>
差 分	<p>①空間差分 隣接点との差 $P_i(T_j) - P_{i-1}(T_j)$ を計算 ピーク値が原データの最大変化点 ②時間差分 1時刻前との差 $P_i(T_j) - P_i(T_{j-1})$ を計算</p>
トレンド曲線	<p>データ (U_1, U_2, \dots, U_N) の線形トレンド $p = a_0 + a_1 x$ $a_0 = \frac{2(2N+1) \sum_{i=1}^N U_i - 6 \sum_{i=1}^N i U_i}{N(N+1)} \quad a_1 = \frac{12 \sum_{i=1}^N i U_i - 6(N+1) \sum_{i=1}^N U_i}{N(N+1)(N-1)}$ ① $U_i = P_i(T_j)$ の空間トレンド ② $U_j = P_i(T_j)$ の時間トレンド</p>
相 関	<p>①空間相関 $R(\tau) = \sum_i P_i(T_j) P_{i+\tau}(T_j)$ (時刻 T_j) ②時間相関 $R(\tau) = \sum_i P_i(T_j) P_i(T_j + \tau)$ (計測点 P_i)</p>
フーリエ変換	<p>データ (U_1, U_2, \dots, U_N) の周波数変換 $P_m = \sum_{i=1}^N u_i e^{-j2\pi(i-1)m/N} \quad (m = 1, 2, \dots, N)$ ①空間周波数 $U_i = P_i(T_j)$ 又は $\frac{1}{T} \sum_{j=1}^T P_i(T_j)$ で P_m を計算 ②時間周波数 $U_j = P_i(T_j)$ 又は $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i(T_j)$ で P_m を計算</p>

続する光回路部、検出信号を増幅しデジタル化する前処理部、収集データの一次処理や光プリプロセッサ全体の動作管理をするなどインテリジェント処理の中心となるプロセッサ部、上位データプロセッサとの情報交換をつかさどる入出力部などから成っている。
 (2) ソフトウェア

光プリプロセッサに搭載されるプリプロセッシングソフトウェアは、自動校正や自己診断ソフトウェアなどの保守診断処理のほか、センシングデータの演算や変換を行うデータ処理、光ファイバセンサやデータプロセッサを制御する入出力処理などから構成される。表2.に光プリプロセッサに搭載されるプリプロセッシングソフトウェアの構成を示す。

3.2 動作

光源から発信された光信号は、光回路でプロセッサ部の指令に基づいて光路を切り換えられ、目的とする光ファイバセンサに射出する。この射出光は、光ファイバセンサの働きによりセンシング量に比例した強度変調を受け、再び光プリプロセッサに入射する。入射光は、射出光と同様、光回路により光路の切り換えが行われ光検出器に到達する。光検出器により入射光の強度、つまりセンシング量に比例したアナログの電気信号を発生する。このアナログ信号は、前処理部でデジタル値に変換後プロセッサ部に入力され、搭載されたプリプロセッシングソフトウェアに基づいた処理がなされる。このように、プロセッサの指令により自由に光ファイバセンサがアクセスできるので、データプロセッサの要求に応じた各種のインテリジェント処理が実行可能になる。図4.に、今回試作した光プリプロセッサの外観を示す。

3.3 性能

試作した光プリプロセッサに対して、基本的性能や各種光応用センサへの適用性を評価した。光プリプロセッサは強度変調型光センサすべてが接続可能であるほか、表3.に示すような性能をもっている。

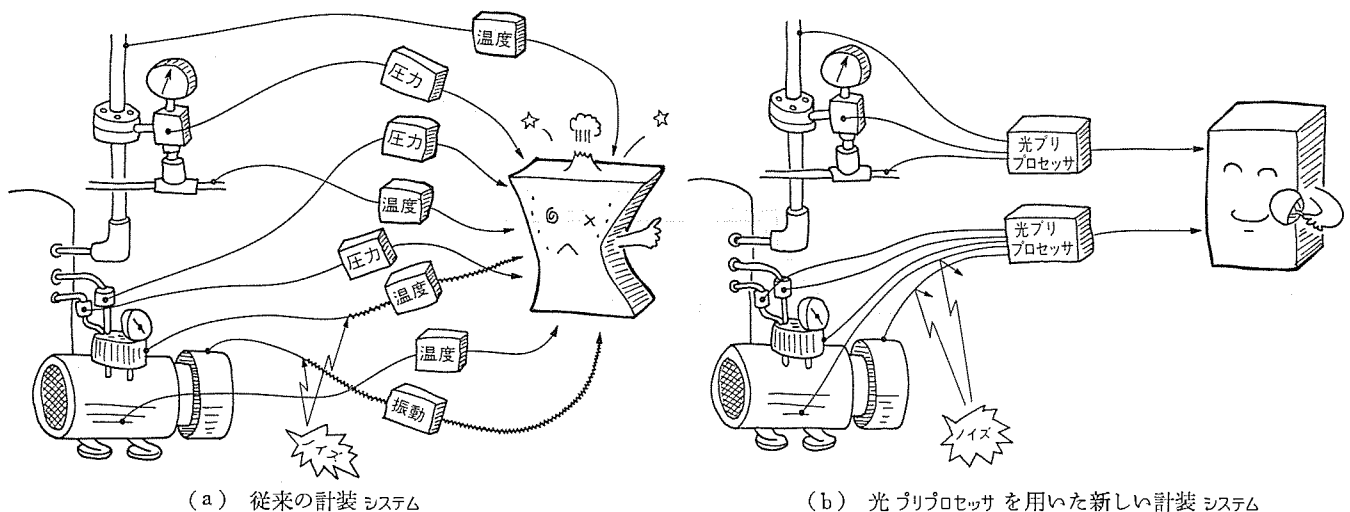


図 2. 光プリプロセッサの概念図

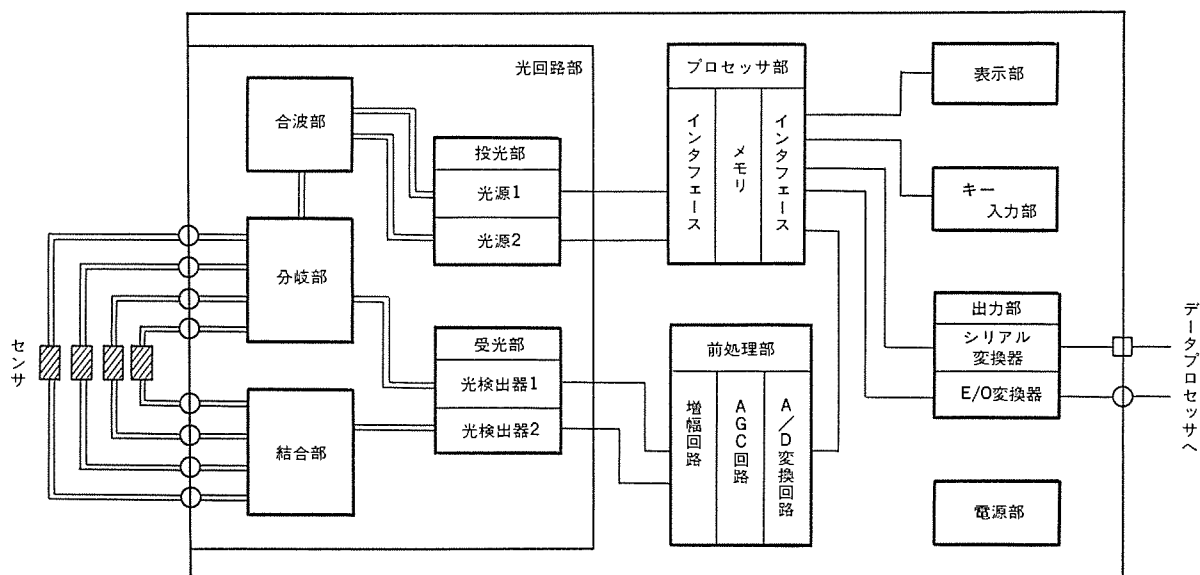


図 3. 光プリプロセッサの構成図

表 2. プリプロセッシングソフトウェアの構成

センサの自律制御	① 光源の駆動電流の制御 ② 光源の温度変化に対する補正パラメータ計算
センサ信号の入力処理	① 測定条件（パラメータ）の設定 ② センサ信号の入力処理
上位プロセッサとのインタフェース	① データプロセッサとの交信、対話処理 ② 中央の計算機との交信、対話処理
データの変換・加工	① データ形式の変換と線形化 ② データのノイズ除去 ③ 補正式によるデータの補正
データの演算処理	① データの最大、最小、平均、積算値の計算 ② データ間の差、変化量などの演算
管理データの処理	① 保守・管理データの登録 ② 保守・管理データの読出し
診断プログラム	① センサのテストと異常の検出 ② プリプロセッサの自己テストと診断

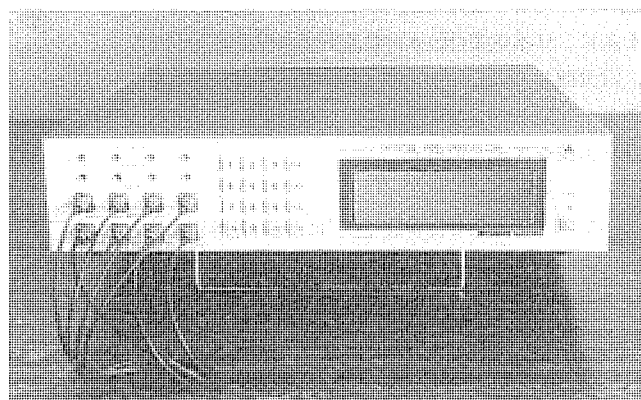


図 4. 光プリプロセッサの試作機外観

表 3. 光プリプロセッサの性能例

課 題	項 目	内 容
光プリプロセッサの機能	光ファイバセンサの入力点数	4 点
	光ファイバセンサの種類	1 波長 / 2 波長方式、強度変調型
	安 定 性	ばらつき：±0.3% 以下 ドリフト：±0.1% 以下
	ダイナミックレンジ	40 dB 以上
	リニアリティ	0.5% 以下（補正可能）
	プリプロセッシングソフトウェア	入出力処理（入力信号の AGC 処理、データプロセッサとのデータリンク、光回路の制御など） データ処理（データの変換・加工、演算処理など） 保守診断処理（自己診断、自動校正など）
光プリプロセッサとデータプロセッサのデータリンク	接続方式	光ファイバによる、RS-232C フォーマット
	データリンクの内容	光プリプロセッサに対するプリプロセッシングソフトウェアのローディング。 光プリプロセッサ実行のプリプロセッシングソフトウェアをデータプロセッサからコマンド指令。

4. 光ファイバアレーによる同時並列収集方式

例えば鉄鋼の圧延ラインでは、赤熱鋼板がライン上を高速に移動するため計測量も高速に変化する。このような高速に変化する計測量を多数、同時に測定するには、データ群の高速読取りが可能な光ファイバアレーによる同時並列収集方式が有効である。

(1) 構 成

図 5. に今回試作した光ファイバアレーによる同時並列収集方式の構成例を示す。計測対象プラントには温度、圧力、位置など多数のセンサ

が配置される。光ファイバアレーはこれらのセンサ群からの光出力を入力し、データプロセッサに送出する。光ファイバアレーは、石英ガラス系の GI 型でコア径 50 μm、クラッド径 125 μm のものを 256 本直線状に並べている。データプロセッサは、上述した光ファイバアレー経由で入力された光信号を電気信号に変換する光電変換部と、この電気信号をディジタル化するための A/D 変換部、収集データに対し状態計測アルゴリズムを実行するプロセッサ部などから構成される。ここで光電変換素子は、シリコンの PIN フォトダイオードを 256 個、直線状に配列させたフォトダイオードアレー（以後、PD アレーと称す）を用いた。

(2) 動 作

光ファイバアレーからの光入力信号は、PD アレーにより電気的アナログ信号に変換され、増幅器で増幅される。ここまでの処理は完全に並列に処理される。こうして得られたアナログ信号は、32 個ずつ 8 ブロックに分割され、1 ブロック一つの A/D 変換器で各々 6 ビットのディジタル信号に 32 個がシケンシ的に変換され、計測データメモリに直接書き込まれる。計測データメモリにストアされた計測データは、マイクロプロセッサからブロック単位に任意のアクセスが可能である。すなわち、マイクロプロセッサでデータメモリにストアされた計測データを読み出し、各

種ソフトウェア処理の適用により状態計測を行う。

(3) 性能

この方式の目的はデータ収集の高速性にあり、試作装置で実現したデータ読取り速度は、データ数256点で9.6 μ sである。これは一般のテレビカメラの水平方向走査速度の約6.6倍である。また、256点の入力間のばらつきは素子レベルで $\pm 7\%$ (光ファイバレー $\pm 5\%$ 、PDアレー $\pm 2\%$)あるが、光電変換部の増幅器の調整により $\pm 1\%$ 以下に抑えている。試作モデル全体の性能を表4.に示す。

5. 光応用計測系の現場実証

以上に述べたような光センサ情報の収集、結合方式の開発を基に、日本鉱業(株)水島製油所での現場実証用として、設備機器(以下、ポンプで代表する)の異常監視を目的とした計測システムを開発した。

5.1 実証システムの構成

(1) 全体構成

図6.に、今回実証した多数センサによる石油精製プラント内ポンプの、異常監視システムの構成図を示す。同図に示すように、光ファイバを応用した光温度センサ3台と光振動センサ3台を、ポンプ軸受部とコネクタ箱内に設置した。また、センター室に異常発生模擬用の光振動センサを設けるようにした。これは、通常のプラント操業時には異常の発生がほとんどなく、実証システムの異常監視動作が確認しにくいとため設けたもので、光振動センサに人為的な衝撃を加えることにより異常発生を模擬するためのものである。光プリプロセッサは、光温度、光振動センサ用に各1台ずつ計2台用い、複数の光センサデータから総合的にポンプの異常を監視する。光プリプロセッサで得られた監視データは、伝送装置(TDMA)を経由して上位計算機(データプロセッサ)に送られ、表示・記録される。

例えば、ポンプに異常が無い場合には、各光センサデータを約1秒間隔で表示し、なんらかの異常を検知すると異常部に相当するセンサの、異常時の実波形データを表示する。なお、このシステムでは高速にデータ収集を行わなくてもよいので、光ファイバレーによる同時並列収集方式は含んでいない。

(2) 光振動センサ

光振動センサは、振動による応力ひずみから光弾性素子に生じる位相差を光強度変化に変換して、振動加速度の検出を行うものである。光振動センサの主仕様を表5.(a)に示す。

(3) 光温度センサ

光温度センサは、GaAsなどの半導体の小片を多モード光ファイバで挟んだ構造になっている。半導体の光吸収端波長の温度依存特性により、半導体を通過する光の量が温

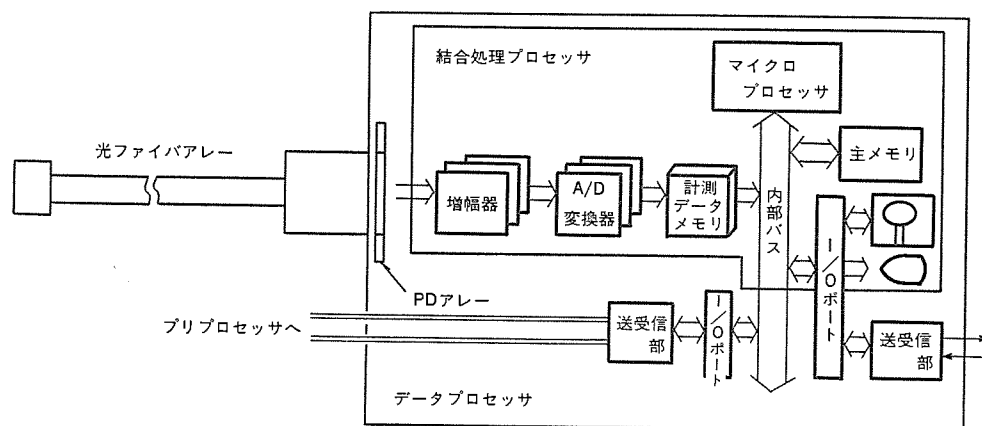


図5. 光ファイバレーによる同時並列収集装置の構成例

表4. 光ファイバレーによる同時並列収集装置の性能

項目	試作モデルの性能など
光ファイバレーによる計測データ並列収集	光ファイバレー入力 長さ25m, 1列256本の2列構造
	受光部 {うねり 1.9 μ m, 1.6 μ m ピッチ 143 μ m, 138 μ m.
	結合効率 41%
	最小受光電力 100 nW ($S/N \approx 1$)
	感度波長範囲 400~1,100 nm
多数点計測データの結合処理プロセッサ	スキャンタイム 9.6 μ s/1スキャン (基本クロック 300 ns)
	計測データメモリ 容量 512 Kバイト アクセスタイム 150 ns

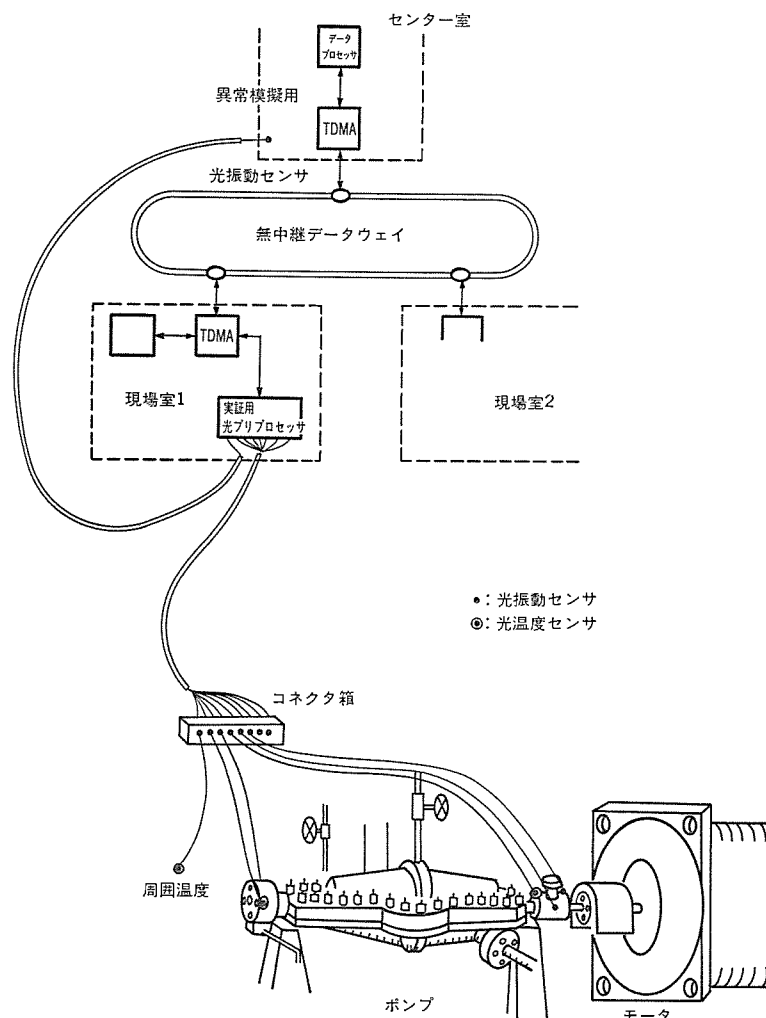


図6. 実証用光応用計測系の構成図

表 5. 光センサの性能

センサ	項 目	性 能
(a) 光振動センサ	測定範囲	~10 G
	分解能	0.03 G
	温度特性	-25~+60°C at ±5%
	周波数範囲	10 Hz~3 kHz
(b) 光温度センサ	精度	±5%
	測定範囲	0~80°C
	測定時間	15 s 以下
	使用温度	センサ部 0~150°C 計測部 0~40°C
	ファイバ長	175 m
	精度	±2.0% F. S

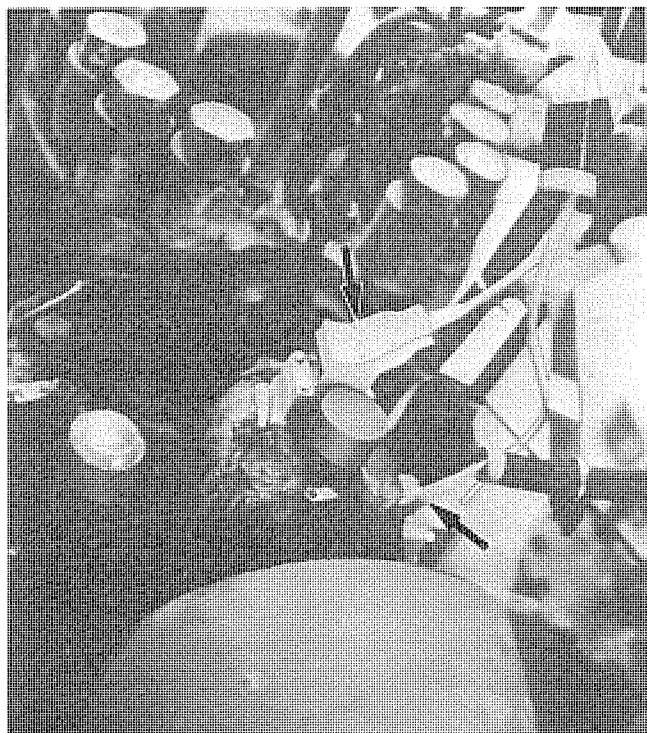


図 7. 光センサ取付状態

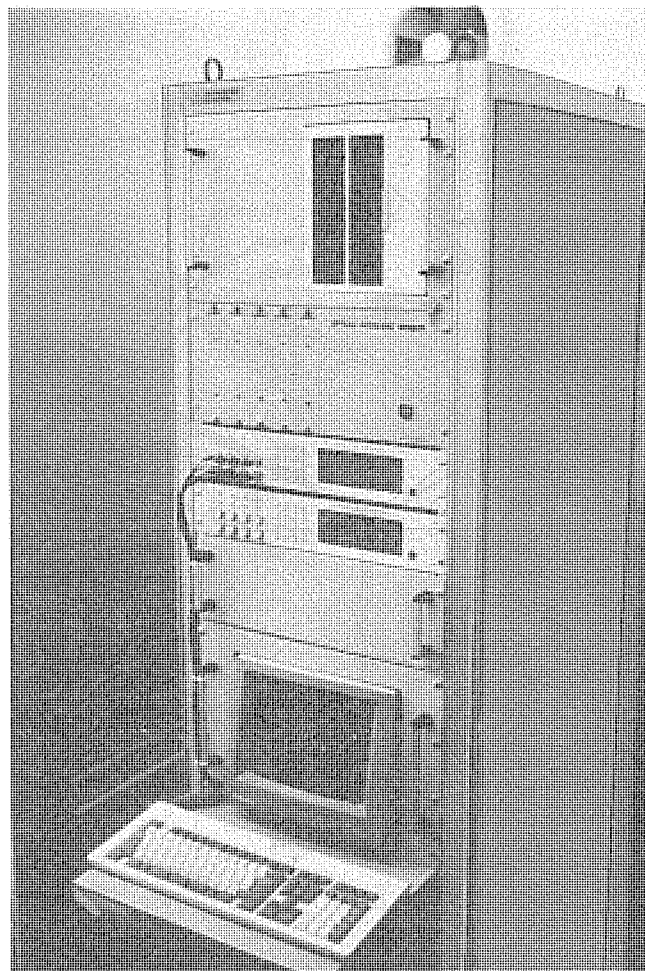


図 8. 実証用光プリプロセッサの外観

図 7. に各センサ取付状態を示す。

(4) 光プリプロセッサ

現場実証に用いた光プリプロセッサは、前述したものに新しくデータ収集、処理機能と上位計算機とのインタフェース機能を付加した。

図 8. に光プリプロセッサを組み込んだ実証システムの外観を示す。

5.2 実証システムの動作

光センサで得られた実証データは、現場室 1 の実証用光プリプロセッサに集められ一次処理される。例えば、データが事前に設定された上下限範囲内にあれば、「正常」として振動センサの rms 値と温度センサの瞬時値を出力する。これ以外の「異常」、「注意」時には振動、温度共に異常波形データと、音声警報用の接点信号を出力する。これらのデータは幹線系を経由してセンター室内のデータプロセッサに伝送され、表示と同時に音声通報される。図 9. には、このようにして得られた連続 24 時間のデータ収集例を示す。

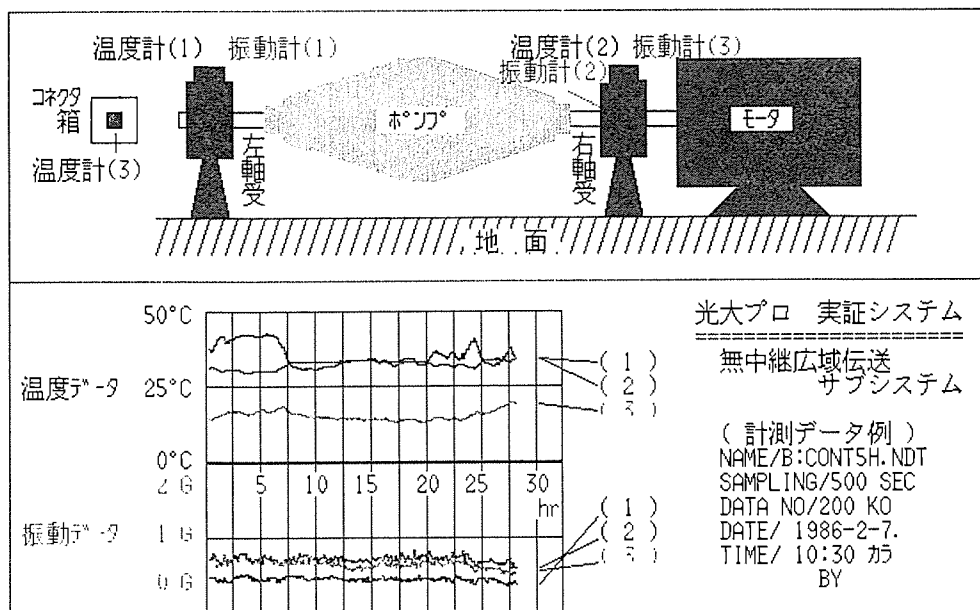


図 9. 24 時間監視データ例

度と相関性をもっていることを利用している。光温度センサの主仕様を表 5. (b) に示す。

示す。また、図 10. にはセンター室に設置された異常模擬用光振動センサに、人為的衝撃を与えたときの異常波形データの表示例を示す。

光振動センサ・温度センサ・プリプロセッサ 1986/03/02 16:29

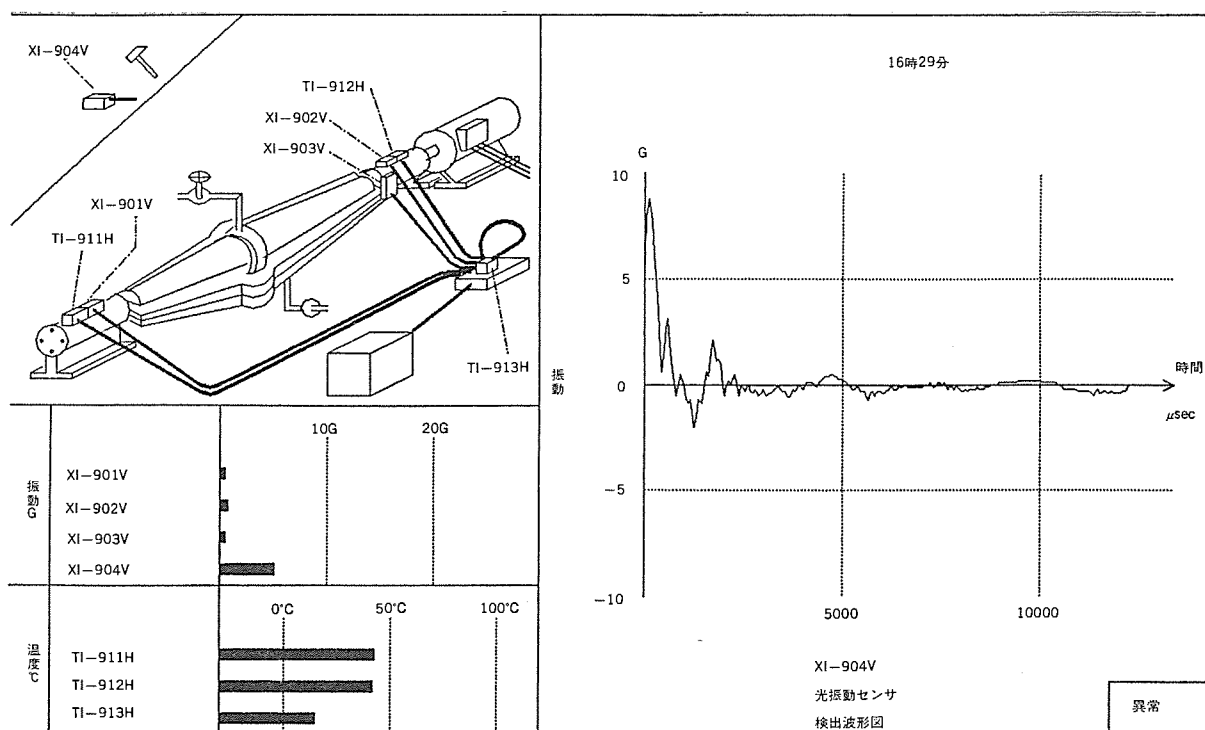


図 10. 振動異常データ例

5.3 実証システムの評価

実証期間中において実証システムにトラブルは無く、所定の動作が正常に行えた。今回監視したポンプは、実証プラントにてオンライン稼働しているもので、実証期間中に異常は起こらなかった。監視データとしては、ポンプ運転開始時と停止時の過渡データなど有意義なものが得られた。総合的にみてポンプ異常監視システムの有効性が確認できた。

6. む す び

生産プロセスラインでの計測制御システムは、多数多次元に配置されたセンサ群の情報をベースに、ラインの状態を検知し、高速でかつ複雑な管理や制御を行う知能化の傾向を強めている。そのため計測制御システムは、ネットワークを中心とした情報システムにより、より一体化された構造になりつつある。こうした計測制御システムのために要求されることは、多数多次元のセンサ情報を高速で収集、結合処理を行い、かつ計測内容の変化などに柔軟に対応できる汎用的な機能をもった計測システムの実現である。

上記の要求機能をたて軸とすれば、光伝送システムと光センサを結

合するため、センサ情報の収集、結合処理をできるだけ光化するといった光の技術の導入は、この開発のよこ軸をなすものといえる。これらの背景となる動向、要求機能に対応し、計測制御システムで取り扱う情報処理内容を状態判別アルゴリズムとして検討し、これをベースに光ファイバレーによる同時並列データ収集システム、並びに分散型センサ端末である光プリプロセッサの研究開発を行い、特に後者に関しては実証システムを製作、現場実験により、所期の機能を確認した。

以上の研究成果は今後の光ネットワーク、光センサのラインへの導入の進展に伴い、システムの核として実用化が進むと期待される。

この研究開発は、通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として、実施されたものである。

参 考 文 献

- (1) 金田、稲荷：多数センサによる状態計測系の構成と解析、電気学会システム、制御研究会資、SC-83-24 (昭58)
- (2) 金田ほか：光応用計測系におけるセンサとプリプロセッサ、電気学会計測研究会資料1 M-84-7 (昭59)

1. ま え が き

半導体レーザの研究の初期は、波長は $0.9\mu\text{m}$ 、光出力は 5mW 程度であったが、開発が進むとともに仕様が多分化し、現在は主に波長 $0.78\mu\text{m}$ 仕様の CD(コンパクトディスク)用レーザと、波長 $1.3\mu\text{m}$ 仕様の光ファイバ通信用レーザが生産されている。今のところこの二つの用途での使用量が支配的であるが、今後半導体レーザの性能向上により更に応用分野が拡大し、これとともに需要の大幅な増大も期待できる。半導体レーザの性能を向上させる方向としては、一般に、①波長域の拡大(可視光化、 $1.6\mu\text{m}$ 以上の長波長化)、②高出力化、③コヒーレンス制御(DFB, DBRによる波長安定化など)、④低しきい値化、など多岐にわたる。

ここに取り上げた集積形位相同期半導体レーザは、複数の半導体レーザを集積化することにより高出力化を図り、集積するに際して間隔を狭く形成することにより、相互に光学的な位相同期発振をさせ、単一基本横モード化を図ったもので、光による情報伝送や各種計測用の光源のほか、YAGレーザ励起用あるいは加工用の光源として、将来の発展を期待できる。

2. 高出力を得る方法

半導体レーザを高出力化する場合の最大の問題は、半導体レーザチップの光出力端面が高い光電力密度によって破壊する現象である。したがって高出力化に当たっては、半導体レーザチップの光出力端面における破壊限界光電力密度の向上、あるいは光出力端面における光ビームの断面積の拡大が必要である。光出力端面における破壊限界光電力密度の向上には、端面保護膜、あるいは端面近傍に光の非吸収領域を設けた窓構造の採用が有効である。

一方、一般に光ビームの断面積を拡大する方策としては、主に活性層を薄くしてクラッド層へ光を浸透・伝搬させる方法がとられる。しかし、これにはしきい値電流密度の上昇を伴うため限界がある。ストライプ幅を拡大する方法もあるが、結晶の不均一や局所的発熱によりモードが変わりやすくなるためこれにも限界がある。逆に厚い活性層を使い、活性層全体を発光させる方式が考えられるが、この場合も、しきい値電流密度が高いことから CW 動作が不可能である。

以上の事情を考慮すると、安定な基本横モード発振を保ちながら高出力化を図るという観点からは、それぞれが単一の基本モード発振する半導体レーザを必要数だけ集積することが好ましいと思われる。しかし、それぞれの半導体レーザが異なるしきい値を持っていたのでは、実用上問題が多いと考えられるので互いに位相同期をかけて、全体として1個のレーザとして動作するように工夫する必要がある。この方式では、CW動作で高出力が得られると同時に、単一モード化することにより出射ビームも絞れるなどの優れた特性を得ることができる。

この位相同期集積レーザは、近年米国を中心に活発に研究されて

いるが、これらを大別すると、個々のレーザ(エレメントレーザ)を利得導波型にしたものと、屈折率導波型にしたものとなる。前者は製作が比較的容易で高い光出力が得やすい特徴があり、多くの機関は前者の研究を行っているが⁽¹⁾、横モードの制御が困難という欠点がある。後者は製作は難しいが、安定な単一基本横モード発振を得られる可能性がある。我々は、発振横モードが基本モードでないものは、結局基本モードのものに駆逐されてきたという半導体レーザの歴史をみると、この集積形位相同期レーザも、基本横モード化を追求すべきものとの考えから後者の研究開発を行うこととした。

3. 基本横モード化

屈折率導波型の集積形位相同期半導体レーザにおいても、エレメントレーザを単に集積するだけでは、横モードは基本単一になりにくいため、基本横モードを得るいろいろな方法が提案され、試みられている⁽²⁾。我々は、次章で示すようにクラッド層の厚み分布を変えることにより、エレメントレーザ間に利得及び屈折率の不均一を導入し、基本横モード発振を得ることを試み、横基本単一モード発振を得た。

一方、横モード制御の理想的な方法は、すべての高次モードをカットオフし、基本モード以外は存在できない状態をつくる方法である。我々はこの方法の有効性を主張すると同時に、高次モードカットオフ条件

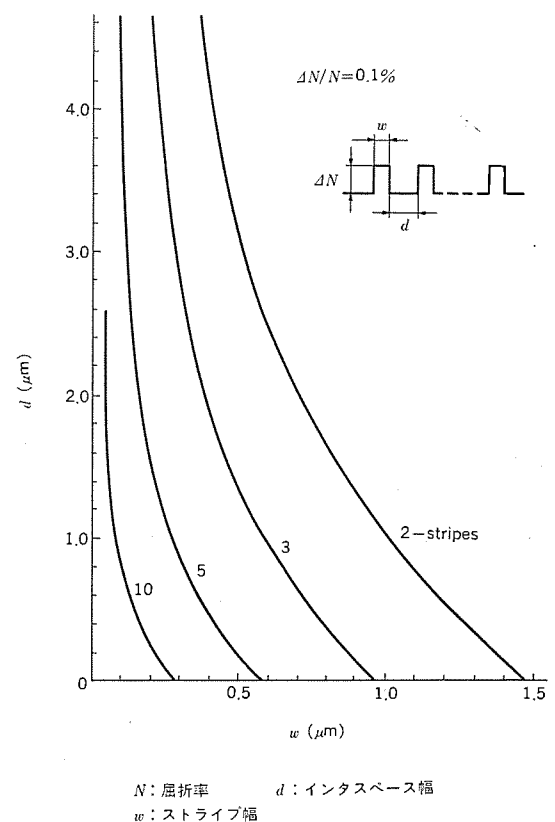


図 1. 高次モードカットオフ条件

を計算し、その結果を図 1. に示した。図から分かるように、集積度を上げるに従い急激に要求される加工精度が高くなる。今後 DF B レーザの製作技術などの応用により、この方法による横モードを基本単一化する試みも行われるようになるであろう。

4. 素子の作成と特性

試作した集積形位相同期レーザの構造を、集積度が 5 の場合を例に図 2. に示す。n-GaAs ブロック層が残っている部分は、pnpn 構造となるため電流は遮断される。したがって、電流はチャンネル領域を介してストライプへ集中して流れ込む。またストライプ部で発生したレーザ光は GaAs ブロック層に吸収されるので、屈折率導波機構が形成され、光はストライプ部へ閉じ込められる。この結果、低電流でレーザ発振を得ることができる。

試作では MO-CVD (有機金属気相成長法) により n-GaAs ブロック層を成長後、5 μm あるいは 10 μm 周期で幅 2 μm のストライプを転写し、n-GaAs 層をエッチング除去しチャンネル領域を形成後、LPE (液相成長法) により p-AlGaAs クラッド層、p-AlGaAs 活性層 (Al 組成率 $X=0.08$)、n-AlGaAs クラッド層、n-GaAs キャップ層を順次成長した。ここで p-AlGaAs クラッド層上面では、チャンネル部の段差が埋まり平坦になるように、成長を制御してある。また単一基本横モード化をねらい、インタースペース領域の p-クラッド層厚 t_2 は、アウトストライプ領域の p-クラッド層厚 t_1 より大きくなるように制御してある。

LPE により多層成長を行ったウェーハは、n 電極、p 電極を形成した後、共振器長 L が 250 μm となるようにへき開し、この状態で前光出力端面、後光出力端面の反射率が 7 %、90 % となるように反射膜を形成した。なお、この反射膜は 2 章で述べた端面保護膜の役割も兼ねている。続いて各チップの特性を評価・選別し、良品チップのみを Si サブマウント上へ組み立てた。

p 電極を下にして組み立てた (J-up 組立) 集積形位相同期半導体レーザの特性を図 3. 及び図 4. に示す。光出力 100 mW まで光出力対電流特性の直線性が良く、かつ横単一基本モード発振に対応する単峰性の遠視野像が維持されていることが分かる。

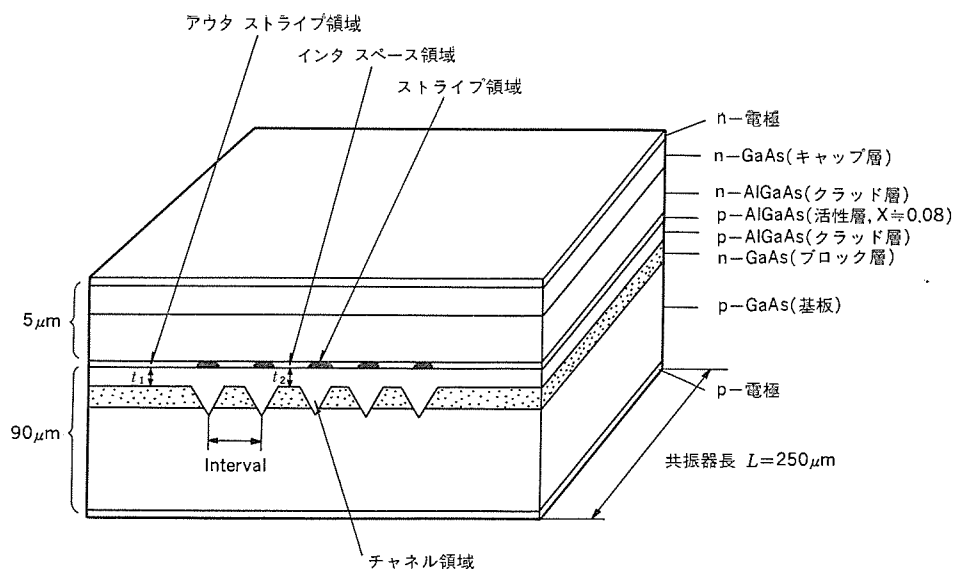


図 2. 構造

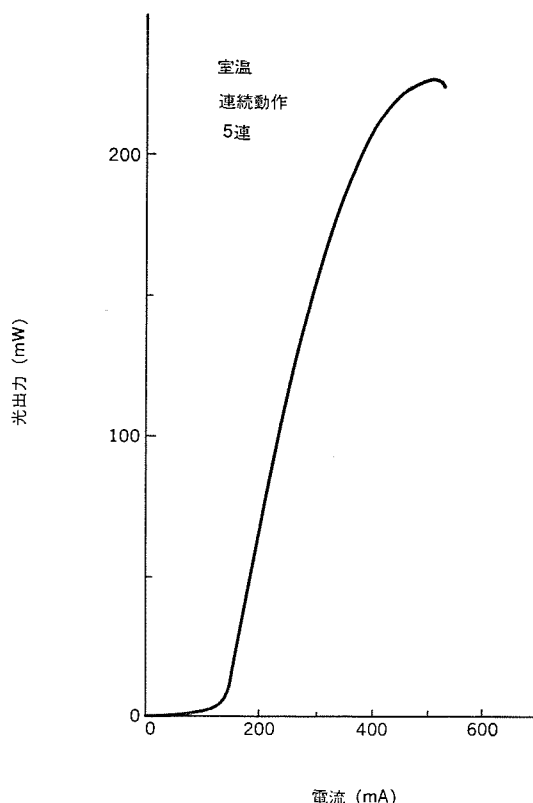


図 3. 光出力対電流特性 (J-up 組立)

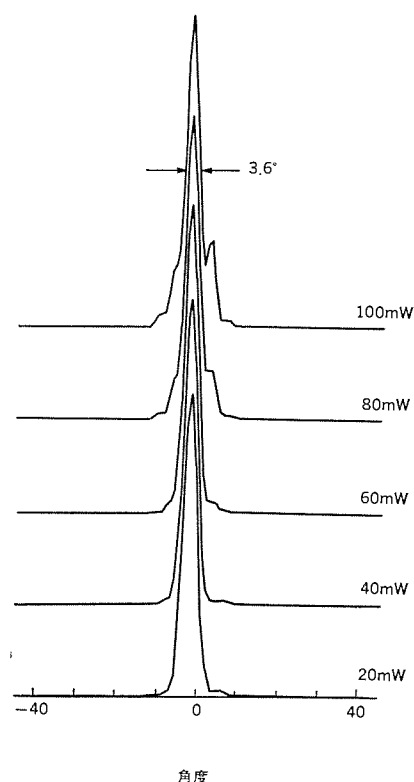


図 4. 水平方向遠視野像

5. 低熱抵抗化

5.1 J-down 組立

高出力半導体レーザでは、高出力動作時、大電流注入により接合温度が上昇し、図 3. に見られるように光出力が飽和しやすい。そこで熱放散を良くするために、接合をヒートシンク側に近づけて組み立てる J-down (Junction Down) 組立 (このレーザでは n 電極を下にする組立) の採用が必要となる。ところで、J-down 組立では、J-up 組立より活性層が異種材のヒートシンクに近いので、これらの材料間の熱膨張係数の違いから活性層にかかるストレスが大きく、劣化が起こりやすい。このストレスを避けるため、今までの J-down 組立では In などの柔らかい、はんだが用いられてきた。しかし In は

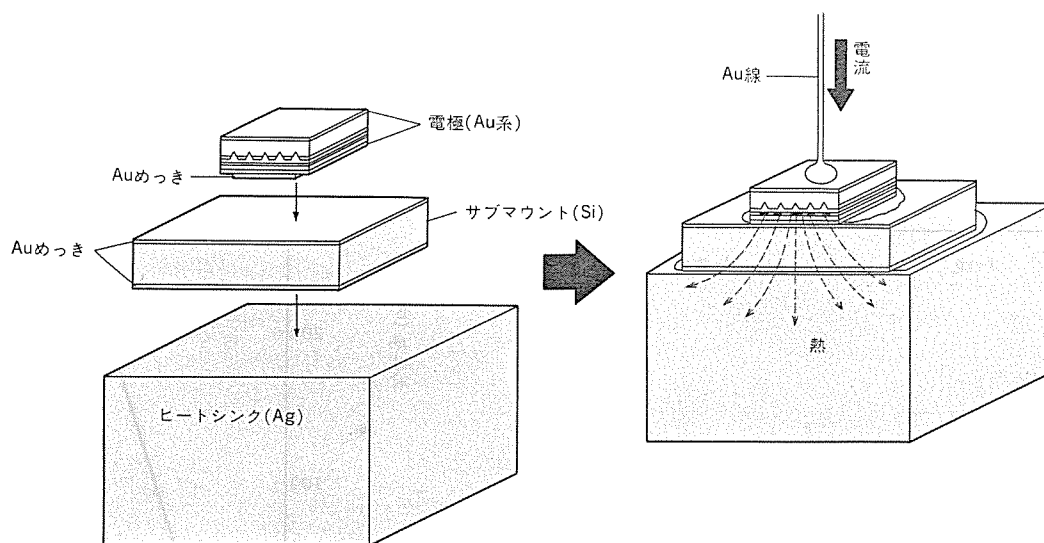


図 5. J-down 組立

だを使用した組立は、レーザチップ結晶中へのはんだ材の浸み込み、あるいは whisker 形成など、信頼性に問題が多い⁽³⁾。一方、Au・Si はんだはストレスの問題は解消できないが、はんだの信頼性は極めて高いことが知られている⁽⁴⁾。この研究においては Au・Si はんだと熱膨張係数が GaAs に近い Si サブマウントの採用で、J-down 組立における信頼性の問題を解消した。

図 5. に新しい J-down 組立の概要を示す。この組立には、はんだ材を別途用意する必要がないという特徴がある。使用した Si サブマウントの厚みは、レーザチップを J-up に組んだ場合でも、J-down に組んだ場合でも、レーザチップの活性層におけるストレスが極小となるように、150 μm とした⁽⁵⁾。

集積形レーザに採用するに先立ち、この新しい J-down 組立法自体の信頼性を、通常の内部ストライプ構造をもつレーザに適用して調べた。図 6. により分かるように、80°C、5 mW 動作における動作電流の上昇は、2,000 時間以上経過してもほとんどなく、この J-down 組立法のレーザに対する信頼性は極めて高いことが確認できた。

5.2 高出力動作

新しい組立法の信頼性を確認後、この組立法を図 1. に示した集積形位相同期半導体レーザに適用した。図 7. は J-down の効果を見積もるために測定した熱抵抗の値である。J-down の熱抵抗は J-up の熱抵抗に比較し、30 K/W 低減されることが分かる。この値は、例えば半導体レーザ内で 0.5 W の熱が発生したとき、J-down の接合温度は J-up の接合温度より 15°C 低くなることを意味する。

この J-down 組立法を適用した 5 連の集積形レーザにおいて、図 8. に示すように室温連続動作で 400 mW 以上の高い光出力が得られた。この値はストライプ当たり 80 mW と今までにない高い値である。また、この J-down 組立法を適用した 5 連の集積形レーザでは、図 9. に示すように 110°C の高温においても、100 mW の光出力までキック(曲がり)の無い光出力対電流特性が得られた。これらは、レーザチップを J-down に組み立てることにより、高出力動作時の接合温度の上昇が抑制された効果によると考えられる。

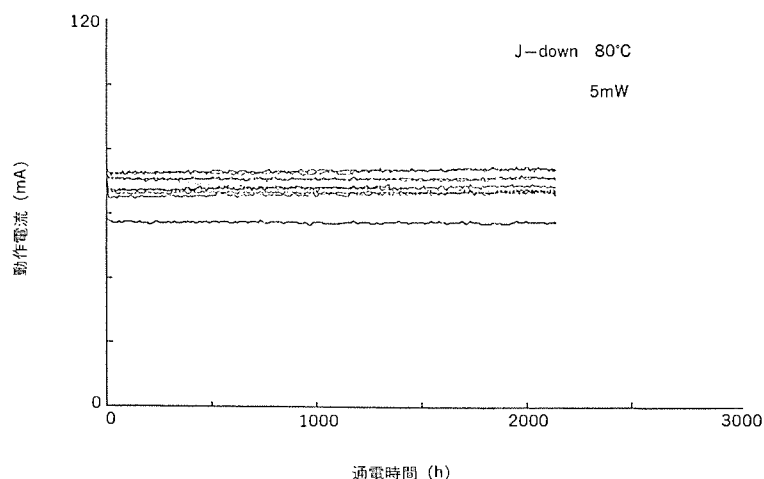


図 6. J-down に組み立てた通常のレーザの通電試験

6. 特性の確認

6.1 周波数特性

半導体レーザは、一般に高速直接変調が可能という大きな特徴がある。集積形位相同期半導体レーザが、直接変調可能であるか否かについての検討は、これまで行われていないので、我々は試作した積積レーザについて、周波数特性を測定した。試作した単一、3 連、5 連の内部ストライプ構造をもつレーザの周波数特性を図 10. に示す。3 連、5 連の集積形レーザの場合も、単一のレーザと同様の共振状ピークを持っている。この共振状ピークは直流バイアス電流 I_b を増加させるに従い、高い周波数側へ移動し、周波数特性は良くなる⁽⁶⁾。単一の内部ストライプ構造をもつレーザを 7.5 mW の光出力で駆動した場合、2.8 GHz の位置に共振状ピークが現われる。一方、3 連、5 連の内部ストライプ構造をもつ集積形レーザを 50 mW の光出力で駆動した場合、それぞれ 3.2 GHz、2.5 GHz の位置に共振状ピークが現われ、単一の内部ストライプ構造をもつレーザとほぼ同様の周波数特性が得られることが分かった。

6.2 寿命試験

集積形位相同期半導体レーザの 100 mW 動作における寿命を調べるために加速通電試験を実施した。一般にデジタル信号を伝送する場

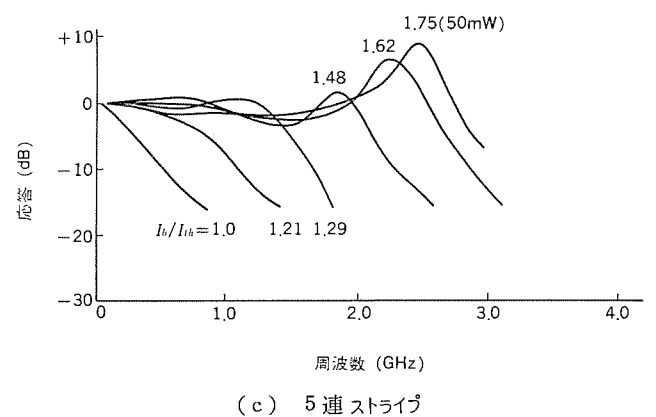
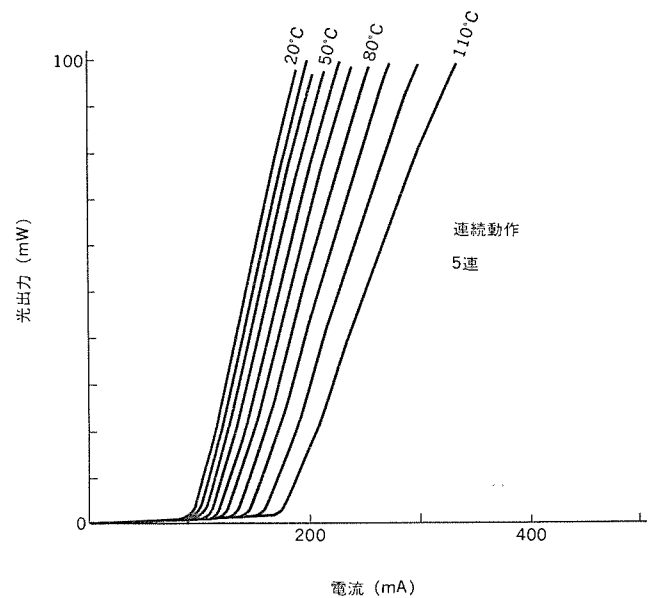
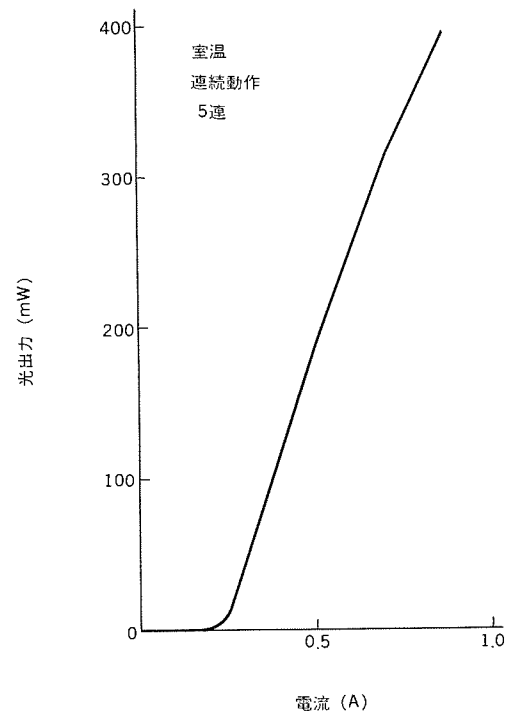
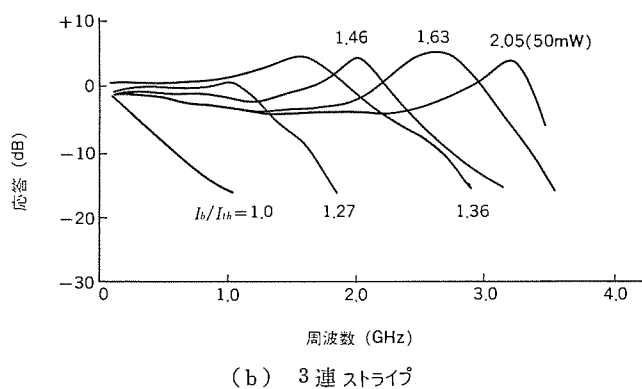
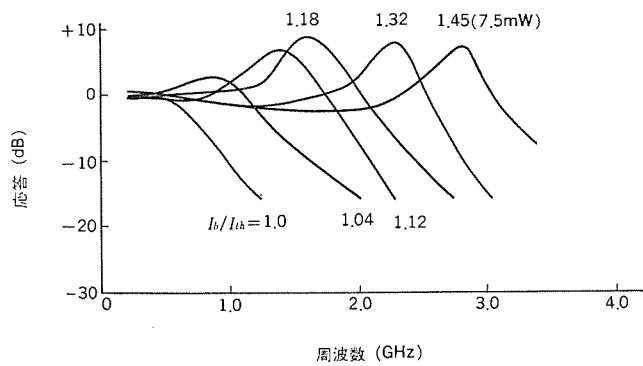
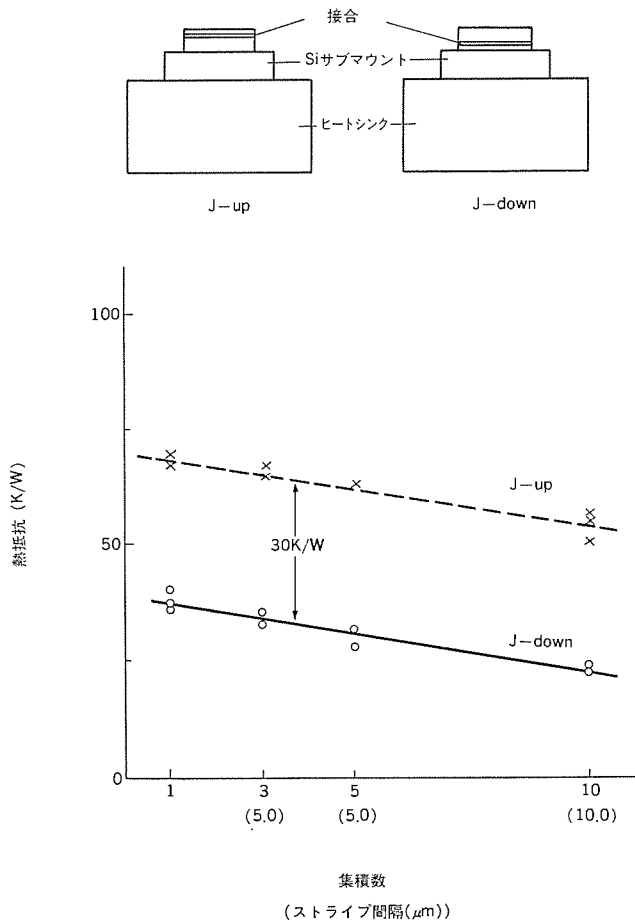


図 10. 周波数特性

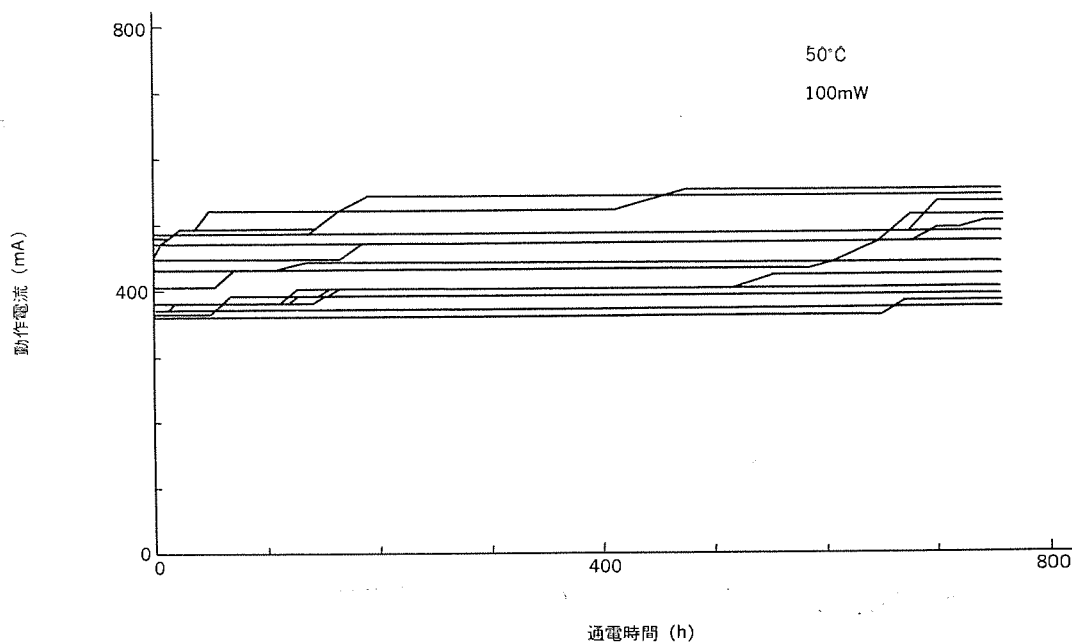


図 11. 集積形位相同期半導体レーザの通電試験 (パルス幅 2.3 μ s, デューティ 1/3)

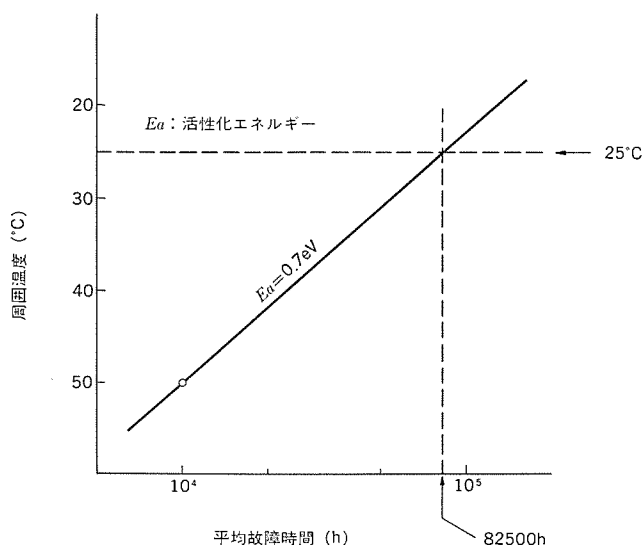


図 12. 平均故障時間のアーレニウスプロット

合, マーク率を考慮すると, 半導体レーザの動作条件はデューティ比 1/4 以下のパルス動作となる。通電試験では, パルス幅は 2.3 μ s, デューティ比は 1/3 とした。通電温度は 50°C とし, 光出力を一定にして動作電流の上昇を測定する APC (Automatic Power Control) 動作で行い, 動作電流が初期値の 25% 以上上昇したものは故障と判定した。通電試験に使用した素子は, 連続動作で 50°C, 50 mW のスクリーニングにより, 24 時間経過後の動作電流の上昇率が 10% 以下のものを選んだ。図 11. に示すように通電時間 750 時間経過した時点で, 通電を実施した 14 本の素子すべてが安定に動作しており, 平均故障時間 (Mean Time To Failure: MTTF) は 1 万時間を越えた。寿命と温度との間には次式に示すアーレニウスの関係が成り立つから, 50°C における MTTF を室温 (25°C) での値に換算するこ

とができる。

$$\text{MTTF}(T=T_0) \cdot \exp(E_a/kT_0) = \text{一定}$$

但し E_a は活性化エネルギー k はボルツマン定数

活性化エネルギー E_a を 0.7 eV として換算すると, 図 12. から分かるように 50°C における MTTF 1 万時間は, 25°C における MTTF 82,500 時間に相当する。

7. む す び

内部ストライプ構造をもつエレメントレーザを集積することにより, 光出力 100 mW 以上, 横モード単一基本, 寿命 1 万時間以上の性能をもつ高出力集積形位相同期半導体レーザを開発した。このレーザの遮断周波数は 1 GHz 以上と, 単一の内部ストライプ構造をもつレーザの周波数特性と同程度であることを確認した。また放熱の良い J-down 組立の開発を行い, このレーザに適用して光出力の向上を得た。集積形レーザは, 光ファイバ伝送用光源のほか, YAG レーザ励起用, 各種計測用光源として今後の発展が期待できる。

今後集積形レーザは, より一層の高出力化を中心に, 開発を進展させてゆく考えである。

この研究開発は, 通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究」の一環として, 昭和 55 年度から 60 年度まで実施した成果の一部である。

参 考 文 献

- (1) W. Streifer et al.: Electron Lett., 19, 169 (1983)
- (2) E. Kapon et al.: J. Appl. Phys., 45, 200 (1984)
- (3) K. Miyaji, J. Appl. Phys., 55, 289 (1984)
- (4) Y. Kadota et al.: J. Quantum Electron, 20, 1247 (1984)
- (5) H. Koyama et al.: Appl. Phys. Lett., 43, 733 (1983)
- (6) K. Y. Lau et al.: J. Quantum Electron, 21, 121 (1985)

1. ま え が き

光ファイバセンサは電気式センサと比較し、高絶縁性、無誘導性、本質安全性、低損失などの特長をもち、幅広い分野での応用を目指して開発が進められている。このたび、石油プラントなどにおける設備機器の状態監視、異常診断に適用するため、光弾性素子を使用した光ファイバセンサについて構成を検討し、一体構造をとることにより実用に適した振動センサを開発した。

この振動センサは、振動情報を光として直接伝送する方式であり、安全性が高く、伝送距離が長くでき、電磁誘導をうけない特長をもっている。

2. 動作原理

光振動センサは、光弾性素子に荷重を加えたときに生じる光弾性効果を利用し、光強度変調によって振動数又は振動加速度を検出するものである。

光振動センサの動作原理図を図1に示す。図において、矢印の方向に振動が加えられると、光弾性素子は振動に応じた応力によって複屈折性を示す。主応力軸に対し45°の角をなす直線偏光が光弾性素子を通過すると、主応力軸方向に振動する二つの平面偏光に分かれ、応力に比例した次式の位相差 δ (rad)を生じだ円偏光となる。

$$\delta = \frac{2\pi cl}{\lambda}(\sigma_1 - \sigma_2) \quad (1)$$

ここで、 c は光弾性定数、 l は光弾性素子の長さ、 λ は光の波長、 σ_1 、 σ_2 は振動方向及び振動方向と直交する方向の応力である。

このだ円偏光を1/4波長板と検光子で光の強度に変換し、光受信器で検出すれば振動の計測ができる。偏光子と検光子の直線偏光の振動方向を直交させると、検光子の出力 I は、

$$I = \frac{I_0(1 + \sin \delta)}{2} \quad (2)$$

となる。ここで、 I_0 は光の最大強度である。一方、偏光子と検光子が平行のときは次式となる。

$$I = \frac{I_0(1 - \sin \delta)}{2} \quad (3)$$

いま、光センサ部が $A \sin \omega t$ で振動するとき式(1)は次のように表される。

$$\delta = \frac{2\pi cl\sigma}{\lambda}(1 + \alpha \sin \omega t) \quad (4)$$

ここで、 α は重力単位で表した重力加速度で、 $\sigma = \sigma_1 - \sigma_2$ である。したがって、光センサ部の出力光強度 I は次式で表される(偏光子、検光子直交のとき)。

$$I = \frac{I_0(1 + \sin \delta)}{2} \approx \frac{I_0(1 + \delta)}{2} \\ = \left(\frac{1 + 2\pi cl\sigma}{\lambda} + \frac{2\pi cl\alpha}{\lambda} \sin \omega t \right) \quad (\delta \ll 1) \quad (5)$$

式(5)から光センサ部出力光は、印加加速度 $\alpha \sin \omega t$ に比例した交流成分を持っており、光受信器で電気信号に変換すれば加速度を知ることができる。

光弾性素子に発生する位相差 δ は、おもりの質量、おもりの質量を受ける面積、及び振動時の重力加速度によって変化する。一例として、光弾性定数 $c = 2.0$ ブリュスター(10^{-13} cm²/dyne)、波長632.8 nm、 $\sigma = 0.3$ kg/cm²、光弾性素子形状 $1 \times 1 \times 1$ cm、重力加速度10 Gの条件で計算すると、位相差 $\delta = 0.0584$ rad $=3.345^\circ$ が得られる。振動センサを構成するときは、振動加速度の測定範囲、測定周波数を考えて、光弾性素子の形状、光弾性素子の光弾性定数、おもりの形状、質量を決定する必要がある。

図2に光振動センサの構成図を示す。図において、光送信器からの光を光ファイバで光センサ部に導き、マイクロレンズで平行光にしたのち、偏光子で直線偏光にする。いま図2の矢印の方向に振動が加えられると、光弾性素子は振動に応じた応力によって複屈折性を呈し、その光弾性素子を通過する直線偏光は、主応力軸の方向に振動する二つの平面偏光に位相を生じてだ円偏光となる。このだ円偏光に1/4波長板で光学パリアスをかけ、検光子で光強度変化に変換し、光受信器で光電変換し振動加速度を計測する。

3. センサ構造

光振動センサは、図2の構成図のように部品を配置することで振動検出は可能である。しかし、設備機器の監視などに使用するとき、長期間にわたり振動を受け続けることになるため、複数の光学部品を使用する構成では、部品を安定に保持する構造が複雑となる。また、センサ製作時には各光学部品の光軸を正確に合わせる必要があり、組立手順も複雑となる。

上記のような問題点を解消するためこの光振動センサは、光弾性素子の両端に誘電体多層膜を蒸着して偏光子、検光子を合成するとともに、光弾性素子に1/4波長の位相差を生じる荷重を加えることにより1/4波長板を除き、一体構

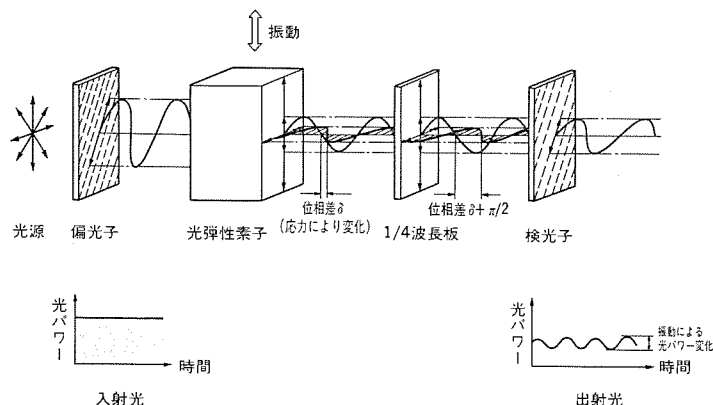


図1. 動作原理図

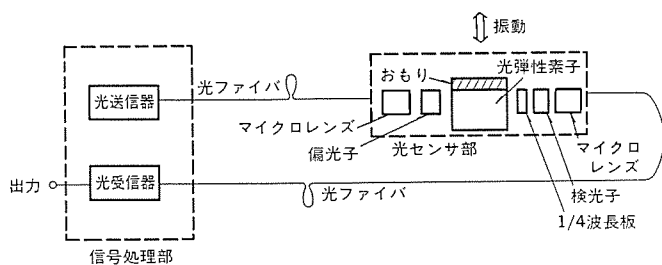


図 2. センサ構成図

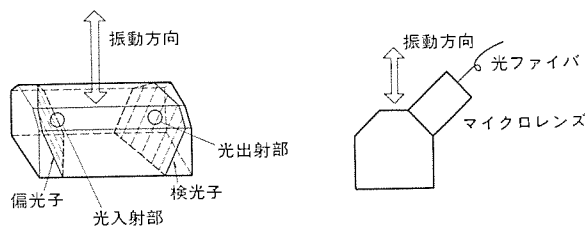


図 3. 素子の構造

造の素子部を構成することを特長としている。

図 3. に光振動 センサ 素子の構造を示す。光弾性素子の両端に誘電体多層膜を蒸着して偏光子、検光子を合成した後、同一材質の部材を接着した構造となっている。振動方向と 45° の方向から入射した光は、偏光子を構成する多層膜で反射され、振動方向と 45° の角度をなす直線偏光となって光弾性素子中を進み、検光子を構成する多層膜で反射され光弾性素子から出射される。上記の構成をとっているため、光を伝送する 2 本の光ファイバは、同一方向に引き出すことが可能となっている。上記の センサ 素子構造では、偏光子、検光子の配置は平行となっており、センサ部の出力光強度は位相差の増加とともに減少するが、このままでは応力との直線性が得られないので、光弾性素子に一定の力を加え $\pi/2$ の位相差を発生させている。

光振動 センサ に使用する素子材料としては、感度が高く（光弾性定数が大きい）、温度変動及び時間に対し感度が安定なことが必要である。エポキシ樹脂、アクリル樹脂、光学ガラスについて室温における応力一位相差特性及び一定荷重の印加を続けたときの位相変化一時間特性を、温度を変えて測定した結果、エポキシ樹脂、アクリル樹脂

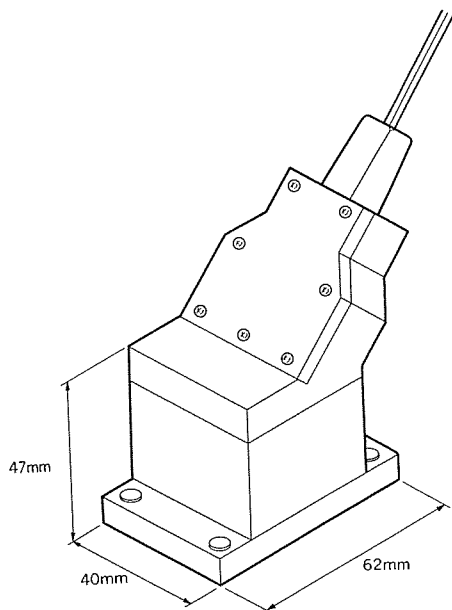


図 4. センサ部外形図

の高分子材料は感度は高いが、温度及び時間による感度の変動が著しく大きく使用できない。これに対し光学ガラスは、感度的には高分子材料より多少劣るが、温度、時間に対して感度が安定であり、今回の素子材料として使用している。今回製作した センサ 部の外形図を図 4. に示す。

4. 特性

光振動 センサ の性能評価は、振動加速度の直線性、周波数特性、出力の温度依存性について行った。光振動 センサ は、長さ 10 m の光ファイバコード（石英ファイバ、GI 200/250）を取り付け、コネクタで信号処理部と接続する構成である。信号処理部は、光源として $0.85 \mu\text{m}$ の LED をもつ光送信器、光受信器により構成されている（図 5.）。図 6. に光 センサ 部と信号処理部の外観写真を示す。

(1) 振動加速度の直線性

図 5. の測定系で、センサ部の温度を 20°C に保ったときの加速度と出力の関係を図 7. に示す。縦軸は、光受信器の出力電圧で示した。センサの出力は、 0.3 G から 14 G 程度まで良好な直線性が得られている。

(2) 周波数特性

図 8. にセンサ出力の周波数特性を示す。 20°C 、 1 G で測定した結果である。 10 Hz から 3 kHz の間は、ほとんど平坦な特性を示すが、 4 kHz 近傍で出力の立ち上がりがあり、センサ部の共振が現れたものと考えられる。図 9. は 3 kHz 、 1 G のときの光受信器出力波形の例である。

(3) 温度特性

図 10. は、センサ部の温度を変えたときの振動加速度による出力偏差を 500 Hz 、 1 G で測定した例で、 20°C の出力を基準とした。出力は、 $-25 \sim +65^\circ\text{C}$ の範囲で $\pm 5\%$ 以内の変動である。光弾性素子自体は温度特性をもたないので、主として光学バイアスの温度変動がセンサ出力の温度特性に影響しているものと考えられる。試作機による試験結果を表 1. に示す。

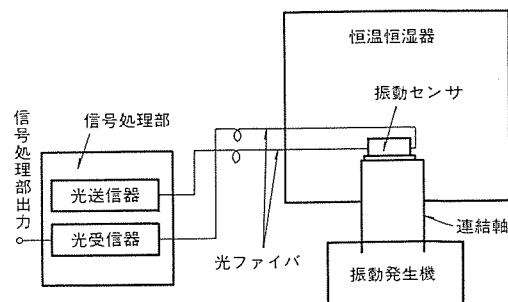


図 5. 測定系のブロック図

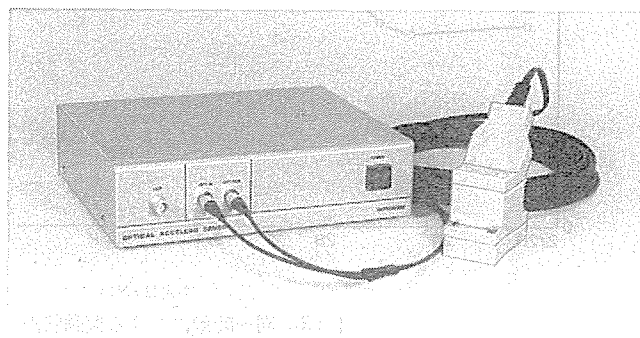


図 6. 光振動センサの外観

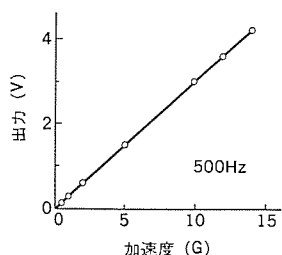


図 7. 加速度-出力特性

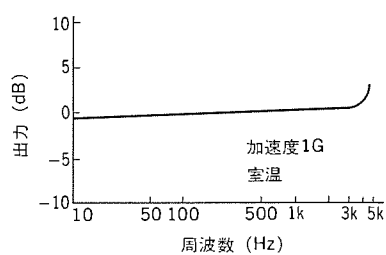


図 8. 周波数特性

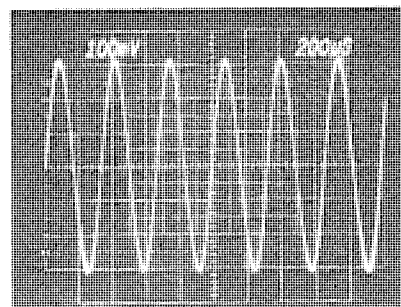


図 9. 出力波形

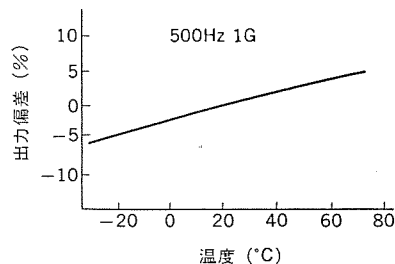


図 10. 出力-温度特性

表 1. 試作性能

		試作性能
周波数範囲		10 Hz~3 kHz
加速度範囲		0.3~12 G
加速度分解能		0.03 G
精度		± 5 %
使用条件	センサ設置距離	500 m 以上
	センサ部使用温度	-25~+65°C

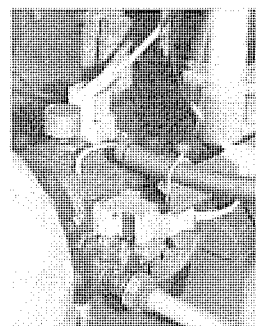


図 11. センサ取付状況

5. 実証評価運転

実フィールドにおいて、光振動センサを設備機器であるポンプの軸受に取り付け、約1か月間実証評価運転を行った。光振動センサはポンプ両端において、一方を水平、垂直方向に各々1個、他方の軸受に垂

直方向成分を検出するように取り付け、光ファイバは約170 mの布設距離である。図11.に取付状況の写真を示す。

また、1か月間の毎日のある時刻における振動加速度の実効値をプロットしたデータを図12.に示す。このように、光振動センサはセンシング及び伝送路はすべて光化されているので、石油プラントなどにおける防爆性の要求されるような厳しい環境下において、簡便に使用することができ、従来では観測が難しかった設備機器の連続監視が可能となった。

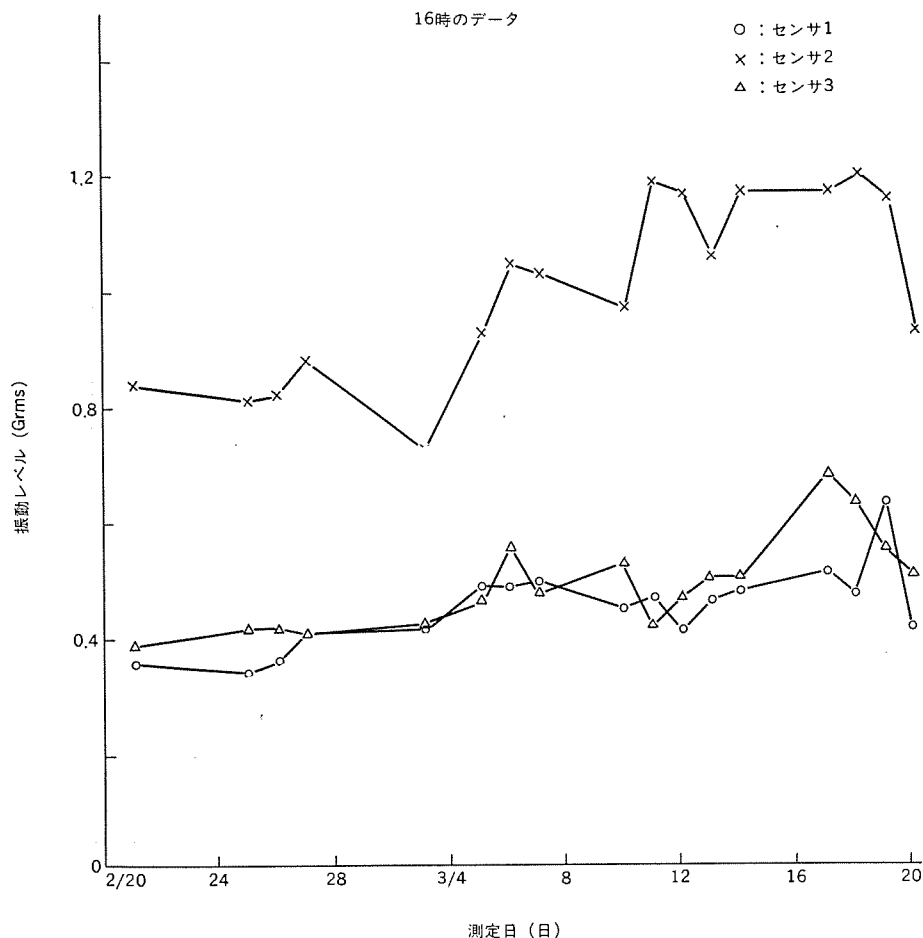


図 12. 同一時刻における振動状況

6. む す び

光弾性効果を利用して光弾性素子の両端に偏光子、検光子を合成した一体化構造のセンサ素子を製作して、基本特性実験、日本鉱業(株)水島製油所における実証評価運転を行い、良好な結果を得た。

光振動センサは、優れた特長をもち、発火の危険性のあるフィールドや電磁誘導の厳しいフィールドなど悪環境下での計測に最適であり、石油プラントをはじめとする種々の工業計測への適用が期待される。今後の課題としては、測定周波数帯域を更に広げること、センサを小形化することなどがあげられる。

なお、この研究は、通商産業省 工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として実施されたものである。

無中継広域伝送サブシステムの現場実証

辻 順一*・香川 重光*・平野 昌彦*・上住 好章*

1. ま え が き

7年の年月をかけた通商産業省 工業技術院 大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」(以下、光大プロと称す)の研究開発の最終年度(昭和60年度)が、実証システムの製作と、その運転・評価にあてられた。

光応用計測制御システムと、当社が担当した無中継広域伝送サブシステムの詳細については、前掲の諸論文に見られるとおりであるが、実証システムの運転・評価試験は、情報幹線系における伝送方式や障害復帰機能、支線系における伝送情報の信頼性や延長可能距離の評価、計測系における光センサの耐環境性や異常時検出の判別機能などを、実プラントにおいて現場実証を行うことにより、有効性を確認することになった。

光技術の新たな確立を目指したこの実証システムは、当社の研究所、製作所、プラント建設部の総力をあげての推進体制によりスタートし、通商産業省 工業技術院の御指導のもとに、日本鉱業(株)水島製油所に構築され、期待どおりの機能を実現し、また、実証運転を行って、高い評価を得ることができた。

近年、大規模・複雑化しつつある各種産業分野へ、近い将来にこれらの技術が適用されるであろうことを期待して、ここに現場実証の概要を紹介する。

2. 現場実証システムの特徴

現場実証システム(以下、実証システムと称す)を構築する基本的な目的は、光大プロで研究開発を行ってきた個々の技術、すなわち要素技術、センサ技術及びシステム技術を有機的に結合して総合的な実証運転を行い、その有効性を実証することにある。したがってシステム設計の観点からみれば、計測制御システムとしての一般的な性質を念頭におきつつ、実証システムに課せられた要請を整理し、具体化してゆくことが重要である。

2.1 実証システムに対する要請

実証システムの構成及び機能を検討するに際しての要請を、通常の計測制御システムを想定してまとめると次のようになる。

(1) 無中継広域伝送サブシステムは、前掲の諸論文に記載のように、情報幹線系・情報支線系・光応用計測系の三つの系に分けられて研究開発が進められてきた。実証システムは、そのシステム構成上からは情報幹線系を基軸とし、これに情報支線系及び光応用計測系が有機的に結合されたハイアラキシステムであるとともに、研究開発の流れの中での位置づけとしては、これら三つの系の研究開発の成果を集成するものでなければならない。

(2) 通常の計測制御システムでは、限定された内部関係者のみの利用を想定する。これに対して実証システムは、光技術を応用した計測制御システムのプロトタイプとして、広く各分野の外部関係者による評価に供されるものであり、そのシステム内容及び機能が一見して理解できるものでなければならない。

(3) 実証システムは、通常の計測制御システムにはない「実証運転中のシステム自体の試験データ採取機能」を持たねばならない。

また、実証システムは、限定された実証運転期間終了後は撤去解体されるものであり、期間中の効率的なデータ採取を考慮すべきである。

2.2 実証システムの特徴

実証システムに対する前述の要請をベースとして、システム構成及びシステム機能に対する設計を行った。以下に、この特徴をまとめる。

(1) 無中継光データウェイは、ループ状の伝送路を形成する3式の光TDMAステーションにより構成した。このそれぞれにデータプロセッサ、プログラマブルコントローラ(以下、PCと称す)2式及び光プリプロセッサを接続して計測制御システムとしてのハイアラキ的機能分担を行った。また、この構成により情報幹線系、情報支線系及び光応用計測系の3系の結合を行った。

(2) データの流れは、データプロセッサと個々の光プリプロセッサ・PCそれぞれとの間のものが基本であるが、実証システムであることを考慮し、無中継光データウェイを通じての2式のPC間のデータ授受も行わせた。具体的には、2式のPC間における信号波形の往復機能、及び一方のPCを石油精製蒸留塔のプラントシミュレータ、他方をコントローラとするプロセス制御シミュレーション機能により実現した。

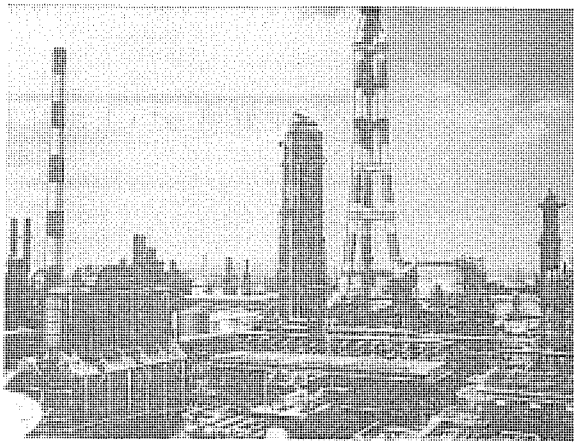
(3) データプロセッサはセンター室に設置され、実証システムの運転操作の中心となり、またこのCRT表示器は外部関係者に対する重要なマンマシンインタフェースとなる。したがってここにシステム全体の監視機能を持たせるとともに、CRT表示画はテクニカルイラストレーション技法を応用した理解しやすいものとした。

(4) 採取したセンサデータのすべてを1秒周期で蓄積し、またまれに生起する現象に対しては、プレイバック機能を設けることにより、限られた実証期間における効率的なデータ採取を図った。

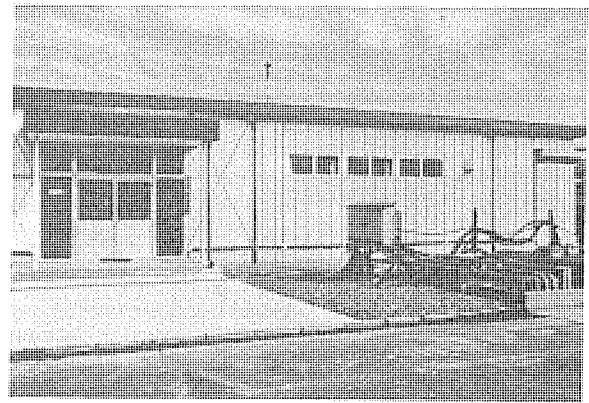
3. 現場実証システムの構成

現場実証を行う場所として日本鉱業(株)水島製油所が決定し、無中継広域伝送サブシステムがプラントの計測制御情報システムとして、画像情報伝送処理を中心とした広域監視網制御サブシステムとともに、実証システムを構築した。図1に実証現場とセンター室を示す。

図2に無中継広域伝送サブシステムの実証システム構成を、表1に構成機器リストを示す。センター室、現場室No.1、現場室No.2に光TDMAステーションを設け、その間を全長約1kmの無中継光データウェイで結び、ステーション相互間の情報伝送並びにVOWによる電話連絡を行った。現場に設けた多数の光センサからの計測データ及び比較用センサ信号は、PC又は光プリプロセッサ経由で光TDMAステーションへ入力される。そして、センター室のデータプロセッサにサブシステム内の光センサ及び比較用センサ信号の全計測データを収集し、データの処理、表示、蓄積を行った。また、無中継光データウェイのループ内には、伝送路の光ケーブル断線を模擬するための光スイッチを設け、伝送路障害検知及び自動復帰機能の実証を行うようにした。更に振動センサを1台センター室に設け、模擬的に異常振動を与えるためのもの



(a) 実証現場



(b) センター室

図 1. 実証現場及びセンター室

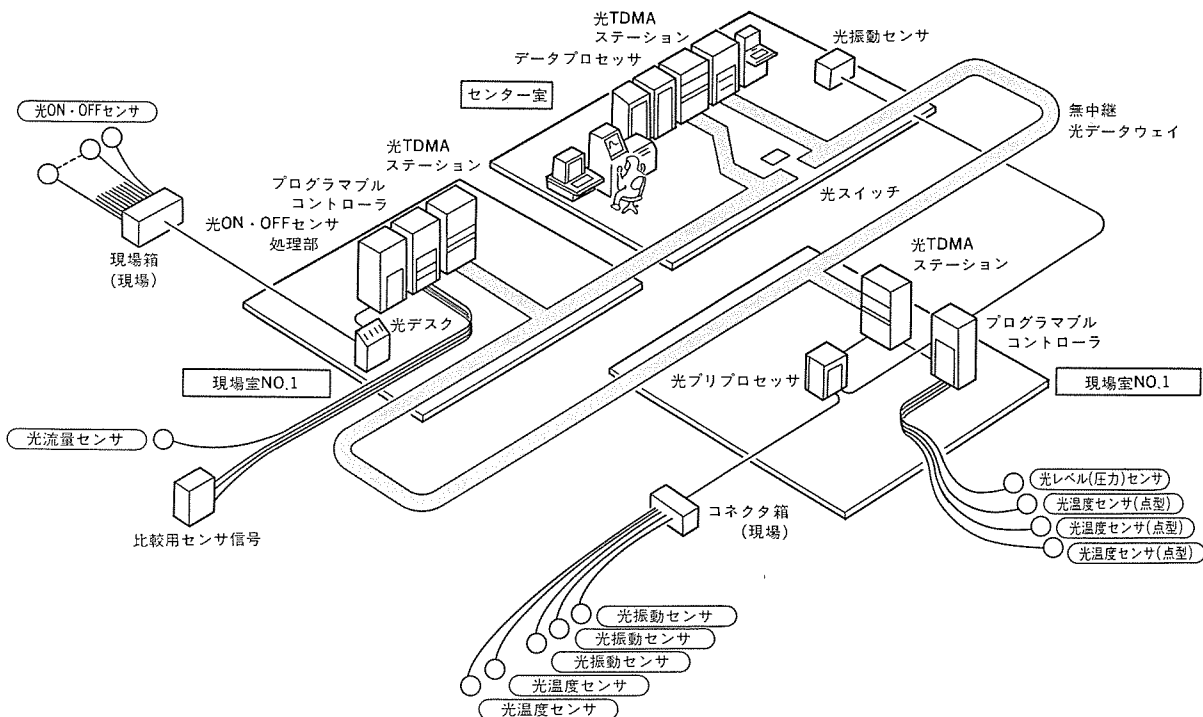


図 2. 実証 システム の構成図

表 1. 実証 システム 構成機器 リスト

(1) センター 室設置機器

所掌	機 器 名 称	構 成	機能, 仕様など
幹線系	光 TDMAステーション (親局)	1—光送受信器 1—光アクセスカブラ 1—TDMA プロセッサ 1—障害自動復旧装置 1—電話 (VOW) 1—音声通報装置 1—断線模擬用光スイッチ	光出力 100 mW スループット 5 MBps 断線, 計測異常通報
幹線系	データプロセッサ	1—MELCOM 350-60/300 形制御用計算機 CPU 2—グラフィックカラー CRT 1—ハードコピー 1—ラインプリンタ 1 式—その他周辺機器	計測データの処理, 表示, 蓄積 データ表示 データロギング
幹線系	ディスプレイターミナル	1—MULTI 16 III 形パソコン 1—カラー CRT 1—カラープリンタ 1 式—その他周辺機器	データプロセッサの補助
計測系	光振動センサ	1—模擬異常振動発生用光振動センサ	

(2) 現場室 No. 1 設置機器

所掌	機 器 名 称	構 成	機能, 仕様など
幹線系	光 TDMAステーション (子局)	1—光送受信器 1—光アクセスカブラ 1—TDMA プロセッサ 1—電話 (VOA)	光出力 100 mW スループット 5 MBps
計測系	プログラマブルコントローラ	1—MELPLAC-550 形プラントコントローラ	センサデータ収集など
幹線系	光ブリプロセッサ	1—光ブリプロセッサ 1 式—光振動センサ処理部 1 式—光温度センサ処理部	複合計測 (7 チャンネル)

のとした。

図 3. に センター 室内の機器, 図 4. に現場室 No. 1 の機器の一部, 図 5. と図 6. に現場室 No. 2 の機器を示す (光デスクに取り付けたスイッチは全光化したもの)。なお, PC には他社で担当した光温度センサ (点型), 光レベル (圧力) センサ, 光流量センサからの計測データ

表 1. 実証 システム 構成機器 リスト

(3) 現場室 No. 2 設置機器

所掌	機 器 名 称	構 成	機能, 仕様など
幹線系	光 TDMAステーション (子局)	1—光送受信器 1—光アクセスプラ 1—TDMA プロセッサ 1—電話 (VOA)	光出力 100 mW スループット 5 MBps
幹線系	プログラマブルコントローラ	1—MELPLAC-550 形 プラントコントローラ	センサデータ収集など
支線系	光 ON・OFF センサ処理部	1—光送受信器 1—光集線装置	更新周期 0.3 ms
支線系	光 デ ス ク	10—光 ON・OFF スイッチ 1 式—光分岐器及び遅延線	—

とそれらと比較するためのセンサ信号とを取り込んで、センター室へ送っている。

この実証システムの構成上の特徴は、まず光データウェイを完全無中継化、すなわち伝送路の光信号は、発信局から末端の局までの間、途中で一度も電気信号に変換されずに光のまま伝送される、無中継 TDMA 方式で構成したこと、次にすべての光センサは全光計測伝送方式としたこと、すなわち計測現場には、電気を一切使用しないため本質的に防爆上安全であり、また電磁誘導などのノイズを受けないこと、などがあげられる。

4. 現場におけるシステムの構築

4.1 設置工事概要

プラント内における実証システムの設置工事は2回にわけて行った。1



図 3. センター 室内機器

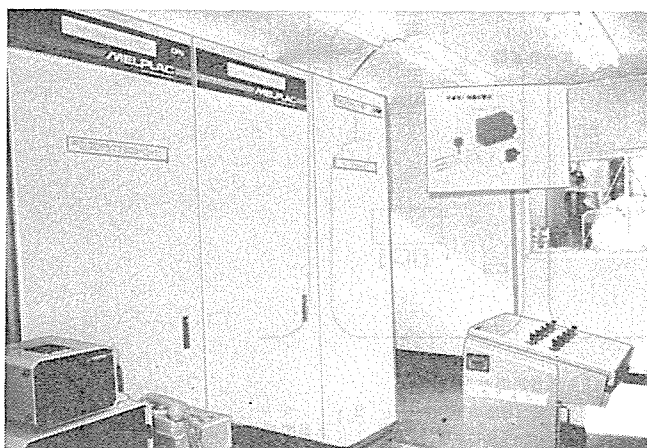


図 5. 現場室 No. 2 内機器 (一部)

(4) 現場設置機器

所掌	機 器 名 称	構 成	機能, 仕様など
計測系	光振動センサ	3—光振動センサ	0~10 G 10 Hz~3 kHz
計測系	光温度センサ	3—光温度センサ	—
計測系	コネクタ箱	1 式—中継用コネクタ	—
支線系	光 ON・OFF センサ	10—リミットスイッチ形 光 ON・OFF センサ	—
支線系	現 場 箱	1 式—光分岐器及び遅延線	—
支線系	光温度センサ	3—光温度センサ (点型)	(他社担当品)
支線系	光レベルセンサ	1—光レベル (圧力) センサ	
支線系	光流量センサ	1—光流量センサ	

回目は実証先プラントの定期補修期間 (昭和 60 年 10 月 15 日~11 月 9 日)中に、光振動センサ、光温度センサ、光 ON・OFF センサの取付け及びコネクタ箱、現場箱の据付け、そして、光センサ・コネクタ箱間、光センサ・現場箱間の光ファイバコード通線を実施した。また、センター室、現場室 No. 1、現場室 No. 2 の実証用建屋間を結ぶ光ファイバケーブルの敷設も (財)光産業技術振興協会によりこの間になされた。第2回目の工事は、昭和 61 年 1 月 7 日から実施し、①各建屋への機器搬入、②それら機器の組立試験調整、③幹線系、支線系、計測系の組合せ試験、④光流量センサ、光レベル (圧力) センサ、光温度センサ (点型) などの他社担当品との接続試験などを行った。

システムの実証運転は、昭和 61 年 2 月 20 日から 3 月 20 日の 1 か月間にわたって実施した。なお、工程表を表 2. に示す。

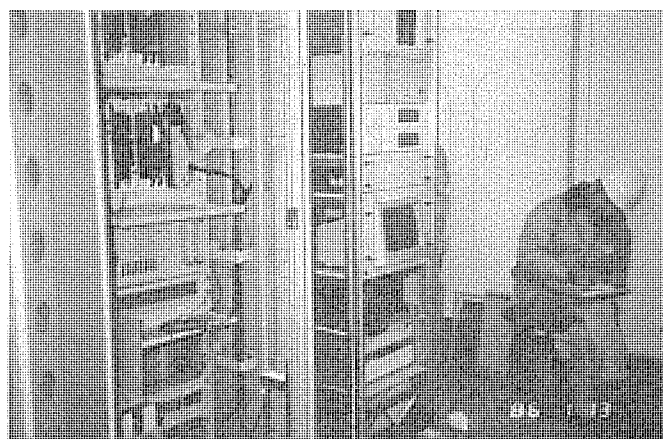


図 4. 現場室 No. 1 内機器 (一部)

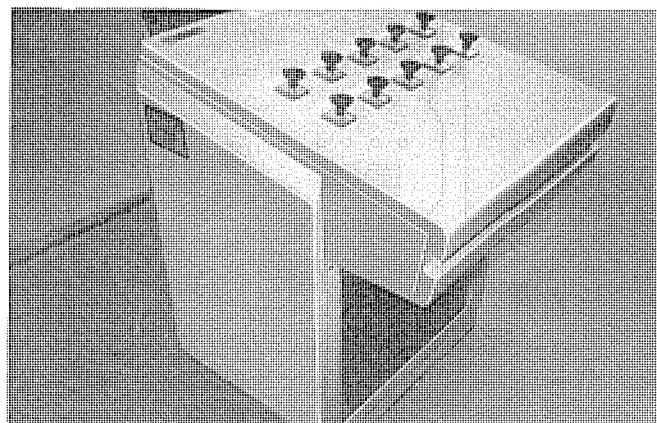


図 6. 現場室 No. 2 内光 デスク

4.2 建屋・光センサ・光ファイバケーブルの配置

プラント内の実証用建屋，光センサの配置図を図7.に示す。センター室は半製品タンク地区の非防爆区域内に設置されており，現場室No.1

は製造装置地区Ⅰの集中化装置の東北に隣接し，現場室No.2は集中化装置の西方に位置する既設の計器室に隣接して設けられた。無中継広域伝送システムでは，情報幹線系の光TDMAステーションが

表2. 実証システム試験調整・実証運転工程表

	昭和60年10月	11月	12月	昭和61年1月	2月	3月
単体製作 試験調整	光TDMAステーション					
制御製作所 コンピュータシステム 製作所 伊丹製作所 鎌倉製作所 情報電子研究所 応用機器研究所 中央研究所 LSI研究所	データプロセッサ・PC					
	支線系関連機器					
	計測系関連機器					
社内組合せ 試験 (制御製作所)		組合せ試験		現地搬入		
現地試験 (日本鉱業(株) 水島製油所 構内)		センサ取付け (振動・温度 ON・OFF)		単体調整	2/20	3/20
		光ファイバケーブル敷設 (財)光産業技術 振興協会		総合組合せ試験	他社担当 センサ接続 (流量・レベル・温度)	実証運転

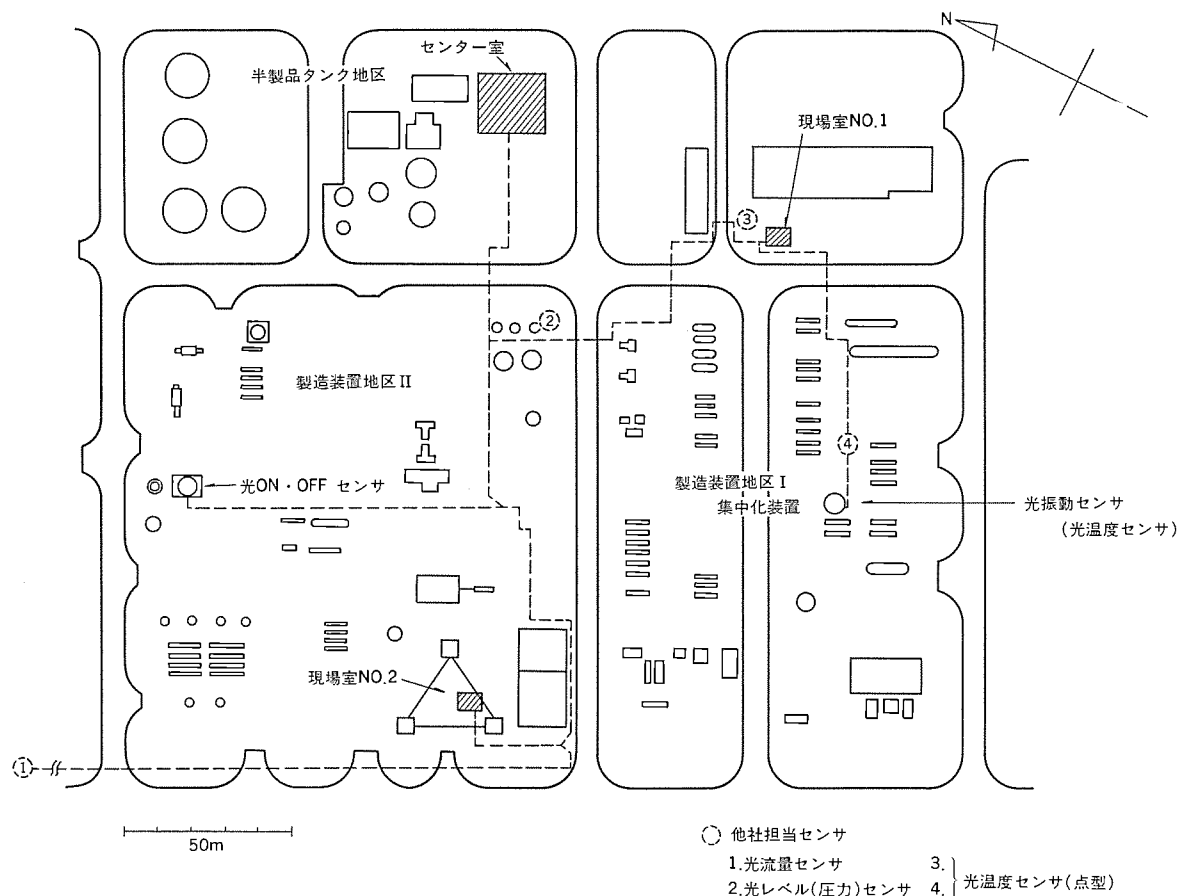


図7. 建屋・光センサの配置図

センター室、現場室 No. 1, No. 2 に配置され、それらを結ぶ光ファイバによりループ状データウェイを形成している。

光 ON・OFF センサ（リミットスイッチタイプ）10 式は、製造装置地区Ⅱの水添脱硫設備の油フィルタのボール弁にレバーを介して取り付けた。取付状況を図 8. に示す。この光 ON・OFF センサからの信号は、フィルタ近辺に設置した現場箱（図 9.）に集められ、光遅延線集線方式により、ルート長で約 270 m 離れた現場室 No. 2 に伝送される。現場室 No. 2 では光 ON・OFF スwitch を 10

個搭載した光デスクがあり、これらと合わせて 20 点の ON・OFF 信号が収集されている。その他、他社担当品である光流量センサの信号、及び各種光センサとの値を比較するためのプラント内比較センサ信号（流量、レベル、温度、フィルタ差圧）も取り込んでいる。

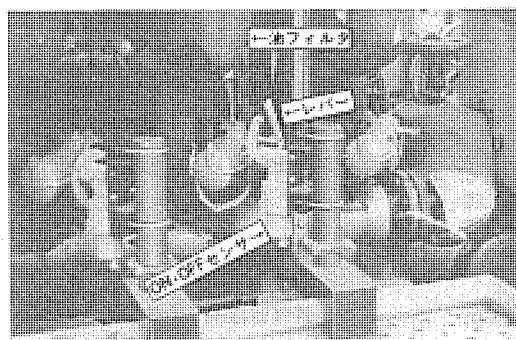


図 8. 光 ON・OFF センサの取付状況

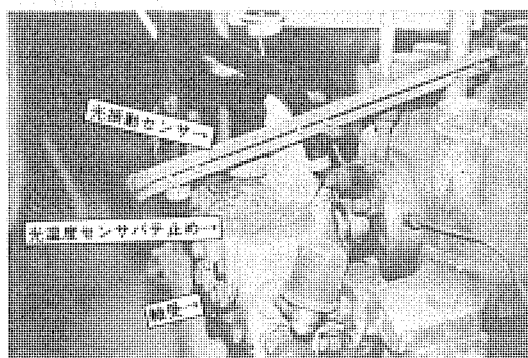


図 10. 光振動センサ・光温度センサの取付状況

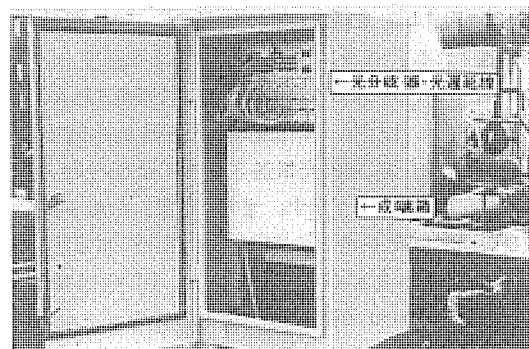


図 9. 現場箱

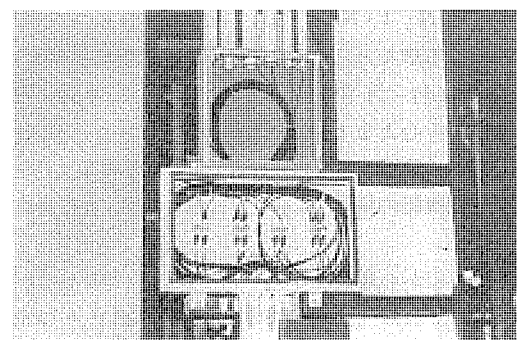


図 11. コネクタ箱

光振動センサは、集中化装置近辺の熱油ポンプの軸受に 3 箇所、センター室に 1 個、合計 4 箇所に配置した。光温度センサも同じ軸受に 2 箇所、コネクタ箱内に 1 箇所、合計 3 箇所に配置した。取付状況を図 10. に示す。これら光振動センサ、光温度センサの光信号は、コネ

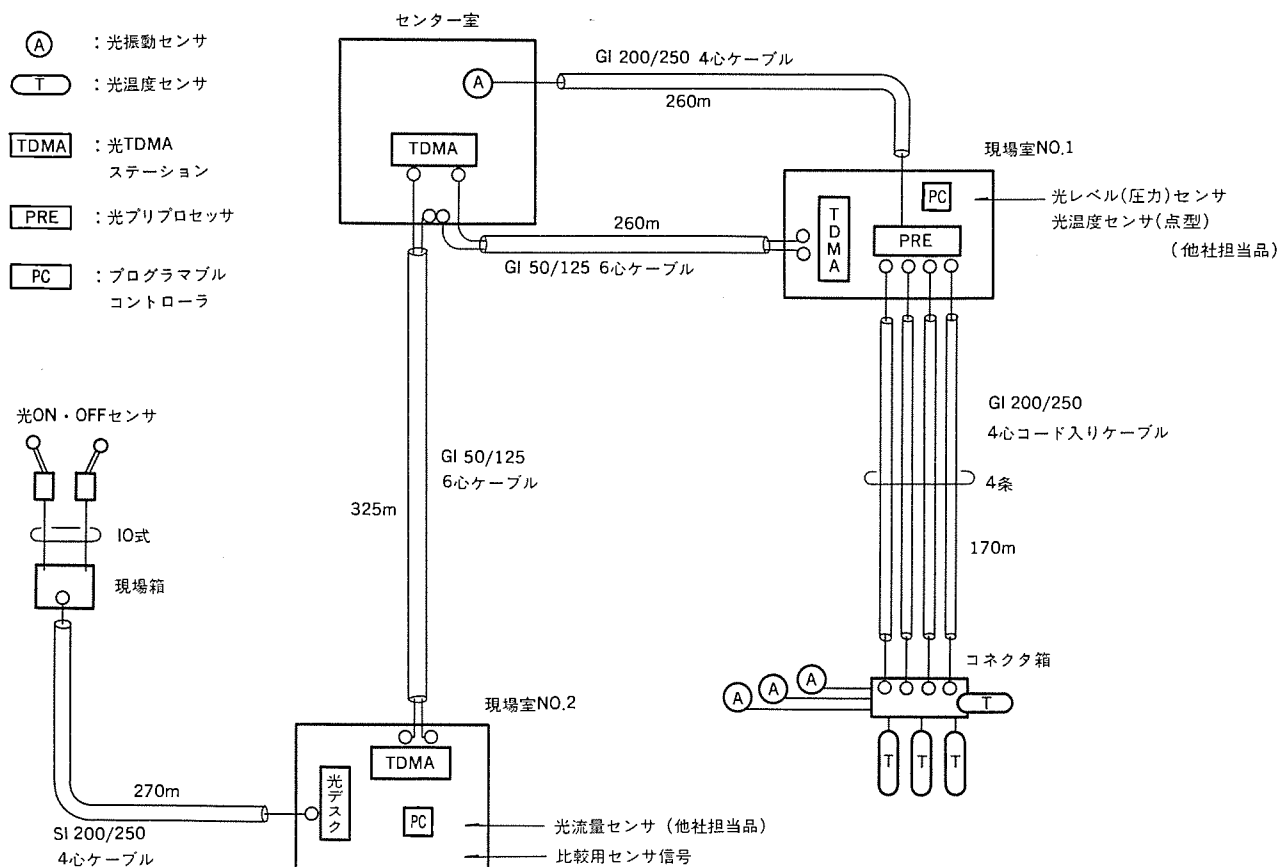


図 12. 光ファイバケーブルの接続図

クタブ箱(図11.)を経由してルート長で約170m離れた現場室No.1に伝送される。また、他社担当品である光温度センサ(点型)・光レベル(圧力)センサ信号も現場室No.1で収集される。

現場室No.1, No.2に収集された各種センサ信号は、無中継光データウェイでセンター室に光伝送される。光ファイバケーブルの敷設ルートを図7.上の点線にて示す。また、敷設した光ファイバケーブルの仕様及び各建屋や光センサとの接続状況を図12.に示す。実証システムの幹線ルートであるループ状データウェイは、GI50/125ファイバにより、ルート長約1,170mで構成した。これらの光ファイバケーブルは、各建屋の光TDMAステーションの光アクセサプラに接続されており、電気的な中継を不要とする無中継光データウェイを実現している。

現場室No.1・No.2間は、専用の敷設ルートを設けずセンター室で中継する形をとっている。すなわち、現場室No.1・センター室間の光ファイバケーブルの1心と、現場室No.2・センター室間の光ファイバケーブルの1心とをセンター室光TDMAステーション内の断線模擬用光スイッチにて接続する形態となっている。この光スイッチは、障害検知自動復帰機能の検証用に設けられたもので、光伝送路の断線状況を模擬する。

センター室から現場室No.1に、GI200/250ケーブルが敷設されているが、これはセンター室での実証用光振動センサの光信号を、現場室No.1の光プロセッサに伝送するためのものである。また、光ON・OFFセンサ、光振動センサ、光温度センサへのケーブルは、各センサの特質を生かすため特殊なSI200, GI200仕様となっている。

5. 実証システムの機能

実証システムの機能は、実証運転機能とシステム試験データ採取機能との2機能に大別される。実証運転機能は、光応用センサの計測するプロセスデータを無中継光データウェイによって収集し、センター室内データ

プロセッサにおいて処理し、表示し、更に蓄積するとともに、一方では各現場室へ制御信号を送信するものである。また、各種の機器が関与する無中継光データウェイに対しては、伝送特性を中心としてシステム的な試験データを採取する必要がある。このための試験データ採取機能が実証システムの機能として含まれている。いずれの機能についても、最終アウトプット形態は、データプロセッサによるCRT表示又はログシート印字となるので、ここではCRT表示図例に即して主要なシステム機能を述べる。

5.1 情報幹線系・全体配置と光センサすべてのオンライン表示

センター室、現場室No.1及び現場室No.2は無中継光データウェイによって結ばれ、これを通じて石油精製プラント現場で光センサの計測したプロセスデータが収集される。図13.はプラント現場の概略レイアウトに即してこれらの収集データのすべてをオンライン表示したものである。

適用した光センサとしては、集中化装置内の蒸留塔に対する熱油ポンプの軸受に取り付けた光振動センサ・光温度センサ、センター室に設置した異常振動模擬用光振動センサ、水添脱硫設備(HDS)内のフィルタの弁に取り付けた光ON・OFFセンサ及び現場室No.2に設置した光デスク(光ON・OFFスイッチ搭載)である。

また、クーリングタワー水温及び低圧蒸気管に対する光温度センサ(点型)、NaOHタンクに対する光レベル(圧力)センサ、純水製造装置ドレンに対する光流量センサ(他社担当品)については、比較用の従来型センサとともに、各現場室のPCが計測値を受信し、無中継光データウェイへ乗せる。図13.においてセンサ計測値が2個あるものは、上段が光センサ、下段が比較用センサにそれぞれ対応している。

5.2 情報支線系・光ON・OFFセンサ

情報支線系・光ON・OFFセンサ(TAG No. XI-911 LS~XI-920 LS)は水添脱硫設備内フィルタ装置(装置番号FT-101A及びFT-

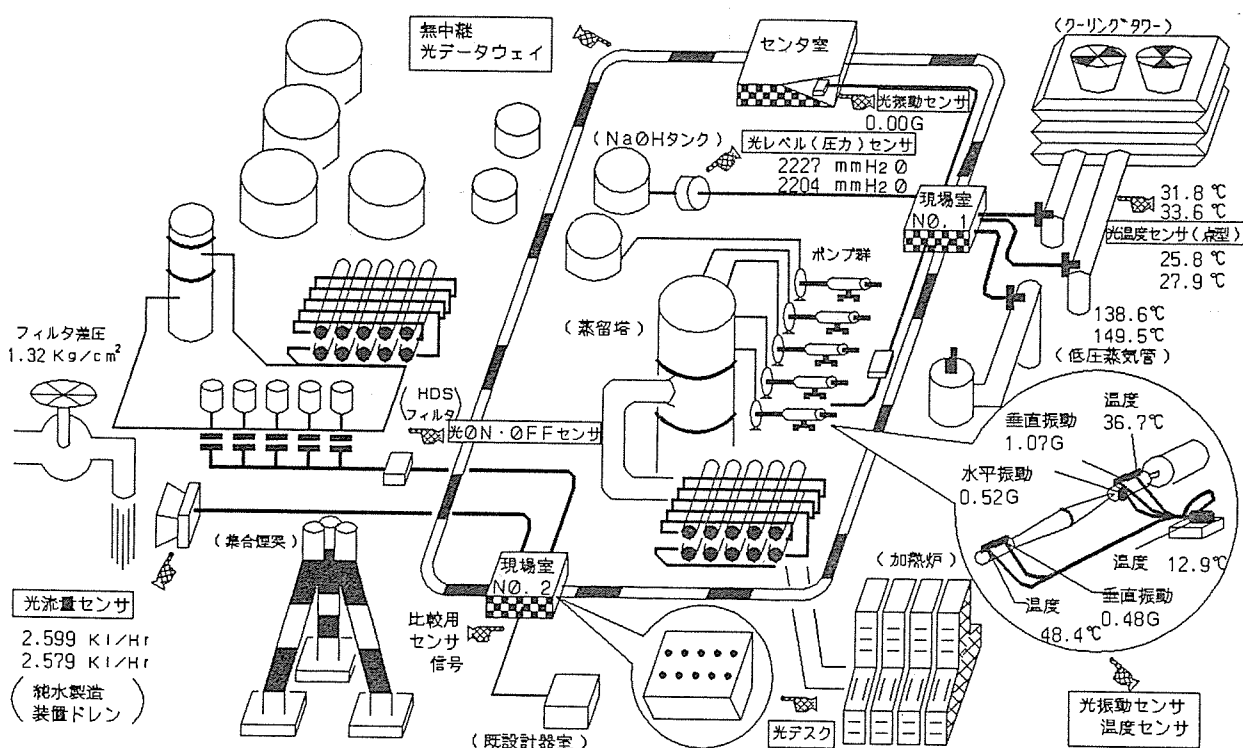


図13. 全体配置図

101 D) に設置され、このセンサのレバーがフィルタの逆洗（バックフラッシュ）用ボール弁と機械的にリンクしている。

通常この逆洗弁は OFF であり、装置に到来した油はフィルタを下から上へ流れて出てゆくが、時間の経過とともにフィルタ目詰りが進行し、このため入口側と出口側との差圧が増加する。この差圧が一定限度に達すると逆洗弁を順次 ON し、油の流れの方向を逆にしてフィルタ内にたまったスラッジを除去する。これが 1 サイクルの動作となる。

この繰返し動作の周期は、約 20 分～2 時間の長時間にわたるので、実証運転にあたっては最近の動作を再生して CRT 表示するプレイバック機能を設けた。図 14. はこのプレイバック中の表示であり、センサ XI-920 LS のみが ON となって表示されている。以後は図左上のタイムチャートに従った ON・OFF 動作の進行を表示する。図中の差圧トレンド表示によれば、最近 2 時間のうちに 3 回の逆洗動作のあったことが分かる。

図に表示したように、光 ON・OFF センサの光信号は、プラント現場に設置した現場箱内で全光的に集線（光ファイバ心数の大幅削減）されたのち現場室 No. 2 内の処理部にて検出され、PC 及び無中継光データウェイを経由してセンター室へ到来する。現場と制御室との間を往来する線心数を激減できるのが特徴である。

5. 3 光応用計測系・光振動・温度センサ、光プリプロセッサ

光応用計測系・光振動センサ (TAG No. XI-901 V～903 V) を光温度センサ (TAG No. TI-911 H, 912 H) とともに集中化装置現場の熱油ポンプ (PU-601 A) の軸受に設置し、振動及び温度の検出を行った。また、このポンプ付近の現場に設置したコネクタ箱内の光温度センサ (TI-913 H) を搭載し、周囲温度を検出した。これらの光センサは、現場室 No. 1 に設置した光プリプロセッサに結合される。軸受の

振動及び温度という相互に関連あるデータを処理することにより、総合的な多チャンネル状態計測を目指した。

センター室内に設置した光振動センサ (TAG No. XI-904 V) により、異常状態が簡便に模擬できる。正常時に光プリプロセッサは、検出信号絶対値（振動については rms 値）のみをデータプロセッサへ送信する。図 15. はこの正常時に対応する CRT 表示例である。設定された上下限を越えた場合（異常時）には、異常時のトレンドデータ送信が追加される。図 16. に模擬的振動異常の場合の表示例を示す。なお、前述の上下限値はデータプロセッサ（上位側）にて設定し、この値に従って光プリプロセッサが信号処理を行い、上位側の負担軽減と処理の高速化が図られている。

5. 4 光流量センサ・光レベル（圧力）センサ・光温度センサ（点型）のオンラインデータ表示

光大プロにて開発（他社担当）し、現場実証に供したこれらの光センサについては、それぞれ従来原理の比較用センサとともにその検出値のオンライン表示を行った。検出信号は現場室 No. 1 及び No. 2 において PC が受信し、無中継光データウェイを経由してデータプロセッサに到来する。図 17. に示すように、CRT 表示機能としては絶対値表示、棒グラフ表示及びトレンド表示を設けた。棒グラフ表示においては、左側が光センサ、右側が比較用センサ計測値に対応している。

5. 5 センサデータの蓄積と表示

データプロセッサに到来したセンサデータ、すなわち光振動センサ、光温度センサ、光 ON・OFF センサ、及び光流量センサ、光レベル（圧力）センサ、光温度センサ（点型）並びに比較用センサそれぞれの計測データは、すべて 1 秒ごとにデータプロセッサ内のディスクファイルに蓄積され、必要に応じて時刻及び表示間隔を指定することにより CRT 上に表示し、又はログシート印字ができる。この機能は光センサ評価用として設け

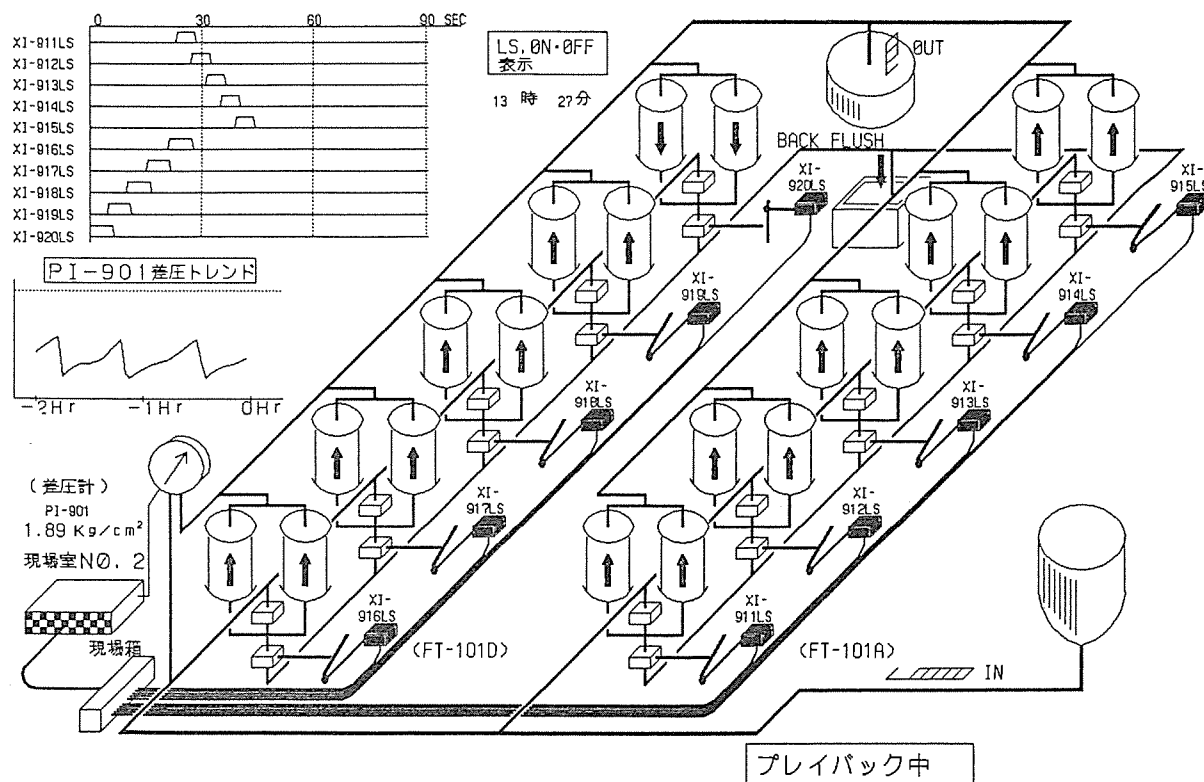


図 14. フィルタ差圧と光 ON・OFF センサ 状況（プレイバック中）

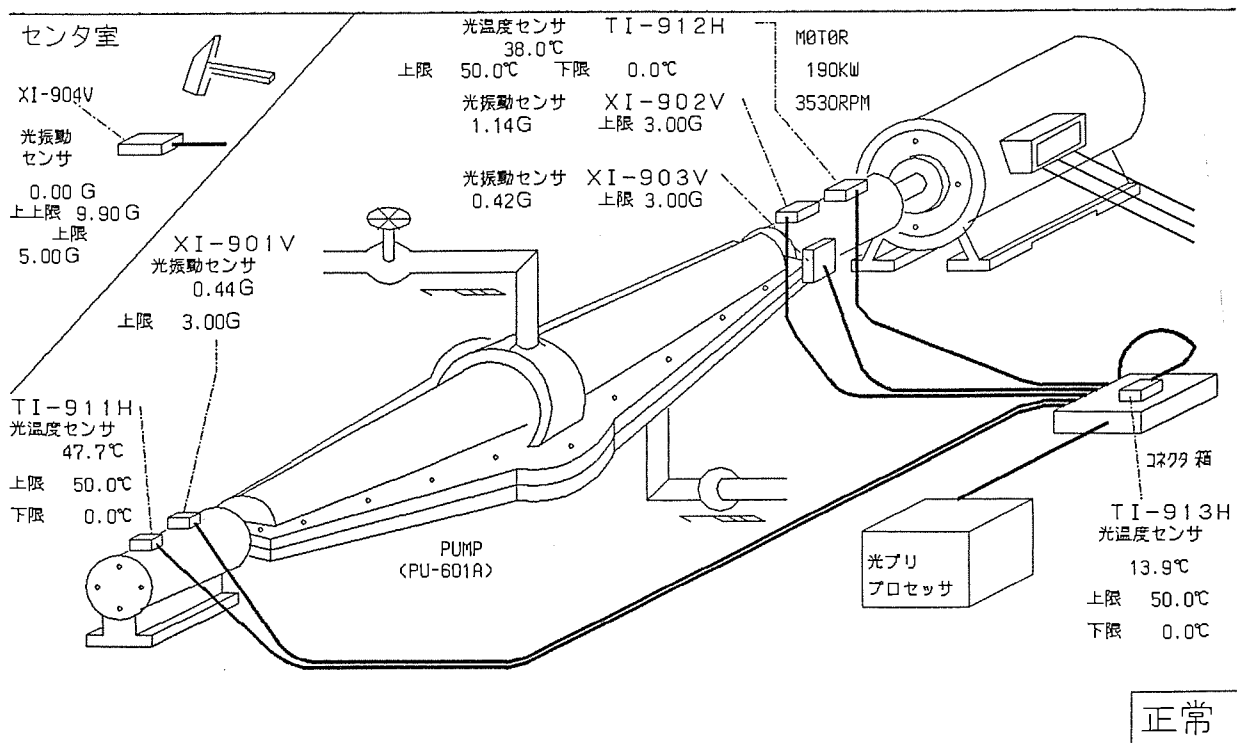


図 15. 光振動・温度 センサ, 光 プリプロセッサ (正常時) の表示例

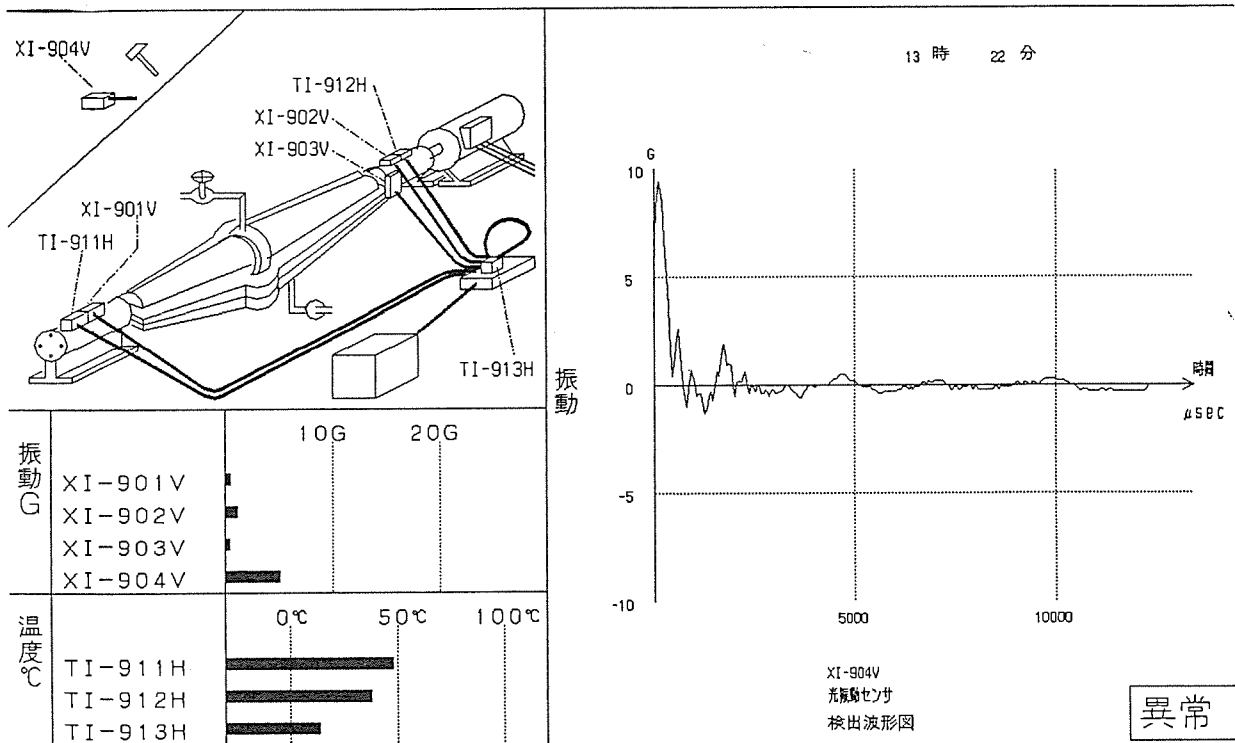


図 16. 光振動・温度 センサ, 光 プリプロセッサ (振動異常時) の表示例

たものであり、この表示例を図 18. に示す。ディスクファイルの容量制限により、10 日間ごとにデータを磁気テープに移し、データ蓄積を図った。

5.6 その他の機能

実証運転機能としては、前述のほか、光デスク上の光 ON・OFF スイッチを利用したプロセス制御シミュレーション機能、更にはシステム動作監視機能がある。またシステム試験データ採取機能としては、通信時間測定機能、障害検知自動復帰時間測定機能、波形伝送機能などが

ある。

6. む す び

稼働中の石油精製プラント現場という厳しい環境の中で、無中継広域伝送サブシステムの構築を行い、各機器の順調な動作のもとで各種の試験データを得るとともに、実証運転を行って広く各分野の関係者の評価に供し、好評裏に1か月間の現場実証を終了することができた。システム的な観点からすれば、システム構成、システム機能及び現場

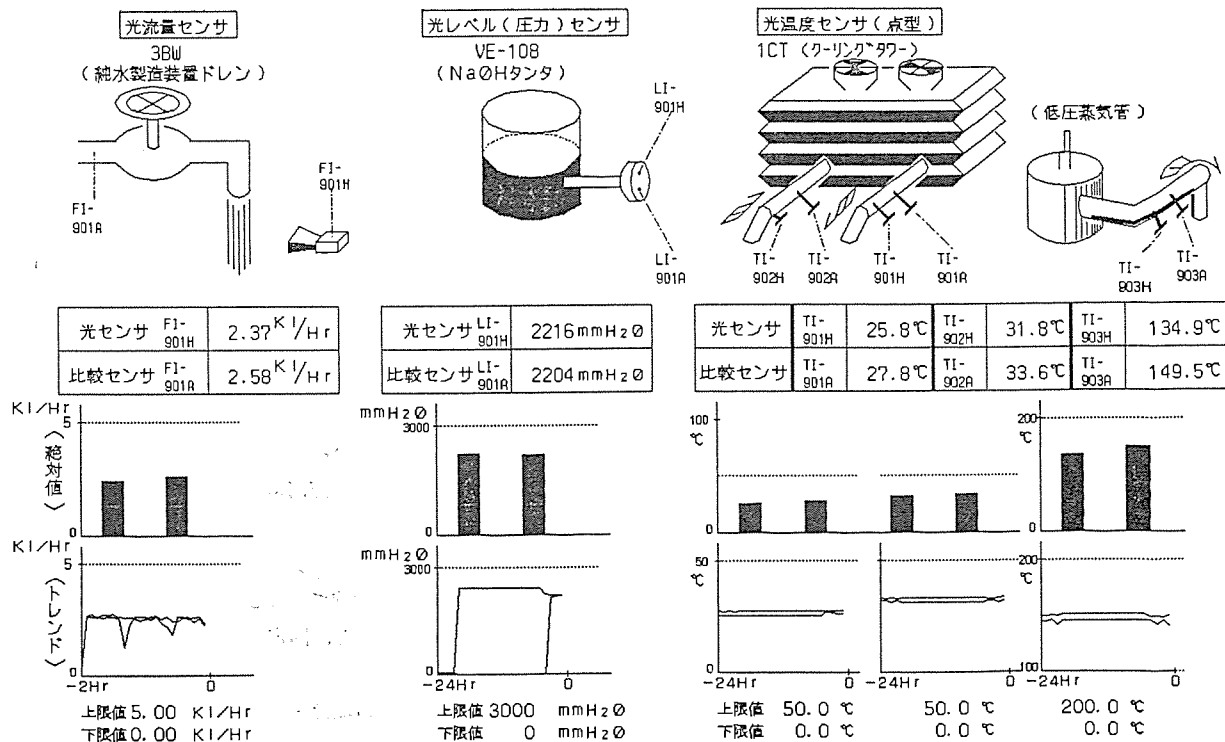


図 17. 光流量センサ・光レベル(圧力)センサ・光温度センサ(点型)のオンライン表示例

OPTICAL VIBRATION SENSOR . OPTICAL THERMO SENSOR REPORT

PAGE 6
1986/03/11 13:36

FROM

TO

3 / 11 13 : 24 : 0

3 / 11 13 : 30 : 0

		OPTICAL THERMO SENSOR			OPTICAL VIBRATION SENSOR			
DATE	TIME	TI-911H (°C)	TI-912H (°C)	TI-913H (°C)	XI-901V (G)	XI-902V (G)	XI-903V (G)	XI-904V (G)
3/11	13:25:40	47.9	37.9	13.9	0.41	1.14	0.42	0.00
3/11	13:25:41	47.8	37.9	13.8	0.45	1.20	0.42	0.00
3/11	13:25:42	47.8	37.9	13.8	0.45	1.20	0.42	0.00
3/11	13:25:43	47.8	37.9	13.8	0.45	1.20	0.42	0.00
3/11	13:25:44	47.9	37.9	13.8	0.44	1.23	0.42	0.00
3/11	13:25:45	47.9	37.9	13.8	0.44	1.23	0.42	0.00
3/11	13:25:46	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	0.00
3/11	13:25:47	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	0.00
3/11	13:25:48	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:49	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:50	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:51	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:52	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:53	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:54	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:55	47.8	38.0	13.8	0.44	1.18	0.41	5.05
3/11	13:25:56	47.9	37.9	13.9	0.40	1.14	0.40	0.00
3/11	13:25:57	47.9	37.9	13.9	0.40	1.14	0.40	0.00
3/11	13:25:58	47.9	37.9	13.9	0.40	1.14	0.40	0.00
3/11	13:25:59	47.8	37.9	13.8	0.42	1.10	0.47	0.00

図 18. 光流量センサ・光レベル(圧力)センサ・光温度センサ(点型)・比較センサのデータ表示例

におけるシステム構築の有効性を確認したと考えることができ、当社における7年間の光大プロ研究開発の成果を集大成し得たと評価する。

今後は各関連技術に対する実用化レベルの検討が加えられることとなるが、石油精製プラント現場におけるシステム実証の経験が、近い将来における光技術を応用した各種産業分野における高度なプラント計測制御システムの実用化に向けての展望を開き、光技術の新たな確立に貢献したと確信する。

終わりに臨み、実証システム全体をとりまとめるとともに多大な御指導をいただいた財団法人光産業技術振興協会、及び現場実証に種種の御協力をいただいた日本鉱業株式会社をはじめとする関係先各位に厚く御礼申し上げます。

この研究開発は、通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として実施されたものである。

誘導形リニアモータ《MELLINER》とリニア駆動搬送装置

阪部 茂一*・柳内 芳彦**・中本 道夫**

1. ま え が き

直線往復運動が直接得られるリニアモータを使用した駆動装置の歴史は、回転形モータと変わらないくらい古く、また近年では高速鉄道用として開発が進められていることは、よく知られているとおりである。しかしながら一般産業用としては、制御方式など技術的な問題あるいはコストなど経済性の問題などにより、長い間限られた一部の特殊用途以外にはあまり使用されないままになっていたが、最近の電子技術の発達などにより、従来の課題が解決されるとともに直線運動の駆動源としてのリニアモータの応用が再評価されるようになってきている。

パルス駆動方式を採用したものは、プリンタなどに代表されるOA機器に広く使われるようになっており、誘導形の場合はFA、搬送機器などに直線運動を直接得ることができるダイレクトドライブ駆動方式として注目されるようになってきている。リニア駆動方式の利点は、上述のように一種のダイレクトドライブ方式であり、回転機を使用した場合必要とする、ラックピニオン、プーリ、ベルト、ギヤといった変換機構が不要あるいは簡素化することができる点にある。このため、メンテナンスのフリー化、信頼性の向上なども図れるようになり現在各方面で開発が積極的に進められている。

ここでは、最近開発を完了しシリーズ化を図ったリニア誘導形モータ《MELLINER》(メルライナー)についての技術内容、更にこのモータを駆動源とした搬送装置への適用例を紹介する。

2. リニアモータの原理と特性

リニアモータは、大略、交流誘導形(LIM)、直流形(LDM)、パルス形(LPM)の3種類に分類できるが、ここでは交流誘導形(リニアインダクションモータ)について述べる。リニアインダクションモータは、原理的にも構造的にも通常のかご形誘導電動機と同様に考えることができるが、回転形の円筒形鉄心をく形鉄心とし、更にかご形二次導体がショート状二次導体となることによって、通常のかご形誘導電動機とは違った特長を持ったものになっている。

2.1 リニアモータの電磁力の原理

図1.のように磁束、電流を考えた場合、固定子と二次導体に働く電磁力は、

$$F = I \times B$$

$$\text{推力として } F_x = I_z \times B_y \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{反発力として } F_y = -I_z \times B_x \quad \dots\dots\dots (2)$$

の2方向成分となる。

一方、二次導体が磁性体の場合、空けきと二次導体との透磁率の差により、

$$\text{磁気吸引力 } F_y \propto \left(\frac{1}{\mu_0} - \frac{1}{\mu_r} \right) B_z^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

μ_0 : 空気中の透磁率

μ_r : 二次導体の透磁率

が働くため、固定子と二次導体間に働く垂直力は式(2)で示す電磁反発力と、式(3)で示す磁気吸引力の差として働くことになる。

2.2 リニアモータの運転特性

(1) 解析モデルと仮定

図2.にリニアインダクションモータの解析モデルを示す。このモデルについて次のような仮定を行う。

(a) 固定子鉄心はx方向に無限に延びているものとし、かつその透磁率は無限大とする。

(b) モデルはz方向に十分大きいものとし、電磁気的諸量はx-y座標について二次元的であるとする。

(c) スロットは無視し、固定子電流はzの正方向へ向う表面電流とする。

(d) 固定子表面電流は $-L < x < L$ の間에만存在するものとする。

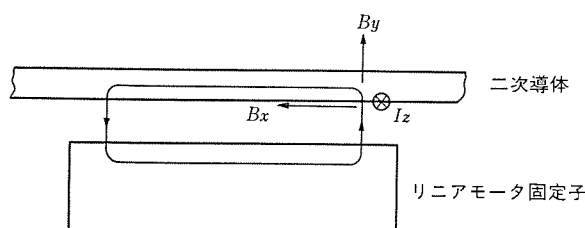
(e) 固定子表面電流は正弦波状進行波磁界分布を与えるものとする。

(2) 推力, 吸引力

以上の解析モデルに従って解析を行うと、推力 F_x は、

$$F_x = \frac{W\nu}{2} \text{Real} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} B_{ay} \Big|_{y=a} i^* dx \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

によって表される。ただし、 W は固定子幅、 ν は両側式の場合 $\nu=2$ 、片側式の場合 $\nu=1$ 、 B_{ay} は固定子表面における磁束密度のy方向成分である。また、 i^* は固定子表面電流密度 i の共役複素数であるが、 i は、



B_x : 固定子巻線により誘起される空けき磁束密度のx方向成分

B_y : 固定子巻線により誘起される空けき磁束密度のy方向成分

I_z : 空けき磁束密度により二次導体に誘起される渦電流のz方向成分

図1. リニアモータの電磁力の原理

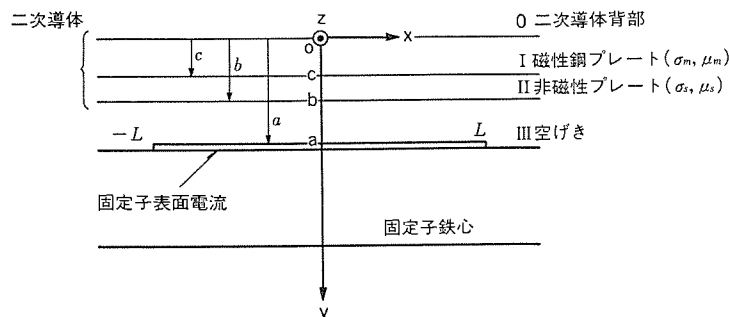


図2. リニアモータの解析モデルと諸記号

$$i = i(x, t) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} 2 I_0 \frac{\sin(k+\lambda)L}{k+\lambda} \exp(j\lambda x) d\lambda \right\} \exp(j\omega t) \quad (5)$$

そこで、二重積分の一重化を行うと、 F_x は、

$$F_x = -\frac{\mu_0 I_0^2 W \nu}{\pi} \operatorname{Real} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} j \frac{\sin^2(k+\lambda)L}{(k+\lambda)^2} Q d\lambda \right\} \quad (6)$$

ただし、 I_0 は i の振幅、 ω は角周波数、 k は波数で磁極ピッチを τ とすると $k = \frac{\pi}{\tau}$ 、 λ はフーリエ変換の演算子である。

また、

$$Q = \frac{\gamma_s \mu_0 \varepsilon \tan h \lambda (a-b) + \lambda \mu_s}{\gamma_s \mu_0 \varepsilon + \lambda \mu_s \tan h \lambda (a-b)}$$

$$\varepsilon = \frac{\gamma_s \mu_m \tan h \gamma_s (b-c) + \gamma_m \mu_s \varepsilon'}{\gamma_s \mu_m + \gamma_m \mu_s \varepsilon' \tan h \gamma_s (b-c)}$$

$$\varepsilon' = \frac{\mu_0 \gamma_m \tan h \gamma_m c - \lambda \mu_m}{\mu_0 \gamma_m - \lambda \mu_m \tan h \gamma_m c}$$

次に、吸引力 F_y は、

$$F_y = \frac{W}{4 \mu_0} \int_{-\infty}^{\infty} (|B_{ay}|_{y=a}^2 - |B_{ax}|_{y=a}^2) dx \quad (7)$$

上式は、式(6)を求めたと同様の手法により次のように書き直される。

$$F_y = \frac{\mu_0 I_0^2 W}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2(k+\lambda)L}{(k+\lambda)^2} (|Q|^2 - 1) dx \quad (8)$$

なお、 F_x 、 F_y の値は、Simpson の公式を用いて直接数値積分を行うことにより求められる。

(3) 固定子表面電流と相電流と端子電圧の関係

今まで述べたように F_x 、 F_y は、固定子表面電流密度 i の振幅 I_0 が与えられると求められる。 I_0 は固定子巻線が Y 結線及び Δ 結線の場合について、 I_{ph} によって次のように表せる。

$$I_0 = \frac{\sqrt{6} C_0 k_w N_{ph} I_{ph}}{2 L \nu} \quad (9)$$

ただし、 C_0 は Y 結線の場合は $C_0=3$ 、 Δ 結線の場合 $C_0=1$ 、 N_{ph} は 1 相当あたりの直列導体数、 k_w は巻線係数である。次に、 I_{ph} は 1 相当あたりの一次巻線抵抗と漏れリアクタンスをそれぞれ R_1 、 X_1 、二次インピーダンスを Z_2 として次のように求められる。

$$I_{ph} = \frac{\sqrt{3} V}{C_0 |R_1 + jX_1 + Z_2|} \quad (10)$$

(4) 二次インピーダンス

1 相当あたりの二次インピーダンス Z_2 は二次側入力 Q_2 と I_{ph} から次式によって定義される。

$$Z_2 = \frac{Q_2}{C_0 I_{ph}^2} = \frac{\nu W}{2 C_0 I_{ph}^2} \int_{-\infty}^{\infty} E_{az} \Big|_{y=a} i^* dx \quad (11)$$

更に式(9)の I_0 と I_{ph} の関係式を用いると、 Z_2 は次式のように書き改められる。

$$Z_2 = \frac{-j 3 \omega \mu_0 W}{\nu \pi} \left(\frac{\sqrt{2} k_w N_{ph}}{2 L} \right)^2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2(k+\lambda)L}{(k+\lambda)^2} \frac{Q}{\lambda} d\lambda \quad (12)$$

(5) 入力皮相電力、力率、効率、スリップ

入力皮相電力 P_0 、力率 PF 、効率 η は次式のようになる。

$$P_0 = C_0 I_{ph}^2 |R_1 + jX_1 + Z_2| = \frac{3 V^2}{C_0 |R_1 + jX_1 + Z_2|} \quad (13)$$

$$PF = \frac{I_{ph}^2 \operatorname{Real}(R_1 + Z_2)}{I_{ph}^2 |R_1 + jX_1 + Z_2|} = \frac{\operatorname{Real}(R_1 + Z_2)}{|R_1 + jX_1 + Z_2|} \quad (14)$$

$$\eta = \frac{F_x v}{P_0 \cdot PF} = \frac{F_x v}{C_0 I_{ph}^2 \operatorname{Real}(R_1 + Z_2)} = \frac{C_0 F_x v |R_1 + jX_1 + Z_2|^2}{3 V^2 \operatorname{Real}(R_1 + Z_2)} \quad (15)$$

スリップ s は、

$$s = \frac{V_s - v}{V_s} = \frac{2 f \tau - v}{2 f \tau} \quad (16)$$

によって定義される。ただし、 V_s はリニアモータの同期速度である。

(6) 一次磁束密度

回転形インダクションモータにおいては、一次磁束密度(空けきが小さいので空けき磁束密度と等しいとされている)が、機械の一つの特性のパラメータとして評価されている。一方、リニアモータは端部をもっているため、一次磁束密度 ($|B_{ay}(x, a)|$ に相当する) は x に関して一定でないので、一次磁束密度として次式に示すような二乗平均値 \bar{B}_s を採用する。

$$\bar{B}_s = \sqrt{\frac{1}{2L} \int_{-\infty}^{\infty} |\dot{B}_{ay}(x, a)|^2 dx} \quad (17)$$

したがって、

$$\bar{B}_s = \mu_0 I_0 \sqrt{\frac{1}{L\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{\sin(k+\lambda)L}{k+\lambda} Q \right|^2 dx} \quad (18)$$

(7) 端効果を見視した場合の推力、吸引力、磁束密度

リニアモータは一次側と二次側の長さが有限なため、モータの両端部及び縁部において磁束密度分布が不均一あるいは偏在することにより、端効果とよばれる現象が存在する。この現象は、特に高速領域では推力の低下を招くので無視できない。前項までに示した計算式は端効果の影響を考慮しているが、端効果を見視した場合の諸量は前項までに得られた諸量 F から長さを無限として

$$\lim_{L \rightarrow \infty} F(x, y) \quad (19)$$

より求められる。

式(6)、式(8)、式(12)、式(18)に式(19)を適用して、端効果を見視した場合における諸量を求めると次のようになる。

$$F_x = -\mu_0 I_0^2 W L \nu \operatorname{Real} \left(j Q \Big|_{\lambda=-k} \right) \quad (20)$$

$$F_y = \mu_0 I_0^2 \frac{WL}{2} (|Q|^2 - 1) \Big|_{\lambda=-k} \quad (21)$$

$$Z_2 = -j 3 \omega \mu_0 \frac{WL}{\nu} \left(\frac{\sqrt{2} k_w N_{ph}}{2 L} \right)^2 \left(\frac{Q}{\lambda} \right) \Big|_{\lambda=-k} \quad (22)$$

$$\bar{B}_s = \mu_0 I_0 |Q| \Big|_{\lambda=-k} \quad (23)$$

3. リニアモータの特性

2 章では誘導形リニアモータの理論解析について述べたが、ここでは実機によるモータ特性と回転形モータの違いについて述べる。当社では FA、産業機駆動用として誘導形リニアモータのシリーズ化を図り《MELLINER シリーズ》として発売している。表 1. にその内容を示す。以下に示す特性はこのシリーズでの測定結果である。

3.1 速度-推力、電流特性

誘導形リニアモータの速度-推力、電流特性は図 3. に示すような垂下特性となる。一般的には二次導体が回転形と異なり有限長であるため、スリップの小さい同期速度(リニアモータの同期速度は $V_s = 2 \pi f m/s$ で表せる。 τ : ポールピッチ、 f : 周波数)での測定は困難であるが、計算、測定ともほぼ図 3. のようになる。したがってリニアモータの定格推力及び定格電流は、始動時(スリップ=1)のときの値が広く使われている。図 3. から明らかなようにリニアモータのスリップに対する

表 1. 三相誘導形 リニアモータ 《MELLINER シリーズ》の仕様

形 式	相数	電 圧 (V)	周波数 (Hz)	同期速度 (m/s)	推 力 (kgf)	通電率 (%)	電 流 (A)
LM-A 001-30(M)	3	200/220	50/60	3.0/3.6	1.5	10	3
LM-A 003-30(M)	3	200/220	50/60	3.0/3.6	3.0	10	4.5
LM-A 003-45(M)	3	200/220	50/60	4.5/5.4	3.5	10	5
LM-A 005-45(M)	3	200/220	50/60	4.5/5.4	5.0	10	6
LM-A 007-45(M)	3	200/220	50/60	4.5/5.4	7.5	10	7.5
LM-A 010-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	10	10	9.5
LM-A 015-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	15	10	13
LM-A 020-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	20	10	18
LM-A 030-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	30	10	25
LM-A 040-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	40	10	32
LM-A 060-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	60	10	45
LM-A 080-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	80	10	64
LM-A 120-75(M)	3	200/220	50/60	7.5/9.0	120	10	90

電流変化は少なく、回転形モータのように始動時に定格時の数倍の電流が流れるようなことはない。次に図3.の破線で示す電流値は二次導体のない場合のものであり、二次導体のある場合より20～30%多い電流になる。これがリニアモータに流れる最大電流であり、リニアモータの電源容量の選定などはこの値を使う必要がある。

3.2 空けき長-推力、吸引力特性

リニアモータでは、回転形モータのように常に空けき長を一定にするのはむずかしく、走行路の状態によって空けき長が変動することが多い。空けき長が変動すれば発生推力も変動する。また二次導体に磁気回路を形成するため、バックヨークと呼ばれる鉄などの磁性体を使用すると固定子による吸引力を発生するが、回転形モータでは円周方向全周にわたって分布され、空けき長のアンバランス分だけが吸引力として働くだけであり、ほとんど無視できるほど小さい値であるが、リニアモータの場合は片側にだけ磁気回路が存在するため、大きな吸引力が働くことになる。図4.は空けき長の変化に対する推力の計算値と測定値を各電圧と周波数 ($V/f = \text{CONST}$) について示したものである。同様に吸引力についても示してある。

図4.の推力は電圧、周波数とともに変化するが、吸引力は推力ほど変化しないことがわかる。したがってリニアモータの推力及び吸引力を規定するには、空けき長と二次導体の規定をする必要がある。上述の《MELLINER シリーズ》では、基準空けき長として3.5mm、二次導体として2.5mm厚さのアルミ板と6mm厚さの鉄板のはり合わせたものを基準としている。走行路の設計上この空けき長の変化と推力、吸引力の関係を留意しなければならない。

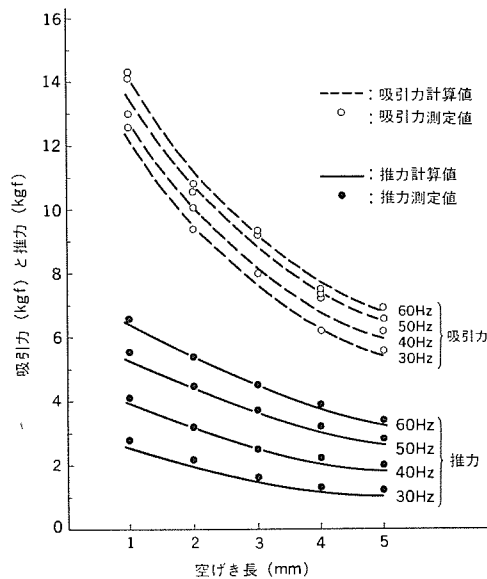


図 4. 空けき長-推力、吸引力特性

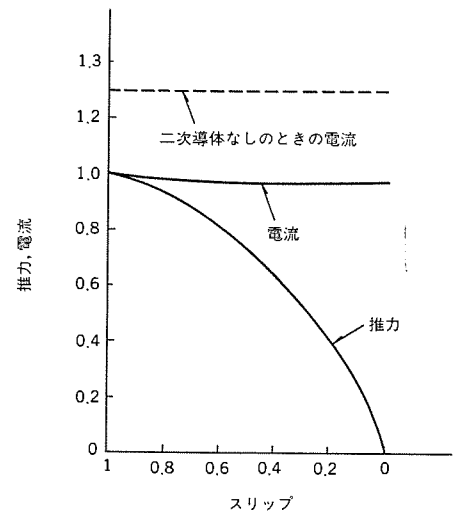


図 3. 速度-推力、電流特性

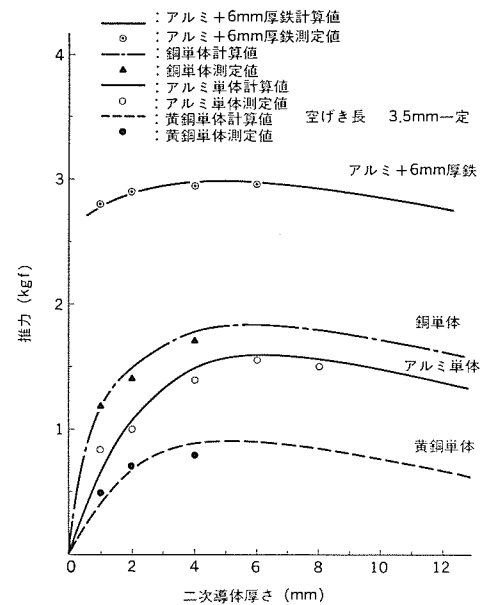


図 5. 二次導体材質と板厚による推力

3.3 二次導体の材質と推力特性

空けき長と推力、吸引力の関係は3.2節に述べたとおりであるが、二次導体の材質及び厚さによっても推力は変化する。図5.は二次導体として、アルミ単体、黄銅単体、銅単体及び6mm厚の鉄板パッ

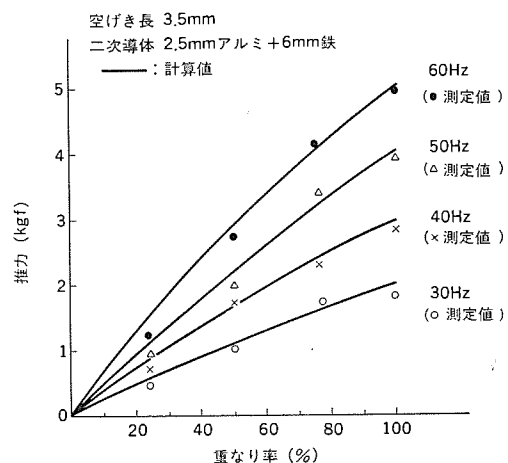


図 6. 二次導体の固定子との重なり率による推力

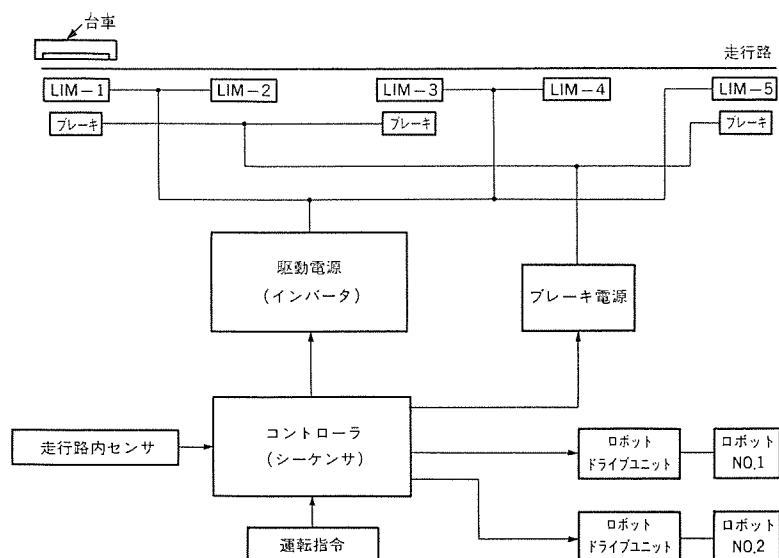
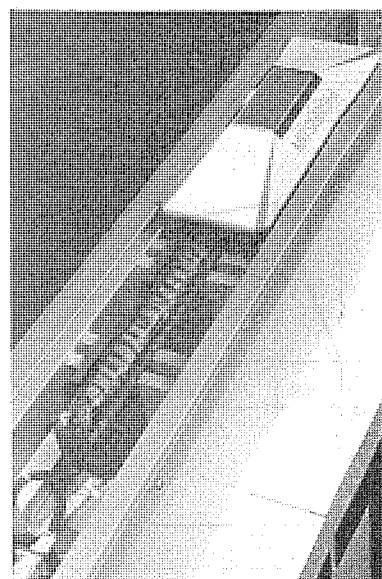
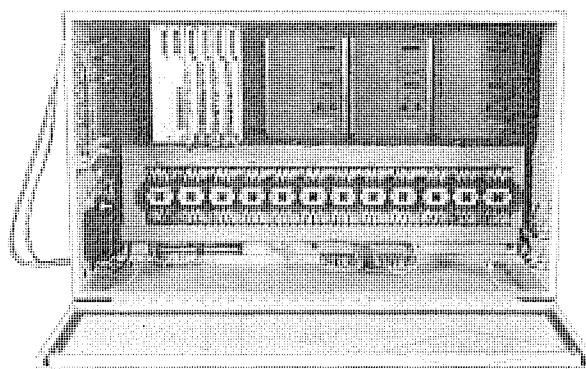


図 7. リニア 搬送装置のシステム 構成



(a) 走行路とモータ及び台車



(b) 制御装置

図 8. リニア 搬送装置の外観

クヨーク 付きのアルミ の場合について示してある。図からもわかるとおり、非磁性体単体を二次導体とした場合の推力は、磁性体のバックヨーク 付きのものに比べて半分近くになるが、非磁性体単体の場合は吸引力がほとんど働かない メリットがある。また、バックヨーク 付きのものでは、非磁性体の厚さによる推力の変化は少なく前記空けき長による影響の方が大きいことがわかる。

3. 4 二次導体と固定子の重なり率による推力特性

リニアモータの二次導体は有限長であり、始動とともに固定子との重なり率は変化する。始動時は最大の推力を発生しているが、二次導体の移動とともに推力は減少し、二次導体が固定子と重ならなくなったとき推力はゼロ となり、その後、二次導体は惰性で走行を続けることになる。図 6. は二次導体と固定子の重なり率による推力の変化を示したものであり、図 4. 同様 V/f =一定の条件で各周波数の変化に対する推力変化を示した計算値と測定値である。実際の機械の設計においては、この重なり率を考慮した、加速推力、打出しスピード を考える必要がある。

4. 搬送装置への応用例

リニアモータ を駆動源とした搬送装置は、従来の回転機を使用したコンベヤ、自走車などの搬送装置にない利点があり、最近各種用途に広く採用されている。その特長としては、次のようなものを挙げることができる。

- (1) ベルト、チェーンなどの動力伝達機構が不要であり、搬送物をダイレクトに駆動できる。そのため、機構が簡単となり信頼性が高く保守、点検が容易となる。
- (2) 非接触駆動のため、低騒音かつクリーンな運転が可能である。
- (3) 遠心力による速度制限がないため、高速搬送が可能である。
- (4) リニアモータ の特性が垂下特性のため、電圧制御や周波数制御の制御性が良い。
- (5) 搬送路側にモータ を置く地上一次方式では、集電装置のないコードレス搬送が行え、更に操作性、メンテナンス性が向上するとともに、搬送台車がモータ 上にきたときだけモータ に通電する間欠通電方式となるため省エネルギーが可能となる。

特長としては、以上のような点が挙げられるが、特にその高速性、低騒音性、クリーン性、メンテナンス性は、リニア駆動方式固有のもので

あり従来の回転形のものでは得られない利点である。以下、今回開発の リニア 駆動搬送装置について述べる。

ここに紹介するものは、工場内搬送用として、高速、長距離搬送を目的とした搬送装置であり、搬送路の両端ではロボットによる移載装置と組み合わせた FA トータルシステムとなっている。

(1) システム 構成

図 7. に示すように、コントローラにシーケンサ、駆動電源としてインバータを使用している。このシステムの特長は、インバータを使用しているので速度の変更が容易であり、またシーケンサを使用することによって、決められたパターンの自動プログラム運転が可能なことである。図 8. (a) はモータと台車部分、(b) は制御装置の外観を示す。

(2) 運転 パターン

この装置は、走行路にモータを一定の間隔をおいて配置し、走行路内に設けたセンサにより台車の位置を検知し、その位置に応じてモータを順次励磁する方式のため、台車は加速と惰走を繰り返して停止ステーションまで走行する。図 7. における LIM-1 から LIM-3 までの運転パターンを図 9. に示す。この運転パターンによる各機器の動作フローを示したのが図 10. である。

(3) 構造及び仕様

走行路の構造は図 11. に示すとおりであり、搬送物は二次導体に取り付けられた車輪により走行する。モータは片側式構造といわれる方式を採用し、バックヨークをモータと相対する所に固定し、二次導

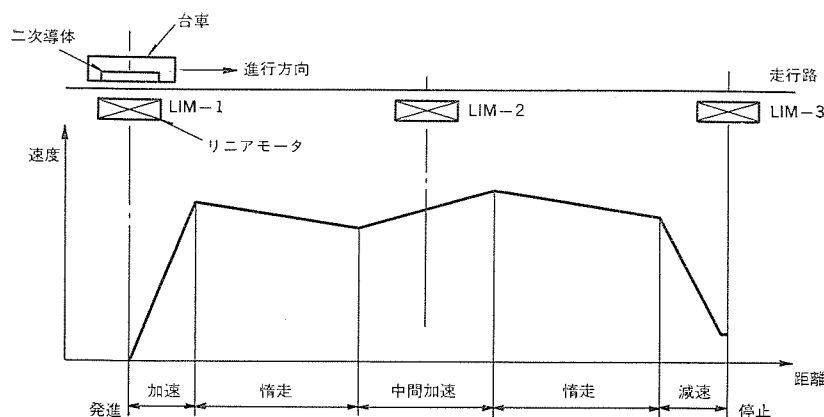


図 9. 運転パターン

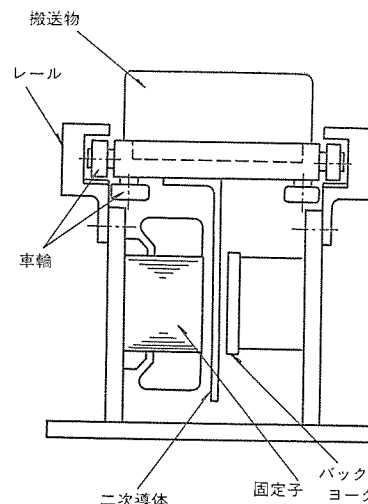


図 11. リニア搬送装置の走行路構造

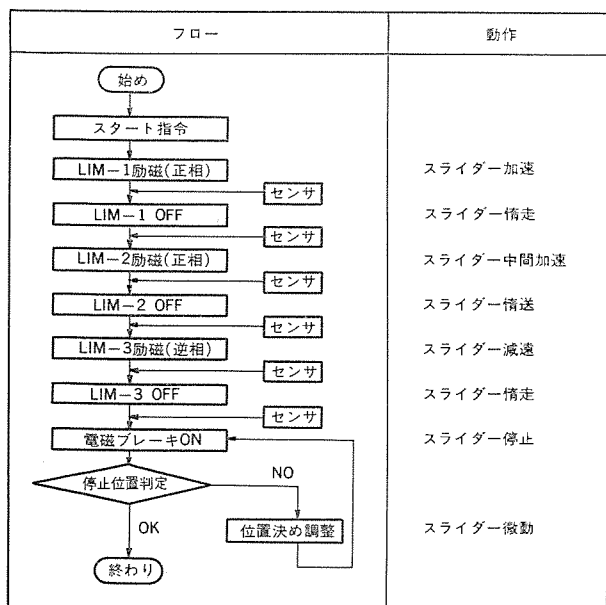


図 10. 動作フロー

表 2. リニア搬送装置の仕様

走行方式	車輪走行方式
モータ方式	片側式
レール全長	10 m
ステーション数	3箇所
最高速度	10 m/s
停止精度	±2 mm
移載装置	ムーブマスタ (RM 501)

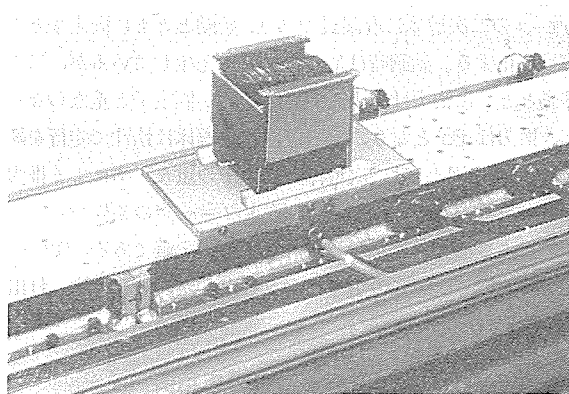


図 12 エア浮上式 リニア搬送装置の外観

体にはアルミ板だけを使っているため、駆動される二次導体には吸引力が働かず推力だけを有効に利用することができる。最終位置決め及び保持機構としては、ディスク形の電磁ブレーキを採用している。減速には逆相の電気制動を利用し、表 2. の仕様の中に示される速度、停止精度が得られている。

図 12. は別の応用例を示すもので、半導体工場のクリーンルーム内の搬送装置の外観である。この装置ではしゅう動体からのダストの発生を無くするため、走行は空気浮上による非接触方式を採用している。

5. む す び

以上のとおり、リニアモータを中心にリニア駆動装置について述べたが、リニアモータの利用は最近急速に広がってきたとはいえ、実用化されているものは少なく、多くがその開発途上にある。しかしながら、筆者らが行った各分野の方々へのアンケート調査でも、リニア駆動装置に対する関心と将来性は高く、特に回答いただいた 90 % 以上の方が将来多く使われるとの意見であり、30 % の方が現在採用あるいは評価中とのことであり、近年めざましい進歩をとげている FA、メカトロ機器への応用が期待できる。リニアモータの特長を生かした製品開発は上述のとおり、これからの感もあるが、技術革新の著しい昨

今、ハード、ソフト両面を含めて新しいものが、急速に開発されており、それらに応用した新しいリニア駆動装置の開発も行われ、各種分野で実用化されるのも予想以上に早いと思われる。我々も今後とも研究開発を進め、より良いリニア駆動装置をユーザー各位に提供できるよう努める所存である。

参 考 文 献

- (1) 磁気アクチュエータ調査専門委員会，リニアモータとその応用，電気学会（昭 59）
- (2) 阪部：鉄道用リニアインダクションモータに関する基礎的研究，京都大学（昭 54）
- (3) 大野，岸本：リニアモータの基本特性，三菱電機技報，42，No. 12（昭 43）
- (4) 中本，田中：回らないモータ，原理とアプリケーション，電気計算，6（昭 61）

赤外線撮像素子冷却用スターリング冷凍機

数本 芳男*・菅波 拓也**・野間口 有**・清田 浩之***・竹之内 泰***・沢田 衆二***

1. ま え が き

近年、物体から放射される微弱な赤外線を、高感度の赤外線素子によって検知し、物体の赤外画像を得る装置が広く用いられるようになってきた。このような赤外線撮像装置(以下、赤外 TV カメラと言う)は、夜間でも一切の照明を必要としない暗視カメラ、あるいは、得られた赤外画像をもとに物体の温度を非接触で測定する画像温度計として利用されている。

この種の赤外 TV カメラには、赤外線素子として Si, HgCdTe, InSb などの半導体を用いられるが、いずれの素子も液体窒素温度の 77 K 前後に冷却して熱雑音を除去しないと赤外線を検知できない。従来の赤外 TV カメラでは、液体窒素を注入して素子を冷却するか、JT ノズル(ジュールトムソンノズル)と高圧ポンプから成る JT クーラーにて素子を冷却するなどの方式が採られてきた。しかしながら、これらの冷却方式では、およそ 2~10 時間おきに液体窒素の補充あるいは高圧ガスポンプの交換を要するので、長時間連続撮像、野外使用、無人運転などを行うには運用面の制約があった。そこで当社では、このような制約を排除するために、赤外 TV カメラに搭載できる小形のクロースサイクル冷凍機として、従来海外で一部の防衛機器にしか使われていなかったスターリング冷凍機の自社開発を行ってきた。

この論文では、当社のスターリング冷凍機の特長、性能、開発状況を報告するとともに、冷凍機を搭載する赤外 TV カメラについても若干の説明を加えた。

2. 赤外 TV カメラと冷凍機への要求性能

図 1. は開発したスターリング冷凍機、図 2. はその冷凍機を搭載した赤外 TV カメラを示す。この赤外 TV カメラは、原子炉や送電設備の温度異常監視、空港その他重要施設の夜間警備、海難救助などの用途を目的として試作開発したものであり、現在各フィールドにて応用試験を行っている。また、このカメラの技術は、防衛機器、宇宙衛星搭載など特殊用途への利用も可能である。

図 2. において、三脚上に設置されているのがカメラヘッドで、その寸法は、115 mm(W)×400 mm(D)×140 mm(H)である。写真左側は上段からそれぞれモニタ TV、信号処理、電源の各ユニットであり、カメラヘッドでとらえた赤外画像をリアルタイムでモニタできる構成である。

カメラヘッド内部には、図 1. のスターリング冷凍機と図 3. に示す赤外デュアが搭載されている。赤外デュアは、極低温の素子を外部と真空断熱するためのガラス二重管であり、そのインナウォール先端に赤外線素子を取り付けられている。素子冷却は、インナウォール内に図 1. に示したスターリング冷凍機のコールドフィンガ部を挿入することによって行われる。

赤外 TV カメラの冷熱源であるスターリング冷凍機を開発するにあたり、その目標性能や要求仕様を以下のように設定した。冷凍機に要求される冷却熱量は、赤外デュアの断熱性能、素子の電氣的発熱、

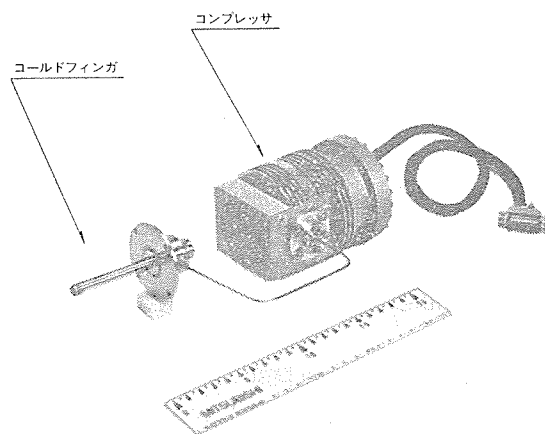


図 1. スターリング 冷凍機

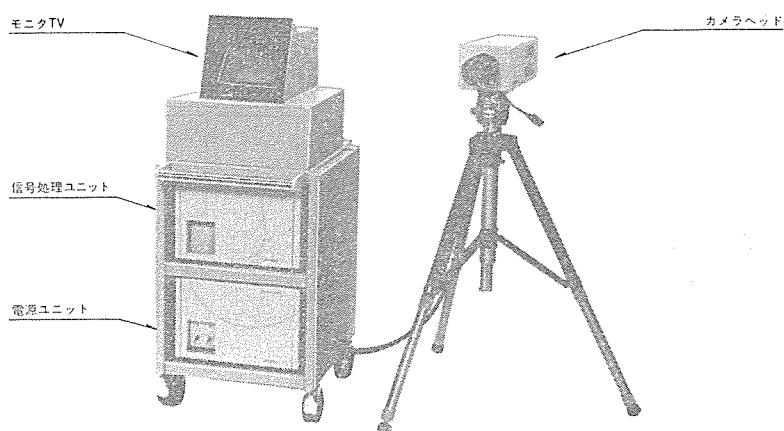


図 2. 赤外 TV カメラ

ウィンドウからの赤外入射熱の総和で決まり、一般には 0.3~1.0 W 程度である。開発の冷凍機は 77 K 冷却時に 1 W の冷却熱量を得ることとした。更に、撮像可能温度まで 10 分以内に到達することを開発目標とした。また、冷凍機は赤外 TV カメラに搭載されるので、軽量小形であること、消費電力の少ないこと、赤外線素子に有害な

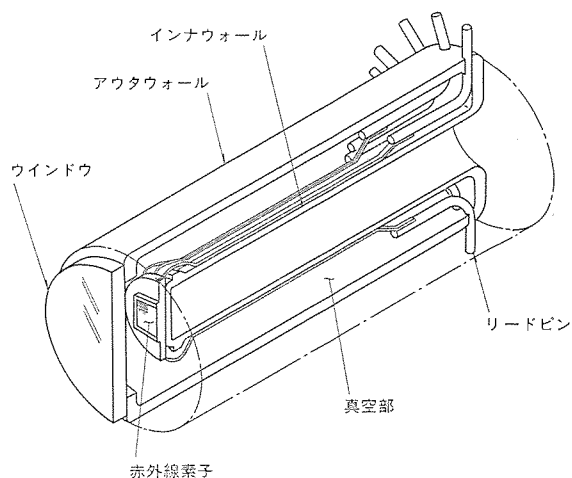


図 3. 赤外 デュア

機械的及び電気的 ノイズ を発生しないことなどが要求される。このような要求性能をクリア するためには、冷凍機の構造と冷却性能の検討が必要であり、以下にその検討結果について述べる。

3. スターリング冷凍機の構造検討

前章の目標や要求仕様を考慮して開発したスターリング冷凍機の構造と特長について述べる。当社のスターリング冷凍機は、先端で低温を生成するコールドフィンガと、ガスの圧縮及び膨張を繰り返すコンプレッサとを分離したスプリット方式を採用している。

スプリット方式は、コールドフィンガにおいて、ガス脈動を利用して往復するフリーディスプレイサの制御に難しい設計課題があるが、それを克服すれば、コンプレッサの機械振動を赤外線素子に伝えない、コンプレッサで発生する熱をコールドフィンガに伝えない、更に冷凍機をマウントするカメラヘッドの設計自由度が広がるなど数多くの利点をもつ冷凍機が実現しうる。

コンプレッサは、ピストンをクランク機構によって駆動するレシプロ形である。シリンダは対向2気筒配置とし、2個のピストンを相対方向に動かすことでバランスをとり、発生する振動を最小限に抑えている。ま

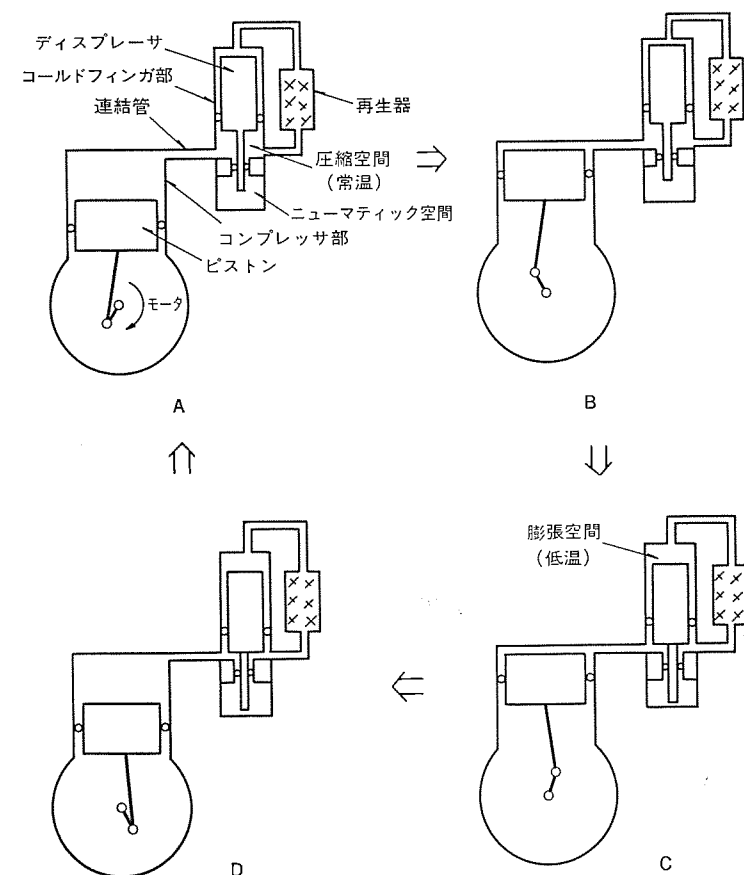


図4. スターリング冷凍機の動作原理

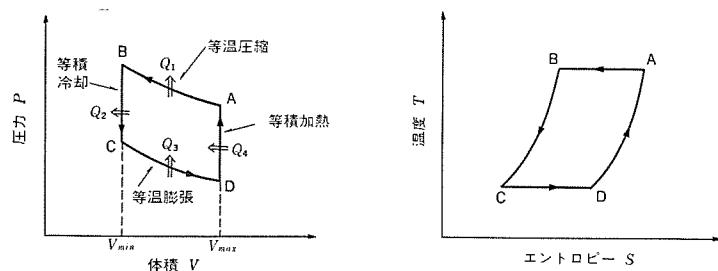


図5. スターリング冷凍機のP-V, T-S線図

た、2気筒のヘッド間の距離内は蔵されるモータの必要外径とほぼ同じであるので、対向2気筒配置とすることによって、機構部のおさまりがよく全体のコンパクト化も図ることができる。内蔵モータは、小形高効率でしかも赤外線素子に有害な電磁ノイズを発生しないDCブラシレス形を採用している。

スターリング冷凍機では、潤滑にオイルを用いると、作動ガスがオイル揮発分で汚染され、その汚染物質が低温部のガス流路、機械的可動部に凍結付着して動作不良を生じる。当社の冷凍機は、クランク軸、コンロッドにグリス潤滑のころがり軸受を使用しているが、グリスについても特に揮発成分の少ないものを選択し、作動ガス汚染に対する入念な配慮を行っている。また、コンプレッサのシリンダ、ピストン及びコールドフィンガ内のフリーディスプレイサの往復しゅう動部には耐摩耗性の高い特殊しゅう動材料を用いることによって完全な無潤滑を実現している。

4. スターリング冷凍機の性能検討

4.1 スターリングサイクル性能

ここでは、スターリング冷凍機の動作原理を簡単に説明し、冷凍機として作動させるために要求される条件を熱サイクル理論から検討する。図4.に示すように、スプリット形スターリング冷凍機は作動媒体であるヘリウムを圧縮・膨張させるコンプレッサ部、低温を発生させるコールドフィンガ部、及びこれらを連通する連結管から構成される。コールドフィンガ部は、更に低温空間となる膨張空間、常温の圧縮空間及び蓄熱式熱交換器である再生器空間から成り、ディスプレイサと呼ばれるピストンの運動により作動媒体がこれらの空間を移動するようになっている。図に従って、スターリングサイクルの各過程を順に説明する。

(1) A→B

コンプレッサ部のピストンが上昇することにより、ガスは圧縮され、作動空間内の圧力が上昇する。このとき発生する圧縮熱はコンプレッサ部で冷却されるため、変化は等温的に進行する。(等温圧縮)

(2) B→C

ニューマティック空間と作動空間内の圧力差によりディスプレイサが下降する。圧縮空間に存在したガスは再生器により予冷された後、膨張空間へ入る。この過程では冷却は等積的に行われる。(等積冷却)

(3) C→D

ピストンが下降し、ガスの圧力は低下する。この膨張過程により低温空間(膨張空間)内に冷熱が発生する。(等温膨張)

(4) D→A

作動空間内ガス圧力が低下することにより、ディスプレイサが上昇する。低温空間内のガスは再生器に冷熱を与え常温となって圧縮空間に戻る。(等積加熱)

以上の四つの過程から成る熱力学的サイクルは、逆スターリングサイクルと呼ばれ、図5.に示すような圧力-体積変化、温度-エントロピー変化を示す。

ここで、図5.を使い、スターリング冷凍機の性能特性に関して簡単に考察してみる。理想的な逆スターリングサイクルについて熱の収支を計算すると次式が得られる。

$$\text{等温圧縮時排熱} : Q_1 = MRT_H \ln \varepsilon$$

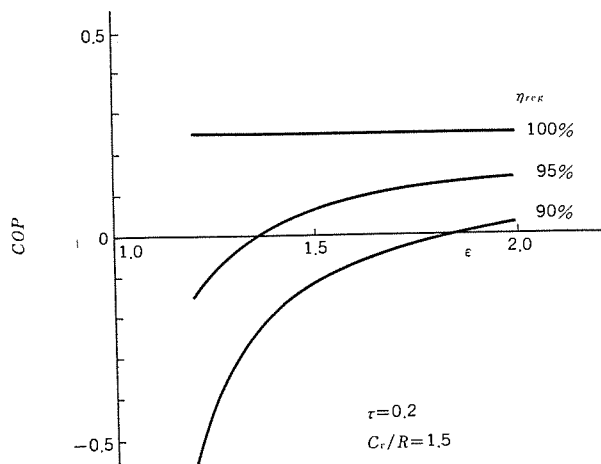


図 6. スターリング 冷凍機の成績係数と再生器効率

等積冷却時蓄熱量 : $Q_2 = MC_v(T_H - T_L)$

等温膨張時発生冷熱量 : $Q_3 = MRT_L l_n \varepsilon$

等積加熱時加熱量 : $Q_4 = MC_v(T_H - T_L)$

従って、再生熱交換器の効率を η_{reg} とすると、

所要仕事 : $W = Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 = MR(T_H - T_L) l_n \varepsilon$

$$\begin{aligned} \text{成績係数 : } COP &= \frac{Q_3 - Q_2 \times (1 - \eta_{reg})}{W} \\ &= \frac{\tau l_n \varepsilon - (C_v/R)(1 - \tau)(1 - \eta_{reg})}{(1 - \tau) l_n \varepsilon} \end{aligned}$$

ここで、 M : 封入ガス質量

R : ガス定数

T_H : 常温部ガス温

T_L : 低温部ガス温

C_v : 等積比熱

ε : (V_{\max}/V_{\min})

τ : T_L/T_H

が得られる。今、 $\eta_{reg} = 100\%$ を仮定すると、 $COP = \tau/(1 - \tau)$ とな

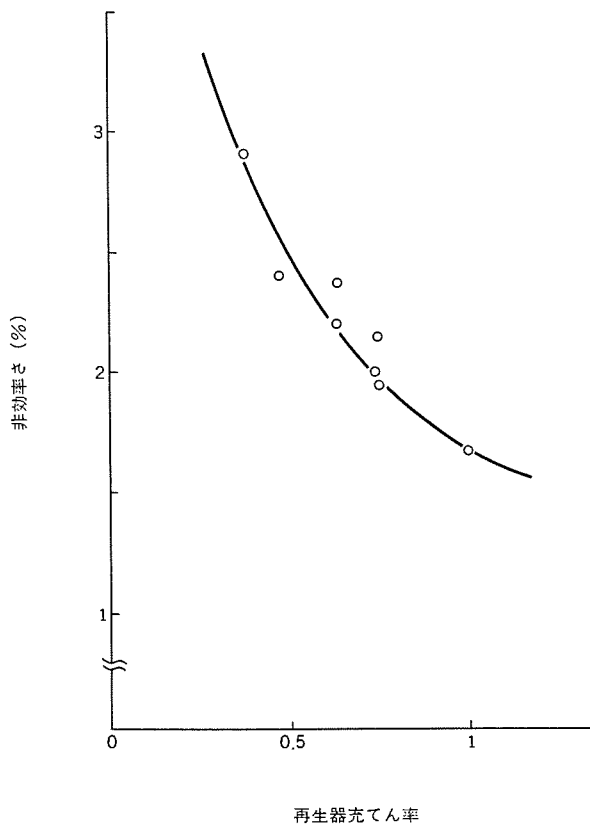


図 7. 再生器効率と充てん率の関係

りカルノー機関の COP に等しい高い効率を得られる。

図 6. に成績係数と再生器効率の関係を示す。負号は、再生器での熱交換のロスにより外部に正味の冷熱を取り出せないことを意味している。図から分かるように、成績係数は再生器効率によって大きく変化し、冷熱を発生するためには 90~95% 以上の高い再生器効率が必要となる。

4.2 基礎性能試験

前節で指摘したように、高効率の冷却性能を得るためには、高い効率の再生器が必要である。ここでは、基礎試験の一例として再生器の構造を決定するための試験結果について述べる。理想的な再生器の条件としては、

(1) 熱伝導率、伝熱面積、熱容量が無限大であること。

(2) 圧力損失が無いこと。

が挙げられる。しかしながら、これらの条件をすべて満足するような充てん物はありません。現実には、運転条件（動作温度、回転数など）に合わせて、金網や金属繊維、粉末などを用いて最適な再生器構造を決定しなければならない。

図 7. は試作機による再生器の非効率さ $(1 - \eta_{reg})$ と再生器充てん率の検討結果を示す。充てん物は、金網を積層したものである。ここで、再生器の非効率さは次式により定義した。

$$1 - \eta_{reg} = \frac{\Delta Q_R}{C_P \cdot (\Delta m_{RH} \cdot T_H - \Delta m_{RL} \cdot T_L)}$$

ただし、 C_P : 等圧比熱

T_H, T_L : 再生器両端温度

$\Delta m_{RH}, \Delta m_{RL}$: 再生器両端におけるガス移動量

ΔQ_R : 再生器損失

$= (P-V \text{ 線図上の冷却量})$

$-(\text{外部冷却量}) - (\text{熱伝導損失})$

$-(\text{断熱部損失})$

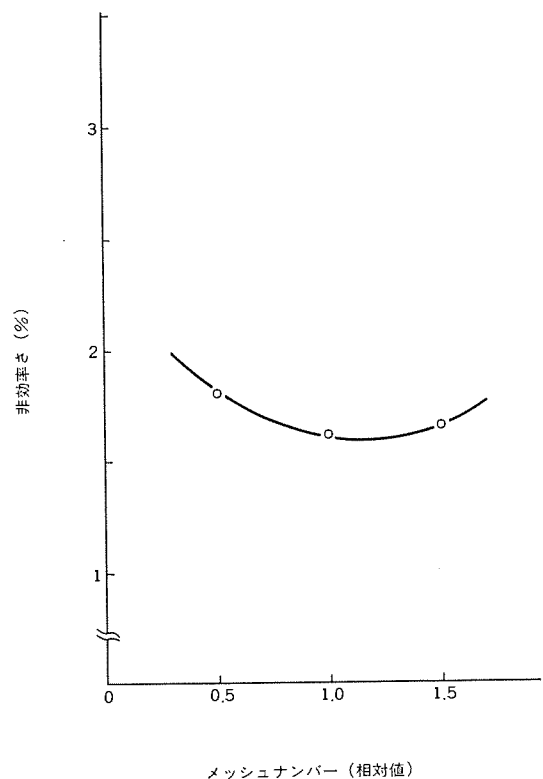


図 8. 再生器効率と金網メッシュナンバーの関係

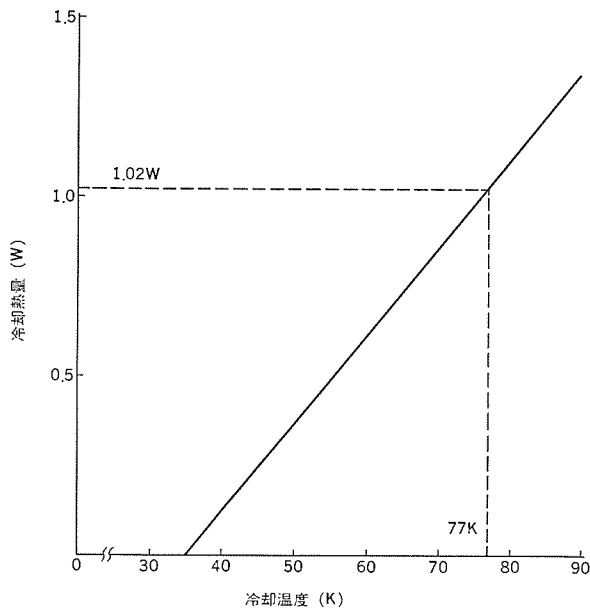


図 9. 冷却温度と冷却熱量

図に示すように、充てん率の増加に伴って再生器効率は向上（非効率さは低下）し、この場合には 98.3% までの効率が得られた。

図 8. は、非効率さと充てんする金網のメッシュナンバーの関係を示す。この試作機の場合、非効率さが金網のメッシュナンバーに依存し、その値には最適の値が存在することが分かった。

5. 総合性能試験

開発したスターリング冷凍機について、その総合性能試験を行った。ここでは、試験結果と他社製品との比較結果を述べる。

図 9. は冷却温度と冷却熱量の特性を示す。この試験は、冷凍機のコールドフィンガを真空断熱チャンパ内に挿入し、コールドフィンガ先端に温度センサと、冷却負荷供給用のニクロム線ヒーターを取り付けて計測したものである。冷却温度と冷却熱量はほぼ直線の関係にある。冷却負荷がない場合には到達温度は 35 K まで下がり、赤外線素子の動作温度である 77 K 時に 1.02 W の冷却熱量が得られており、要求値 1 W を満足している。

図 10. に冷凍機電源投入後のクールダウン特性を示す。図 10. のデータは、実際に撮像に用いる赤外デュアと組み合わせて測定したものである。撮像可能な 80 K まで 8 分間で到達しており、要求値 10 分以下を十分に満足するデータが得られた。また赤外デュアとの組合せ試験にて、撮像に有害な機械振動は全く発生していないことが確認された。

表 1. に当社のスターリング冷凍機と他社製品との性能諸元比較を示す。当社の冷凍機のデータはすべて実測値であり、他社品についてはカタログ値などを参照した。表において当社の冷凍機は、冷却能力、寸法重量、消費電力とも海外製品と同等レベルに達しており、10～15 年先行して開発着手した外国メーカーの技術レベルにほぼ追いつくところまで来たといえよう。

6. む す び

スターリング冷凍機は完全なクローズサイクルであるが、この冷凍機に

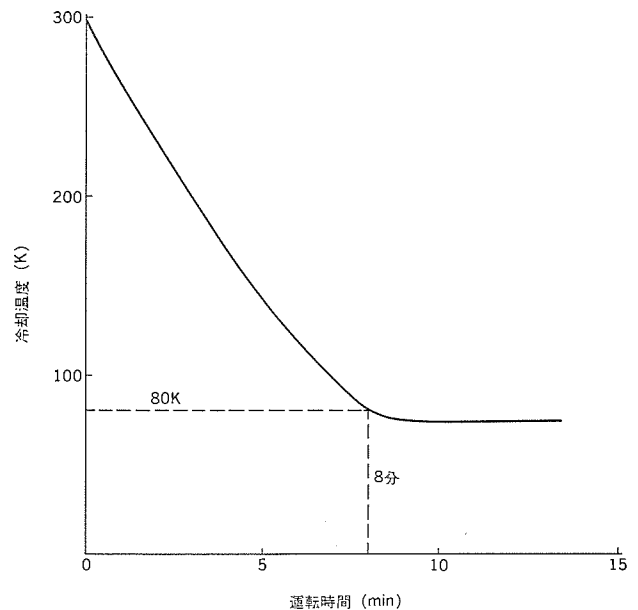


図 10. クールダウン 特性

表 1. スターリング 冷凍機の性能諸元比較

メーカ	三菱電機	A社〔米国〕	B社〔オランダ〕
形 式	スプリット式 対向2気筒レン プロ	スプリット式 対向2気筒レン プロ	スプリット式 リニアモータ駆 動
冷 却 熱 量 (W)	1 at 77 K	1 at 80 K	1 at 80 K
重 量 (kg)	1.7	1.7	2.0
コ ン プ レ ッ サ 寸 法 (mm)	φ80×118	φ77×122	φ71×145
消 費 電 力 (W)	65	60	55
クールダウンタイム (to 80 K) (min)	8	10 以内	10

限らずクローズサイクルには共通の課題がある。それは、内部に封入したガスの経時変化による汚染である。この問題に対しては本稿で紹介しなかったが、脱ガスの少ない材料を選択的に使用するほか、適正な脱ガス処理条件の検討などを行っている。また、冷凍機の構成要素である機械式圧縮機では、しゅう動部の摩耗によって寿命が支配される。このため、特殊しゅう動材料選定のための摩耗検討を行い、その長寿命化に対処している。

高効率化に関しては、モータや機構部の損失低減はもちろんのこと、スターリングサイクルの理論的解析や損失分析を詳細に行うことによって、冷凍システムとしての最適化の検討が必要である。Cooldown time の一層の短縮とあわせて今後の課題としたい。

小形・軽量化は、冷熱源内蔵形の赤外 TV カメラの用途を拡大する上で重要である。この冷凍機については、その重量の 50% 以上はモータ部分に集中しており、軽量化のためには磁気回路の最適化によるモータ重量の低減が効果的である。現在開発中の冷凍機は、重量的には既にトップレベルにあるが、小形・軽量化も今後の課題として取り組んでいる。

冷熱源内蔵形赤外 TV カメラについて、その冷熱源として開発したスターリング冷凍機について述べた。冷凍機としては、より広い応用が可能となる赤外 TV カメラの実現を目指し、上記の今後の課題について更に検討を進める所存である。

乗用車におけるオーディオシステムの音質評価

早川富士男*・日比野昌弘*

1. ま え が き

近年、乗用車の走行騒音は年々小さくなり、また CD プレーヤーに代表されるように高級、かつ高性能のオーディオ機器が搭載されるようになるなど、カーオーディオの分野でも音楽を楽しむための条件が整いつつある。この状況のもとでカーオーディオの再生音に対し、より良い音質を望む要求が高まってきている。リスニングルームとしてみた場合、乗用車の車室内は狭い上に、反射性の窓や、吸音性の内装材で構成されていること、リスナーにとってスピーカー配置が非対称であるなどホームオーディオとは異なった聴取環境となっている。その再生音の音質は、主に車室内の音響特性に大きく影響されることが知られており、従来から車室内の音響特性の測定、解析が進められてきている⁽¹⁾⁽²⁾。また一方では、特異な聴取環境を考慮した音質改善の手段が幾つか開発されてきている⁽³⁾⁽⁴⁾。

このように、カーオーディオシステムでは再生機器の特性だけではなく、聴取環境もまた音質と密接な関連をもつ要素であり、チューナー、アンプ、スピーカーなどのオーディオ機器、及び車室内の聴取環境をすべて含んだトータルオーディオ再生系としての音質を考察し、評価する必要がある。

我々はトータル再生系の音響特性を実車で測定し、またダミーヘッドを用いた聴感評価システムを実車の再生音の評価に適用した。この評価システムの特長は、異なる車種の再生音をスタッキング、価格など車のイメージによる先入観を排除し、同じ聴取条件で容易に比較、評価できることである。聴感評価の結果と測定された音響特性との関

連を調べることで、音質に影響している要因を把握し、抽出することができることがわかった⁽⁹⁾。

ここでは、初めに伝送周波数特性、 S/N 比、ひずみ、残響、インパルス応答などの音響特性の測定について述べ、次に8車種の聴感評価について述べ、更に聴感評価と音響特性の対応について述べる。

2. 音響特性の測定

車室内ではオーディオ再生システムの音源であるスピーカーと聴取位置となるドライバー席、後席などとの間の伝達特性は車室内の音響特性に支配され、この伝達特性が、再生音の音質に大きな影響を与える。したがってカーオーディオのトータル再生系の音響特性は聴取位置となる乗員の耳位置で測定される。

図1. にトータルオーディオシステムの測定系を示す。測定系はFMステレオ放送を模擬し、測定に必要なテスト信号を発生させる装置、FMチューナーなどを含むオーディオ機器を搭載した被測定車、周波数分析などを行うFFTアナライザから構成されている。各々の測定、評価に必要なテスト信号はステレオ変調され、ラジオ信号にFM変調される。ラジオ信号はフィード線を通して車載アンテナ端子に入力され、車載のオーディオ機器によって復調され、再生される。この再生音はドライバーの耳位置で標準マイクにより収音され、FFTアナライザで分析される。

表1. には今回測定した国産乗用車のタイプを示した。音量の増減による S/N 比、ひずみ特性の劣化を調べるために、3ケースの音量条件について測定を行った。標準音量は表2. に示した後述の聴感

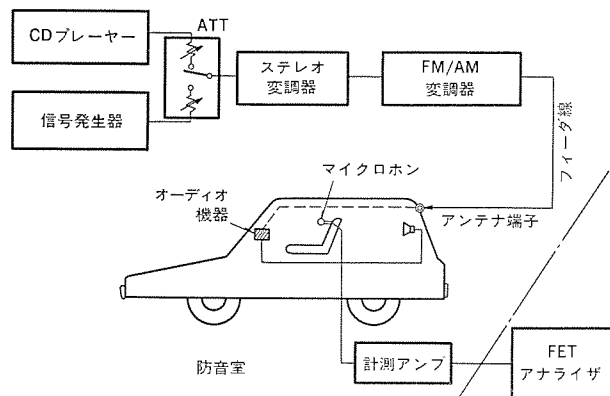


図1. 音響特性の測定系

表1. 被験車のタイプ

ス ポ ー ツ	A(2,000 cc) 159×135×108*	B(2,000 cc) 174×136×107
ク ー ペ	C(1,800 cc) 170×137×110	D(1,800 cc) 174×136×107
セ ダ ン	E(1,800 cc) 176×136×115	F(1,800 cc) 184×133×114
ハ ッ チ バ ッ ク	G(1,500 cc) 176×131×110	H(1,500 cc) 180×135×116

注 * 車室寸法 長さ×幅×高さ (cm)

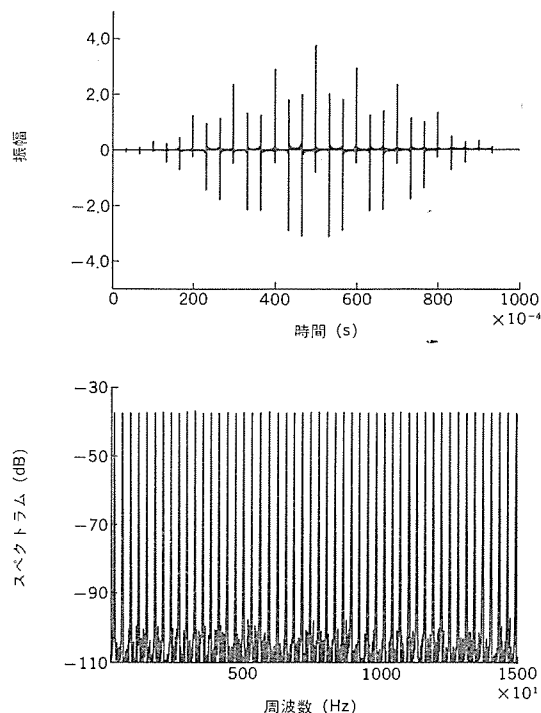


図2. 伝送周波数特性のテスト信号

評価テストの音楽ソースで82 dBA（ピーク値）と定め、この標準音量より10 dBA 大きい音量と、同じく10 dBA 小さい音量をそれぞれ最大音量、最小音量としている。

被測定車を暗騒音が十分小さい防音室に入れ、エンジンは始動せずに、車室の窓はすべて閉じた状態で、FM受信器がステレオ放送を良好に受信している場合の特性を測定した。

2.1 伝送周波数特性

聴取位置までの伝送周波数特性の測定には、図2.に示したテスト信号が用いられた。この信号は300 Hz おきの線スペクトルをもち、低域での分解能はやや粗いが、中高域では線スペクトル包絡が伝送周波数特性の概形を表していると考えられる。低域特性は後述する累積スペクトラムにより周波数特性だけでなく、時間変化も知ることができる。図2.の信号を用いることにより、再生信号に含まれるオーディオ帯域雑音を同時に測定することができる。

図3.には表1.に示した8車種のトータルオーディオ再生系の伝送周波数特性を示す。図において横軸は周波数、縦軸は相対的な音圧に相当する。聴取位置までの伝送周波数特性に影響を与える主な要因は、スピーカー特性と車室内の伝達特性である。図3.をみると、どの車種でも周波数が高くなるとともに、レベルが減少する右下がりの特性を示している。この傾向は、主としてスピーカーが聴取席を向いて取り付けられていないこと、内装材の吸音率が周波数によって変化していることによると考えられる。各車種では車室寸法、車室形状だけではなく、取り付けられたスピーカーの個数、配置が異なり、周波数特性上のピーク、ディップの現れ方が異なっている。しかし、どの車種でも主に1 kHz以下の帯域に現れるピーク、ディップは車室内空間の共鳴の影響である。また、車種Gでは極めて大きなピークが

1 kHzに現れている。これは、この車のリアシエルフに取り付けられたスピーカーの影響である。

図3.の線スペクトル信号の間には、FMステレオ受信器から発生するオーディオ帯域雑音と測定環境の暗騒音が現れている。どの車種でも比較的に中域で、オーディオ帯域雑音と線スペクトル信号との比が大きい。測定環境の暗騒音は特に中域以上では十分小さく、この帯域のS/N比の悪さは受信器のオーディオ帯域雑音に起因すると考えられる。このS/N比は車種間で大きく異なっている。

2.2 混変調ひずみ

ここでは、ひずみ特性の一つとして混変調ひずみを測定した。混変調ひずみを測定するテスト信号は、図1.のCDプレーヤーから発生させた。ここで用いたテスト信号は、図4.に示したように400 Hzと7 kHzからなる2周波信号である。混変調ひずみはチューナー、オーディオアンプ、スピーカーなど再生機器のリニアリティを知る目安となり、音質に与える影響は大きい。

図5.には標準音量再生時と最大音量再生時の混変調ひずみの比較例を示した。同図は車種Cと車種Dの混変調ひずみスペクトルであり、7 kHzの信号スペクトルの両側に混変調ひずみスペクトルが現れている。車種Cの標準音量時の混変調ひずみスペクトルと7 kHz信号との比は、35 dBであり、この値は最大音量時でもほとんど変化していない。それに比較し、車種Dでは標準音量時で車種Cより10 dBひずみが大きく、最大音量時には大幅にひずみ成分が増える。同音量の再生では、車種Cの再生音の方が混変調ひずみが少ないことがわかる。この違いは個々の再生機器の特性の違いだけではなく、車種Cのオーディオにはハイパワーアンプが内蔵されていることが影響している。

2.3 残響

室内の残響は、聴感上の好ましさに大きな影響を与える。しかし、車室内は狭く、内部には多くの吸音性のある内装材があるため一般の室内に比べ、残響時間はかなり短く、残響時間を精度良く測定することは困難である。ここでは、正弦波をテスト信号として、実車スピーカー配置で、聴取位置における残響波形を測定した。正弦波を3秒間再生した後、信号を止めた直後からの減衰波形をドライバーの耳位置で測定し、減衰波形をテスト信号の周期で平均化して残響波形を求めた。図6.に車種Cと車種Dの残響特性を示した。60 dB減衰するまでの残響時間は、ピークを結んだ傾きから推定している。例えば、車種Cの500 Hzでは約75 msであり、一方の車種Dでは約55 msと推定される。

2.4 再生音の周波数成分の時間的変化（累積スペクトラム）

累積スペクトラムは、インパルス応答から周波数特性の時間的変化を求め、

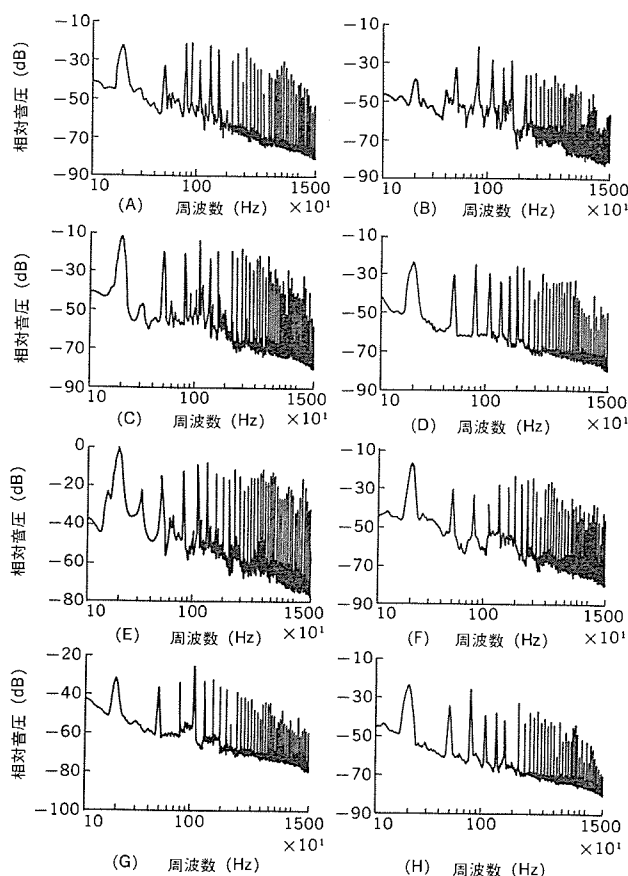


図3. 8車種の伝送周波数特性

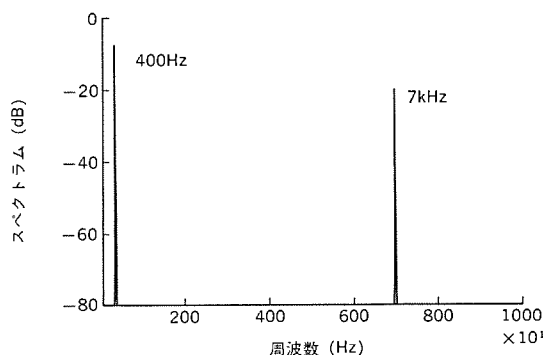


図4. ひずみ測定に用いるテスト信号のスペクトラム

三次元的に表現したものであり、従来からスピーカー特性を表すために用いられる⁽⁹⁾。この特性は車室内の共鳴、反射などの特性を図的に表す場合にも有用な方法である。ここでは、ドライバーの耳位置におけるインパルス応答を測定し、累積スペクトラムを求めた。

図7.に8車種の累積スペクトラムを示した。図において、横軸は周波数を、縦軸は時間及びパワースペクトラムの大きさを示している。各各のグラフには、244 μ sごとにパワースペクトラムが計150本描かれている。時間の原点は紙面上部であり、図にはパワースペクトラムが徐々に減衰していく様子が現れている。この図には、主として残響感に係る200~2,000 Hz帯域のスペクトルを描いている。

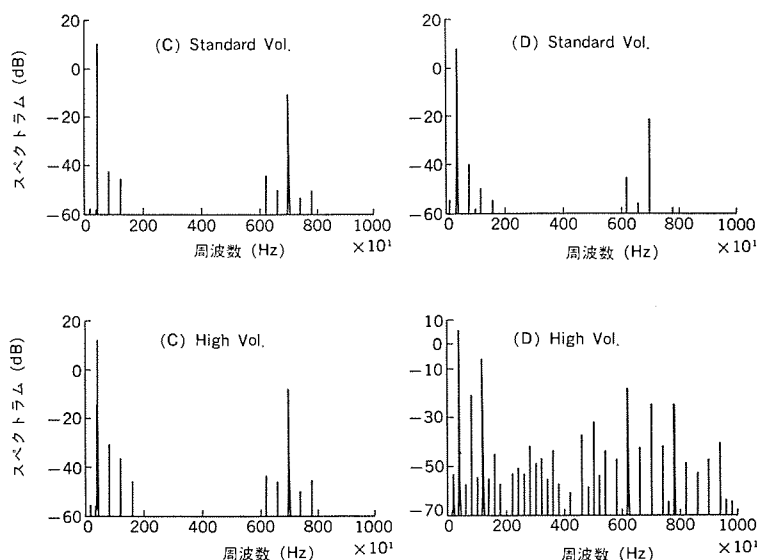


図5. 混変調ひずみの一例：車種Cと車種D

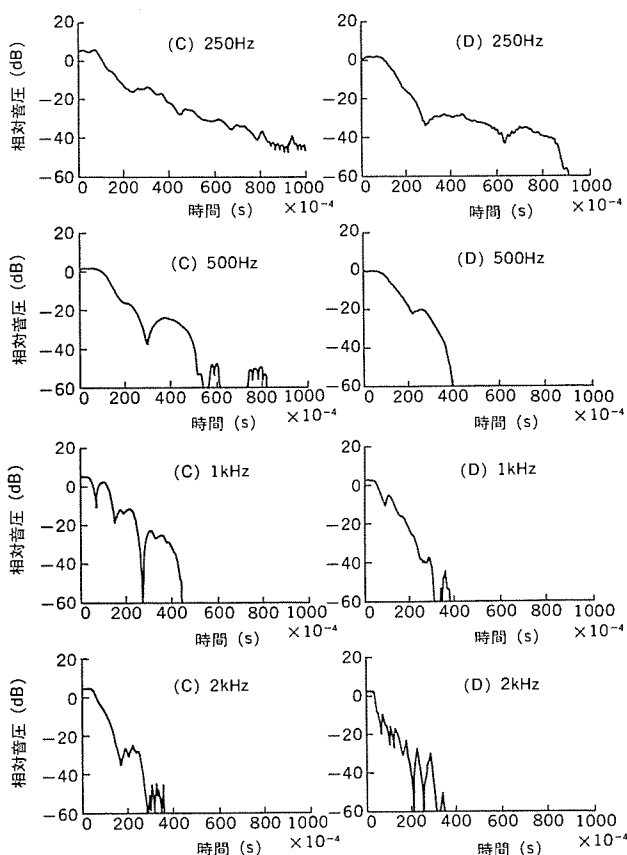


図6. 残響特性の一例：車種Cと車種D

累積スペクトラムには、スピーカーなどオーディオ機器の特性も含まれているが、オーディオ機器の応答は約5msまでにほとんど消滅してしまいうために、この図の大部分には車室内の共鳴、反射などの特性が現れていると考えることができる。この図をみると、オーディオ再生系としてみた車室内の特性の良さが推定できる。顕著な尾根はその周波数で共鳴が発生していることを示している。この現象は音質に悪影響を与える。図7.のほとんどすべての車種で、200 Hz付近に持続する大きな山脈が現れている。ピークとなる周波数は、各々の車室寸法、形状によってやや異なっているが、この現象は乗用車に特有な現象としてよく知られている、狭空間の共鳴によって生じる現象である。

また、波状に見える部分は残響の多さ、長さに対応している。車室のように、残響時間の短い室内では波状として見える部分が広ければ残響感があり、好ましい音をもたらすと考えられる。

一般のリビングルームではかなり残響感があり、車室内よりも快適な音が再生される。一例として、防音室内の累積スペクトラムを図8.に示す。この部屋の大きさは6×5×2.4 m³であり、残響時間は0.4 sである。図をみると、大きな尾根、山脈は現れておらず、また広い帯域に渡って残響時間が長い。

3. 聴感評価

実車の聴取席の再生音を容易に、車種イメージにとらわれずに、同一条件で比較、評価するためにダミーヘッドマイクによるバイノーラル録音再生を用いた。この評価システムでは、音楽ソースを再生したときの再生音をバイノーラル録音し、ヘッドホン再生で相対比較して統計処理することにより各車種の再生音の特徴を明らかにできる。

図9.に聴感評価システムを示す。テストに用いる音楽ソースは、CDプレーヤーで発生される。音楽信号はコンポジット信号となり、この信号でFM変調されたラジオ信号はアンテナ端子に入力される。FMステレオ受信器が、ステレオ放送を安定に受信している状態での音質評価を行うこととし、変調度は過変調とならないように定めた。音楽ソースはジャズ・フュージョン、歌謡曲、クラシックの各ジャンルから1曲ずつ選び、15秒間のフレーズを切り出して用いた。曲目、フレーズを表2.に示す。Rは各フレーズの変調度の最大値である。

オーディオ再生系は前述の測定系と同一である。ドライバー席の再生音は人間の聴取状態を模擬するダミーヘッド（疑似頭）マイクロホンでオープンテーパーデッキにバイノーラル録音し、録音された各車種の再生音を編集して聴感評価のテストテープを作成した。聴感テストはヘッドホン再生で行い、テスト時の音量は被験者に自由に選ばせるようにした。

初めに表1.に示したタイプの等しい車種の聴感比較について述べる。比較対象は、A vs. B, C vs. D, E vs. F, G vs. Hの4組である。各組の聴感テストテープには、比較されるフレーズの対が計10サンプル録音されている。比較は音量条件の等しい、同一フレーズで行われるが、両方でテスト時の再生音量が等しくなるように注意して録音編集した。10サンプルの中には同一条件の組合せサンプルが入っており、これによって評価者が確実に判定しているか否かを知ることができ、テスト自体の信頼性を把握することができる。

聴感評価は評価者に2車種の再生音サンプルを提示し、質問に該当する方を選ばせるペアテストで行った。正常な聴力をもつ8人の成人男性を評価者とし、八つの評価項目について主観的に判定させた。

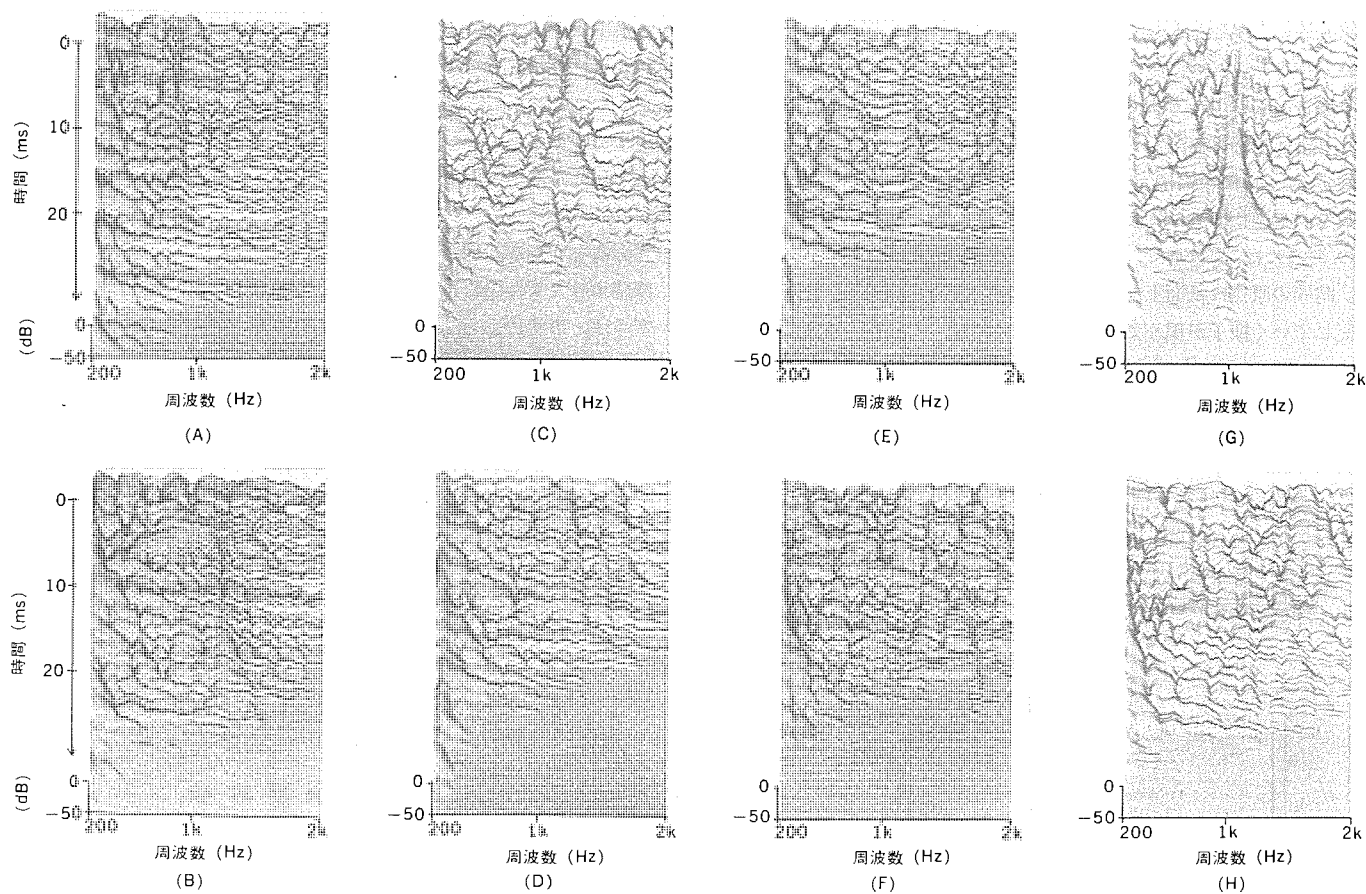


図 7. 8車種の累積スペクトラム

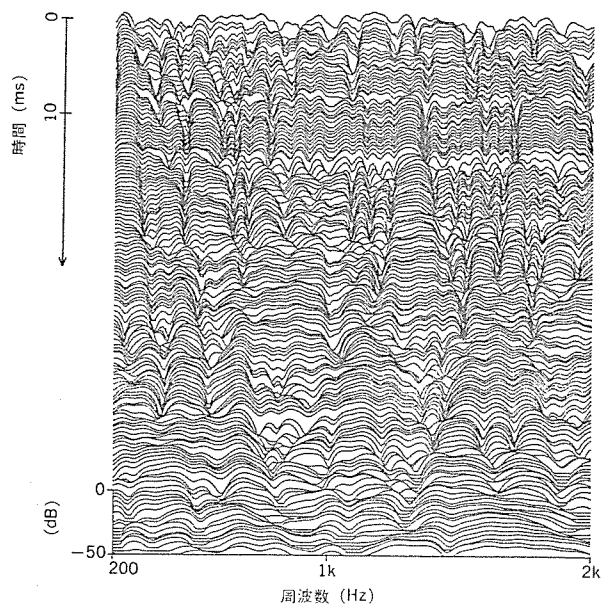


図 8. 防音室内の累積スペクトラム

このテストにより 8 項目の各々について計 80 回の判定が得られた。ペアテストの判定確率は 2 項分布に従い、今回の場合では 62.5 % 以上の得点が、危険率 5 % で有意差ありと判定される。

表 3. に判定結果を示した。丸印が良いと有意に判定された項目を示している。表から以下のことがわかる。

- (1) 車種 A は車種 B より残響感があり、好まれている。
- (2) 車種 C は車種 D よりほとんどの評価項目において優れている。
- (3) 車種 E はノイズ感があり、また硬い音である。

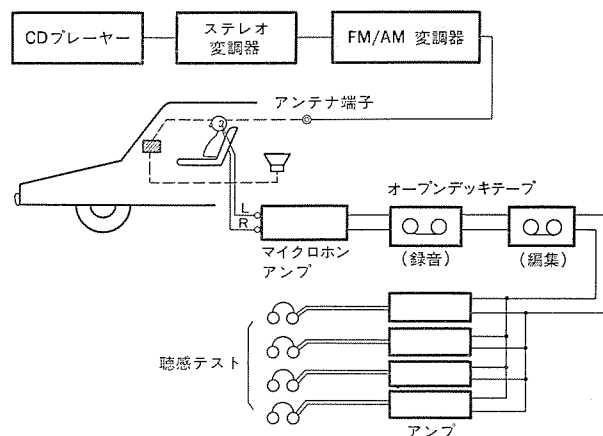


図 9. 聴感評価システム

表 2. テスト音楽ソース

曲 目	フレーズ (s)	R (%)
ア ガ ナ (川崎 燎)	33~48	80
白いバラソル (松田聖子)	13~28	49
ピアノ協奏曲 (グリーグ作曲)	1~16	36

注 R: 変調度の最大値

(4) 車種 H は車種 G より残響感、自然感があり、好まれている。評価結果を項目別にみると、

(a) 好ましさと自然感とは相関がある。

(b) 柔らかい音は好ましさ、自然感と負の相関がある。

などの傾向がある。上記(b)は評価者が、中高域の減衰している方を相対的に柔らかいと感じたことが影響していると思われる。

表 3. 聴感評価結果

評 価 項 目	A vs. B (%)	C vs. D (%)	E vs. F (%)	G vs. H (%)
どちらが好ましい音か	⑤ 15	⑩ 28	49	44
どちらが柔らかい音か	20	⑥ 60	33	⑤ 26
どちらが残響感があるか	53	28	⑩ 23	60
どちらが自然感があるか	⑦ 16	⑦ 21	53	39
どちらが周波数上のバランスが良いか	—	—	⑥ 23	53
どちらが左右の分離が良いか	—	—	⑥ 21	46
どちらがノイズ感が少ないか	54	24	⑦ 19	24
どちらがひずみ感が少ないか	—	—	⑤ 23	33

次に表 1. の中でタイプの異なる 4 車種の聴感比較を行った。比較対象は車種 A, C, E, G である。比較方法は一対比較法⁽¹⁰⁾である。上記 4 車種から 2 車種ずつペアをつくり、前述のような六つの聴感テストテープを作成し、成人男性 12 人を評価者として、前述の 8 項目について主観的に判定してもらった。

評価結果を図 10. に示す。図から、

- (1) 車種 A が好まれており、他の項目でも上位にランクされている。
 - (2) 車種 E は特にひずみ感で他より劣っており、好まれていない。
 - (3) 車種 A, C など車格が上で値段の高い車種が上位にランクされている。
- などの傾向がわかる。

4. 聴感評価と音響特性の対応

ここでは、聴感による評価結果と音響特性との対応について若干のデータを示して考察する。

初めに表 3. の評価結果について述べる。車種 A と車種 B との主な違いは、中低域の伝送周波数特性と残響特性に現れている。例えば、図 3., 図 7. をみると車種 A は伝送周波数特性が比較的平坦であり、減衰が遅い。このことは聴感評価の結果に対応しており、車種 A は相対的に残響感があり、好まれている。

車種 C と車種 D との違いは、S/N 比とひずみ感、中音域の残響特性に現れている。この特性の違いは図 3., 図 5., 図 6. に見られ、車種 C は車種 D より優れていることがわかる。

車種 E のノイズは、図 3. において 300 Hz, 600 Hz, 2,500 Hz などに現れているように特定の周波数が強調されたノイズであり、耳につきやすく、よりノイズ感があると判定されたと考えられる。このノイズは車種 E の FM 受信器から発生していると考えられる。

車種 G と車種 H との違いは、図 7. の累積スペクトラムにはっきりと現れている。車種 G の方が好ましくないと評価された原因は、1 kHz の強い共鳴のためであると考えられる。

また図 10. に示した 4 車種の比較では、例えば図 7. の中では車種 A が最も減衰が遅く、また、図 3., 図 7. から車種 C の伝送周波数特性は大きなピーク、ディップがなく、より平坦に近い。このことは比較結果に対応しており、車種 A, C は上位にランクされている。このように音響特性、聴感評価の両面から考察することにより、再生音の劣化要因を具体的に明らかにできることが確かめられた。

5. む す び

カーオーディオの再生音は、車室の音響特性の影響を大きく受けることから、オーディオ機器の性能だけでなく、車室音場の特性を含めた

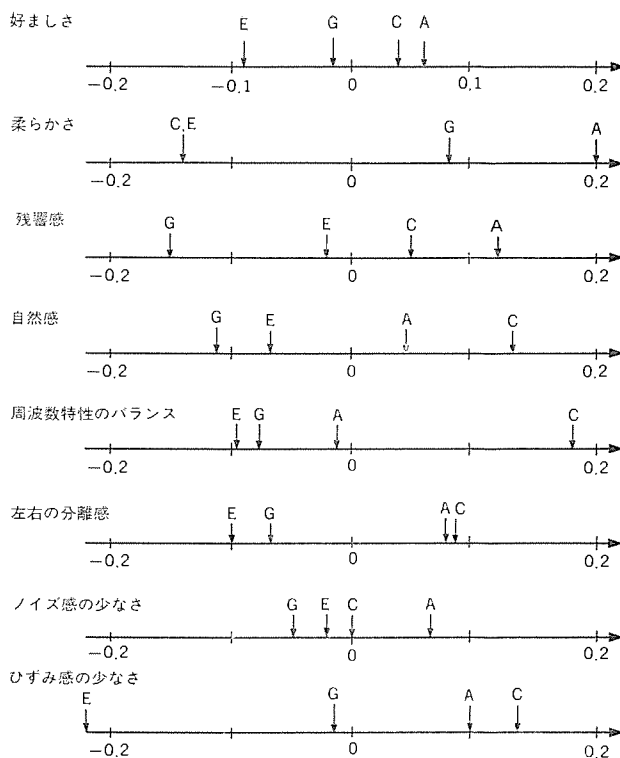


図 10. 4 車種の平均し好尺度

カーオーディオ再生系としての音質を考慮する必要がある。聴取席でカーオーディオシステムの音響特性を測定するとともに、再生音の聴感比較を行うことにより、音響特性、聴感の両面から再生音の特徴を把握することができ、得られた音響特性と聴感評価結果は良く対応することが確かめられた。このような方法によれば再生音の劣化要因を適確に、具体的に把握し、抽出することができ、カーオーディオの音質改善に有効であることがわかった。

参 考 文 献

- (1) D. J. Nefske, J. A. Wolf, Jr. and L. J. Howell : Structural-Acoustic Finite Element Analysis of the Automobile Passenger Compartment : A Review of Current Practice, Journal Sound and Vibration, 80(2) (1982)
- (2) S. Ishikawa, M. Hasegawa, N. Atoji, and M. Araki : A Method of Sound-Field Simulation for Automobile Passenger Compartment, SAE Paper, 840085, USA (1984)
- (3) H. Kondo, J. Ohe, and Y. Okamoto : Development of Sound Localization Control System for Car Stereo, SAE Paper, 840083, USA (1984)
- (4) K. Shima, M. Hibino, and Y. Iwamoto : A Sound Field Effector for Car Audio, IEEE Trans. Consumer Electronics, 26 (1980-8)
- (5) P. Damasuke, and Y. Ando : Interaural Cross-correction for Multichannel Loudspeaker Reproduction, Acustica, 27, 232-238 (1972)
- (6) J. M. Berman and L. R. Fincham : The Application of Digital Techniques to the Measurement of Loudspeakers, Journal of AES, 25, No. 6 (1977)
- (7) S. P. Lipshitz, and J. Vanderkooy : The Great Debate : Subjective Evaluation, Journal of AES, 29, No. 7/8 (1981)
- (8) D. Clark : Double-Blind Testing of Automotive Sound Systems, SAE Paper, 840280, USA (1984)
- (9) M. Hibino, F. Hayakawa, and K. Shima : Subjective Evaluation and Acoustic Measurement of Sound Quality for Car Radio Systems, SAE Paper, 850161, USA (1985)
- (10) 芳賀 : 官能検査ハンドブック, 日科技連

画像伝送装置MVC-3000シリーズ

久保 勤*・今村恒浩*・上澤 功**・浅井光太郎**・村上篤道**

1. ま え が き

最近の画像帯域圧縮（以下、画像高能率符号化と呼ぶ）技術は、動画像を 384 Kbps（キロビット／秒）以下で伝送することを可能にしている。特に当社では、ベクトル量子化方式による画像伝送装置を開発し、動画像を 1.5 Mbps から 56Kbps/64 Kbps までの帯域で送ることを可能とした。CCITT では、回線の国際標準化への取組を既に始めており、1988年には詳細な勧告案を出す予定となっている。これは、ISDN と呼ばれているものであり、現在の検討状況からみると、通信速度としては、64 Kbps×2=128 Kbps が標準となる可能性が高く、先進各国が ISDN のサービスに向けて準備を行っている。

ここでは、テレビ会議用の画像伝送装置として、56 Kbps 及び 64 Kbps から 384 Kbps まで、64 Kbps ごとにパネルスイッチの指定により伝送速度を可変にできる装置、MVC-3000 シリーズを開発したので、その概要を説明するとともに、小形化したきょう（筐）体構造について紹介する。

2. 画像伝送装置 MVC-3000 シリーズの特長

(1) 柔軟性（回線適応形）

テレビ会議は、今や市場の立ち上がり時期であり、システムを構築する場合には、回線容量の割当て制限やユーザーの回線構築計画に対して柔軟に対応できる画像伝送装置が望まれる。MVC-3000 は、使用回線を 56 Kbps/64 Kbps から 384 Kbps まで、64 Kbps ごとに自

由に選択できるようになっている。ユーザーはシステム設置時、又は回線速度を変更するときにはパネルスイッチにより速度を設定できる。

(2) 経済性

画像の高能率符号化技術としてベクトル量子化技術を採用して開発し、新世代の画像伝送装置として 56 Kbps/64 Kbps での動画伝送を可能にしている。回線容量（速度）は、当然のことながら低いほど低コストとなり、テレビ会議システムを経済的に運営できるため、大きなメリットとなる。

(3) 利便性

16 Kbps、32 Kbps の音声多重化ができ、ファクシミリなどを接続するためのデータポートをユーザーに開放している。動画のモードとして、標準、シネスコ、テレホン の 3 種類を持ち、目的に応じて使い分けができる。また資料を写すための高精細の静止画システムがオプションとして付加できる。

(4) 国際性

MVC-3000 シリーズは、NTSC（日、米、加）方式の画像伝送装置と PAL（西欧、豪）方式のものを、自動変換、接続でき、国際間のテレビ会議を可能としている。

(5) 操作性

オペレータは、パネルスイッチにより、回線速度切替、画像モード選択、データ速度選定、音声速度の指定ができ、また、診断のためのループバック指定を行うことができる。

(6) 診断機能

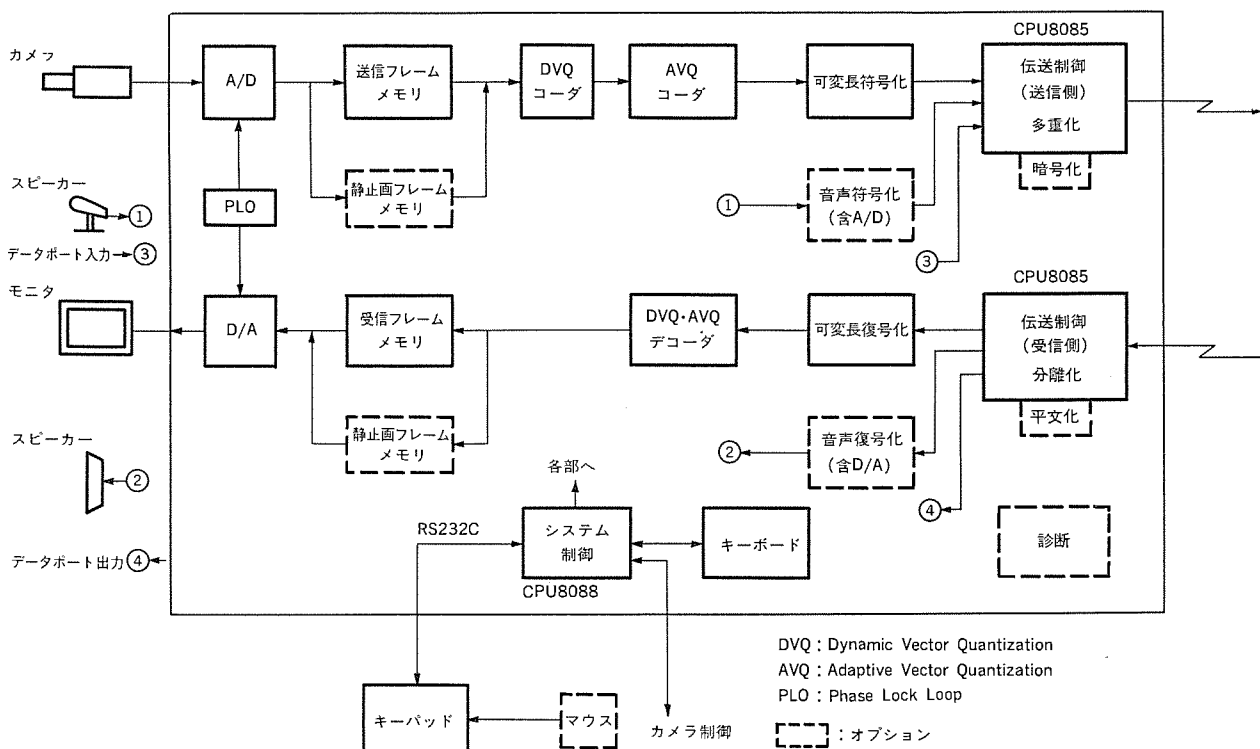


図 1. 画像伝送装置 MVC-3000 シリーズ 系統図

この装置は、各ポイントでの信号のループバック機能を持ち、保守性に優れている。

3. 装置の概要

MVC-3000の系統図を図1.に示す。装置は、送信系統側と受信系統側とがほぼ対象な構造となっており、各部で送信側と受信側を短絡しリターンループを構成できるようにして、診断機能を強化し保守性を向上させている。また診断ボードの挿入によりテスト信号の発生及び各部の出力信号のチェック、可否の判定機能が付加される。図1.に示すように、装置は単に画像を帯域圧縮伝送するだけでなく、テレビ会議システムへのサービスを向上させるため、音声及びデータの多重化機能を備えている。装置全体は、システム制御部のマイクロプロセッサにより制御され、更にシステム制御部は、装置に直接装着されているキーボードと、装置とワイヤで結ばれているキーパッド、マウスの制御など諸機能への対応を行い、システムの操作性を向上させている。

この装置では、送受信フレームとコード、デコーダ部(DVQ, AVQ)のモード変更により3種類の動画モード選択ができ、更にオプションとして高精細の静止画フレームメモリを持ち、前記多重化機能と合わせてシステムに利便性を持っている。また、A/D, D/A変換部の標準化周波数として13.5MHzが選定されており、NTSC/PAL各方式でできた装置同志の相互接続が可能となっている。

この装置には、ダイナミック多段ベクトル量子化方式が採用され、各回線速度へ適応するために送信フレームメモリから伝送制御(送信)、及び伝送制御(受信)から受信フレームメモリの制御に必要な最適パラメータを回線速度に応じて設定する構造となっている。この制御により、384Kbpsから56Kbps/64Kbpsまでの画像高効率符号化伝送ができ、テレビ会議システムを経済的に提供でき、かつ、システム構築に対し柔軟性を持たせることができる。

(1) 多重化と回線容量

表1.に多重化と回線容量の関係を示す。ここで56Kbpsとあるのは、米国において現在主流となっている回線交換網の通信速度である。MVC-3000では、システム制御データとして1.2Kbpsを常に専有し、対向装置とのハウスキーピングデータ及びマンマシン制御のための通信データに割り当てている。ユーザーに開放するサービスデータチャンネルは、テレビ会議で使用する場合の回線容量ごとに異なってくる。音声の伝送には、56Kbps/64Kbpsでは別の回線を用いてもよいが、16Kbpsの符号化された音声信号を多重化してもよい。またサービスデータチャンネルは、パソコン、ファクシミリ、電子白板などの接続が可能である。

(2) システム制御部の機能

システム制御部は、マイコンを用いて制御を行っており、図1.の系統図に示す制御対象部位に対する主な制御機能を表2.に示す。装置全体の制御を含めて、ソフトウェアにより11箇所の制御を行っている。

(3) 主な性能諸元

表3., 表4.にMVC-3000シリーズの主な性能諸元を示す。

(4) 装置の構造

装置は、LVMサイズ(縦310mm×横290mm)基板を最大28枚収納する典型的な電子機器筐体となっている。1枚の基板上には、ICが150~250石実装されている。機構設計の目標は、①体積を小さくしコンパクトな装置とする。②出荷調整、保守を容易に行える。③

表 1. 多重化と回線容量

組合せ信号		回線容量							
		56Kbps	64Kbps	128Kbps	192Kbps	256Kbps	320Kbps	384Kbps	
回音線別	音声 アナログ, 3.4kHz	○	○						
	音声 16Kbps (APC)		○	○	○	○	○	○	
	音声 32Kbps (ADPCM) 1又は2チャンネル(ステレオ)				○	○	○	○	○
データ多重	システム制御データ (HDLC)	1.2Kbps	1.2Kbps	1.2Kbps	1.2Kbps	1.2Kbps	1.2Kbps	1.2Kbps	
	非同期 (RS-232C)	1.2Kbps×1 又は 2.4Kbps×1							
	同期 (RS-422)	— 2.4Kbps 19.2Kbps 4.8Kbps 48Kbps* 7.2Kbps 64Kbps* 9.6Kbps のうちいずれか1チャンネル選択可							

注 * 128Kbpsの場合多重化しない。

表 2. システム制御部の機能

番号	制御対象部位	主 機 能
1	装置全体	システムイニシャライズ
2	A/D, D/A (ビデオ信号処理)	動画/静止画のカメラ入力切換
3	フレームメモリ	動画の動作モード設定(3種)、静止画のポインタ制御
4	DVQ, AVQ (符号化復号化部)	回線速度に対応した各種パラメータ設定、デマンドリフレッシュ要求
5	可変長符号化伝送制御	回線速度に対応した各種パラメータ設定、伝送制御ステータスの読み込みと制御暗号化パラメータの設定
6	音声符号化	音声チャンネル速度の設定、音声遅延量の設定、秘話の制御
7	診断ボード	各部のループ切替指示、診断ステータスの読み込み、出力
8	キーボード	けん盤データの読み込み、表示器への出力
9	キーパッド	キースイッチの読み込み、表示器への出力
10	マウス	ポインタの表示/送信、消去を行う
11	カメラ制御	自局のカメラ制御、相手局のカメラ制御 相手局からのコマンドによる自局のカメラ制御

表 3. MVC-3000シリーズの諸元(1)

項 目		内 容		備 考	
映	入出力信号	NTSC/PALカラーテレビジョン信号			
	YC分離	くし形フィルタ			
	標準化周波数	13.5MHz			
	解像度	動	モード	水平 垂直 画素数 ライン数	水平サンプル比 Y : U : V
			標準	Y : 336×240 U, V各々: 84×120	4 : 1 : 1
画		シネスコ	横長画面上/下 1/4カット		
		テレビジョン (動き重視)	低解像 動き追従モード		
	静止画 (オプション)	Y : 672×480 U, V各々: 168×240	4 : 1 : 1		
像	符号化方式	ダイナミック多段ベクトル量子化			
		ダイナミックベクトル量子化			
		フレーム間適応ベクトル量子化			
		4×4画素ブロック単位(Y, C1, C2)			
		ブロック内m, σによる動き検出			
		動き検出しきい値制御			
		m, σ二次元予測DPCM			
		探索方法: 木探索			
		適応二次元フィルタ			
		可変長符号化			

表 4. MVC-3000 シリーズの諸元 (2)

項 目	内 容	備 考
音 声	32Kbps ADPCM CODEC	入出力信号: 4kHz帯音声信号 CCITT G712準拠インタフェース
	16Kbps CODEC	符号化方式: CCITT G721準拠
伝 送	多重化	映像, 音声, 制御データ多重化伝送(データ: 1.2Kbps(1か))
	伝送速度	56Kbps/64Kbps/128Kbps/192Kbps/256Kbps/ 320Kbps/384Kbps
	ライン インタフェース	X21/V35/RS449準拠, DSU, G703
	伝送路 エラー対策	(319,301) BCH符号による二重誤り訂正
送 信	暗号化	衛星回線使用時
		オプション
診断機能	(1) ループバック機能 (2) スルー機能	
システム制御	コーデック制御	
	動画像モード(標準, シネスコ, 動き重視)	オプション
	静止画伝送	
	マニュアルデマンドリフレッシュ	オプション
電源条件	暗号key伝送	
	マイクロプロセッサ: 8088	
	コンソール I/F : RS232C	
電源条件	AC100V±10V 50/60Hz	
消費電力	約600W	
使用環境	温度10~35℃ 湿度20~80%	

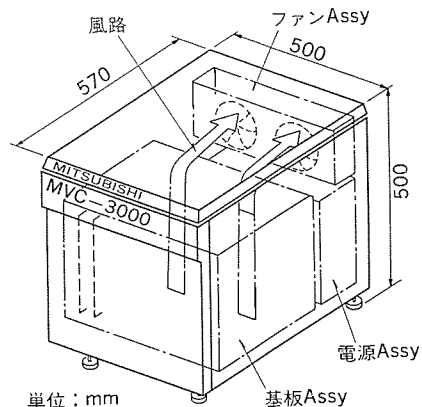


図 2. 筐体構造図 (体積0.143 m³, 重量 65 kg, 発熱量 700 W)

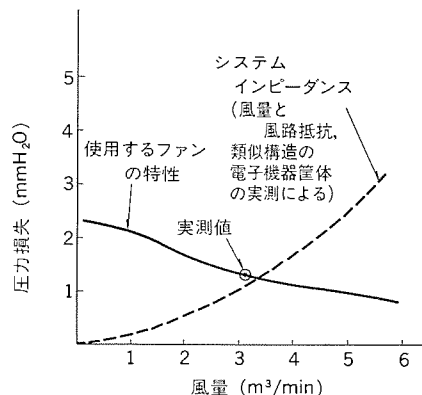


図 3. 騒音, 熱設計

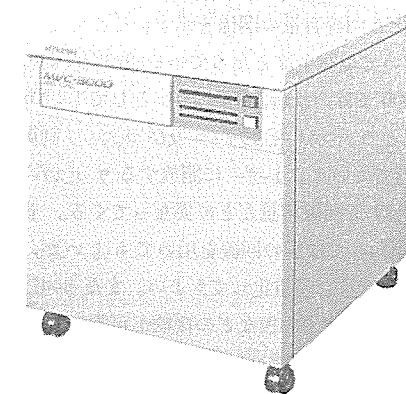


図 4. MVC-3000 の外観

発展していくと思われる。

参 考 文 献

- (1) 村上ほか: VECTOR QUANTIZATION OF COLOUR IMAGES, ICASSP 1, 4.2 (1986)
- (2) 村上, 浅井: 画像信号のベクトル量子化器, テレビ誌, 38, 5 (昭59)

所定の温度上昇に抑える。④低騒音を実現する。の 4 点に絞られる。①体積については、電子回路を高密度に実装し、1 バスケットに収容し、電源、空冷ファン、筐体配線などを含め、500 mm(W)×570 mm(D)×500 mm(H) を実現している。②保守については、前面のふた(蓋)を開けることにより、縦方向に並んだ基板を挿抜できるようにし、後面部を開くと電源部も一緒に開かれ、この状態でバックパネルの点検ができる構造とした。③、④温度上昇、低騒音は、ファンを用いるため密接な関係があり、低い能力のファンを用いて温度上昇を抑えるため、風路の単純化を図った。筐体の構造図を図 2. に示し、騒音、熱設計について設計仕様と実測値を図 3. に示す。温度上昇、騒音ともに設計仕様を満足したが、テレビ会議の性質上、低騒音化は必ず(須)であり、今後テレビ電話などオペレータの極めて近くに画像伝送装置を配置するシステムの出現が予想されるため、装置の一層の小形化と低騒音化が必要となる。図 4. に装置の外観を示す。

4. む す び

これまでの画像伝送装置の性能は、768 Kbps, 1.5 Mbps の圧縮伝送が主流であった。ここにきて、MVC-3000 シリーズの登場は、テレビ会議サービスを始め、応用システム市場に大きなインパクトを与えつつある。テレビ会議などの運用経費は、衛星、地上回線を含めて回線費用によるところが大きい。テレビ会議を電話並みに扱うためには、回線交換網が必要となるが、64 Kbps 程度の交換であれば、現在でも実現できるレベルであり、ISDN 網も交換機能を含め、1988 年ごろからサービスが開始される予定とされている。

回線容量 384 Kbps 以下を使用できる画像伝送装置の出現により、国際間を含めてテレビ会議システムの構築、又は導入計画が立てやすくなった。テレビ会議を導入した企業では、その特長を生かし経営活動の効率化を追求していくことになるであろう。同時に無人ダム監視、僻地教育、テレビ電話などの応用システムが次々と開発され、通信網の拡充とマッチングを取りながら映像サービスを伴うシステムが

図面管理ワークステーション

寺沢 昭夫*・中崎 勝一*・石崎 貴*・長島 清*

1. ま え が き

最近の情報処理の発展とあいまって、多大に蓄積される図面のデータを数値化し、もっと有機的に、効率的に利用したいという強いニーズが発生している。特に従来の数値、文字情報に加え図形や地図といった画像二次元情報を簡単に入力し、データ化でき、それを任意に扱えるシステムへの期待が高まっている。

従来の図面管理システムは、手書きで図面を作成し、その原図を保管し、必要に応じて原紙を修正するという紙中心の手書き図面の保管システムであり、図面データとそこに記載されている管理情報は横断的に結合されないため、一般にデータ管理可能な文字、数字情報のみ別なデータ管理システムを構築している。

そこで、今回開発した図面管理システムは、これらの問題点を解決する「図面のデータ化を目指したシステム」と言ってもよく、従来の大形計算機ではなく、高性能32ビットプロセッサなどを駆使し、最新の画像処理技術を取り入れたワークステーションスタイルの図面管理システムである。このシステムの特長を一口で言う、簡単に図面が入力できること、入力されたデータを高速に、マシン性能豊かにハンドリングできること、図面データを必要に応じてベクトル化できること、データ管理手法を導入することなどを安価に実現しようとするものである。

2. システムの概要

図面管理システムのシステム概要は、図面のハンドリングを主につかさどる図面管理ワークステーション(以下、図面管理WSと称す)と、図面入出力を専用につかさどる入出力サーバと、大量の図面データを蓄積するファイルサーバなどから構成され、それらの相互間はネットワークで結合される。システムとしては、水平分散形の段階的システム構築ができることを目指しており、図1.にその概念図を示す。このうち今回開発した図面管理WSについて以下に説明する。

2.1 図面管理WS

図面管理WSは、図面管理システムの一部ではあるが、図面管理WS単体での機能として、図面のイメージ入力、認識処理、会話入力及び会話修正(イメージ・ベクトル・キャラクタ)、イメージとベクトルの重ね合せ、ベクトルデータハンドリング、イメージ・ベクトルファイル、図面のイメージ出力、その他のマシン機能として拡張、回転、移動などの基本機能をもって、スタンダードな図面管理システムと位置付けられる。図面管理WSの機能概念図を図2.に示すとともに、今回開発したハードウェアの外観写真を図3.に示す。

2.2 図面管理WSの特長

従来は計算機で対応していた図面管理(特に図面入力編集)業務を、

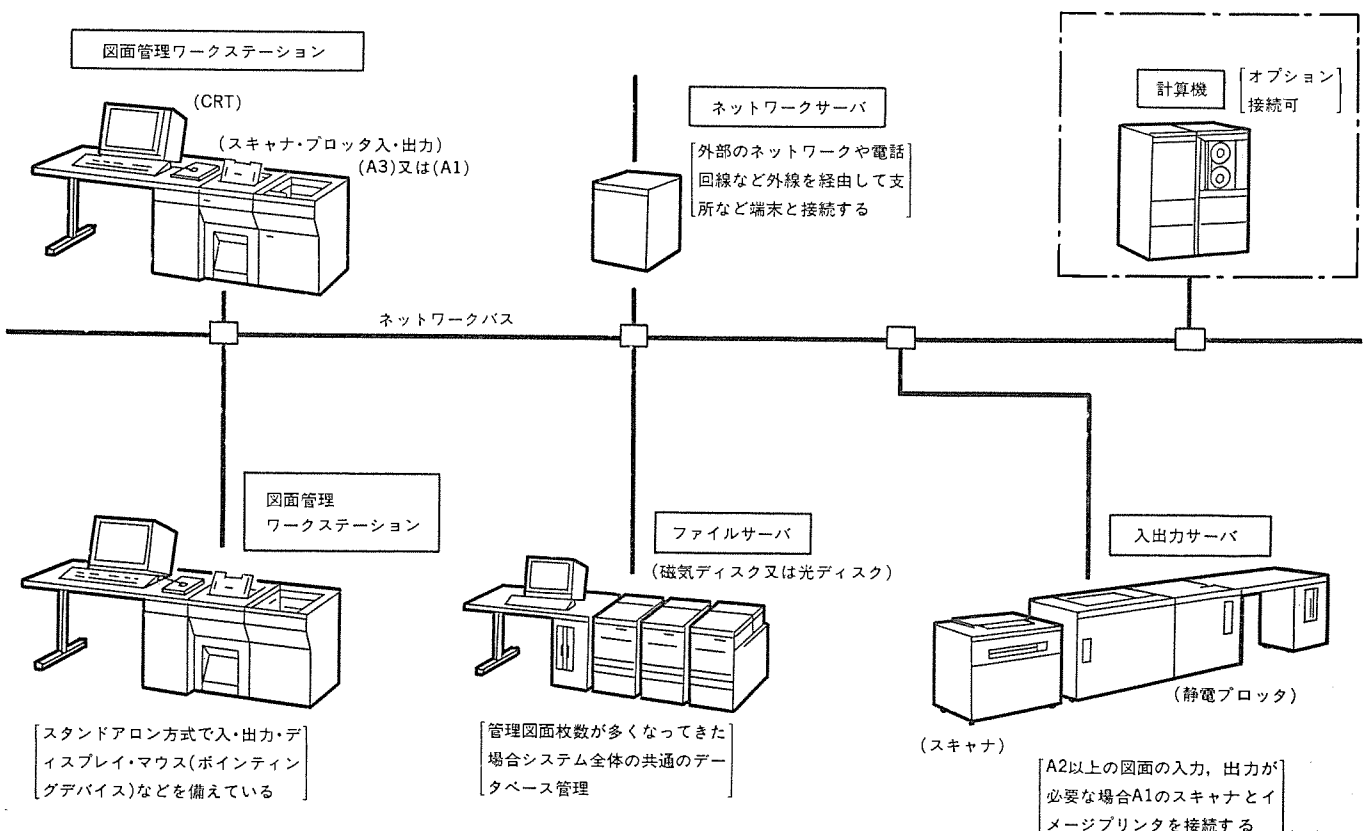


図 1. 図面管理システムの概念図

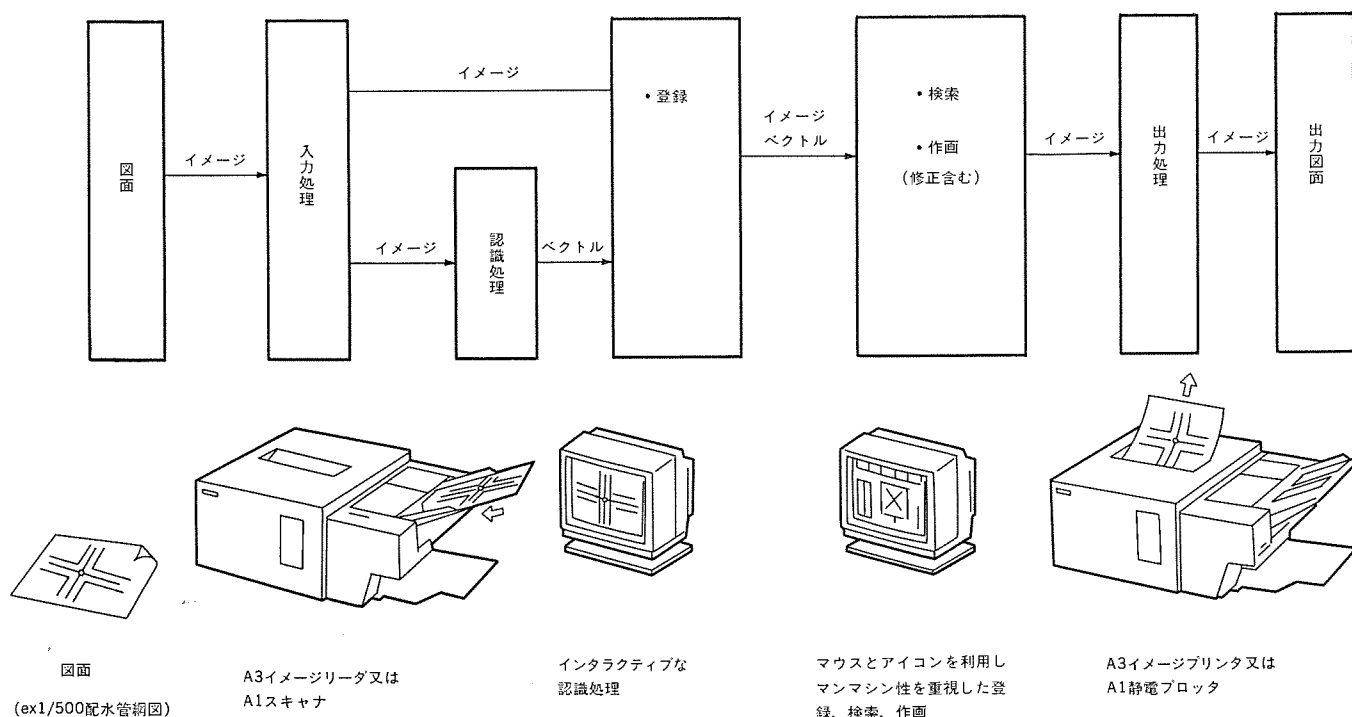


図 2. 図面管理 ワークステーション の機能概念図

ハイパフォーマンス で実現すべく、高性能な 2 CPU 構成で、ハードウェア、ファームウェアにインテリジェント機能を分担させる WS とするとともに、認識処理には従来の専用ハードウェアから、専用グラフィックプロセッサに代替させ、プログラマブルに柔軟に対応している。また、大容量イメージデータの実時間ハンドリングとスペースファクタの効率化に、大容量メモリとイメージ専用プロセッサを採用している。このようなシステム構築により実現された図面管理 WS の主な特長を次に述べる。

(1) ベクトル入力の簡素化

デジタル入力方式から、入力操作が簡単なイメージ入力方式とし、内部処理による階層化ベクトルデータ化処理を実現した。

(2) 高度なマンマシンインタフェースを利用した認識処理

世の中の認識技術の成長過程に対応して、自動認識以外に認識もれに対する会話式高速認識処理方式を導入した。

(3) 大形図面のイメージ入出力

図面管理 WS に、A1 サイズまでの入出力装置を接続し、高速な入出力を実現した。

(4) 大容量イメージデータの高速ハンドリング

32 ビットグラフィック専用プロセッサとイメージ専用プロセッサ並びに大容量ウィンドウメモリの採用により、大量のイメージデータの高速ハンドリングを実現した。

(5) イメージとベクトルの共通ハンドリング

同一画面上で、ベクトルデータとイメージデータの任意表示、作画、重ね合せ機能などを実現した。

(6) ユーザー本位の操作性

マウスとアイコンによるビジュアルなマンマシン会話処理と、カーソルモードと呼ぶインタラクティブな表示方式を採用し

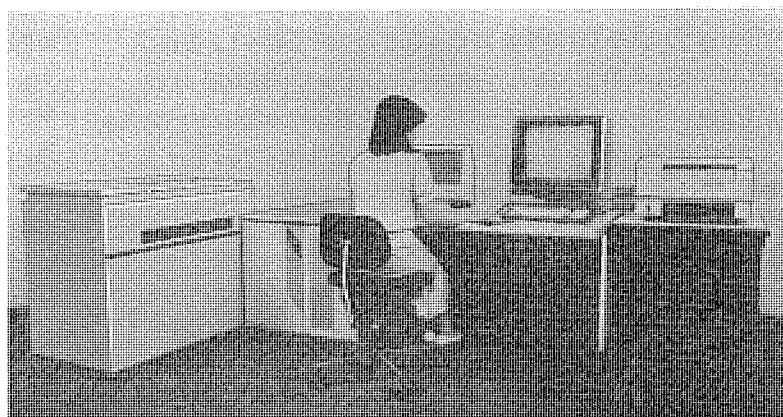


図 3. 図面管理 ワークステーション の外観 (A1 スキャナ, A3 カラーハードコピー付き)

表 1. ハードウェアの機能仕様 (1)

No.	品 名		仕 様 / 機 能 概 略
1	本 体 架 (基本部)	1 共通制御部	CPU: 32 ビット CPU, メモリ管理機構, 割込み制御 BUS: システムバス, メモリバス DMA: DMA 8 チャンネルその他タイマ, カレンダタイマ, 操作パネル
		2 高速演算プロセッサ	浮動小数点プロセッサ (IEEE フォーマット)
		3 記 憶 部	1 M バイト (パリティビット付き)
			3 M バイト (パリティビット付き) 増設用
		4 磁気ディスク制御部	8 インチ固定磁気ディスク装置を 2 台接続制御
		5 フレキシブルディスク制御部	8 インチフレキシブルディスク装置を 1 台接続制御
		6 入出力制御部 (Ⅰ) 漢字プリンタ制御部	セントロニクスインタフェース準拠シリアルプリンタを 1 台接続制御
		7 入出力制御部 (Ⅱ) GP-IB インタフェース	GP-IB インタフェース。1 チャンネル制御
		8 入出力制御部 (Ⅲ) RS-232 C インタフェース	RS-232 C インタフェース。1 チャンネル制御
		9 入出力制御部 (Ⅳ) VIF 回路制御部	CCITT V 24/V 28 インタフェース 1 チャンネル制御

表 1. ハードウェアの機能仕様 (2)

No.	品 名		仕 様/機 能 概 略
1	本 体 架 (図形処理部)	10 図形処理制御部	CPU: 32 ビット CPU, イメージ処理用プロセッサ メモリ: ROM, RAM 割込み制御, その他タイマ, RS 232 C I/F BUS: イメージ専用 32 ビットバス
		11 ウィンドウメモリ	8 M バイト (パリティビット付き)
		12 フレームメモリ	1,280×1,024 dot グレーン CRT 制御: 1,280 ドット×1,024 ドット 60 Hz ノーインタレース
		13 イメージ入出力制御部 (I) 磁気ディスク制御部	5.25 インチ固定磁気ディスク装置を 2 台接続制御
		14 イメージ入出力制御部 (II) A3 イメージリーダー制御部	A3 版イメージ入力装置を 1 台接続制御
		15 イメージ入出力制御部 (III) A3 イメージプリンタ制御部	A3 版イメージ出力装置を 1 台接続制御
		16 イメージ入出力制御部 (IV) A1 イメージリーダー制御部	A1 版イメージ入力装置を 1 台接続制御
		17 イメージ入出力制御部 (V) A1 イメージプリンタ制御部	A1 版イメージ出力装置を 1 台接続制御
		18 イメージ用磁気ディスク機構部	5.25 インチ固定磁気ディスク装置 (基本 1 台) 容量 64 M バイト (フォーマット)
		19 増設イメージ用磁気ディスク機構部	基本部に同じ
	本 体 架 (共通部)	20 前面操作部	7 セグメント LED 表示, モードセレクトスイッチ, リセットスイッチ, アテンションスイッチを装備
		21 電 源 部	複合電源 1 台 5.25 インチ固定磁気ディスク用電源 1 台
		22 きょう休部	電源, 各種カード, 5.25 インチ固定磁気ディスクを収納。自立形
2	デ ィ ス ク 架	1 磁気ディスク機構部	8 インチ固定磁気ディスク装置 (基本 1 台) 本体及び電源装置 容量 139 M バイト (フォーマット)
		2 増設磁気ディスク機構部	増設用磁気ディスク装置 1 台 仕様は, 基本部に同じ
		3 フレキシブルディスク機構部	8 インチフレキシブルディスク装置 (1 台) 電源装置
		4 前面操作部	8 インチ固定ディスク用 READY 表示 ライトプロテクトスイッチを装備
3	キーボード部		薄形キーボード (1 台) A/N キー, 10 キー, ファンクションキー
4	表 示 部		20 インチカラー CRT モニタ チルト機構付き 分解能 1,280×1,024
5	漢字プリンタ部		インパクトシリアルドットプリンタ装置 1 台
6	カラーハードコピー部		熱転写方式, A3 サイズ 分解能: 8 dot/mm
7	A1 イメージ入力部		イメージスキャナ装置 1 台 (CCD による平面走査) 解像度: 主走査 16 dot/mm, 副走査 16 line/mm 読み取り速度: A1 版 70 s
8	A1 イメージ出力部		静電プロッタ装置 1 台 (静電記録方式) 分解能: 主走査 16 dot/mm, 副走査 16 line/mm プリント速度: A1 版 70 s
9	A3 イメージ入力部		FAX リーダ 1 台 (CCD による平面走査) 解像度: 主走査 12 dot/mm, 副走査 12 line/mm 読み取り速度: A3 版 40 s
10	A3 イメージ出力部		FAX プリンタ 1 台 (転写静電記録方式) 分解能: 主走査 12 dot/mm, 副走査 12 line/mm プリント速度: A3 版 40 s
11	専 用 卓		表示部, キーボード部, 漢字プリンタ部をのせる 操作卓

た。

(7) 豊富なアプリケーション

図面管理に特化された豊富なアプリケーションと各種ニーズに対応するアプリケーション管理体制を確立した。

3. 図面管理 WS のハードウェア

3.1 ハードウェアの概要

図面管理 WS のハードウェアは, 32 ビットアーキテクチャを持つ高性能プロセッサを使用した基本部と, フル 32 ビットのグラフィック専用プロセッサ及びイメージ専用のプロセッサを採用したグラフィックエンジン部により構成されている。すなわち, きめの細かなサービスに関しては, 汎用の OS (オペレーティングシステム) をサポートする基本部で, また迅速な応答に関しては, 専用のグラフィックエンジン部により実現する 2 プロセッサ構成を採用している。図 4. にハードウェアの機能ブロック図を, 表 1. にハードウェアの機能仕様を示す。

次にハードウェアの特長について述べる。

(1) グラフィック専用の 32 ビットマイクロプロセッサの採用
高速なマンマシンインタフェース及びばく大な処理を必要とする認識処理をサポートし, かつ柔軟な処理方式を可能とするために, ハイパフォーマンスなプロセッサを採用した。

(2) イメージ処理専用プロセッサ採用

認識前処理や画像の回転・拡大処理のようなばく大な計算を高速に行うため, また処理に柔軟性を持たせるためにイメージ処理プロセッサを採用した。

そのほか, 以下に示す特長をもっている。

(3) イメージハンドリング用の大容量ウィンドウメモリ

(4) 高精細度なビットマップディスプレイ

(5) 豊富な周辺デバイス

(6) 小形化

3.2 基本部

基本部図は 4. の機能ブロックに示すように, 主プロセッサ部, 高速演算プロセッサ部, 記憶部, ディスク制御部により構成され, 他システムとの接続用に, LAN 制御部, 汎用入出力プロセッサ部を付加することができる。

(1) 主プロセッサ部

32 ビットアーキテクチャを持つ高性能プロセッサとメモリ管理機構及びシステム制御用のハードウェアが実装され, システムバスとして 16 M バイトのアドレス空間をサポートし, またメモリの高速アクセスを可能とするためのローカルバスを具備している。

(2) 高速演算プロセッサ部

浮動小数点演算用の専用プロセッサ及び主プロセッサ用の 1 M バイトのメモリ, DMA 8 チャンネルが実装されている。

(3) 記憶部

主プロセッサ用及びシステム用として 3 M バイトのメモリを実装し, 最大 2 枚実装できるようになっている。

(4) ディスク制御部

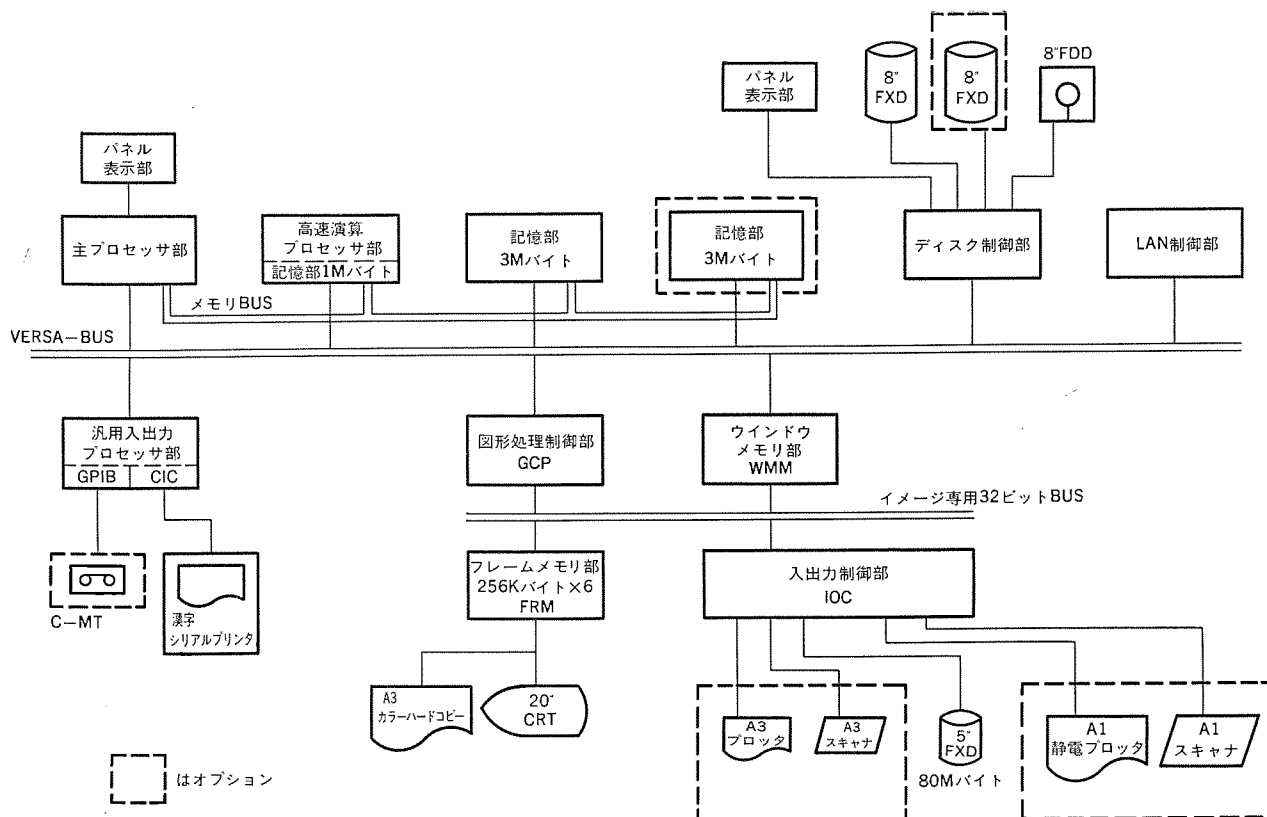


図 4. ハードウェア機能のブロック図

主プロセッサの二次記憶デバイスとして、8インチの磁気ディスク（160 Mバイト）を2台、8インチのフレキシブルディスクを接続制御する。

(5) LAN 制御部

他の WS などと接続するためのネットワーク機能をサポートする。伝送速度は 10 Mbps (メガビット/秒) で、伝送方式は CSMA/CD 方式を採用している。

(6) 汎用入出力プロセッサ部

WS として他の汎用デバイス（プリンタ、ターミナルなど）との接続をサポートするために、セントロニクス、RS-232C、GP-IB、V インタフェース回路を実装している。

3.3 グラフィックエンジン部

グラフィックエンジン部は、図 4. の機能ブロック図に示すように、図形処理制御部、ウィンドウメモリ部、フレームメモリ部、入出力制御部により構成される。

成される。

(1) 図形処理制御部

フル 32 ビットのグラフィック専用プロセッサと、イメージ処理用プロセッサの 2 プロセッサ構成を採り、オンボード上でのバス裁定、イメージバスのシングルマスタ構成を採るなどにより、高速バスの実現。また、オンボード上でのメモリアクセスをノーウェイト（16 MHz のプロセッサ動作時）で実行可能とするなどにより、プロセッサの性能向上を達成した。

(2) ウィンドウメモリ部

図面管理 WS の特長である大形図面の高速ハンドリング、インタラクティブなマンマシンインタフェース用のマルチウィンドウを、高速にサポートするための大容量メモリとして 8 M バイトを実装している。また、主プロセッサ部と図形処理制御部のデータ授受用の 2 ポートバッファとしても機能する。

(3) フレームメモリ部

オペレータに見やすい画面を提供するために、高解像度 CRT に 1,280 (横)、1,024 (縦) ドットのデータを表示する。表示色は、1,670 万色から 64 色同時表示できる。また、表示用の高速ロジックを実現するために、ECL 素子を採用している。

(4) 入出力制御部

大形図面の入出力を、図形処理制御部のファームウェアの負荷軽減を図りながら実現するために、デバイス制御、データのバッファリング、入出力制御及びイメージ専用ディスク制御の機能を具備している。

3.4 周辺デバイス

図面管理 WS に接続可能な周辺デバイスの仕様を表 1. に示す。

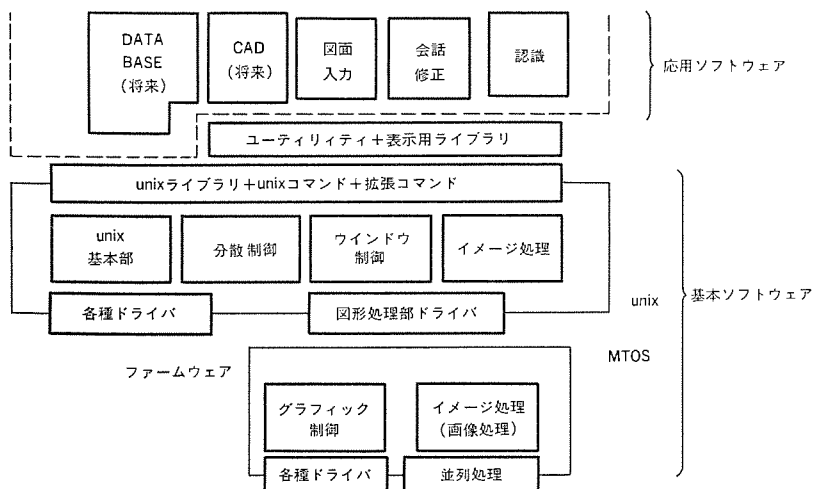


図 5. ソフトウェアの構成図

4. ソフトウェア構成

4.1 基本ソフトウェア

図面管理 WS の OS は、当社製 エンジニアリング・WS の OS (unix+ビット・マップハンドリング+LAN 拡張) を移植し、更に イメージ・ハンドリン

表 2. ソフトウェアの概要

ソフトウェア名称			内 容
基本ソフトウェア	基 本 部	unix 基本部	プロセス管理, ファイル管理, メモリ管理, 入出力デバイス制御
		unix コマンド	ソフトウェア開発環境をサポートする各種 unix コマンド
		unix ライブラリ	入出力関数, システム関数, 一般関数などのライブラリ
		ウインドウ制御	ビットマップディスプレイのハンドリング用のシステムコール拡張分
		分散制御	LAN 制御用のシステムコール拡張分
		イメージ処理	A1 スキャナ, イメージ用ディスクアクセス, イメージ処理 (画像処理) 用のシステムコール拡張分
		各種ドライバ	フロッピディスク, MT の制御
	グラフィック制御部	全体管理	OS とのデータ通信, グラフィック制御側の各タスクの管理
		グラフィック描画	ビットマップディスプレイ上への描画, カーソルモード制御
		イメージ処理	拡大縮小, 回転, 細線化, ベクトル化などのイメージ処理, 認識処理のうち繰り返しが多いものの単機能の実行 イメージ処理用プロセッサのためのサポート
		各種ドライバ	マウス, ウインドウメモリ, A1 スキャナ, A1 プロッタの制御
	応用ソフトウェア		図面入出力, 前処理, 認識処理, 分類処理, 会話修正などの図面入力編集機能

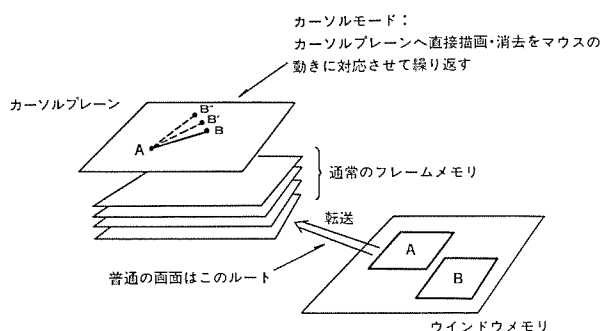


図 6. カーソルモードの動き

表 3. ソフトウェアからみたメモリ階層構造

	メモリの種類	サイズ	用途
基 本 部	プログラム及びプログラム内メモリ	4~7 M バイト	アプリケーションプログラム及びその作業エリア
	共有メモリ		応用プログラム間の共通データとかインタフェースデータ
	ディスクメモリ	160 M バイト (2 台まで拡張可)	プログラムの格納, 保存の必要なデータの格納
グラフィック制御部	ウインドウメモリ	8 M バイト	画像データ領域 (これは、基本部からもアクセス可能であるためデータ・通信用にも使用可能)
	プログラム及びプログラム内メモリ	512 K バイト	プログラム (F/W) 及びその作業エリア
	イメージ格納用ディスクメモリ	80 M バイト (2 台まで拡張可)	イメージデータ格納用

グ関係を拡張している。すなわち、ハードウェア構成で示されたように 2 プロセッサ構成になっており、それぞれ別の OS——基本部側には ATT 版 unix, System V 68, グラフィック制御部側には リアルタイム OS (MTOS 68 K)——を搭載している。

グラフィック制御部側にリアルタイム OS を採用した理由は、マウス、キーボードなどの入力処理、ビットマップディスプレイ制御、マルチウインドウのローカル操作などの割り込み処理などに対応するためのものであり、基本部側の unix は、流通ソフトウェアの利用を可能とするためのものである。このような 2 プロセッサ間の機能分担は、OS のシステムコール (ウインドウ制御 etc.) を介して行われる。

ソフトウェア構成と機能は図 5. 及び表 2. に示すとおりであるが、以下に図面管理 WS として拡張している、グラフィック制御機能と高速イメージデータハンドリング機能の概要について説明する。

(1) グラフィック機能

WS では、イメージ、図形、グラフなどを取り扱うためのグラフィック制御機能が必ず (須) となっている。グラフィック制御機能は、マルチウインドウ表示機能、描画機能、マウスの入力処理などを担当している。これらのうち、描画機能に対しては、図 6. に示すようなマウスの動きに対応してインタラクティブに表示を行うカーソルモードを設ける拡張を行った。

この拡張により、オペレータに対しては、実際これから行おうとしている操作の結果がインタラクティブに表示されるため、操作のやり直しを少なくして操作性を高めている。

(2) イメージ処理 (画像処理)

図面を扱う場合には、入力されたイメージデータを、意味付けされたベクトルデータへ変換・加工する処理が不可欠である。特に画像データを扱う場合には、3×3 フィルタなどの繰り返し計算、拡大・縮小などのラスタオペレーションなど、ばく大な計算量が必要となることが多い。そのため、この WS では、このような機能をファームウェアで実施するようにシステムコールを拡張しており、これら機能を容易に拡張できるように構成されている。

これらの画像データに対するイメージ処理のうち、並列性の高いものは、イメージ処理専用プロセッサによって実行し、逐次処理が主なものは、グラフィック制御部側の主プロセッサで、アセンブラ又は C 言語によって書かれたプログラムにより実現されている。

現在ファームウェアでサポートされているのは、画像データに対するイメージ処理が主体であるが、今後は数値データのテーブルに対する繰り返し処理についても、実装化を図っているところである。

(3) 高速イメージアクセス

unix のファイルでは、大容量のファイルアクセスには時間がかかるため、大量の画像データを高速にハンドリングするために、イメージ格納用ディスクには、64 K バイト単位のファイルアクセスを実行する機能を付加した。

更に画像データをメモリ上において処理の高速化を図るために、ウインドウメモリを増設したことにより、イメー

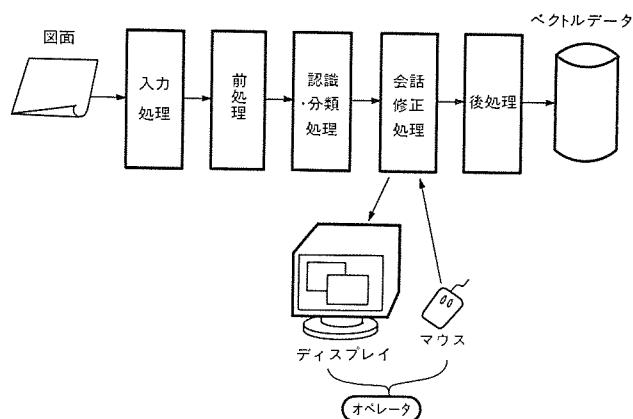


図 7. 図面入力編集の機能構成ブロック図

データへのアクセス処理が階層化され、大量のイメージデータを自由にハンドリングできるようになった。

4.2 応用ソフトウェア

図面管理 WS の応用ソフトウェアは、図面データ、画像データを中心にして、図面管理業務を支援するものである。応用ソフトウェアとしては、図面の編集・修正機能(対話修正)パッケージ、図面入力処理機能、図面認識機能パッケージなどが、共通的なアプリケーションプログラムとして考えられ、更に必要なら個別アプリケーションを付加することで、特定分野の応用システムとして使用する WS となる。

これらの応用ソフトウェアと前節で述べた基本ソフトウェアを利用することにより、

- コンピュータマッピング
- CAD
- 図面 メンテナンス etc.

の各分野への適用が考えられる。その中で、図面入力編集装置としての応用例について説明する。

図面入力編集装置とは、地図とか製図図面などをFAX、スキャナなどで入力し、そのイメージデータをベクトルデータへ変換する装置のことをいう。ここでは特にA1サイズという大形図面の入力装置について考える。そのときの機能ブロック構成は図7.のように表される。以下に各部の機能について説明する。

(1) 入力処理

A2以上の図面サイズになると、このWSの大量のウィンドウメモリ(画像メモリ)を活用しても、そのメモリ内だけで処理することができない。したがってスキャナから入力されたA1イメージデータを、後の処理において扱いやすい大きさ(ユニットと呼ばれている)に分割してイメージ格納用ディスクへ格納する。

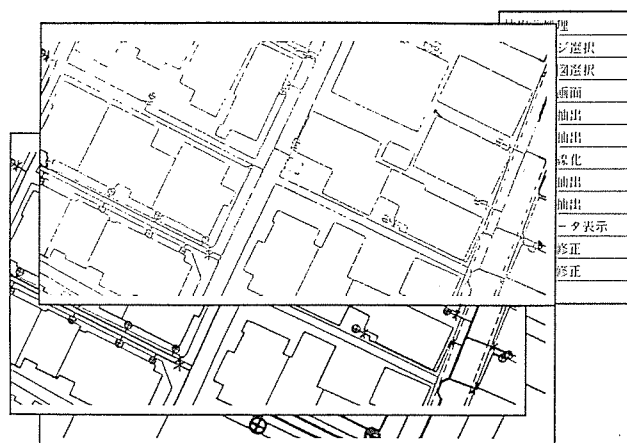
(2) 前处理

ユニットごとに細線化、ショートベクトル化、線幅測定などの前処理を実施する。この段階でイメージデータは、ベクトルデータへ変換される。必要ならば、この段階でベクトルの接続関係のデータテーブルを作成することも可能である。

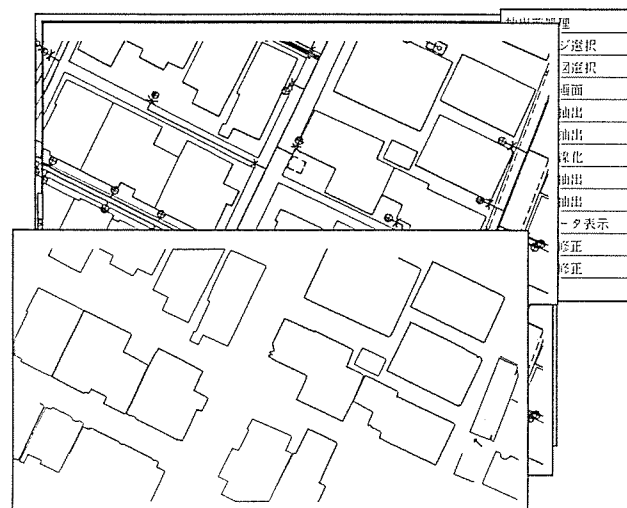
(3) 認識処理・分類処理

前処理で用意されたデータを使用して、得られたベクトルデータを図面の性質に従って分類する。この識別処理を充実すれば認識マシンとなる。

(4) 会話修正処理



(a) 細線化の表示画面



(b) 分類結果の表示画面

図 8. 図面入力編集装置での画面例

分類されたデータが誤っていれば、そのデータをディスプレイとマウスにより修正する。この処理の操作性をあげるために、カーソルモードを利用した処理コマンドが各種用意されている。

(5) 後処理

ユニットごとに分類されたベクトルデータを A1 全体の座標データへ変換
すると、ユニット間データの接合処理を行う。

最後にこの応用ソフトウェアの画面例を図8.に示す。

5. む す び

多大に図面として存在する資源を、いかにデータ化して保管するかは、この情報社会における一つの大きなテーマであった。ここでは、その一つの解法としての新しい WS スタイルの図面入力編集装置である図面管理 WS を紹介した。今後の発展として、属性も含む図面の検索、登録機能の充実を図るため、データベースや大容量ファイルなどの開発を継続する予定である。また図面管理 WS としては、認識技術の向上、CAD 的マニピュレーションの充実などが、課題と考えられ、今後、より広範な図面管理システムとして、利用いただけることを目指している。

最後に、この開発にあたり多大な御指導をいただいた関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。 (原稿受付 昭61-7-23)

《MULTI 16》パソコンクラスタシステム

山崎 眞*・成岡 祥匡*・峯田 照夫*・田村 敏之**・岩間 一男***

1. ま え が き

パソコンの多機能化と高性能化、低価格化により、パソコンのビジネス分野への普及は目覚ましく、その利用形態は多種多様化してきている。そして、パソコンを利用したOA（オフィスオートメーション）に対する考え方は、大きく変化してきている。例えば、OAソフトウェアを使う非定型業務処理や、端末エミュレータを使うホストコンピュータ用オンライン端末処理というようなパソコンの個別的な利用形態は、ホストコンピュータを使うビジネスデータ処理システムとパソコンを有機的に結合して、システムOA化を目指す利用形態へと変化しつつある。これは、従来のホストコンピュータによる集中処理形から、多機能パソコンを活用した分散処理形化への傾向が顕著になってきていることから明らかである。

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムは、このような分散処理化のニーズを背景に開発されたシステムであり、以下に、このシステムの概要、機能と特長について述べる。

2. システムの概要

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムは、複数台の《MULTI 16-Ⅲ》を1本の通信回線でホストコンピュータに接続できるオンラインシステムである。《MULTI 16-Ⅲ》側では、ホストコンピュータのワークステーションとしてのオンライン業務を処理することができるし、OAソフトウェアや利用者プログラムによる従来のOA業務を処理することもできる。更に、オンライン業務とOA業務を、同時に並行処理することもできる。また、マイクロメインフレームリンク機能を使用することにより、《MULTI 16-Ⅲ》では、ホストコンピュータのデータを意識することなく利用して、OA業務を効率良く処理することもできる。

2.1 ハードウェア構成

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムは、システムサーバとしてM5000/55EVを使用し、ワークステーションとして《MULTI 16-Ⅲ》を使用して構成されるオンラインシステムである。ハードウェア構成上からみると、M5000シリーズと《MULTI 16シリーズ》という機種系列の異なる機

種の組合せにより、このシステムは構成されている。

ホストコンピュータとパソコンクラスタシステム、すなわち、システムサーバは、1本の特定期回線あるいは公衆回線で接続されている。システムサーバと《MULTI 16-Ⅲ》は、1Mbps（メガビット/秒）の転送速度を持つ同軸ケーブルで接続されている（図1.）。

2.2 ソフトウェア構成

このパソコンクラスタシステムを効率良く運用するためには、ホストコンピュータ側とワークステーション側に、次のようなソフトウェアが必要である（図2.、表1.）。

- (1) オンライン業務を処理するための通信ソフトウェア
- (2) マイクロメインフレームリンクを実現するためのソフトウェア

なお、ワークステーション側には、OA業務を処理するためのOAソフトウェアなども必要である。

3. システムの機能

3.1 通信サーバ

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムでは、《MULTI 16-Ⅲ》上で動作するクラスタ端末エミュレータは、ホストコンピュータに対する通信要求を通信サーバに出す。通信サーバは、クラスタ端末エミュレータから出た通信要求を受け取ると、ホストコンピュータとワークステーションの間の通信路を設定し、両者間の通信ができるように管理している。この場合、ホストコンピュータ側には、クラスタ端末エミュレータと通信できるようなプログラム、例えば、ファイル伝送プログラムなどがインストールされている必要がある。更に通信サーバには、複数のクラスタ端末エミュレータからの通信要求を受理して、ホストコンピュータ側と各々のクラスタ端末エミュレータの間の通信を管理する機能もある。通信サーバの機能は次のとおりである。

- (1) ホストコンピュータとのネットワークプロトコルを処理する。ホストコンピュータがIBM機の場合、SNA/SDLCプロトコルで接続される。
- (2) クラスタ端末エミュレータのCRTディスプレイやキーボード、プリンタの対ホストインタフェースを処理する。ホストコンピュータがIBM機の場合、

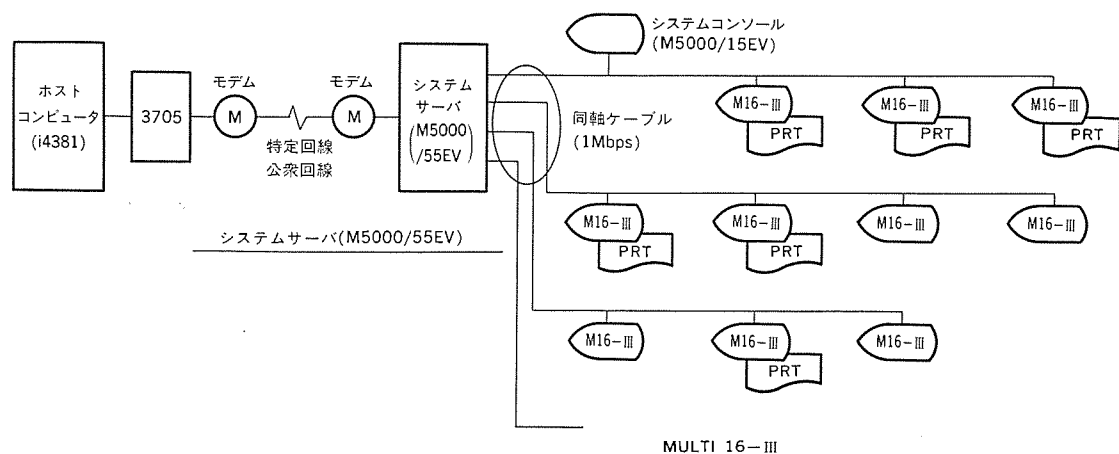


図1. ハードウェア構成例

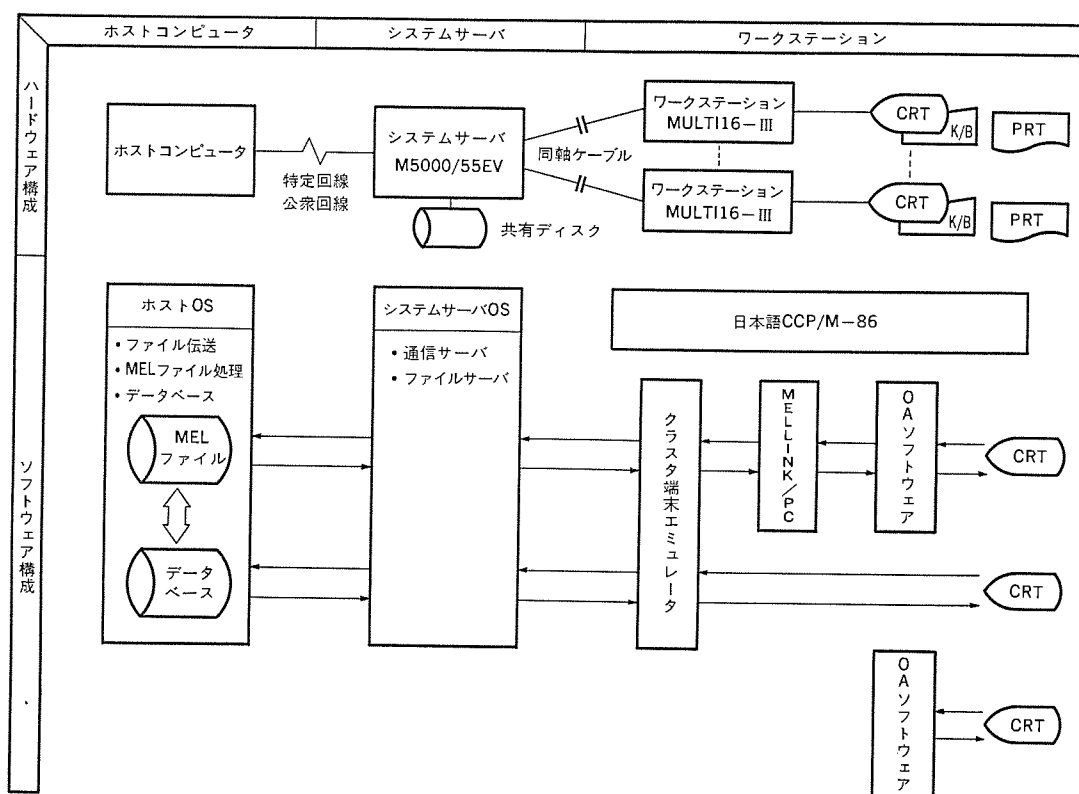


図 2. ソフトウェア構成

表 1. 機能とソフトウェア

機 能	対 応 す る ソ フ ト ウ ェ ア	
	ワークステーション側	ホストコンピュータ側
オンライン端末機能	クラスター端末エミュレータ 通信サーバ経由でホストコンピュータとの通信業務を処理する。	ワークステーション側との通信業務を処理するためのプログラム、特にファイル伝送プログラム。利用者側で、システムに適したプログラムをインストールしておくこと。
マイクロメインフレームリンク機能	MELLINK/PC ホストコンピュータ側のデータをパソコン用に変換するなどの機能がある。	ワークステーション側のデータをホスト用に変換するなどの機能を持つ、MELLINK/PCに対応したMELファイル処理プログラム。利用者側でインストールしておくこと。
OA業務処理機能	A1・MARK II 日本語 Multiplan Multigraph Multi Word-J II 言語プログラム 利用者プログラムなど	

CRTディスプレイはLUタイプ2、プリンタはLUタイプ1と3をサポートし、IBM 5550 相当の対ホストインタフェースをサポートする。

(3) 使用可能なLU数は、CRTディスプレイとプリンタの合計で最大16LUである。ただし、全部のLUがプリンタであるということはありません(図3)。

(4) システムコンソール M 5000/15 EV を使用してLU状態を監視することができ、システムの保守、運用を効率良く実施することができる。

3.2 ファイルサーバ

《MULTI 16》パソコンクラスシステムでは、システムサーバは大容量の固定ディスクを持っており、各々の《MULTI 16-III》はこの固定ディスクを共有ディスクとして使用できる。

(1) 集中管理と分散管理

このクラスシステムを構成する各《MULTI 16-III》で共通に使用されるプログラムは、共有ディスクにおいて集中管理し、各《MULTI 16-III》のローカルディスクに格納しておく必要はない。各《MULTI 16-III》に固有なプログラムだけを、そのローカルディスクにおいて分散管理すればよい。

データファイルについても、プログラムファイルと同様に、共有ディスクで集中管理し、ローカルディスクで分散管理することができる。

(2) 共有ディスクからのプログラムロード

各々の《MULTI 16-III》に共通して必要なOAソフトウェアなどは、ファイルサーバの共有ディスク上に格納しておいて、必要に応じて《MULTI 16-III》上にロードして使用することができる。データファイルについても同様である。

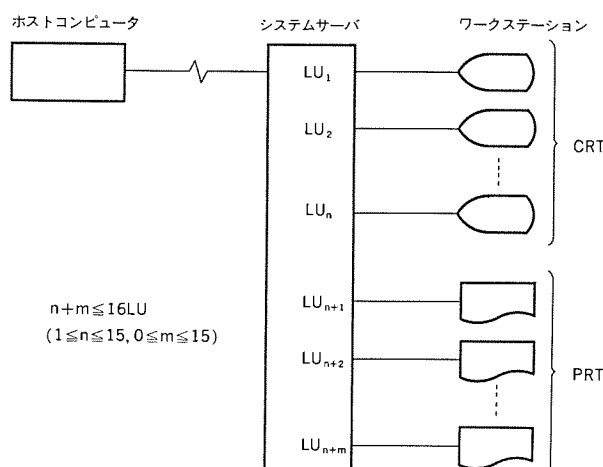


図 3. 使用可能LU数

(3) 共有ディスクとローカルディスクのドライブ名

《MULTI 16-III》側のシステム生成時に設定されている論理ドライブ名には、通常、物理的なローカルディスクが指定されている。このクラスタシステムでは、《MULTI 16-III》側の論理ドライブに、ファイルサーバの共有ディスクの論理ドライブ名を指定することができる(図4.)。

3.3 通信サーバを使うプリンタサーバ

クラスタ端末エミュレータが、《MULTI 16-III》のプリンタへ出力する場合には、通信サーバを経由して出力される。すなわち、通信サーバはクラスタ端末エミュレータからのプリンタ出力要求を受け取ると、指定された《MULTI 16-III》のプリンタへ出力するよう中継する。クラスタ端末エミュレータによるプリンタ出力は、次のとおりである(図5.)。

- (1) ホストコンピュータから指定された《MULTI 16-III》のプリンタへ出力する。
- (2) システム内のほかの《MULTI 16-III》のプリンタへ出力する。
- (3) 自分のプリンタへ出力する。

3.4 オンライン端末機能

- (1) 《MULTI 16-III》上で動作するクラスタ端末エミュレータは、通信サーバ経由でホストコンピュータとの間の通信業務を処理する機能をもっている。
- (2) クラスタ端末エミュレータを使用し、ホストコンピュータとの間でファイル伝送をすることができる。この場合、ホスト側にはクラスタ端末エミュレータに対応したファイル伝送プログラムが必要である。
- (3) ホストコンピュータと通信回線で直接接続されている既存の端末エミュレータは、このクラスタ端末エミュレータと機能面及び操作面で強い親和性がある。したがって、既存の端末エミュレータのユーザーは、このクラスタシステムへ容易に移行することができる。

3.5 パソコン機能

従来からパソコンは、ワードプロセッサ、簡易言語、あるいはOAソフトウェアなどを使用して、各種のOA業務を処理してきている。《MULTI 16シリーズ》上でCP/M-86の利用者が今までに処理してきているOA業務は、容易にこのパソコンクラスタシステムへ移行させることができる。

3.6 マイクロメインフレームリンク

マイクロメインフレームリンクにより、ホストコンピュータ側のデータベースと《MULTI 16-III》側のOAソフトウェアを有機的に結合し、ホスト側のデータを《MULTI 16-III》で簡単に処理できるような統合的な操作環境が実現されている。これにより、ホストコンピュータのデータベースを利用した定型、非定型のOA業務が、《MULTI 16-III》側で効率良く処理される。

マイクロメインフレームリンクを実現するためには、ホストコンピュータ側からのデータ取り出し機能と、そのデータを《MULTI 16-III》側で変換し処理するなどの機能が必要である。

ホストコンピュータからのデータの取り出しは、接続相手のホストコンピュータにより、その処理や操作が異なる。接続相手が当社オフィスコンピュータ《MELCOM 80シリーズ》や汎用コンピュータ《MELCOM EXシリーズ》の場合には、それぞれ、《DIATALK/80》と《DIATALK/EX》が提供されている。接続相手が他社のホストコンピュータである場合にも、それ用の支援ソフトウェアを提供していく予定である。《MULTI 16-III》側の処理をするのが《MELLINK/PC》であり、次にその機能を述べる。

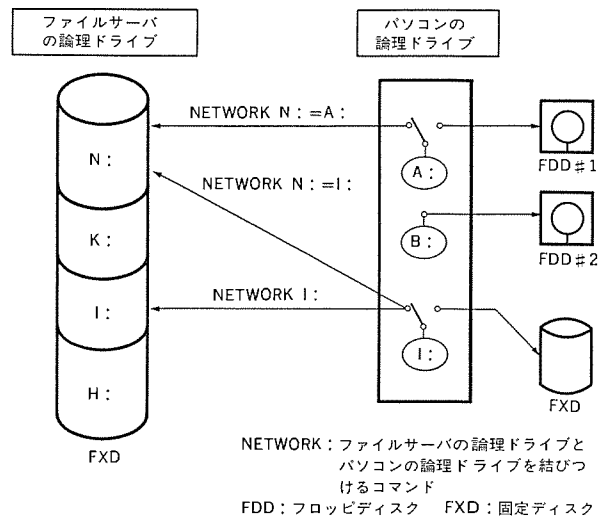


図4. ファイルサーバと論理ドライブ

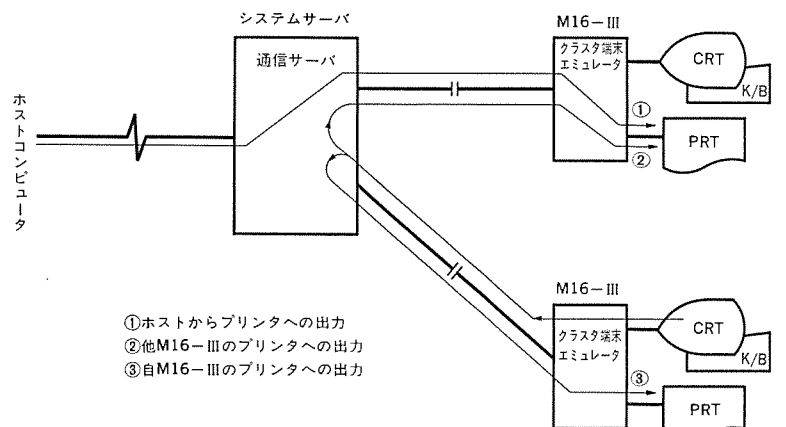


図5. プリンタの使用状態

(1) MEL ファイル 変換

ホストコンピュータと《MULTI 16-III》の間の通信機能とファイル伝送機能により、ホストコンピュータとデータをMELファイル形式でやりとりすることができる。《MELLINK/PC》は、ホストコンピュータから受け取ったMELファイルを、《MULTI 16-III》側の各種OAソフトウェアの処理に適したファイル形式に変換する。

MELファイルとは、マイクロメインフレームリンクを実現するために、特別に設けられた三菱電機標準のファイル形式であり、ホストコンピュータとワークステーションの間のファイル変換の形式を規定しているものである(図6.)。

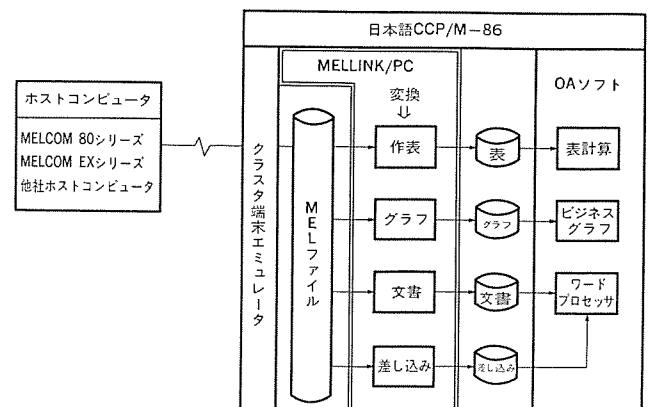


図6. MEL ファイルの変換

(2) OAソフトウェア間のファイル変換

《MELLINK/PC》は、ホストコンピュータと《MULTI 16-III》の間のファイル変換ばかりではなく、《MULTI 16-III》用の各種OAソフトウェア間のファイル変換も実施し、相互に利用できるようにしている。

(3) OAソフトウェアの起動

《MELLINK/PC》を使うと、起動したいOAソフトウェアなどをOAメニューに登録しておき、必要に応じてCRTディスプレイ画面上でOAソフトウェアを起動することができる。

(4) 自動実行

《MELLINK/PC》では、ファイルの変換やデータの印刷、OAソフトウェアの起動など一連の処理を登録しておくことによりワンタッチ操作で、これらの処理を繰り返して実行することができる。

3.7 マルチタスク機能

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムでは、《MULTI 16》側のOS（オペレーティングシステム）として日本語コンカレントCP/M-86（以降、日本語CCP/M-86とよぶ）を採用しており、次のようなマルチタスク機能を実現している。なお日本語CCP/M-86は、米国デジタル・リサーチ社の開発したシングルユーザー/マルチタスク用OSであるコンカレントCP/M-86に、デジタル・リサーチ・ジャパン社が日本語処理機能（FSX: Foreign Language System Extension）を追加したOSである。

(1) 各種業務の同時並行処理

クラスタ端末エミュレータによるオンライン業務、《MELLINK/PC》とOAソフトウェアによるOA業務などを、マルチタスクで同時に並行処理することができる。

(2) 主メモリの大きいソフトウェアの実行管理

このパソコンクラスタシステムにおいては、クラスタ端末エミュレータは、原則的に主メモリ常駐である。OAソフトウェアの中には、A1・MARK IIのように主メモリが大きくて、日本語CCP/M-86下ではクラスタ端末エミュレータと同一主メモリ上で並列動作ができないものがある。このクラスタシステムでは、日本語CCP/M-86下で同一主メモリ内に格納できないような二つのソフトウェアについて、並列動作させることはできないが、人手を介することなく、その二つのソフトウェアを交互に自動的に動作させることができる（図7.）。

(3) 《MULTI 16-III》の運転管理や事前準備

日本語CCP/M-86の管理下では、クラスタ端末エミュレータや《MELL-

INK/PC》などを動作させながら、各種コマンドプログラムを実行させることもできる。コマンドの実行により、《MULTI 16-III》の運用状態を管理したり、次に処理すべき業務の事前準備をすることができる。

4. システムの特長

《MULTI 16》パソコンクラスタシステムの特長を述べる。

(1) 異機種結合のクラスタシステム

このパソコンクラスタシステムは、システムサーバにはM5000/55EV、ワークステーションには《MULTI 16-III》というように、機種系列の異なるコンピュータの同軸ケーブル結合により実現されている。

(2) 回線コストの削減

特定回線を使ってホストコンピュータに複数台の《MULTI 16-III》を直接接続する場合、特定回線は接続する《MULTI 16-III》の台数分だけ必要になる。しかし、システムサーバで束ねてホストコンピュータに接続する場合、特定回線は1本でよい。したがって、クラスタシステムの場合、回線コストが削減できる。

(3) 既設の《MULTI 16-III》のクラスタシステム化

既に設置されている複数台の《MULTI 16-III》をホストコンピュータに接続するとき、システムサーバにM5000/55EVを使ってクラスタシステムを構成することができる。

(4) 既設の《MULTI 16-III》からの移行性

クラスタ端末エミュレータは、ホストコンピュータと直接接続用の既存の端末エミュレータをクラスタシステム用にしたものである。また、各種OAソフトウェアも、日本語CCP/M-86下で既に動作しているものを、日本語CCP/M-86用にしたものである。したがって、機能や操作性において強い親和性があり、既設の《MULTI 16-III》でCP/M-86を使用している利用者は、その業務をこのパソコンクラスタシステムへ容易に移行することができる。

(5) ハードウェア資源の共有

このクラスタシステムにおいては、システムサーバM5000/55EVとワークステーション《MULTI 16-III》は、同軸ケーブルにより密結合されている。この密結合により、《MULTI 16-III》側では、次のようなハードウェア資源の共有が可能になる。

・ファイルサーバの共有ディスク

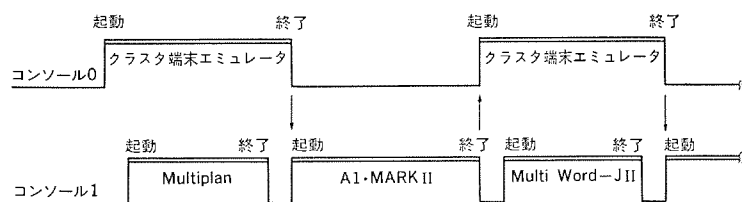
・通信サーバを使った《MULTI 16-III》のプリンタ

(6) マイクロインフレーションリンク

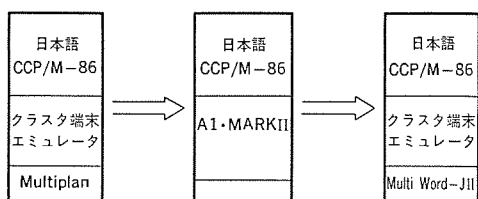
この機能により、ホストコンピュータのデータベースと《MULTI 16-III》のOAソフトウェアを有機的に結合し、ホストデータを活用した定型、非定型のOA業務を、《MULTI 16-III》側で効率良く処理できる。

5. む す び

以上、《MULTI 16》パソコンクラスタシステムについて、その内容を紹介するとともに、その基本思想についても説明した。今後のクラスタシステムは、システムOA化の進展に従って、更に多種多様で高度な使い方が求められていく。このクラスタシステムについても、将来は更にシステムサーバの機能拡張などを実施し、利用者のニーズに対処できるよう努力していく。



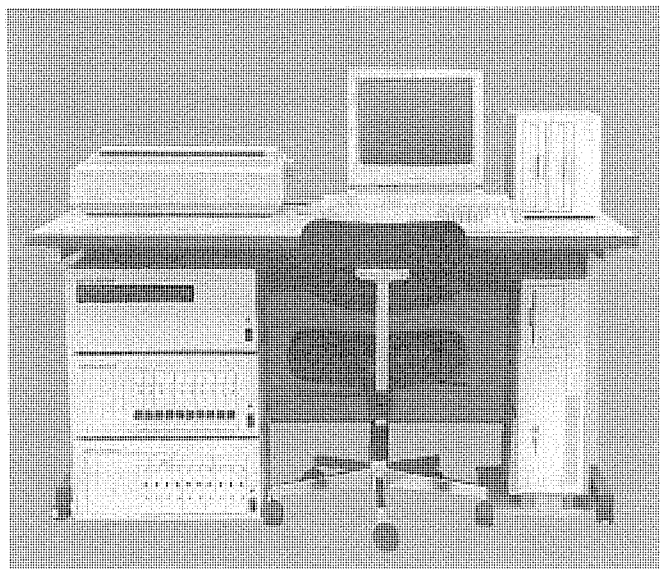
(a) 実行状態の経過



(b) 主メモリの変化

図7. エミュレータとOAソフトの動作

ビデオテックス・ミニ情報センター (機能拡張形) VC300

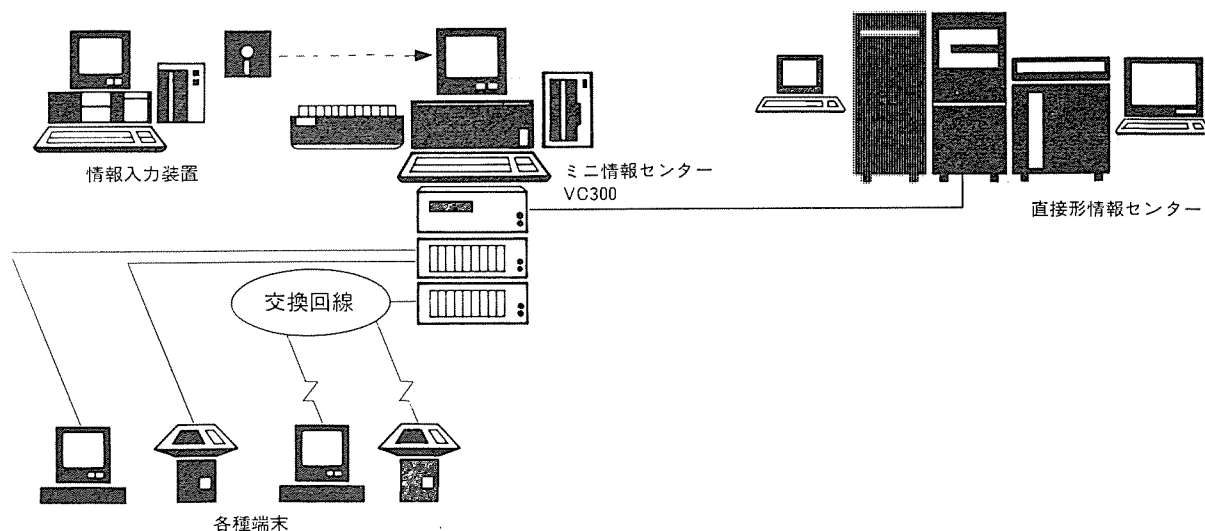


仕様

構 成	
CPU	マルチ・ワークステーション M3305-A12
ディスプレイ	14インチカラーディスプレイ
キーボード	JIS配列
記憶装置	固定ディスク 20MB×2 (内蔵) 5インチフレキシブルディスク 1MB×1 (内蔵) 8インチフレキシブルディスク 1MB×2
プリンタ	英数仮名 136字/行 漢字 90字/行
メモリ	5MB
ラインコントロールユニット	端末インタフェース: 最大15回線 * DFインタフェース: 最大8回線 (プロトタイプII) 但し、両者合計で最大16回線
モデムユニット	キャプテン用モデム 最大16回線
ネットワークコントロールユニット	自動着信専用 最大16回線
OS	拡張コンカレントCP/M
ソフトウェアパッケージ	ミニ情報センター制御プログラム

* VC310タイプに装備

使用例



ビデオテックス・ミニ情報センターVC300は、従来のミニ情報センターのホストCPUを、マルチ16からマルチ・ワークステーションにグレードアップしたものです。ホストCPUのグレードアップにより、単なる画像情報検索機能だけでなく、オーダーエントリーサービスや電子メール・サービスが可能となり、従来、タウンガイド的な用途に限られていたシステムが、予約業務や伝言板サービスに利用できる等、応用範囲が一段と広がりました。

特長

- システムの規模や用途により、公衆回線・構内回線・専用回線を自由に選択し、最大16回線、200端末を接続することができます。
- 小規模センターながら、計算加工サービスは標準仕様です。占いやゲームなど、計算加工画面の、端末への提供が可能です。
- オーダーエントリー・電子メールサービスには、セキュリティ機能を持たせることができます。利用者からのパスワード入力により、不正な利用者を排除します。
- さらに、IP番号と回線番号を指定する事により、提供画面を端末毎に制御することが可能で、簡易CUGを組むことができます。
- 端末からは、直接形情報センター(DF)の画面を検索することができます。つまり、ミニ情報センターとして持っているサービスだけでなく、DFの有するさらに有効なサービスを端末に提供できることとなり、システムの応用範囲が広がります。(VC310タイプの場合)

特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

マイクロ波放電光源装置

関連特許等

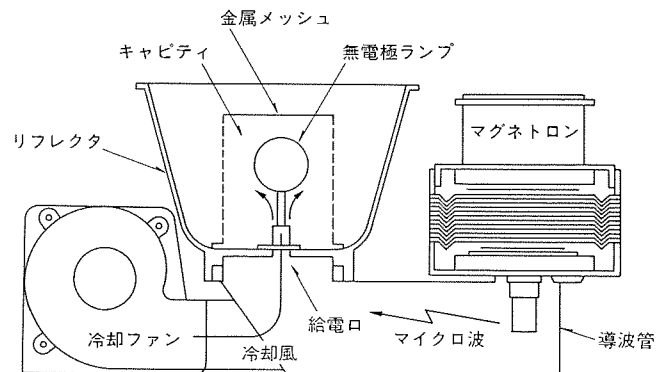
(特公昭 58-1511
特公昭 59-6032
特公昭 59-23613 他多数
外国(米, 加, 西独他)出願あり。)

発明者 喜連川 隆
武田 文雄 他

マイクロ波共振空洞内に球形のランプを配置し、マグネトロンにより発生されたマイクロ波を給電して、放電、発光させ、この光を空洞外に取出して被照射面に照射するもので、その動作は次のとおりです。

- (1) マグネトロンで発生したマイクロ波が導波管を伝搬し、給電口から回転対称形金属メッシュ板で構成したマイクロ波空洞中に放射します。
- (2) このマイクロ波によってランプ中の希ガスを放電させ、ランプ中にマイクロ波エネルギーを吸収させます。
- (3) この希ガスの放電により、管壁が熱せられます。ランプ中には放電によって励起、発光する金属とこれらの金属の蒸気圧を高めるためのハロゲン及び水銀が封入されています。管壁が低温状態にある時には、これらの封入物は管壁に付着しており、管壁温度の上昇と共に蒸発していきます。
- (4) 金属の蒸発につれて放電は希ガス主体の放電から、水銀を主体とする金属蒸気の放電に移行し、封入金属に応じたスペクトルで発光します。
- (5) ランプから放射した光は、リフレクタで反射し、外部に放射します。

す。ランプ及び空洞壁は、ランプの点灯中、放電によって加熱されるため、冷却ファンで冷却が行われます。



基本構成断面図

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 61 No. 1 技術の進歩特集

- 研究
- 電力・エネルギー
- 産業用システム・機器
- 無線機器と宇宙
- 情報通信

- 情報処理
- 半導体と電子デバイス
- 建築関連設備
- 交通
- 家電関連機器

三菱電機技報編集委員

委員長 鶴田 敬二
委員 峯松 雅登
" 松村 充
" 三 道 弘明
" 高橋 宏次
" 藤井 学
" 三 輪 進
" 郷 鉄 夫
" 高橋 誠一
" 杉岡 八十一
" 柳下 和夫
幹事 岡田 俊介
12月号特集担当 橋本 勉

三菱電機技報 60 巻 12 号

(無断転載を禁ず)

昭和 61 年 12 月 22 日 印刷
昭和 61 年 12 月 25 日 発行

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

三菱電機技報 (昭和61年 第60巻) 総目次

1号 技術の進歩特集	5号 ビル用設備特集	9号 知識情報処理特集
2号 社会システム特集	6号 電力機器の予防保全特集	10号 情報通信ネットワーク特集
3号 研究所50周年記念特集	7号 システムOA特集	11号 AV機器特集
4号 普通論文集	8号 化合物半導体素子特集	12号 光応用計測制御システム特集

《技術の進歩特集》		号	ページ		号	ページ	
1.	研 究	1	6	6.	情報処理	1	49
2.	電力・エネルギー	1	16	7.	半導体と電子デバイス	1	56
3.	産業用システム・機器	1	26	8.	建築関連設備	1	64
4.	汎用電機品	1	35	9.	交 通	1	69
5.	通信と宇宙	1	39	10.	家電関連機器	1	77

特集論文

〈社会システム特集〉

1. 社会システムの技術展望	佐藤 真・山田晃男	2	87
2. 植物工場の役割と省電力化へのアプローチ	中山繁樹・池田 彰	2	89
3. 防災情報システム	羽子岡 蕃・北原貞守・日方俊幸	2	93
4. 地域医療情報システム	服部七郎・小南 貢	2	97
5. 地域行政情報システム—地方自治体における地図情報の高度利用について—	伊藤広満・浦山統喜治	2	101
6. アルバイト情報システム	石橋利英・水澤勝治・内藤 誠	2	104
7. 駅ターミナル情報システムへの液晶ディスプレイ《スペクタス》の応用	小山隆弘・小玉哲次	2	107
8. 第3次オンラインと金融端末システム	佐藤泰正・清水康治・中村喜昭・茂登山年晴・木村 純	2	111
9. INS モデルシステム「吉祥寺ダイヤモンド INS ブラザ」	小野義文・江村 弘	2	116

〈研究所50周年記念特集〉

1. 基礎・基盤技術の現状と展望	村上 晃	3	154
2. 生産技術分野の現状と展望	伊藤利朗	3	156
3. 産業エレクトロニクス・メカトロニクス分野の現状と展望	大野 栄一	3	157
4. 電子商品分野の将来展望	糸賀正巳	3	158
5. 家電機器開発の現状と展望	市川健一	3	159
6. 情報処理・通信分野の現状と展望	中原昭次郎	3	160
7. 材料・電子デバイス分野の現状と展望	村上 晃	3	162
8. 半導体分野の現状と展望	柴山恭一	3	163
9. インダストリアルデザインの現状と展望	石山武彦	3	164
10. 化合物半導体超格子構造	藤原賢三・徳田安紀・野田 進・光永一正	3	165
11. 最近の超電導技術	岩本雅民・荻野 治・山田忠利	3	168
12. 三次元CAD/CAMシステム	塩谷景一・山田祐子	3	171
13. 大出力CO ₂ レーザの放電励起方式 (SD と SAGE)	菱井正夫・田中正明・八木重典・永井治彦・田畑則一	3	174
14. コンパクトディスク用光ピックアップ	河野慶三・木目健治朗・近藤光重・鹿間信介・橋本 昭	3	177
15. 家庭用ハイビジョン VTR	石橋通保・藤井敏史	3	180
16. 家電・HA 製品の開発を先導する生活ソフト技術	山崎起助・松村恒男・狩野雅夫・本田嘉之	3	183
17. 論理プログラムの検証システム	金森 直・藤田 博・世木博久・堀内謙二	3	186
18. 日英機械翻訳システム Thalia-3	大隈仁司・鈴木克志・太細 孝	3	189
19. ベクトル量子化による画像信号帯域圧縮	村上篤道・浅井光太郎・伊藤 敦	3	193
20. マルチビームアンテナ	浦崎修治・牧野 滋	3	196
21. 磁気ディスク用ヘッド及び媒体の高密度化	鈴木栄久・尾関龍夫・梅崎光政・菅原 宏	3	199
22. 高解像度・高印字品質サーマルヘッド	飛田敏男・畑部悦生・遠藤孝文・仁木憲一・大西洋一郎	3	202
23. 1Mビットダイナミック MOS RAM	藤高 一康・熊野谷正樹・宮武秀司・松川隆行・吉原 務	3	205
24. 三次元回路素子技術	須賀原和之・楠 茂・井上靖朗・西村 正・赤坂洋一	3	208
25. モリブデンシリサイド高信頼性ホトマスク	渡壁弥一郎・松田修一・重富 晃・加藤忠雄・中田秀文	3	211
26. インダストリアルデザインとエルゴノミクス	小野村寅雄・酒井正幸・森谷 熙・蓮花寺康裕	3	214

〈ビル用設備特集〉

1. ビル用設備の展望—インテリジェントビルと設備へのインパクト—	和泉陽平・鈴木正高	5	295
-----------------------------------	-----------	---	-----

2. 三菱インテリジェントビルシステム《MIBASS》	藤田 明・寺山佳佑・和泉陽平・澤本義裕	5.....297
3. 分散処理ビル管理システム	竹内克彦・田中英和・岡野 勝・村瀬和宏	5.....304
4. オフィスビルの照明環境と照明制御システム	石井重行・牧原千晴・小泉登夫・久代紀之	5.....309
5. アーク森ビル向け高速新世代エレベーター	館野健三・植谷健一・棚橋 徹・辻伸太郎・平林輝美	5.....314
6. ビル設備用受配電設備及び発電装置の動向	塚本修平・三井信彦・黒田義隆・伊藤 真	5.....319
7. 空冷ヒートポンプチラー CAH 形カスタムシリーズ	横山誠志・大塚 修	5.....326

〈電力機器の予防保全特集〉

1. 電力機器予知・予防保全の技術展望	高橋宏次	6.....371
2. タービン発電機及び水車発電機の予防保全	伊藤裕之・柴崎和則・植松 豊・佐野賢三・村井幸雄	6.....373
3. 発電機の異常監視システム	天笠信正・植松 豊・免太 享・斉藤博士	6.....379
4. 電動機の DSS 対策と余寿命推定	中尾 憲・脇本康夫	6.....385
5. 配電盤機器の劣化寿命	諸岡謙修・矢野 修・高田信治・広崎吉彦・久保田 寛	6.....389
6. 変電機器における予防保全—監視システム—	但田昭司・比 倉 博・小島康昭・塩野克巳	6.....394
7. 電力機器監視用センサ	伊吹恒二・島田基博・東横良旺	6.....402

〈システム OA 特集〉

1. システム OA の現状と展望	坂 和磨・市川照久・石田喬也	7.....445
2. 《MELCOM》統合 OA アーキテクチャ	石田喬也・大久保忠雄・九鬼隆彦・馬場 理	7.....447
3. 《MELCOM EX シリーズ》統合 OA 基本ソフトウェア	田口和男・九鬼隆彦・増田元一・小野修一・北上真二	7.....452
4. 《MELCOM 80 シリーズ》統合 OA 基本ソフトウェア	本間雅美・大久保忠雄・馬場和之	7.....458
5. 《MELCOM》統合 OA におけるワークステーション	豊田武人・吉田 努・高出 一・佐立良夫・成瀬金次・渡辺 透	7.....463
6. 《MELCOM》統合 OA システムにおけるローカルエリアネットワーク	樋口雅宏・新沢 誠・金子正治・大江信宏	7.....469
7. 《MELCOM》統合 OA におけるイメージ処理	黒田寿一・田中雄三・広瀬孝二・馬場 理・菊地敏幸	7.....475
8. 《MELCOM》統合化 OA パッケージ	金井守司・中村 晋・松浦祐子	7.....480
9. 研究所における OA システム	蒲原捷行・中沢俊夫・水野 裕・金井正三郎・石野正彦	7.....484
10. エンジニアリング部門における分散形 OA システム	渡辺 治・伊藤 均・志賀 稔・勝山光太郎・福岡久雄	7.....488

〈化合物半導体素子特集〉

1. 化合物半導体素子の現状と展望	藤川恭一郎・須崎 涉	8.....523
2. C~Ku 帯高出力 GaAs FET	酒寄隆雄・伊木茂男・門脇好伸・渡瀬 学・鈴木 武	8.....529
3. GaAs モノリシックマイクロ波 IC (GaAs MMIC)	門脇好伸・瀬川和明・中村多恵子・中原和彦・三井康郎	8.....533
4. 1 GHz 帯・低消費電流 GaAs プリスケラ IC	前村公正・三井康郎・折坂伸治・石原理	8.....537
5. GaAs 4 K ビットスタティック RAM	高野 聡・牧野博之・野田 実・谷野憲之・西谷和雄	8.....541
6. 高出力レーザダイオード ML6000 シリーズ	山下光二・玉利邦喜	8.....546
7. 光通信用長波長半導体光素子	浪崎博文・高橋和久・樋口英世	8.....550
8. MOCVD 法による AlGaAs 系レーザダイオード	池田健志・三橋 豊・金野信明・一色邦彦・山下光二	8.....554
9. MBE 法による AlGaAs 系レーザダイオード	光永一正・太田 淳・小島啓介・野田 進・久間和生	8.....558

〈知識情報処理特集〉

1. 第5世代コンピュータプロジェクトの狙い	淵 一博	9.....593
2. 知識情報処理の現状と動向	田中千代治	9.....594
3. 三菱 AI ワークステーション《MELCOM PSI》	鷹取東朋・益田嘉直・川上孝仁・池田守宏・中島 浩	9.....598
4. オブジェクト指向論理形言語 Extended Selfcontained Prolog	川上孝仁・吉田 正・上田尚純・近山 隆	9.....603
5. エキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」	辻 秀一・梁田和彦・進藤静一・清水広之・藤田 博	9.....607
6. 知識情報処理の電力システムへの応用	松本啓之亮・河野良之・福井伸太	9.....611
7. 知識情報処理の鉄鋼システムへの応用	今道周雄・小林健三・南里 要・佐々木道雄	9.....615
8. 列車故障診断エキスパートシステム	西内信実・成戸昌司・池端重樹	9.....619
9. 知識情報処理の宇宙分野への応用	木下親郎・荻野 徹	9.....623
10. 知識情報処理技術の OA への応用	和田信義・島田ひとみ・近藤省造・太細 孝・川村光弘	9.....628

〈情報通信ネットワーク特集〉

1. 情報通信ネットワークの現状と展望	平山博朗・山崎英蔵	10.....663
2. ネットワーク設計支援手法	吉崎 守・柴田信之・松田主税・水野忠則・宗森 純	10.....665
3. 三菱電機グループ企業内情報通信システム“MIND”の建設	森山光彦・山崎英蔵・柳沢 忍	10.....669

4. 分散処理ネットワークシステム	片岡信弘・芥川哲雄・桂川泰祥・増田元一・山崎誠一	10.....674
5. メッセージハンドリングシステム	川口憲一・林 博之・永守誠二・鈴木洋介・杉本英行	10.....679
6. パケット交換ネットワーク	谷口 順・覚埜高音・松田主税・渡部重彦・岡村 繁	10.....683
7. ローカルエリアネットワーク《MELNET シリーズ》	石坂充弘・田中 智・井出口哲夫	10.....688
8. 衛星通信システム	中西道雄・青木克比古・伊藤久明	10.....692
9. ビデオテックスシステム	手塚雅之・村上正博・藤本喜代治・三沢康雄・塚越康裕	10.....696
10. テレビ会議システム	橋本 勉・鈴木秀夫・村上篤道・伊藤 敦	10.....700

〈AV 機器特集〉

1. AV 製品の展望	糸賀正巳	11.....735
2. フレームメモリを応用した多機能ディジタルカラーテレビ	和田隆吉・戸塚治身・石井良典	11.....738
3. ハイビジョン受信機	渡辺尚友・八尾政治・茅嶋 宏・山口典之・浜田恒朗	11.....743
4. VHS 方式 VTR のディジタル化	中島義充・木村恵爾・大川雄敏・大橋知典・堀 高明	11.....748
5. ハイビジョン VTR の広帯域記録技術	石橋通保・藤井敏史・山崎辰雄・佐々木慶幸・菊池 潤	11.....752
6. 小形カラービデオカメラ	望月 哲・松本新太郎・杉原正一	11.....756
7. コンパクトディスクプレーヤー DP-209 R 形	久山浩二・平沢和夫・木目健治朗・西村清光	11.....761
8. 回転ヘッド式ディジタルオーディオテープレコーダー	石田禎宣・石田雅之・中川邦彦・国井郷志	11.....766
9. ビジュアル サウンドスピーカーシステム	森田 茂・鈴木 仁・原 宏造・酒井新一	11.....771
10. 公衆情報表示システム《DIAMOND NET》—マルチメディア情報サービスへのアプローチ—	野沢俊治・中野雅章・足達満則・岩田修司・森田俊二	11.....776

〈光応用計測制御システム特集〉

1. 工業技術院大型プロジェクト“光応用計測制御システム”	田中正躬	12.....810
2. 高速プロセス情報サブシステム—サブシステム全体構想—	橋本 勉・外山守城・伊東克能	12.....815
3. 高速プロセス情報サブシステム—情報幹線系—	大島一能・北山忠義・松井輝仁・吉良広文・伊東克能	12.....820
4. 高速プロセス情報サブシステム—情報支線系—	伊東 尚・笠原久美雄	12.....825
5. 高速プロセス情報サブシステム—光応用計測系—	高嶋和夫・金田 一・稻荷隆彦	12.....829
6. 集積形位相同期半導体レーザ	生和義人・池田健志	12.....835
7. 光弾性方式振動センサ	吉永 淳・進藤紘二・井田芳明・滝岡孝司	12.....840
8. 無中継広域伝送サブシステムの現場実証	辻 順一・香川重光・平野昌彦・上住好章	12.....843

普通論文

1. 太陽光発電離島用電力供給システム	熊野昌義・中井良雄・山本吉彦・湯川元信・浅岡正久	2.....120
2. 超電導コイル間エネルギー移送装置	大西利只・立石 裕・竹田正俊・松浦敏明・中谷俊雄	2.....126
3. 光ローカルエリアネットワーク《MELNET シリーズ》	吉良広文・矢野哲雄・宇治橋義弘・坪根宣宏・渡辺 晃	2.....132
4. 光通信用 InGaAs/InP ホトダイオードの高感度化	高橋和久・芝 哲夫・吉田一臣・浪崎博文	2.....137
5. 小形 LED プリントヘッド	鮫島一博・大西 勝	2.....141
6. 第二世代 16 K 高速 SRAM	角 正・清水博史・森田 功・舟越也寿宏	2.....144
7. 関西電力(株)神戸変電所納め 275 kV, 300 MVA CGPA 変圧器	三浦良和・瀬藤憲治・祖開克二・西本 昂・新海 拓	4.....221
8. 海外電力事業向け SCADA 及び通信システム	山中彪生・流郷忠彦・炭谷周作・ミシェル・ヨセフ	4.....226
9. 新限流技術“VJC”	吉安 一・高橋 貢・村井 裕・和田勇一・石井勇雄・村田士郎	4.....230
10. 次世代のインテグレートドオートメーションコントローラ《MELIAC》	真篠幸雄・安居院憲彰・藤井信明・菊地原博夫・小川 出	4.....233
11. 新形汎用インバータにおける新技術	長南克彦・多田英明・甲藤政之	4.....240
12. 加工条件のリアルタイム制御による高速・高品質レーザ切断	森安雅治・平本誠剛・星之内進・大峯 恩	4.....246
13. エレベーターのモダンゼーション	舟橋謙三・加藤博士・加藤 清・松田 靖	4.....250
14. 東京工業大学納め重イオンライナック	上田和宏・金沢正博・朝井克治・奥田成明・田中常稔	4.....255
15. 日本道路公団納め関越自動車道ハイウェイラジオシステム	持田明孝・宮崎嘉光・渡川 茂・岡野 勝・児山淳弥	4.....261
16. 磁気ディスク装置用薄膜ヘッド	堀端慎二・大寺 進・由良信介・佐々木 肇・横山一男	4.....268
17. 256 K ビット CMOS スタティック RAM	篠原尋史・河野芳雄・一瀬勝樹・和田知久・河合邑司	4.....273
18. ハイスピード CMOS ロジック M74 HC シリーズ	速水貞博・宮崎行雄・守谷純一・沖高毅則・谷口正治	4.....277
19. ワンチップマイクロコンピュータ ROM コード電送・処理システム	藤本 稔・三輪久晴・船木 博・片岡敏彦・的池敦子	4.....283
20. 三菱超電導磁気共鳴イメージングシステム	辻 芳郎・菊地 宏・山田忠利・渡邊次男・宮西洋太郎	5.....331

21. 磁気共鳴イメージングシステム用超電導マグネット	菅 寿郎・渡邊次男・武智盛明・荻野 治・山田忠利	5.....337
22. レーザ距離センサ	高嶋和夫・杉山昌之・稲荷隆彦・植木勝也・西木和弘	5.....342
23. ICB 蒸着装置	伊奈照夫・森 榮作・田中 毅・福田司朗・田中伸雄・山西健一郎	5.....347
24. デュアルポート RAM (M5M4C264)	浜野尚徳・増田紀隆・益子耕一郎・諸岡毅一	5.....352
25. コンパクト蛍光灯 BB 及び BB ダウンライト	中野志津雄・石井健一・武田隆夫・願念和男・田中紀彦	5.....357
26. エンジントランジェント シミュレーション システム	神保健作・米倉善彦・徳永治久	6.....408
27. ユーテルサット TDMA 基準局	中西道雄・伊藤久明・梅田義明・藤野 忠・内藤悠史	6.....411
28. 三菱オフィスコンピュータ《MELCOM 80》システム1のハードウェアとソフトウェア	柴原芳信・青砥久志・富沢研三	6.....417
29. リモートコントロール送信機専用プロセッサ	須田眞二・本郷勝信・小林 洋	6.....422
30. 中規模構内光伝送方式用諸装置—32 Mbps CSMA/CD 光 LAN—	江口真行・渡辺 晃・北山忠義・伊東 尚・小山勝行	6.....427
31. 三菱簡易形パターン検査装置《MELCESS-I》	中島利郎・亀井光仁・橘 幹夫・竹谷和也	6.....433
32. 関越トンネルの監視制御システム	藤村弘志・長島 清・高橋 淨・松田春紀・末吉尊徳	7.....494
33. ソフトウェア設計ツール	鈴木昌則・北畠重信・加藤英子・上野 昇・高野 彰	7.....500
34. 高画質 VHS ビデオ用信号処理 IC	山下弘光・西 春彦・佐藤忠信・出田 洋・古田浩章	7.....505
35. FOIL 軸受におけるテープ浮上特性機構	谷 豊文・標 博雄・三輪 博・矢部 寛	7.....511
36. 人工衛星システムの放射線解析	鳥山 潔・西川智恵	8.....562
37. 高度文書処理システム—漢字コンポーザ—	石田 健・松村雅司・鈴木文雄・加川廣光・中嶋英雄	8.....566
38. 宇宙開発用ローパワー・ショットキー TTL 集積回路	舟田 饒・川下 浩・山本隆司・岩森 清・真野純司	8.....570
39. 電力線ホームバスを用いたコントロールシステム	井上雅裕・吉川理恵子・久代紀之・田中啓嗣・皆川良司	8.....575
40. CMOS 8ビットマイコン M50734 SP	竹内 稔・杉本正樹・石丸善行	8.....579
41. FA コントローラ《MELSEC-LM》	中野宣政・杉山 彰・大西作幸	9.....632
42. 新しい発光素子を用いた軽量・薄形ディスプレイシステム《オーロラビジョン マークII》	岩田修司・須山 勉・寺崎信夫・二石俊一・原善一郎	9.....639
43. 高速多機能漢字プリンタ M8340	畑中靖通・内田雅幸・味岡 学・一宮節夫・富崎正道	9.....644
44. 高速大容量 512 K ビット EPROM	外山 毅・香田憲次・安藤伸朗・中島盛義・小松正幹	9.....648
45. 4ビットマイクロコンピュータ M50720 とその開発サポート装置	久保博司・亀井達也	9.....651
46. 実験データ解析を支援する会話形研究自動化システム	荻野義一・小巻 隆・月館敦子・山崎明子	10.....704
47. LCD コントローラ内蔵ワンチップマイコン《MELPS 740 シリーズ》M50930-×××FP	広瀬進一・三木 務・山口雅史・上原俊晃	10.....708
48. パソコン電話機	野村 智・山田裕子・樋熊利康・長田光文・塚越定之	10.....713
49. 海外向け新形自動車電話移動局装置	松島純治・吉田重之・入野悦郎・山田伸行・竹安憲二	10.....717
50. 温度調節機能付き除湿機 RFH シリーズ	根来耕一・木村直樹	10.....722
51. 超高速同報転送ファクシミリ《MELFAS 4570》	山中喜夫・中山典夫・高木勝則・大原 彰・金田 優	11.....782
52. M6385 グラフィックディスプレイ装置	中須弘平・大櫛喜代志	11.....786
53. グラフィックイコライザー IC シリーズ	山田友右	11.....790
54. アモルファスシリコン密着形イメージセンサ	羽山昌宏・飛田敏男・加藤雅敏・井岡泉雄	11.....794
55. 大出力 CO ₂ レーザ溶接技術	平本誠剛・大峯 恩・奥田滝夫・永井治彦・菱井正夫	11.....799
56. 誘導形リニアモータ《MELLINER》とリニア駆動搬送装置	阪部茂一・柳内芳彦・中本道夫	12.....852
57. 赤外線撮像素子冷却用スターリング冷凍機	数本芳男・菅波拓也・野間口 有・清田浩之・竹之内 泰・沢田桑二	12.....857
58. 乗用車におけるオーディオシステムの音質評価	早川富士男・日比野昌弘	12.....861
59. 図面管理ワークステーション	寺沢昭夫・中崎勝一・石崎 貴・長島 清	12.....866
60. 画像伝送装置 MVC-3000 シリーズ	久保 勤・今村恒浩・上澤 功・浅井光太郎・村上篤道	12.....869
61. 《MULTI 16》パソコンクラスシステム	山崎 眞・成岡祥匡・峯田照夫・田村敏之・岩間一男	12.....875

マイコン制御自動運転タイプ〈浴室用〉



VD-15ZA形V



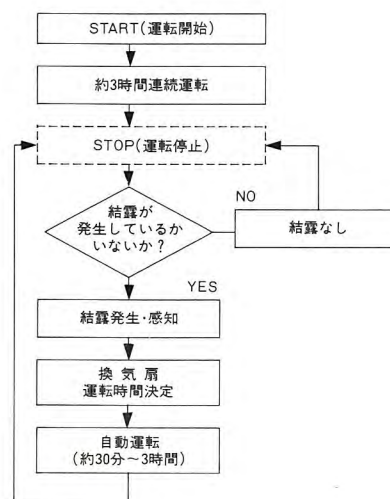
VD-15ZA-R形
パネルタイプグリル

浴室は最も傷みが早く激しい場所であり、浴室内のカビ・結露について、約80%以上(当社調査結果)の方が困っています。密閉度の高い浴室では、強制的に湿気を抜き切り、壁・天井に吸湿させないことが必要です。この《マイコン制御自動運転タイプ》は、浴室内の結露をセンサが感知してマイコンが自動的に運転をコントロール、浴室内の湿気を排出して建物保全に大きな効果をあげます。

特長

- 内蔵された結露センサが浴室内の結露発生を感知すると、結露解消に必要な運転時間をマイコンが演算して自動運転、スイッチ操作の手間を省きます。
- 換気扇スイッチ(客先手配)を「入」にすると、約3時間の連続運転となります。換気扇を止めて入浴した後の結露解消や、結露発生の有無にかかわらず、運転したいときに便利です。
- 従来機種に比べ風量をアップし、しかも低騒音化したため夜間の運転も安心です。
- 新格子グリルにパネルタイプグリルを加え、インテリア性を向上しています。
- 本体取付・ダクト接続・電源接続の施工性を大幅に向上しています。

自動運転フローチャート



仕様

形 名	消費電力(W)		風量(m³/時)		騒音(ホン)		重 量(kg)
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
VD-15ZA	13	14	138	135	29	28.5	3.6
VD-15ZA-R	13	14	126	123	29	28.5	3.6

低騒音自動運転タイプ〈居間・事務所・店舗用〉

VD-18ZA-W形
インテリアパネルタイプ



家族や来客など大勢の人が集まるリビングスペースは、意外に空気汚れやすい場所であり、タバコの煙などを換気する必要があります。とはいえ、たびたび換気扇の入切操作を行うのも面倒であり、切り忘れによる電気のコスト使用も気になります。この《自動運転タイプ》は、特に空気汚れの主要原因となっているタバコの煙などに含まれるCO等をセンサが感知して、自動的に運転を開始・停止します。

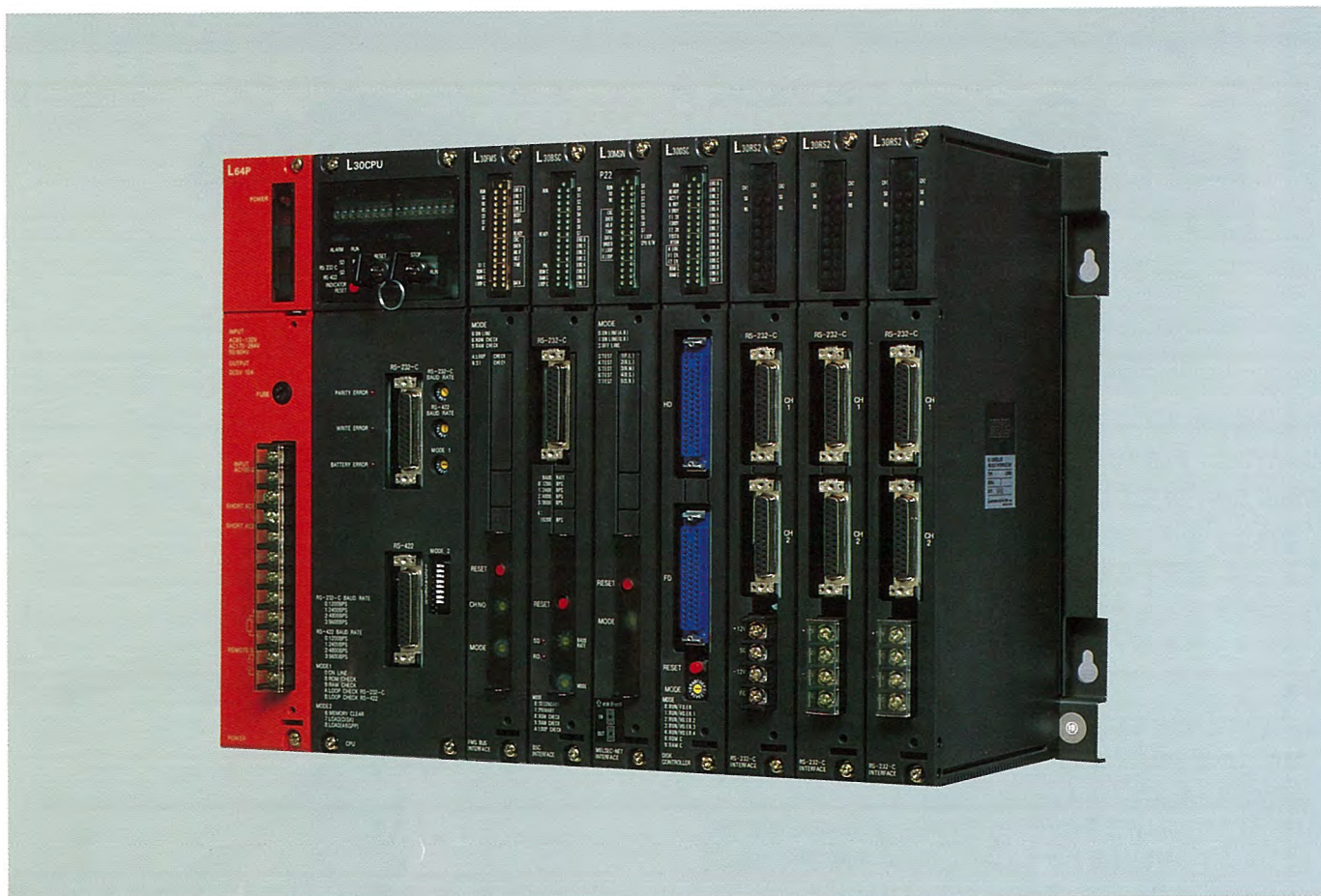
特長

- 内蔵されたセンサが空気汚れを感知すると、運転を開始します。空気汚れが感知レベル以下になっても、約10分間連続運転して停止し、残った汚れを排出します。
- 付属の壁埋込みスイッチにより、連続運転・運転表示が可能です。
- 従来機種に比べ、さらに低騒音化しているため、運転音も気になりません。
- パネルに天井材を取付けることができ、インテリア性を損ないません。
- 本体取付・ダクト接続・電源接続の施工性を大幅に向上しています。

●感知する空気汚れ 都市ガス・LPガス・シンナー・ガソリン・アルコール・各種スプレー(ヘアスプレー・殺虫剤・芳香剤など)・一酸化炭素・たばこの煙に含まれるガス状成分

仕様

形 名	消費電力(W)		風量(m³/時)		騒音(ホン)		重 量(kg)
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
VD-18ZA-W	18.5	22	258	270	29	30	7.7



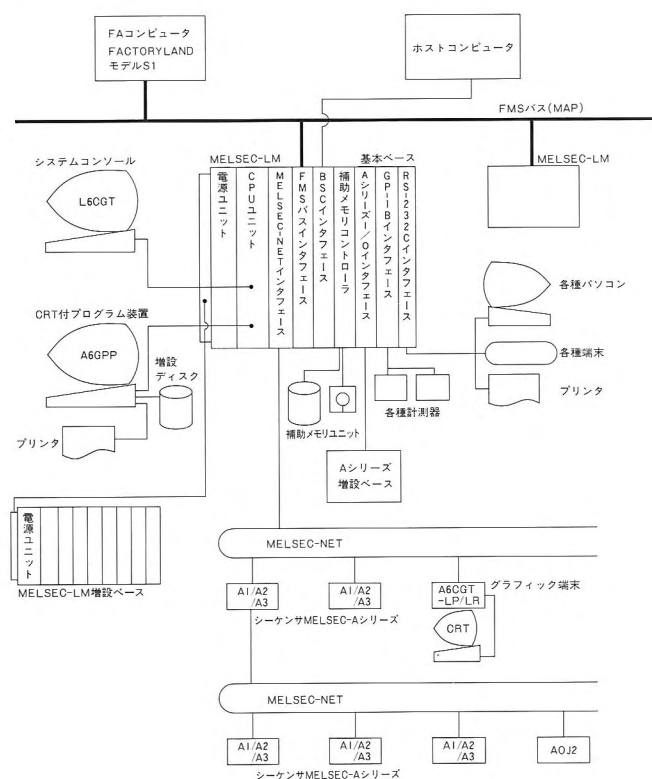
工場の急速なFA化に伴ない、そのキーコンポーネントとしてPC(プログラマブルコントローラ)に要求される機能も、年々高度化しています。

《MELSEC-LM》は、当社製の最新鋭シーケンサ《MELSEC-Aシリーズ》の統括コントローラとして、今後さらに強まる生産システムの大規模化、統合化、高級化のニーズに適確にこたえるFAコントローラです。

特長

- コンパクトなユニット構造
応用システムの用途・規模に応じ、必要なユニットをビルドアップできます。
- 充実したデータリンク機能
上位コンピュータや下位コントローラ、および各種端末機器と容易に接続できます。
- MAP(生産自動化通信手順)に接続可能
- 高速リアルタイム・マルチタスク処理
フルコンパイル形の工業用リアルタイムBASIC《M-IRTBⅡ》により、アプリケーションプログラムが容易にできます。
- オフラインプログラミングと使いやすいデバッグ
シーケンサ用グラフィックプログラミングパネル《A6GPP》のみにて、プログラム開発とシンボリックなデバッグが可能です。

システム構成





自動化・省力化の鍵として、多様な生産現場でお使いいただいていた中・小物マテハン用ロボット《MELFA ピックアップ・シリーズ》を、今回フル・モデルチェンジしました。低価格ながら、ラインに組入れてすぐに使える高い操作性と、すぐれた機能・性能を持つ、〈安い〉〈速い〉〈使いやすい〉の三拍子揃ったロボットです。

シリーズの概要

- RH-P2(水平関節形、3・4軸)
- RV-P2(垂直多関節形、5軸)
- RC-P2(円筒座標形、3・4軸)

制御装置には、3機種共通の《RAP2》コントローラを使用しています。

特長

●豊富な機種

昭和60年8月発売の直交座標形ロボット《RS-A/N/T》と合わせ、200～300万円台ですべての動作形式が揃いますので、用途や目的に合わせた最適な機種選択が可能です。

●高いコスト・パフォーマンス

低価格ながら、16ビットCPUの採用により、高速処理が可能。しかも全デジタル・サーボ方式を採用し、メンテナンス・フリーを実現しています。

●小形・高機能のロボット・コントローラ

- ① ロボット言語《MELFA-BASIC》を採用
直線補間、円弧補間、割込処理、条件分岐、パレタイズなど23の言語の組合せにより、パソコン感覚で手軽にプログラムが作成できます。
- ② シーケンサとバス結合（業界初）
MELSEC-AOJ2とバス結合が可能で、余分な配線をいっさい使わずに入出力の増設ができます。

③小形・省スペース

幅300×奥行470×高さ450mmの省スペース形コントローラです。

④使いやすい操作パネル

起動・停止・原点出しなど、日常ひんぱんに使われる操作ボタン類をコントローラ前面のパネルにまとめました。

⑤知能化時代への対応

視覚センサ、パソコンとのリンクが可能です。

●豊富な標準ハンドリング・ツール

開閉式ハンド、真空吸着ハンド、回転曲げアクチュエータなどの標準ツールを豊富に揃えています。

本体仕様

形名	RH-P2		RC-P2		RV-P2
構造	水平関節形		円筒座標形		垂直多関節形
動作自由度	3軸	4軸	3軸	4軸	5軸
腕の長さ(mm)	400+250	400+250	660	685	300+300
最大速度(mm/sec)	3600(合成)	3600(合成)	1400(施回)	1400(施回)	2400(施回)
可搬重量(kg)	低速3, 中速5, 高速3	低速3, 中速3, 高速2	5	3	3
繰返し精度(mm)	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.1
重量(kg)	72	75	108	112	75

コントローラ仕様(RAP2形)

制御軸数	3～5軸
経路制御方式	PTP制御、CP制御
教示方式(動作モード)	位置：ティーチング、MDI 作業条件：MELFA-BASIC(23語)を使用したプログラミング方式
記憶容量	標準500点、最大4000点(オプション)
プログラム数	標準15本、最大99本(オプション)
入出力信号	汎用入出力各8点、専用入力各4点、専用出力5点 シーケンサAOJ2とバス結合(オプション)
機能	直線補間機能、3次元円弧補間機能、 パレタイジング機能、割込コントロール、 位置座標シフト、条件分岐