

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.59 No.11

11

1985

画像処理特集



画像処理特集

目次

特集論文

| | |
|-------------------------------|----|
| 画像処理の動向…………… | 1 |
| 中原昭次郎・前田 暁 | |
| 電力分野の図形画像処理システム…………… | 3 |
| 渡辺 進・池田一成・吉田敬史 | |
| 手書き図面自動読取りシステム…………… | 8 |
| 前田 暁・柴山純一・渡辺 進・高木 茂・飯田秀正 | |
| 半導体素子の組立ラインにおける画像処理技術の応用…………… | 13 |
| 本田文博・林 紹佳 | |
| カラー動画通信会議システム…………… | 17 |
| 久保 勤・浅野研一・村上篤道・伊藤 敦・有田雅雄 | |
| デジタル信号処理によるTV画質の改善…………… | 21 |
| 中島義充・水谷芳樹・玉木茂弘・伊藤 浩・村上篤道 | |
| 高精細度医用画像表示装置…………… | 26 |
| 徳富義宏・岩永勝嗣・大西 宏 | |

普通論文

| | |
|---|----|
| 1 kW溶融炭酸塩形燃料電池…………… | 31 |
| 村橋俊明・佐藤一直・松村光家・漆畑広明 | |
| 国際電信電話(株)納め非常用発電設備自動点検システム…………… | 36 |
| 水溜和哉・松元一彦・宇野秀也 | |
| 中部電力(株)駿遠変電所納め550kVガス複合開閉装置…………… | 42 |
| 川上英雄・瀧野陽一・中原幸二・望月幹夫・山本 宏 | |
| 新しい変電所の構成“四国電力(株)北松山変電所への監視システムの適用”…………… | 47 |
| 藤本洋一・山下忠男・小野 健・山内高雄・但田昭司・田中久雄 | |
| 電磁かくはん装置の設計におけるCAEシステム…………… | 52 |
| 川村光弘・福本紀久男・東 和彦・加藤之敏・阪部茂一 | |
| 電子計算機《MELCOM コンピュータシリーズ》における パケットネットワークシステム…………… | 57 |
| 新沢 誠・堂坂 辰・藤曲秀吉・吉田 稔・黒畑幸雄 | |

| | |
|------------|----|
| 特許と新案…………… | 62 |
| 超音波探触子装置 | |

スポットライト

| | |
|-----------------------|------|
| 航空機用統合化カラーディスプレイ…………… | (表3) |
|-----------------------|------|

表紙

三菱ビデオテックスターミナル VT-300

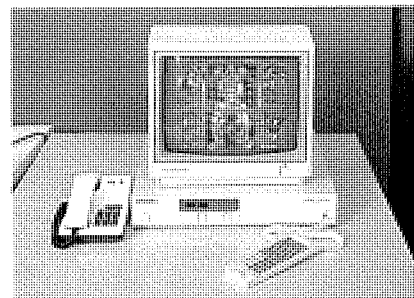
ビデオテックスシステムは高度情報化社会において大きな役割を果たすことが期待されている。

ビデオテックスは情報の受信だけでなく、双方向性に特徴があり、ホームバンキングシステム、ホームショッピングシステム、ホームリザーベーションシステムなどが実現されつつある。

当社ではビデオテックスシステムを構築するため、製品群を鋭意開発している。

表紙はビデオテックスターミナルVT-300が受信した画像情報を復号して表示した写真である。RS-232Cインタフェースをもつなど、業務用にねらいをしばって開発した製品である。

この画像は日本電信電話(株)の製作したビデオテックスシステムの実験用画像で、同社のご好意により表紙写真として使用させて頂いた。



アブストラクト

画像処理の動向

中原昭次郎・前田 暁

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 1～2

計算機を用いたデジタル画像処理は、1980年代に入りICメモリの発達とともに普及期を迎えた。画像処理の応用は広く、医用診断、リモートセンシング、工業応用、事務設計、情報通信、放送などと多方面にまたがっている。画像処理の技術は、画像の解析、認識などの画像処理ソフトウェアを中心に、専用プロセッサ、入出力デバイス、伝送、生成や画像ファイルの技術などから成り立っている。その実用化の動向について概説する。

カラー動画通信会議システム

久保 勤・浅野研一・村上篤道・伊藤 敦・有田雅雄

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 17～20

画像の帯域圧縮を基幹技術として、当社独自の方式によるカラー動画通信会議システムを完成したのでここに紹介する。動画システムに必要な条件、回線、機器構成、室内のレイアウト及びベクトル量子化技術による画像圧縮方式を説明し、伝送方式を簡単に述べる。最後に通信速度、384Kbps～1.5Mbpsとする動画伝送装置の性能諸元について述べる。

電力分野の図形画像処理システム

渡辺 進・池田一成・吉田敬史

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 3～7

近年の図形画像処理技術の進展は目覚ましく、従来困難とされていた図面の自動読取り・認識を可能としている。一方、電力事業では、高度情報化社会の到来に対応して、最新エレクトロニクス技術を駆使した業務の機械化、設備の自動化を積極的に推進している。本稿では、電力設備計画設計支援システム（電力CAE）に適用する図形画像処理技術と、実用化された配電線図面処理システムを中心に、電力分野における図形画像処理システムについて報告する。

デジタル信号処理によるTV画質の改善

中島義充・水谷芳樹・玉木茂弘・伊藤 浩・村上篤道

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 21～25

現行方式TVの画質を改善するため、フィールド内デジタル信号処理による実用的な画質改善システムを開発した。このシステムは画像の変化に着目し、複合映像信号から輝度信号と色信号を精度よく分離できる適応形YC分離デジタルフィルタと、複合映像信号から直接あらゆる方向の輪郭信号が抽出可能な適応形輪郭補償デジタルフィルタで構成される。この画質改善システムをTV受像機と接続し、高画質・高解像度の画像を得ることができた。

手書き図面自動読取りシステム

前田 暁・柴山純一・渡辺 進・高木 茂・飯田秀正

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 8～12

CADの発達により手書き図面を自動的に認識して計算機へ入力する技術に対する要求は高まり、実用化のための開発が続けられてきた。この技術は図面の種類及び利用システムの形態の多様性からシステムに密着して開発を進めることが必要であるが、一方、共通技術を標準化してパッケージ化することも重要な要素となる。当社で製品化中の図面読取りシステム及びその応用例である設備図面読取り、加工図面読取りについて紹介する。

高精細度医用画像表示装置

徳富義宏・岩永勝嗣・大西 宏

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 26～30

X線写真像をCRTディスプレイに表示させ、医師の各種診断に利用する高精細度医用画像表示装置を開発している。この装置は走査線数が2,105本の高精細度CRTディスプレイ、記憶容量3.2Mバイトの高速フレームメモリ（画素構成：1,536×2,048,階調：8ビット）及び画像信号処理用のMC68000マイコンシステムから構成されており、（財）医療情報システム開発センターからの委託により試作したものである。

半導体素子の組立ラインにおける画像処理技術の応用

本田文博・林 紹佳

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 13～16

半導体素子の組立ラインにおいては、個別半導体、ICをとわず画像処理技術の応用が盛んである。代表的なものだけでもダイボンダ、ワイヤボンダの自動化への適用などが挙げられる。本稿では、最近の画像処理適用例として「ハイブリッドIC組立ライン」を紹介し、そのうちからブリンタ、プレーサ、パワートランジスタ検査装置をとりだして、画像処理技術の適用例を紹介する。

1kW溶融炭酸塩形燃料電池

村橋俊明・佐藤一直・松村光家・漆畑広明

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P 31～35

面積1,225cm²のセルを10セル積層した1kW溶融炭酸塩形燃料電池を開発し、電力中央研究所武山試験研究センターで長期の連続運転試験を行い、最大出力1.1kWと連続発電運転1,500時間を達成した。また、面積300cm²の小形セルを用いた寿命試験において6,500時間の運転を行った結果、セル電圧の低下は1,000時間当たり4mVと小さく、長時間の運転に耐えることが明らかになった。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 17 ~ 20 (1985)

A Full-Motion Color Teleconferencing System

by Tsutomu Kubo, Ken'ichi Asano, Tokumichi Murakami, Atsushi Ito & Masao Arita

The article introduces a new color teleconferencing system developed by Mitsubishi Electric using vector-quantizing technology to compress the bandwidth. The article explains the transmission method in simplified terms and describes the conditions, communication lines, equipment configuration, and room layout required for motion teleconferencing. It concludes by summarizing the performance specifications of the data-transmission unit, which operates over the range of 384kps ~ 1.5Mbps to transmit the motion-video signal.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 1 ~ 2 (1985)

Trends in Image Processing

by Shojiro Nakahara & Akira Maeda

Advances in IC memory technology since 1980 have brought computerized digital-image processing technology into a period of broad growth. This technology spans a wide range of applications, including medical diagnosis, remote sensing, industrial processing, in-office designing, data transmission, broadcasting, and many other fields. Hardware technologies include dedicated processors, I/O devices, and data-transmission, image-generation, and image-file handling equipment, while software technologies include image analysis and pattern recognition. The article reviews trends in how these technologies are being implemented.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 21 ~ 25 (1985)

Picture-Quality Improvements in NTSC and PAL Systems by Digital-Signal Processing

by Yoshimitsu Nakajima, Yoshiki Mizutani, Shigehiro Tamaki, Hiroshi Ito & Tokumichi Murakami

A digital-signal processing system has been developed to improve the quality of NTSC and PAL system television pictures. The system consists of two adaptive digital filters that process individual fields of the composite video signal: a YC separation filter that detects changes in the image data and performs YC separation to precisely resolve the luminance and color signals, and a contour-compensation filter that can extract contour signals of all directions directly from the composite video signal. When attached to a television receiver, the system provides a high-quality, high-resolution picture.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 3 ~ 7 (1985)

An Image and Graphic Data-Processing System for Use by Electric Utility Companies

by Susumu Watanabe, Kazushige Ikeda & Takashi Yoshida

Rapid advances in image and graphic data-processing technology have achieved development of automatic input and systems for diagrams and freehand drawings that are capable of distinguishing and recognizing individual picture elements. The Japanese electric-power industry is leading the trend toward an information-oriented society by employing new electronic technologies to mechanize and automate its operations. The article reports on the use of image and graphic data-processing systems in the electric-power industry, focusing in particular on the adaptation of this new technology in a computer-aided engineering system for power systems and a computer mapping system for power-distribution networks that is now in actual operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 26 ~ 30 (1985)

A High-Resolution CRT for Medical Use

by Yoshihiro Tokutomi, Katsushi Iwanaga & Hiroshi Onishi

Mitsubishi Electric has developed a high-resolution CRT system that can display X-ray film images as a medical diagnostic aid. The system consists of a high-resolution CRT with 2,105 scanning lines, a 3.2 megabyte high-speed frame memory, and an MC68000 microcomputer system to perform image processing. The memory architecture is 1,536 × 2,048 pixels, each with an 8-bit gradation scale. The system was produced experimentally for Japan's Medical Information System Development Center.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 8 ~ 12 (1985)

An Automatic Drawing Reader

by Akira Maeda, Jun'ichi Shibayama, Susumu Watanabe, Shigeru Takai & Hidemasa Iida

Development of CAD systems has spurred demand for an input device that can automatically enter freehand diagrams into a computer system. This has stimulated extensive research: the technology must be flexible enough to accommodate many types of diagrams and application systems, while at the same time meeting demand for a standardized package. The article introduces such an automatic drawing reader and examples of its application in reading equipment and process diagrams. This reader, developed by Mitsubishi Electric, is currently being prepared for commercial production.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 31 ~ 35 (1985)

The Development of a 1kW Molten-Carbonate Fuel-Cell Stack

by Toshiaki Murahashi, Kazunao Sato, Mitsue Matsumura & Hiroaki Urushibata

A molten-carbonate fuel-cell stack developed by Mitsubishi Electric has shown outstanding performance in a long life test at the Takayama Test and Research Center of the Central Research Institute of the Electric Power Industry. The stack, which consists of ten individual cells having an area of 1.225cm², was operated continuously for 1,500 hours at a maximum output of 1.1kW. A second, smaller cell with an area of 300cm² operated for 6,500 hours in an identical test. The voltage drop of the small cell was only 4mV per thousand hours, clearly demonstrating a capability for long-term operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 13 ~ 16 (1985)

The Application of Image-Processing Technology to Semiconductor-Device Assembly Lines

by Fumihiro Honda & Tsugiyoshi Hayashi

Image-processing technology is being rapidly adopted in semiconductor-device assembly lines for both discrete devices and ICs, generally to automate die-bonding and wire-bonding processes. The article describes the adaptation of image-processing technology to a hybrid-IC assembly line, discussing its application in the printer, the placer, and the power-transistor inspection unit.

アブストラクト

国際電信電話(株)納め非常用発電設備自動点検システム
水溜和哉・松元一彦・宇野秀也

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P36～41

非常用発電設備は商用電源停電時に給電して、施設の機能を維持するための重要な責務を負っている。このため日常の点検運転と保守は極めて大切である。このたび、KDDビルに非常用ガスタービン(2×3500kVA)設備とその自動点検システムを納入したので紹介する。このシステムは、今後各方面の同様設備に応用されることが期待されている。

電磁かくはん装置の設計におけるCAEシステム

川村光弘・福本紀久男・東 和彦・加藤之敏・阪部茂一

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P52～56

鉄鋼の連続鑄造設備において、鋼材の品質向上や歩留まり向上のため、溶鋼を電磁力でかくはんする電磁かくはん装置(EMS)の需要が増大している。この装置は、既存の連鑄設備に取り付けられるため、設置空間や特性に関する制限条件が厳しい。したがって、大きな電気装荷のEMSを既存の設備との干渉を避けた複雑な構造で実現する必要がある。ここでは、その設計のために数値解析を駆使したCAEシステムを開発したので概要を紹介する。

中部電力(株)駿遠変電所納め550kVガス複合開閉装置

川上英雄・瀧野陽一・中原幸二・望月幹夫・山本 宏

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P42～46

駿遠変電所は、第2期500kV昇圧工事により、中部電力(株)の中で最大容量の変電所になった。今回採用した550kVガス複合開閉装置には、二点切りガス遮断器が適用され、送電線引込口保護用として新たに軽責務形酸化亜鉛形避雷器を開発した。また、この変電所は地盤が軟弱なため、機器の耐震仕様が検討された。

電子計算機《MELCOMコンピュータシリーズ》における
パケットネットワークシステム

新沢 誠・堂坂 辰・藤曲秀吉・吉田 稔・黒畑幸雄

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P57～61

当社計算機・端末製品間を国際標準で規定するX.25パケットを基に、機種間を対等な関係で接続して情報処理が可能な水平分散ネットワークシステムを実現した。ネットワーク構成は、DDXパケット網や特定回線を利用した広域網のみならず、当社のローカルエリアネットワーク製品《MELNETシリーズ》を利用した構内網での利用も可能である。本稿では、ネットワークシステムの特長とサポート機種の実現方式について紹介する。

新しい変電所の構成“四国電力(株)北松山変電所への監視システムの適用”

藤本洋一・山下忠男・小野 健・山内高雄・但田昭司・田中久雄

三菱電機技報 Vol.59・No.11・P47～51

北松山変電所は、大電力を供給する重要度の高い、しかも環境調和を考慮したコンパクトな無人変電所である。このため、変圧器は防音建屋内に設置し、GISには全三相一括形を適用して、二次側は防音建屋上に設置するなど配置上の工夫のほかに、6,000A主母線を採用して大容量化を達成している。更に、主変圧器とGISには光伝送を駆使する本格的な監視システムを適用するなど、新技術を駆使して信頼性の向上も達成した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 52 ~ 56 (1985)

An Electromagnetic Stirrer Designed by Computer-Aided Engineering

by Mitsuhiro Kawamura, Kikuo Fukumoto, Kazuhiko Higashi, Kunitoshi Kato & Shigekazu Sakabe

Electromagnetic stirrers raise the quality and yield of continuous casting machines, so demand for these stirrers continues to grow. Mitsubishi Electric had been developing an electromagnetic stirrer for installation in existing continuous-casting machines, and because of the stirrer's high electrical load and dimensional restrictions, a special design was needed to prevent it from interfering with previously installed electrical equipment. The article introduces a computer-aided engineering system employing numerical analysis that was developed to determine suitable design parameters.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 36 ~ 41 (1985)

An Automatic Inspecting System for Emergency Generator Facilities Delivered to Kokusai Denshin Denwa Co.

by Kazuya Mizutamari, Kazuhiko Matsumoto & Hideya Uno

Emergency generator facilities are responsible for sustaining the functions of the protected equipment in the event of stoppages in the commercial power supply. It is therefore essential to operate and inspect these facilities daily. The article describes an automatic inspection system installed in the KDD building that automatically tests the building's two 3,500kVA emergency gas turbines. Similar installations in other essential facilities are expected to follow. KDD administers and maintains Japan's international telephone and cable communications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 57 ~ 61 (1985)

A Packet-Network Support System for the MELCOM Computer Series

by Makoto Shinzawa, Shin Dosaka, Hideyoshi Fujimagari, Minoru Yoshida & Yukio Kurohata

Mitsubishi Electric has developed a horizontally distributed network system based on the international standard $\times 25$ packet that provides equal priority links between MELCOM computers and terminal equipment. In addition to linking a digital-data-exchange packet network and nonswitched lines into a wide-area network, the system can also incorporate a MELNET, the Corporation's local-area network. The article introduces the features of the packet-network system and the methods employed in developing its support equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 42 ~ 46 (1985)

550kV Hybrid Gas-Insulated Switchgear for the Sunen Substation of the Chubu Electrical Power Co.

by Hideo Kawakami, Yoichi Takino, Koji Nakahara, Mikio Mochizuki & Hiroshi Yamamoto

In 1985, facilities were completed at the Sunen substation of the Chubu Electric Power Co. to raise the transmission voltage to 500kV as a second-stage project, making it the company's largest-capacity substation. Mitsubishi Electric supplied the hybrid 550kV gas-insulated switchgear for the project. This switchgear consists of a double-break gas circuit breaker, and a new lightweight metal-oxide surge arrester developed to protect the equipment around the line entrance. Since the ground at the site of the substation is soft, measures to reinforce this equipment against earthquakes were also implemented.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 11, pp. 47 ~ 51 (1985)

The Application of an On-Line Diagnostic System to the Kita-Matsuyama Substation

by Yoichi Fujimoto, Tadao Yamashita, Takeshi Ono, Takao Yamauchi, Shoji Tada & Hisao Tanaka

The Kita-Murayama Substation is a compact, unsupervised facility designed to provide a large power supply while preserving harmony with the environment. The transformer and three-phase-enclosure gas-insulated switchgear are housed in a soundproof enclosure with the transformer secondary mounted on top. In addition, the capacity of the main bus has been increased to 6,000A. Mitsubishi Electric has developed an on-line diagnostic system for the substation that uses several new technologies and fiber-optic data communications to monitor the transformer and its gas-insulated switchgear, raising overall reliability.

計算機技術を用いて画像をデジタル処理するという技術の研究開発は1960年代から始められていたが、画像という膨大なデータを記憶するメモリ容量と2次元配列の画像データを直列に処理するために計算時間が異常にかかるという点がネックとなって、実用化は夢と考えられていた。70年代に入るとICメモリが普及し、各種の画像処理専用プロセッサが研究開発され、実用化が進み出した。最初は大形のシステムの開発が進み、地球観測衛星から送られた地表の画像の合成写真や、X線CTの断層像が、社会的にもデジタル画像処理技術の有効性を証明した。

その後、工業応用などの各種分野で実用化の努力が続けられたが、当時の開発は前述のメモリ容量からくる価格と処理時間との闘いであつた。

80年代に入るとICメモリの発達により256Kビットのチップが出現し、価格が著しく低下し、デジタル画像処理の普及期を迎えた。

図1.に画像処理の開発の流れを示すが、ICメモリの発達では図に示すように、大体3年ごとに4倍の容量のダイナミックRAMのチップが出現している。最近256Kビットのチップの普及により、1Mバイト当たり1万円という価格に近づくにつれ、種々の情報処理装置において画像を扱うのは常識で、しかも何らかのデジタル画像処理技術を用いているという本格的な普及期を迎えた。

画像処理技術の特徴は、技術的に多様であるとともに、利用面においても広い分野に関連していることである。図1.のように、情報処理のあらゆる分野に取り入れられつつある。

医用診断の分野では、X線や超音波センサのデータを見やすい画像に変換するという目的で実用化が図られてきたが、特に断層像を合成するX線CTの装置は大きな普及をみた。最近核磁気共鳴により、人体内の水や脂肪に含まれる水素原子核の状態を画像化するNMR-CTの実用化が進められている。

宇宙開発とともに発展したリモートセンシングの分野では、気象衛星や地球観測衛星に搭載されたセンサのデータから、高精度の地表の画像を作成する技術と、この画像を解析し利用する技術とが開発され、実用化されてきた。我が国でも海洋観測衛星MOS-1、資源探査衛星ERS-1が計画されており、特にERS-1ではホログラムを利用して高い分解能の画像を得る合成開口レーダ(SAR)の搭載が予定され、資源探査への利用が期待されている。

工業応用の分野では、生産ラインにおける目視による検査・計測を自動化する装置の実用化、及び組立加工における視覚センサの利用が活発に行われ、半導体の組立などにおいて著しい効果をあげた。部品の組立においても、局部特徴の抽出とフォーカシングによる深さ検出を組み合わせることで、物体が重なりあっている場合の部品の識

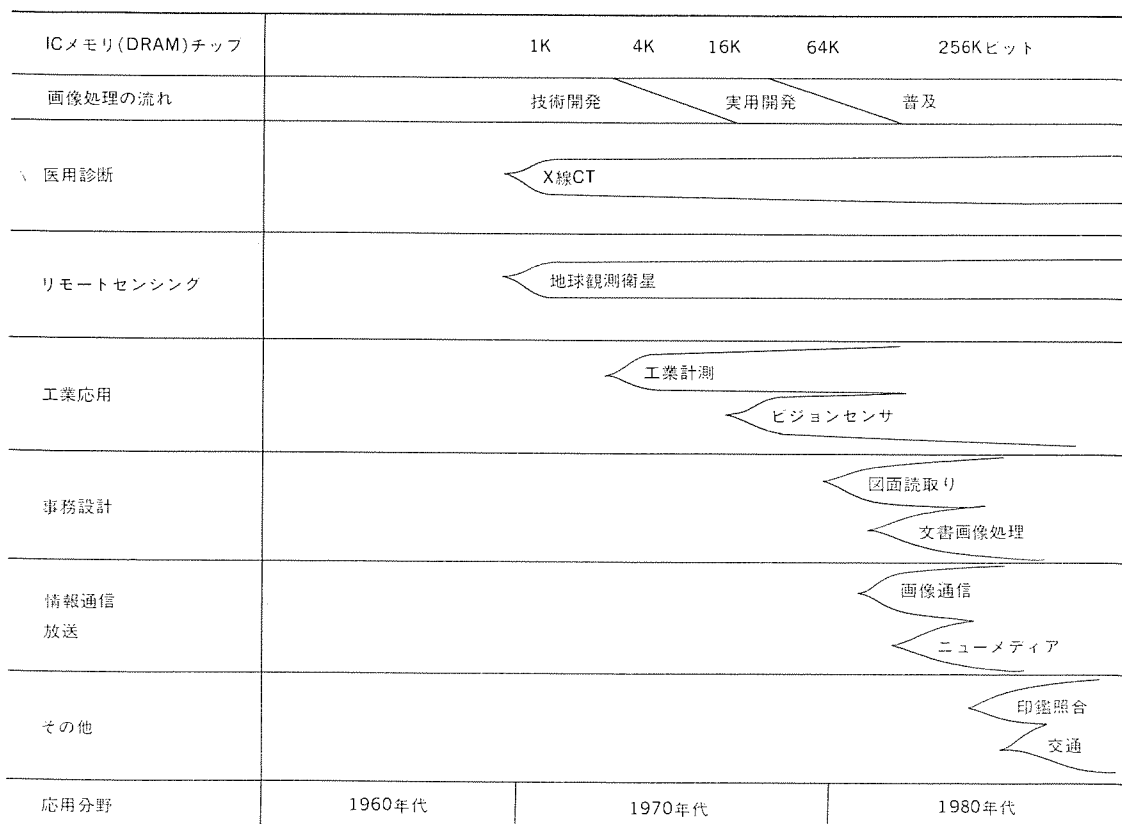


図1. 画像処理の開発の流れ

別が可能となった。

また、光学センサ以外の各種のセンサのデータを可視化する技術も、製造における非破壊検査やプラントにおける診断・探査の分野で実用化が進んでいる。

最近画像処理技術が普及して新しい分野での利用が進んでいる事務設計の分野では、図面の処理やドキュメントの処理がクローズアップされている。

設計の分野では、製造業・非製造業共に大量の図面が扱われており、CADの発達により、このデータの計算機への入力が大きき問題となっている。図面読取り技術への期待は大きく、種々の分野で実用化が進められている。電力向けの配電線路図の作成においては、地形図から道路・建物などを分離し認識する階層化技術や、既存の地形図上に手書きされた電柱などの設備シンボルを分離し認識する技術の開発が行われている。またオフィスにおける文書を計算機処理する技術も文字認識技術と融合して進められている。

画像の伝送の分野でも帯域圧縮技術や表示技術にデジタル画像処理の技術が取り入れられるようになってきた。例えばテレビ会議において、カラー動画像を毎秒10枚程度で、通常のデジタル回線(64 Kbps)により伝送できるビデオコーデックが開発されている。これはベクトル量子化技術によりデータを1,400分の1に圧縮することにより可能となった。

画像処理の応用システムや機器は図2に示すような技術により構成されている。中心は画像の解析・認識などの処理アルゴリズム(画像処理ソフトウェア)であり、今後は人工知能に関連した画像理解なども期待されている。また、これらは伝送における画像帯域圧縮技術やコンピュータグラフィックスなどの生成技術と関連を深め、応用が広がっている。特に図面読取りなどでは図形処理ソフトウェアと密接に結びついている。

これらのアルゴリズムは計算機のソフトウェアで実現するだけでは時間がかかるため、画像処理の専用プロセッサを用いて実用化されることが多い。専用プロセッサとしては、かなり汎用的なものも現れているが、応用分野ごとに専用化されたものが多い。大規模高速処理を目指した、1,024個のプロセッサエレメントからなる並列処理用のセルラレープロセッサも開発されている。また最近ではLSI化が進み、小形低価格な専用プロセッサが実現されている。

画像の入出力デバイスの発達も目を見はるものがある。画像の出力としてはCRTディスプレイによる表示とプリンタによる記録があるが、表示デバイスとしては、ラスターキャン方式のカラーグラフィックディスプレイが計算機システムのあちこちに見られるようになり、高精細度ディスプレイの開発も進んだ。また大形ディスプレイもCRT使用の方式に

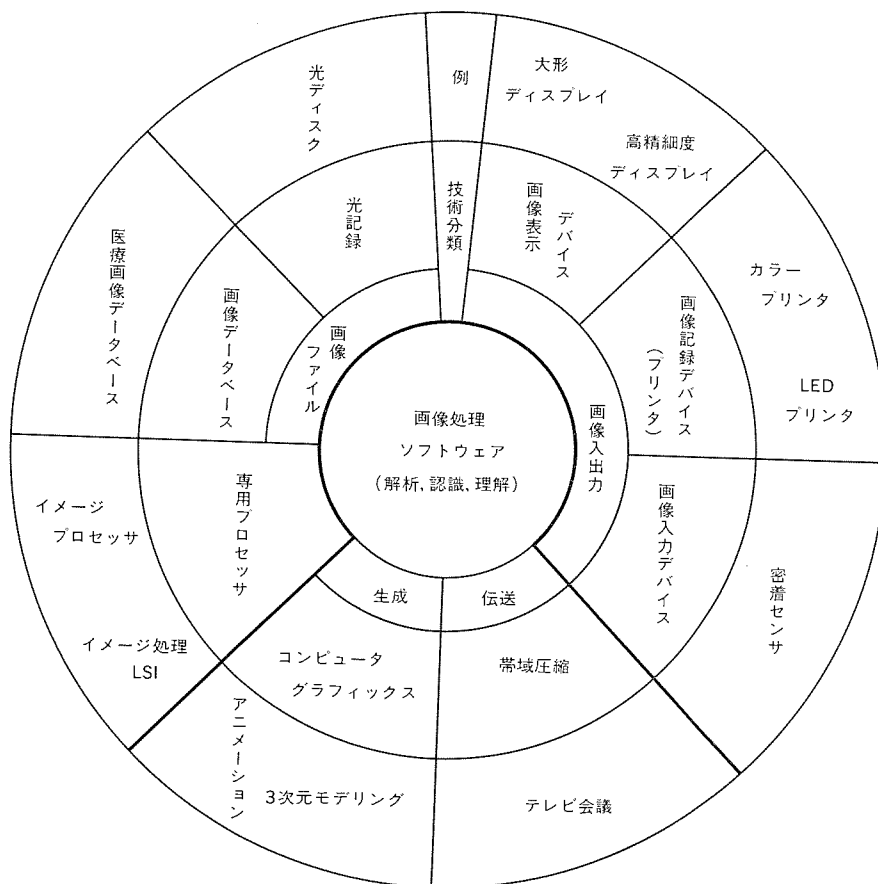


図2. 画像処理の関連技術

加えて、任意サイズの組立が可能で、透過形液晶を用いた装置が登場した。一方、プリンタも静電・感熱記録の各種印写技術が進み、図面などの出力も静電プロッタで高速に行われるようになり、また熱転写方式によるカラープリンタでは240ドット/インチの高解像度で7色のプリント出力が得られるようになった。画像入力デバイスも、CCDセンサやアモルファスシリコンによる密着イメージセンサの発達により、安価な読取り装置が実現した。

今後大きな発展が期待されている画像ファイル関連の技術については、光ディスクによる大容量の画像ファイルが使われるようになり、また今後は画像の検索に関する画像データベース技術も実用化を迎えると思われる。

画像処理の応用システムは、既存のシステムに付加して画像を取り扱う機能を追加していく形態をとることが多いため、どの部分にどのような形態で使うかという応用技術が実用化のかぎ(鍵)を握ることが多い。この面についても長い間の実用化の努力によりノウハウが蓄積されてくるとともに、近年、広い分野の人が画像処理技術に関心をもち、システムに関するノウハウをもった人を中心に開発が進められるようになったのが普及を更に促している。

今後画像処理技術は、ますます多くの分野で使われるようになるとともに、各種の技術も進歩し、更に高度な処理が可能になると思われる。

電力分野の図形画像処理システム

渡辺 進*・池田 一成*・吉田 敬史*

1. ま え が き

図形画像処理システムは、近年の計算機性能の飛躍的な向上、記憶素子の大容量化と大幅なコスト低下により、各方面で実用化を開始している。更には、画像認識技術と知識工学を組み合わせた高度意思決定支援システムの研究開発も行われている。電力分野においては、電力プラントの監視、保守保全、設備計画管理、運転制御の高度マシンなどに図形画像処理技術の新しい応用が期待されている。本稿では、電力分野における図形画像処理システムと、その一例として既存の手書き図面を読み取り、複雑・膨大な枚数の設備図面を高速自動作成する、配電線図面処理システムについて紹介する。

2. 電力分野の図形画像処理技術

従来から発電所構内の遠隔監視ITVシステムや気象情報システムなどに図形画像処理技術は適用されてきたが、いずれも映像情報の正確な伝達を目的とするものであった。しかし近年、手書き文字認識、ロボット視覚センサなどの図形画像の変換、図形画像の認識、コンピュータグラフィックスによる図形画像の生成が実用化され、電力分野でも本格的な図形画像処理技術を応用した、新しいシステムの検討が行われている(表1.)。

電力分野においては、プラント運転制御用計算機と結合した設備故障診断システム、大形ホスト計算機と接続した設備図面管理システム、視覚情報処理を行う保守点検作業ロボット、技術者の設計解析を支援する電力CAE(Computer Aided Engineering)など、用途目的に

表 1. 電力分野の図形画像処理システム

| | 設備保守・保全 | 設備運転・制御 | 設備計画・管理 |
|---------|---------------|-------------|----------------|
| 応用システム例 | 設備故障診断システム | 遠隔監視ITVシステム | 経営情報管理システム |
| | 保守点検作業ロボット | 気象情報システム | 電力設備計画設計支援システム |
| | 地中埋設物探査システム | 設備運転支援システム | 配電線図面処理システム |
| | 保守支援ガイダンスシステム | 運転用訓練シミュレータ | 地域環境計画システム |

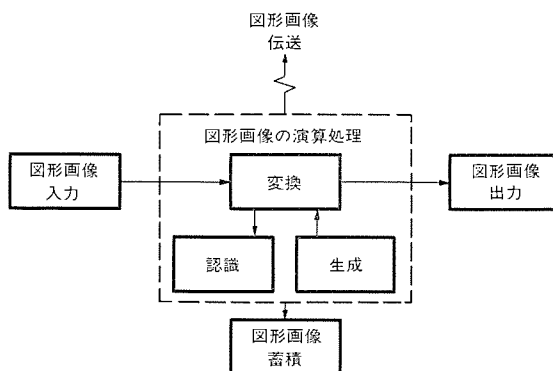


図 1. 図形画像処理の要素技術

対応した各種の図形画像処理システムが形成される。

2.1 図形画像処理の要素技術

白黒の2値データによる線図形を主体とする図形処理、また面的に連続して配置された濃淡(色彩)多値データを扱う画像処理は、文字数値情報処理に比べ圧倒的に情報量が多く、処理時間のかかることが最大の欠点であったが、高速画像専用プロセッサの開発により処理の高速化が図られ、各分野で応用の具体化が急速に進展している。図形画像処理技術の適用方法は、応用システムの用途目的により種々であるが、概略次のように区分される(図1.)。

(1) 図形画像の変換

入力イメージ情報に対し画素ごと、小領域ごとに濃淡変換、拡大縮小/回転/細線化などの幾何学的変換、二次元直交変換などの高度画像演算処理を行う。処理結果出力を人間が目で見えて判断し、原画像データの中からの新たな発見を目的とする。

(2) 図形画像の認識

入力イメージ情報から対象物を分離抽出して、画像計測、形状測定を行う。また形状特徴量の算出により対象物の認識判定を行う。

(3) 図形画像の生成

文字数値情報により定義される対象物の条件から、演算処理により図形画像データの創造を行う。濃淡・陰影処理、隠線処理による立体形状の高速表示が要求される。

図形画像データの入出力装置として、高速・高密度(12ドット/mm以上)データ入力を行うイメージリーダと大形高密度のグラフィックディスプレイ、電子式プリンタ装置なども、図形画像処理システムの重要な構成要素となる。

2.2 電力CAE

電力設備の新增設に際しての計画・設計・解析、既存設備の保守・管理を計算機処理する電力設備計画設計支援システム(電力CAE)は、文字数値情報と図形画像情報を扱い、非定型少量多種業務を効率よく即応処理し、技術者の意思決定支援を行う。電力CAEは、図2.

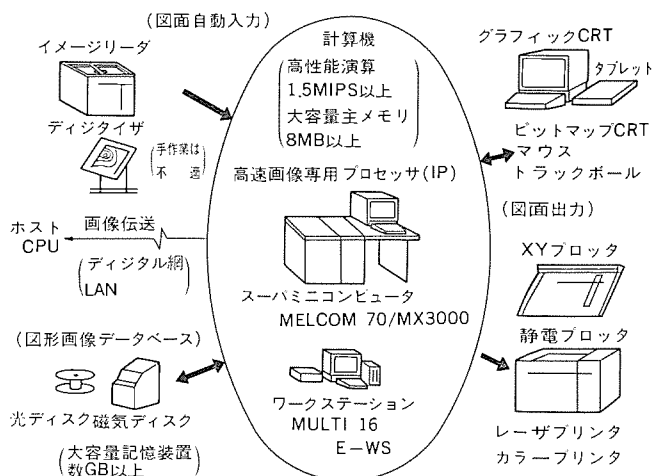


図 2. 電力CAEの基本構成

に示すように、32ビットスーパーミニコンと高速画像専用プロセッサを中心に、図形画像データの入出力周辺装置及び大容量の図形画像データベースから構成される。

(1) 高速図形画像処理

- (a) 専用プロセッサによる画像処理基本アルゴリズムの高速演算
- (b) 三次元立体図形の隠線処理と高速作図処理

(2) 図形画像データ入出力

- (a) 手書きスケッチ図面の自動読取り、監視設備映像の画像入力
- (b) 文字数値コードデータ、図形ベクトルデータ、画像イメージデータの合成編集処理結果の表示出力、プロッタ装置への大形図面出力
- (c) 計算機との対話操作による図形画像データの作成・修正

(3) 図形画像データベース

既存の文字数値による電力設備データと、図形画像データを論理的に結合した複合大規模データベース。

2.3 電力設備図面の自動読取り

我々の情報伝達の第一手段は言葉、文章であるが、物の生産過程では図面が必ず(須)となる。また設計図面は対象物を記述定義する情報伝達媒体であり、試行錯誤の検討段階、検討結果を反映する重要なものである。このため電力CAEでは、図面作成の機械化はもちろん、図面の自動読取り、更に図面に記載する図形と諸元、設備定義文字を自動認識理解できる人間並みの自由な図面情報の取扱いが必要となる。

図面情報の計算機入力手段は、ディジタイザ、タブレットによる人工作业が一般的であるが、大量図面の入力には膨大な作業時間を要するため、図面自動読取り装置の出現が強く要望されている。しかし現状では、実用化されている図面自動読取り装置は、特定種の設計画面、記載制約条件のある図面についてのみ可能であり、既存の手書き設計図面、地形図など、自由度の高い図面の自動読取りは困難であった。

図面自動読取りの要素技術は、図3.に示すように図面の自動入力による2値化処理、ノイズ除去などの前処理と、線認識・シンボル認識・文字認識などの形状解析識別判定技術、及び図形画像の保存検索に関するデータベース技術により構成される。電力設備図面の自動読取りは、下記の要因を考慮して効果的な実用化システムとすることが重要である。

(1) システムの用途目的に適合した図面自動読取り、作成方式の選択

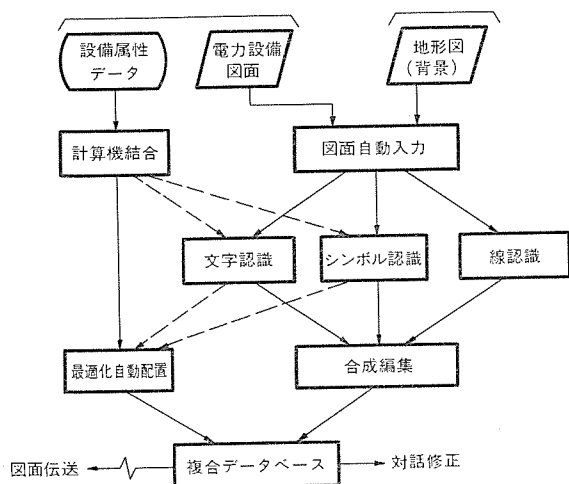


図3. 図面自動読取りの要素技術

- (2) 電力設備属性データの有効活用による図面認識率の向上
- (3) 図面読取りエラー発生時の修正、図面更新のマンマシン操作
- (4) 事業所・部門間の図面伝送方式と図面管理方式

3. 配電線図面処理システム

電力会社の配電部門では、電柱、電線などの複雑膨大な電力設備機器を維持管理するため、従来から大形ホスト計算機による機械処理を実施している。この配電業務機械化システムは、管理対象の配電設備機器を支持物、電線、変圧器、開閉器などに大別し、更に種別ごと、1基1径間ごとの個別詳細データを登録定義し、個別需要家からの工事依頼に対応した膨大な件数の工事受付・設計・資材手配・工程管理などを機械化処理する。配電線図面は、配電設備機器データを地形図上にシンボル・文字コードで記載したもので、電力会社ごと、数万から数十万の大量図面枚数となる。配電工事に伴う図面修正更新作業は月間数千件以上に達するが、従来の図面管理・運用方式ではすべて入手作業に頼っていた。

配電線図面処理システムは、配電線図面の自動作成と設備図面を使用した対話形工事設計を実現するもので、図面更新作業の省力化はもとより、配電設備の工事計画・設計・管理を一貫連係して処理する配電総合業務機械化システムの構築を実現する(図4.)。

3.1 システム概要

配電線図面処理システムは、既存の手書き作成した膨大な配電線図面を自動読取りして、従来の機械化システムに登録されていない地形図データの生成とシンボル認識処理による設備座標データの自動発生を行い、工事異動後の最新設備状況を表す配電線図面を高速(数分/枚)で自動作成する。また、ホスト計算機と連係して、グラフィックディスプレイに表示する設備図との対話方式による工事設計を実施する。

(1) 配電線図面の自動作成

- (a) 地形図処理：配電線図の背景である地形図をイメージリーダで自動入力し、ランレングスベクトル化と図面枠の自動認識により、サイズ補正処理した高精度の地形図を作成する。また線ベクトル化(線認識)と形状解析による道路・家屋の判定、文字シンボル小領域の抽出を行い、地形図の階層化登録を行う。
- (b) 配電設備図処理：既存の手書き配電線図面を自動入力して電柱シンボルを自動認識した後、既存登録済みの設備データと対応付けて、地形図上に電柱、電線からなる配電設備データを自動作図する。

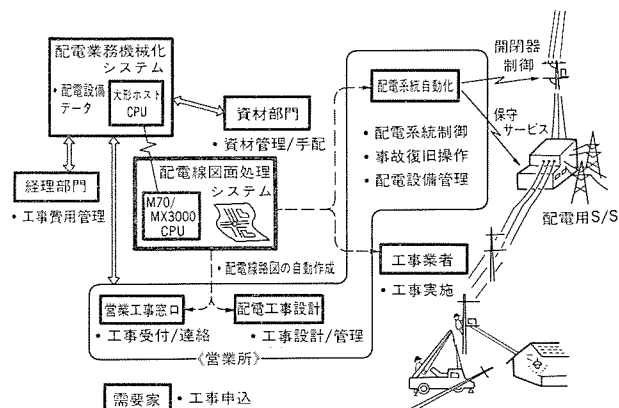


図4. 配電総合業務機械化システム

(2) 対話形工事設計

任意地点の配電設備図を拡大・縮小・移動・編集して表示する。配電線路図上の設備の選択・追加・削除・諸元変更操作と装柱設計など、各種工事設備の設計を対話式に行う。

3.2 システム構成

システムの基本構成は、高速演算を行う 32 ビットスーパーミニコン《MELCO M 70/MX 3000》、ファクシミリ形式のイメージリーダ《MELFAS 850 S C》、図形画像演算の基本アルゴリズムを高速処理する専用イメージプロセッサ IP、図形の表示及び工事設計の対話装置となるグラフィックディスプレイ M 4328、大形図面を高速作図出力する静電プロッタ M 2131 からなる。また通信回線により、ホスト計算機、遠隔営業所などに設置するイメージワークステーション E-WS と結合する (図 5.)。

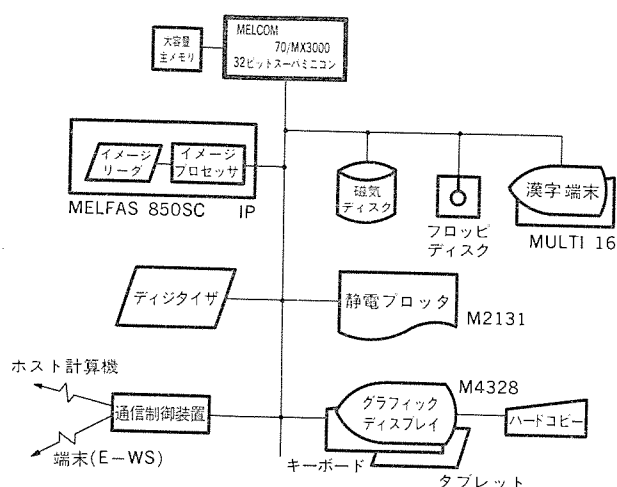


図 5. ハードウェア構成図

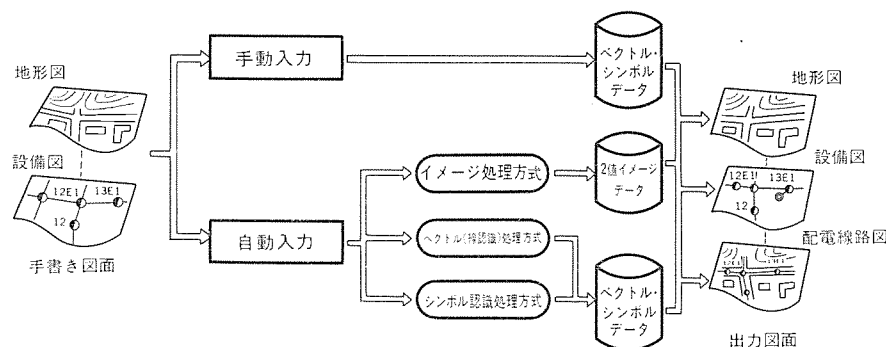


図 6. 図面作成フロー

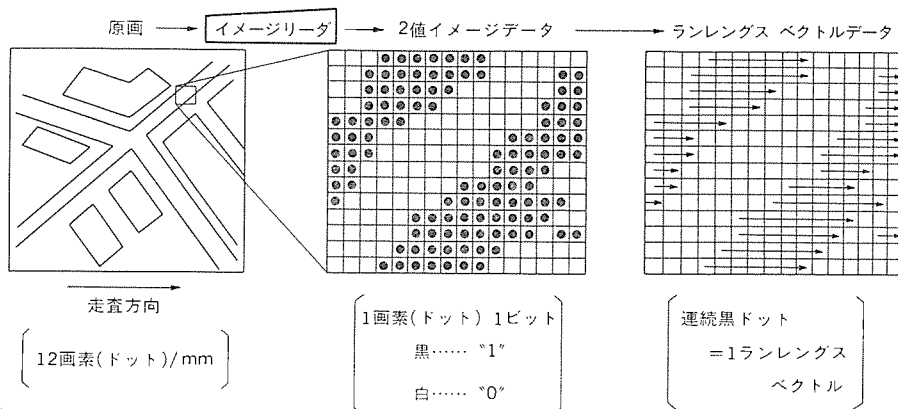


図 7. ランレングスベクトル化処理

3.3 配電線路図の自動作成

図面自動作成処理方式を図 6. に示し、各方式の処理概要を以下に説明する。

(1) イメージ処理方式

既存の大形 (A2 サイズ) 地形図を縮小複写した後、イメージリーダ (解像度: 12 ドット/mm) により白・黒 2 値データとして計算機に自動入力する。高速専用プロセッサにより、入力データの水平方向に続く一連黒点 (ラン) を 1 本のベクトルデータとするランレングスベクトル処理を行い (図 7.), 微細ベクトルの集合データとする。ランレングスベクトルは太線の再現性が良く、20~50% のデータ圧縮が可能のため、地形図の表現に適している。

地形図データの四隅枠を自動認識し、地形図と設備図の基準位置点を合致させた後、図面全域にわたり位置誤差 (0.3 mm 以下) がないように、サイズ補正処理を実施して高精密度な合成編集を行う。また、隣接する複数枚の図面を接続する場合には、基準点をもとにした縮小・位置合せを行い結合処理する。

イメージ処理方式の図面自動作成手法を以下に示す。

- 地形図基準点 (図面四隅枠) の自動認識
- 図面メッシュ No. からの地形図論理サイズの算出
- 地形図のサイズ補正処理
- 地形図、設備図の高精密度合成編集
- 経線、緯線 (100m 四方) の計算機による作図
- 設備文字情報の最適化自動配置

図 8. にこの処理方式で作成した配電線路図面の出力例、図 9. にグラフィックディスプレイ表示例を示す。

(2) ベクトル (線認識) 処理方式

自動入力する地形図の縮尺変更、また地形図上の建屋、道路などを階層別処理する場合は、入力データの線ベクトル化及び特定線分の抽出と、形状特徴量の解析による線分認識判定が必要となる。線認識は、点列データを直線近似し、直線は 1 本のベクトルで、曲線は短ベクトルの集

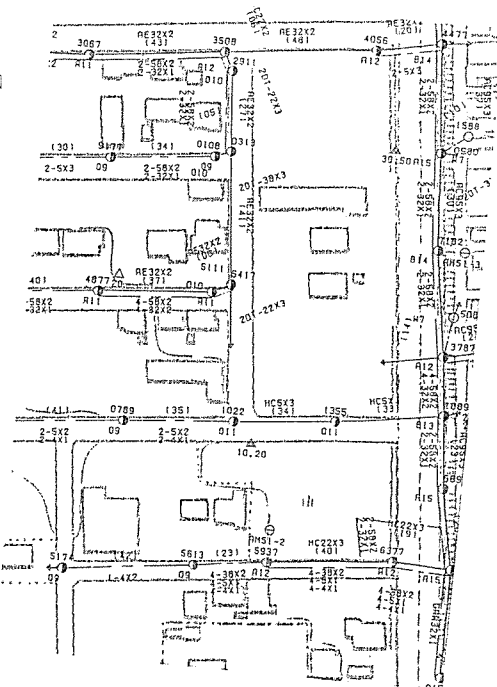


図 8. イメージ処理方式の配電線路図面

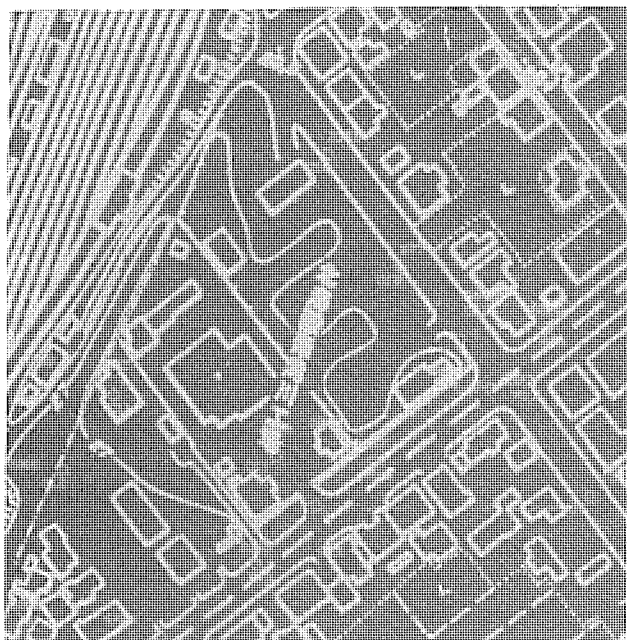
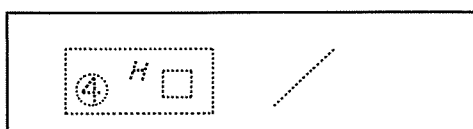
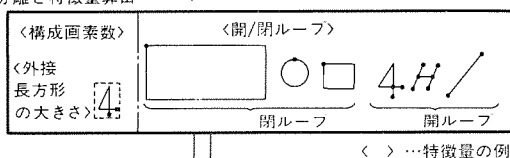


図 9. グラフィックディスプレイの表示例

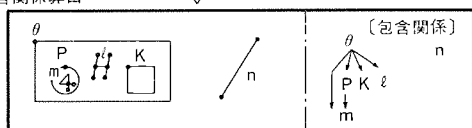
①入力図面の点列情報



②連結要素分離と特徴量算出



③要素の包含関係算出



④分類判定

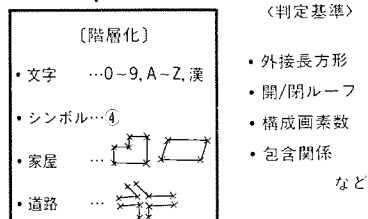


図 10. 地形図階層化登録処理

合で表現するため、道路などの直線を主体とする図面では、データ容量が最も圧縮されることになる。

階層化登録処理は、図 10. に示すように、①入力データの点列情報を、②連結した要素ごとに分離し、各要素ごとに特徴量を算出し、③要素間の包含関係を調べ、④階層別分類判定を行う。

ベクトル（線認識）処理方式の図面作成手法を以下に示す。

- 入力イメージデータの細線化
- 画素追跡による点列データの作成
- 点列データの短ベクトル近似と線分集約化

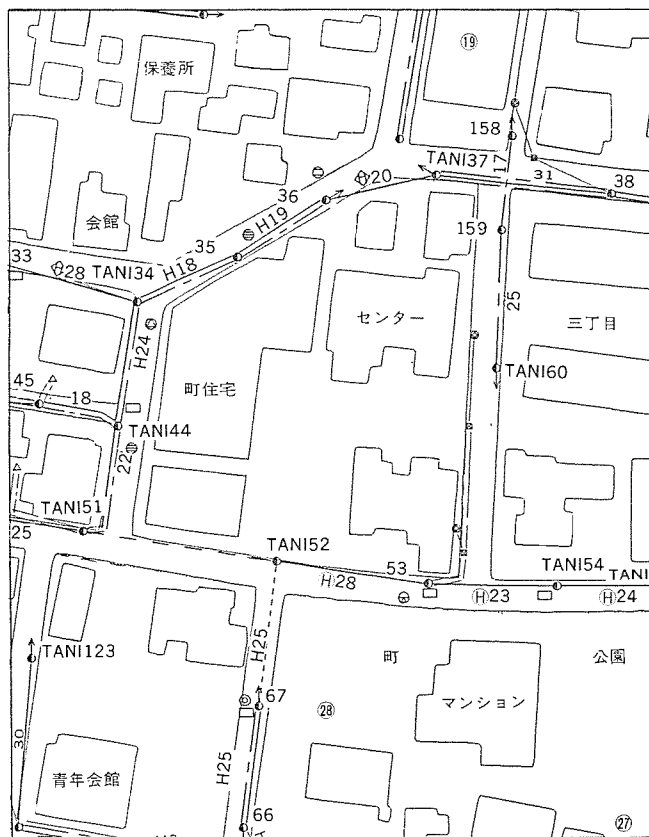


図 11. ベクトル処理方式の配電線路図面

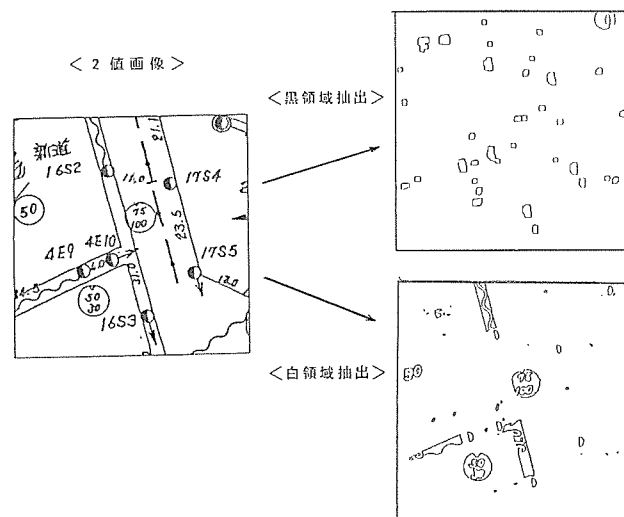


図 12. シンボル領域の抽出

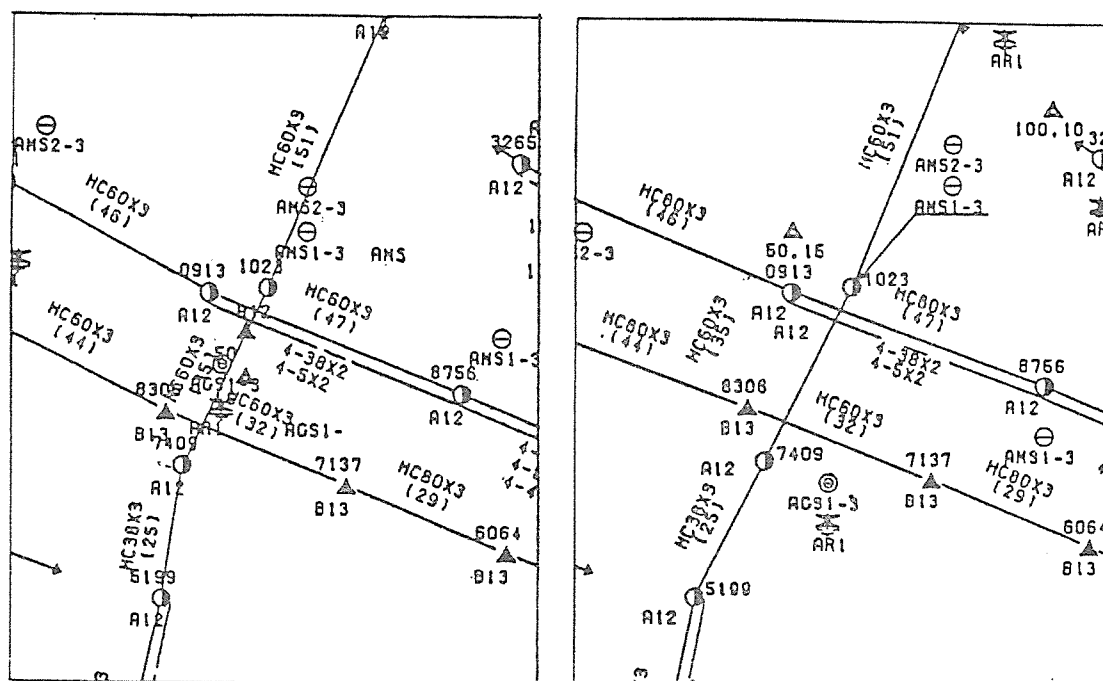
- 線分、形状特徴量の算出と認識判定
- 建屋、道路、設備データの階層別登録処理

図 11. にこの処理方式で作成した配電線路図面の出力例を示す。

(3) シンボル認識処理方式

設備管理システムは通常、電柱・電線などの位置座標データが登録されないため、既存の手書き設備配置図面から設備シンボルを自動認識判定して座標データを読み取る必要がある。シンボル認識判定処理は、対象図形の幾何学的形状特徴量を分類識別する複雑な演算処理を必要とする。

シンボル認識の1手法を図 12. に示す。黒及び白の小領域で形成されるシンボルに対し、図面中の白・黒の小領域を抽出してシンボル候補とし、領域ごとの外接長方形サイズや周囲長などの特徴量算出、



＜文字列初期配置＞

＜文字列最適化配置＞

図 13. 設備文字の最適化自動配置

隣接・包含関係算出により判定する。認識判定率は図面品質に関係するが、図形シンボルの重複記載が少ないことを条件とすれば、十分実用化できる値である。

配電線路図面の電柱、機器シンボルの認識方式を以下に示す。

- (a) イメージデータの膨脹・収縮、論理演算によるシンボル領域抽出
- (b) 細線化、点列化によるシンボル境界線の抽出
- (c) 形状の大きさ、ルーラ、端点距離、中心点などの幾何学的形状特徴量の算出
- (d) 形状特徴量の比較演算によるシンボル種別の判定
- (e) 認識シンボルと設備属性データの対応付け
- (f) 電柱座標を基準とした電線、機器の作図及び設備文字情報の最適化自動配置

図 13. にこの処理方式で作成した後、設備文字の最適化自動配置を行った状況を示す。

4. システム構築

配電図面処理システムは、従来の機械化システムで除外されていた図面データを、設備データと連係して処理し、常に最新設備状況に対応した設計・管理を可能とする本格的な配電総合業務機械化システムを形成する。実用化システムを構築するためには、現状の配電線路図面の運用形態を十分理解分析し、機械化出力する図面の適用範囲、用途目的を明確にして、各種の図面処理方式の検討と以下に示すシステムの機能、性能を定める必要がある。

- (1) 既存手書き配電線路図面仕様と機械化図面仕様
- (2) 入力画面の自動認識判定レベルとその範囲
- (3) 図面自動作成の所要速度

- (4) 図面の対話修正・更新方式
- (5) 設備データベース構造との連係方式
- (6) 関連計算機システムとの結合方式

図面自動読取り、認識に関する研究開発は、急速に発展し多くの技術課題が解決されつつある。配電線図面処理システムは、現状の図形画像処理技術と、計算機ハードウェア、周辺装置技術を最大限に活用することにより業務形態に適合したシステムの構築が既に可能な段階を迎えている。

5. む す び

電力分野では配電線路図のほか、プラントの土木・建築図面、発電設備の配置・機構図面、電気シーケンス図面、各種系統図面など、多種多様・膨大な枚数の図面があり、従来からこれら図面作成の機械化が要望されている。図面作成の機械化は一見容易に見えるが、線分、シンボルの自動認識理解のほか、寸法線、引出線、設備諸元文字の解釈など、高度な図形画像処理技術が要求される。近年の図形画像処理技術は目覚ましい発展を遂げているが、電力分野での応用はまだ序に着いた段階で、電力設備図面の自動読取りのほか、設備画像監視、故障診断など、各種の特徴ある図形画像処理システムが実現されるものと考えられる。

ここでは、電力 CAE に適用する図形画像処理技術と、実用化された配電線図面処理システムを紹介したが、今後とも電力設備の信頼度向上、業務の合理化・効率化に役立つ、新しい図形画像処理システムの開発に一層の努力をして行く所存である。

最後にこのシステムの開発にあたり、各種の資料提供、御指導・御協力いただいた電力会社の関係各位に厚く感謝の意を表する。

手書き図面自動読取りシステム

前田 暲*・柴山 純一*・渡辺 進**・高木 茂***・飯田 秀正***

1. ま え が き

CAD の発達により、手書きの図面を読み取って計算機へ入力する図面読取りシステムに対する需要が高まっているが、この技術は下記の特長をもっている。

- (1) 図面は画像として大きなデータとなるため、メモリ容量、処理時間が規模の大きなものとなる。
- (2) 図面の種類は非常に多く、しかも記入の規格が必ずしも厳密に守られていないので、処理のアルゴリズムとして柔軟性の高いものが要求される。
- (3) 図面の管理は各々の応用の中で複雑な形態をとり、しかもその一部が既に CAE 化されていることが多いので、既存のシステムとマッチするようなシステムの開発が必要である。

この状況を満たすために当社においては応用を選択して、システム開発を進め、かつ技術の標準化、共通化を図りなるべく広い範囲に適用可能な技術の開発を進めている。これらの技術の開発内容並びに応用システムについて紹介する。

2. 手書き図面自動読取り技術

図面は、線、文字、記号、図形などの構成要素から成っており、表す内容は非常に種類が多いが、その内容を分類すると表 1. のように分けられる。

これらの図面を読みとって、計算機処理するためのデータに変換する図面読取りシステムの運用の形態は、分野により異なり、次のようなものが考えられる。

- (1) 図面を読み取って、データをファイリングしておき、拡大、縮小、合成などの編集や文字などの付属情報の付加を行い出力するもので、図面は既存のものも、新規作成のものもある。例えば地図のファイリングなどはこの分類に属す。
- (2) 機械部品図のような構成要素をなす部品の図面を読み取って CAD 用データベースを作成し、データベース完成後はそれを用いて CAD による設計を行うもので、例えば機械設計のようなもの。

表 1. 図面の種類

| 分 類 | 図 面 | 具 体 例 |
|--------------------------------|--------------|--|
| 1. 線が中心でその幾何情報が重要なもの | 地図 加工図 | 市街図、一般の地図 機械加工図、プリント板パターン図、LSI マスク図 |
| 2. 本来 1 と同じであるが付属情報で幾何情報を表せるもの | 機械設計図と加工図の一部 | 寸法線付加工図、組立図 |
| 3. 記号が中心でその位相情報(接続関係)が重要なもの | 接続図 | 電気回路図、論理接続図、系統図、パイピング図 |
| 4. 3 の内で記号の位置も必要なもの | 設備図 | 配電線路図、水道ガス配管図 |

(3) 設計業務の一環として、設計時に作成された図面を読み取り、データを作成して、CAD のデータとして利用し、後の運用を行うもので、例えば加工用のデータ入力や接続図の CAD データの入力のようなもの。

(4) 既存又は新規作成の図面を読み取り CAD 用データベースを作成し、以降に一部のデータ変更を行うたびに付属データの算出、出力などを行うもので、例えば配電設備の管理のようなもの。

(5) (1)~(4)までの2種類以上の図面データを用いて運用を行うものであり、例えば、地図とその上に配置された設備の図面を用いた設備図面管理のようなもの。

ところで現状の図面認識技術は、対象どうしが接触する場合は誤りが多いなどの限界があるので、人間の読取り能力に比べてはるかに制限の多い、きれいに書かれた図面を対象としている。したがって、図面読取りを実用にもっていくには、この認識技術の限界をよく知り、対象とする図面の内容、応用するシステムの運営形態に合わせて認識のできない部分をシステム的にカバーして、総合システムとして効率良く運用するような努力が必要である。このため、汎用の図面読取り装置をもっていけば、そのまま使えるということは少なく、全体の運用を含めた総合システムとして開発することが必要である。

例えば新規に作成する図面については、その規格を機械が読み取りやすいように定めていけば認識率が上がり、読取りとしての性能は高まっていくが、その規格で図面を作成するときの作業者の労力がどうなるかということが問題となる。また既に存在する大量の図面を入力するには全体を書き換えるということは不可能であるが、人間がマークを付加するなどの前処理は可能であり、また認識誤りを対話処理でうまく補正していくシステム形態を考える必要がある。

当社においては、以上の考え方に基づいて専用の応用システムとして図面読取りの開発にとり組み、電力、水道、ガスなどの設備の図面管理の自動化を目的とする設備図面読取りシステムと、加工機のデータ入力を図面から行う加工図面読取り装置の製品化とを進めているがこの詳細については、3章で紹介する。

図面読取りの処理アルゴリズムについても、種々の方式があり処理の対象が変わると異なる処理方式が有効となるが、上述のように、各応用に対してシステム開発を進めるたびに異なる処理方式を開発していくのでは効率が悪すぎるため、なるべくある範囲内の対象に共通に使えるように処理アルゴリズムを標準化し、また全体の流れも技術項目ごとにモジュール化して開発を進めるのが有効である。

このようにモジュール化された処理技術としては、表 2. のようなものがあげられる。以下に主な処理技術について紹介する。

2.1 図面読取りの処理技術

2.1.1 線のベクトル化

(1) 直線近似

直線を1本のベクトルで表し、曲線は短いベクトルの集まりで表す。直線成分を主体とした地形図などに適している。図 1. に直線近似を行った市街図を示す。

表 2. 図面読取りの処理技術

| 技 術 項 目 | 設備図面読取り | 加工図面読取り |
|----------------------|--------------------------|----------------------|
| 線のベクトル化 | ランレングスベクトル化 直線近似 | 線分, 円弧の認識 |
| 図形の解析 (セグメンテーション) | 道路, 家屋, 文字, シンボ ルの階層化 | 付属情報 (寸法線など) の 分離 |
| 対象の認識 | シンボル認識 文字認識 | 形状の認識 |
| 図面の編集 | 位置合わせ | — |
| 図形の生成 | 図面の接続 文字の再配列 | — |

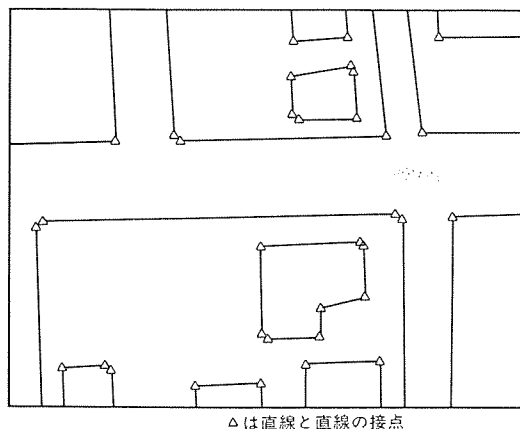


図 1. 直線近似の例

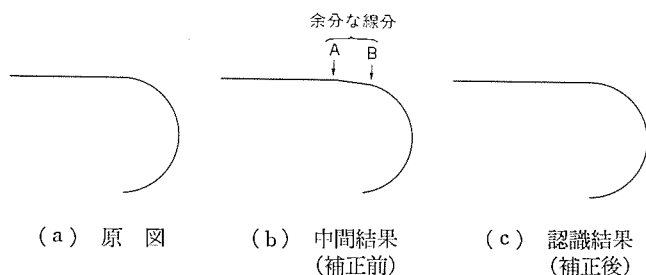


図 2. 線分・円弧の認識

(2) 線分・円弧の認識

機械加工図では、線はほとんど幾何学的な意図をもって書かれている。例えば図 2. (a) では円弧と線分とが接するものが描かれている。ところがこれを処理すると、書かれたときの誤差や処理の誤差で、意図したように処理されないことが多い。このような加工図の認識においては、線間の関係を考慮して幾何学的に整った形状に補正する処理が必要である。図 2. (b) は、意図と異なった線分 AB が検出された中間結果であり、これを補正して、図 2. (c) のような認識結果を得る。

2.1.2 図形の解析・分離

(1) 連結要素による分離

図面中にはベクトルで表現すべき要素（道路、電線、回路図における接続線など）と、シンボルコードで表現すべきシンボル（地図記号、電柱、回路図における素子記号など）が存在するので、両者を分離する必要がある。この際、ベクトル成分とシンボルとの配置関係によって様々な分離方式がとられるが、その主なものを図 3. に示す。

ベクトル成分とシンボルとが、もともと分離して配置されている場合には図 3. (a) のように、図面中の成分を連結した要素にまず分離

| | (a)連結要素による 方式 | (b)閉領域による 方式 | (c)線追跡による 方式 |
|--------------------------|--|---|---|
| 図面例 | 地形図 | 地形図が重畳した 設備図 | 論理回路図 |
| ベクトル成分 とシンボルの 配置関係 | 分離 | 分離ないし接する | 相互に接続 |
| 分離の方式 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 〇 2. 〇 3. 〇 4. 卍 5. / <p>まず 1～5 に分離</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 〇 2. 〇 3. 〇 4. 卍 <p>1～3(白領域)と 4(黒領域)を抽出</p> | <p>追跡 交点</p> <p>交点付近を 詳細に解析</p> |

図 3. シンボルの分離方式

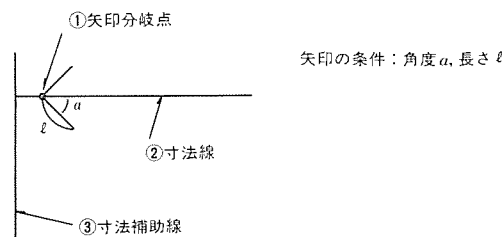


図 4. 付加情報の分離

し、各要素ごとに大きさ、長さなどの特徴量を求め、ある基準を満たすものをシンボルとする。なお、二重丸のように複数の分離要素からなるシンボルもあるので、要素間の包含関係も考慮して判定する。

(2) 閉領域による分離

ベクトル成分とシンボルが接触している場合でも、シンボルが閉じた領域（白領域）ないし塗りつぶした領域（黒領域）からなる場合は、図 3. (b) のように分離が可能である。まず図面から白領域、黒領域をシンボルの候補領域として抽出し、各領域についての特徴量や領域相互の関係によりシンボルを分離する。

(3) 線追跡による分離

論理回路図、シーケンス図などのように、ベクトル成分とシンボルが相互に接続している場合は、図 3. (c) のように線分を追跡し、端点・分岐点・交点などの特徴点に達したときに、その近傍を詳細に解析し、シンボルを分離することが行われる。

(4) 加工図の付加情報の分離

寸法線・寸法補助線などの付加情報が記入された加工図から、付加情報を分離して外形線のみを抽出する。この処理の一例を図 4. によって示すと、①図形から矢印を検出し、②矢印の分岐点から伸びている寸法線を検出し、③矢印の分岐点付近で寸法線に直交している寸法補助線を検出し、これらを分離するものである。

2.1.3 対象の認識

(1) シンボル認識

抽出されたシンボルに対して算出された特徴量をもとに認識する。特徴量にはシンボルの幅、高さ、幅対高さの比、面積、周長、構成線数、

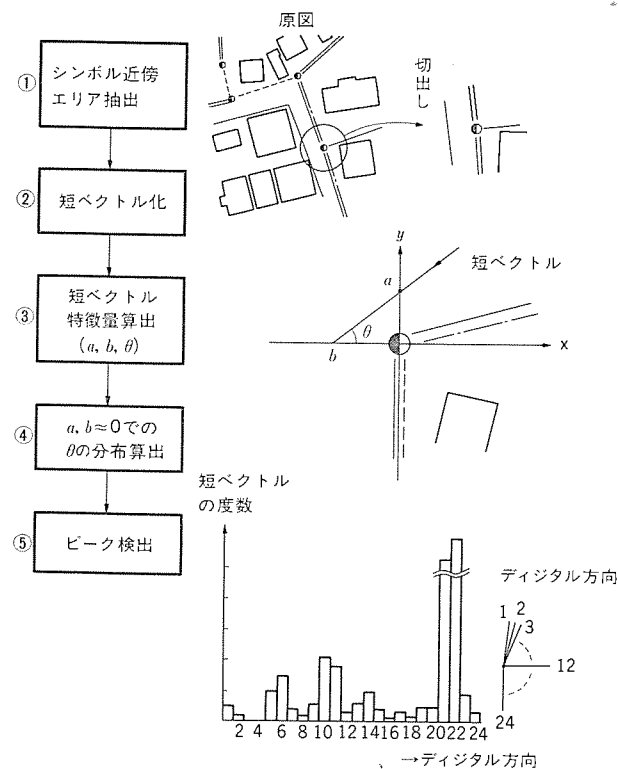


図 5. 接続線の認識

構成閉領域数などがある。

(2) 文字認識

シンボルの分離と同様の技術により文字を分離し、文字の方向・大きさを正規化した後に既存の文字認識 (OCR) 技術によって字種を認識する。

(3) 形状認識

加工図において、外形線が線分と円弧で表現された後、線分を水平線・垂直線・斜線に分類し、線分と円弧のつなぎ目が滑らかか、角があるかを判定するなどして、その加工図の本来の形態を認識する。

(4) 接続線の認識

シンボルを抽出した後、そのシンボルに接続している線分を認識する処理である。その流れは図 5. に示すように、①原図からシンボル付近のエリアを抽出し、②そのエリア内の線分を短ベクトルで表現し、③短ベクトルがシンボルを中心とする座標軸を切る点の距離 a 、 b や短ベクトルの方向を特徴量として算出し、④ a 、 b が 0 に近い短ベクトルに対し、方向を 24 方向にデジタル化した分布ヒストグラムをつくり、⑤そのヒストグラムのピーク方向に接続線が伸びていると認識するものである。

2.1.4 図面の編集

(1) 位置合せ

画像読込みの際のずれを、図面枠をもとに補正する。図面の端部の投影ヒストグラムから四隅の座標を算出する。

(2) 図面の接続

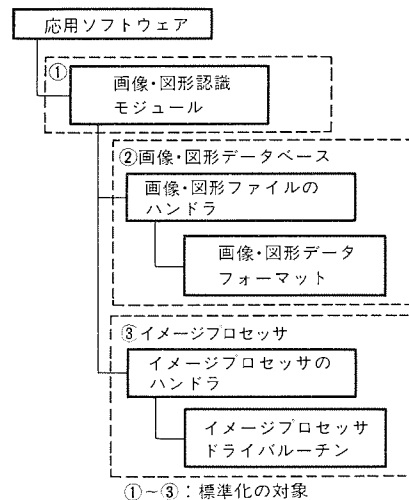
複数の図面を縮尺し接続して 1 枚の図面とする。ランレンスベクトル化された図面では、枠をとり除いて行う。

2.2 システムの標準化と今後の展開

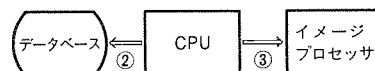
上述のように、図面読取りの技術は多岐にわたり、またそれを実現する計算機システムも様々であるが、要素技術としては共通のものも多い。したがって開発の効率化のためには、ある応用で得られた技

表 3. システムの標準化

| 対 象 | 標準化の内容 | |
|---|----------------------------|-------------------------------|
| ① 画像・図形認識 モジュール | ソフトウェアの ユーザーインタ フェース | — |
| ② 画像・図形 データベース | | データのフォーマット |
| ③ イメージプロセッサ (MX/3000 用, MELCAD-DR 用) | | イメージプロセッサ ドライバに対するコマン ド |



(a) ソフトウェア構成上



(b) ハードウェア構成上

図 6. システム構成と標準化

術を他にも適用できるように標準化しておくことが望ましい。この標準化の項目を表 3. に紹介し、ソフトウェア及びハードウェア構成上の標準化の項目の位置付けを図 6. に示した。以下に標準化の要点を説明する。

(1) 画像・図形認識モジュール

線のベクトル化など、画像や図形の認識の中で汎用的なソフトウェアをモジュール化して持つ。このモジュール内のルーチンの引数など、ユーザーインタフェースを共通にしておき、他システムでの流用を可能にする。

(2) 画像・図形データベース

画像や図形のデータファイルに対する読出しや書込みなどの処理ソフトウェアからみたインタフェースを共通にし、また点列、線などの図形要素ごとに計算機の主記憶上のフォーマットを規定しておく。

(3) イメージプロセッサ

画像のノイズ処理、細線化、線の追跡、交点・端点の検出などの基本的な処理を行うイメージプロセッサには 32 ビットマイコンの MX/3000 接続形⁽¹⁾と、32 ビットマイコン《MELCAD-DR》接続形とがある。両者とも、ハンドラのユーザーインタフェース、ハンドラから下位のドライバルーチンに対するコマンドのインタフェースは共通に作られている。

一方、図面読取りの今後の展開としては、従来の処理性能の向上のみでなく、次に示すような新たなニーズに応じた技術が必要と考えられる。

(1) 景観表示

地形図から実際の景観を3次元的に表現するもので、等高線をもとにした地形の表現と、その上の家屋や植木などの表現とを合成する。

(2) 簡略図作成

地形図を縮小する際、単純にすべての要素を縮小するのではなく、細い道路を省き、また地名は元の大きさで残すなどして見やすい簡略図を作成し、あるいはこれを合成して大画面の地形図を作成する。

また住宅の間取図やデザイン図などにも適用する。

(3) 画像内容によるデータベース検索

従来、画像データベースに対する検索は図面番号や、地形図にあっては地名などをもとにして行っていた。これを、図面を元にして類似した他の図面を検索するなど、画像の内容によって行おうとするものである。

3. 応用システム

3.1 設備図面読取りシステム⁽²⁾⁽³⁾

電力、ガス、水道などの地域に敷設された設備を管理する業務においては、その設備の変更工事のために設備データを管理することは大変な作業であり、業務の機械化のためデータ管理のコンピュータ化が進められている。この設備管理のためには、その地域の地形図と地形図上に記入された設備の配置図(設備図)の図面が必要となる。しかし、例えば電力会社においては設備データの管理はコンピュータ化されているが、図面の管理は人手に頼っているのが現状である。

当社においては、この図面の管理をコンピュータ化するために地形図、設備図の自動読取り技術を開発し、設備図面読取りシステムとして実用化を進めている。このシステムの概念図を図7.に示すが、このシステムは以下の機能をもっている。

(1) 地形図の読取り

地形図データベースの利用形態や地形図の特徴により、単にランレングス

ベクトル化する場合、直線近似する場合、道路・家屋などに階層化する場合に分けられる。

(2) 設備シンボルの自動認識

CAD化された設備情報に設備シンボルの位置情報がない場合、地形図上に記入された設備シンボルを読み取り、その位置を求めてCAD中の設備情報に加えるものである。

(3) 合成図の出力

地形図と設備図を合成した合成図の出力を得るものである。

3.2 加工図面読取り装置《MELCAD-DR》⁽⁴⁾

機械設計図面の中でも部品の加工図面は、対象として2次元又は2 $\frac{1}{2}$ 次元のものを扱っていて、形状も比較的一定の範囲内の制限がある簡単なものが多いため、図面読取りの対象としては扱いやすい。

現在加工データの inputs は種々の方式で行われているが、例えば図8.(a)に示すように、図形の形状をAPT言語でコーディングして、これをプロセッサで数値制御装置(NC)のデータであるGコードに変換するという方法がある。

加工図面読取り装置では、この加工形状の図面を読み取ってNCの加工データを自動的に求めるものであるが、処理の速度と価格が安いことが要求される。《MELCAD-DR》ではこの点を考慮して32ビットマイコンを用いて非常にコンパクトな専用の図面読取り装置を実現している。

《MELCAD-DR》のハードウェア構成図を図9.に示すが、CPUとしては二つの32ビットマイクロプロセッサMC68020をもち、サブCPUはキーボードやマウスの制御、グラフィックコントローラの制御に用いられている。CPUのバス(VMEバス)にはイメージプロセッサが接続され、イメージリダから画像メモリに入力された2値画像を画像処理専用回路により処理する。データがパラメータ化された後の処理は、メインCPUのソフトウェアにより行われる。

図面読取りの処理は、図8.(b)、(c)に示すように寸法値記入

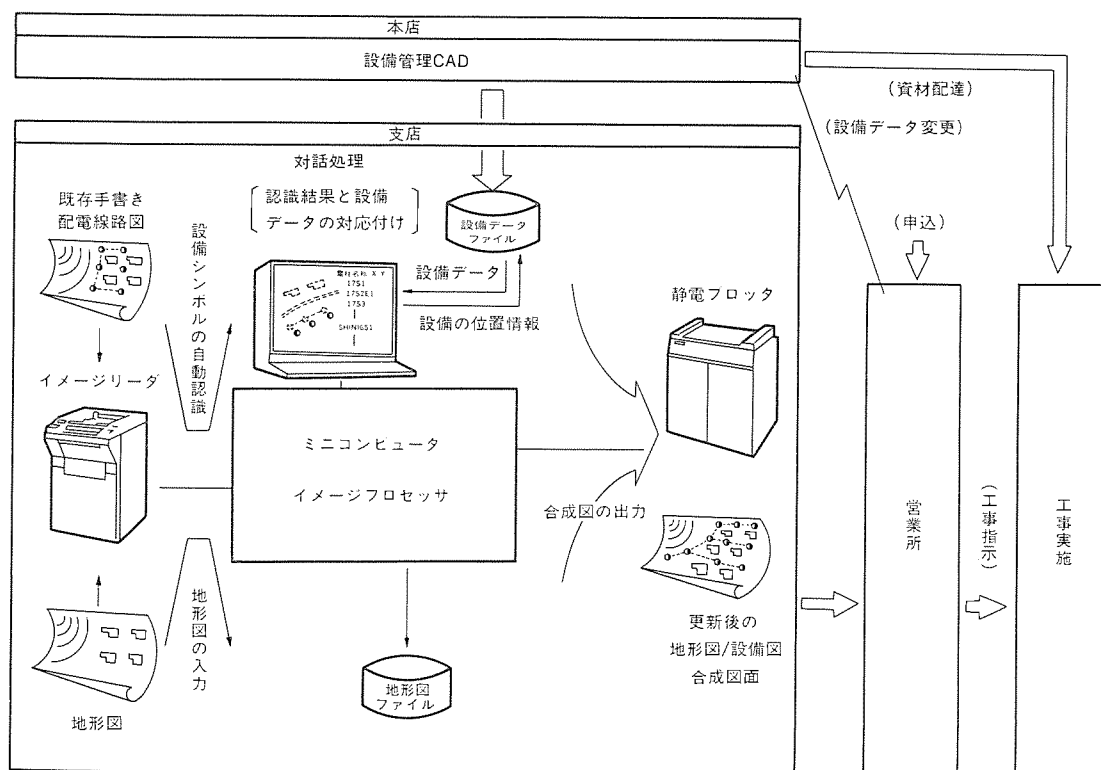


図7. 設備図面読取りシステム

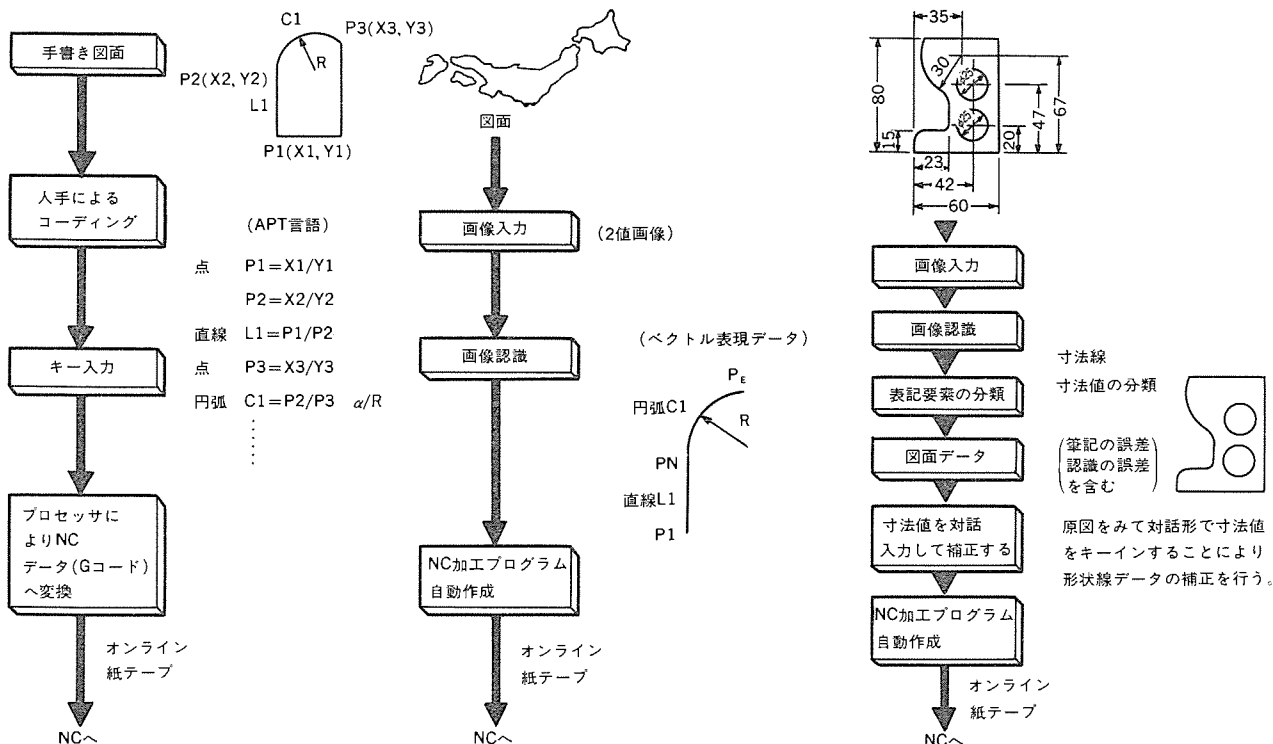


図 8. 《MELCAD-DR》と従来のデータ入力の比較

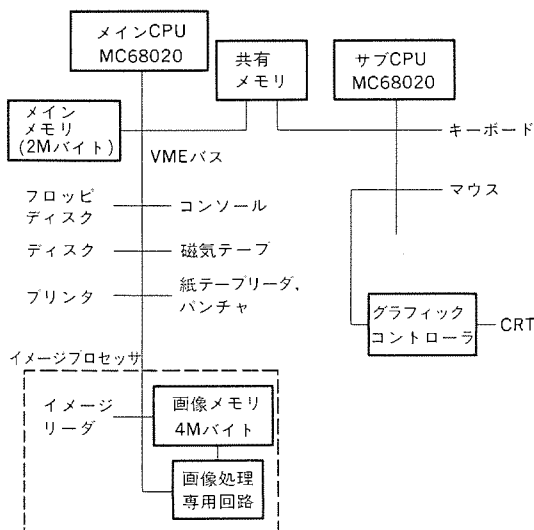


図 9. 《MELCAD-DR》のハードウェア構成図

のある場合とない場合に分けられる。寸法値記入のない場合は、書かれた図形に忠実なベクトル表現データを得る処理が行われる。寸法値記入のある場合は、寸法線などの補助線や文字の形状を解析して分離する。次に残された形状線データをベクトル表現データに変換するのであるが、この場合、補助線を分離した際にその交点において生じたデータのひずみを補正するなどの処理が必要である。

ベクトル表現されたデータは記入された図形を忠実に表現するデータとなっているが、寸法値で表す寸法の形状とは記入による誤差の分

だけ差異が生じている。この形状を寸法値の値で補正する必要がある。現在採用している方式では、ディスプレイの上に寸法線を表示して、値をキー入力することにより補正が行われる方式である。

《MELCAD-DR》と前述のスーパーミニコン MX/3000 のシステムとはソフトウェア互換性があるので、ミニコンのソフトウェアを移植して種々の応用に利用することが可能である。

4. む す び

図面読取りの実用化としては、その序についた段階であるが、種々のフィールドでのユーザーの関心は急速に高まりつつあり、今後、大きな発展をしていくものと思われる。

この技術の発展のためには、前述のように種々のニーズに対応するためにいかに標準化を効率よく進めていけるか、その中で流用性の高い処理ソフトウェアパッケージを蓄積していけるか、応用システムについてのノウハウをどれだけ習得していくかという点が重要な要素となっていくものと思われる。

またコンピュータグラフィックスやデータベースなど周辺技術との関連づけも必要となっていくと思われる。

参 考 文 献

- (1) 秋田ほか：三菱電機技報，59，No. 2，p. 36 (昭 60)
- (2) 辻ほか：三菱電機技報，59，No. 2，p. 6 (昭 60)
- (3) 渡辺ほか：三菱電機技報，59，No. 11，p. 3 (昭 60)
- (4) Yoshida et al：Denshi Tokyo, No. 23, p. 95 (1984)

半導体素子の組立ラインにおける画像処理技術の応用

本田 文博*・林 紹佳*

1. ま え が き

半導体素子の組立工程は、半導体製造工程中最も人手がかかり、かつ、かなりの組立精度を要求される工程であり、画像処理技術を応用して自動化が盛んに行われている。それによって現在、組立工程は個別の装置を連続してつないだライン化が達成される状態になってきている。現在、組立工程の自動化、ライン化のために用いられている画像処理システムは多数ある。

2. 応 用 例

代表的な応用例を以下に説明する。

(1) 個別半導体 (トランジスタ など)、IC 用 ダイボンド への応用
ダイボンドは、半導体ダイスをパッケージにマウントする装置である。その際ダイスを定位置に精度よく位置決めすることが必要であり、位置決め装置として画像処理技術が早い時期から用いられている (1976 年)。照明は明視野照明を用いており、ダイス全体を明るく浮かび上がらせ、四角の像としてとらえる。位置決め処理アルゴリズムは投影法を基本としている。図 1. に画像処理システムの基本構成を示す。

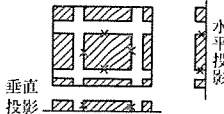
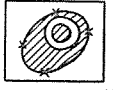
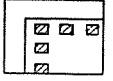
(2) 個別半導体、IC 用 ワイヤボンダ への応用

ワイヤボンダは、パッケージにマウントされたダイス表面の電極パッドを外部接続端子に金線で接続する装置である。電極パターン位置計測に画像処理技術を用いており、ダイボンドと同様に早い時期から実用化されている (1977 年)。照明は暗視野照明を用いており、ダイス表面の電極パターン (ボンディングパッド) を浮かび上がらせる方法をとっている。位置計測のアルゴリズムは四端点法 (個別半導体ワイヤボンダの場合) あるいはパターンマッチング法 (IC ワイヤボンダなどの場合) を用いている。画像処理システムはダイボンドと同様である。

(3) ハイブリッド IC 用組立装置への応用

ハイブリッド IC は機種が多く、組立工程への画像処理技術の適用が難しい分野である。現在は、基板上に認識用ターゲットパターンを印刷し

表 1. 画像処理 アルゴリズム による分類

| アルゴリズム | アルゴリズム適用組立装置 | 認識パターンの例 (TVモニター像) |
|-----------|---------------------------------------|---|
| 投影法 | 個別半導体ダイボンド ICダイボンド ハイブリッドIC組立装置 |  |
| 四端点法 | 個別半導体ワイヤボンダ |  |
| パターンマッチング | ICワイヤボンダ |  |

て (図 6. 参照)、画像処理を容易になるように処置している。照明は暗視野照明を用いており、明るい背景内に映る黒いパターンとして認識される。処理アルゴリズムは投影法を基礎としている。この分野への画像処理技術の適用は比較的最近であり、本稿ではこの分野への適用を中心に紹介する。

(4) GaAs 半導体デバイス用組立装置への応用

GaAs 半導体デバイスは、従来のシリコンデバイスよりも組立要求精度は更に厳しい。この方面へも画像処理を応用した位置計測機能を組み込み高精度組立を実現しつつある。

以上のような半導体組立装置への画像処理技術の適用を、その処理アルゴリズム別に分類したのが表 1. である。以上述べてきたように、半導体組立ラインへの画像処理技術の適用は、現在そのほとんどが「2値化画像」による「パターン位置計測」技術への適用であり、それを用いて組立工程での組立精度向上を図ってきたと言っても過言ではなからう。今度は、組立ラインでの「目視検査の自動化」を達成するために、画像処理技術の「パターン形状計測」技術への適用の方向へと、画像処理技術の適用が発展して行くものと思われる。

半導体素子の組立ラインへの画像処理技術への適用している範囲は広範囲にわたってなされているが、全範囲にわたる詳細な紹介は紙面の都合上無理であり、今回はそのうちの「ハイブリッド IC 用組立装置への画像処理技術の応用」にしばって紹介する。

3. ハイブリッド IC 製造工程

ハイブリッド IC は図 2. に示すように、配線パターンの形成された基板上に IC、コンデンサ、抵抗などのチップ部品を取り付け、所定の機能モジュールを構成するもので、カメラ、ミシンなどの一般民生機器から自動車の電装品や通信機器まで幅広い分野で使用されている。ハイブリッド IC の製造工程は大別すると、

(1) 基板上に IC、トランジスタ、コンデンサなどの部品を取り付ける基板組立工程

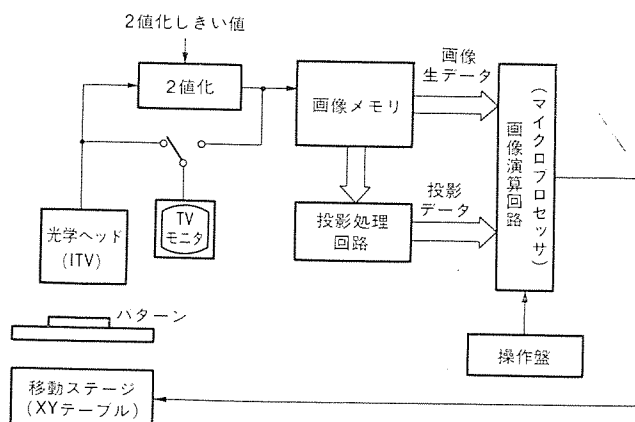


図 1. 画像処理システム構成

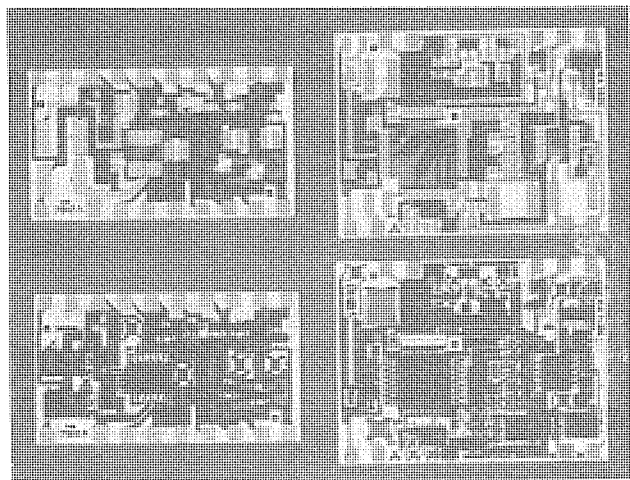


図 2. ハイブリッド IC 基板

(2) 各種の用途分野により、ワイヤボンド、外装モールド、別のモジュールとの組合せなどの応用組立工程

(3) 電気特性の検査工程

などに分けられる。これらの工程の中で、基板組立工程及び検査工程で実施した画像処理技術を利用した自動化例について述べる。

4. 画像処理技術の応用例

4.1 基板組立工程

図 3. は基板組立ラインの外観であり、はんだ印刷機、部品搭載機、加熱炉を組み合わせた一貫ラインを構成する。マガジンから取り出された基板にはんだ印刷機でクリームはんだを印刷し、部品搭載機で多種多様なチップ部品を所定の位置に取り付け、加熱炉ではんだを溶融させ、チップ部品を基板に固着し、組立を完了する。この基板組立ラインでは、はんだ印刷機と部品搭載機にそれぞれ視覚機能を持たせている。

従来は、基板の端面基準で位置決めし、印刷及び搭載をしていた。しかし、基板端から所定のパターンまでの距離は、基板により ± 0.3 mm 程度のばらつきがあり、フリップチップ IC のように電極間隔が $0.3 \sim 0.5$ mm と短いパターンでは位置ずれによる不良が発生し、生産

性の低下につながっていた。そのため ITV カメラによる画像処理を行い、基板の位置ずれ量を求め、その情報により位置補正を加え、基板の寸法のばらつきに関係なく所定の位置に精度よく印刷及び搭載ができるようにした。

4.1.1 はんだ印刷機

図 4. は視覚機能をもったはんだ印刷機の概略動作である。また構成は図 5. のようになり、ITV カメラは基板の載置されたステージの上方に設置され、X、Y、 θ (回転) の 3 軸の駆動部を備えたステージが移動して、ITV カメラの視野へ基板の特定のパターンを写し出し、2 値化画像処理により基板の位置を検出し、基準位置に対する X、Y の位置ずれ及び角度ずれを求め、そのずれ量を X、Y、 θ の 3 軸により補正し、所定の位置に精度よく印刷する。

基板には、図 6. のようにターゲットパターンと呼ばれる四角形状のパターンが 2 箇所形成されており、この 2 箇所のターゲットパターンを ITV カメラでとらえ、その映像情報を 2 値化し、画像処理を行う。図 7. はモニタ TV に写った 2 値画像である。

画像処理は従来から使用している投影法を採用した。それは、設定した 2 値画面の領域内で、縦方向又は横方向に“1”の数を数え

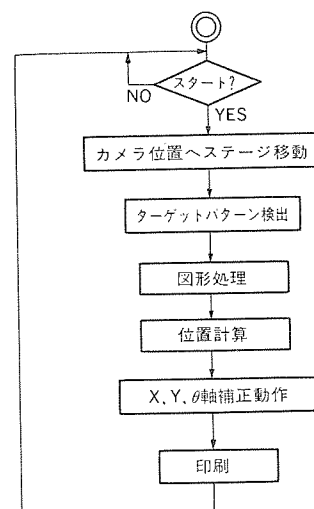


図 4. 印刷機の動作

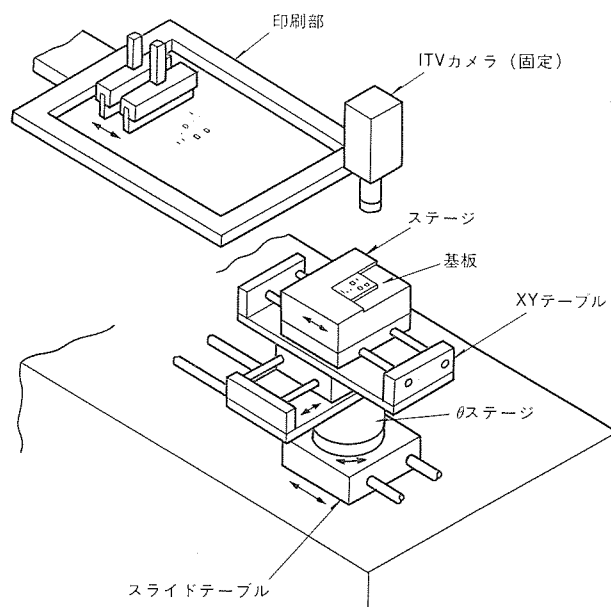


図 5. 印刷機の構成

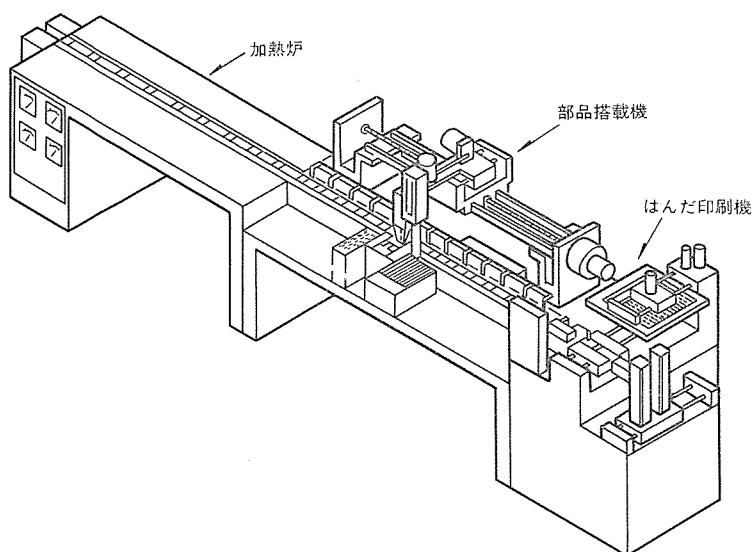


図 3. 基板組立ライン

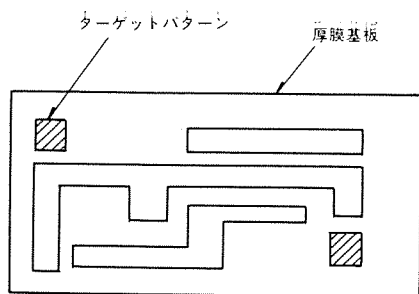


図 6. 基板とターゲット

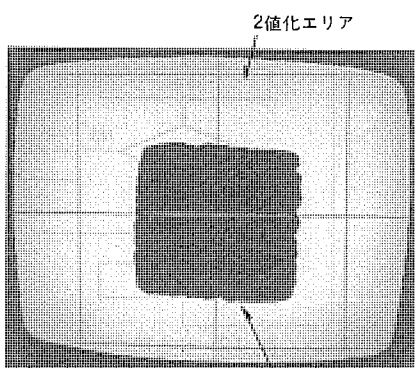


図 7. 2 値画像

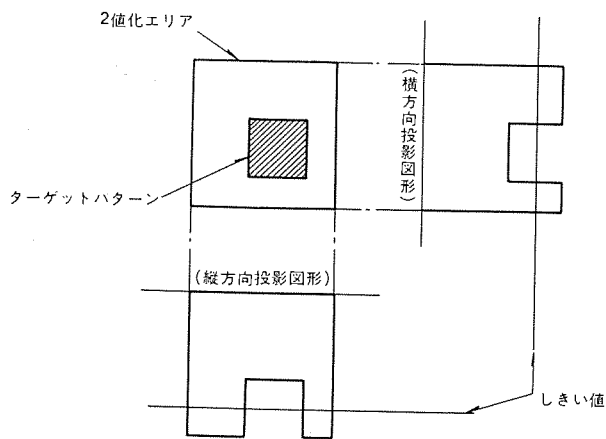


図 8. 投影図形

その分布から、対象の切り出しやエッジ位置の検出を行うもので、簡便でノイズに強い処理が期待できる。図 8. はターゲットパターンの 2 値画像の投影図形である。ここで、投影図形とは、縦方向及び横方向にそれぞれ“1”の画素数を数えて作った一次元分布を意味し、それに対して適当なしきい値を定めてターゲットパターンの上下、左右のエッジ位置を検出し、ターゲットパターンの中心位置を計算する。以上の処理を二つのターゲットパターンについて実施し、得られた位置から基板の X, Y 位置ずれ及び角度ずれを求め X, Y, θ 各軸の補正情報としている。

この視覚機能をもったことにより、はんだ印刷精度（再現性）は飛躍的に向上し、総合印刷精度（はんだの“だれ”も含む）は $\pm 40 \mu\text{m}$ を達成し印刷ずれによる不良発生も皆無になっている。

4. 1. 2 部品搭載機

図 9. に部品搭載機の概略動作を示す。この装置は XY テーブル上に高さ (Z) と取付方向 (θ) の指定できる真空吸着ヘッドを乗せた構

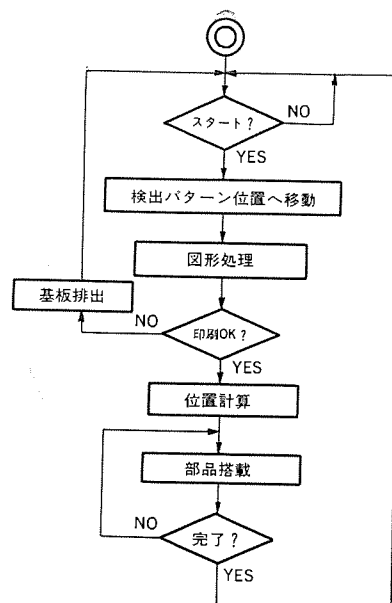


図 9. 部品搭載機の動作

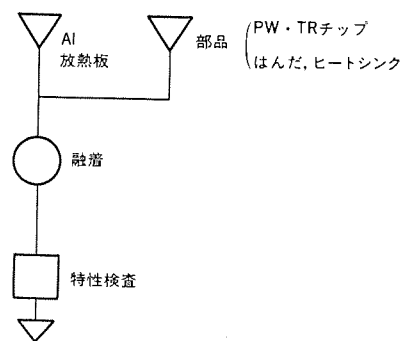
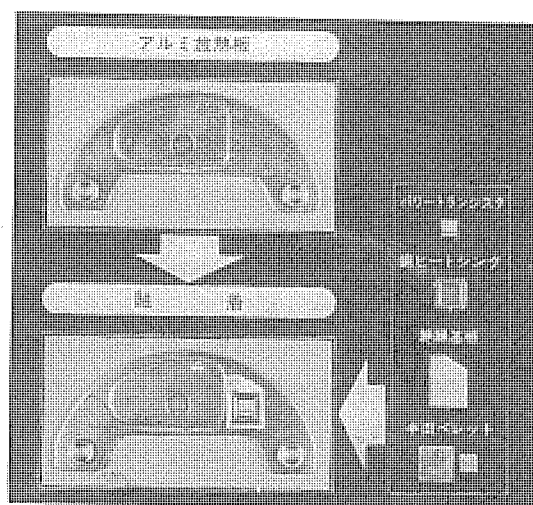


図 10. パワー部組立工程

成である。ITV カメラは、真空吸着ヘッドと同様に XY テーブル上に装着されており、基板が部品搭載ステーションに供給されると XY テーブルが移動し、基板上の 2 箇所のターゲットパターンを検出し、はんだ印刷機と同様の画像処理を行い、基板の XY 方向の基準位置に対する位置ずれ量を求める。次に搭載する所定の位置に補正を加えて吸着された部品を精度よく搭載する。

以上のように、視覚機能により微細パターンへの部品搭載が可能となり、搭載精度は $\pm 60 \mu\text{m}$ を実現している。

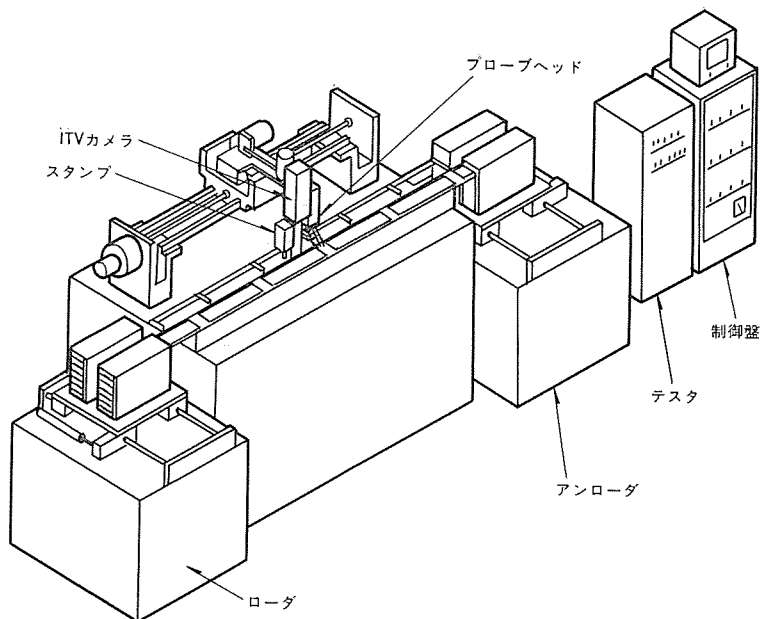


図 11. 検査装置

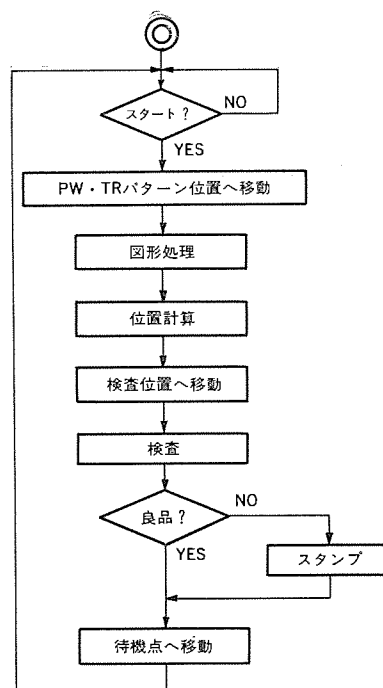


図 12. 検査機の動作

4.2 検査工程

図 10. は パワー 部組立工程を示す。図のように、アルミ 放熱板に パワー トランジスタ 部を接続し、そのあと電気特性の検査をする。しかしアルミ 放熱板への パワー トランジスタチップの 取付精度は $\pm 1\text{mm}$ と悪く、検査装置に視覚機能が必要であった。

検査装置の構成は図 11. のように XY テーブル 上に上下動作 (Z) 及び回転 (θ) のできる プローブヘッド が装着されており、テストプローブは、パワー トランジスタ のベース、エミッタ、コレクタのコンタクト用に3本装着されている。ITV カメラ は プローブヘッド と同様に XY テーブル 上に装着されている。

装置の動作は、パワー トランジスタ がはんだ接続された アルミ 放熱板が測定位置に供給されると、図 12. に示すようにまず XY テーブル が移動し、パワー トランジスタ のパターンを ITV カメラ でとらえ、その画像を2値化し、画像処理でパワー トランジスタ の位置を求め基準位置に対する位置補正量を計算し、プローブヘッドをその補正した位置に移動させ、プローブを当てる。次に電気特性検査を行い、良・不良の判定をし、不良の場合は付属のスタンプで不良マークを打つようにしている。

画像処理は、パワー トランジスタ のパターンを ITV カメラ でとらえ2値化処理し、2値画のパターンの中でベースとエミッタ部分の白部分を特徴として求め、位置検出を行っている。パターンの傾きに対しては $\pm 8^\circ$ までは検出可能であり、位置検出精度は $\pm 40\text{ }\mu\text{m}$ である。

以上のように、視覚機能を付加することにより確実に検査するこ

とが可能となり、この工程での不良品を次工程に持ち越すことがなくなり、次工程での歩留りを向上させている。

5. む す び

以上ハイブリッド IC の組立・検査工程における画像処理技術の応用による自動化の実例について述べた。ここで使用した画像処理の方法は、比較的簡単に自動機に適用でき、効果を上げることができた。また、ここで述べた以外の半導体素子組立装置にも、視覚機能として画像処理技術により高精度化に対応している。この実例における画像処理は、専用パターン認識であるので、対象の特徴をつかめば容易でしかも安価であるが、対象の形状変更をする場合にすぐに対応できない場合がある。したがって、今後は汎用性のある画像処理技術が必要になり、目視検査など、これまで自動化が困難であった分野にも画像処理技術が導入されていくと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 辻ほか：組立ロボットの導入例，インターネッコンジャパン '83 講演予稿集
- (2) 竹中ほか：パターン認識技術応用のハイブリッド IC 自動組立システム，自動化技術 13，2月号 p. 41~44 (1981)
- (3) 市村ほか：電子部品の高密度実装設備，日本機械学会講演論文集，No. 820-9

カラー動画通信会議システム

久保 勤*・浅野 研一*・村上 篤道**・伊藤 敦**・有田 雅雄***

1. ま え が き

近年、①企業の地理的分散、会議機会の増大、会議招集の困難、②低成長経済下における経費節減の要請、時間の有効活用などを背景として、通信会議システムに対する関心が高まっている。また、③画像の帯域圧縮技術など通信会議関連技術の進歩及び④回線サービスの高度化、広域化が進展しつつあり、通信会議システムを導入又は検討する企業、官公庁が増えつつある。通信会議システムには、音声のみによるものから、静止画や動画を主体にするものがある。

ここでは、リアルタイム性の高い“カラー動画通信会議システム”について述べるものとする。一般にTV信号を伝送する場合には、100Mbps程度が必要とされているが、会議の映像では動きが少ないなどの性質を利用して映像帯域を圧縮していき、1.5Mbps以下で伝送することが可能となる。当社では、世界に先駆けて画像の帯域圧縮に“ペクトル量子化方式”を採用し、これを発展させることにより、384Kbpsで優れた画質のカラー動画通信会議システムを開発したので、その概要を紹介する。

2. システムの概要

2.1 ねらい

従来複雑な打合せは出張会議で、また簡易な打合せ、連絡などは電話、ファクシミリによって行っていた。しかし動画通信会議の出現により、遠隔地間で互いに出張（移動）を伴わずに、極めてリアルタイム性の高い通信会議が可能となってきた（図1参照）。動画通信会議（以下単に通信会議と称す）のねらいを以下に示す。

- (1) 意志、情報の高度な伝達手段による質のよい効率的な会議、打合せ
- (2) 出張旅費の減少による経済効果
- (3) 移動に伴う時間損失の減少と、疲労からの解放

打合せ、会議の内容により出張会議を要する場合もあり、どちらで行うかは、その主題、進め方などにより決められるべきであるが、いずれにしても企業、官公庁で通信会議を導入することにより、問題発生から解決に至る過程を効率的かつ効果的に処理できるものと考えられる。ここで単純に出張会議の一部を通信会議におき変えた場合の費用上の比較を、東京～大阪間を例にして示すと図2のようになる。ここでは、高速デジタル専用線、1.5Mbpsを借用し、768Kbps以下は、多重化装置により分割使用するものとする。

2.2 主な必要条件

通信会議が有効に使われるためには次の条件が必要となる。

- (1) 画像の帯域圧縮に優れ、画質が良く、コストが安い。
- (2) 会議室のレイアウト、照明、ハウリング防止が適切に施されている。
- (3) 音声の品質がよい。
- (4) システムのオペレーションが容易である。

優れた画像帯域圧縮技術は、優れた画質により臨場感を出すと同

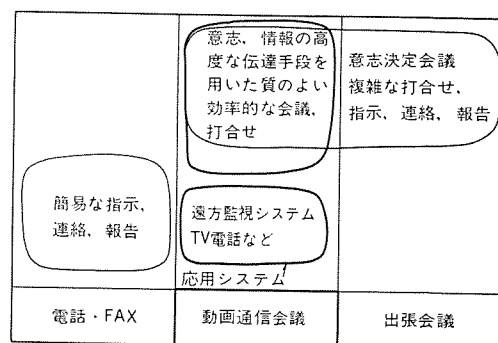
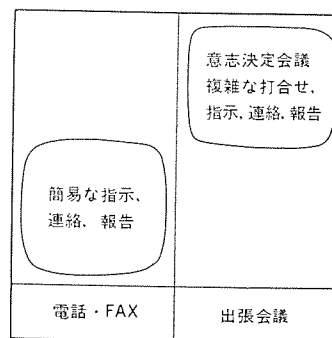
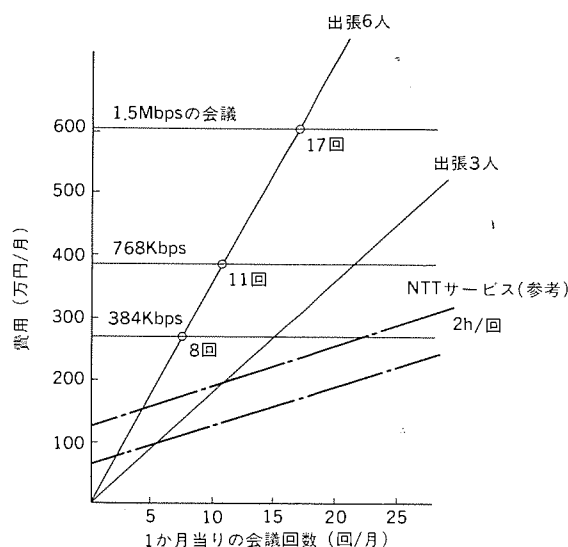


図1. 動画通信会議の出現と用途



前提
 人件費（移動損失）：7h×5千円/h=35千円/1人
 旅費：25千円/1人
 会議装置費用（両側）：1,600千円/月

図2. 東京～大阪間費用比較（カラー動画通信会議）

時に、回線コストの低下と複数の会議室の設置を可能とする。これにより会議室の予約条件が緩和されて、通信会議をより身近な手段として活用できるようになる。高速デジタル回線、1.5Mbpsを借用

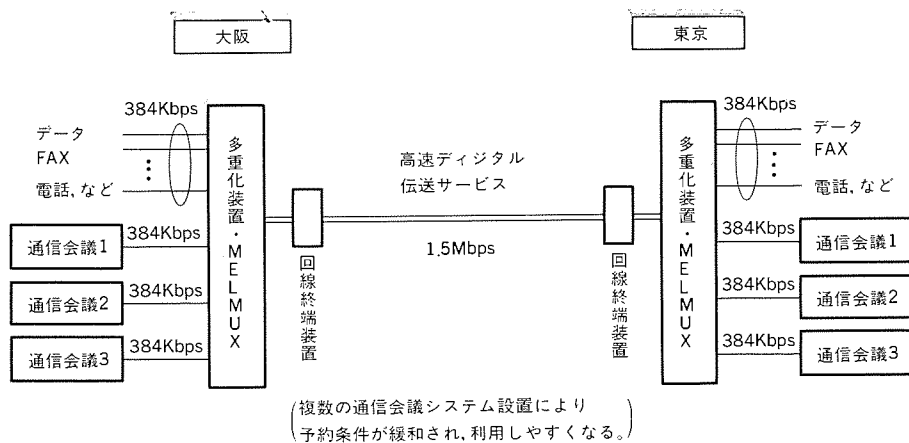


図 3. 回線構成例

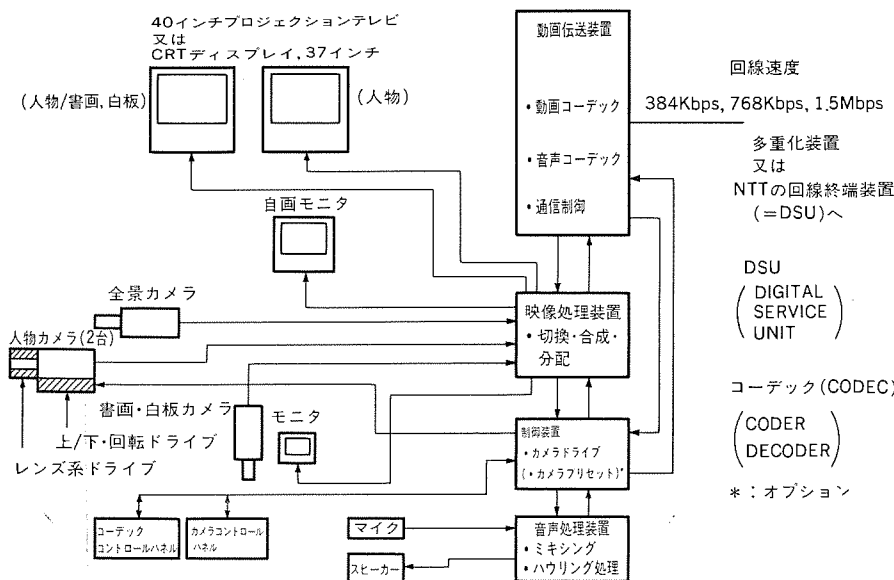


図 4. 通信会議の構成例

し、回線速度 384 Kbps の通信会議を行う場合の回線構成例を図 3. に示す。

2.3 通信会議室の構成

図 4. に通信会議室の構成例を示す。動画伝送装置は多重化装置へ接続するが、別途 DSU インタフェースを持っていて、直接 NTT の回線終端装置へも接続できるようになっている。システムごとに動画伝送装置の内容を変えずに済むように、カメラ入力及びディスプレイは、映像処理装置を経由し、コーデックコントロールパネル、カメラコントロールパネルは、制御装置を経由し、またマイク、スピーカーは音声処理装置、制御装置を経由して動画伝送装置に接続される。動画伝送装置に含まれる音声コーデックには、32 Kbps 又は 64 Kbps の帯域が割り当てられる。したがって映像帯域は、決められた回線速度から音声帯域分が引かれたものになる。コントロール信号の伝送も行われるが、無視できる程度の量である。

ディスプレイには、鮮明な当社の 40 インチプロジェクションテレビ、又は 37 インチの CRT テレビを標準として用いている。2 台のディスプレイのうち、1 台は人物専用であるが、他の 1 台は人物又は書画、白板用となっている。カメラは、全景カメラが 1 台、人物カメラが 2 台で、リモートコントロールにより、上/下、回転とレンズ系をドライブできるようになっている。書画・白板カメラは手動によりどちらか選択して使用するが、リモートコントロールによる切換機能を付加することも可能で

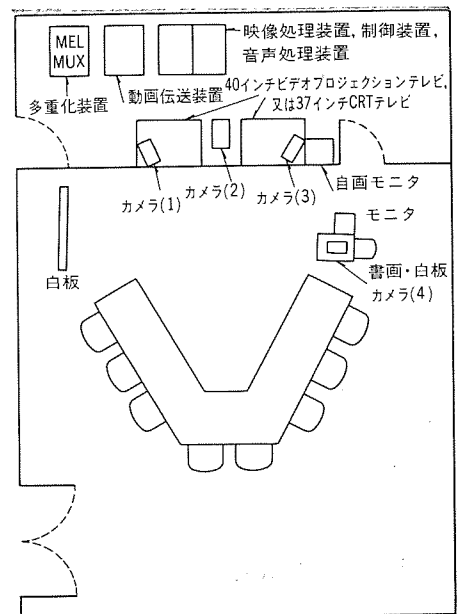


図 5. 通信会議室レイアウト例 (V字形, 約 6m x 8m)

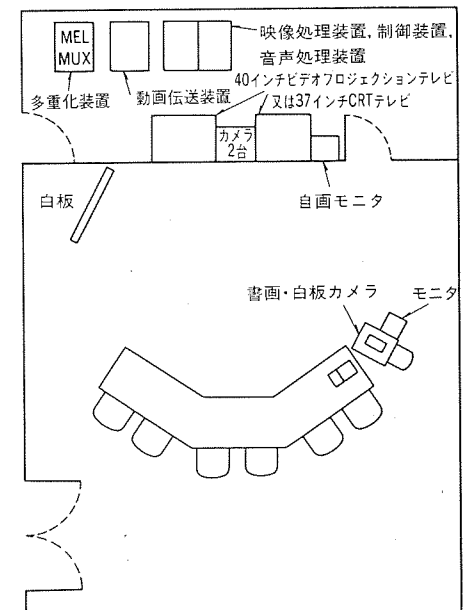


図 6. 通信会議室レイアウト例 (C字形, 約 6m x 8m)

ある。コントロールパネルのうち、コーデックコントロールパネルの主な機能は、通信異常、システムハングアップに対するリセット指示であり、カメラコントロールパネルの主な機能は、カメラのリモートコントロールとオプションのカメラプリセットである。

2.4 レイアウト

図 5. に V 字形の通信会議室のレイアウト例を示す。カメラを 4 台使用する例であり、カメラ(1), (3)は、リモコン付きで人物を、カメラ(2)は全景を写す。カメラ(4)は書画・白板用である。一般に、相手会議室のメンバーと同様に、同室のメンバーとの話合いに重点をおく場合は、V字形の机の配置をとることが多い。この場合、出席者とカメラの距離が座席によって異なるため、映像の焦点ぼけ、像の遠近格差に注意して、レイアウトを決める必要がある。

図 6. は、C 字形の通信会議室のレイアウト例である。相手側のメ

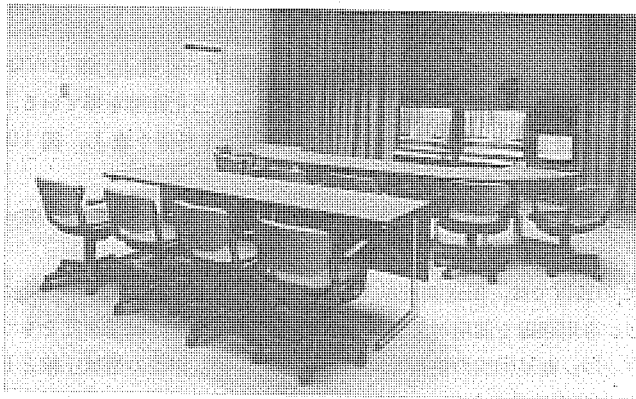


図 7. 通信会議室風景

ンパーとの打合せを主体に考える場合は、この配置をとることが多い。図 7. に通信会議室の風景を示す。

3. 画像の帯域圧縮方式

通信会議で扱われる画像は、全画面中での動いている部分の比率が、比較的低く、冗長性の高い情報を多量に含んでいる。このシステムでは、フレーム間差分適応ベクトル量子化方式 (AVQ) を用いて、画像の冗長成分を取り除き、高い圧縮率を得ている。この文では、AVQ の基幹を成す「ベクトル量子化技術」に関して説明する。

ベクトル量子化とは、多次元信号空間における量子化である。言い変えると、サンプルを複数個まとめてブロック化し、そのブロックを単位として、量子化を行う手法である。このブロックは、サンプルを元とするベクトルであり、入力ベクトルと呼ばれる。ベクトル量子化は、極めて効率のよいデータ圧縮手法であり、次元数、すなわち先に述べたブロックの大きさを大きくすることによって、理論的データ圧縮限界に近づくことが知られている。また、耐雑音性に優れ、量子化誤差がランダム化されるため、特に画像信号を対象とした場合には、 S/N 比に比べて、視覚的に良好な画像が得られる、などの利点がある。

画像のベクトル量子化の概念を図 8. に示す。ここでは、原画像か

ら $4 \times 4 = 16$ 次元のパターン (入力ベクトル) を切り出し、あらかじめ用意された標準パターン群 (出力ベクトル) の内から、最小ひずみを与えるパターン、すなわち最も近似度の高いパターンを探索する。こうして決定したパターンが、量子化出力であり、そのパターンに対応するレベルが符号化情報である。標準パターンは、送信側、受信側で同一のものを用意しているため、符号化情報のみを伝送すればよく、効率のよい符号伝送が可能である。

画像のベクトル量子化器の再生画品質は、入力ベクトルと量子化出力ベクトルとのひずみの大きさによって評価される。したがって、用意する出力ベクトル群が、その性能を左右するといっても過言ではない。理論的な最適出力ベクトルの設計手法は、確立されていないが、現在知られているものに、多数の入力ベクトル系列を用いたクラスタリングによる抽出法がある。しかし、この方法では用いた入力ベクトル系列が少ないと、それらの性質によって片寄ったパターンが抽出される傾向がある。

このシステムでは、入力ベクトルから平均値を分離した後、振幅成分で正規化してベクトル量子化を行うことによって、この欠点を補っている。これは、平均値分離正規化処理によって、クラスタリングに用いる入力ベクトル系列の一般化、及び出力ベクトル数の実質的な増大に相当する効果が得られるからである。

このシステムに用いている、フレーム間差分適応ベクトル量子化器 (A

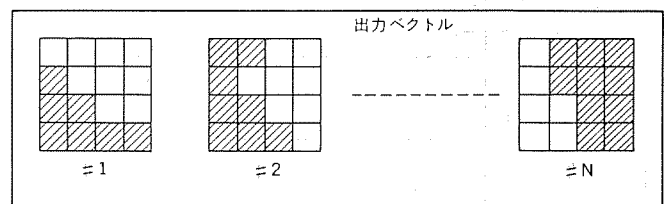
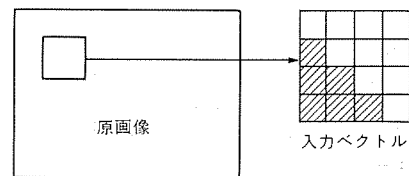


図 8. 画像のベクトル量子化概念図

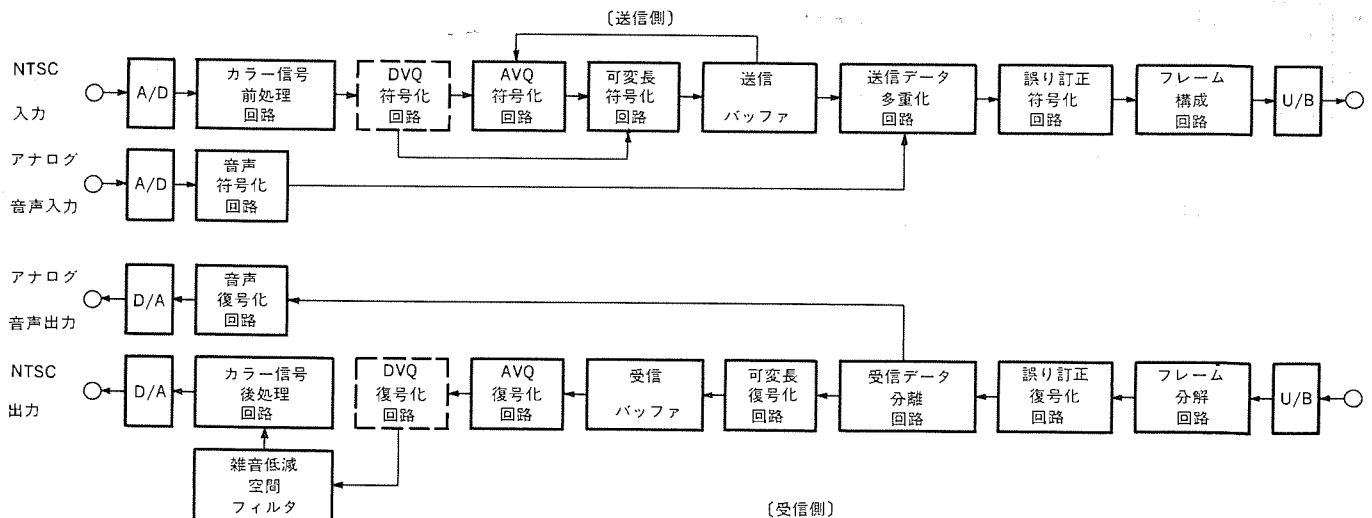


図 9. 動画伝送装置のシステム構成図

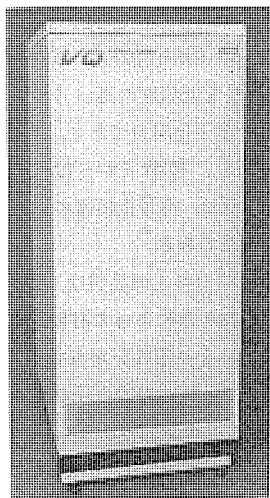


図 10. 動画伝送装置の外観

表 1. 動画伝送装置の性能諸元

| 項 目 | 諸 元 | 備 考 |
|------------------|-----------------------|--|
| 映 像 信 号 | 入出力信号 | NTSC/PAL カラー TV 信号 |
| | 解像度 | 輝度信号: 336 画素×480 ライン 色信号: 84 画素×240 ライン |
| | カラー信号処理 | NTSC ↔ YIQ } 変換 PAL ↔ YUV } コンポーネント信号時分割多重・分離 |
| | 符号化方式 | ダイナミックベクトル量子化 (動き補償) フレーム間適応ベクトル量子化 可変長符号化 雑音低減処理 |
| | 情報発生量 平滑化 | 送信バッファメモリによる動き検出及びフレーム脱落し制御 |
| | フレームレート 制御 | 受信バッファメモリによるフレームレート変換 |
| 音 声 信 号 | 入出力信号 | 4 kHz 帯アナログ音声信号 |
| | 符号化方式 | AD PCM |
| 伝 送 制 御 | 伝送路エラー 対策 | (255, 239) BCH 符号による二重誤り訂正 CRC チェックによる映像オートリフレッシュ |
| | ラ イ ン インタフェース | 高速デジタルインタフェース (映像/音声 /データ多重化伝送) |
| 伝 送 速 度 | 384 Kbps~1.5 Mbps | |
| 外 形 寸 法 (mm) | 1,400×570×600 (H×W×D) | |

VQ) は、フレーム間の差分信号系列に、ベクトル量子化を適用することによって、高能率な画像符号化を行うと同時に、動画像の局所的な空間的・時間的性質に基づき、符号化済みの前フレーム内のブロック群などから出力ベクトルを生成するダイナミックベクトル量子化器 (DVQ) と、多段接続することにより、更に優れた符号化性能を得ている。動画伝送装置の構成図を図 9. に、性能諸元と外観を表 1., 図 10. に示す。

4. 伝 送 方 式

この装置では、伝送速度が 1.5 Mbps, 768 Kbps, 384 Kbps のデジタル専用回線を運用対象としている。また、上記の伝送速度をもつデジタル衛星回線の使用も可能となっている。画像の帯域圧縮として高能率符号化を行っているため、回線品質が低い場合には、再生画品質の劣化が著しくなる。このため、BCH 符号による誤り訂正機能、及び各種誤り検出部から制御されるデマンドリフレッシュ機能によって、通常の回線品質で十分な再生画品質が得られるよう、対策が施されている。

また、音声に関しては、画像符号化情報と多重して伝送することにより、画像とのずれを小さくしている。

5. む す び

動画通信会議は、リアルタイムで打合せができ、臨場感があるため応用分野の開発も含め、広く普及していくものと思われる。384 Kbps より低速な回線を使用するシステムも開発されており、通信路の帯域に合わせ、64~48 Kbps の動画伝送装置を当社独自のベクトル量子化技術により、既に開発を完了し近々実用化する予定である。回線サービスの発展に伴い情報通信分野で、当社は実用性が高く品質のよい動画通信会議システムを提供できるものと確信している。

参 考 文 献

- (1) Y. Linde, A. Buzo, R. M. Gray: "An Algorithm for Vector Quantizer Design", IEEE Trans., COM-28, 1, p. 84~95 (1980-1)
- (2) A. Gersho: "On the Structure of Vector Quantizers", IEEE Trans., IT-28, 2, p. 157~166 (1981-3)
- (3) T. Murakami, K. Asai, E. Yamazaki: "Vector Quantizer of Video Signals", Electronics Letters, 18, 23, p. 1005~1006 (1982-11)
- (4) 橋本: ビデオ符号化技術, 信学誌, 67, No. 12 (昭 59-12)
- (5) 村上ほか: 画像のベクトル量子化, テレビ誌, 38, No. 5 (昭 59-5)
- (6) 村上ほか: 画像のダイナミック多段ベクトル量子化, 信学論 (B), J 68-B, No. 1 (昭 60-1)
- (7) 村上ほか: テレビ会議用カラー動画伝送方式, 信学技報, CS 85-3 (昭 60-4)

デジタル信号処理によるTV画質の改善

中島義充*・水谷芳樹*・玉木茂弘*・伊藤 浩*・村上篤道**

1. ま え が き

近年、画像のデジタル信号処理方式の研究開発が各方面で活発に行われてきたが、LSI技術の長足の進歩により回路的にも現実のものとなってきた。TV受像機の分野でも例外ではなく、受像機内の信号処理系の基本回路をデジタル化したもの、また半導体メモリを使用してPIP（ピクチャ イン ピクチャ）、静止画表示などの新機能を付加したTVセットが実現されるようになった。更に次のステップとして、デジタル信号処理による現行標準方式TVの画質改善が叫ばれている。筆者らは、1枚の画面内のデータを扱うフィールド内処理方式と実用的な画質改善システムを開発した^{(1)~(5)}。

このシステムは、画像の変化を検出してフィルタを切り換える適応形YC分離デジタルフィルタと適応形輪郭補償デジタルフィルタからなり、アナログ処理では得られない高画質、高解像度の画像を得ることができる。このシステムの両フィルタはデータの遅延素子としてラインメモリを共用でき実用的なシステムである。なお、ここでYC分離とは複合映像信号Nから輝度信号Yと色信号Cを分離することで、従来のアナログ信号処理では分離が不完全であるためYC両信号間のクロストークがあり、表示された画像の品質（画質）を損ねていた。また輪郭補償は画像の輪郭を強調してくっきりさせる方法であるが、やはりアナログ信号処理では水平方向しか輪郭がつかないなど不完全なものである。

以下、これらの問題点を解決したデジタル信号処理方式について報告する。

2. 2次元周波数平面

画像のデジタル信号処理を行うためには、まず、TV信号を2次元周波数平面上で考えることが必要である。1枚の画面は、水平（横）、垂直（縦）の二つの方向の成分から成る2次元画像であり、更に時間軸方向に毎秒30枚（フレーム）の頻度で連続する3次元画像としてTVの動画は構成される。

TV信号は、このような本来3次元の画像信号を電気信号として処理するために走査という過程を経て、1次元信号に変換したものである。従来のアナログ信号処理では、このTV信号を1次元のまま取り扱っている。しかし、できればTV信号は本来の2、3次元信号として取り扱った方が望ましく、その性質に合った処理ができる。デジタル信号処理はこの要求に適しており、1次元のTV信号をデジタル化（標本化、量子化）して一度メモリに蓄えてから2、3次元画像信号に再構成して処理するものである。

TV信号を3次元信号として考え、その周波数スペクトルを表すには f_1 , f_2 , f_3 の三つの周波数軸が必要となる。これらは画像の水平方向、垂直方向、時間軸方向にそれぞれ対応する。一般に、周波数スペクトルを図的に表現する場合、三つの軸のうち二つを選んだ2次元周波数平面を使用する。ここでは以下の説明に関係する水平方向（ $f_1=\mu$ ）と垂直方向（ $f_2=\nu$ ）の2軸による2次元周波数平面を用

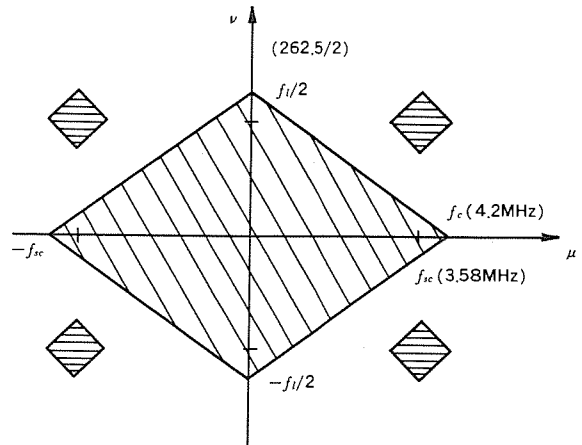


図 1. NTSC 信号のスペクトル

いてTV信号（NTSC方式）の周波数スペクトルを表現する。

この2次元周波数平面において、水平軸（ μ ）は画像の水平方向（走査方向）の精細度を表すもので、従来の1次元周波数（Hz）に相当している。一方、垂直軸（ ν ）は画像の垂直方向の精細度を表し、走査線（ライン）の数を単位としc/ph（サイクル/画面高）で表記する。例えば、525本の走査線で画像が構成されているとき、1サイクルの明暗に2本の走査線が必要とするので画面全体では525/2サイクル、すなわち262.5c/phの成分が表せることになる。

このような2次元周波数平面（ μ , ν ）におけるNTSC信号のスペクトル⁽⁶⁾を図1に示す。図において、中央の大きな菱形で輝度信号（Y）のスペクトルを、周辺の四つの正方形で色信号（C）のスペクトルをそれぞれ表している。色信号の中心の座標は（ $\pm f_{sc} \pm f_i/2$ ）であり、水平周波数成分（ μ ）は1次元周波数と同じ $f_{sc}=3.579545$ MHzである。また、垂直周波数成分（ ν ）はフィールド走査線数 $f_i (=262.5)$ の1/2であり、これは色信号の位相が走査線ごとに反転していることを示している。本論ではこの平面上でのデジタルフィルタの特性を論ずる。

3. 2次元データ配列

NTSC方式の複合映像信号Nは、輝度信号Yと、二つの色差信号I, Qで色副搬送波（周波数： $f_{sc}=455/2 \cdot f_H$ 、ここで f_H は水平走査周波数）を直角2相変調した色信号Cとの複合信号である。複合映像信号を色副搬送波周波数の4倍の周波数で標本化（サンプリング）すると、色副搬送波の1周期に4個のサンプル点が90°ずつ等間隔に並ぶから、互いに2サンプル離れたサンプル点の色副搬送波位相は反転の関係になる。また色副搬送波の周波数は上述のように $455/2 \cdot f_H$ であるから、上下の水平走査ラインで、色副搬送波の位相は反転の関係になる。したがって色信号の位相関係に着目したとき、図2に示すような2次元データ配列が得られる。図中○と●、△と▲は色副搬送波の位相が反転している。

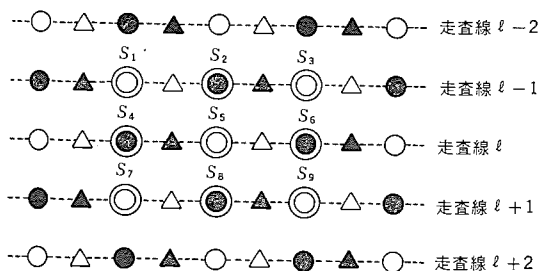


図 2. 2次元データ配列

今回開発した適応形YC分離デジタルフィルタと適応形輪郭補償デジタルフィルタの動作原理は、図2.に示した2次元データ配列を基本に説明できる。

4. 適応形YC分離デジタルフィルタ

NTSC方式のTV信号は、輝度信号と色信号が周波数多重され帯域を共有して（周波数インタリーブ）伝送される。この周波数インタリーブされた信号を、受像機内では通常くし形フィルタなどにより輝度信号と色信号とに分離するが、この分離が不完全であると前述のように輝度信号と色信号のそれぞれのチャンネル間にクロストークが発生し、TV画面上クロスミナス、クロスカラーといった画質劣化が生じる。特にこの妨害は、画像が変化している領域においてよく目立つ。ここで提案する適応形YC分離デジタルフィルタは、小領域においては画像は水平方向、垂直方向の一方又は両方に相関が強いという性質に基づいたものである。

図2.において、サンプル点 S_5 をYC分離することを考える。適応形YC分離デジタルフィルタは、着目しているサンプル点 S_5 に対し、色副搬送波位相が逆相である周辺のサンプル点 S_2, S_4, S_6, S_8 を使用してYC分離を行う。 S_2, S_5, S_8 を使用して色信号を取り出す垂直方向バンドパスフィルタを構成し、 S_4, S_5, S_6 を使って色信号を取り出す水平方向バンドパスフィルタを構成する。更に画像の変化を検出して、この2方向のフィルタを適応的に切り換えて使用して良好な色信号分離を行う。その結果、得られた色信号を複合映像信号から減算することにより、輝度信号を分離することができる。

なお画像の変化の検出は、水平あるいは垂直方向のサンプル値に対し、ある演算を施して行うが、この演算式（アルゴリズム）を選んで適応形YC分離フィルタの2次元周波数応答を種々変化させることができる。以下では開発したアルゴリズムの一例について述べる。

画像に変化があると隣り合う二つのサンプルの値に差が生じるので、その絶対値で変化を検出できる。画像が水平方向に変化しておれば S_4, S_6 の差が大きくなり、画像が垂直方向に変化しておれば S_2, S_8 の差が大きくなる。色信号分離デジタルフィルタとしては画像の変化の小さい方のバンドパスフィルタを使用する。このアルゴリズムを式で書けば次のようになる。

$$\text{IF } |S_4 - S_6| < |S_2 - S_8| + K \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{THEN } C_5 = -(S_4 - 2S_5 + S_6)/4 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{ELSE } C_5 = -(S_2 - 2S_5 + S_8)/4 \dots \dots \dots (3)$$

$$Y_5 = N_5 - C_5 \dots \dots \dots (4)$$

ここで K は定数である。また式(2)が水平方向バンドパスフィルタ、式(3)が垂直方向バンドパスフィルタを示す。このアルゴリズムによって得られる2次元周波数応答は、1サンプル遅延を Z^{-1} 、1ライン遅延を ω^{-1} として、まず式(1)を書きなおすと、

$$|1 - Z^{-1}| < |1 - \omega^{-1}| + K$$

と表すことができる。したがって、

$$|1 - \exp(-j8\pi\mu T_h)| < |1 - \exp(-j4\pi\nu T_v)| + K$$

となり、これを解けば、

$$|\sin(\pi\mu/f_{sc})| < |\sin(2\pi\nu/f_l)| + K$$

ここで、 μ ：水平周波数

ν ：垂直周波数

f_{sc} ：色副搬送波周波数の水平成分

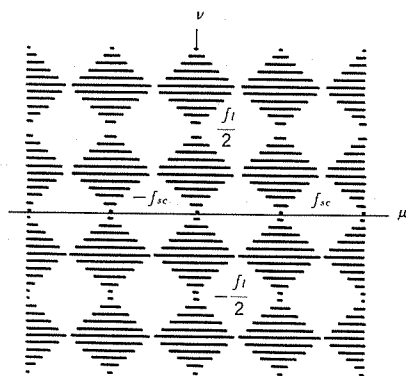
$\frac{1}{2}f_l$ ：色副搬送波周波数の垂直成分

であり、また、

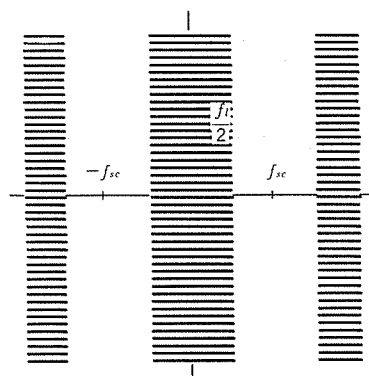
$$T_h = \frac{1}{4f_{sc}}$$

$$T_v = \frac{1}{f_l}$$

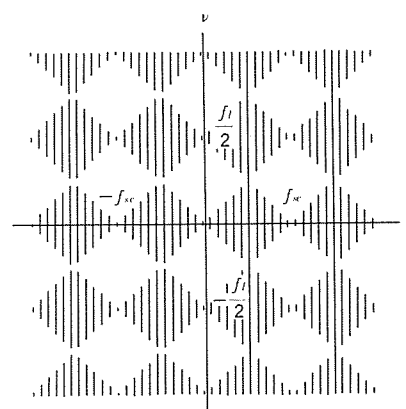
である。 $K=0$ の場合を考えると式(1)で示される条件が満たされる範囲、すなわち水平方向バンドパスフィルタが選択される領域は、2次元周波数平面上で示せば図3.(a)のようになる。また式(1)に示した不等号の向きが逆の場合、すなわち垂直方向バンドパスフィルタ



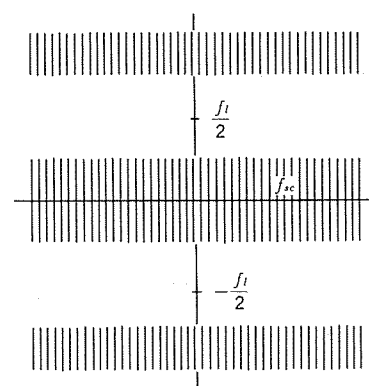
(a) 水平方向バンドパスフィルタの選択される領域（陰影部分）



(a) 水平方向バンドパスフィルタ（白い部分）



(b) 垂直方向バンドパスフィルタの選択される領域（陰影部分）



(b) 垂直方向バンドパスフィルタ（白い部分）

図 3. フィルタの選択される領域

図 4. フィルタの通過領域

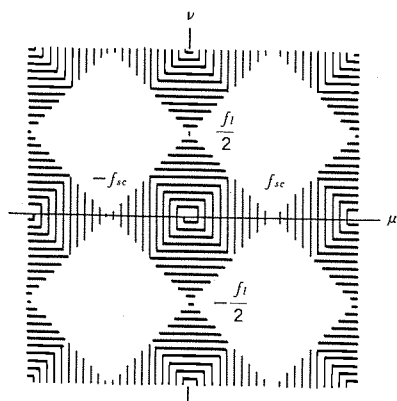


図 5. 適応形 YC 分離デジタルフィルタの周波数応答 (Y: 陰影部分, C: 白い部分)

が選択される領域は、2次元周波数平面上で、図 3. (b)で示した領域となる。すなわち図 3. (a)と図 3. (b)は互いに補集合の関係となっている。式(2)、式(3)についても式(1)の場合と同様に考えれば、式(2)から

$$|H(\exp(j2\pi\mu T_h))| = \sin^2(\pi\mu/2f_{sc})$$

また式(3)から、

$$|H(\exp(j2\pi\nu T_v))| = \sin^2(\pi\nu/f_l)$$

が得られる。図 4. にそれぞれの通過帯域 (図中白い領域) を示す。水平方向 バンドパスフィルタは中心周波数が f_{sc} であり、また垂直方向 バンドパスフィルタは、中心周波数が $f_l/2$ である。なお図に示した通過帯域は半値幅で示した。2次元周波数平面上で、水平方向 バンドパスフィルタの選択される領域と、このフィルタの通過帯域を重ね合わせ、また垂直方向 バンドパスフィルタの選択される領域と、このフィルタの通過帯域を重ね合わせると図 5. が得られる。図中の白い領域は、上に示したアルゴリズムにより、複合映像信号から色信号が分離される周波数帯域を示している。式(4)から、輝度信号と色信号は互いに補集合となっており、図中陰影を付けた領域が輝度信号として選択される領域である。図 5. において、色信号の通過帯域が色信号の周波数成分の分布する f_{sc} と $\frac{1}{2}f_l$ の交点を中心としていることから、このアルゴリズムにより色信号分離の実現できることがわかる。

5. 適応形輪郭補償デジタルフィルタ

従来の TV 受信機では、画像の輪郭をくっきりさせるために YC 分離された輝度信号の高域成分を、ピーキングフィルタなどで強調しているが、画像の水平方向のみに輪郭がつき、また画像の左右の輪郭の幅がアンバランスであるなど、不自然である。このような問題もデジタル信号処理によって解決することができる。上で述べた適応形 YC 分離デジタルフィルタとライン遅延素子を共用し、複合映像信号から直接、水平方向のみならずあらゆる方向の輪郭信号を抽出できる適応形輪郭補償デジタルフィルタを開発した。

この適応形輪郭補償デジタルフィルタは、図 2. において着目しているサンプル点 S_5 に対し、色副搬送波

位相が同相の周辺のサンプル S_1, S_5, S_9 及び S_3, S_5, S_7 を使い 2 次微分の演算を行う二つのデジタルフィルタから構成される。画像の変化を検出して、二つのフィルタを適応的に切り換えることにより、画像のあらゆる方向の輪郭信号を抽出する。抽出した輪郭信号を YC 分離フィルタで分離された輝度信号に加えることにより、画像の輪郭を鮮明にすることができる。なお画像の変化の検出は、周辺の標本値に対しある演算を施して行う。ここでは、2 次微分の演算で抽出した二つの輪郭信号のうち、大きい方を使うことにした。アルゴリズムを式に書けば次のようになる。

$$\text{IF } |S_1 - 2S_5 + S_9| > |S_3 - 2S_5 + S_7| \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{THEN } A_5 = -(S_1 - 2S_5 + S_9)/4 \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{ELSE } A_5 = -(S_3 - 2S_5 + S_7)/4 \dots\dots\dots (7)$$

$$Y_5' = Y_5 + A_5$$

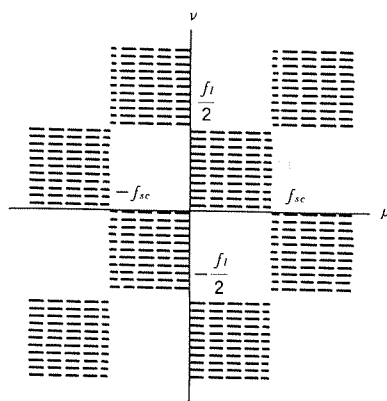
このフィルタの 2 次元周波数応答は、次のようにして求めることができる。式(1)の場合と同様にして式(8)を Z^{-1} , ω^{-1} を使って書き直すと、

$$|(1 - Z^{-2}\omega^{-1})^2| > |(1 - Z^2\omega^{-1})^2|$$

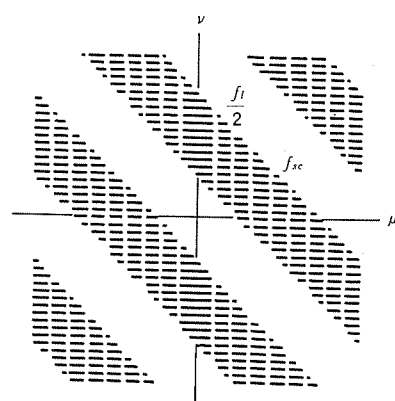
となり、これより次式が得られる。

$$\sin^2 \frac{\pi}{2} (\mu/f_{sc} + 2\nu/f_l) > \sin^2 \frac{\pi}{2} (\mu/f_{sc} - 2\nu/f_l)$$

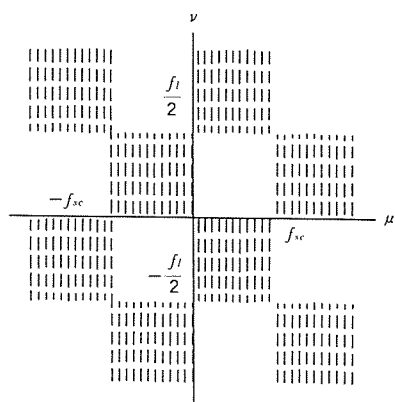
式(5)が成立する範囲、すなわち式(6)で示されるフィルタが選択される領域は、2次元周波数平面上で示せば図 6. (a) のようになり、また式(5)の不等号の向きが逆の場合、すなわち式(7)で示したフィ



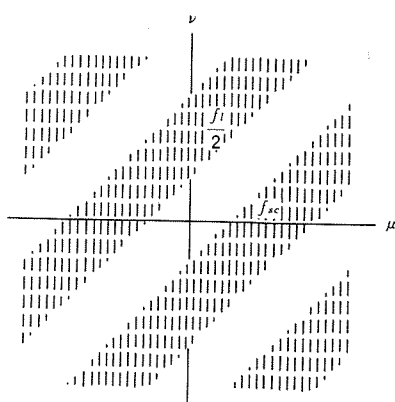
(a) 式(6)で示されるフィルタが選択される領域 (陰影部分)



(a) 式(9)で示されるフィルタの通過領域 (陰影部分)



(b) 式(7)で示されるフィルタが選択される領域 (陰影部分)



(b) 式(10)で示されるフィルタの通過領域 (陰影部分)

図 6. フィルタの選択される領域

図 7. フィルタの通過領域

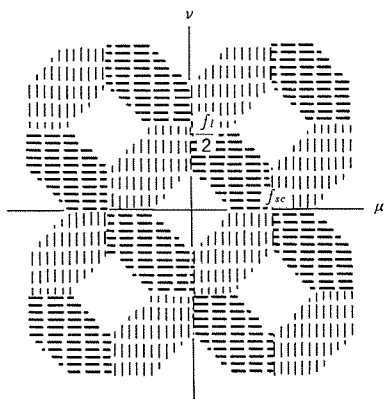


図 8. 適応形輪郭補償デジタルフィルタの周波数応答
(陰影部分が強調される)

ルタが選択される領域は、2次元周波数平面上、図 6. (b) のようになる。式 (6)、式 (7) で表されるフィルタの、それぞれの通過帯域を図 7. (a)、(b) に示す。したがって図 6. (a) と図 7. (a)、図 6. (b) と図 7. (b) を重ね合わせることで適応形輪郭補償デジタルフィルタの2次元周波数応答を求めることができる。図 8. に結果を示す。

図 8. において陰影部分が、このフィルタの通過帯域である。前述のように色信号の周波数成分は、 f_{sc} と $f_l/2$ の交点を中心に分布し、それを避けた特性の適応形輪郭補償デジタルフィルタが複合映像信号に対し、色信号を強調することなく、輝度信号の全方向の高域成分を強調する

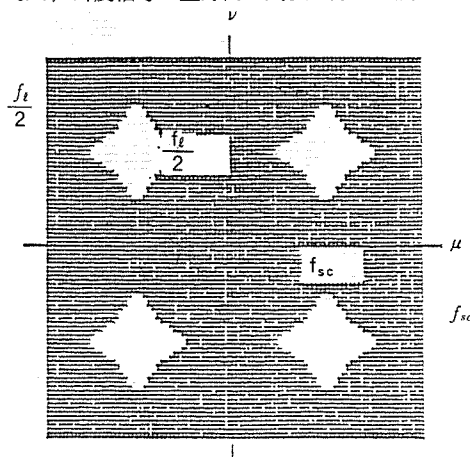


図 9. 画質改善システムの周波数応答
(Y: 陰影部分 C: 図 5. の白い部分)

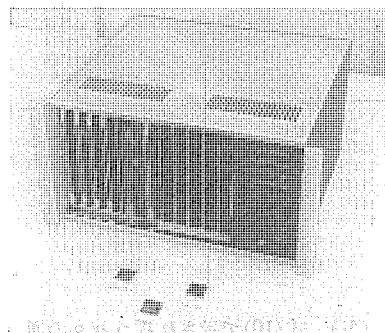


図 11. 開発した実験装置と
ゲートアレイ IC

ことがわかる。

6. 画質改善システムの構成と実験

これまで述べてきた適応形 YC 分離 デジタルフィルタと適応形輪郭補償 デジタルフィルタを組み合わせ、画質改善システムを構成した。この画質改善システムの輝度信号の2次元周波数応答は、図 5. と図 8. から図 9. の陰影部分となる。図 9. からわかるように、このシステムは輝度信号成分に対する特性からみれば、 μ 軸、 ν 軸上の f_{sc} 、 $f_l/2$ 付近の高域成分を強調するとともに、 f_{sc} と $f_l/2$ の交点を中心に分布する色信号成分に対し遮断特性をもっており、クロスミナスが抑えられる。

前述のように適応形 YC 分離 デジタルフィルタと適応形輪郭補償 デジタルフィルタは、着目しているサンプル点に対し周辺のサンプル点のうち、色副搬送波の位相が同相あるいは逆相のサンプル点を使用する。これらのサンプル点は同一のラインメモリから同時に読み出すことができるので、適応形輪郭補償フィルタとラインメモリを共用して、システム全体のコストパフォーマンスを高めることができる。

図 10. にシステム全体のブロック図を示す。上部が適応形 YC 分離

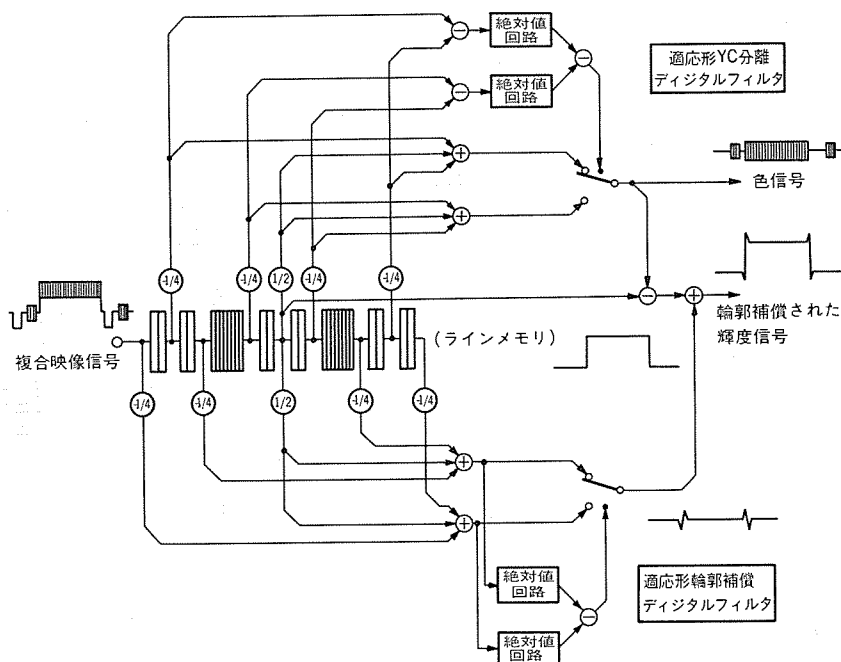


図 10. 画質改善システム

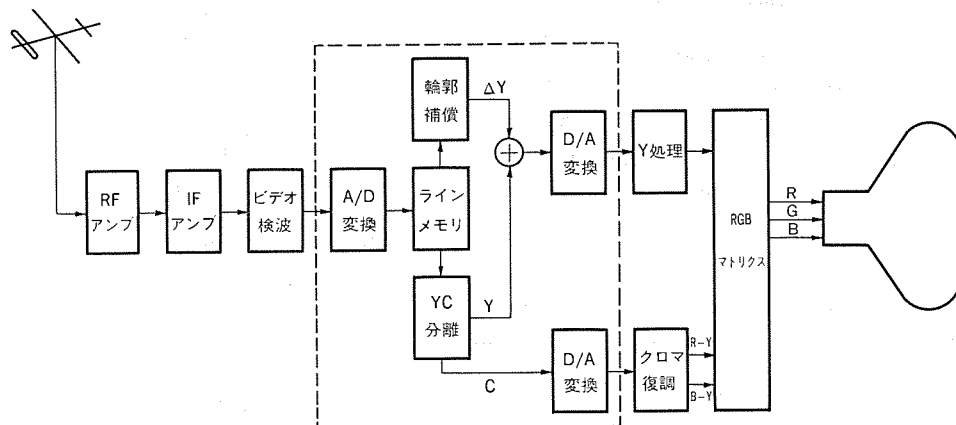
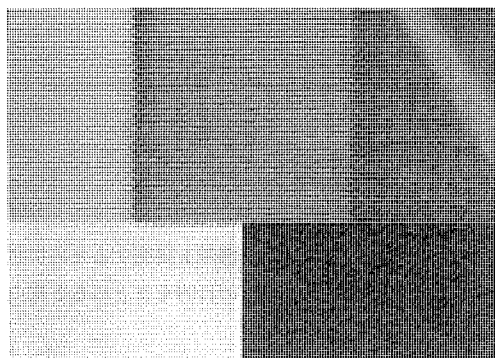
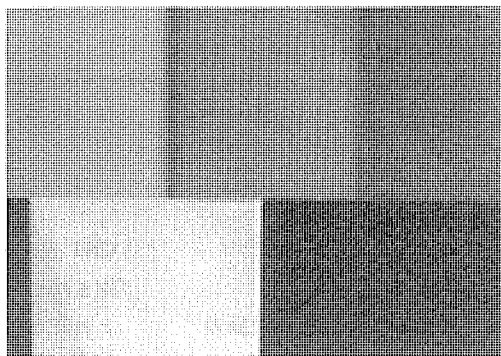


図 12. 画質改善 TV のブロック図 (点線部が画質改善システム)

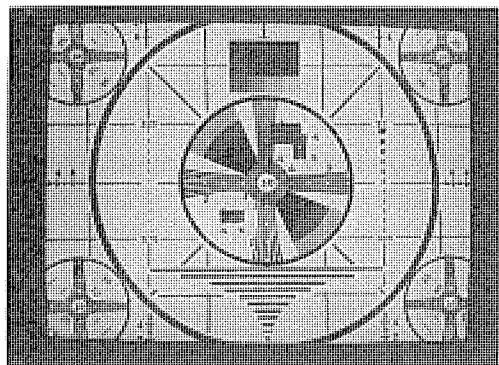


従来のアナログTV (くし形フィルタ内蔵)
によって得られる画像

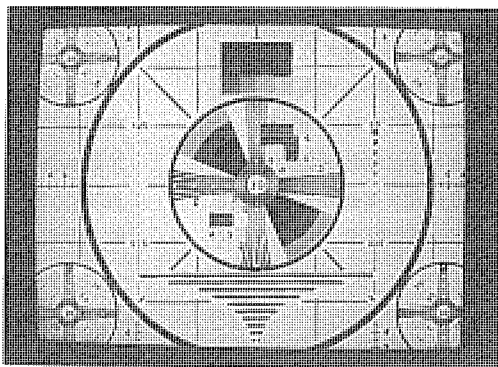


画質改善システムによって
得られる画像

(a) カラーバーパターン



従来のアナログTV (くし形フィルタ内蔵)
によって得られる画像



画質改善システムによって
得られる画像

(b) モノスコップパターン

図 13. 実験結果

デジタルフィルタ部、下部が適応形輪郭補償デジタルフィルタ部である。

図 10. に示したシステムをハードウェア化し、実時間処理による画質改善効果の検証を行った。ラインメモリを 16 K ビットの SRAM で構成し、またそれぞれのデジタルフィルタと画像の変化を検出するデジタル回路は、TTL IC と新規に開発した 3 個 (合計 7,000 ゲート) のゲートアレー IC で構成した。システムクロックが約 14 MHz と非常に高速であるので、回路はパイプライン構成とした。また、これらの回路は現在の技術で容易に VLSI 化できるものである。図 11. に開発した実験装置とゲートアレー IC を示す。この画質改善システムを図 12. のように TV 受像機に接続し効果を確認した。図 13. に実験結果を示す。図 13. (a) から従来のくし形フィルタ内蔵の TV 受像機では画像の変化するところでドット妨害が発生し画質が劣化しているが、今回開発した画質改善システムによれば、これらのドット妨害は除去され、輝度信号と色信号の分離特性がよいことがわかる。また解像度も図 13. (b) から、従来のフィルタによって得られる解像度より高いものであることが分かる。

7. む す び

適応形 YC 分離デジタルフィルタと適応形輪郭補償デジタルフィルタを開

発し、実用的な画質改善システムを構成し、TV 受像機に組み込んで効果を確認した。開発した画質改善システムによれば、クロスリナンス、クロスカラーのない、かつ全方向の輪郭を強調した鮮明な画像を得ることができ、全体の画質と解像度が従来のアナログ受像機 (くし形フィルタ内蔵) より優れていることがわかった。また、ここで述べたアルゴリズムを少し変更すれば、PAL 方式にも適用できる。

今回開発したのは、現時点で、より現実的なラインメモリを使用した 2 次元周波数の YC 分離のため、画像の斜め成分の解像度がやや犠牲になっている。その解決のためには 3 次元処理が必要である。しかしながら、そのためには約 8 M ビット (2 フレーム分) のメモリが必要であり、また動き補償も必要である。現時点では実用的でないが、将来は民生用機器にも導入されるであろう。

終りに、この開発にあたり御指導、御尽力いただいた関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 中川ほか：適応型 YC 分離 デジタルフィルタ, 昭和 59 年度電子通信学会全国大会 1366
- (2) 加瀬沢ほか：適応型 YC 分離 デジタルフィルタ 方式, 1984 年テレビジョン学会全国大会 14-10
- (3) Y. Nakajima, et al : Improvement of Picture Quality for NTSC and PAL Systems by Digital Signal Processing, ICCE Digest of Technical Papers, p. 250~251 (1985-6)
- (4) Y. Nakajima, et al : Improvement of Picture Quality for NTSC and PAL Systems by Digital Signal Processing, (to be published) IEEE Trans. Consumer Electronics (1985-8)
- (5) 伊藤ほか：適応型輪郭補償 デジタルフィルタ, 1985 年テレビジョン学会全国大会 15-11
- (6) E. Dubois, et al : Three-Dimensional Spectrum and Processing of Digital NTSC Signals, SMPTE J. 91, No. 4, p. 372-378

高精細度医用画像表示装置

徳富義宏*・岩永勝嗣*・大西 宏*

1. ま え が き

近年の医療の進歩は目ざましく、数多くの医用電子機器や医療のシステム化が研究・開発されており、我々はより高度な医療を受けることが可能となってきた。また、高齢化社会を迎えつつある時代に、これに対応する医療として、医療情報の電子化はますますその重要性を増している。すなわち、医療機器の高度化によってより精密な検査と正確な診断が期待できることに加え、電子化された医療情報は蓄積・検索・再生・伝送などの取扱いが容易になるため、重複検査を回避する手段として非常に有効であるからである。

このような状況のもとで、国立がんセンター及び(財)医療情報システム開発センターが科学技術庁の昭和58年度科学技術振興調整費による「高齢化社会に対応する科学技術の開発に関する研究」の一環として委託を受けた「高齢者の個人健康情報の活用管理システム(PHD記録システム)開発に関する研究」を進めている。当社もその研究の中で、医療情報の出力装置の開発に参加している。

医療情報の中でもX線写真像は最も重要な情報の一つであるとともに、最も高精細度を要求される画像データであることから、前述の研究開発の中でX線フィルム出力装置が開発すべき要素技術として取りあげられた。この論文は当社が試作したX線フィルム出力装置である高精細度白黒ディスプレイ、表示用フレームメモリ及び画像信号処理用マイコンシステムについて述べる。

2. X線フィルム出力装置の概要

X線像をCRT画面に表示し、その画像によって物体の検査や患部の診断を行う試みは、既に走査線数が500本系や1,000本系のCRT表示装置で実施されている。この装置はこれら既存の装置に比べより一層の高精細度化を図り、医用のX線フィルム像を高精細度で

CRT表示し、医師の診断に必要な性能や機能を研究するために試作されたものである。すなわち、この装置の目的をまとめると次のとおりである。

- (1) CRTディスプレイの必要性能(分解能、輝度、コントラスト、フリッカなど)を検討する。
- (2) 画像入力装置の違いによる入力画像の画質評価を行う。
- (3) 診断のための画像信号処理の有効性を検討する。

これらの研究目的のために、図1.及び図2.のようなX線フィルム出力装置の試作を行った。

この装置は、①高精細度白黒ディスプレイ、②表示用フレームメモリ、③画像信号処理用マイコン、④GPIBコントローラから構成されており、X線画像の入力はCCDカメラ装置及び回転式ドラムスキャナから行われる。また、X線フィルム像の持っている情報をできる限り失わずに表示するため、取り扱う画像データの容量を次のように定めた。

- (1) 高精細度白黒ディスプレイの走査線数は2,000本とする。
- (2) 表示用フレームメモリは、1,500×2,000画素、階調8ビットの1画

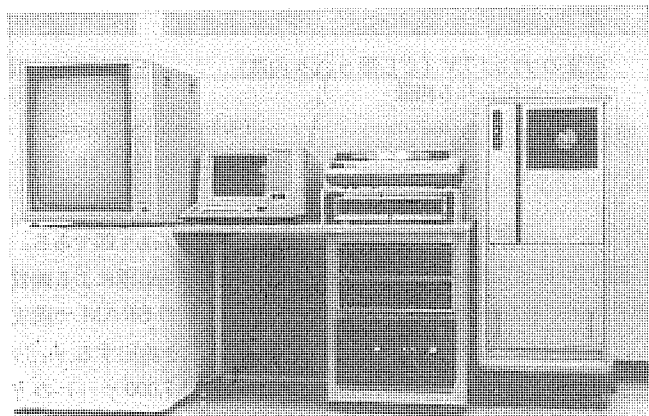


図2. X線フィルム出力装置の外観

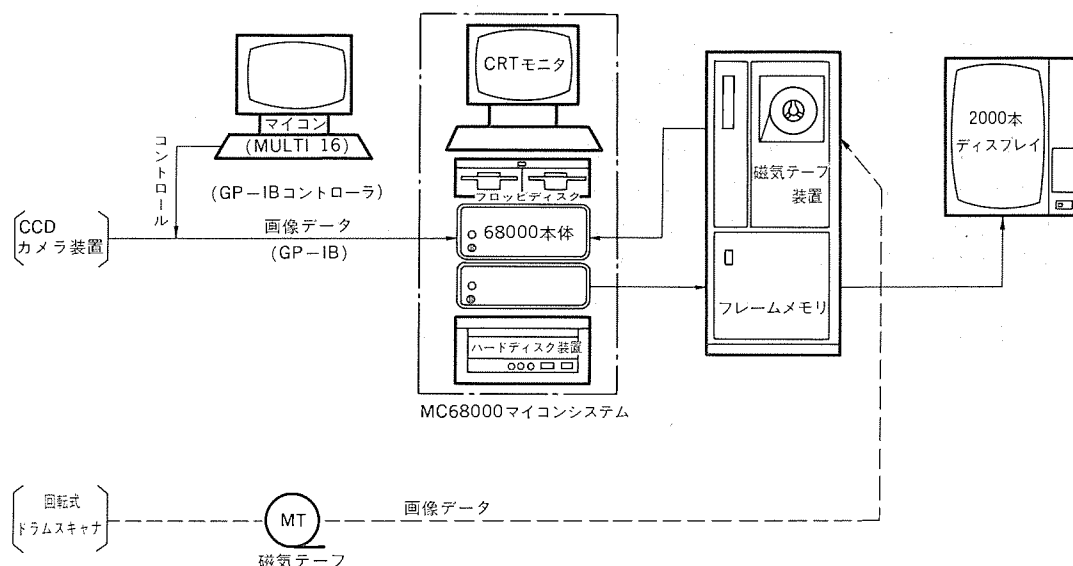


図1. X線フィルム出力装置の構成図

面 (1 フレーム) をストアする。

(3) CCD カメラ装置からの画像データは、1画面当り 2,000×2,000 画素、階調 8 ビットとする。

(4) ドラムスキャナからの画像データは、1画面当り 2,000×2,000 画素、階調 10 ビットとする。

CCD カメラ装置からの画像データは、GPIB コントローラ (《MULTI 16》) の制御のもとで、1データ8ビットで画像信号処理用マイコン (MC 68000) のハードディスク装置にストアされる。一方、回転式ドラムスキャナからの画像データは磁気テープに記録され、その磁気テープは MC68000 マイコンシステムの磁気テープ装置からハードディスク装置へストアされる。なお、このときは1データ16ビット (10ビット有効) である。ハードディスクにストアされた画像データは、MC 68000 で後述の画像信号処理を施して表示用フレームメモリに転送され、高精細度白黒ディスプレイに X 線フィルム像が表示される。

3. 装置の仕様及び性能

3.1 高精細度白黒ディスプレイ

3.1.1 特長

X線フィルムは、4,000×4,000 画素を越える情報量をもっているとされており、この X 線フィルム像を高精細に表示するために、次のような特長を持った CRT ディスプレイを試作した。

- (1) 走査線数 2,105 本の高精細度ディスプレイ
- (2) CRT は 26 形縦長の画面
- (3) フリッカ軽減のため長残光性 CRT の採用
- (4) 広帯域ビデオ回路の採用
- (5) 高周波特性の良いリッツ線巻き偏向ヨークの採用
- (6) 偏向ひずみ補正、フォーカス補正の強化

これらの特長の中で、最も重要な項目は走査線数であるが、後述の表示用フレームメモリの動作速度が実現困難な値 (200 MHz 以上) にならぬよう 2,105 本とした。また、CRT 画面を見ることによる疲労感を軽減するとともに、映像増幅部での S/N を悪化させないように、フレーム周波数が 30 Hz でもフリッカが気にならない長時間残光性 (残光時間: 100 ms) のブラウン管を使用した。更に、大角サイズの X 線フィルム (35.5 cm 角) がほぼ等角大で表示できるよう 26 形サイズの CRT を使用し、将来画像と同時に文字情報を表示可能とするため縦長画面とした。

3.1.2 仕様

試作された高精細度白黒ディスプレイの外観写真及びブロック図を、それぞれ図 3、図 4. に示す。次にこの高精細度白黒ディスプレイの仕様は下記のとおりである。

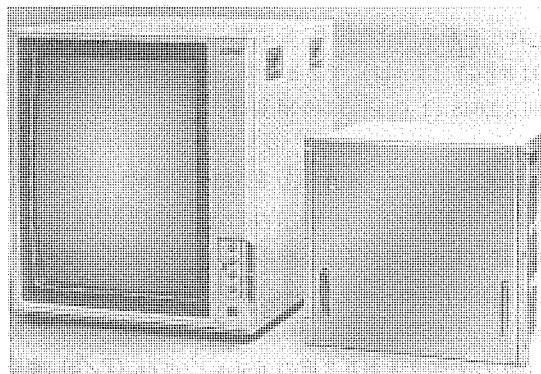


図 3. 高精細度白黒ディスプレイ及び表示用フレームメモリの外観

(1) ブラウン管

- (a) サイズ : 26 インチ
- (b) 偏向角度 : 90°
- (c) ネック径 : 36.5 mmφ
- (d) アスペクト比 : 3:4 (縦長)
- (e) 表示色 : 白 色
- (f) 蛍光体 : PLE (残光時間 100 ms)

(2) 入力信号

- (a) 映像信号 : 標準 1.0 V p-p (正)
- (b) 同期信号 : 1.0~5.0 V p-p (負)
- (c) インピーダンス : 75 Ω
- (d) 入力コネクタ : BNC

(3) 水平周波数 : 63.15 kHz

(4) 垂直周波数 : 60.0 Hz

(5) 映像帯域 : 50 Hz~42 MHz, ±3 dB

(6) 走査線数 : 2,105 本

(7) インタレース比 : 2:1

(8) ブランキング時間

- (a) 水 平 : 3.0 μs
- (b) 垂 直 : 800 μs

(9) 電 源

- (a) 電源電圧 : AC 100 V ±10 %
- (b) 電源周波数 : 50/60 Hz
- (c) 消費電力 : 290 VA

(10) 動作環境条件

- (a) 温 度 : 0~40°C
- (b) 湿 度 : 20~90 %
- (c) 設置場所 : 室 内

(11) 外形寸法

- (a) 幅 : 570 mm
- (b) 奥 行 : 620 mm
- (c) 高 さ : 648 mm

(12) 重 量 : 67.5 kg

3.1.3 性 能

高精細度ディスプレイの性能を評価する項目は数多くあるが、その中で基本的な項目である輝度、コントラスト比、偏向ひずみ、ビデオ回路

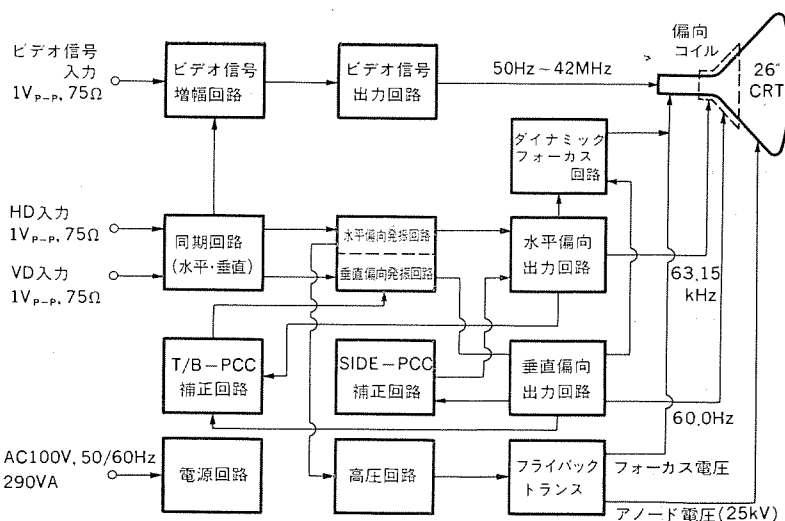


図 4. 高精細度白黒ディスプレイのブロック図

表 1. 輝度とコントラスト比の比較

| 比較項目 | 輝度 | コントラスト比 |
|--------------------------------------|---------------------|---------|
| 比較ディスプレイ | | |
| 試作ディスプレイ (白黒) (26", 走査線数 2,105 本) | 236 nt (69 ft-L) | 69 : 1 |
| 高品位モニタ (白黒) (20", 走査線数 1,125 本) | 192 nt (56 ft-L) | 55 : 1 |
| 業務用モニタ (カラー) (20", 走査線数 525 本) | 250 nt (73 ft-L) | 53 : 1 |
| 市販中解像度テレビ(カラー) (14", 走査線数 525 本) | 206 nt (60 ft-L) | 40 : 1 |

注 (1) 輝度の測定は、黒画面 (0.25 nt 一定) に白ウィンドウを表示して計測
 (2) コントラスト比の測定は、白画面に黒ウィンドウを表示して計測
 (3) ウィンドウのサイズは全画面の 20% (長さ) にて計測
 (4) ディスプレイと輝光計 (スポットメータ) の距離は 1.5 m にて計測

表 2. 偏向ひずみの比較

| 比較ディスプレイ 偏向ひずみ | 試作ディスプレイ (白黒) (26", 走査線数 2,105 本) | 業務用モニタ (カラー) (20", 走査線数 525 本) |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| たる形ひずみ | 左 0.59% : 上 0% 右 0% : 下 0.41% | 左 0% : 上 0% 右 0% : 下 0% |
| 糸巻ひずみ | 左 0% : 上 0.83% 右 0% : 下 0% | 左 1.19% : 上 3.6% 右 1.08% : 下 0.72% |
| 台形ひずみ | 水平 0.47% : 垂直 0.45% | 水平 -0.32% : 垂直 -0.03% |
| 平行四辺形ひずみ | +1° | +1° |
| 表示文字数 (参考) | 8,910 文字 (7×9 ドット/文字) | 588 文字 (7×9 ドット/文字) |

周波数特性について述べる。

まず、輝度とコントラスト比の測定結果を表 1. に示す。通常輝度を上げると明るい部分の映像がぼけたり (飽和し白つぶれとなる)、フォーカスが悪化する。表 1. の測定値は輝度のリアリティを損なわない範囲で計測したものである。性能比較のために、市販の中解像度テレビや業務用モニタなどの測定値と合わせて示してある。この結果から、試作ディスプレイは走査線数を 2,105 本と高精細度化したのにもかかわらず輝度、コントラスト比ともに損色がないことが分かる。

次に偏向ひずみであるが、前述のとおり試作ディスプレイは縦形横走査であるため、設計段階より偏向ひずみが大きくなることを予想していた。この偏向ひずみの補正は、上下糸巻ひずみ補正回路 (T/B-PCC) 及び左右糸巻ひずみ補正回路 (SIDE-PCC) だけでは補正量が不足したため、永久磁石による静的ひずみ補正を行い、上下・左右糸巻ひずみ補正回路の動的補正で補正量を微調することとした。この偏向ひずみ補正により実用上問題ない値とすることができた。測定結果を表 2. に示す。

この試作ディスプレイの所要映像帯域は式 (1) によって計算すると、 $f_{\max} = 41.35 \text{ MHz}$ となる。

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot n^2 \cdot f_p \cdot \left(\frac{h}{b} \right) \cdot \left(\frac{k_v}{k_h} \right) \quad (1)$$

ここで、 K : ケルファクター $\frac{h}{b}$: 横縦比

n : 走査線数 k_v : 垂直有効走査率

f_p : フレーム周波数 k_h : 水平有効走査率

本機のビデオ回路の周波数特性は図 5. に示すとおり、 f_{\max} が約 47 MHz あり上記の値を満足している。

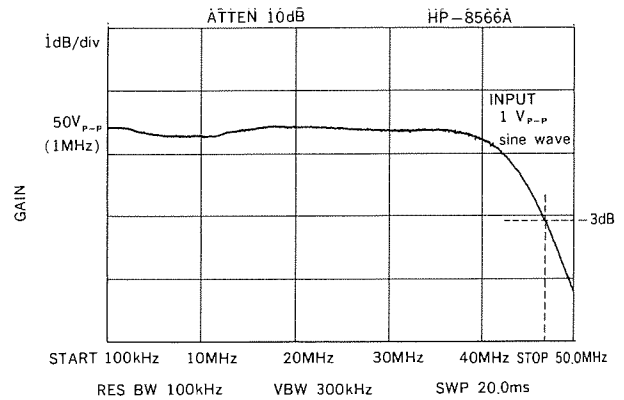


図 5. ビデオ回路周波数特性

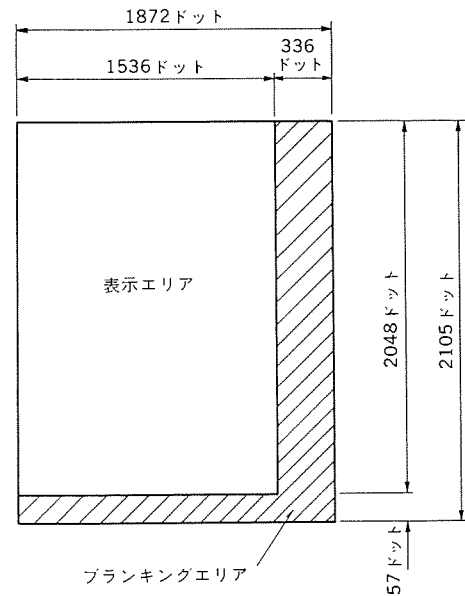


図 6. 表示用フレームメモリの画素構成

3.2 表示用フレームメモリ

3.2.1 特長

高精細度ディスプレイに静止画像を表示するためには、高速大容量のメモリ装置が必要である。そのため、前述の高精細度白黒ディスプレイの表示用として、次の特長をもつフレームメモリを試作した。

- (1) 画素構成 1,536×2,048 の大容量 1 フレームメモリ
- (2) 高速 D/A 変換器 (150 MHz) の採用
- (3) 小形化のため IC モジュール (MH 6408 ND) の採用
- (4) ECL 100 K ファミリーと多層基板による高速動作

この試作メモリの画素構成を図 6. に示す。なお、メモリの深さ方向 (階調) は 8 ビット (1 バイト) であるのでメモリ容量は、

$$1,536 \times 2,048 \times 1 \text{ バイト} = 3.146 \text{ M バイト}$$

となる。

このメモリ装置において、ダイナミック RAM (DRAM) に記憶された画像データは、1 画素 (8 ビット=1 バイト) 当り 118.2 MHz の速度で D/A 変換器へ入力してやる必要がある。一方、使用した DRAM のアクセス時間が 150 ns、またサイクル時間が 260 ns であるため、48 並列動作によって読出し速度を 406 ns に抑えている。この 48 並列のデータは図 7. に示すとおり 2 度のパラレル/シリアル (P/S) 変換器により 118.2 MHz の画像データに変換され D/A 変換器に入力さ

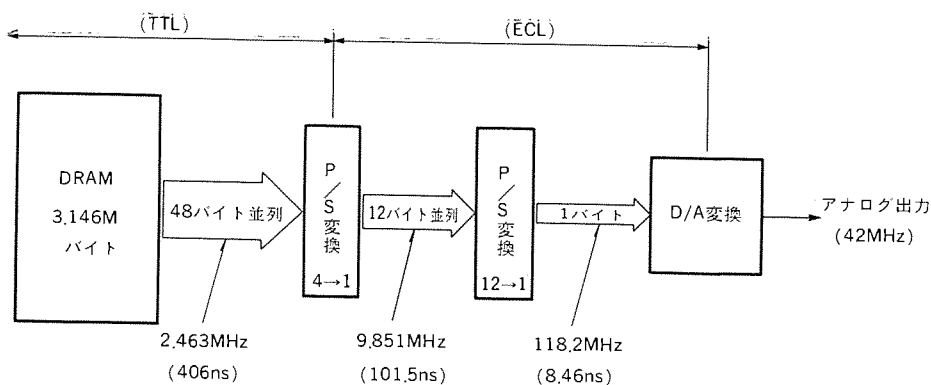


図 7. 並列動作と動作速度

- (b) 湿度 : 20~90 %
 (6) 外形寸法
 (a) 幅 : 480 mm
 (b) 奥行 : 370 mm
 (c) 高さ : 449 mm
 (7) 重量 : 26.0 kg

3.3 画像信号処理用マイコンシステム

画像入力装置から入力される X 線フィルム像をストアすると同時に、種々の画像信号処理を行い当初の研究を進めるため、図 8. に示すマイコンシステムを準備した。

れている。

3.2.2 仕様

試作された表示用メモリの外観は前出の図 3. に示してある。また、その仕様は次のとおりである。

- (1) 入力信号 : TTL レベル, 8 ビット 並列
- (2) 出力信号
 - (a) 映像信号 : 1.0 V p-p (正)
 - (b) 同期信号 : 3.0 V p-p (負)
 - (c) インピーダンス : 75 Ω
 - (d) 出力コネクタ : BNC
- (3) 量子化
 - (a) 階調 : 8 ビット (256 階調)
 - (b) メッシュ比 : H:V=1:1
 - (c) 画素構成 : 1,536 (横) \times 2,048 (縦)
 - (d) 記憶容量 : 3.145728 M バイト
- (4) 電源
 - (a) 電源電圧 : AC 100 V \pm 10 %
 - (b) 電源周波数 : 50/60 Hz
 - (c) 消費電力 : 250 VA
- (5) 動作環境条件
 - (a) 温度 : 0~40°C

このマイコンシステムは、MPU 68000 を利用した VMC 68/2-118 H システム (モトローラ 製) に次の周辺装置を装備させてシステムアップを図った。

- (1) CRT ターミナル (1 台)
- (2) フロッピーディスク装置 (8 インチ, 2 基)
- (3) ハードディスク装置 (96 M バイト, 1 台)
- (4) 磁気テープ装置 (1,600 BPI, 1 台)
- (5) プリンタ (1 台)

CCD カメラ装置、又は回転式ドラムスキャナ (磁気テープ入力) から入力される X 線フィルム画像は、96 M バイトのハードディスクにストアされ、後述の信号処理を行った後に、16 ビットの平行 I/O モジュールを通し表示用フレームメモリへ転送される。このデータ転送は 1 ワードが 8 ビット又は 16 ビット (但し有効 10 ビット) のハンドシェイク方式で行われ、その最大転送速度は 500 KBps (キロバイト/秒) である。

4. 画像信号処理プログラム

X 線画像を CRT 表示する最大の利点は、画像の拡大、縮小、階調補正などの信号処理を行い、医師の診断しやすい画像に加工することが容易になることである。信号処理は専用ハードウェアで行う方がソフトウェアで演算するより、処理時間も短かく操作も簡単となるが、前述の 2 章の研究目的からソフト処理を採用した。このソフト処理

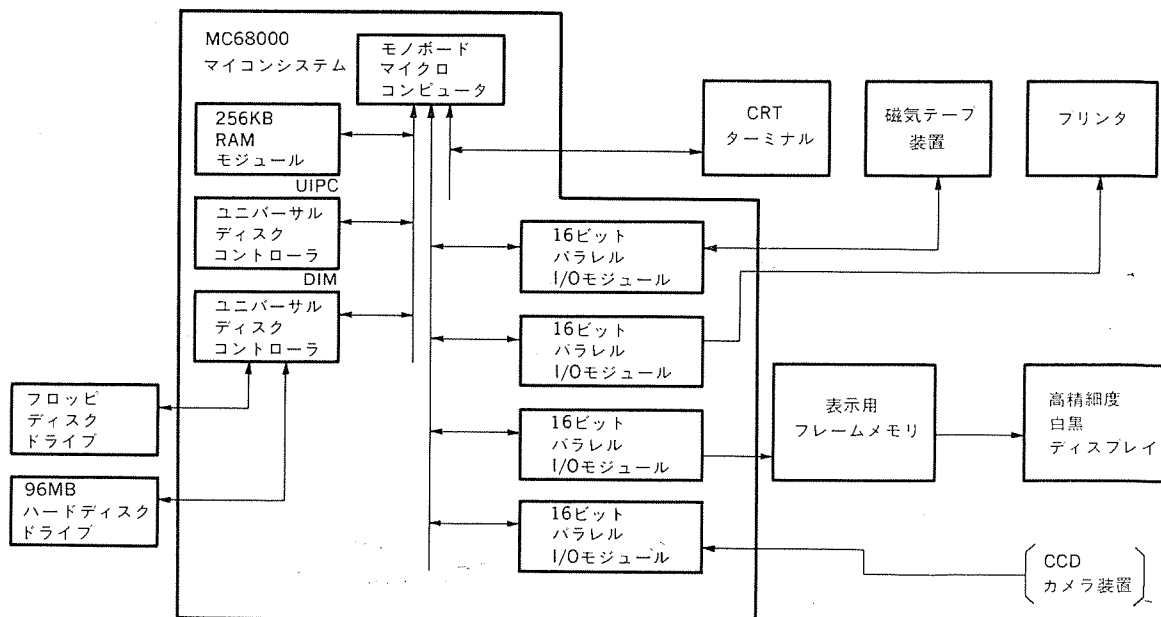


図 8. 画像信号処理用マイコンシステム

によって、信号処理時間は長くなるが処理の各種パラメータを簡単に変更でき、画質評価や信号処理の有効性検討が進めやすくなっている。

この装置における画像信号処理は、前述のMC 68000マイコンシステムを使用し、信号処理プログラムによって行っている。この信号処理プログラムは、アセンブリ言語で作成されOSのVERSAdosの下に動作

している。なお、信号処理の項目とアルゴリズムを表3.に示す。これらの信号処理で、拡大場所の指定、階調補正用の変換テーブルの値、抽出濃度の設定、輪郭強調の強さの設定などが、キーボードから入力可能であり、原画像から希望する部分を、希望する画質で表示することができる。

また、この画像信号プログラムによる信号処理時間とプログラム容量

表 3. 画像信号処理項目

| 信号処理 | アルゴリズム | 内容 |
|------------|--------|------------------------------------|
| 拡大 | | A-Dの4画素からa-eの5画素を演算し2倍(面積4倍)に拡大する。 |
| 縮小 | | A-Dの4画素からAのみ取り出し、1/2(面積1/4)に縮小する。 |
| 白黒反転 | | 各画素の白黒(濃度)を反転する(ボジネガ)。 |
| 階調補正 | | 特定範囲の階調(濃度)を強調する。 |
| 特定濃度抽出 | | 特定範囲の階調(濃度)の画素を表示する。 |
| 疑似1,000本信号 | | A-Dの4画素からAのみ取り出し、B-Dの画素をAに変える。 |
| 輪郭強調 | | 画像の輪郭を抽出し、それを元の画像に加えて輪郭を強調する。 |



(a) 原画



(b) 階調補正



(c) 輪郭強調

図 9. 画像信号処理の例

は次のとおりである。ここで、処理時間は2,048×2,048×8ビット(約4.2 M バイト)の画像データをハードディスクから読み出し、演算処理して表示用フレームメモリに転送するまでの時間である。

- (1) 拡大 : 90 秒 (3.0 K バイト)
- (2) 縮小 : 50 秒 (1.7 K バイト)
- (3) 白黒反転 : 55 秒 (1.8 K バイト)
- (4) 階調補正 : 60 秒 (2.5 K バイト)
- (5) 特定濃度抽出 : 60 秒 (2.6 K バイト)
- (6) 疑似1,000本信号 : 43 秒 (2.1 K バイト)
- (7) 輪郭強調 : 240 秒 (3.2 K バイト)

上記の信号処理の中から階調補正と輪郭強調の例を図9.に示している。この図9.は胃腸部のX線写真像であり、(a)は信号処理前の原画像、(b)は階調補正後の画像、(c)は輪郭強調後の画像である。

5. む す び

PHD 記録システムの医療情報出力装置研究のために試作された高精度医用画像出力装置(X線フィルム出力装置)について記述したが、現時点はX線画像をCRT表示するために必要な基本的ハードウェアを準備した段階である。したがって、試作装置によるCRT表示画像の画質評価や医療情報出力装置のあるべき姿の検討が今後の研究課題である。特にX線画像は情報量が多いだけでなく、個々のX線写真によって有効な画像信号処理の内容が変わるため、専門医師とビデオ技術者が連携した研究体制が不可欠である。この観点からもPHD 記録システム研究班の果たす役割は大きく、ビデオ技術が今以上に医療システムにいかされて行くであろう。

終りに、この装置の開発試作に際し適切な助言と御指導をいただいた各位及び試作に尽力していただいた関係者に深く感謝の意を表す。

1kW溶融炭酸塩形燃料電池

村橋 俊明*・佐藤 一直*・松村 光家**・漆畑 広明*

1. ま え が き

オイルショック 以来の省 エネルギー の推進と世界経済の低迷によって石油の需給情勢は緩和傾向にあるが、中長期的にみて我が国の エネルギー 供給は楽観を許さず、省 エネルギー の一層の推進とともに石油代替 エネルギー の開発が不可欠である。

溶融炭酸塩形燃料電池発電 システム は 45% 以上の高い発電効率を得られ、天然ガス・メタノールに加えて石炭ガスも燃料として利用することから代替 エネルギー 利用技術の一つとして開発が大いに期待されている。また、溶融炭酸塩形燃料電池は動作温度が 650℃ と高いことから、燃料である天然ガスの改質反応を電池の内部で行うことが可能となる⁽¹⁾⁽²⁾。この内部改質形燃料電池は 55~60% もの高い発電効率を得られるとともにプラントの簡素化が図れることから火力代替用の大容量発電所だけでなく、分散配置形や需要地近くに配置する小容量のオンサイト形にも適用可能と考えられている。

当社は昭和 30 年代半ばに溶融炭酸塩形燃料電池の研究にいち早く着手したが、材料の腐食などの問題に直面して中断した。昭和 50 年代に入って内部改質形の溶融炭酸塩形燃料電池の研究開発を再開し、セル要素技術、スタック技術、内部改質技術、システム技術の研究開発を進めている。内部改質形電池は小容量のものから大容量の発電所まで幅広く適用し得るもので、天然ガス、メタノール、石炭ガスなどそれぞれの燃料に対応したプラントの設計が可能であり、フレキシビリティに富む発電方式である。

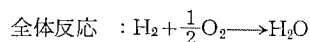
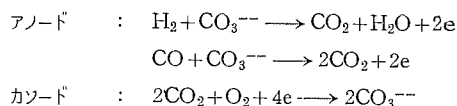
当社は 10 cm² 級、300 cm² 級の単セル試験を行って電池を構成するアノード（燃料極）、カソード（空気極）、電解質板の材料と構造の最適化を進め、更に、面積 1,000 cm² 級のセルを用いた 5 セルスタックの製作・試験によって積層技術の蓄積に努めてきた⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾。これらの電池技術の総合評価を行うため、この度、面積 1,225 cm² のセルを 10 セル 積層した国内最大規模の 1 kW スタックを開発し、長期の連続運転試験を実施した。この試験によって最大出力 1.1 kW、連続発電運転 1,500 時間を達成し、これまでに開発してきたセル技術、スタック技術が大形スタックに十分適用できることを確認するとともに、将来の大形スタック開発への問題点を明らかにすることができた。

この報告では、これらの試験結果を述べ、将来の大形電池開発に必要な技術課題について詳述する。

2. セル 技 術

溶融炭酸塩形燃料電池の動作原理を図 1. に⁽¹⁾⁽²⁾、実際に使用されるセルの構成を図 2. に示す⁽²⁾。

発電はアノード（燃料極）及びカソード（空気極）における次の反応によって行われる。



この反応を長時間安定に行わせることが必要であり、そのために信頼性の高い、長寿命のアノード、カソード、電解質板の開発が重要な技術的課題である。

2.1 アノード

アノードは燃料ガスと電解質を共存させて電池反応を起こさせるガス拡散電極であり、ニッケル粉体を高温で焼結した多孔質板を用いる。ニッケル単体だけからなるアノードは 650℃ の高温で作動させるために、長時間使用するとクリープ（収縮）が生じて電極の厚さが減少し、電気的接触不良やガス拡散性の低下などによる電池特性の低下がもたらされる。したがって、クリープ量を減らして安定なアノードを得ることがきわめて重要な技術的課題であった。著者らは純ニッケルの多孔質電極にアルミン酸リチウム（LiAlO₂）を化学反応を利用して含浸し、ニッケル粒子の表面に微細な針状結晶の層を形成することによってア

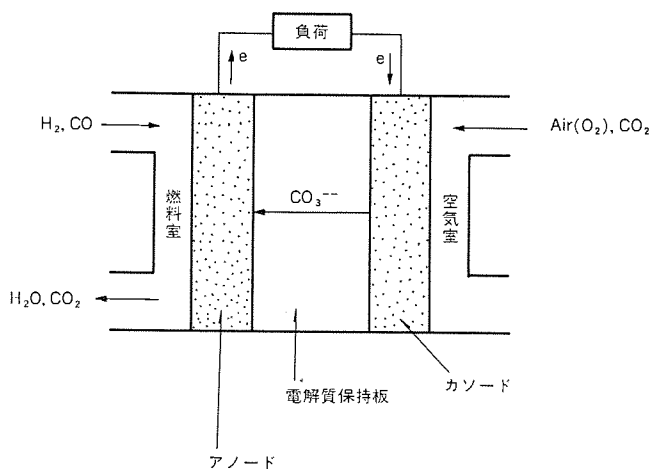


図 1. 溶融炭酸塩形燃料電池の原理

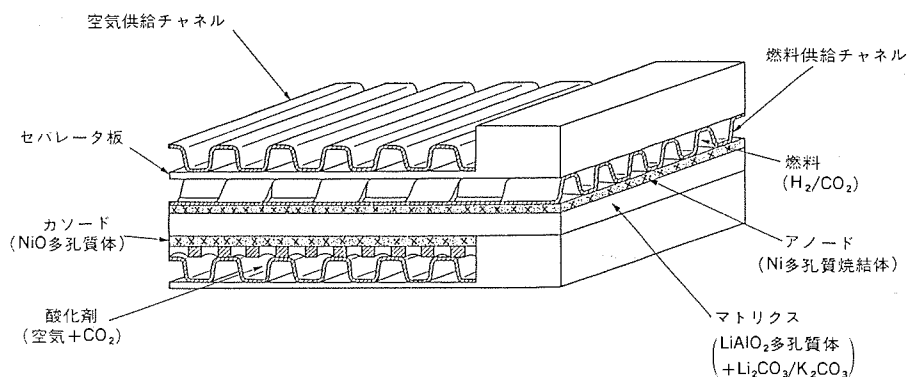


図 2. セルの構成

ノードのクリープを大幅に低減する技術を開発した。温度 700°C、面圧 3.5 kg/cm² で行ったクリープの加速試験によると、ニッケル単体のアノードは 65 時間後に約 50% のクリープが発生するが、LiAlO₂ を含浸すると数%にまでクリープを低減できる。

2.2 カソード

カソードも空気と電解質が共存するガス拡散電極であり、アノードと同じく、ニッケルを焼結した多孔質板を用いた。電池の運転を始めるとカソードは酸化環境になりニッケルは電気抵抗の高い酸化ニッケルに変わるが、電解質の成分元素であるリチウムがドーピングすることによって電気抵抗が大きく減少し電極として機能するようになる。酸化ニッケルを用いたカソードは大気中の運転では長時間安定に動作するが、高圧下の運転では電解質に溶解するため長期の使用に耐えないとされており、将来の高圧運転に適する新材料を用いたカソードの開発が今後の重要な課題である。

2.3 電解質板

炭酸イオン (CO₃²⁻) の良導体である炭酸カリウム (K₂CO₃) と炭酸リチウム (Li₂CO₃) とを混合した電解質を長時間安定に保持するために、電解質に対して安定なアルミン酸リチウムの微細粒子を電解質と混合して、温度 450~500°C、圧力 400~500 kg/cm² で成形した電解質板 (ホットプレススタイル) を用いた。この電解質板両面の空気と水素の混合 (クロスオーバー) が生じないためにはピンホールやクラックをなくす必要があるが、高圧を必要とするホットプレス法では信頼性の高い大面積の電解質板の成形は非常に難しい。したがって、将来 2,000 cm² 以上の大形セルを実現するためにはテープキャスト法などの新しい成形技術の開発が必要である。

2.4 セル寿命試験

アノード、カソード、電解質板などの寿命特性を評価するために面積 300 cm² の小形セルを試作して長期連続運転を行った。昭和 58 年 10 月に運転を開始し、昭和 59 年 7 月に運転を停止するまで 6,500 時間の連続発電運転を実施した。その結果を図 3. に示す。

運転中のセル温度は 650°C、燃料として組成 80% CO₂—20% CO₂ のガス及び酸化剤として 70% Air—30% CO₂ のガスを用いてガス利用率は共に 40% とした。負荷をとらないときの開放電圧 V_{oc} はクロスオーバーを生じると低下するのでクロスオーバー発生の指標となる。 V_{oc} が運転初期に 1.09 V、運転末期に 1.08 V と理論値に近い値を示したことから、電解質板はクロスオーバーの発生がなく、長時間安定に機能したことがわかる。セルの内部抵抗は徐々に増加し、これに対応して負荷 150 mA/cm² のときのセル電圧 V_{150} は初期値の 0.75 V から 3,000 時間後の 0.70 V まで徐々に低下した。運転開始から 3,200 時間及び 5,500 時間経過した時点で電解質の補給を行うことによってセルの内部抵抗が減少して初期値に近い値になり、セル電圧 V_{150} も回復した。6,500 時間の連続発電運転によるセル電圧 V_{150} の低下は平均すると 1,000 時間当りわずか 4 mV で安定した特性が得られた。運転終了後の分析によって電解質中にカソードの溶解・析出によって生じたと考えられるニッケルの微細粒子が認められたが、更に長時間の運転に支障ない程度の極めてわずかな量であった。

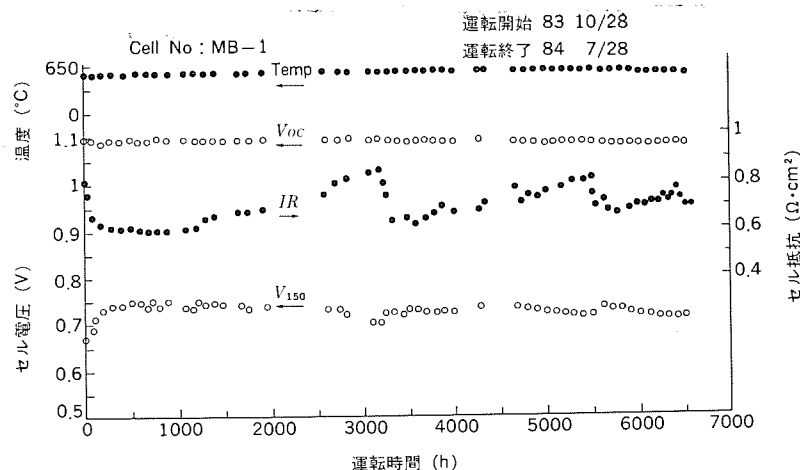


図 3. 小形単セルの寿命試験

3. スタック技術

3.1 スタックの構成

溶融炭酸塩形燃料電池を実用化するためには、反応面積が数千 cm² のセルを製作する大形セル技術と数百セルを積層するスタック構成技術の開発とその確立が必要である。すなわち大形スタック技術の開発である。具体的には特性の均質な電極と電解質の製造法、反応ガスの均一な供給方式、信頼性の高いセル層間シール方式、内部抵抗の小さいセパレータ構造などについての検討が必要である。筆者らは、将来の大形スタックに必要な不可欠の外部マニホールドによるガス供給方式を採用した信頼性の高い積層構造を開発した。セル間の良好な電気的接触を得るため図 2. に示すように、セパレータと弾性に富む波板のガス供給チャネルを用いてスタックを構成した。これらの材料として、アノード側では還元雰囲気におかれるのでニッケル系の材料を用い、カソード側では酸化環境になるのでステンレス系の材料を用いた。セパレータはニッケルとステンレス (SUS 316 L) のクラッド板を用いて厚さ 0.5 mm まで薄板化した。また、ジルコニアを主成分とするセラミック繊維からなるシールを用いてガス供給マニホールドとセル間のガスシール及び電気絶縁を確保した。

昭和 59 年には面積 1,000 cm² の 5 セルスタックの製作・試験を行った。セル積層化に伴う問題を検討した結果、筆者らは各構成材料の厳しい寸法管理を行う必要があることを明らかにしたが⁽⁴⁾、今回これらの改良を行ってスタックを製作した。スタックに用いるアノード、カソード、電解質板の諸元を表 1. に示す。気孔径、気孔率などが重要な数値として与えられ、スタックの各構成部品がこれらの仕様を満足するよう製造工程の厳しい管理が必要であるが、セルが大形化するに当たって仕様を達成することが難しくなる。

表 1. セル構成材料の仕様

| | アノード | カソード | 電解質板 |
|------------|-------|------------------|--|
| 材 料 | Ni | NiO (in situ) | LiAlO ₂ LiKCO ₃ |
| 気 孔 率 (%) | 40~60 | 50~70 | 40~50 |
| 平均気孔径 (μm) | 2.5 | 10~15 | 0.5 |
| 厚 さ (mm) | 0.75 | 0.5~0.75 | 1.5~2.0 |

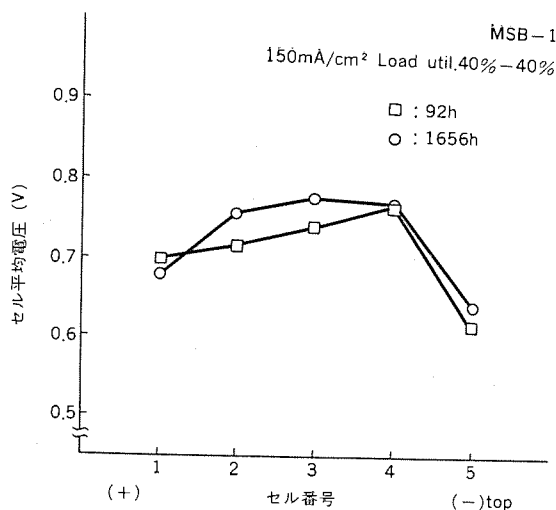


図 4. 小形 5 セルスタックの特性

3.2 小形 5 セルスタックの特性

1 kW スタックの試験に先立ってマニホルドシールの最適面圧を決定するとともに、スタック特有の問題を明らかにするために面積 270 cm^2 のセルを積層した小形の 5 セルスタックを製作し、長期の運転試験を行った⁽⁶⁾。約 2,300 時間の運転を行ったが、92 時間及び 1,656 時間経過した時点の出力特性を図 4. に示す。スタック両端の二つのセルの電圧が低く、特に最上端のセルの電圧低下が著しい。現在、この原因の求明を進めているが、スタックにおけるこのような傾向は既に米国の UT 社 (ユナイテッド・テクノロジー社) から報告されている。スタック両端のセルは変形しにくい厚い端板に接しているために、電気的接触が悪くなりやすいことがこの原因の一つと考えられている。他の原因として電解質の移動現象が考えられている⁽⁵⁾。すなわち、スタックを長時間運転すると電解質がカソード側からアノード側へスタックの表面を伝って移動する。今回のスタックではカソードとなる最下端のセルから最上端のセルへ電解質の移動が生じて最下端のセルでは電解質が不足し、最上端のセルでは電解質が過剰となってセル電圧の低下が生じることになる。

スタックの出力特性の経時変化を図 5. に示す。無負荷時の電池の開放電圧 V_{oc} は長時間安定しており、クロスオーバーが生じていないことを示している。内部抵抗は徐々に増加したが、運転途中に電解質の補給は行わなかった。負荷 150 mA/cm^2 をとったとき、スタック両端を除いた 3 セルの平均電圧は 0.76 V を示し、長時間安定であった。

3.3 1 kW スタックの特性

この数年間研究開発を進めてきたアノード及びカソードの大形電極成形技術、電解質板成形技術、マニホルドシール技術などの要素技術とスタック構成技術を総合的に評価するとともに昭和 61 年度に製作を予定している 10 kW 級スタックに対する設計基礎データを得るために、面積 $1,225 \text{ cm}^2$ 、有効反応面積 $1,024 \text{ cm}^2$ 、積層数 10 セルからなる 1 kW スタックを開発し、(財)電力中央研究所武山技術研究センターにおいて昭和 60 年 3 月から 6 月まで約 2,000 時間

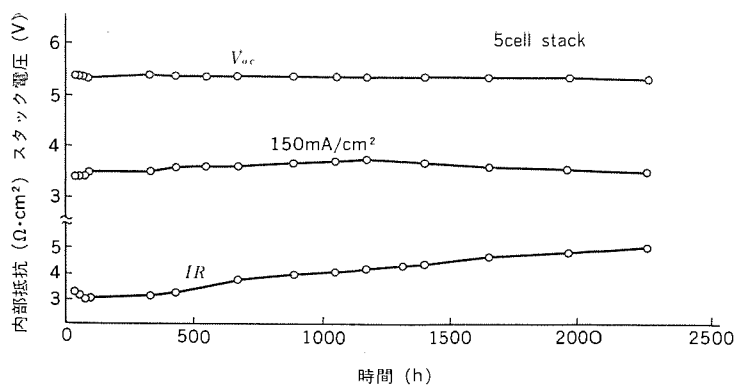


図 5. 小形 5 セルスタックの長期運転試験特性

の長期運転試験を行った。

このスタックでは、上記の小形 5 セルスタックの試験から得られた知見をもとに、マニホルド構造とシール面圧の最適化、スタック両端セルの電気的接触及び電解質量管理などの改良を行っている。1 kW スタックの仕様を表 2. に、構造を図 6. に示す。電極、電解質板などセルの構成は図 2. と同じである。外部マニホルドのシール面圧はばね構造によって与え、調整可能な構造とした。動作温度 650°C までの加熱と運転中の温度維持はスタック両端のヒータを制御することによって行った。このスタックを組み込んだ電力中央研究所の試験装置の全構成を図 7. に示す。スタックの積層方向の面圧は、スタック下部に設

表 2. 1 kW スタックの仕様

| | |
|---------|-----------------------|
| マトリクス面積 | $1,225 \text{ cm}^2$ |
| 電極有効面積 | $1,024 \text{ cm}^2$ |
| 積層セル数 | 10 セル |
| マニホルド形式 | 外部マニホルド |
| 動作温度 | 650°C |
| 動作圧力 | 大気圧 |
| 出力 | 1.07 kW |
| 平均セル電圧 | 0.7 V |
| 電流密度 | 150 mA/cm^2 |
| ガス利用率 | 40% (アノード, カソード共) |

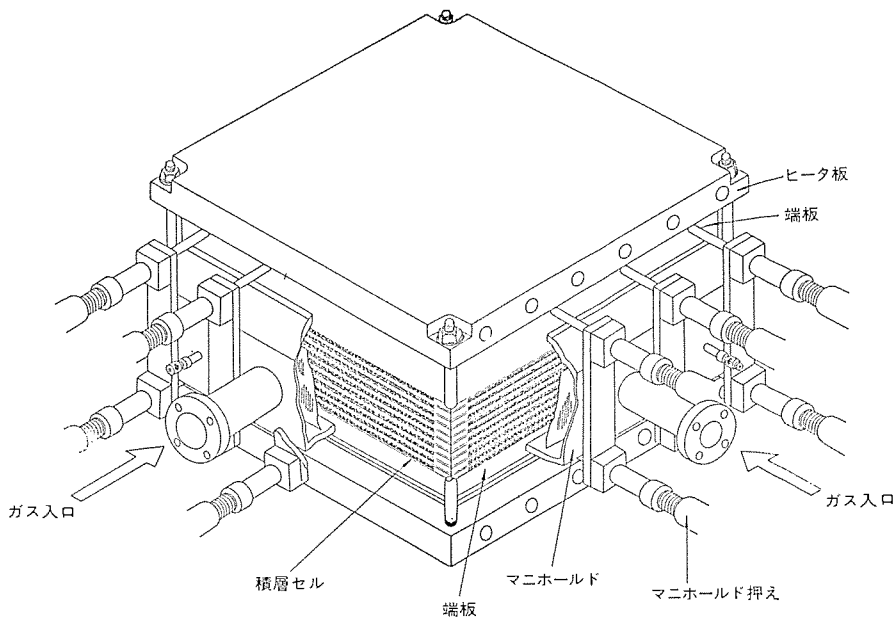


図 6. 1 kW スタックの構成

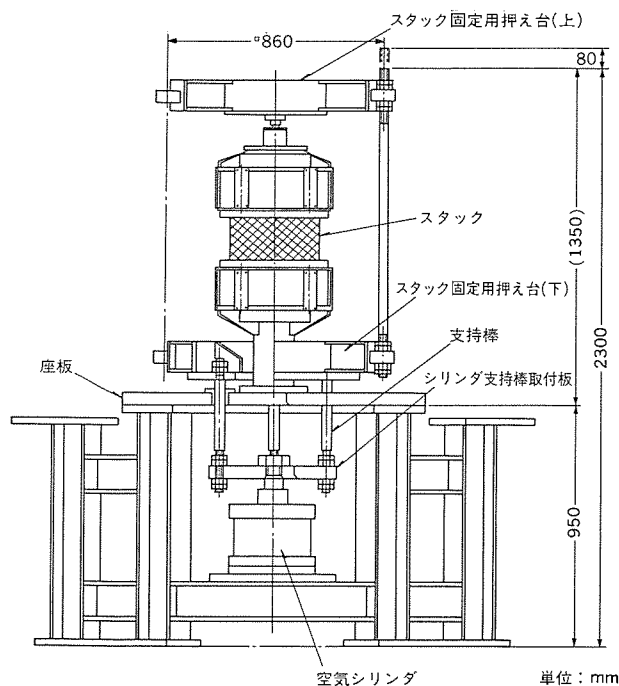


図 7. 1 kW スタックの試験装置

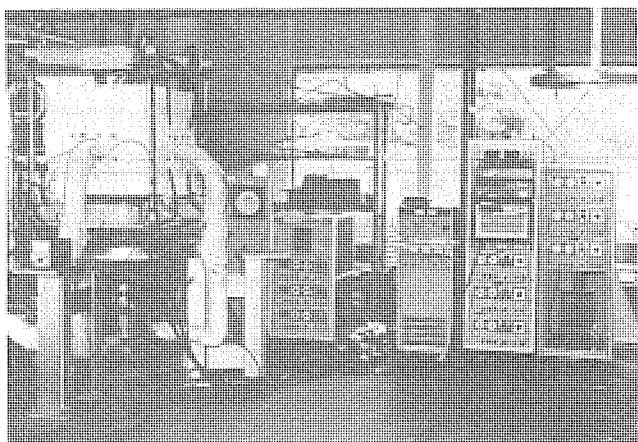


図 8. 1 kW スタックの試験状況

置かれたエアシリンダによって調整した。スタックを断熱材で保温し、試験を行っている様子を図 8. に示す。

スタックの組立と温度設定を 4 日間で終り、各種の基本特性試験を約 2 週間行った後、昼夜連続の運転試験に入り、1,500 時間の連続発電を達成した。総運転時間は約 2,000 時間である。運転中、 $I-V$ 特性、ガス利用率依存性、 O_2 ゲイン、 H_2 ゲイン、内部抵抗、マニホールドシールのガスリーク量などの測定を行い、最後にヒートサイクル試験を実施した。

1 kW スタックの出力特性を図 9. に示す。試験に用いたガス組成はセル試験の場合と同じく $80\% H_2-20\% CO_2$ の燃料と、 $70\% Air-30\% CO_2$ の酸化剤であり、ガス利用率は 40% である。設計定格値は負荷 150 mA/cm^2 、平均セル電圧 0.7 V 、出力 1.07

kW であるが、試験によって 1.1 kW の出力を得ることができた。1,528 時間経過した時点における $I-V$ 特性を図 10. に示す。前述の小形 5 セルスタックの場合と同じく最上端のセルは低い電圧を示した。しかし、最下端のセルは他のセルと同じ電圧であった。電端セルの電気接触と電解質質量を確保するために行った改良の効果が下端のセルに現われたものと考えられる。スタックに対する諸特性の経時変化は図 11. に示す。開放電圧 V_{oc} は長時間にわたって安定しており、電解質板にピンホールやクラックがなく、クロスオーバーが生じなかったことを示している。負荷が 100 mA/cm^2 と 150 mA/cm^2 のときのスタック電圧はそれぞれ $8.0 \sim 8.1 \text{ V}$ 、 $6.8 \sim 7.0 \text{ V}$ となりほぼ設計通りの出力を得ることができた。内部抵抗は徐々に増加する傾向にあるが大きな変化ではない。スタックの安定運転に大きな影響を与えるマニホールドシールのガスリーク量は、運転初期にはアノード側でガス流量の 0.8% 、カソード側で 0.7% と非常に少なく、1,500 時間の連続発電運転終了時点でも約 2% 程度と低い値を実現することができ、信頼性の高い、安定したシール方式であることが確認できた。

長期運転の最終段階に温度 650°C と 300°C の間で約 24 時間周期

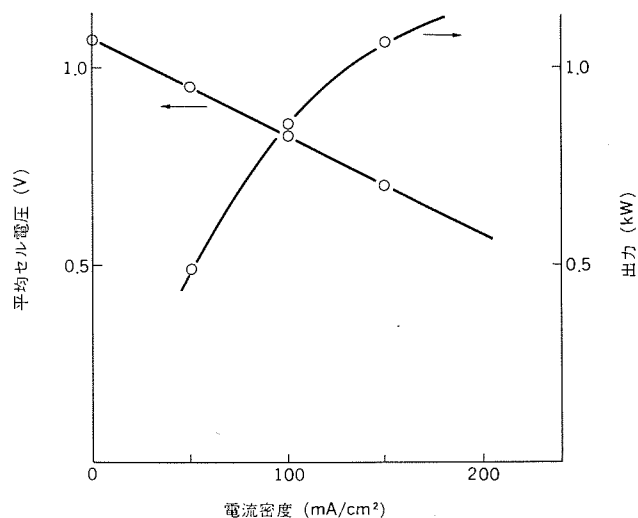


図 9. 1 kW スタックの出力特性

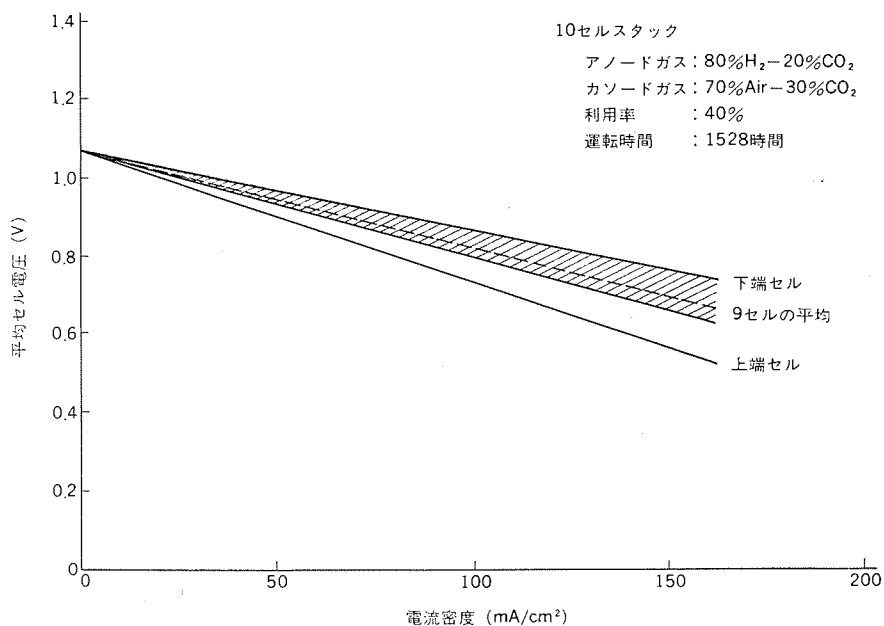


図 10. 1 kW スタックの電流—電圧特性

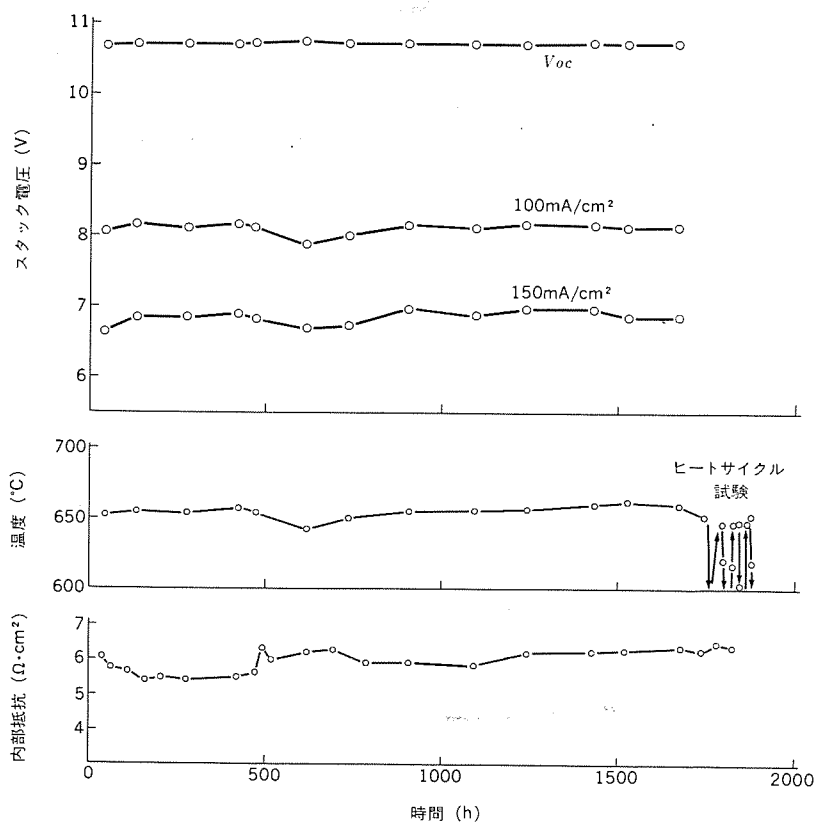


図 11. 1kW スタックの長期運転試験特性

のヒートサイクルを3回行った。電解質の凝固点 490°C より大幅に低い温度まで下げたにもかかわらずセル特性に変化はみられず、数回程度のヒートサイクルに十分に耐えることが明らかになった。しかし、実用的には室温までのヒートサイクル試験を更に数多く行ってスタックの信頼性を調べる必要がある。

4. む す び

溶融炭酸塩形燃料電池小形単セルの長期寿命試験結果と1kWスタックの試作及び長期運転試験の結果について述べた。この一連の研究によって次のことが明らかとなった。

- (1) アノードのニッケルにアルミン酸リチウム (LiAlO_2) を含浸することによってアノードのクリープを大幅に低減することができる。
- (2) セル内部でニッケルを酸化させることによって生成した酸化ニッケル (NiO) のカソードは、大気圧で使用すれば長期の使用に耐える。
- (3) ホットプレス法によってピンホールやクラックのない、長期の使用に耐える $1,000\text{cm}^2$ 程度の大形電解質板を成形することが可能である。
- (4) セパレータ材料にニッケルとステンレス (SUS 316 L) のクラッド板

を使用することによって、セパレータの厚さを 0.5mm まで薄くすることができ、コンパクトなスタックの製作が可能である。

(5) ジルコニア系の繊維をマニホールドシールに用いることによってガスリーク量が数%以下で、長時間の使用に耐える信頼性の高いシールが得られる。

(6) セルを積層したスタックでは、両端セルの出力電圧の低下が生じるが、電気接触の改良及び電解質量の管理によってある程度改善することが可能である。

これらの結果、1kWスタックは目標仕様を達成して、1,500時間の連続発電運転に成功した。

開発の進んでいる米国でも出力2.3kWの20セルスタックで5,000時間の連続運転が報告されているにすぎないことから、昭和61年度に10kW級スタックを開発し、将来目標寿命40,000時間の大型電池システムを開発して行くためには、更に研究開発を強化、促進して技術的問題を解決しなければならない。すなわち、現行のアノード、カソード、電解質板、シールなどの使用限界を把握するとともに高圧力下の運転でも電解質に溶解しないカソード材料の開発と $2,000\text{cm}^2$ 以上の電解質板を製作するためにテープマトリクス技術の確立が急務である。

この研究において、1kWスタックは当社中央研究所が製作し、(財)電力中央研究所殿と共同して、神奈川県横須賀市にある電力中央研究所武山試験研究センターの溶融炭酸塩形燃料電池実験設備において運転試験を行った。この大型電池の運転評価の機会を与えていただいた同所電力研究所の上之蘭 博所長はじめ長期間の昼夜連続運転を行い、有意義な議論をいただいた同所研究開発本部の堀内長之課長、同所電力研究所開発部の渡辺隆夫氏、同 伊崎慶之氏の方々に心から感謝の意を表す。(昭60-7-29受付)

参 考 文 献

- (1) Hand book of Fuel Cell Performance, IGT (1980)
- (2) 内田, 外島: 日本金属学会誌, 21, 679 (昭57)
- (3) 漆畑ほか: 電気学会研究会資料, ESC-82-42, p. 21 (昭57)
- (4) 村橋ほか: 三菱電機技報, 58, No. 9, p. 51 (昭59)
- (5) A. P. Meyer et al: National Fuel Cell Seminar, 38 (1983)
- (6) T. Murahashi et al: National Fuel Cell Seminar, P1-4 A (1985)

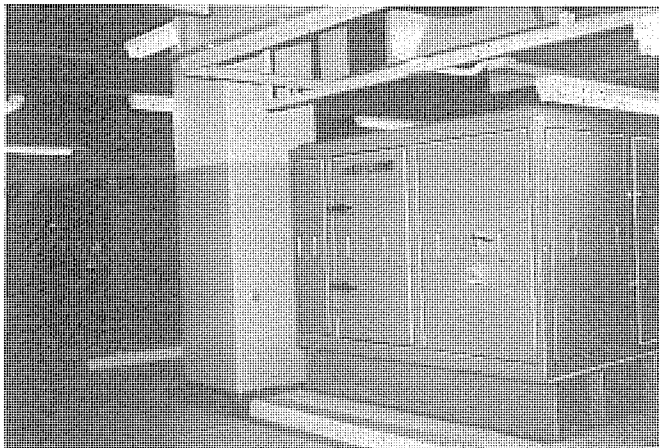


図 2. ガスタービン発電装置

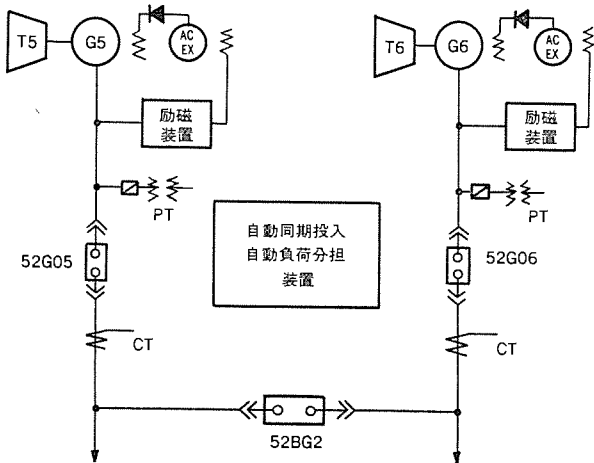


図 3. 単線結線図

(3) 潤滑油冷却器

ガスタービン本体の軸受、減速機などを循環し高温となった潤滑油を冷却するもので、ラジエータ、ファン、電動機から成る強制空冷式である。

(4) 吸排気・換気装置

ガスタービン燃焼空気吸排気系統、発電装置パッケージ内の発電機換気系統及びガスタービン換気系統、潤滑油冷却器換気系統、排気ガス冷却装置系統に大別される。

2.3 配電盤類

高圧盤、制御盤、補機盤、直流電源盤で構成され、監視、操作に便利なよう監視制御室に設置した。図 3. に単線結線図を示す。

(1) 高圧配電盤

発電機の出力遮断器を開閉する発電機出力盤、5, 6 号の並列運転制御を行う自動同期盤で構成される。

(2) 制御盤、補機盤

ガスタービン機関の始動・停止を行う発電機制御盤、空気圧縮機、潤滑油冷却器などの補機制御を行う補機盤で構成される。

(3) 直流電源盤

制御電源としての DC 24 V を供給するもので全自動式充電器と鉛蓄電池を収納している。

3. 自動点検システム

非常用発電設備は常時待機しており、商用電源停電時に確実に自動

起動し給電して、施設の機能を維持する重要な責務を負っている。このため定期点検運転と保守が大切であるが、エンジン、発電機、制御盤などの構成機器に関して高度な知識と技術を必要とし、保守者に大きな負担感を与えていた。自動点検システムは下記のような目的、特長を持ち保守の効率化を図る。

3.1 目的

- (1) 各機器の異常を初期段階で検出し、発電システムの信頼性を向上させる。
- (2) 保守、点検に必要な各種データを収集し効果的な保守を行う。
- (3) 重軽故障あるいは点検異常が発生した場合、推定原因と処置内容を表示し、運転員の的確迅速な対応を支援する。
- (4) 各機器の運転状態、運転データをリアルタイムで表示し、システムの監視機能を向上させ、運転員の負担を軽減する。

3.2 特長

- (1) LSI を駆使したシンプルなハードウェア構成、故障診断機能の充実、CPU の二重化により高信頼性を実現している。
- (2) CRT コンソールとの対話形式によりソフトウェアの作成、メンテナンスが容易に行える。
- (3) 自動制御装置とリンクしたシステムであるが、自動制御装置は自動点検装置側異常時にも起動、停止が行える。
- (4) LSI の高速演算機能で同時刻に多くのデータを収集し、自動点検、自動記録を行うので人手による限界や個人差をなくすることができる。
- (5) 運転データ取りなどの保守作業が効率化され、監視機能も向上するので省力化が図れ、人間本来の業務に専念できる。
- (6) 各機器の性能低下など異常を初期段階で検出するので非常用発電設備の信頼性が向上する。
- (7) 異常時のガイダンス表示により運転員が的確迅速に対応できる。

3.3 制御システム

自動点検制御システムを図 4. に示す。斜線のない部分は従来の発電システムを示しており、商用停電により発電機制御盤からガスタービンを起動させて発電機を回し発電させ、復電で停止させる。これらの

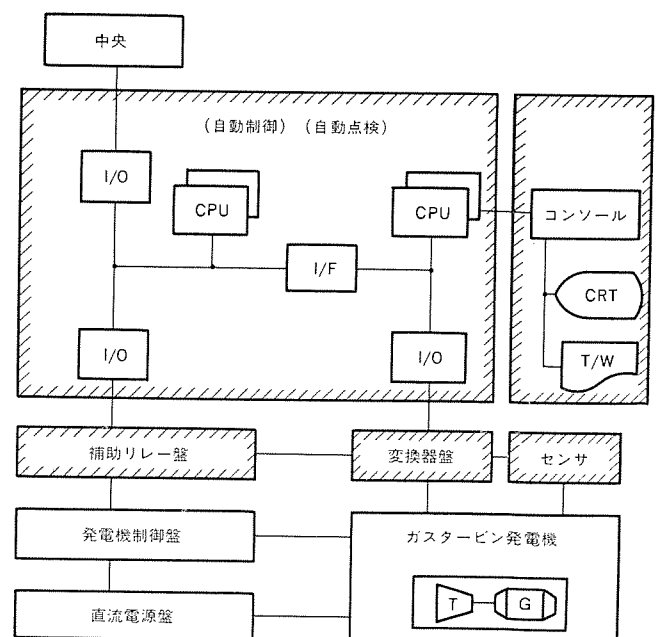


図 4. 制御システム図

制御電源として直流電源盤を備えている。斜線部が今回の自動点検装置部を示しており、運転中のデータをセンサ、変換器盤、補助リレー盤を通して三菱計装用コントローラ《MACTUS 620》の点検システムに取り入れ、中央演算処理装置 CPU で点検処理を行い、コンソール部で運転状態の CRT 画面表示と点検結果のプリンタ出力を行う。

3.4 システム機能

自動点検装置は下記のような機能をもっている。

(1) 点検のための自動運転制御

任意に設定されたタイムスケジュール (CRT にて設定) に従ってガスタービン発電装置を自動的に運転し、所定の点検終了後、自動的に停止する。

(2) 自動点検処理

点検処理の内容・項目数は対象となる設備の規模・付帯設備などに

表 1. 自動点検項目

| No. | 系 統 名 | 点 検 項 目 |
|-----|----------------|--------------------------------|
| 1 | 制御系・始動空気系統 | 始動機性能低下 点火装置性能低下 など |
| 2 | 潤 滑 油 系 統 | 冷却器性能低下 など |
| 3 | 燃 料 供 給 系 統 | 燃料供給装置の異常 など |
| 4 | 吸 排 気 系 統 | タービンパッケージ冷却系統の異常 など |
| 5 | ガ ス ター ビ ン 本 体 | 圧縮機部の汚損 回転部の機械的拘束 など |
| 6 | 発 電 機 | 磁励回路, AVR の異常 など |
| 7 | 制御盤・直流電源装置 | シーケンス故障 バッテリー異常 充電器異常 など |

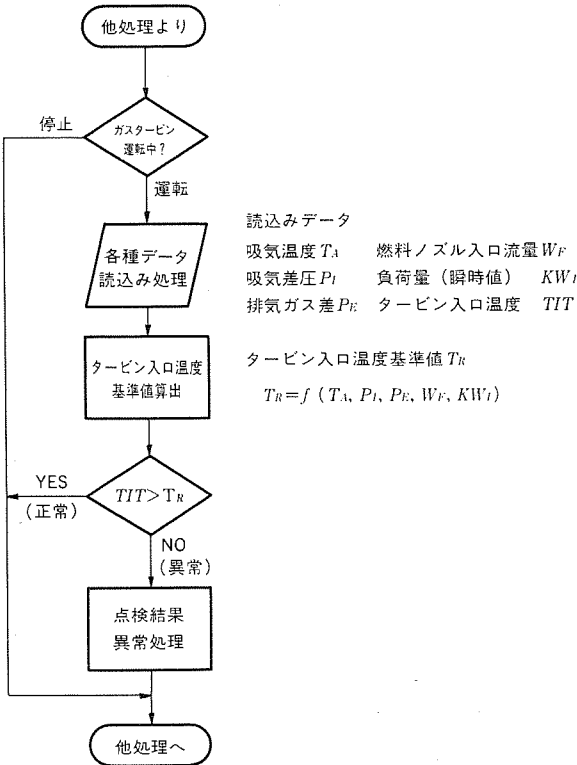


図 5. 点検処理フロー例 (ガスタービン圧縮機部の汚れ点検)

より異なるが、基本的には次のような考え方により表 1. に示す自動点検項目が選定されている。

- (a) 起動失敗を事前に予測できること。
- (b) 重大事故 (人身事故 etc) への波及を予測できること。
- (c) 故障発生頻度が比較的多いもの。
- (d) 計測手段が設備に標準として装置されているか、標準外のものでも計測の信頼性が高く使用実績があり、比較的安価に実現できること。

また図 5. に点検処理フロー例として、「ガスタービン圧縮機部の汚れ」の点検内容を示す。点検結果は 3.4 節(3)項の各系統画面又は図 6. の点検結果表示画面により CRT 上で確認でき、またガスタービン運転終了時点でプリンタに自動印字される。点検の結果、異常と判断された項目については推定される原因と点検内容がコードで表示される。

(3) 運転状態監視

ガスタービン発電装置の運転内容 (運転・停止・故障) 及び各種プロセス量 (温度・圧力・流量・液位など) を下記に示す系統別に CRT 画面上に表示することにより、設備の状態を容易にモニタすることができる。

- (a) 潤滑用系統
- (b) 燃料供給系統
- (c) 始動用空気供給系統
- (d) ガスタービン給排気系統

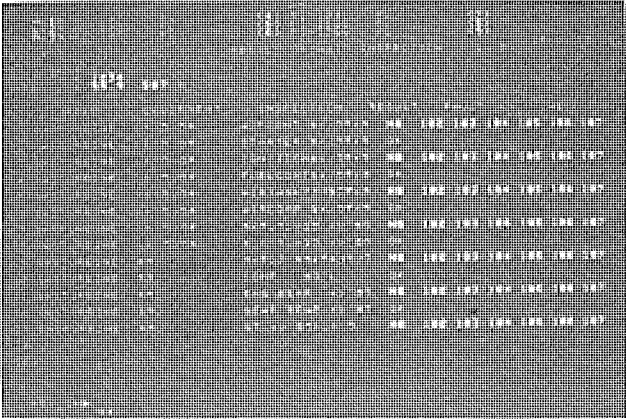


図 6. 点検結果表示画面例

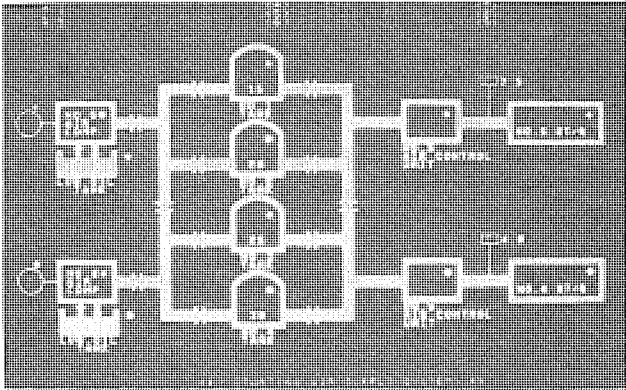


図 7. 始動用空気供給系統 CRT 画面表示例

85- 3-14-16:52

GT/G NO * 5

TIME * 387

HOUR * 0.4/ 89 (H)

| NO | ITEM | DATA | UNIT |
|----|----------------------|-------------------------|------|
| 1 | NO.1 AIR TANK アツリヨウ | 20.5 | KGSC |
| 2 | NO.2 AIR TANK アツリヨウ | 20.6 | KGSC |
| 3 | AIR CONT テマクチアツリヨウ | 3.7 | KGSC |
| 4 | NO.5 MAIN TANK サマリヨウ | 7.9 | KL |
| 5 | NO.6 MAIN TANK サマリヨウ | 13.9 | KL |
| 6 | NO.7 MAIN TANK サマリヨウ | 15.6 | KL |
| 7 | NO.8 MAIN TANK サマリヨウ | 11.6 | KL |
| 8 | GT シントウ | 8 | ミクロン |
| 9 | INLET AIR アツリヨクソクシツ | 40 | MMAQ |
| 10 | BURNING AIR キユウキオント | +3 | DEGC |
| 11 | シツタイ オント | +8 | DEGC |
| 12 | GEN ハイキ オント | 6 11 13 15 16 17 | DEGC |
| 13 | GT ハイキ オント | 15 19 20 21 21 22 | DEGC |
| 14 | GT ハイキ オント | 241 252 255 256 257 257 | DEGC |
| 15 | GT LO イリクチ オント | 9 12 13 14 14 14 | DEGC |

図 8. 運転記録例

表 2. オペレータコンソール (OPS-AL) の標準機能

| 機 能 | 内 容 | 機 能 | 内 容 |
|--|---|--|---|
| C R T | 14 又は 20 インチカラー CRT 8 色, 80 文字×50 行=4,000 画素 漢字: JIS 第 1 水準 2,965 文字 非漢字 453 文字 グラフィック表示 | ビルダメンテナンス機能 (エンジニアリング) キーボード | ○ アナログインプットディスプレイ ○ ステータスインプットディスプレイ ○ タグナンバーリンクディスプレイ |
| プ リ ン タ (オプション) | 英数字, 漢字, カナ文字 | ア プ リ ケ ー シ ョ ン | BASIC サポート アプリケーションエリア 62KB (オプションとして 512KB 拡張可) |
| サ ポ ー ト TAG 数 | 制御ループ+モニターループ: max 400 ループ ステータス監視: max 1,024 点 | MACTUS 620 サ ポ ー ト 機 能 (エンジニアリング) キーボード | ○ プログラム, ソース読出, 書込 ○ シングルステップ ○ プログラム, ソース, サーチ ○ プログラム, ソース, トレース ○ プログラム, ソース, モニタ ○ パラメータチューニング ○ エラーガイダンス |
| オ ペ レ ー シ ョ ン 画 面 (オペレーションキー ーボード) | ○ タグナンバーリストディスプレイ ○ PV オーバビューディスプレイ ○ 偏差オーバビューディスプレイ ○ コントロールパネルディスプレイ ○ パラメータチューニングディスプレイ ○ トレンドディスプレイ ○ アラームディスプレイ ○ データディスプレイ ○ トレンドグラフリンクディスプレイ | フ ロ ッ ビ デ ィ ス ク | 8 インチ標準フロッピー, 2 ドライブ ○ プログラム, データ保存 ○ アラーム記録 ○ トレンド記録 |
| | | 周 囲 条 件 | 温 度 5~40°C 湿 度 20~80% RH (結露なし) 電 源 AC 100/110V+10%~-15% 50/60 Hz |

(e) ガスタービン本体 (制御系統を含む)

(f) 発電機主回路

(g) 補機回路

図 7. に CRT 画面表示例として「始動用空気供給系統」を示す。

(4) 運転記録

ガスタービン発電装置の各種運転データを運転終了後プリンタに自動印字する。運転記録データは故障発生時の故障解析のデータとしても利用できるように考慮されている。図 8. に運転記録の印字例を示す。

(5) アラーム 記録

ガスタービン発電装置にて重・軽故障が発生した場合は、発生時間（年月日時分）、設備名、機器名、アラーム内容、点検内容（コード）がプリンタに印字記録される。

(6) 負荷量トレンド

発電機運転時の負荷量を過去6時間分、トレンドグラフ表示する。

3.5 システム仕様

自動点検システムとして三菱計装用コントローラ《MACTUS 620》（ALタイプ）を使用した。その外観を図9.に、システム構成図を図10.に、また《MACTUS 620》（ALタイプ）の概略機能を表2.、表3.に示す。

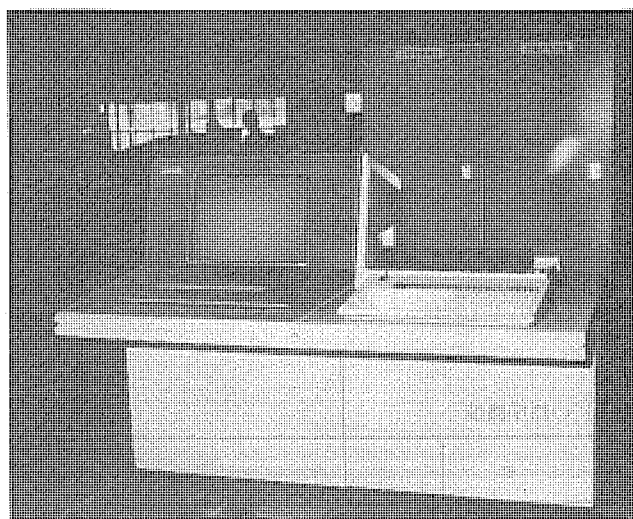


図9. 自動点検装置の外観

図で分かるように、コントローラは自動制御装置部と自動点検装置部から成っている。この双方間は専用のCPU間通信を行っている。また、各CPU、各メモリは二重化され、万一の故障に備えて冗長化が考慮されている。CRTは20インチカラーである。その他、今回の主仕様は次のとおりである。

| | |
|----------|----------------------|
| 入力点数 | 576点 |
| CRT表示枚数 | 13枚/台 |
| CRT表示項目 | 状態96項/台 データ34項/台 |
| プリンタ出力枚数 | 3枚/台 |
| プリンタ出力項目 | 点検結果32項/台、運転データ34項/台 |

4. む す び

以上、KDDビル非常用発電設備とその自動点検システムについて紹介した。このシステムは前述のとおり、各機器の異常状態を初期段階で検出し、設備の信頼性を向上させるところにある。そして保守の容易性によりその負担を軽減している。このシステムは、このほど実稼働に組み入れられて期待どおりの機能を発揮している。今後、各方面における同様の設備へ応用拡大されることを期待している。

最後に、このシステムの開発、製作に当り御協力いただいた国際電信電話(株)殿及びその他関係者各位に厚く御礼申し上げる。

表3. コントローラ（CNS）の標準機能

| 機 能 | 内 容 | 機 能 | 内 容 |
|---------------|-------------------------------|-------------|--|
| フィードバック制御標準機能 | 基本マ クロフ ァンク シ ョ ン | | 制御ループ10ループ（基本周期0.1秒） 制御・監視ループ190ループ（基本周期1.0秒） 但し、制御ループN、監視ループ数nとすると $N+n \leq 200$, $2N+n \leq 250$ ループ まで拡張可能 |
| | | ○ シーケンス制御機能 | ディジタル入力 2,048点 ディジタル出力 2,048点 |
| | | ○ 演算処理機能 | 命令数 59種 |
| | | ○ データ処理機能 | ビット演算 6μs 乗除算 13~20μs |
| フィードバック制御標準機能 | 機能ユ ニ ャ ット | 制 御 機 能 | ○ 前送制御 ○ システムクロック処理（最小10ms） ○ サブルーチン処理（4重ネスト処理まで可能） ○ インデックス修飾処理（2語（X、Y）装飾） ○ タイマ（0.1秒単位 150点） 1分単位 50点 ○ カウンタ処理 |
| | | | ○ カウンタ処理 |
| | | | ○ カウンタ処理 |
| | | | ○ カウンタ処理 |
| フィードバック制御標準機能 | 機能ユ ニ ャ ット | 周 囲 条 件 | 温度 0~50℃ 湿度 10~90% RH（結露なし） 電 源 AC 100/110V+10%~-15% 50/60Hz |
| | | | 温度 0~50℃ 湿度 10~90% RH（結露なし） 電 源 AC 100/110V+10%~-15% 50/60Hz |
| | | | 温度 0~50℃ 湿度 10~90% RH（結露なし） 電 源 AC 100/110V+10%~-15% 50/60Hz |
| | | | 温度 0~50℃ 湿度 10~90% RH（結露なし） 電 源 AC 100/110V+10%~-15% 50/60Hz |

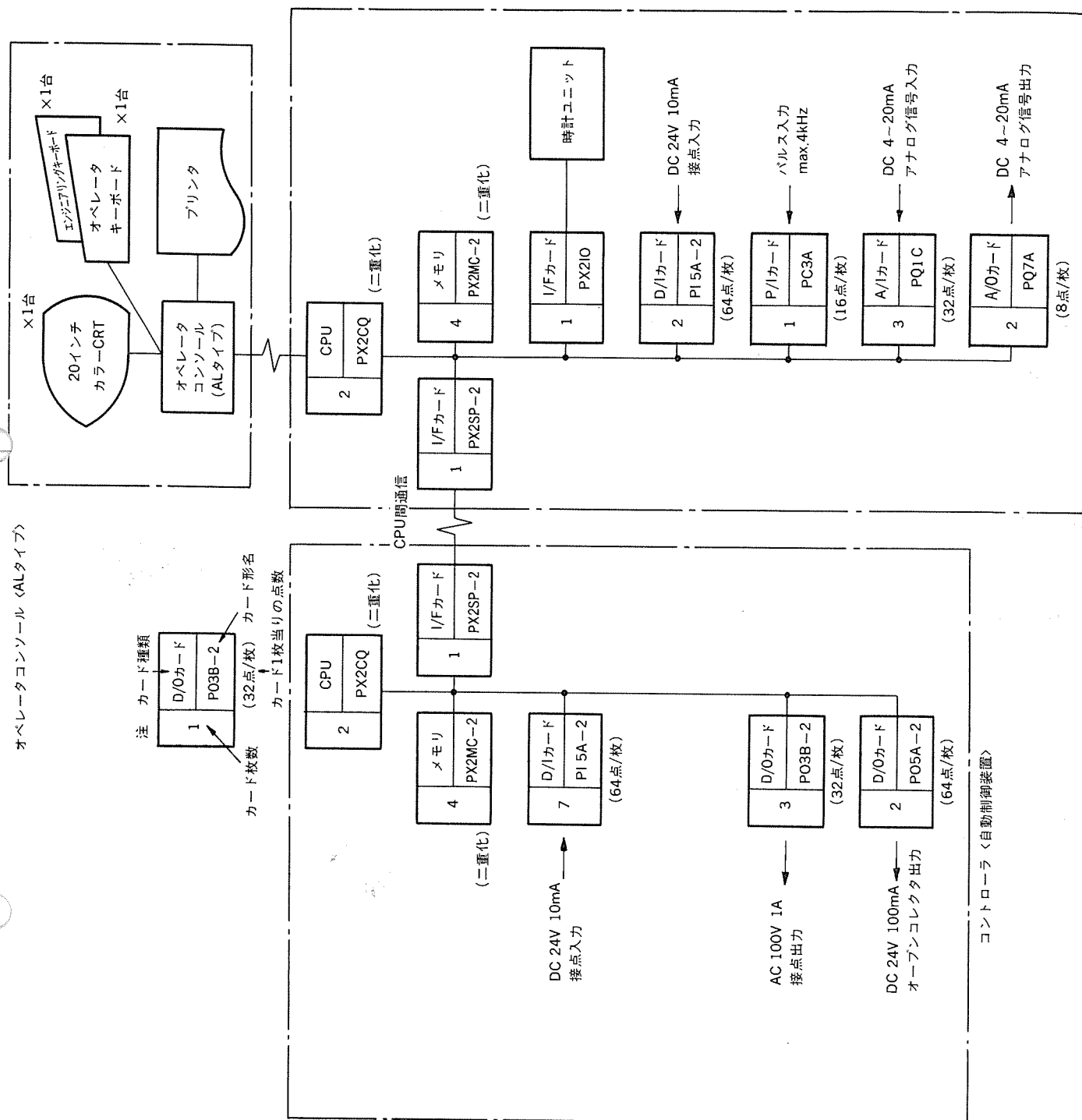


図 10. システム 構成図

コントローラ (自動点検装置)

中部電力(株)駿遠変電所納め550kVガス複合開閉装置

川上 英雄*・瀧野 陽一*・中原 幸二**・望月 幹夫**・山本 宏**

1. ま え が き

昭和55年に完成した中部電力(株)の500kV外輸線は、その後昭和58年6月に新三河幹線を、今回更に、長野方面の需要増加及び現在建設中の浜岡原子力発電所3号機の発生電力の安定送電に対応して駿遠・東栄・信濃各変電所の500kV昇圧工事が行われた。

駿遠変電所には駿遠幹線昇圧及びバンク増設用として、550kV二点切りガス遮断器・ガス絶縁計器用変圧器・酸化亜鉛形避雷器など最新技術を適用し、縮小化、高信頼性及び経済性に富んだガス複合開閉装置を設置した。

ここでは、変電所の概要と開閉装置を中心に紹介する。

2. 駿遠変電所の概要

中部電力(株)の電力系統と電源分布を図1.に示すが、駿遠変電所は、昭和46年に建設された中部電力東部の拠点となる超高圧変電所である。その後、浜岡原子力発電所1・2号機用のフィーダ増設などを行い、今回の第2期500kV昇圧工事により、77kV 12回線、154kV 6回線、275kV 6回線、500kV 4回線(浜岡幹線用2回線を含む)で、バンク容量3,600MVAと中部電力の中で最大容量の変電所となった。

変電所は山間地に位置するが、地形が複雑で、地盤に軟弱な部分があるため、基礎設計・耐震設計に特に注意が払われている。また風が強い地区であることから、耐汚損特性の高いものが要求される。

2.1 用地

変電所用地は、建設当初から将来の500kV昇圧用のスペースが用意

され、500kVヤードでは更に4回線、2バンクの増設余地がある。図2.に駿遠変電所の平面図を示す。

2.2 母線方式

500kV母線方式としては、図3.の単線結線図に示すように、二重母線1バスタイ方式であるが、将来二重母線4バスタイ方式が可能な構成としている。母線の配置は、第1期500kV昇圧工事で実績のある、傾斜Vつ(吊)リアルミパイプ母線を適用した甲乙甲の3母線配置とした。275kV回路も500kV回路と同様であるが、浜岡原子力発電所3号機の500kV昇圧時二重母線4バスタイ方式とする。駿遠変電所の機器配置図を図4.に示す。

2.3 開閉設備の形式

線路用及び母線連絡用の開閉設備として、遮断器、断路器及び接地開閉器を一括してSF₆ガスで絶縁したガス複合開閉装置を適用した。

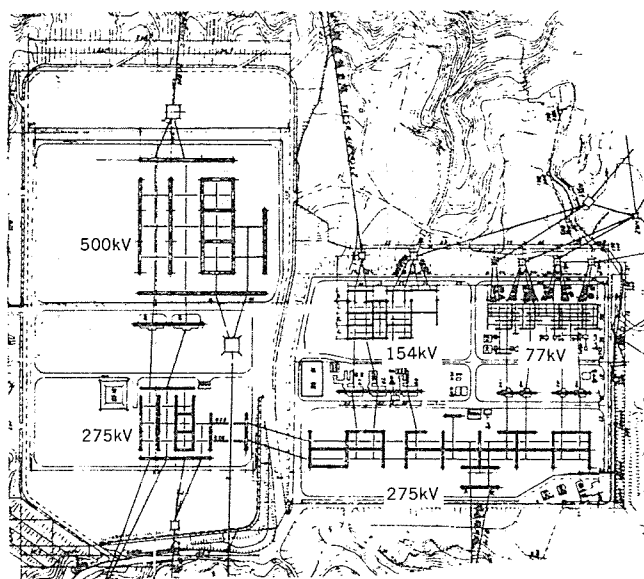


図2. 駿遠変電所平面図

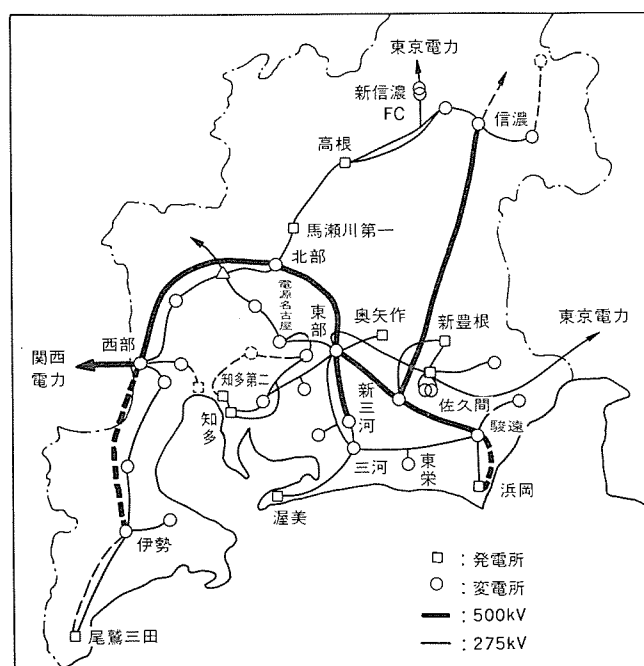


図1. 中部電力(株)の主幹系統

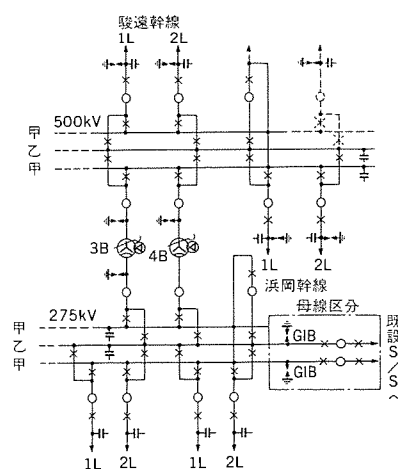


図3. 駿遠変電所主回路単線結線図

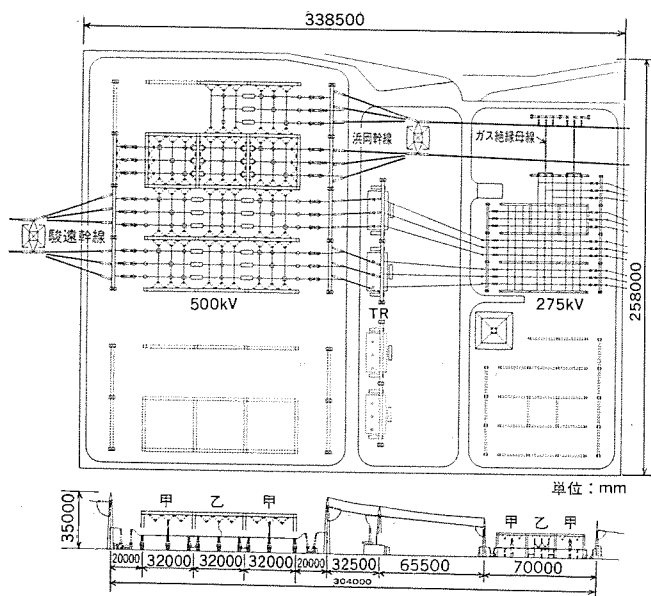


図 4. 駿遠変電所機器配置図

線路用には第 1 期 500 kV 昇圧工事⁽¹⁾で採用した増幅形計器用変圧器・ガスギャップに替えて、増幅盤なしで 50 VA、3.0 級が確保出来るガスコンデンサ形の計器用変圧器と、線路引込口保護用として新たに開発した軽責務酸化亜鉛形避雷器を採用した。バンク一次用遮断器は、遮断点数を従来の 4 点から 2 点とした高性能二点切りガス遮断器を適用した。また、変圧器保護用避雷器にガス遮断器直結のタンク形を適用し耐震性能の向上を図った。

275 kV 回路は、バンク二次用にタンク形ガス遮断器、母線連絡用にガス複合開閉装置を適用した。また、昭和 61 年に運用する 500 kV の浜岡幹線と立体交差する 275 kV 回路の主母線部には、系統分離の目的で設置される母線区分ユニットの一部として三相一括形ガス絶縁母線を適用することにした。

3. 開閉装置

500 kV・275 kV 各系統に適用した開閉装置の定格事項を表 1. に示す。

3.1 500 kV ガス複合開閉装置

昭和 57 年に開発された 500 kV 二点切りガス遮断器⁽²⁾と、断路器を組み合わせたガス複合開閉装置を、線路用及び母線連絡用として

適用した。据付け状況と、その配置構成を図 5. に示す。

線路用には、引込口保護用軽責務酸化亜鉛形避雷器と、検相用として、中相にガスコンデンサ形計器用変圧器(ガス PD)が組み込まれている。線路引込口機器の取付状況と、その内部構造を図 6. に示す。このガス PD は、従来増幅盤と組み合わせた状態で 50 VA、3.0 級の PD としていた(ガス複合開閉装置としては 3 VA、1.5 級)が、今回は主コンデンサ(C1 電極)、分圧コンデンサ(C2 電極)の容量を約 2 倍にすることにより、増幅盤なしで 50 VA、3.0 級の能力を持つ

表 1. 主要構成機器の定格

| | | 一次回路用 | 二次回路用 |
|----------------------|-----------------|--|----------------------|
| 遮断器 | 定格電圧 | 550 kA | 300 kV |
| | 定格電流 | 4,000・2,000 A | 4,000 A |
| | 定格短時間電流 | 50 kA・2 秒 | |
| | 絶縁階級 | 500 号 II | 200 号 |
| 耐震強度 | | 0.4 G 共振正弦 3 波に対して安全率 1.2 以上 | |
| SF ₆ ガス圧力 | | CB・DS 5 kg/cm ² / 300 kV 母線区分 LA・ガス絶縁母線 4 kg/cm ² \ ユニット用 DS は 4 kg/cm ² | |
| 断路器 | 形名 | 500-SFMT-50 B (二点切り) | 250-SFMT-50 B (一点切り) |
| | 定格遮断電流 | 50 kA | |
| | 定格遮断時間 | 2 サイクル | |
| | 操作方式 | 油圧操作 (油圧 320 kg/cm ²) | |
| 断路器 | 形名 | 500-GR-40 | 250-GR-40 |
| | 充電電流開閉能力 | 0.5 A | |
| | 操作方式 | 空気操作 (空気圧 15 kg/cm ²) | |
| | 形名 | 500-GRE | 250-GRE |
| 接地開閉器 | 電流開閉能力 (線路用) | 29 kV-12 A | — |
| | 電磁誘導 | 18 kV-370 A | — |
| | 操作方式 | 手動操作又は空気操作 (空気圧 15 kg/cm ²) | |
| | ガスブッシング (がい管呼称) | 8 m 深ひだ | PC-327 FV |
| 計器用変圧器 | | GY-50 形 550 / $\sqrt{3}$ kV / 110, 110 / $\sqrt{3}$ V 50 VA, 3.0 級 | — |
| 計器用変流器 | | 貫通形 過渡特性付き及び普通形 | |
| 酸化亜鉛形避雷器 | | 表 3. 参照 | |

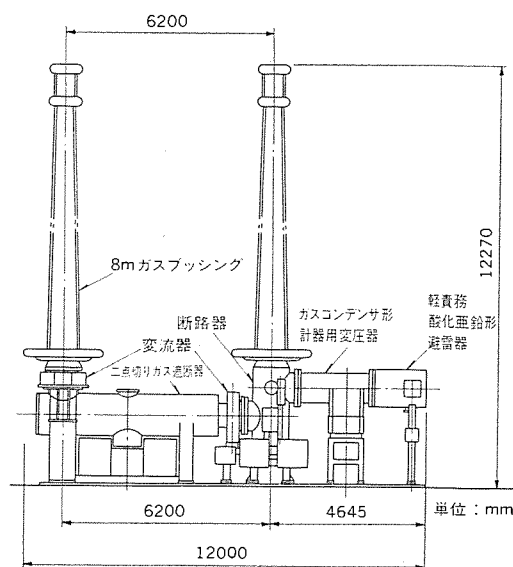
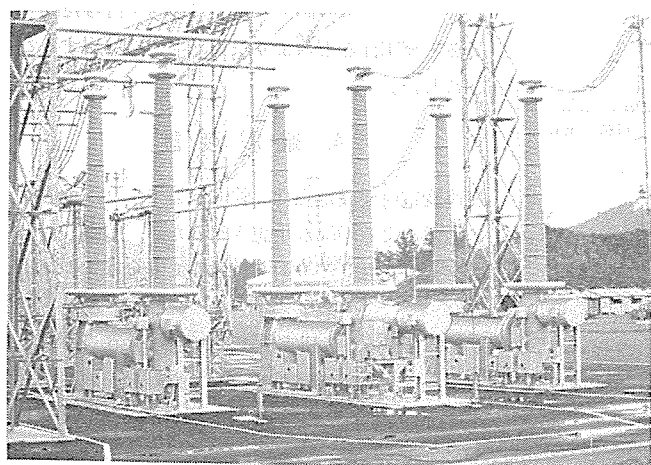
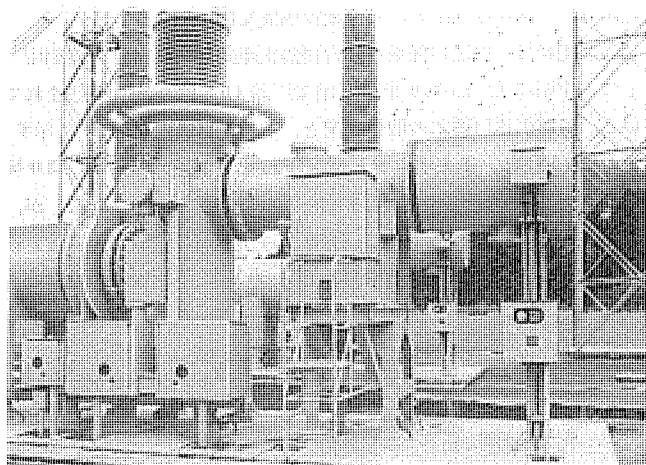


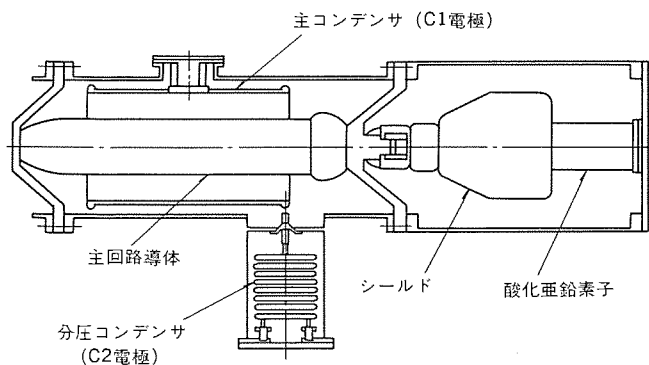
図 5. 500 kV ガス複合開閉装置 (線路用)



(a) 据付け状況の外観

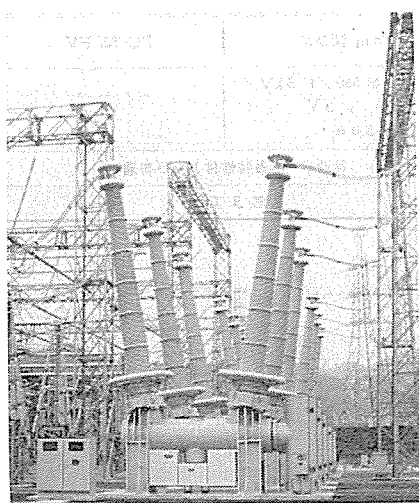


(a) 据付け状況の外観

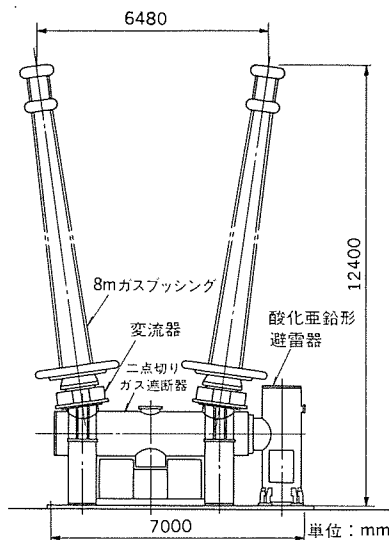


(b) 内部構造図

図 6. 線路引込口機器



(a) 据付け状況の外観



(b) 配置構成

図 7. 550 kV タンク形ガス遮断器(変圧器用)
(変圧器保護用電器と直結)

ガス PD とした。

線路引込口の保護には、従来ガスギャップが適用されていたが、高性能酸化亜鉛素子を採用することにより、ガスギャップと同等の大きさで、より保護特性の優れた軽責務酸化亜鉛形避雷器にすることができた。したがって、ガス PD 部分は大形化したが、軽責務酸化亜鉛形避雷器及び二点切り遮断器の適用によって、容量増大、高性能化したにもかかわらず、総合的には縮小化が達成された。

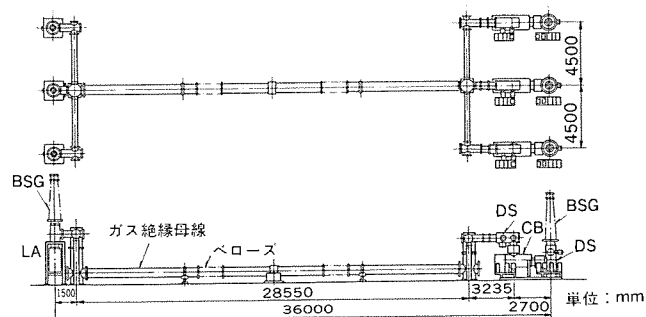


図 8. 母線区分用 300 kV ガス絶縁開閉装置、ガス絶縁母線

3.2 550 kV ガス遮断器

変圧器一次用には、単体のガス遮断器 (GCB) を適用した。据付け状況と、その配置構成を図 7. に示す。この GCB は、遮断点を 2 点としているので、ブッシングを直立して設置すると、気中極間距離が不足するため、550 kV 開閉機器としては初めて傾斜ブッシング方式とした。550 kV 機器のブッシングには、駿遠変電所における最大塩分付着量を 0.06 mg/cm^2 と想定して深ひだ付きの 8 m がい管を使用したガスブッシングを採用し、活線洗浄装置を省略した。

また、この GCB には、変圧器保護用のタンク形酸化亜鉛避雷器を直結した。変圧器保護用避雷器は、従来別置きのがいし形を適用していたが、駿遠変電所では、耐汚損・耐震性能上 GCB 直結のタンク形とした。

3.3 300 kV 開閉装置

275 kV 回路には既設開閉設備があり、今回はバンク二次用 300 kV タンク形ガス遮断器及び母線連絡用のガス複合開閉装置を設置した。

昭和 61 年に完成する浜岡原子力発電所 3 号機用 500 kV 送電線は、図 4. 機器配置図に示すように、既設 275 kV 回路の主母線をまたぐルートとなる。このため 500 kV 送電線通過部の主母線を、気中アルミパイプ母線からガス絶縁母線に変更することにより 500 kV と 275 kV の立体交差を可能にした。このガス絶縁母線は、図 8. に示すように、母線区分用ガス絶縁開閉装置の一部として、275 kV 主母線の 2 スパン分 36 m を接続するものとした。ガス絶縁母線の配置構成として、相分離形と三相一括形の両方について検討を行った結果、基礎・施工性などにより三相一括形を採用することにした。

4. 耐震設計

駿遠変電所建設地点は、軟弱地盤であり、地震時の地盤による増幅が予想されるため、耐震設計仕様を共振正弦 3 波 0.4 G に対して安全率 1.2 以上

とした。

また、地盤のモデル化を行い、各種実地震波 (エルセントロ、TAFT、八戸) を岩盤に印加したときの応答解析を実施した結果、地表面加速度が 500 から 700 gal と大きく、地震調査によるその S 波速度 (VS 値) も 100 m/s と低いため、電気設備の耐震対策指針 (JEAG 5003-1980) に従い個別設計を行った。

4.1 550 kV ガス複合開閉装置

ガス複合開閉装置は、重心が低く、本来耐震性能は優れている。しかし500 kV 級になると、重量的にも寸法的にも大きくなり、特にブッシング部は、その固有周波数が低下し、地震の卓越周波数範囲に入る場合がある。今回は8 m ガスブッシングを使用していることもあり、耐震性能の確認を計算により行った。

計算には従来から行っている、立体骨組構造物の動解析プログラムを使用し、次の内容について行った。

- (1) 0.4 G 共振正弦3波 (機器架台下端印加)
- (2) エルセントロ波
- (3) TAFT 波 (実地震波を基盤に印加)
- (4) 八戸波

各実地震波解析は、基盤に印加したときの地表加速度を求め、その波形を基礎マットも含め、機器に印加する方法とした。基礎と地盤間は“変電機器の耐震設計 (電気協同研究 Vol. 34)”の考え方でモデル化を行った。解析結果の一例を図9. に示す。

基礎地盤系を含む実地震波解析と、機器架台下端に0.4 G 共振正弦3波印加による解析を比較すると、ブッシングがい管根元の発生応

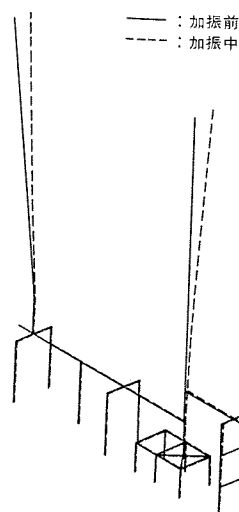


図9. 550 kV ガス複合開閉装置の振動モード

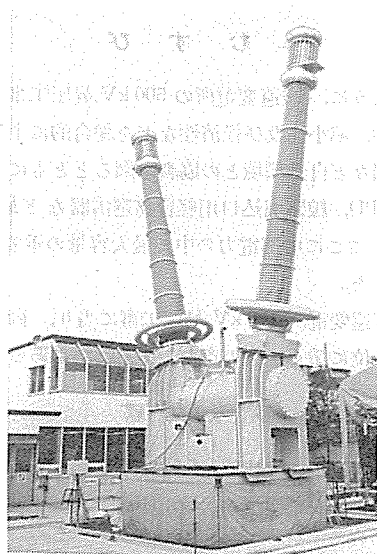


図10. 耐震試験中の550 kV タンク形ガス遮断器

力は、後者の方が約40%大きくなるが、がい管の破壊応力に対する安全率は1.6以上あることを確認した。

4.2 550 kV タンク形ガス遮断器

550 kV ガス遮断器として初めて傾斜ブッシング方式を採用したが、これは開発試験の一貫として、実機を使用した実加振試験によりその耐震性能を検証している。図10. に耐震試験中のガス遮断器の外観を示す。駿遠変電所では、変圧器保護用避雷器が、耐震及び耐汚損仕様から、がいし形では非常に大形となるため、タンク形としてガス遮断器に直結する方式を採用し、ガス複合開閉装置同様、計算機による確認を行った。

解析は、機器設計仕様値である、共振正弦3波0.4 G 機器架台下端印加と、実地震波としてガス複合開閉装置での解析で、最も厳しかったTAFT波について実施した。その結果、十分な耐震強度をもっていることを確認した。

5. 絶縁協調

変電所内機器の絶縁協調を図るため、避雷器の特性、設置位置を変えながら、雷サージの解析を行った。計算には、近年広く使用されているBPA-EMTPにより実施した。

5.1 500 kV 線路引込口機器の検討

ガス絶縁機器のV-f特性上、急しゅん波領域においても、十分な保護をするため、従来はガスギャップを使用していたが、近年、酸化亜鉛素子の性能向上が行われ、小形で高性能の避雷器の実現が可能になった。これにより線路引込口に軽責務形のガス複合開閉装置直結のタンク形、又は、別置きのがいし形避雷器を採用すれば、従来以上の保護効果が期待できる。

駿遠変電所への適用は、表2. に示す3ケースの配置構成について比較検討を行った。その主な内容を以下に示す。

(1) 絶縁協調

別置きの軽責務がいし形避雷器は、ガス複合開閉装置までのリード線が長い場合、協調が取れない。(引込口CB開の条件)

(2) 信頼性

タンク形避雷器に比べがいし形は、汚損・耐震性などの考慮が必要である。また、ガスギャップは、放電により地絡となり続流消弧が必要である。

(3) 保守性

表2. 線路引込口機器の検討

| 種別 項目 | ガスギャップ | 軽責務がいし形LA | 軽責務タンク形LA (ガス複合開閉装置直結) |
|----------|--------|-----------|---------------------------|
| 配置構成 | | | |
| 絶縁協調 | ○ | × | ◎ |
| 信頼性 | ○ | ○ | ◎ |
| 保守性 | △ | ○ | ◎ |
| 総合評価 | ○ | × | ◎ |

表 3. 酸化亜鉛形避雷器《MOA》の主要定格

| 適 用 場 所 | | 275 kV 用 | 500 kV 線路引込口用 | 500 kV TR 用 |
|------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 形 式 | | MAM-TA | MAL-TA | MAH-TA |
| 定 格 電 圧 | | 266 kV | 420 kV | 420 kV |
| 公 称 放 電 電 流 | | 10 kA | 10 kA | 10 kA |
| 開閉サージ動作責務静電容量 | | 50 μ F | 25 μ F | 78 μ F |
| 動 作 開 始 電 圧 | | $V_2 mA \cdots 384$ kV 以上 | $V_1 mA \cdots 756$ kV 以上 | $V_3 mA \cdots 680$ kV 以上 |
| 制 限 電 圧 | 急 峻 雷 インパルス | 10 kA において 763 kV 以下 | 10 kA において 1,584 kV 以下 | 10 kA において 1,221 kV 以下 |
| | 雷 インパルス | 10 kA において 694 kV 以下 | 10 kA において 1,440 kV 以下 | 20 kA において 1,200 kV 以下 |
| | 開 閉 インパルス | 2 kA において 608 kV 以下 | 1 kA において 1,160 kV 以下 | 3 kA において 1,050 kV 以下 |
| 耐 電 圧 | 雷 インパルス | 1,050 kV | 1,800 kV | 1,550 kV |
| | 開 閉 インパルス | — | 1,175 kV | 1,175 kV |
| | 商 用 周 波 | 460 kV, 1 分間 | 750 kV, 1 分間 | 750 kV, 1 分間 |
| 定 格 ガ ス 圧 (20°C) | | 4 kg/cm ² | 4 kg/cm ² | 4 kg/cm ² |

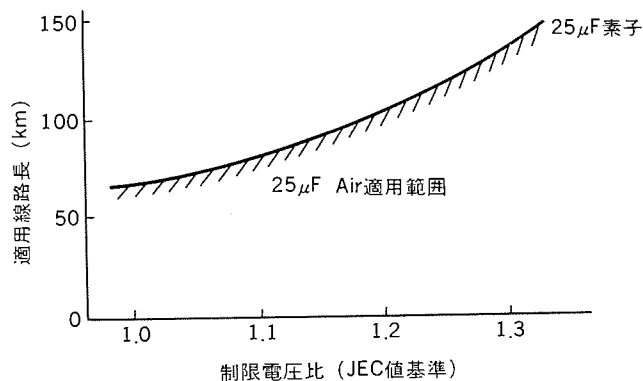
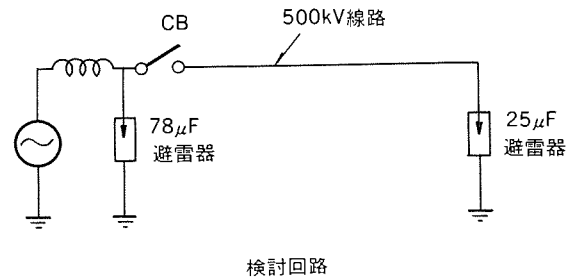


図 11. 線路引込口軽責務避雷器の適用基準



タンク形避雷器であれば、漏れ電流・ガス圧力監視のみで、保守が容易である。

(4) 経済性

がいし形は安価であるが、ガス複合開閉装置とは別の基礎及び据付け工事が必要となり、総合的に比較すれば他との差は少ない。

以上の検討結果により、ガス複合開閉装置直結の軽責務タンク形の酸化亜鉛形避雷器を適用した。

この避雷器の主要定格事項を表 3. に示すが、開閉サージ動作責務静電容量 25 μ F のものを採用した。避雷器の開閉サージ責務は、主として適用線路長と制限電圧で決定される。図 11. にその一例を示す。駿遠変電所の送電線引出しである、駿遠幹線・浜岡幹線は、線路長が 100 km 以下であり、制限電圧を JEC 規格値の 1.2 倍にしても雷サージ絶縁協調が取れるので、25 μ F 軽責務避雷器の適用が可能となった。

5.2 500 kV 回路の絶縁協調

500 kV 線路引込口にガス複合開閉装置直結のタンク形軽責務の酸化亜鉛形避雷器を適用し、変圧器保護用は、その被保護機器から約 60 m 離れたバンク一次ガス遮断器に直結したタンク形の酸化亜鉛形避雷器を配置した形態で、雷サージ解析を行った。その結果、線路引込口の絶縁協調は、5.1 節で述べたように軽責務避雷器による保護協調、変電所内は 1 回線 1 バンクで運用するまれな形態を含めた各種ケースについて検討し、いずれも協調がとれることを確認した。

5.3 275 kV 回路の絶縁協調

275 kV 回路は、線路引込口に気中協調ギャップを設け、変圧器は避雷器で保護する方式となっているが、4 ブスタイ化に伴って設置する、母線区分ユニットのガス絶縁開閉装置とガス絶縁母線の絶縁協調を主目的に雷サージ解析を行った。その結果、図 8. に示すようにガス絶縁母線の入口に、母線保護用の酸化亜鉛形避雷器を設置すれば、保護協調の取れることを確認した。

6. む す び

以上に述べたように、駿遠変電所の 500 kV 昇圧工事に当っては、信頼性、保守性、縮小性及び経済性などを総合的に十分検討し、更に耐震、耐汚損など自然環境との協調を図るとともに、二点切りガス遮断器、ガス PD、線路引込口用軽責務避雷器など最新の GIS 技術を盛り込み、ここに中部電力の中で最大容量の重要 500 kV 変電所として誕生した。

終わりに、駿遠変電所 500 kV 昇圧工事に当り、御指導、御尽力賜った関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 平林ほか：三菱電機技報，54，No. 6，p. 413 (昭 55)
- (2) 伊吹ほか：三菱電機技報，56，No. 9，p. 680 (昭 57)

新しい変電所の構成“四国電力(株)北松山変電所への監視システムの適用”

藤本 洋一*・山下 忠男*・小野 健*・山内 高雄**・但田 昭司**・田中 久雄**

1. ま え が き

四国電力(株)北松山変電所 (187/66 kV, 300 MVA×1) は、松山市西北部に電力を供給していた松山発電所の変電設備・送電線の老朽化及び周辺の宅地化などの社会環境の変化に伴い、設備を増強改善するため建設されたものである。

変電所周辺は、果樹園や温泉保養地を控える丘陵地帯で、平坦な敷地が少ない制約もあって、ガス絶縁開閉装置 (以下、GIS とよぶ) を採用し、しかも防音建屋上に二次側の GIS を設置したほか、ガス密封形接地抵抗 (以下、ガス密封形 NGR とよぶ) を採用するなど、架空送電線との接続部以外に露出充電部のない構成として、信頼性を確保しながら縮小化と隠ぺい化による環境調和を図った。更に、系統制御所で遠方監視制御する無人変電所として運用し、主変圧器と GIS には予防保全を主目的とする変電所監視システム (以下、監視システムとよぶ) を導入するなど、新しい変電所の構成についても追求した。

図 1. はこの変電所の全景を示すもので、以下に変電所の概要、監視システム採用の経緯、監視システムの構成と適用の効果、及び診断方法などについて報告する。

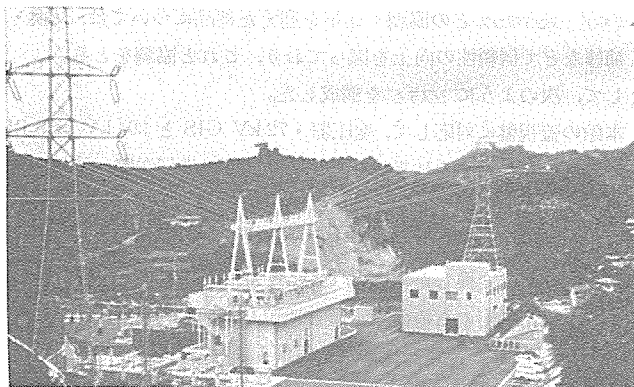


図 1. 北松山変電所の全景

2. 北松山変電所の概要

北松山変電所は、松山市西北部に 187 kV 系統を引き込み、当初は 300 MVA、将来は 900 MVA の電力供給の拠点となる重要な一次変電所で、しかも無人変電所である。そのため、ガス絶縁化による信頼性向上以外に、遠方監視のための侵入監視装置や工業用テレビシステム (以下、ITV システムとよぶ) を含めた監視システムなど種々の新技術が導入された。以下に変電所の構成と主要機器の概要を示す。

2.1 変電所の構成

図 2. は変電所の配置図を示し、このうち GIS と GIB 並びに ITV システムを含む監視システムが三菱電機(株)製である。送電線は図 3. の単線結線図に示すように、

(1) 187 kV 系統：当初 2 回線、最終 4 回線

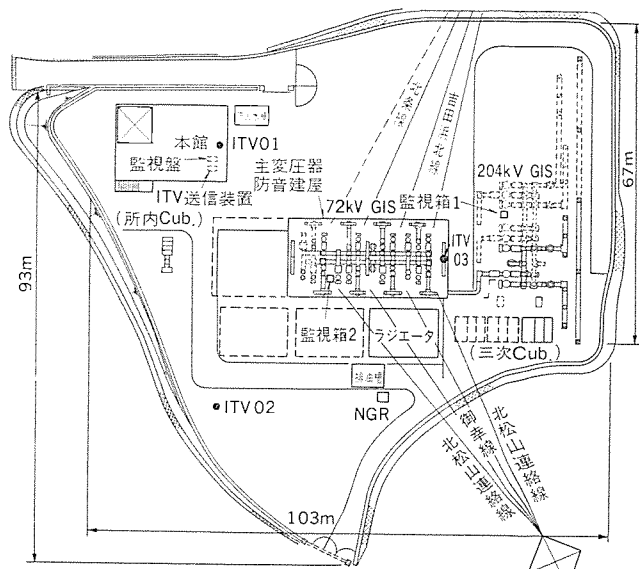


図 2. 北松山変電所内の配置

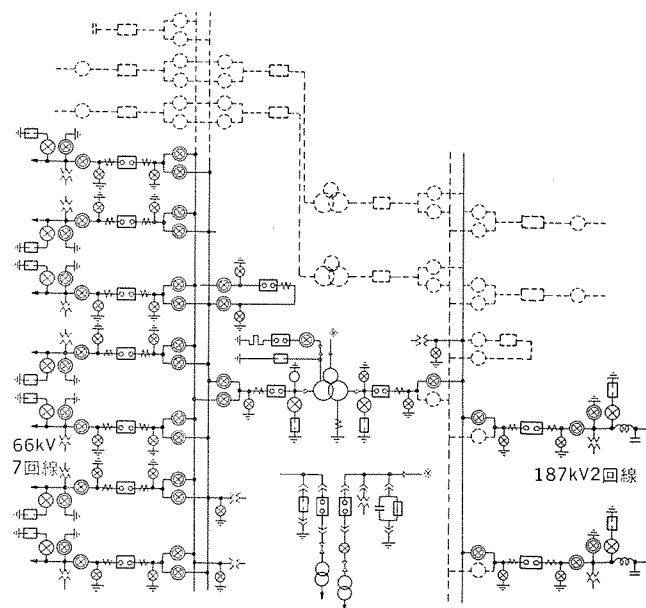


図 3. 単線結線図

(2) 66 kV 系統：当初 7 回線、最終 10 回線

まで考慮した設計となっている。開閉装置は全三相一括形 GIS で、ガス密封形 NGR は従来形に対して設置スペースで 1/5 に縮小し、敷地上の制約解消に寄与した。なお、二次側の 72 kV GIS は、この電圧階級では初の 6,000 A 定格の主母線を採用し、変圧器用ユニットにも 4,000 A 定格を採用するなど大容量化を達成した。

変圧器は、騒音規制の第 2 種区域を想定して防音建屋内に収納し、変電所境界で騒音は 45 ホン以下に抑制した。また、一次側は GIB に、二次側は GIS 母線にいずれも三相一括形のブッシングを介して接続し、充電部が全く露出しない構成とした。更に、防音建屋上に

表 1. 主要構成機器の定格

| 主 要 機 器 名 (メーカー名) | 定 格 事 項 |
|--|---|
| 187 kV 用ガス絶縁開閉装置 (GIS・GIB) (三菱電機製) | 三相一括形 定格電圧 204 kV |
| | 定格電流 { 送電線用 3,000 A 主母線用 4,000 A 変圧器用 2,000 A |
| | 定格短時間電流 25 kA |
| | 絶縁階級 140 号 |
| | 遮断器 5 kg/cm ² |
| | その他 4 kg/cm ² |
| 変 圧 器 (大阪変圧器製) | 電 圧 204～170/66/21 kV 容 量 300/300/90 MVA 結 線 人-人-△ 三 相 60 Hz, 送油自冷式 騒 音 45 ホン (防音建屋) 1 台 |
| 66 kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) (三菱電機製) | 三相一括形 定格電圧 72 kV |
| | 定格電流 { 送電線用 1,200/2,000 A 主母線用 6,000 A 変圧器用 4,000 A |
| | 定格短時間電流 31.5kA |
| | 絶縁階級 60 号 |
| | 遮断器 5 kg/cm ² |
| | その他 4 kg/cm ² |
| N G R (日立製作所製) | ガス密封形 電 圧 66 kV/ $\sqrt{3}$ |
| 送 電 線 | 187 kV 2 回線, 66 kV 7 回線 |
| 監視システム (ITV 含む) (三菱電機製) | 監視盤 テレコン I/F 付き 伝 送 光伝送 監視箱 現場設置形 |

引留鉄塔と二次側 GIS の遮断器を対向配置にして設置したので、変圧器-GIS-送電線間の合理的接続と、縮小化も達成することができた。

このような新技術の応用と、機器の小形化や配置の合理化により、従来の変電所に比べて面積を約 30 % に縮小することができた。

2. 2 主要機器の定格事項

主要機器の定格事項を表 1. に示す。使用条件は中汚損地区で、周囲温度は -10～+40℃ である。

3. 監視システム採用の経緯

近年、変電所は大規模になり、かつ縮小化や隠ぺい化の傾向が強まる一方、基幹系変電所まで無人化が進められ、その率は 90 % 以上に達している⁽¹⁾。

他方、計算機など電力の高度利用が進み高度情報化社会を形成する情勢で、電力供給の信頼性は一層重要度を増していることから、変電所の無人化に際して、特に基幹系変電所の場合には、事故の未然防止や波及防止などの技術開発が切に望まれている。GIS 方式は、気中絶縁方式の変電所に対して、事故率が 1 けた低減されたとの報告もあるが⁽²⁾、万一タンク内部で不具合が生ずると地絡に至りやすいことや、障害除去に長時間を要することがあるので、異常の早期発見を行うとともに、事故が発生した場合には複雑多岐な状況を的確に判断し、運転員に代って迅速な処置を行う監視システムの必要性が高いと考えられる。

マイクロプロセッサ (以下、μp とよぶ) やセンサ及び光技術の進歩は著しいものがあり、これらの技術を導入すれば事故の未然防止を主体とする監視システムの実現もそれほど難しくないと判断から、導入の検討が活発になってきている⁽³⁾。

それらを変電所に適用した場合の主な目的を整理すると、

- (1) 機能・性能の拡大 (運転状況把握、緊急時の即応処置)
- (2) 供給信頼度の向上 (異常の予知、事故波及の局限)
- (3) 省力化・無人化 (自動監視、自動記録)
- (4) 変電所設計の最適化 (機器の最適設計、自己完結システム)

などが考えられる。

このような情勢にかんがみ、新設された北松山変電所では、変圧器と GIS の予防保全を主目的とする監視システムを導入し、その機能・構成と運用方法を検討した。なお、これらを構成する技術は、発展が著しいとはいえ、主回路機器直結の適用例が少ないため、センサは現有のものを基本に将来は発展に合わせて取り替えられるようにして、システム構築を優先した。

4. 監視システムの構成と適用の効果

変圧器や GIS の診断装置の報告例は多いが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、無人変電所における監視システムの本格的な適用例はまだ報告されてないので、その構成と適用の効果例について記述する。

4. 1 システム構成

このシステムは、図 4. に示すようにセンサ系と画像系 (ITV 系) を基本に、変電所本館では保護継電器盤などとの照合や、二つの系の連携処理ができるようにした。センサ系については基本的な考え方を、

- (a) 外部診断方式：機器の信頼性を損なうことがないように、原則として機器の主回路部に貫通孔を新たに設けしないでセンサを取り付ける。
- (b) 分散処理方式：システムの拡張性・発展性を考慮して、主回路機器対応で分散配置した CPU によりセンサ個別のデータの演算処理を実行する。
- (c) メンテナンスとの協調：経年を迎えた部品については、交換・補修などで信頼性の向上を図っており、これと協調をとる。

として、次のようにシステムを構成した。

本館の監視盤に対応して、変圧器・72 kV GIS と 204 kV GIS 用には現場に監視箱をそれぞれ設け、両者の間を光伝送路で接続し必要な情報 (時刻、センサ名、演算値、判定結果など) を上位系に速やかに伝送できるようにした。監視箱では、センサの種類ごとの μp 解析器でデジタル変換した各センサのデータを演算処理し、あらかじめ設定した異常判定のための設定値と比較し、一次判定処理をする。

通常は各センサの演算処理結果を毎日 1 回日報データとして送り出すが、異常があれば、その都度送り出し本館の監視盤で印字処理を行う。ただし、動作頻度の低い可燃性ガスセンサ (以下、TCG センサとよぶ) や遮断器動作時間センサ (以下、CB 動作時間センサとよぶ) では正常時もすべて印字処理を行うようにした。この監視システムでは、運転実績の把握もねらって連続計測を実施しているが、必ずしも連続して計測する必要はないので、電源には停電をすることがあるがノイズ・サージ除去が比較的容易な交流電源を採用し、瞬時停電にも CPU が暴走しないように配慮をした。

以上のシステム構成を検証するため、センサに疑似入力を与えるなど各種の試験を実施し、所定の機能の評価確認を行った。

4. 1. 1 監視盤機能 (本館設置)

監視盤は本館の監視・制御盤と並べて設置し、機能の主なものは次のとおりである。

- (1) マンマシンインタフェース：定量化された計測値と判定結果を印字処理し、日報処理も行う。必要に応じマイクによる機器音を確認する

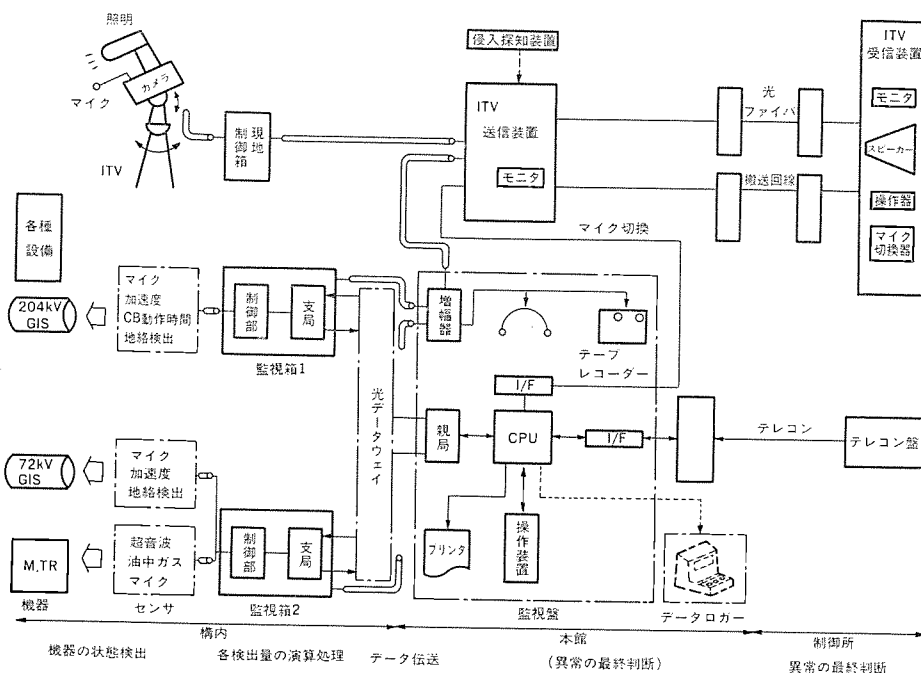


図 4. 監視システムの構成

ことができる。また、TCG センサについては随時に手動で測定を行うことができる。

(2) テレコンインタフェース：異常の場合にはテレコン盤への出力処理を行い、系統制御所で概略の状況がわかる。

(3) 確定処理：監視箱の一次判定処理のうち、超音波センサと地絡センサについては保護継電器盤などの情報と照合し、あらかじめ設定した条件と合わなければ無効にする。

ほかに、機器異常と判定された場合の応動内容をあらかじめ検討しているが、GISのように歴史の浅い機器では、応動内容は必ずしも確立したものではないので、応動並びに異常判定の改善に役立つようにデータロガーを設置して正常データも蓄積できるようにした。

4.1.2 監視箱機能（現場設置）

監視箱の演算処理部は、センサ出力を受けるμp解析器と、それに接続し制御と上位処理及びデータ蓄積（数時間～数か月間分のデータ）を行うローカルCPUで構成し、必要な場合に外部に装置を設けて蓄積データを取り出すことができる。したがって、監視箱のみで監視の基本機能を備えていると言える。

設計に際しては、主回路機器に近接してμpなど弱電部を設置するので、ノイズ・サージ対策については特に注意を払った。予防保全が主目的の場合には、異常を軽微な段階で検出することになるので処置までには時間的余裕があり、したがってノイズ・サージによる一時的計測不能は許容することができる⁽⁶⁾。

しかしながら、電圧破壊は避けねばならないので、サージ電圧を受ける懸念のある場合には光センサを使うのが望ましいが、電気センサの適用が必要な場合もあり、CPU入出力部にはホトカプ、盤入出力部にはサージ吸収器を用い、更に電源部はCPUと分離して設置しノイズフィルタを介して電源を供給するなどの対策をした。CPUを屋外環境で使うことに関しては、監視箱上を二重化して太陽ふく射の影響を抑え、内部にも熱交換器を設けて高温時には放熱し、回路にも低消費電力形の部品を採用して発熱量を低減した。図5.は監視箱の据付け状況である。

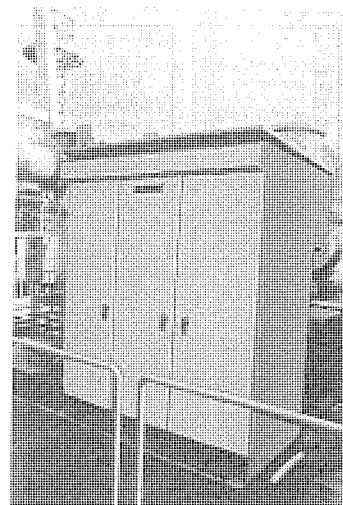


図 5. 監視箱の据付け状況

4.1.3 監視対象項目

監視対象項目は、変圧器などのように歴史があって過去の実績から指標が得られる機器ばかりでない

ので、不具合が発生した場合の異常の進展も考慮して選定した。すなわち、機器内部で不具合があると、振動・音・光・熱など五感対応の現象と、他に微小電流、圧力上昇や分解ガスなどの物理現象を予兆として伴って機器は異常に進展すると考えられる。一般には、不具合が軽微な初期段階では、この予兆現象も微弱であり捕そくするにはセンサ数が多くなるが、不具合の進展段階では予兆現象も進展して強くなり捕そくのセンサ数も少なくなる。

このシステムは、このような点を考慮しながら重点監視対象を以下のように設定し、それぞれセンサを選定した。

表 2. 各種センサ

| | 適用対象 (センサ名) | 機能概要 | センサの取付け (原理) | センサと監視箱間の接続 |
|-----|------------------------------------|--|------------------------|-------------|
| | | | | |
| 変圧器 | 変圧器本体 (TCG検出) | 部分放電、局部過熱による油中の可燃性ガスを定期的に検出し、レベルや増加傾向を基に演算処理をする。 | 検油弁に配管にて取付け (ガスセンサ) | ケーブル |
| | 変圧器壁 (超音波検出) | 部分放電などによるタンクの超音波振動を検出し、包絡線検波、発生頻度、継続性などを基に演算処理をする。 | 本体に絶縁して取付け (圧電素子) | ケーブル |
| GIS | 72, 204 kV 母線 タンク壁など (加速度検出) | 部分放電などによるタンクの微小な振動を検出し、周波数、周期性、継続性などを基に演算処理をする。 | 本体に絶縁して取付け (圧電素子) | ケーブル |
| | 204 kV 遮断器 (動作時間検出) | 制御回路の電流を検出し、その継続時間を演算処理をする。 | 本体に絶縁して取付け (磁気素子) | 光ケーブル |
| S | 72, 204 kV 母線 タンク壁など (地絡検出) | 地絡時の GIS タンクの振動を複数箇所から検出し、演算処理により検出順位を求める。 | 本体に取付け (光センサ) | 光ケーブル |

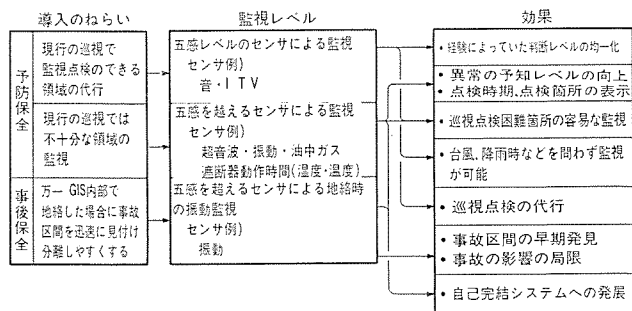


図 6. 監視システムのねらいと効果

- (1) 巡視点検対応 (五感レベル) : ITV, マイク
- (2) 変電所特有の事項 : 地絡センサ
- (3) 各機器固有の課題 (静止部) : TCG, 超音波センサ
(可動部) : 加速度センサ
CB 動作時間センサ

なお、採用したセンサの概要を表 2. に示す。

4.2 適用の効果

このようなセンサと μp を応用した監視システムの効果を整理すると、異常の予知能力向上による変電所運転の信頼性の向上や、事故の迅速な処理による停電時間の短縮並びに省力化などが想定される。具体的には図 6. に示すように、導入のねらいやセンサなどに対応して個別の効果が考えられるが⁽⁷⁾、まだ緒についたばかりであり、今後の運転実績とともに、種々の効果が明らかになると推察する。

なお、演算処理に μp を利用しているので、その自己診断機能により装置の監視も行うことができ、保守員の負担を軽減する。

5. センサの原理と診断方法

センサの機能は表 3. に示すとおりで、各センサの原理・構成及び診断方法の概要は以下のとおりである。

5.1 TCG センサ

図 7. に示すように TCG センサは、ガス抽出部、検知部、データ処理部及び制御部からなり、あらかじめ設定した周期で油を自動的に取り込み、真空脱気により抽出した可燃性ガスをガスセンサによって検出し、デジタル処理後演算処理をする。この値が設定値を超過した場合に異常判定をするが、予兆を早期に見つける目的で設定値以下

表 3. センサの機能概要

| センサ | | TCG | 超音波 | 加速度 | CB 動作時間 | 地絡 |
|-----------|------|-------------------------------|--------------|--------------------|----------------------------|------------------------|
| 検出方式 | 周期ごと | 1 回 / 1 日 ~ 99 日 | 1 回 / 10 分 | 1 回 / 20 ~ 30 分 | — | — |
| | 随時 | 手動 | — | — | 動作時 | 動作時 |
| 検出範囲 | | 0 ~ 5,000 ppm | 1 ~ 250 pps | 20 ~ 2,500 μG | 電流 0.5 ~ 20 A 時間 5 ms ~ | 0.2 kA 以上 (モデル試験結果) |
| 出力 | 内容 | 可燃性ガス総量 判定結果 | パルス数 判定結果 | 加速度 判定結果 | 動作時間 判定結果 | 検出順位 |
| | 出力方式 | 測定ごと | 異常時 | 異常時 | 測定ごと | 異常時 |
| 機器異常の設定値例 | | ガス総量 : 700 ppm 増加率 : 1.6 倍 | 100 pps | 200 μG | +4 ms, -3 ms を外れる | — |

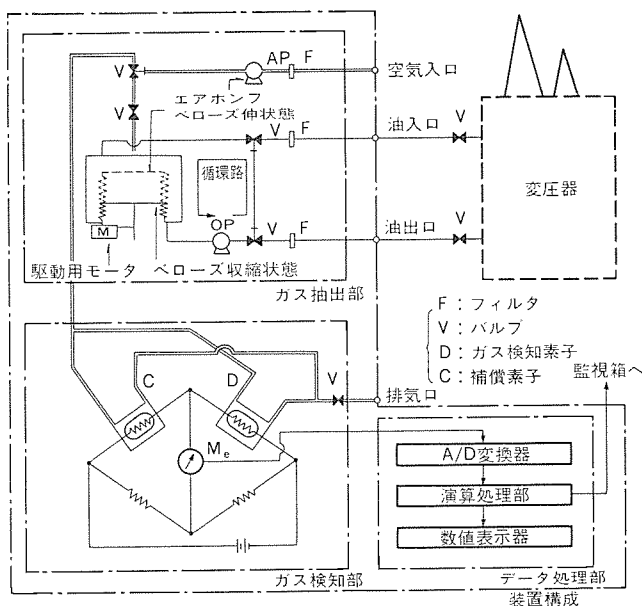


図 7. TCG センサの構成

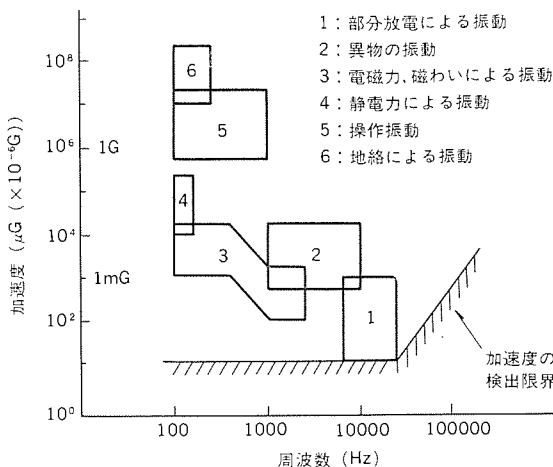


図 8. GIS の振動の分類

でも急激な増加傾向を示す場合には異常判定ができるようにした。

5.2 超音波センサ

変圧器の異常検出に前述の TCG センサが有効であるが、別に内部異常の予兆 (部分放電) を検出して補完し、総合的に内部異常を判定する目的で超音波センサを用いた。油中放電により発生する衝撃波は広い周波数をもっているが、各種振動によるノイズの影響を避けるため、数百 kHz 以上の高周波帯域 (超音波帯域) を利用するのがよいとの報告がある⁽⁸⁾。

このため変圧器タンク壁に取り付けた超音波センサで固体伝ば (播) 音を検出し、バンドパスフィルタでノイズを除去した後、包絡線検波器とカウンタの組合せによって、パルス群が一定時間に発生する回数と継続性を演算し、設定値と比較し異常判定をする。なお、マップチェンジ動作時は監視盤でデータの無効処理をする。

5.3 加速度センサ⁽⁵⁾⁽⁹⁾

GIS 内部で接触不良などによる部分放電が発生したり、微小金属片などが存在するとタンク壁に振動が現れる。図 8. に示すように、この振動は微弱であるが、平常時の振動と異なり周波数は数 kHz ~ 数十 kHz、レベルは $10 \sim 10^4 \mu G$ との報告例がある⁽¹⁰⁾。この振動を加速度センサで検出し、

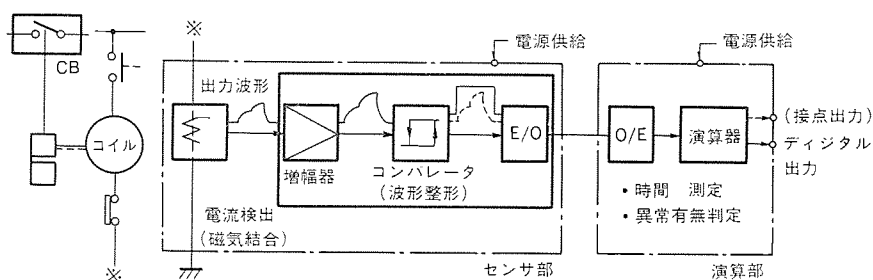


図 9. CB 動作時間 センサ の構成

- (1) 機器の定常振動などの低周波分をフィルタで除去した後。
- (2) 電源に同期して十分に短い時間幅で多数回のサンプリングを行って加速度波形を取り込み、その絶対値波形（全波整流波形に相当）を求め、更にサンプリングした絶対値波形を複数回重ね合わせて平均波形を求める（平均化処理）。この平均化処理によって電源の周期性と関連のない振動を除去することができる。
- (3) 更に、突発的な一過性の過大信号（操作音など）の影響を防止するため、サンプリング中に統計的にみて母集団とかけ離れた過大な入力があれば計測を無効にする。
- (4) このようにして得た波形が設定値を超える場合には、多数回処理により継続性を調べ異常判定をする。

5.4 CB センサ⁽¹¹⁾

遮断器の動作は各部の機構が順次応動して達成されるので、機構の一部で異常が起きると全体に影響を及ぼし、操作時間の増減となって現れる。この操作時間を制御回路の通電時間から推定する。図 9. に示すように、装置は遮断器動作時の振動やサージ電圧の影響を避けるため、遮断器に取り付けて電流の検出を行う磁気センサ部と監視箱の演算部を光伝送によって接続し、電流の検出部は誘導を受けないように種々の対策を施した。なお、演算結果が設定値から外れる場合に異常判定をする。

5.5 地絡センサ⁽¹²⁾

GIS 内部で地絡が発生すると、図 10. に示す副次的現象が発生する。電流を CT で検出する方法は適用上の課題が多く、直接の現象であるアーク光は検知の対象にはなるがタンクを貫通する構造が必要であり好ましくない。このような点から、副次的な現象であるが、地絡に対する応答の速さから音・振動を検知の対象とした。タンク振動を効果的に検出するには、圧電素子が考えられるが、地絡時の過酷な現象を考慮して耐サージ性に優れる光センサを選定した。複数個の光センサの振動の検出順位を演算し、保護継電器の動作とも照合して、上位の順位の近傍を地絡箇所として推定する。なお、化学式のガスセンサで確認も行う。

6. 据付けと保守

据付けについては、主回路機器などの工事に引き続き約 1 か月間を費した。この間、センサへの疑似入力や監視箱への模擬信号入力によって、各種センサの機能試験や装置全体のシステム試験などを実施した。新設変電所であり外部診断方式であるため、被監視機器にはあらかじめアダプタを設けておいて、各センサは変電所で取り付けるこ

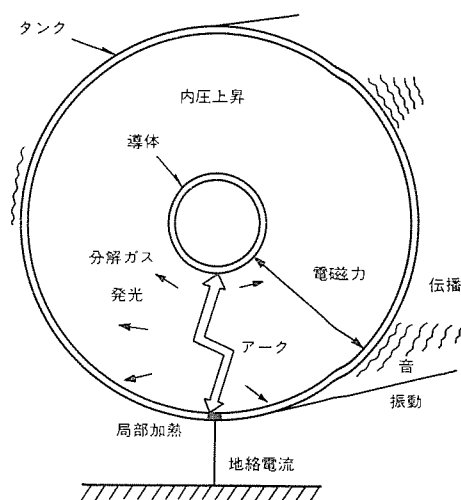


図 10. GIS 地絡時の現象

とができた。この方式では、既に運転中の機器についても対応ができる。

保守については、日常は特別な点検の必要はなく、運転状態のままで「巡視点検」が可能であるが、1年ごとにセンサの動作確認を目的として「普通点検」を行い、2～3年ごとに基本動作の性能確認を目的として「細密点検」を行うことを考えている。これらの性能確認などには、センサに一定レベルの疑似入力を与える装置や校正ガス（TCG センサ）などを用いて実施する。

7. む す び

この監視システムは、昭和 60 年 6 月から順調に稼働しており、今後約 1 年間は運転データをデータロガーに収集し、機能の確認と将来のシステムの改善に役立てるつもりである。また、光センサや診断技術はますます発展し、高度情報化の社会情勢にあって、このようなシステムは適用範囲が拡大され、変電所の構成にも影響を及ぼすようになると考えられる。

終わりに、監視システムの検討や装置の設計に種々御助力下さった関係各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) OHM, 69, 4, p. 25 (昭 57)
- (2) 電気協同研究, 36, 3, p. 15 (昭 55)
- (3) 福森ほか：電気学会全国大会, 昭 60, 1212
- (4) 山田ほか：三菱電機技報, 54, 7, p. 492 (昭 55)
- (5) 伊藤ほか：三菱電機技報, 54, 7, p. 497 (昭 55)
- (6) 吉永ほか：昭 60 電気・情報関連学会連合大会, 投稿中
- (7) 電気評論, 70, 1, p. 167 (昭 60)
- (8) 白井ほか：電気学会静止器研究会 SA-83-53
- (9) 小沢ほか：電気学会全国大会, 昭 60, 1211
- (10) N. Okutsu et al.: IEEE PAS-100, No. 6, 1981
- (11) 細川ほか：電気学会全国大会, 昭 60, 1213
- (12) 比舎ほか：電気学会全国大会, 昭 60, 1214

電磁かくはん装置の設計におけるCAEシステム

川村 光 弘*・福本紀久男*・東 和 彦*・加藤之敏*・阪部 茂一**

1. ま え が き

鉄鋼の連続鋳造設備において、鋼材の品質向上や歩留まり向上のため、溶鋼を電磁力でかくはんする電磁かくはん装置 (Electro Magnetic Stirrer : EMS) の需要が増大している。この電磁かくはん装置は、既設の連続設備に取り付けるため設置空間や特性に関する制限条件が厳しい。すなわち、既存の設備と干渉しないような複雑な形状と厳しい寸法制限のもとで、大きな溶鋼かくはん力を発生させる必要があるため、その設計は常に、開発的要素を伴っている。また、基本原理は回転機やリアモータと同様であるが、磁気回路や二次電流回路が三次元的で複雑であるため従来からの解析の手法が適用できない。

そこで当社では、電磁かくはん装置の設計のため種々の数値解析ソフトウェアをもつ CAE (Computer Aided Engineering) システムの開発を行った。このシステムのために入力データ生成と出力データ処理の Pre-Post ソフトウェアを新たに開発し、ハードウェアを階層化し設計の効率化を追求している。その結果、開発設計のみならず、日常の生産設計、見積り設計などにも数値解析を駆使した詳細な検討が実施されるようになった。ここでは、この CAE システム の数値解析ソフトウェアを中心に概要を紹介する。

2. 電気設計のソフトウェアの解析原理

2.1 電磁かくはん装置の基本原

電磁かくはん装置は、図 1. に示すように回転機の電機子コイルの作る回転磁界又はリアモータの電機子コイルの作る進行波磁界を溶鋼に作用させて、溶鋼を電磁力でかくはんするものである。ところで、一般の回転機やリアモータは空けきが小さいため磁束の経路が明確である。したがって、空けきに沿った一次元モデルの解析手法の適用が可能であるが、この装置では二次側に磁性体が存在しないため、磁束の経路を一次元モデルに近似することができず、従来からの解析手法の適用が困難である。

2.2 磁気ベクトルポテンシャル解析

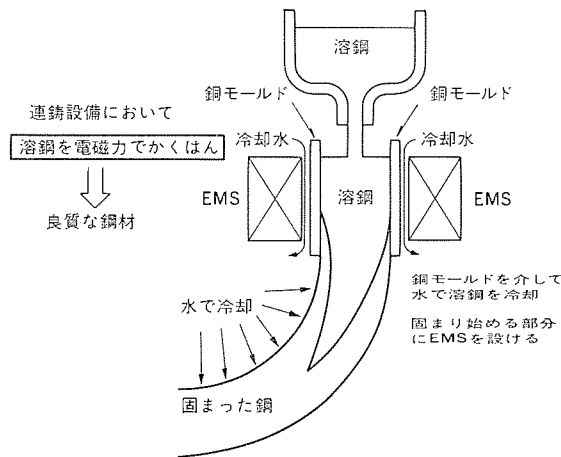
そこで、積層鉄心に平行な二次元断面において磁気ベクトルポテンシャル解析を実施する。その基礎微分方程式は、交流電磁諸量を複素数で表現して次式で示される。

$$\vec{B} = \text{rot } \vec{A} \quad \dots\dots\dots (1)$$

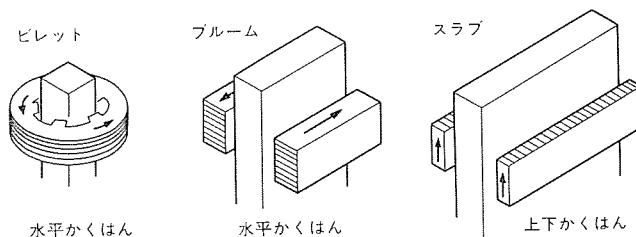
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial \vec{A}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial \vec{A}}{\partial y} \right) = j\omega \sigma (\vec{A} - \vec{A}) - \vec{J}_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\vec{A} = \frac{1}{S} \int_s \vec{A} \, ds \quad \dots\dots\dots (3)$$

この解析の例として、2 極回転機の電機子コイルの作る回転磁界と、2 極リアモータの電機子コイルの作る進行波磁界で、それぞれ基本的な電磁かくはん装置を構成した場合の磁束線を図 2. に示す。この磁気ベクトルポテンシャル解析は、鉄心のスロット形状、電機子コイルの断面形状、渦電流が誘導される導電体の断面形状などを詳細に検討

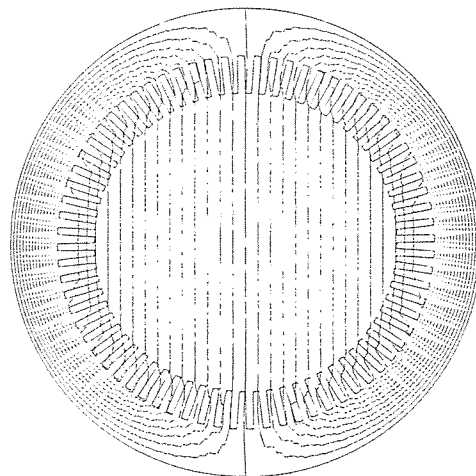


(a) 基本原理

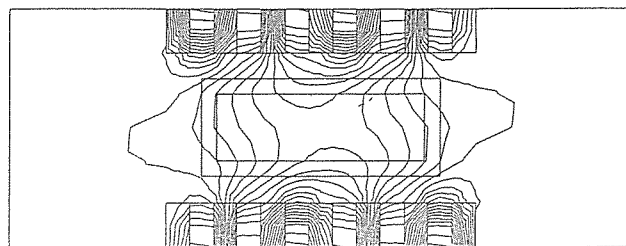


(b) 電磁かくはん装置の原理

図 1. 電磁かくはん装置



(a) 回転磁界形 EMS の一例



(b) 進行波磁界形 EMS の一例

図 2. 磁気ベクトルポテンシャル解析

することができる。

2.3 磁気スカラーポテンシャル解析

2.2 節に述べた磁気ベクトルポテンシャル解析では、鉄心の積層方向（Z軸方向）を無限長と仮定しているため、鉄心の積層厚（鉄心長）が小さい機種では誤差が生じる。そこで、積層鉄心に垂直な断面では、電機子コイルの電流分布をフーリエ展開し、二次元モデルの重畳で磁気スカラーポテンシャル解析を実施する。例えば、円筒座標系においてはその基礎微分方程式は次式で示される。

$$\mathbf{B} = \mu_0 (-\text{grad } \Omega) \quad (4)$$

$$\Omega(r, z, \varphi) = \Omega'(r, z) \cos p\varphi \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 \Omega'}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Omega'}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Omega'}{\partial z^2} = \frac{p^2}{r^2} \Omega' \quad (6)$$

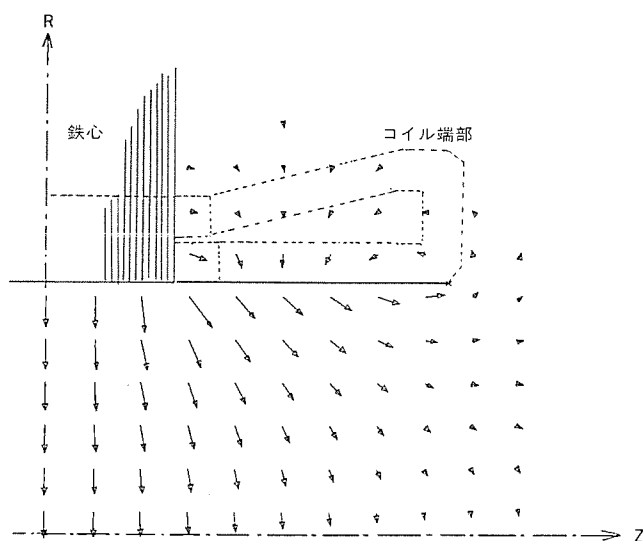


図 3. 磁気スカラーポテンシャル解析

| | |
|----------------|-------------------|
| INNER DIAMETER | DIVISION WIDTH |
| 220.00 | (IN FDM ANALYSIS) |
| CORE LENGTH | Z-DIRECTION |
| 330.00 | 4.85 |
| COILEND LENGTH | R-DIRECTION |
| 78.00 | 3.14 |

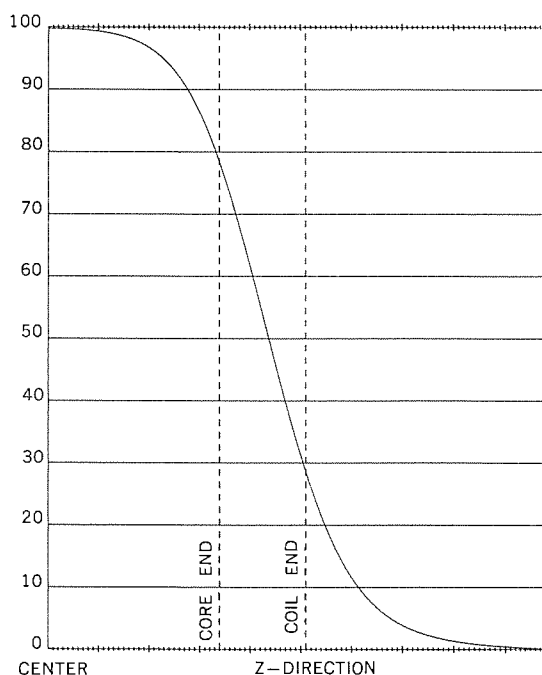


図 4. 磁束分布（鉄心長が長い場合）

この解析の例として、2極回転機の電機子コイルと同様に構成された基本的な電磁かはん装置の磁束分布を図3に示す。同図のZ軸は電磁かはん装置の中心軸を示し、その軸上における磁束密度の分布を、鉄心長と鉄心内径の比が大きい機種と小さい機種について図4と図5にそれぞれ示す。両図の縦軸は、前節の鉄心長を無限大と仮定した場合の、二次元解析の結果に対する相対値を示す。鉄心長が大きい図4の機種では、装置の中央においてほぼ

| | |
|----------------|-------------------|
| INNER DIAMETER | DIVISION WIDTH |
| 600.00 | (IN FDM ANALYSIS) |
| CORE LENGTH | Z-DIRECTION |
| 150.00 | 8.33 |
| COILEND LENGTH | R-DIRECTION |
| 138.00 | 8.57 |

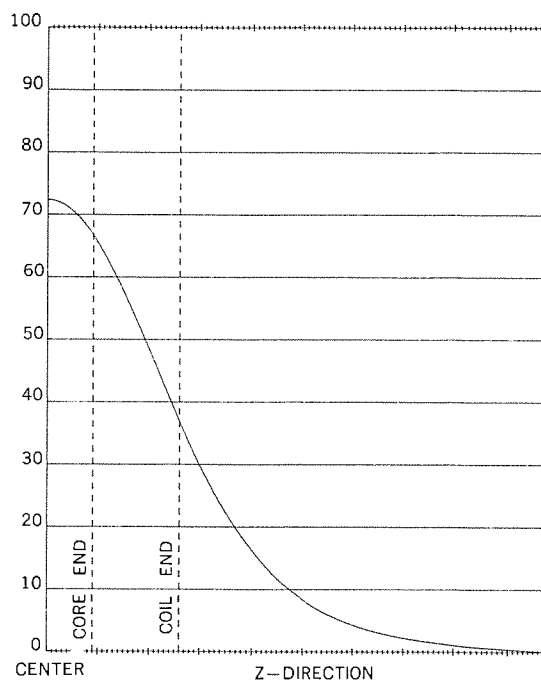


図 5. 磁束分布（鉄心長が短い場合）

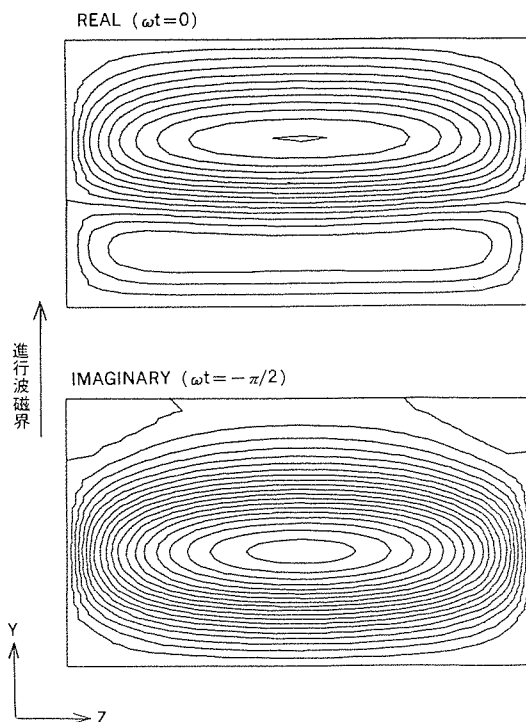


図 6. 電流ベクトルポテンシャル解析

100%を示すが、鉄心長が小さい図5.の機種では73%に低下している。1章で述べたように、この装置は設置空間に関する制限が厳しいため鉄心長を十分に大きくできない場合が多く、この特性の把握は重要となる。

2.4 電流ベクトルポテンシャル解析

2.2節に述べた磁気ベクトルポテンシャル解析では、導電体の渦電流が流れる方向(Z軸方向)を無限長と仮定しているため、導電体のZ軸方向の長さが十分に大きくない場合には渦電流の計算値が実際の値よりも大きくなる。そこで、渦電流の流れる導電体内では電流ベクトルポテンシャル解析を実施する。例えば、この解析をY-Z平面に適用する場合の基礎微分方程式は、交流電磁諸量を複素数で表現して次式で示される。

$$\vec{J}_c = \text{rot } \vec{C} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{\partial^2 \vec{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{C}}{\partial z^2} = J \omega \sigma \vec{B}_z \quad \dots\dots\dots (8)$$

この解析による渦電流の流線を図6.に示す。同図から導電体の中央でZ方向成分が主体であった渦電流が、Z方向の端に近づくにつれて次第に進行方向を変え、渦状に周回している様子がよくわかる。

以上述べたように、三次元的に複雑な形状をしている電磁かくはん装置を、種々の座標断面に3種類の二次元ポテンシャル解析を適用することによって、電気特性の三次元解析を等価的にすすめられる。

3. Pre-Post 処理のソフトウェア

3.1 汎用インプットゼネレータ

2章で述べた電気設計の数値解析は、電磁かくはん装置の設計において中心課題となるため、きわめて使用頻度が高い。そこで、設計の自由度を確保しながら迅速に数値解析の入力データを生成するため、汎用インプットゼネレータを開発した。このインプットゼネレータでは次に示すような要素分割方法を採用したため、迅速かつ高精度な解析を実施できる。一般に機械部品の多くは四辺形の集まりのような形をしているから、四辺形格子を基本パターンとした。格子を構成する各四辺形をパートと呼び、その内部を自動的に要素分割する。任意の形状はパートの頂点座標を与え、格子をひずませて表現する。

図7.に示すように要素分割に関する情報は、基本格子の縦横それぞれのパート数及び縦横それぞれの細分割数のみでよいから、要素分割の全体把握が容易で、迅速かつ見通しよく分割数の変更が可能である。その結果、粗い分割でのTSS処理の試算と、細かい分割でのBATCH処理の詳細計算が能率よく実務設計で運用される。この運用方法によれば、試算の結果の評価を介することによって必要な部分に高精度解析を実施できるので、高精度設計を生み出すことになる。

3.2 連成解析のインプットゼネレータ

電流ベクトルポテンシャル解析は、磁気ベクトルポテンシャル解析の磁束密度を利用することができる。このような連成解析のインプットゼネレータでは、前段の解析から計算結果と座標値が自動入力されるほかは、汎用インプットゼネレータと同様の操作方法として使用の便を図っている。

3.3 専用インプットゼネレータ

ある程度構成が定まった機種(例えば回転磁界形EMS)に対しては、機種専用のインプットゼネレータを開発し、更に解析の迅速化を図っている。

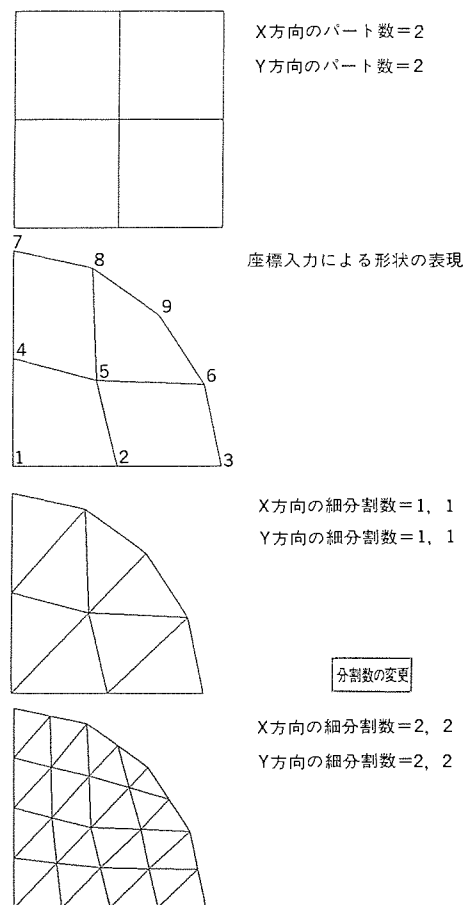


図7. 要素分割

3.4 チェックプログラム

各インプットゼネレータの生成する入力データは数値解析の各ソフトウェアと整合がとれるようになっているが、設計の過程でエディタによる微細な変更を繰り返しながら最適設計を行う場合がある。この過程で、数値解析ソフトウェアの制限事項を超えたり、誤った編修を行う可能性は皆無とはいえない。そこで、数値解析ソフトウェアの制限事項のチェック、電流のわ(湧)き出しなどの物理上の矛盾のチェック、磁性体、電流、導電体の種類を色分け表示する材質のカラーチェック、及び境界条件、要素分割のチェックを行うプログラムを開発した。その結果、入力データのミスによる計算の失敗を無くすことができた。

3.5 Post 処理のソフトウェア

数値解析の出力データから、磁束、渦電流及び電磁力の空間的、時間的分布を視覚化し、計算結果の評価、ドキュメントの作成を行うプログラムを開発した。時間的分布はカラーグラフィックスを用いて同一画面上に重ねて表示できるので、物理現象の把握が容易である。

4. 機械設計のソフトウェア

4.1 表面磁荷法を用いたコイル端部三次元解析

電磁かくはん装置の電気装荷は非常に高いため、コイル端部には大きな電磁力が作用する。更に、数Hzの低周波電源で駆動される場合にはコイル端部は電磁力で動きやすい。したがって、コイル端部の強度設計は製品の信頼性確保に重要である。そこで、表面磁荷法による三次元磁界解析からコイルに作用する電磁力を計算する。この電磁力はコイル端部のビーム要素情報とともに構造解析プログラムに連成し、コイル端部の強度計算を実施する。表面磁荷法による三次元磁

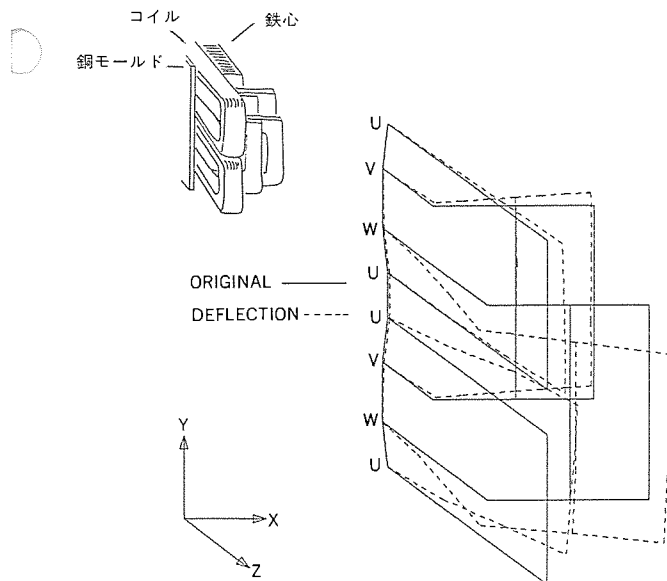


図 8. 電磁力による コイル 端部の変形

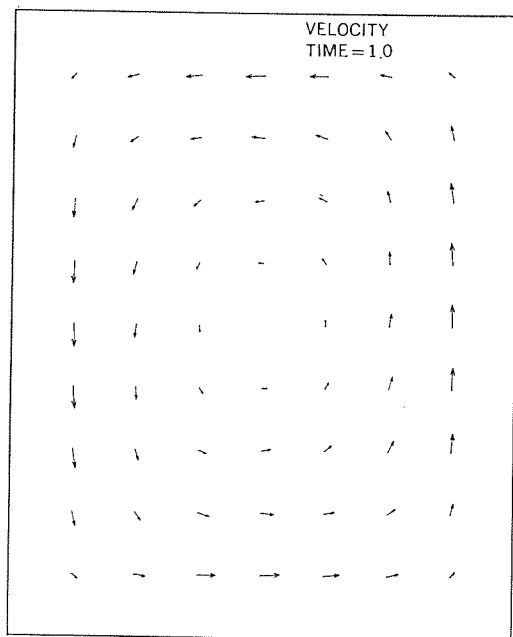


図 9. 溶鋼の流体解析

界解析の基礎積分方程式は次式で示される。

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_v \frac{\mathbf{J} \times \mathbf{r}}{|\mathbf{r}|^3} dv + \frac{1}{4\pi} \int_s \frac{\sigma_m \mathbf{r}}{|\mathbf{r}|^3} ds \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{\sigma_m}{2} = \frac{\mu_0}{4\pi} (-\mathbf{n}) \cdot \int_v \frac{\mathbf{J} \times \mathbf{r}}{|\mathbf{r}|^3} dv + \frac{1}{4\pi} (-\mathbf{n}) \cdot \int_s \frac{\sigma_m \mathbf{r}}{|\mathbf{r}|^3} ds \quad \dots\dots\dots (10)$$

図 8. はリニア形電磁かくはん装置の コイル 端部の電磁力による変形の解析例である。

4.2 溶鋼の流体解析

2 章の電気設計で計算される溶鋼中の電磁力から、溶鋼の流れが解析できる。その基礎微分方程式は次式で示される。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad \dots\dots\dots (12)$$

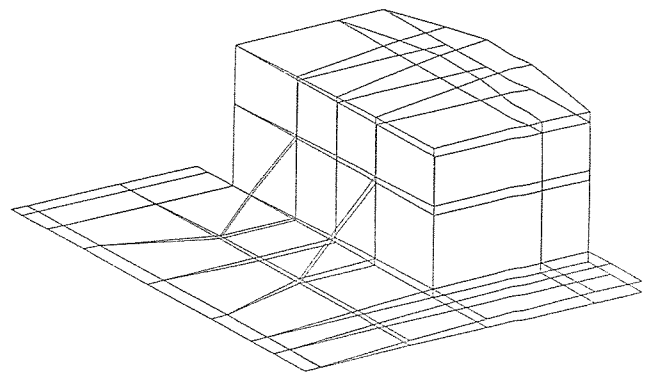


図 10. 水圧による ウォータージャケット の変形

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad \dots\dots\dots (13)$$

図 9. は溶鋼の流体解析の例である。

4.3 一般構造解析

電磁かくはん装置の電気装荷は非常に高いため コイル に大きなジュール熱が発生する。したがって、一般に水冷方式が採用され、ウォータージャケットは水圧に耐える強度が必要である。一方、溶鋼部に磁束を有効に到達させるためには、コイルを溶鋼にできる限り近付ける必要があり、ウォータージャケットは厚くできない。また、1 章で述べたように設置空間に関する制限条件が厳しいため、装置の各所に構造上の種々の問題点が発生する。そこで構造強度設計のため、当社の汎用構造解析プログラム《MELSA》(MELCOM Structural Analysis Program) をこの CAE システムは装備している。図 10. は、リニア形電磁かくはん装置のウォータージャケットの最適設計のため、水圧による変形を解析した例である。

以上、当社の電磁かくはん装置の設計における CAE システムのソフトウェアの概要を、3 章にわたって紹介してきたが、その全体構成を図 11. に示す。

5. ハードウェアの構成

電磁かくはん装置の設計における CAE システムは、図 12. に示すように、階層化されたハードウェア構成をとっている。数値解析ソフトウェアを BATCH 処理で実行し、大容量磁気ディスク装置上に設計データベースを構築するホストコンピュータには、汎用機の《MELCOM-COSMO》を用いている。応答性を重視して種々のソフトウェアを TSS 処理で実行するフロントエンドコンピュータには、スーパーミニコンの《MELCOM 70/150》を用いている。カラーグラフィックスやプリンタの制御を行う端末機には、パーソナルコンピュータの《MULTI 16》を用いている。

基本的な運用は、まず、フロントエンドコンピュータの TSS 処理で、Pre 処理ソフトウェアを使用して入力データを生成する。この入力データはホストコンピュータの設計データベースに転送され、BATCH 処理で数値解析を実施する。計算結果の出力データは入力データと対で設計データベースに保存される。また、出力データはフロントエンドコンピュータに転送され、Post 処理ソフトウェアで解析の評価とドキュメントの作成を行う。このようにハードウェアを階層化したことにより、設計者が端末機に拘束される Pre-Post 処理が大きな主記憶や演算時間を必要とする数値解析と競合しないため、スムーズな運用が可能である。

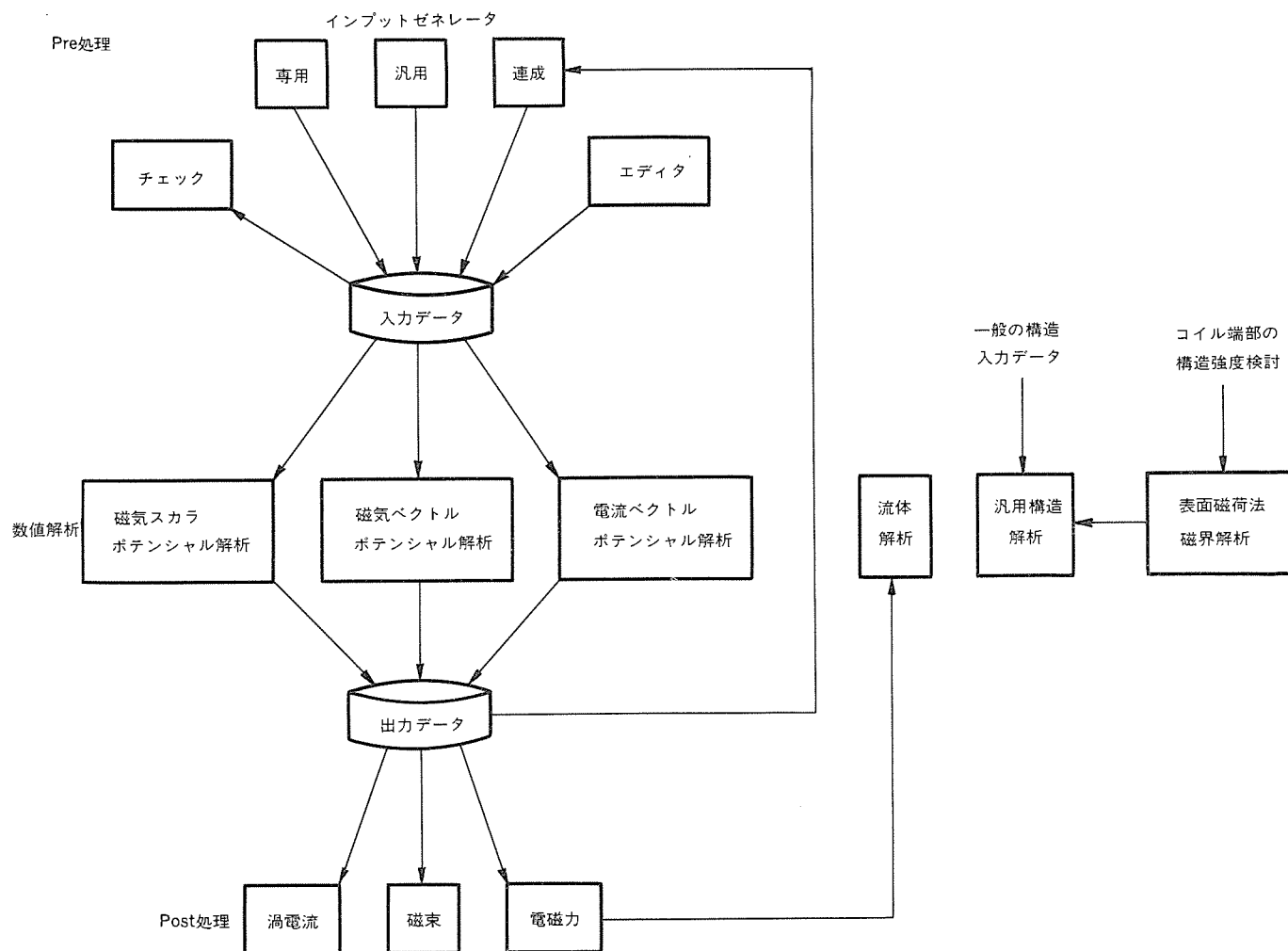


図 11. ソフトウェアの構成

6. む す び

当社で電磁かくはん装置の設計に使用している CAE システムを簡単に紹介した。この装置の電気設計には、渦電流現象を含む三次元的磁場考察が必ず(須)であるため、3種類の二次元ポテンシャル解析を組み合わせることによりこれを実現した。また、Pre-Post 処理のソフトウェアの開発、ハードウェアの階層化、試計算と詳細計算を組み合わせた運用法により、解析の迅速化と高精度化の両立を実現した。

現時点の技術では、渦電流を含む三次元磁界解析には、超大形計算機が必要になること、そして、解析のモデル化が複雑であることから、日常の設計における高頻度な計算業務に適用することが困難である。これらを考慮して、ここで紹介した CAE システムは、日常の設計業務を想定して開発した。このような日常設計の CAE システムの在り方に関する諸検討は、工場の設計現場に課せられた一つの課題である。

今後共、この CAE システムの適用を更に展開し、顧客のニーズにこたえられるよう努力する所存である。

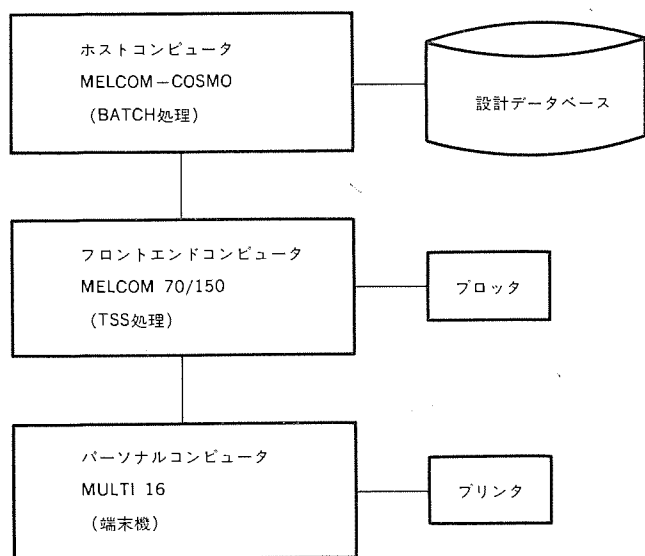


図 12. ハードウェアの構成

電子計算機《MELCOMコンピュータシリーズ》における パケットネットワークシステム

新 沢 誠*・堂 坂 辰*・藤 曲 秀 吉*・吉 田 稔*・黒 畑 幸 雄*

1. ま え が き

現在の情報通信システムは、各種情報を処理して経営の効率化、生産性の向上、製造販売の合理化などを実現するため高度な利用が進められている。ここで紹介するネットワークシステム(MNA-P: Multi-Shared Network Architecture-Packet)は、従来広域網や構内網で業務や機種対応で実現していたシステムを、国際標準で規定するX.25パケット機能を基に、当社的大中形計算機(《MELCOM EX シリーズ》、《MELCOM-COSMO シリーズ》)から オフコン《MELCOM 80 シリーズ》、ミニコン《MELCOM 70 シリーズ》、オフィスターミナル M 5000 シリーズ間を従来の垂直分散ネットワークシステムに加えた、相互に統合的に接続する水平分散ネットワークシステムである。適用可能なネットワーク構成は図1.のとおりであり、DDXパケット網や特定回線を利用する広域網のみならず、当社のローカルエリアネットワーク(LAN)製品《MELNET シリーズ》を利用した構内網でも利用できる。

本稿では、MNA-Pシステムの特長とサポート計算機と端末の実現方式と特長について述べる。

2. ネットワークシステムの特長

MNA-Pシステムの特長は次のとおりである。

(1) 国際標準 X.25 パケットをもとにしたネットワークシステム

国際標準で規定するX.25パケット制御手順によるネットワークシステムであるため、従来のBSC(Binary Synchronous Communication-procedure)などのベシック手順回線を論理チャネル(ネットワークコネクションという)に対応でき、1本の物理回線で複数の論理チャネルをサポート(パケット多重化機能という)できる。このため従来のネットワークシステムに比べて、通信料金の削減と通信方式が全二重のため伝送効率の向上が図られる。

通信相手の選択は、パケット制御手順で規定する発呼パケット(CR/CN)の使用によりDDXパケット網(DDX-P)や《MELNET シリーズ》での通信交換機能が利用でき、図1.で示される広域網と構内網を統合化したネットワークシステムの構築が可能となる。適用回線は、DDX-P網や《MELNET シリーズ》網、特定回線で利用できるため、ネットワークシステム設計が統一した概念で構築できる。

(2) 主従関係のない対等なネットワークシステムのサポート

従来のオンライントランザクション処理のように、ホスト計算機と端末のように主従関係のあるネットワークシステムのほかに、ホスト計算機間や端末間でもアプリケーションプログラム(APP)間で自由なデータ転送ができる対等なモードを提供している。よって計算機や端末の持つ処理能力に応じて、相互にネットワーク業務(オンライントランザクション処理など)

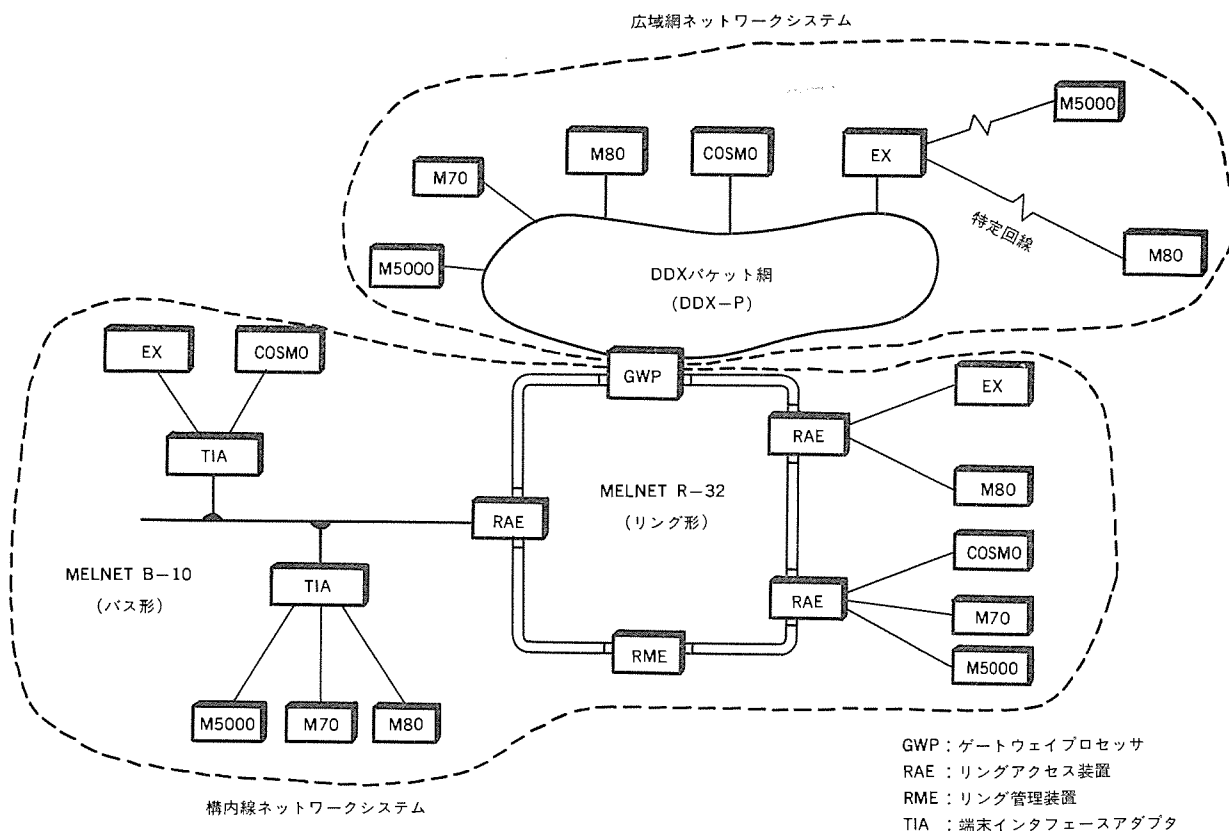


図 1. パケットネットワークシステム

ができる。

(3) 既存のネットワークシステムとの連続性

既存の M 4374 日本語 ワークステーション インタフェース を包含する思想でアーキテクチャ が構築されているため、従来の アプリケーションソフトウェア 財産の活用と利用者の操作性が保持されている。また従来どおり端末側でサポートできない漢字コードに対しては、ホスト 計算機から漢字フォントのコードが可能である。よって、既存 ネットワークシステムの延長上で、全二重通信による転送効率の改善や特定回線から DDX-P 網への利用変更により通信料金の削減が図られる。また一部の機種においては、従来の BSC などのソフトウェアインタフェースを変えずに実現しているため、既存の利用者プログラムを何ら変更せずに、従来機能別に設置していた回線を1本のパケット回線に集約することができる。

(4) 通信ソフトウェアのモジュール化

ネットワークシステムを実現する伝送制御手順(プロトコル)は、日本電信電話(株)(NTT)での X. 25 (80 年版) パケット網サポートなどのように、現在は国内外で標準化・機能拡張作業が進められている。そのため各機種共に通信機能の変更や追加に柔軟に対応できるよう、機能モジュール化が図られている。

(5) X. 25 論理チャネルの有効利用

1 本の論理チャネルを複数の機能制御コネクションに分けて利用者プログラムに提供しているため、更に通信料金の削減が図られる。

3. ネットワークアーキテクチャ

MNA-P システムの機能論理構造を ISO (国際標準化機構) の OSI (Open Systems Interconnection ; 開放形システム間相互接続) の参照モデルに対応させて示すと図 2. のとおりである。

3.1 物理層

パケット網や特定回線などの物理コネクションを活性化・維持・非活性化をし、ビット伝送のための機械的・電氣的制御を行う機能である。インタフェースとしては、CCITT (国際電信電話諮問委員会) で勧告する従来のアナログ回線用の V シリーズとディジタル回線用の X シリーズの両方をサポートしている。これにより、DDX-P 網への加入時などでは、網のサポート状況により柔軟に対応ができる。

3.2 データリンク層

隣接する計算機や端末(特定回線での接続のとき)又はパケット網や

表 1. 機能制御層でのプロトコルデータ単位

| プロトコルデータ単位 | 機能 |
|----------------|--|
| コマンド (CMD) | 要求データを送信する。 |
| レスポンス (RSP) | 応答データを送信する。 |
| ステータス (STS) | 例外状態 (プリンタ紙切れ、外字発生など) が発生したことを相手に通知する。 |
| 接続要求 (CRQ) | 機能制御コネクションの確立要求をする。 |
| 接続肯定 (CEN) | コネクションの要求に対して肯定応答をし、通番リセットを要求する。 |
| 接続肯定確認 (CEC) | コネクション肯定応答の通番リセット完了を通知する。 |
| コマンド再送要求 (CUD) | 要求データの再送要求を行う。 |
| 肯定応答 (ACK) | 要求データ/応答データに対する肯定応答を行う。 |
| 切断要求 (CDC) | 機能制御コネクションの切断の通知を行う。 |

LAN と計算機・端末間でのデータリンクコネクションの制御を行う。CCITT で勧告する X. 25 LAPB (Link Access Procedure-B) を実現する。この層は、DDX パケット網の機能拡張を図り特定回線でも利用できるようになっている。

3.3 ネットワーク層

特定回線やパケット網、LAN などをつつ又は複数の通信網を介して、利用者が存在する計算機・端末間でのネットワークコネクションの制御を行う。CCITT で勧告する X. 25 パケット制御手順を実現する。

3.4 機能制御層

この層は、OSi で規定するトランスポート層(レベル4)とセッション層(レベル5)に対応する。機能は、上位のプロセス間での会話制御と同期機能を実現する。またネットワーク層で提供するネットワークコネクションに対する多重化機能を実現する。この機能により DDX パケット網の1論理チャネル(ネットワークコネクション)で TSS 処理やファイル転送など異なった利用形態を実現できる。この層のプロトコルは、当社独自のものであり、表 1. に示すプロトコルデータ単位を使用して、機能制御コネクションの設定、解放、データ転送などを実現している。

3.5 プレゼンテーション層

アプリケーション層で実行する APP の共通な情報表現形式に対応した構造をもつ、データの入力・授受・表示・制御を行う。データ構造は次の2種類である。

(1) M 4374 日本語データストリーム

従来の M 4374 日本語端末システムで規定するディスプレイ用とシリアルプリンタ用の2種類である。

(2) アプリケーションデータストリーム

アプリケーション層の利用者プログラム間で自由に任意なデータ転送ができる透過データモードである。

3.6 アプリケーション層

システム用及び利用者向きの応用プロトコル(端末制御エミュレータ、ファイル転送など)を実行し、利用者間での通信処理を実現する。この層では次の機能が実現される。

- (1) TSS 処理
- (2) オンライントランザクション処理
- (3) ファイル転送処理
- (4) RJE 処理
- (5) APP 間通信

なお端末から(1),(2)の処理をホスト計算機に要求するプログラムとして M 4374 端末エミュレータ

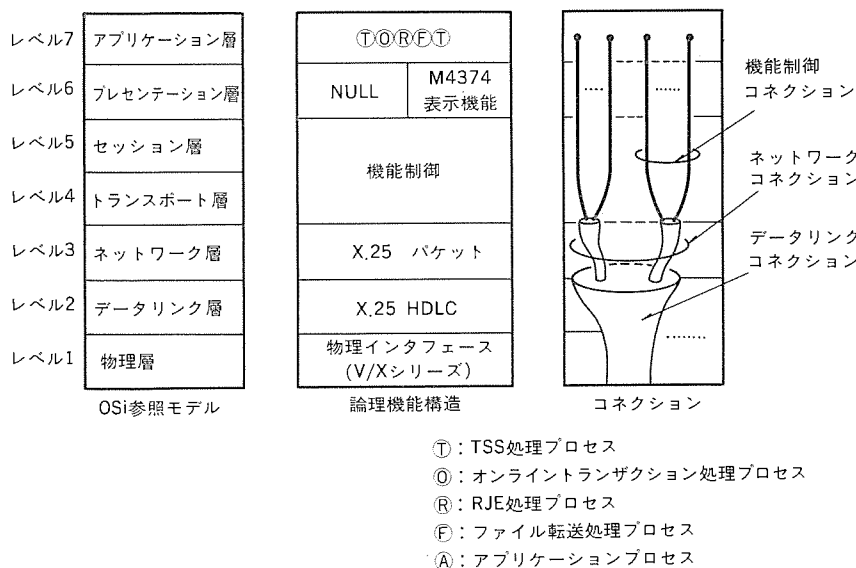


図 2. 論理機能構造とコネクションの関連

がある。

4. 適用ネットワークシステム例

(1) 広域網 ネットワークシステム

図 1. に示すように当社計算機・端末間を伝送量や通信料金などを考えて、DDX パケット 網と特定回線を経済的に使い分けた広域網ネットワークシステム が構築できる。ネットワーク 開発 プログラムは、利用する網や回線に依存しないので開発 ソフトウェア の削減が図られる。

(2) 構内網 ネットワークシステム

構内網 システム としては、当社の《MELNET シリーズ》を LAN の規模により使い分けることで、経済的な拡張性のある ネットワークシステム が構築できる。図 1. は低速で安価な バス 形 LAN 《MELNET B-10》と高速な リング 型 LAN 《MELNET R-32》を使い分けた階層的な大規模 ネットワークシステム である。《MELNET シリーズ》への接続モードは、X. 25 パケットインタフェースである。各々の《MELNET》に接続された計算機・端末間のアクセスは、X. 25 パケット 制御手順での呼設定機能を使用することにより、《MELNET B-10》内、《MELNET R-32》内及び相互 LAN 内のアクセスが可能である。

(3) 広域網と構内網を相互に接続する ネットワークシステム

図 1. に DDX パケット 網と《MELNET R-32》を ゲートウェアプロセッサ で結合した ネットワークシステム を示す。

図 1. で例えば《MELNET》や DDX-P 網に接続されたオフィスターミナル (M 5000) から通信相手 (EX シリーズ, M 80 シリーズ など) を X. 25 のパケット 制御手順で規定する呼設定を行うことにより、自由に通信ができ、計算機・端末の有効利用が図られる。

5. 実現方式

各機種ごとの パケットインタフェース 仕様を表 2. に示す。

5.1 《MELCOM EX シリーズ》

(1) ハードウェア 構成

MNA-P に加入する場合のシステム 構成を図 3. に示す。通信制御処理装置 (NCC : Network Communication Controller) はホスト 計算機 にブロックマルチプレクサチャネル (BCH) 又は バイトマルチプレクサチャネル (MCH) で接続された フロントエンドプロセッサ である。1 台の NCC で、BSC など ベーシック 手順では最大 32 回線サポートするが、パケット 物理回線は最大 16 までサポートしている。

(2) ソフトウェア 構成

図 3. に示すように、データリンク 層、ネットワーク 層までが NCC 上 ネットワーク 制御 プログラム (NCP : Network Control Program) で実現され、機能制御層はホスト 上の仮想通信 アクセス法 (MNA/VTAM : MNA/Virtual Telecommunications Access Method) 内で実現されている。

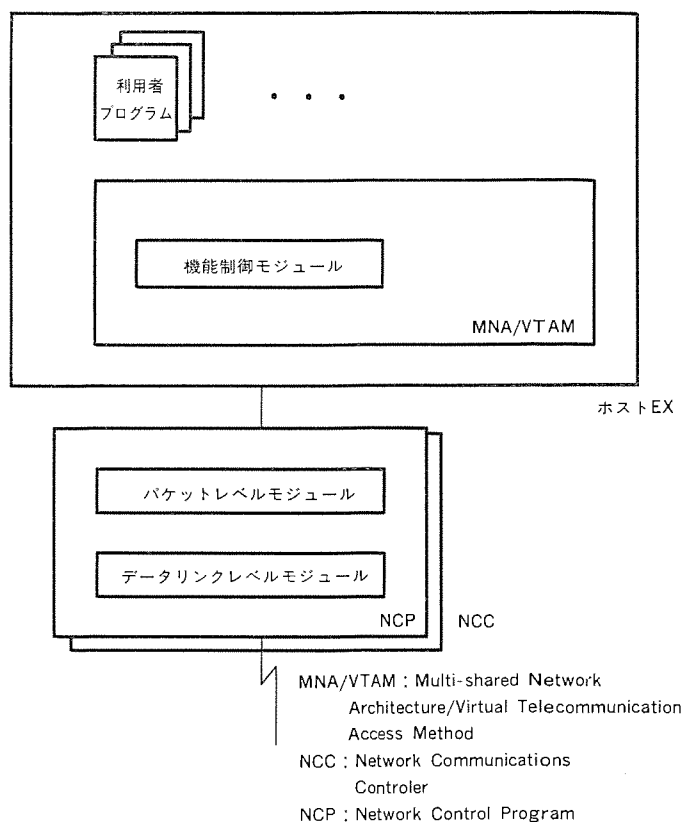


図 3. 《MELCOM EX シリーズ》のシステム構成

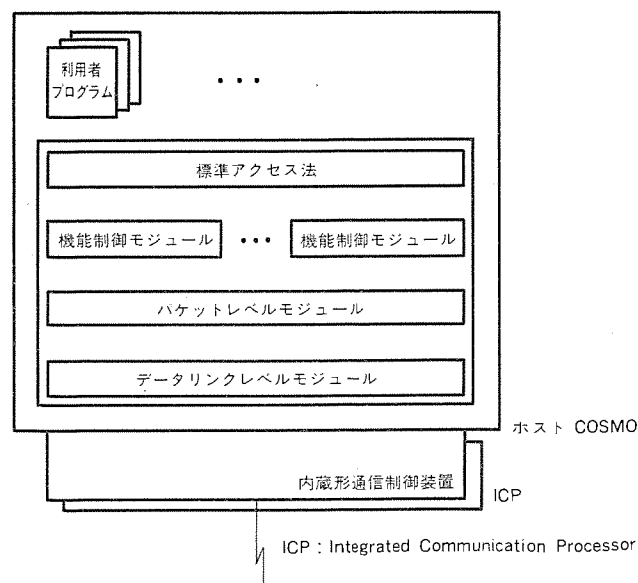


図 4. 《MELCOM-COSMO シリーズ》のシステム構成

表 2. 機種ごとの パケットインタフェース仕様

| | EX シリーズ | COSMO シリーズ | M 80 シリーズ | M 70 シリーズ | M 5000 シリーズ |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 通 信 速 度 (bps) | 2,400/4,800 9,600/48,000 | 2,400/4,800 9,600/48,000 | 2,400/4,800 9,600/48,000 | 2,400/4,800 9,600/48,000 | 2,400/4,800 9,600 |
| 最 大 物 理 回 線 数 | 16 本/NCC | 50 本 | 2~16* | 4~8* | 2 |
| 最 大 パ ケ ッ ト 多 重 数 (論理チャネル) | 255 | 64 | 32 | 64~4,096* | 2 |

注 *印シリーズ内のモデルによってサポート数が異なる

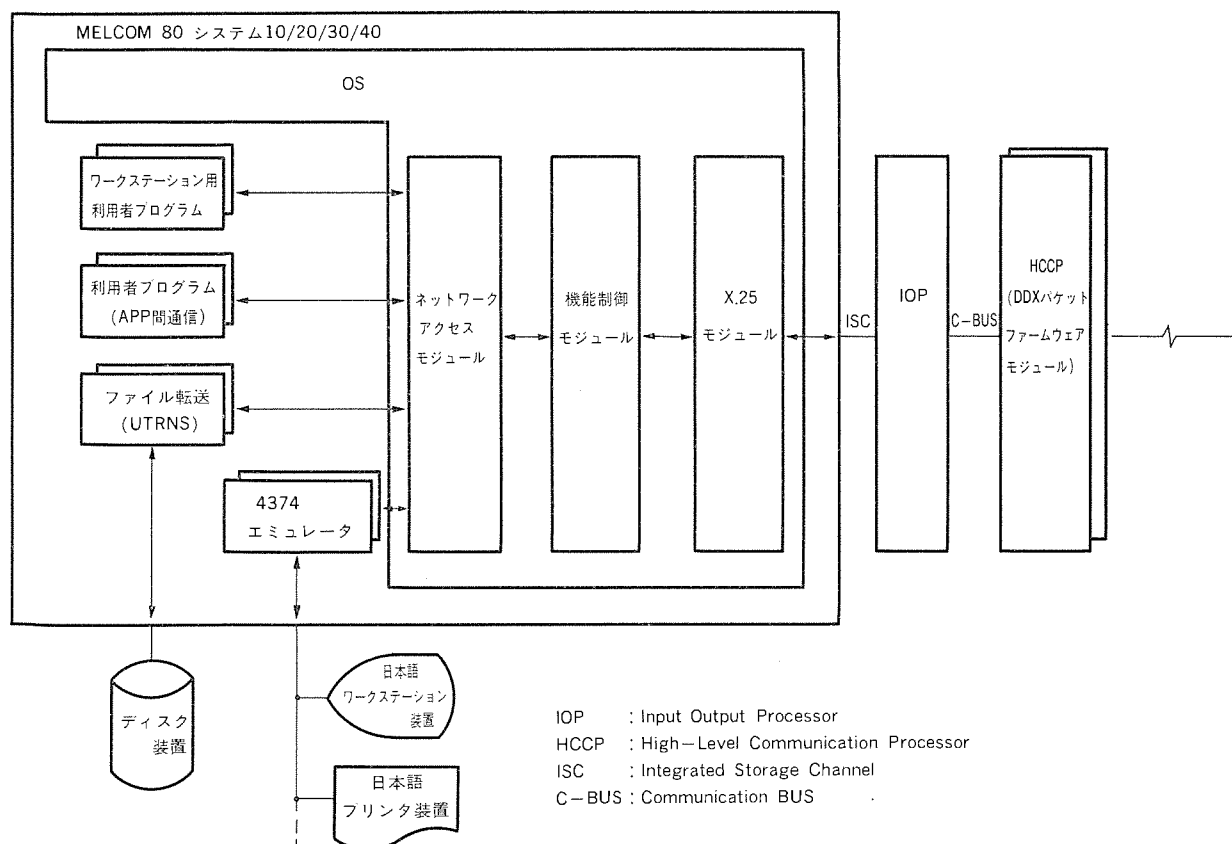


図 5. 《MELCOM 80 シリーズ》のシステム構成

(3) 特 長

次の三つの特長がある。

- (a) ネットワーク層までをNCPで実現することによって、ホストの負荷を軽減している。
- (b) NCPでの実現に際し、X.25(80年版)もサポートされているため、DDX-P(80年版)にも、そのまま加入できる。
- (c) MNA/VTAMで利用者プログラムインタフェースは踏襲されているため、従来のBSC用利用者プログラムをそのまま使うことができる。

5.2 《MELCOM-COSMO シリーズ》

(1) ハードウェア構成

システム構成を図4.に示す。通信制御装置(ICP: Integrated Communication Processor)はホスト内蔵形であり、小規模でもコスト/パフォーマンスの高いネットワークシステムを構築できる。1台のICPにはBSCなどのベーシック手順回線を最大50までサポートしている。しかしパケット物理回線では最大25回線までサポートしている。ICPはシステム規模に応じて、最大4台までホストに接続できる。ICPではHDLCフレーム同期の確立、「0」ビットの挿入・削除処理を行い、それ以外はソフトウェアで実現している。

(2) ソフトウェア構成

図4.に示すように、各層をソフトウェアで実現している。機能制御層までをモニタ内部で実現し、利用者プログラムには標準アクセス法によるインタフェースを提供している。

(3) 特 長

- (a) 実現に際し、X.25(80年版)もサポートしているため、パラメータを変えることによって、そのままDDX-P(80年版)に加入できる。

- (b) 利用者プログラムとのインタフェースを標準アクセス法で踏襲しているため、オンラインプログラムに加え、RJEプログラムも、従来、ベーシック手順用の利用者プログラムをそのまま利用できる。

- (c) M4374エミュレータプログラムを用い、端末機能をサポートしている。これによって、例えば《MELCOM-COSMOシリーズ》から、《MELCOM EXシリーズ》のTSS機能、トランザクション機能を利用することができる。

5.3 《MELCOM 80 シリーズ》

(1) ハードウェア構成

《MELCOM 80シリーズ》がMNA-Pに加入する場合のシステム構成を図5.に示す。通信制御処理装置(HCCP)は本体の入出力処理装置(IOP)に通信バス(C-BUS)経由で接続される。

(2) ソフトウェア構成

HCCP内で、データリンク層、及びネットワーク層の一部を実現している。X.25モジュールはHCCPと連動して、X.25パケット制御手順を実現している。機能制御モジュールとネットワークアクセスモジュールによって、アプリケーションに通信相手プロセスとの機能制御コネクションを提供している。

(3) 特 長

- (a) 《MELCOM 80シリーズ》はMNA-Pにホストとしても、またM4374エミュレータにより端末としても加入できる。
- (b) 《MELCOM 80シリーズ》に接続された端末では、そのメニュー、ターミナル及びコンソール画面を直接利用できる。
- (c) ネットワークアクセスモジュールで従来のアプリケーションとのインタフェースを合わせているため、既存のBSC用ユーティリティ、アプリケーションをそのまま使用できる。
- (d) HCCPによるフロントエンド処理、モジュールのOS内への組込みにより処理性能の向上を図っている。

5.4 《MELCOM 70 MX/3000 シリーズ》

(1) ハードウェア 構成

CIOP チャンネル 下の BT 332 ハイレベル 通信制御装置 を介して パケット 交換網と接続される。BT 332 は X. 25 の LAP-B を実現する フロント エンドプロセッサ である (図 6.)。

(2) ソフトウェア 構成

ネットワーク 層以上の レベル は ホスト で行う。MNA-P 高位 プログラム が 機能制御層を管理する。

(3) 特 長

(a) CCITT 勧告 X. 25(80 年版)をサポートしているため DDX-P (80 年版) にも、そのまま加入することができる。

(b) データリンクレベル へは スーパーバイザ を介することによって、パケットレベル には PKTAM を介することによって、各々直接 アクセス することができる。このため、様々な層の管理・制御ができる。また、他の様々な網へ柔軟な対応ができる。

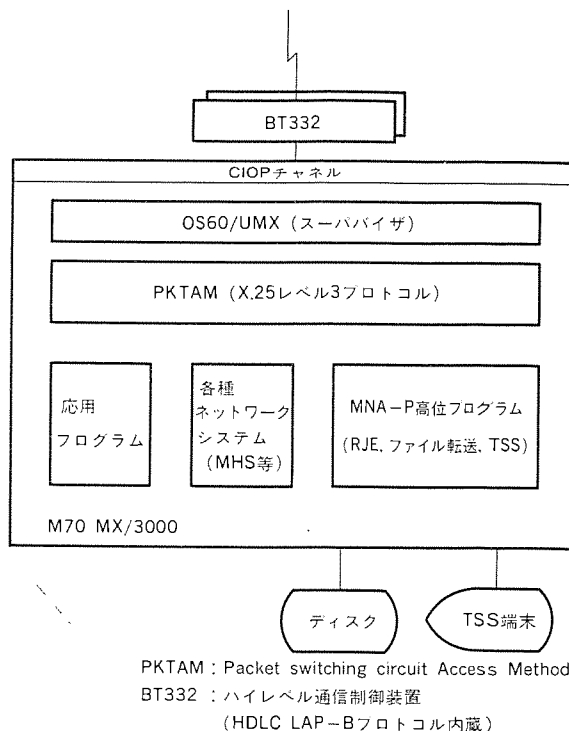


図 6. 《MELCOM 70 MX/3000 シリーズ》のシステム 構成

5.5 オフィスターミナル M 5000 シリーズ

(1) ハードウェア 構成

オフィスターミナル M 5000 シリーズ の MNA-P 加入時の システム 構成を 図 7. に示す。この システム のために特別な ハードウェア を必要とせず、基本構成のまま実現している。

(2) ソフトウェア 構成

通信制御装置 CCU では《MELCOM 80 シリーズ》の HCCP 同様、データリンク 層と ネットワーク 層の一部を実現している。X. 25 モジュール は CCU と連動して、ネットワーク 層を実現し、機能制御 モジュール に対し一つの論理 チャンネル を割り当てている。更に機能制御 モジュール はその論理 チャンネル を複数の論理 パス に分割し、各々 CRT, プリンタ, アプリケーション 関連 プログラム に割り当てている。

(3) 特 長

(a) CCU のフロントエンド処理により、CPU の負荷を軽減し、処理性能を向上している。また全二重回線なので、従来の BSC-P 手順より大きく性能向上が図れる。

(b) 利用者プログラムとのインタフェースを踏襲しているため、既存の BSC-P 用利用者プログラムがそのまま使用できる。

(c) OS の機能を利用することによって、1 台のワークステーションで、MNA-P の端末機能とワードプロセッサなどの OA ソフトウェアとの同時使用が可能である。

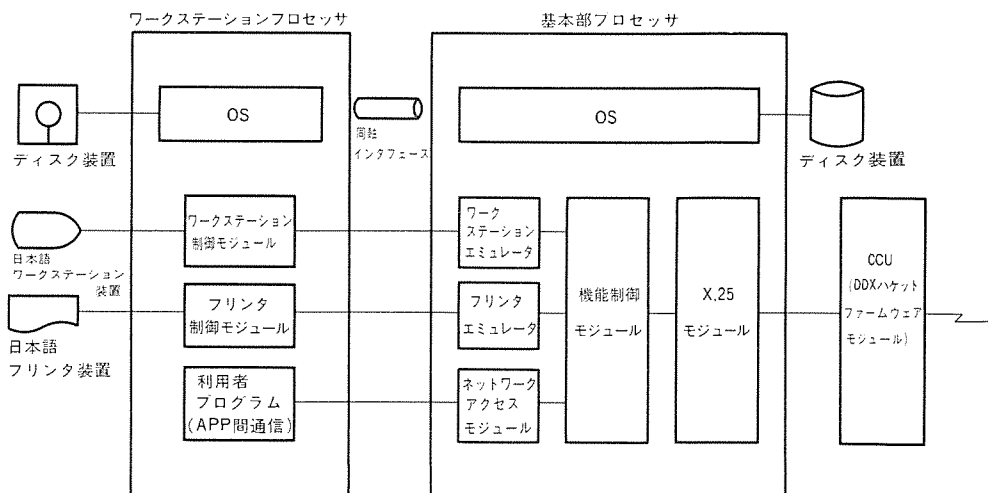


図 7. オフィスターミナル M 5000 シリーズのシステム 構成

6. む す び

以上、《MELCOM シリーズ》の各機種を X. 25 パケット制御手順で、広域網及び構内網を統合化したパケットネットワークシステムについて紹介した。今後は、このネットワークシステムに国内外のネットワーク標準仕様やマルチメディア情報処理などを取り入れ、より一層高度情報社会に対応できるネットワークシステム製品の実現に努めていく所存である。

超音波探触子装置 (特許 第1198776号)

発明者 増田比登司

超音波を用いて被検材を検査する場合、水を超音波の媒体として探触子と被検材の間に流して探傷するが、この水が探傷後も被検材についていると問題である。

すなわち、多くの被検材は鉄鋼製品であるため探傷後に水が被検材に付いていると錆の発生原因となる。

また、表面波探傷においては探触子と被検材の間から流出した水が広がると、その水に超音波が伝播し、減衰が大きくなって探傷の妨げになる。

そのため従来においては探触子と被検材の間から流出した水に空気を吹きつけて被検材上に散らしていたが、完全に除去できず探傷作業後にふき取っていた。

図1、図2はこの発明による超音波探触子装置の一実施例を示すもので、その特徴とするところは被検材に接触するシュー(3)と探触子(2)との間に吸水体(7)を設けるとともに、その吸水体(7)で吸い取った探触子(2)と被検材(8)との間の水を探触子の被検材との対向面を除く3面を覆うハウジング(1)と探触子(2)との間に設けられ、かつ吸水体(7)

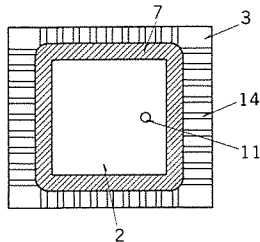


図1

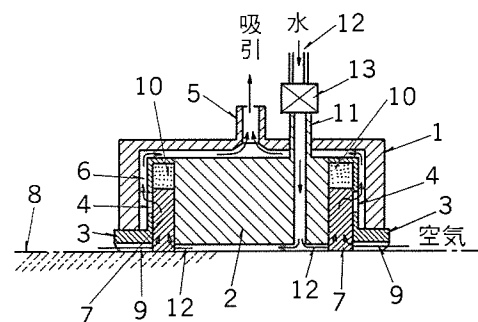


図2

とは孔(4)を介して連通する第1の流水路を通して探触子装置外に吸引除去するようにした点にあり、超音波媒体として第2の流水路(11)を通して探触子(2)と被検材(8)との間に流した水を探傷しながら除去することができる。

したがって、この発明の超音波探触子装置によれば探傷後に水をふき取る手間がかからず、しかも水が残らないので錆の発生を防ぐことができる。

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 59 No. 12 周辺端末特集

特集論文

- 周辺端末装置の動向
- MF 353 A/MF 353 AF 形マイクロフレキシブルディスク装置
- 薄形5.25 インチ高速・大容量固定ディスク装置
- 薄膜ヘッド搭載8インチ固定磁気ディスク装置
- 三菱サーマルカラーラインプリンタ G 500
- オフィスターミナル M 5000 の統合オフィスシステム《MEL LINK》
- 高機能ワークステーション

- パソコン《MULTI 16》用三菱ビデオテックスアダプタ VA 50

普通論文

- 香港上海銀行納めガスタービン発電モジュール
- KDD 向けマルチメディア国際メッセージ通信処理システム (MHS)
- バス形ローカルエリアネットワーク《MELNET B 10》
- デジタル静止画端末

三菱電機技報編集委員

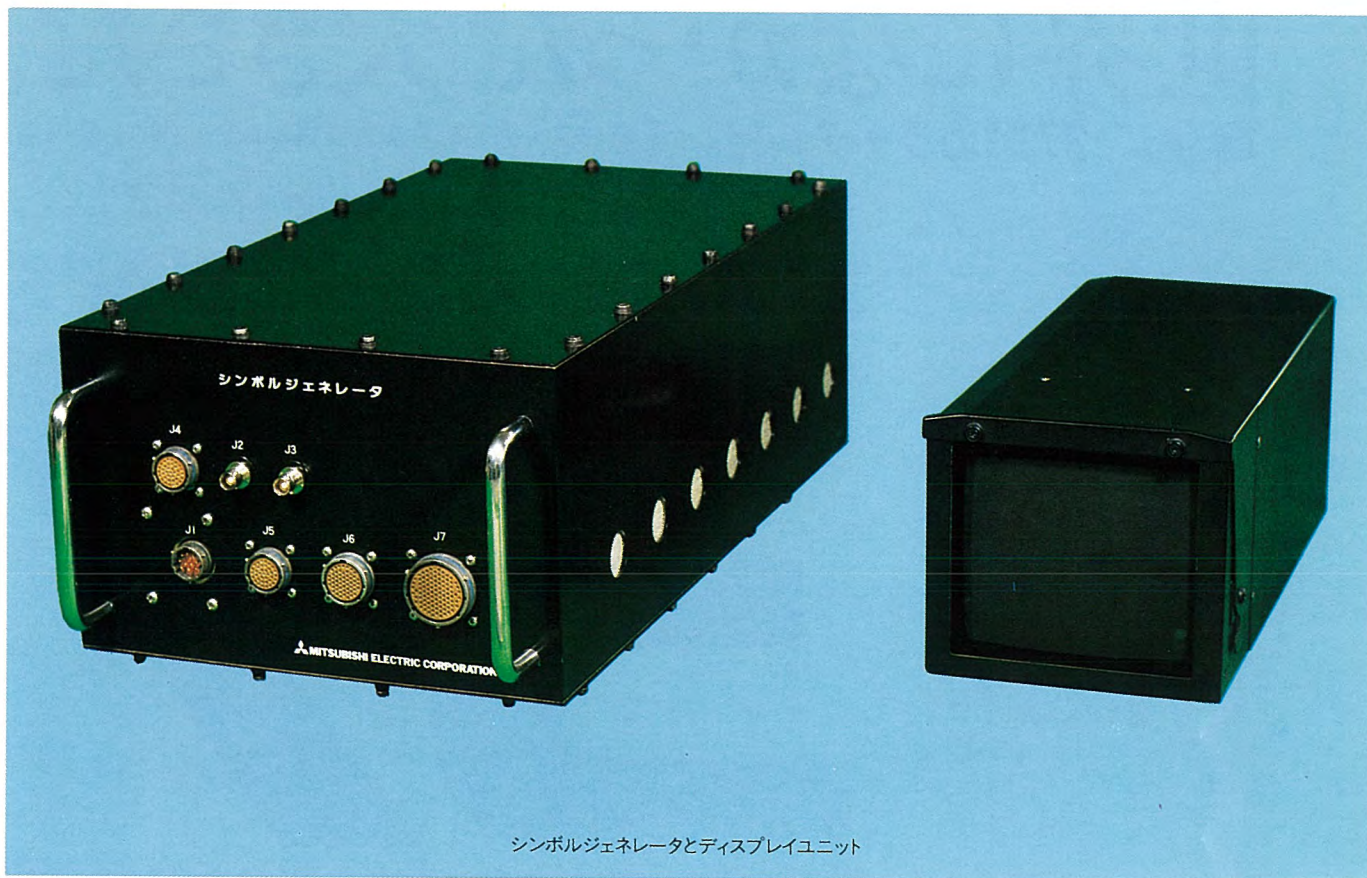
委員長 村上卓彌
委員 峯松雅登
" 翠川 祐
" 三迫弘明
" 高橋宏次
" 藤井 学
" 三輪 進
" 郷 鉄夫
" 的場 徹
" 杉岡八十一
" 木戸一之
幹事 岡田俊介
11号特集担当 前田 暲

三菱電機技報 59 巻 11 号

(無断転載を禁ず)

昭和60年11月22日 印刷
昭和60年11月25日 発行

編集兼発行人 岡田 俊 介
印刷所 東京都新宿区榎町7
大日本印刷株式会社
発行所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100)
三菱電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)



シンボルジェネレータとディスプレイユニット

カラーCRTディスプレイ採用のコックピットは、ボーイング社あるいはエアバス社の最新鋭機にはじまり、最近では、小型機、ヘリコプタなどにも一般化してきています。三菱電機では、昭和57年度より3年間にわたり、(財)日本航空機開発協会の事業のひとつとして、統合化カラーディスプレイの技術開発を実施しました。

特長

- 従来の電気機械式飛行計器（姿勢方位、水平位置指示器）等の表示をCRT画面上で行うことができます。
- 省電力・軽量化を達成しました。
- 故障時のシステム自動再構築（リコンフィギュレーション）機能を有しています。
- 構成：シンボルジェネレータ

一機当たり5/3台〔基本/発展型〕

ディスプレイユニット

一機当たり6台

仕様

| 項目 | ディスプレイユニット | シンボルジェネレータ |
|-------------------|--|--|
| 寸法(inch) H×W×L | 5.5×6.0×16.0 | 7.6×6.2×12.5〔基本型〕 7.6×7.5×12.5〔発展型〕 |
| 重量 〔Kg〕 | 8.3以下 | 8.8以下〔基本型〕 11.0以下〔発展型〕 |
| 消費電力 〔W〕 | 88.2以下 | 106以下〔基本型〕 119以下〔発展型〕 |
| 機能 | シャドウマスク型CRTによる色識別を配慮したカラーの表示 | データベースとの接続によるADI、HSI、エンジン/システムステータス等のモード演算表示処理 |
| 性能 | 輝度：100ft-L以上（白ピーク） 色識別インデックス：1.0以上 （8,000ft-cdの環境にて） | CPU：16bit RAM：32Kbyte ROM：96Kbyte Interface：MIL-STD-1553B |



ADI表示例