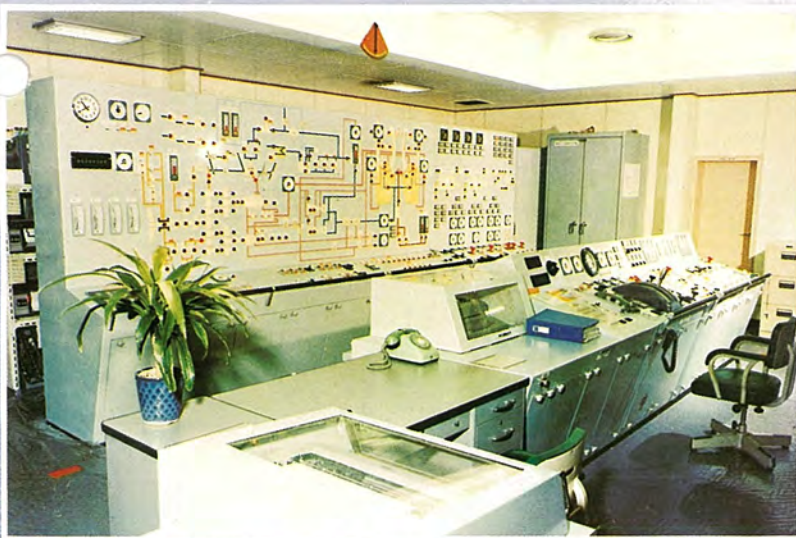


MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.47 August 1973
電子計算機応用システム特集

8

超自動化タービタンカー 鳥取丸





電子計算機応用システム特集

目次

《特集論文》

巻頭言 電子計算機応用システム特集号の発刊に際して	嶋村和也	807
タービタンカの計算機制御システム	富永隆弘・原口 聡・米山浩一・桂木義夫	808
立体自動倉庫の計算機制御	茶谷三郎	815
火力発電所計算機制御の動向	吉年 一・千葉 正・小野勝弘	823
鉄鋼プラントにおけるマイクロ コントローラ MELMIC の応用	山下弘雄・山本 修	829
三菱工作機械群管理システム	俵口久元・八杉征晴・飯田秀正・山白康太郎	835
造船工業における自動製図システム	長井 孝・上原 輝	840
最近の計測データ処理システム	桑原 宏・今村長義・小西直行・仁田周一・菅 茂・桜井正良・安藤 久	847
MELCOM 7500 による人工衛星試験装置のソフトウェアとその運用	小泉深吉・荒木一則・磯谷 厚・堀 有二・吉竹成之・阿部 忠	858
国際専用交換システム AUTOMEX	今永宮福・古市靖夫・大村春樹・江塚 昭・坂 和磨・太田 元	864
MELCOM 80 シリーズ電子計算機とその応用	柴谷浩二・竹内康太郎・渡辺義彦・関根 武	872

《普通論文》

パターン処理システム(Ⅳ)—統計的パターン認識の理論—	伊藤貴康・福島正俊・鈴木敬子	881
FD-210 P 形超音波探傷器	大力健市・佐藤春治	893
カラーグラフィカルディスプレイ装置	大川清人・小田勇介・豊留義明・田原 豊	897

《技術講座》

超音波探傷試験法(2)—感度標準試験片—	松山 宏	903
----------------------	------	-----

《新製品紹介》

三菱 AU 75 BM 形ユニットクーラ・MF 形 モータ保護リレー

《ニュースフラッシュ》

関西電力(株)高浜原子力発電所向け920,000 kVA タービン発電機工場試験完了・MELCAP (シーケンサ)によるバーナコントロール装置の完成・国内最大級、栗石土地改良事業所納め 440 kW 4P 高圧浸水式水中モートル完成

《特許と新案》

パルス幅変調装置・位相変調器・線形電子加速器用加速管・電気集塵装置

《表紙》

表紙 1 超自動化タービタンカー鳥取丸

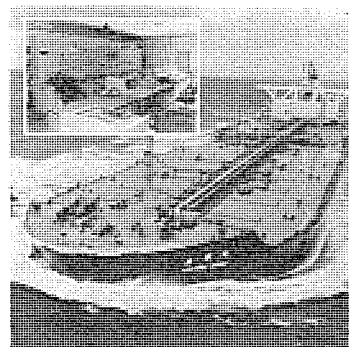
本船は日本郵船株式会社、太平洋海運株式会社共有の載貨重量 237,383 トンの超大形タービタンカーで、三菱重工業(株)長崎造船所で建造され昭和47年9月初旬に引渡された。

本船は、タービン船としては、わが国はじめての電子計算機によるトータル制御システムを採用し、三菱制御用計算機 MELCOM 350-5 S1 台により航法、荷役、タービンプラントの各システムを集中的に時分割多重制御している。就航以來好調にか動を続けており、さる4月上旬には約半年のシステム調整期間を終えて、ソフトウェアの引渡しも完了した。本船は現在、主として日本〜ベルシヤ湾間の原油輸送に従事している。

表紙 2 三菱静止形 CVCF 装置

表紙 3 三菱工作機械数値制御装置

表紙 4 三菱小形電子計算機 MELCOM 80 シリーズ





SPECIAL EDITION : COMPUTER APPLICATION SYSTEM

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Computer Control System for Large Turbine Tanker.....	T. Tominaga • S. Haraguchi • K. Yoneyama • Y. Katsuragi	808
Computer Control on Automatic Warehouses.....	S. Chatani	815
Recent Trend of Fossil Fired Power Plant Computer Control System.....	H. Yoshitoshi • A. Chiba • K. Ono	823
Application of Micro Controller MELMIC for Iron and Steel Plants.....	H. Yamashita • O. Yamamoto	829
Mitsubishi Integrated Numerical Control System.....	H. Hyoguchi • M. Yasugi • H. Iida • K. Yamashiro	835
Automatic Drafting System in Shipbuilding Industry.....	T. Nagai • D. Uehara	840
Automatic Measured Data Processing System with Computers	H. Kuwahara • O. Imamura • N. Konishi • S. Nitta • S. Suge • M. Sakurai • H. Ando	847
Software and Operation of Satellite Check-Out System with MELCOM 7500 Computer	S. Koizumi • K. Araki • A. Isogai • Y. Hanawa • S. Yoshitake • T. Abe	858
Automatic Message Exchange System for Leased Telegraph Circuits	M. Imanaga • Y. Furuichi • H. Ômura • A. Ezuka • K. Ban • H. Ôta	864
New Models of the Office Computer "MELCOM 80 Series" and Their Application	K. Shibatani • K. Takeuchi • Y. Watanabe • T. Sekine	872

TECHNICAL PAPERS

Pattern Processing System (IV) —Theory of Statistical Pattern Recognition—	T. Itô • M. Fukushima • K. Suzuki	881
Ultrasonic Flaw Detectors Type FD-210 P.....	K. Dairiki • H. Satô	893
Color Graphical Display System.....	K. Ôkawa • Y. Oda • Y. Toyodome • Y. Tahara	897

TECHNICAL LECTURE

Calibration Block for Ultrasonic Testing (2).....	H. Matsuyama	903
---	--------------	-----

NEW PRODUCTS.....	908
-------------------	-----

NEWS FLASH.....	910
-----------------	-----

PATENT AND UTILITY MODEL.....	879
-------------------------------	-----

COVER :

Super-Automated Turbine Tanker, "Tottori Maru"

The ship illustrated here is 237,383 tons dw. large turbine tanker, jointly owned by the Nippon Yusen Kabushiki Kaisha and the Pacific Transportation Co., Ltd.. The ship was built in Nagasaki Shipyard of the Mitsubishi Heavy Industries Ltd.. and delivered to the owners in the beginning of Sept., 1972.

This is the first turbine tanker equipped with an electronic computer for total control system in this country. One unit of Mitsubishi control computer is installed for centralized multi-task-processing control to take care of navigation, cargo handling and turbine plant operation. Since the ship entered into service, it has been working successfully, and, upon the finish of a half year's system adjustment period, the delivery of the software was brought to completion. The ship is now engaged in the transport of crude oil from the Persian Gulf to Japan.

UDC 681.142.004:5/6 Others

タービタンカの計算機制御システム

富永隆弘・原口 聡・米山浩一・桂木義夫

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P808～814

海運界では労働力需給のひっ(逼)迫による自動化、省力化の要求に加えて、海上交通のふくそう(輻輳)、船舶の大形高速化にともなう運航の安全性、経済性向上が近年とみにクローズアップし、これら諸問題を制御用電子計算機を導入した、いわゆる“超自動化”により解決策を見出すべく、内外で実船研究が進められている。

このような背景のもとに、このたび三菱重工(株)で完成した超自動化タービタンカ鳥取丸に航法、荷役、タービンプラント各システムを集中制御する MELCOM 350-5S 計算機システムを納入し、期待どおり好調に動いているのでここにその概要を紹介する。

UDC 681.142.004:5/6 Others

三菱工作機械群管理システム

俵口久元・八杉征晴・飯田秀正・山白康太郎

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P835～839

近年、内外の経済状況はますますきびしくなっており、日本における製造工場の生産性の向上は急務になってきている。このため製造工場の総合自動化への核としての工作機械の群管理システムの実用化が注目されてきた。

群管理システムは、従来、数値制御装置による個別の自動化に依存してきた製造工場に対して、計算機を導入することによりこの個々の制御機能を集中、システム化していく方向であり、その背景として計算機の低価格化、計算機応用技術の進歩に負うところが大きい。ここでは、最近、当社が三菱重工(株)と共同開発した三菱群管理システムについて紹介している。

UDC 681.323:62-52:658.78

立体自動倉庫の計算機制御

茶谷三郎

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P815～822

物流システムの合理化・省力化は、自動倉庫を軸として展開されつつある。立体倉庫が世の中に現われた当時は、スタッカ クレーンにオペレータが乗り手動操作で、倉庫を運営してきた。

最近、クレーンの自動運転に在庫管理を組み合わせた形で制御用計算機が導入され、さらに、上位の計算機とオンラインで情報交信をおこなうシステム、クレーン制御の一部を計算機に置きかえ、直接ディジタル制御をおこなうシステムが出現し、階層化が普及しつつある。

当社は、自動倉庫分野でも、計算機制御の新しい実績を作りつつあり、計算機の一般的な役割について概説する。

UDC 681.323:744.4:629.12

造船工業における自動製図システム

長井 孝・上原 乃

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P840～846

我が国の造船界では、最近の船舶の超大化と深刻な労働力の不足とにはばまれて、生産の合理化に精力的に取り組んできている。

三菱重工(株)長崎造船所では、最新鋭の造船所である香焼工場の建設に際して数多くの新技術を導入したが、その一つとして当社の制御用計算機システム、MELCOM 350-30F、数値制御装置MEDAS 5230を採用した自動製図システムを当社と共同開発により完成し、昭和48年1月より本格的な運用を開始しているので、その概要を紹介する。

UDC 621.311.22:681.323

火力発電所計算機制御の動向

吉年 一・千葉 正・小野勝弘

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P823～828

計算機を含めた火力発電所自動化システムは、最近10年間に起動停止の自動化を中心テーマとして進歩してきて、三菱プラントにおいても最近実績が生まれてき、実用期を迎えつつある。

本文ではこの最近の実績の概要を紹介するとともに、このために開発した計算機ソフトウェア(問題向言語) POSMA (POWER STATEMENT MACRO-ASSEMBLER)、MDSS (MELCOM LANGUAGE FOR DDC AND SUPERVISORY CONTROL SYSTEM) について簡単に説明する。

UDC 681.322.02:(53.08+621.317.3)

最近の計測データ処理システム

桑原 宏・今村長義・小西直行・仁田周一

菅 茂・桜井正良・安藤 久

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P847～857

当社の伊丹製作所に設置されて昨年より稼動している計測データ集録・処理システムの概要について述べる。本システムは、計測データの集録方法をはん用性をもたせて標準化し、オフライン計算機処理時にその計測データの読込みを自動化するとともに、計測内容を知らない第三者による処理を可能にすることで、処理内容の変化に対応して演算処理の迅速化を図った。主としてアナログデータレコーダと、処理制御情報を記録するコードジェネレータとからなるデータ集録装置と、その計測データを再生・演算処理する処理システムとから構成される。

UDC 681.142.004:5/6 Others

鉄鋼プラントにおけるマイクロコントローラ MELMIC の応用

山下弘雄・山本 修

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P829～834

近年、鉄鋼プラントの大形化、ライン高速化、製品・品質の向上は著しく、これにともない設備の運転を制御する制御装置は複雑化・高級化している。ここでは鉄鋼プラントの中で主として圧延ラインおよびプロセスラインに適用される自動制御装置に超小形コンピュータ(マイクロコントローラ) MELMICを採用した例を紹介している。まず MELMIC の計算機システムにおける位置を論じ、各種圧延・プロセスラインの制御機能につきどのような機能を MELMIC が分担しているかを述べる。

UDC 681.142.004 Others

MELCOM 7500 による人工衛星試験装置のソフトウェアとその運用

小泉深吉・荒木一則・磯谷 厚・堀 有二・吉竹成之・阿部 忠

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P858～863

宇宙開発事業団に納入された「ETS-1・ISS チェックアウト装置(EICE)」は、昭和48年4月から同事業団で衛星試験のために用いられている。装置の概要については、先に三菱電機技報 Vol. 47 No. 3 衛星通信と宇宙開発特集号で紹介したが、本文では、衛星試験のための計算機ソフトウェアとその運用について記述する。

システムの機能を計算機システム設計の立場から整理し、計算機ならびにそのソフトウェア設計思想を紹介し、合わせて、衛星試験のためのシステム運用について説明する。

UDC 681.142.004:5/6 Others

国際専用交換システムAUTOMEX

今永宮福・古市靖夫・大村春樹・江塚 昭・坂 和磨・太田 元

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P864～871

国際専用交換システムAUTOMEXは、国際電信電話係が国際専用回線利用者を対象にメッセージ交換サービスを提供するために建設されたシステムである。

このAUTOMEXシステムのメッセージ交換用計算機にMELCOM 7500計算機システムが採用され、ソフトウェアの開発を含む建設作業を行ない、昨年12月より試験運用が開始された。

本論文ではAUTOMEXシステムの概要をシステムの機能、ハードウェアの構成、ソフトウェアの構成を中心に述べている。



UDC 681.142.07:53.087

カラーグラフィカル ディスプレイ装置

大川清人・小田勇介・豊留義明・田原 豊

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P897～902

電力・鉄鋼・化学などのプラント制御、または列車制御などにおいて、プロセスが複雑化し、計算機の導入にともない情報量が増大した結果、従来から使用してきた表示パネルが複雑化、かつ大形化して実用上非常に取り扱いにくいものになってきた。このような問題を解決する一手段として、我々はカラーCRTディスプレイ技術を使って、簡易図形を表示することが可能な安価なグラフィックディスプレイを開発した。本装置はミニコンピュータに接続することによって、図形をブロック単位で取り扱うことを可能にしている。各種プラントのダイナミックな表示と制御を可能にするものである。



UDC 681.142.004:65

MELCOM 80シリーズ電子計算機とその応用

柴谷浩二・竹内康太郎・渡辺義彦・関根 武

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P872～877

MELCOM 80シリーズ事務用超小形電子計算機に新しく2機種が登場した。MELCOM 86は基本構成だけで10k語の大容量磁気ディスク記憶装置を持つ、本格的なディスク インライン システムである。またMELCOM 88はICメモリによる演算の高速性とディスクメモリによる大容量データファイルの実現、入出力機器の接続の格段の融通性などにより、パッチビリング、マルチビリング、オンラインシステムなど、多様な処理形態に適合できる。ここでは、これら2機種のハードウェア、ソフトウェアおよびその使用例について紹介している。



UDC 534.8-8:681.89

超音波探傷試験法：(2)

松山 宏

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P903～907

超音波探傷法は、非破壊検査方法の一つである。発見した欠陥の大きさや、欠陥の存在する位置を実際に被試験材料を破壊しないで目視により確認することは不可能である。すなわち検査の結果に対する客観性が得られない。この問題を解決するものに人工的な欠陥をもつ試験片……欠陥の大きさや位置がはっきりわかっている試験片……感度標準試験片がある。

超音波探傷法においては、この感度標準試験片は不可欠のものであり、この探傷法に関係する人々にとって、感度標準試験片に関する知識は、いわば常識的なものでなければならない。本文においては代表的な感度標準試験片の紹介とその使用法を解説する。



UDC 681.3.01:165:519.24

パターン処理システム(Ⅳ)

—統計的パターン認識の理論—

伊藤貴康・福島正俊・鈴木敬子

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P881～892

文字認識・音声認識などパターン認識の研究が現在盛んに行なわれている。しかし、一般にパターン認識と言ってもきわめて多様な側面を含んでおり、統一的なモデルを考えることは一般には不可能と考えられる。通常パターン認識の中には、1)パターンの識別、2)パターンの記述、3)信号の検出、4)パターン概念の構成、といった側面が含まれているが、この論文では筆者の一人(伊藤)を中心に行なってきた統計的パターン認識の理論に関する過去10年間の研究成果を整理し、概説・紹介することを目的としている。なおここで紹介する理論・アルゴリズムは文字・図形認識にいろいろな形で応用されつつあるものである。



UDC 534.8-8:681.89

FD-210 P 形 超音波探傷器

大力健市・佐藤春治

三菱電機技報 Vol.47・No.8・P893～896

大形の船舶や建築物等の各種鋼構造物の安全をささえる一手段として、超音波探傷器による溶接部の非破壊検査が注目されてきた。

FD-210 P 形 超音波探傷器は特に溶接部の探傷用として製作された装置で、すでに数百台の出荷をみているFD-210形の基本性能を生かしつつ次の特長を備えている。

1) 小形軽量(約4.9kg、バッテリー含む)、2) 明るいブラウン管波形(FD-210に比較して約6倍の輝度)、3) cm(s)/bBで校正された距離振幅補償回路(DAC)、付きゲート警報機能を標準装備、4) 操作部はロックレバー付きまたはステップ式ダイヤルのため探傷データの再現性に富む。



電子計算機応用システム特集号の発刊に際して

鎌倉製作所 ソフトウェア技術部長 嶋 村 和 也

電子計算機の出現以来、事務処理の世界はもとより、金属・化学・造船などの各種製造業や、電力・原子力などのエネルギー産業をはじめとし、交通・物流・通信・医療・教育・宇宙開発など、あらゆる分野において、電子計算機のもつ機能を利用して従来のシステムでは得られなかった効果をあげようという不断の努力がはらわれ、人間社会の発展に大きく寄与しつつあります。ここに、最近当社で完成した計算機応用システムの中から特色のあるものを選び、その概要を紹介するとともにあわせて各種応用分野における最近の動向を展望し、今後の発展の資とすべく特集号の発刊を企画いたしました。

現代は情報化社会といわれますが、社会の進歩に伴い計算機応用システムに要求される機能は今後ますます多様化し、制御と情報処理の密接な結合、通信系との結合による広域化、階層構造の積極的導入による高信頼度化、さらにはキャラクタディスプレイ、グラフィックディスプレイあるいはパターン識別装置など各種の新しい端末装置の利用など

によって、よりいっそう高度の、しかもマンマシンインタフェースのより円滑な自動化システムの実現が図られるものと思われます。

優れた応用システムを完成させるためには、電子計算機のハードウェア、ソフトウェアに関する高度の技術が必要であることはもちろんありますが、一つの有機的なシステムにまとめあげていくいわゆるシステム技術もまた重要な要素であります。当社としましてはこれら将来の方向に沿ってよりよいシステムを社会に提供すべく必要な技術の開発に総力を結集しておりますが、『システムそのものを企画運営されるユーザの方々』との緊密な協力体制なくしては、システム固有の問題点を解決し、目的に完全に適合したシステムを完成させることは不可能であるといっても過言ではありません。

ここに報告されているシステムの完成にあたり、ご協力いただいたユーザの皆様方にこの場をかりて心からお礼申し上げますとともに、今後ともいっそうのご指導をお願いする次第であります。

タービタンカの計算機制御システム

富永 隆弘*・原 口 聡*・米山 浩一*
桂 木 義 夫**

Computer Control System for Large Turbine Tanker

Head Office Takahiro Tominaga・Satoshi Haraguchi・Koichi Yoneyama
Nagasaki Works Yoshio Katsuragi

In the shipping world, the safety in navigation and the elevation of economy have come in the limelight owing to the congestion in the traffic on the sea, and also owing to the tendency of the ships becoming larger and of higher speed in addition to the pressure of labor plus the requirement of automatic operation to save human power. To cope with it, study has been made home and abroad with ships on the sea to find solution for these problems by "Super Automation" adopting process control computer system. Under the circumstances, Mitsubishi Electric has supplied MELCOM 350-5 S computer system for the central control of all the system of navigation, cargo handling and turbine plant operation to the super-automated turbine tanker Tottori-Mar, built by Mitsubishi Heavy Industries. It has been operating with success to the expectation. This paper gives the description of the system in brief.

1. ま え が き

船舶の自動化は、はじめ機関部主体の遠隔操縦・自動監視の形で発達し、すでに船内就労体制の合理化とあいまって、航洋中は機関部の夜間無当直が多くの船で採用されている。

さらに、近年、海上輸送量の増大と船舶の大形高速化にともなう運航・操船上の安全性向上、船内労働力需給のひっ(逼)迫、人件費高騰などに対する船内作業の省力化・環境改善および高能率化による運航経済性の格段の向上が要求されるようになった。

これらの諸問題を近年急速に発達した制御用計算機を導入することによって解決策を求めようとする、いわゆる“超自動化”の研究開発は、つとに運輸省で重要政策として取りあげられ、日本造船研究協会の SR-106 部会に各界より参画して主としてソフトウェアを、日本船用機器開発協会が所要のハードウェア開発を担当して促進され、いっばう、主要海運造船会社でも、いくつかの具体的な実船研究が行なわれつつある。

このような背景のもとに、三菱重工業(株)長崎造船所で建造された日本郵船(株)・太平洋海運(株)の 237,383 トン超大型タンカ“鳥

取丸”に当社の制御用計算機 MELCOM 350-5 S を用いた超自動化システムが採用され、昭和 47 年 9 月完成就航後期待どおりの機能を発揮し順調にか動を続けている。

本システムは航法、荷役、タービプラントシステムおよびベーシック部からなり、個々のサブシステムを有機的に結合した高度の集中制御方式をとっており、時分割多重処理によって、効果的に密度の高い制御を行なっている。また、システム障害時には従来のワイヤードロジックの制御装置へ自動的に、かつ円滑に移行し、プラントおよび航行の安全が確保される。

アプリケーションシステムはプラントの監視警報、表示記録をはじめ、衝突予防レーダ、自動荷役システムや推進用主タービンの DDC など広はん(汎)最新な対象をふくんでいる。

このため、とくにシステム設計については船主、造船所とプロジェクトチームを組んで密接な連携のもとに、早期に研究を開始し、現実の船内運用にマッチしたシステムを確立した。

一方、ハードウェアの中心となる MELCOM 350-5 S 形計算機は陸上プロセス制御用に豊富な実績をもつ MELCOM 350-5 を船用化したものであり、周辺機器も耐環境性を十分吟味して選定し、システムの実用性を高めている。

以下、本制御システムについてその概要を紹介する。

2. 計算機システムのハードウェア

鳥取丸の超自動化(略称 SA)システムの制御用計算機システムは、航法、荷役、タービプラントシステムに分かれていて、それぞれのシステムに関するデータ処理、監視、制御などを 1 台の計算機で行なっている。いわゆる集中制御方式をとったシステムである。船舶運航の中核部の自動化をめざしていながら、計算機システムの二重化を行っていないのは、本システムはタービ船としては初めてのもので、実験的な要素があり、計算機システムのバックアップのため、主要制御対象については従来から用いられているワイヤードロジックの制御装置が完備されているからである。

2.1 計算機システムの構成(図 2.1 参照)

計算機は、陸上のプロセス制御用に数多くの実績をもち、きわめて



図 1.1 海上試運転中の鳥取丸
S. S. Tottori Maru at sea trial.

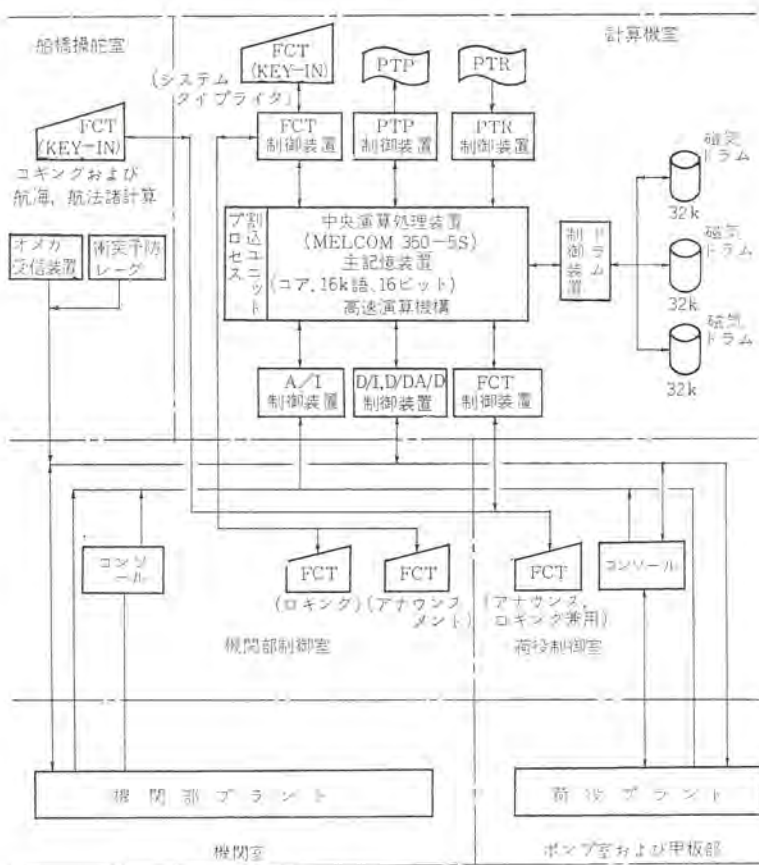


図 2.1 計算機ハードウェアシステム構成図
Block diagram of computer hardware system.

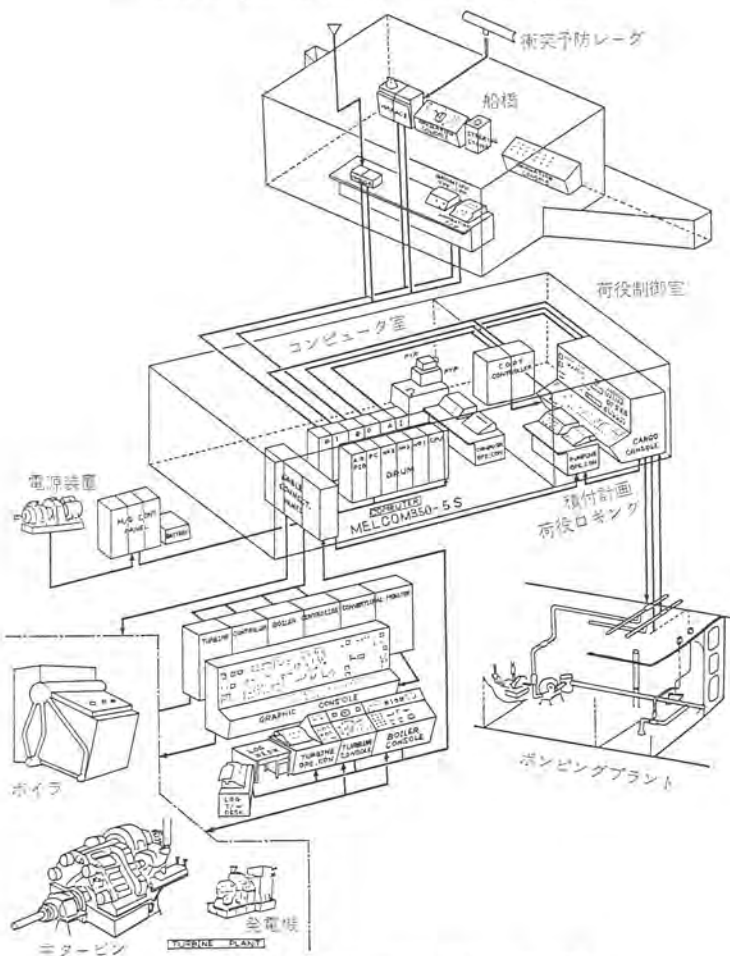


図 2.2 計算機制御システム構成と機器配置
Layout of computer control systems.

評価が高い MELCOM 350-5 を、とくに船用として設計変更して製作した MELCOM 350-5S を用いている。

主コアメモリは 16k 語あり、外部記憶装置として記憶容量 32k 語の磁気ドラム 3 台 (合計 96k 語) が装備されている。

また、航法関係の演算や荷役関係の演算に倍精度 (1 語 = 32 ビット) の演算が必要であり、処理を迅速に行なう必要があることから、高速演算機構を付加している。

システムタイプライタは船内環境を考慮して、固定キャリッジ形のタイプライタ (FCT) を採用している。システムタイプライタ、紙テープリーダ、紙テープパンチャを用いてプログラムメンテナンスが可能な ASR シミュレータもソフトウェアで持っている。

計算機の周辺機器としては、120 字/秒の読取速度をもつ紙テープリーダ 1 台、60 字/秒の穿孔速度をもつ紙テープパンチャ 1 台を持っている。また、アナウンスメント、ロギングメッセージを印字するために、システムタイプライタと同形のタイプライタ 4 台が接続されている。

プロセス入出力装置としては、アナログ入力装置、アナログ出力装置、デジタル入出力装置、パルス入出力装置、割込入力装置が接続されている。

航法、荷役、タービンプラントの各システムと計算機室にそれぞれ 1 台のオペレータコンソール (航法システムだけはパネル) を持ち、各システムごとに独自に運転処理ができるようになっている。

2.2 計算機システムの構成機器

システム構成機器のうち主なものを表 2.1 に示す。

2.3 システム構成機器の設置場所

システム構成機器の設置場所は計算機室、船橋操舵室、荷役制御室、機関制御室および電源室の 5 か所に分かれている。

図 2.2 にシステム構成と機器配置を示す。

(1) 計算機室

中央処理装置、磁気ドラム装置、プロセス入出力制御装置およびユニットなどが 2 列の列置として配置されているほか、SA システムの運転管理用のオペレータコンソールおよびシステムタイプライタがある。周辺機器としては紙テープリーダ、紙テープパンチャがある。また、計算機とプラントを接続するためのケーブル変換盤もここに装備されている。

表 2.1 MELCOM 350-5S 計算機システム機器要目
Summary of type MELCOM 350-5S computer system.

	機 器 名 称	数 量
計算機本体	中央演算処理装置 (CPU)	1 式
	コアメモリ	4 k 語 4 組
	高速演算機構 (HSA)	1 式
	補助メモリ (磁気ドラム)	32 k 語 3 台
周辺機器	固定キャリッジタイプライタ	5 台
	紙テープリーダ	1 台
	紙テープパンチャ	1 台
プロセス入出力	アナログ入力	256 点
	アナログ出力	8 点
	デジタル入力	640 点
	デジタル出力	576 点
	パルス入力	16 点
	パルス出力	8 点
	プロセス割込入力	56 点
コンソール	航法用タイプライタデスク	1 台
	タービンプラントロギングタイプライタ	1 台
	タービンプラント用オペレータコンソール	1 台
	荷役用オペレータコンソール	1 台
	計算機オペレータコンソール	1 台
	無停電電源装置	10 kVA 1 台

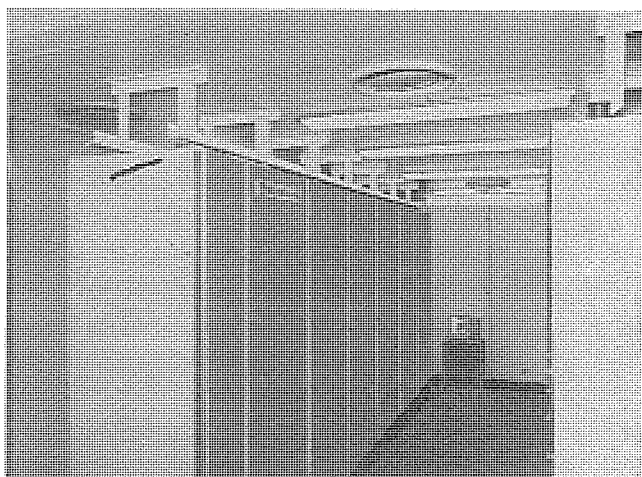


図 2.3 計算機室
Computer room.

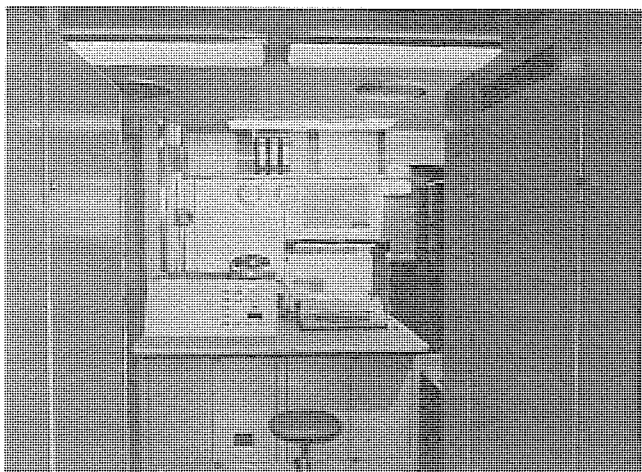


図 2.4 計算機オペレータコンソール
Computer operator console.

(2) 荷役制御室

荷役制御室は、計算機室と隣り合っている。ここには、荷役用のオペレータコンソールとアナウンスメントおよびロギング兼用のタイプライタがある。

(3) 船橋操舵室

船橋操舵室にはキー入力可能なタイプライタ1台とプログラムの実行要請および監視用のパネルがある。マンマシンインタフェースとしてはタイプライタを問答形式で使用している。

(4) 機関制御室

機関制御室にはタービンプラント用オペレータコンソール1台とアナウンスメント用およびロギング用のタイプライタ各1台がある。

2.4 舶用化対策

船舶とう(搭)載用の計算機として十分な耐環境性をもたせるためシステムの計画段階から詳細な検討とテストを繰返した。環境面で陸上と異なる点は、主として船体の動揺、衝撃、主機関とプロペラからの振動、温湿度、塩害などがあげられる。

温湿度に関しては、コンピュータ室に空調設備があるため、耐振性に関して重点をおき、次記の日本海事協会(NK)の自動制御・遠隔制御に関する細則規定によった。

(a) 1~10 Hz までは片振幅 1.5 mm

(b) 10~60 Hz までは片振幅 $150/f^2$ (f は振動数 Hz)

計算機室の周囲条件は、下記の値が保証されている。

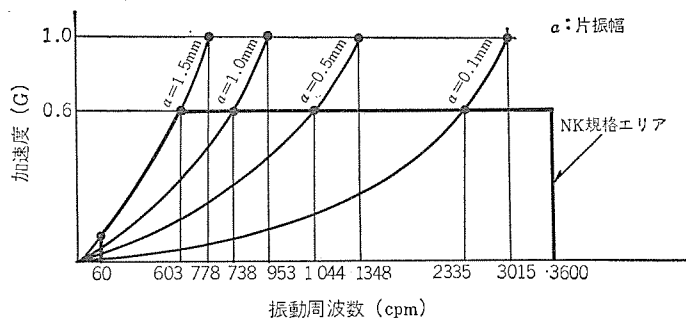


図 2.5 振動試験のパターン
Scope for vibration test.

(a) 温度 $25^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$

(b) 湿度 35~85 %

下記におもな舶用化対策を示す。

(1) コアメモリは、カードタイプで耐環境性をもつ30ミルのコアメモリを開発した。

(2) 磁気ドラムについては軸受グリースの舶用化とともに取付け方法を考慮し、特殊な耐振ゴムを採用した。

(3) 計算機のきょう(筐)体を新設計し、ユニット類の細部は補強した。

(4) システムタイプライタはFCT (IBM 735) を採用した。

(5) モジュール(カード)に関しては、塩害、防じん(塵)対策として、電気リカルシーラーによるコーティングを施し、耐振構造の装備とした。

2.5 テスト

前項にあげた環境条件を目標に検討とテストをくり返した。振動試験は図2.5に示す振動パターンで行ない、温湿度試験は、環境試験用恒温そう(槽)およびビニールハウスで行なった。

最後に5トン積トラックの荷台に、中央処理装置、電源架、磁気ドラム架、IO架を各1架ずつ積載し毎時20kmの速度で120kmの道路走行テストも実施した。記録計によれば最大約1.5gであったが何等不具合はなかった。

このほか温度、湿度試験の結果も規格値を満足する結果が出ている。

3. ソフトウェア

3.1 ソフトウェア概要

SAシステムが対象とするプラントは、多岐にわたり、プラント固有の特殊性を持っている。これらの対象を直接に監視、制御するアプリケーションプログラムも、それぞれ特有の性格をもっている。

本システムでは、計算機側からみて、共通にできる部分は、システムプログラムとして、積極的に共通化したが、プラント側に対しては、前述の分類どおりの3分割にした。

SAソフトウェアの構成は、アプリケーションプログラムとしては、航法関係、荷役関係、タービンプラント関係に分かれており、さらにこれらを統括制御するベーシックプログラムからなっている。

ベーシックプログラムはスーパーバイザ、運転管理、サポートの三つに大別される。ソフトウェアシステム構成を図3.1に、アプリケーションシステムの適用項目と制御レベルを表3.1に示す。

以下の項では、主としてベーシックプログラムについて述べる。

3.2 スーパーバイザ

MELCOM 350-5 S スーパーバイザは、ふくそうして発生するアプリケー

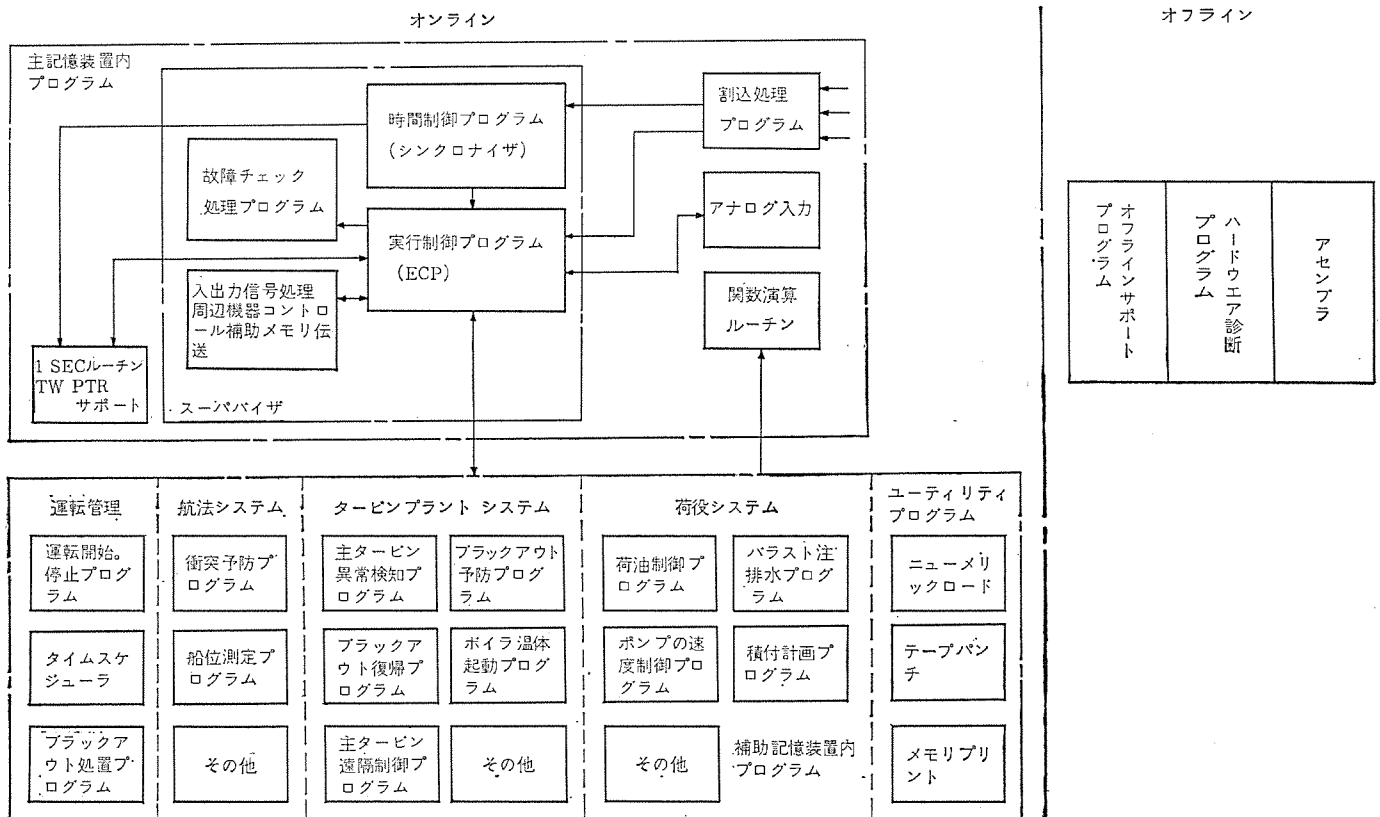


表 3.1 アプリケーション システム と制御 レベル
List of application programs.

	適用 項目	ステップ I	ステップ II	ステップ III A	ステップ III B
航 法	衝突予防レーダ	○	○		
	船位測定	○			
	船法計算	○			
荷 役	自動荷役制御			○	○
	ポンプ制御				
	データロギング	○			
	積付計算	○			
タービンプラント	状態計算	○			
	データロギング	○			
	プラント性能計算	○			
	アラームスキャン		○		
	トリップシーケンス		○		
	主タービン異常検知		○	○(一部)	
	ブラックアウト予防		○	○(一部)	
	同 自動復帰		○		
	ボイラ温体起動		○		
	主タービンの DDC			○	

(注)

- ステップ I ; 自動データ処理
- ステップ II ; ステップ I + 運転監視 (シーケンス モニタリング)
- ステップ III A ; ステップ II + 自動起動停止
- ステップ III B ; ステップ III + 効率制御
- ステップ IV ; 最適化制御

ション プログラム を効率よく実行させるようにとくに設計されたものであり、SA システム の中核となる プログラム である。

スーパーバイザ のおもな機能は :

- (1) アプリケーション プログラム の実行管理
- (2) プロセス 入出力装置の制御
- (3) 周辺入出力機器の制御
- (4) 実時間処理および割込処理

などである。

これらの プログラム の特長を以下に示す。



図 3.2 船 橋 操 舵 室
Wheel house.

(1) プログラムレベル を多レベル 構造にして優先度制御をしている。ベーシックレベル を4レベル としたほか、割込レベル にも2レベル を設けており、レーダデータの入力処理などにおいて、大量の データを実時間でとり込み、処理できるような配慮がなされている。

(2) 複数の プログラム が実行に移るまでの待時間を極力少なくするために プログラム の待避は行なわず優先 レベル ごとに実行領域を割りふって固定化している。さらにスーパーバイザ 関係の各種 テーブル 類をコア 常駐にして利用効率をあげている。

(3) 入出力動作の要求に対しては、待行列を持ち、入出力動作速度が処理速度へ影響を与えることを避けている。

(4) アプリケーション プログラム の作成、デバッグに便利のように、豊富な マクロ 命令を設け、これら プログラム の作成の効率化をはかっている。

(5) タイプライタの入出力については、アプリケーションプログラムから発生する複雑、多種類の要求を、アプリケーションプログラム作成者が、簡単なコーディングシーケンスで使用できるようなタイプライタコントロールシステムを持っている。

マクロ命令としては下記のものがある。

(1) タスクコントロール、磁気ドラム関係

プログラムの実行要請、終了要請、遅延、遅延実行要請、磁気ドラムの読込、書込、プログラムリンクなど7種

(2) プロセス入出力関係

デジタル出力、マトリックス出力、パルス出力など7種

(3) タイプライタ入出力関係

アナウンスメントリクエスト、ロギングリクエストなど3種

(4) 演算関係

倍精度の加減乗除算、シフトなど12種

(5) 関数関係

正弦、余弦、逆正接、自然対数、平方根など(倍精度)7種

(6) はん用のもの

BCDコードバイナリコード変換など18種

(7) 特殊なもの

日付計算など2種

タイプライタ関係は、アナウンスメント、ロギング、タイプラインの3種の使い方をし、その間で、優先度制御をしている。

3.3 運転管理プログラム

運転管理プログラムは、SAシステムの運転開始処理、運転停止処理、障害処理および障害発生時に、アプリケーションプログラムとインタフェースを持つプログラムである。

3.3.1 運転開始、停止処理

SAシステムでは、システムの運転開始および停止処理を簡単に行なうことができるように、専用のオペレータコンソールを持っている。これらの操作は、オペレータコンソールとシステムタイプライタによって構成されているマンマシンコミュニケーションシステムによって行なうようになっている。

たとえば、運転開始操作では、時刻(船内時刻、グリニッチ標準時刻)の入力、システムの運用状況の入力、チェックサムの正否入力、日付け入力などを会話形式で行なうわけである。これらの会話を通して、システム運転開始に必要なデータを整え、さらに処理して、アプリケーションプログラムの運転に必要な諸種の初期化を行なう。すべての処理が終了すると、アプリケーションプログラムは、各プログラムごとに、それぞれのオペレータコンソールから、運転開始を行なうことができる。

運転停止操作では、アプリケーションプログラムにとって重要なデータを磁気ドラムに退避した後、運転が停止される。運転再開時点で、重要データは回復される。

3.3.2 障害処理

(1) バックアップシステム

計算機、検出端、などに万一故障が発生したとき、対象プラントによっては大事に至ることがある。

したがって、障害が発生したときは、計算機による制御を切離して、在来の制御装置に自動的に切り換え、制御を継続できるようにになっている。この場合、障害の軽重によって、その後の処置が異なってくる。

(2) 障害処理の例

軽故障の場合は、システムダウンとはせずに、再試行あるいは、代替

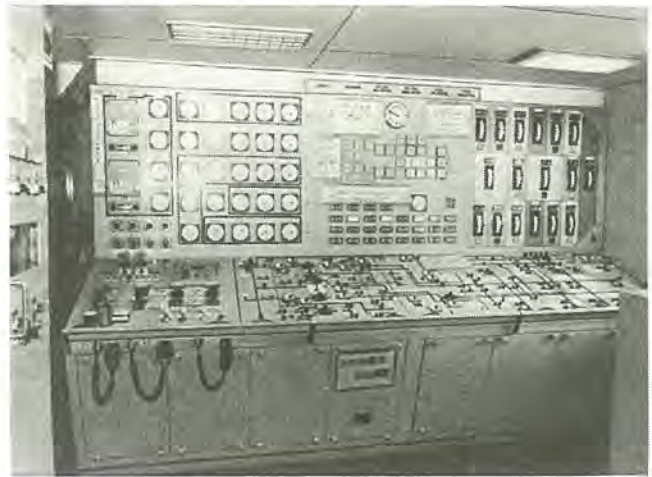


図 3.3 荷役制御盤
Cargo valve control console.

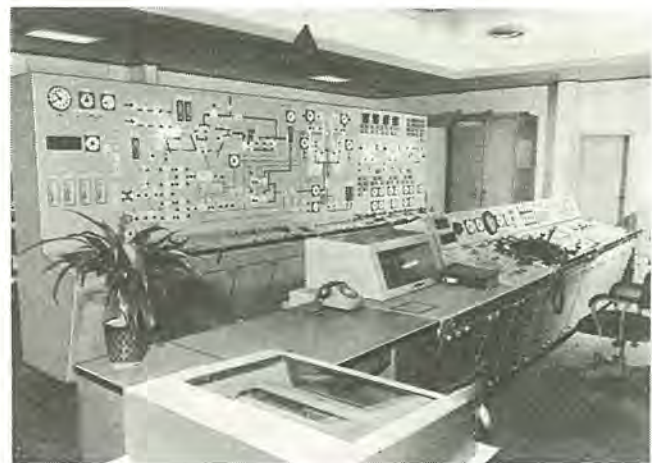


図 3.4 機関制御室
Engine control room.

デバイスがあれば自動的に代替デバイスに切替わる。自動的に再試行を行なう場合(磁気ドラムなど)もある。

重故障の場合は、もちろんシステムダウンであるが、たとえば、アナログ入力装置の故障などの場合は、アナログ入力装置を使用していない航法関係プログラムだけが生きているという状態もある。

磁気ドラム単体の障害の場合などでは、アプリケーションプログラムをグループわけして、磁気ドラムに収納しているので、たとえば、荷役システムだけ停止させて運転するといった状態もあり得るであろう。

このように、一部の障害が、他の正常なサブシステムと、とも倒れにならないように配慮している。

3.4 サポートプログラム

SAシステムは、船舶をトータルシステムとして捉えた自動化を目的としている最初のシステムであり、対象とするプラント特性についても、一部実験的な要素もあった。そのためにアプリケーションプログラムの作成、デバッグ、シミュレーション、船舶へのとう載後のテストなど各段階において、作業を効率よく行なうためには、サポートプログラムを充実させることが、結果として、システムの完成を早めると考えた。

主なサポートプログラムは次のとおりである。

- (1) ユーティリティプログラム(オフライン)
- (2) ユーティリティプログラム(オンライン)
- (3) ファンクションコントロール
- (4) ロードエグゼクティブプログラム

- (5) テストデータロギング
- (6) デバッグシステム
- (7) アドレスサーチ
- (8) アセンブラ

上記プログラム、システムのうち(1)、(8)項を除けば、いずれも、スーパーバイザの管理下で実行されるように作成されている。この計画は結果的にみても、非常に有効であった。

4. 従来自動化機器との関係

4.1 インタフェース

本システムがとう載された鳥取丸は、経済性を重視する最新鋭タービタンカであり、計算機とう載によっていささかも、その運航に支障のないことが要求された。一方、本システムは初めてのシステムであり、実験的意味も強いので、計算機が停止することを考慮しておく必要がある。これらのことより計算機制御の対象には、実績のある従来機器をバックアップとして設け、万一計算機側に不具合を生じても、本船の運航性能は従来の水準が保たれるようにしている。この目的のため、計算機と従来機器が有機的なつながりを持つよう各種の障害予防、計算機故障時の対策として、インタフェースに以下の考慮を払っている。

(1) モードスイッチ

制御のモードとして、計算機/マニュアルの二つを設けた。計算機モードのときには、従来機器からの出力がカットされ、計算機からの出力により制御される。マニュアルモードのときには、計算機からの出力がカットされ、従来機器からの出力により制御される。

このモードは人為的に選択できるが、計算機障害の信号により自動的にマニュアルモードに切換わり、その障害が回復しないかぎり計算機モードへ切替えることはできない。

(2) フリーズ信号

計算機運転停止指令、障害信号、それにブラックアウトの信号によりフリーズリレーを動作させ、このリレーの接点により計算機の入出力ラインをカットする。

また、このフリーズ信号は、前述のモードスイッチのインタロックとしても使用されている。

(3) プログラムラン信号

重要な制御プログラムは、自らが走っていることを示すプログラムラン信号を出力する。このプログラムラン信号を前述のモードスイッチのインタロック条件に入れて、他のプログラムによる誤出力対策とした。

上記(1)、(2)、(3)項をまとめた、障害対策の概念図を図4.1に示す。

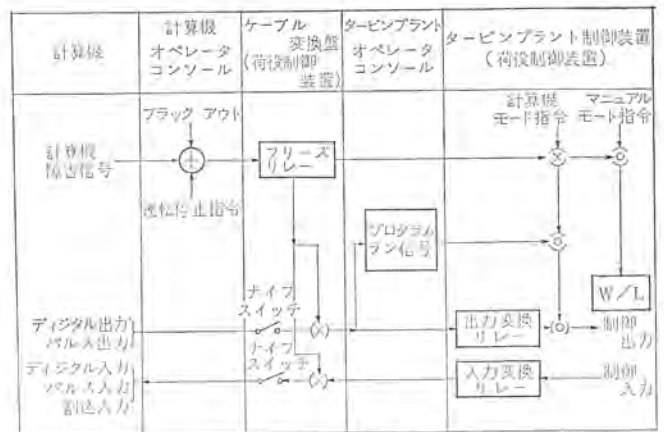
(4) バンプレス制御

計算機/マニュアルモードのある制御対象は、バンプレス制御となるように考慮した。すなわち、デジタル出力はモーメンタリ形を使用し、アナログ出力はパルス幅出力を使用した。これにより計算機、従来機器間の切換は動揺なく、円滑に行なわれている。

なお、バンプレス制御を必要としない部分には、ラッチ形デジタル出力や電流形アナログ出力を使用している。この場合、計算機障害信号で、制御が安全側に動作するように考慮している。

(5) ノイズ対策

AC 100 V 以上、コイル電流 0.5 A 以上、ラッシュ 5 A 以上のいずれかに該当するリレーの接点を、デジタル入力や割込入力として用いる場合は、DC リレー(コイル電圧 DC 24 V)に変換している。またデ



(注) (a)：インタロック信号があると回路が閉じる
(b)：インタロック信号があると回路が切れる

図 4.1 計算機障害処理概念図
Flow chart of transfer operation after computer failure.

ジタル出力は 150 V, 1 A, 100 VA のいずれかを越える回路に使用されるとき、DC リレーに変換している。また変換リレーのように計算機の入出力に直接接続されるリレーには、実験で確認したノイズキラーを付加しノイズによる誤動作を防止している。その他、アースのとりかた、信号線と電力線の分離、シールド線の使用など、配線についても検討を加えて対策を実施した。

4.2 計算機導入のため新しく設けた装置

(1) ケーブル変換盤

主としてタービンプラントと、計算機との間の信号ケーブル処理のために設けたパネルである。計算機の端子はデジタル入力、デジタル出力、割込入力などと信号の種類ごとにまとめられ、各グループ内では入出力番号の順に並んでいる。一方、プラント側からの信号ケーブルはその制御対象ごとにまとめられ、一本のケーブルに数種類の信号が含まれている。またプラント側からの信号ケーブルは船舶用のガイ装ケーブルで、直接計算機の端子につなぎ込むには寸法的にも無理がある。これらのことから制御対象ごとにまとめられたプラント側からの船用ケーブルを、計算機の端子に接続できるケーブルに変え、かつ信号を種類別にまとめ変えるために本パネルが設けられている。またこのパネルでは、計算機オペレータコンソールより送られてきたフリーズ信号により、フリーズリレーを動作させ、ここで中継される信号ラインをカットできる。テストなどのため手動にて信号ラインのカットを必要とするものには、ナイススイッチを設けている。

(2) 計算機オペレータコンソール

このコンソールは操作、表示パネルとシステムタイプライタにより構成され、計算機本体にふれることなく、計算機システムの運転ができるように考慮されている。

コンソールの機能として次のものがある。

- (a) 計算機システムの起動/停止
- (b) 運転モードの設定(テスト/オートの2モードをもつ)
- (c) 船内時刻、グリニッチ標準時刻の設定
- (d) サポートプログラムの起動
- (e) 各システムの運転状況表示
- (f) トラブル表示
- (g) フリーズ信号のゼネレート

(3) 荷役用オペレータコンソール

当コンソールは操作、表示パネルと荷役用タイプライタにより構成され、

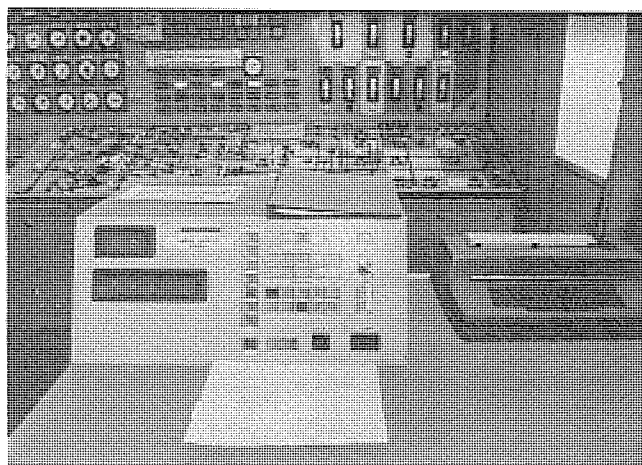


図 4.2 荷役用オペレータコンソール
Cargo handling system operator console.

主な機能として次のものがある。

- (a) 荷役プログラムの起動/停止
- (b) 手動条件設定
- (c) デジタルデータ表示
- (d) 重要操作に対する キースイッチ インタロック
- (e) チャンネル 番号, および データ 設定
- (f) トラブル 表示
- (4) タービンプラント オペレータ コンソール

当コンソールは操作、表示パネルとタービンプラントアナウンスメントタイプ
イタにより構成され、おもな機能として次のものがある。

- (a) タービンプラントプログラムの起動/停止
- (b) デジタルデータ表示
- (c) 重要操作に対する キースイッチ インタロック
- (d) チャンネル 番号, および データ 設定
- (e) 制御データのプリントアウト要求
- (f) ブラックアウトプログラムの空打テスト
- (g) プログラムラン信号の送出
- (h) トラブル 表示
- (5) 無停電電源装置

計算機システムに安定した電力を供給するため、M/Gセッを設けている。常時は船内電源より給電され、ブラックアウトが発生すると専用バッテリーにより給電される。またM/Gセッを点検などのため停止するときには、無停電で船内電源より直接計算機へ給電できるように、単相同期投入装置を設けている。

5. 運 転 実 績

鳥取丸のSAシステムは就航後7カ月間の実船運航によるテスト調

整を終了し、さらに数カ月を経たが、この間計算機システムはきわめて安定した動作を続けている。とくに中枢部であるCPU、記憶装置(コア、磁気ドラム)および電源装置はまったく無事故であり、船用としての信頼性を実証した。

周辺機器については紙テープリーダー、パンチャとも各種テスト、テープメンテナンスのためかなり高ひん度使用了が十分これに耐えた。ただ、デジタル出力カードとADコンバータの一部に素子劣化が発生したが、予備品と直ちに換装し運航には何ら支障をきたさなかった。また航法システム用タイプライタに一度内部導体の断線事故が発生したが、全般としてハードウェアの故障率は在来船の電子機器よりむしろ低く、船用として十分使用できることを確認した。

ソフトウェアは微妙なタイミング上の問題も一部発生したが調整期間中に改修し、現在すべてのプログラムは計画どおりに動作している。なお、計算機にとってはもっとも厳しい使用状態である航海中のバラスト張換え、衝突予防レーダのひんばんなトラッキング中について、タスク待ち状態を計測したが、起動待ちのプログラムもほとんどなかった。

また、とくに準備したオンラインユーティリティプログラムは本システムの性格上、有効な役割を果たした。

6. む す び

鳥取丸の計算機システムは、現在までの運転実績が示すように安定好調なか動を続けており、その信頼性、実用性が実証されつつある。

船舶における計算機制御としては本システムが初めての経験であったが、在来の船舶自動化の技術を生かしつつ、基礎データの収集、システム設計、ソフトウェア、ハードウェアの設計製作、シミュレーション、船内試験、就航後の実船調整といったステップを着実にふんできたことがこの成果を生んだものと考えられる。

今後の船舶への計算機応用としては、現在主として採用されている集中制御方式から、各サブシステムごとに専用の計算機を設置する分散方式への移行、制御対象の選択など研究すべき課題が多いが、これらは海運界が現在かかえている運航体系、乗組員の肉体的、精神的負担軽減などの諸問題を解決してゆく過程において逐次明らかになるであろう。

本船は就航後まだ日も浅いが、今後とも実績を追求してその成果を生かし、ますます高度化する計算機制御システムの実現に努めたい。

終わりに、本計算機制御システムの完成に多大のご助力をいただいた日本郵船(株)、鳥取丸、三菱重工業(株)の関係各位ならびに社内の関係者に深甚の謝意を表する次第である。

立体自動倉庫の計算機制御

茶 谷 三 郎*

Computer Control on Automatic Warehouses

Head Office Saburo Chatani

Rationalizing and labor saving in the material handling system has been developing with automatic warehouses taken an axis of activity. When a high rack warehouse was first introduced, it used to be managed by resorting to a manual operated stacker crane. Nowadays a control computer is taken up in the form of inventory control combined to the automatic operation of cranes. Furthermore, hierarchy system such as a warehouse control system having on-line data communication with higher rank computer or a system adopting direct digital control is getting be popular in this field.

Mitsubishi has been accumulating new achievements on computer control in the field of automatic warehouses. Herein is described a general role played by the computer.

1. ま え が き

昭和40年代に入ってから、制御用計算機は、その利用が飛躍的に伸び、とりわけ、わが国の基幹産業である鉄鋼・電力・石油化学などの産業で、その生産性の向上、品質の改善に大きく貢献してきた。しかしながら、わが国の生産設備の増強やGNPの増大を偏重する風潮から、国民生活の安定化と、福祉優先への社会構造への移行、そして、今後予想される労働需給関係の変化に対処し、制御用計算機は、広く、生産分野にとどまらず、非生産分野の自動化・合理化あるいはサービスの向上にも一役買うようになってきた。

また、消費物価対策、資本の自由化に対処し、流通の近代化が重視され、生産から消費者にいたる物的流通機構の合理化、システム化が官民一体になって推進されつつある。

物流とは、生産に始り、その保管・運搬・輸送・販売・消費にいたる一連の物の流れを指し、こうした物の流れには、通常、情報の流れが付きまとう。そして、商業活動の規模、取扱う商品の数量、品種の増大、さらに、これらの多様化が進めば進むほど、物と情報の管理がいつそう複雑となり、その一元化がより重要な問題となってくる。こうした物の流れの制御と情報管理を合理化し、省力化をねらったシステムとして立体自動倉庫や自動仕分装置をとり入れた配送センタなどが注目されるようになってきた。

立体倉庫が各所で建設されるようになったのは、昭和40年代に入ってからのものであり、当時は、スタッククレーンにオペレータが乗り、手動操作で倉庫の運営がなされてきた。現在では、300をこえる倉庫が建設されているが、専用のオンライン計算機が導入されているのは、せいぜい、その10%程度にすぎない。

倉庫業務と計算機による事務処理面での結びつきは古く、伝票処理・帳票作成・在庫管理などに、オフラインの事務用計算機が広く利用されてきた。立体倉庫の場合、在来の倉庫業務処理のほか、搬送荷役機械の自動制御、格納品の出入庫作業を一括して、同時に管理・制御することが容易になり、今後はオンラインの制御用計算機の導入が定着するものと思われる。

さらに、将来は、たとえば、電話回線の利用による計算機同志の連けいが強化され、事業所内の計算機の階層化、さらに事業所間の全国的な物流情報のネットワーク作りによるサービスの向上に発展して

ゆくものと想像される。

当社は、立体自動倉庫の計算機制御について、いくつかの典型的なシステムについて製作ならびに納入実績を有しており、その導入計画の手引きとして計算機の役割を中心に概説する。

2. 立体倉庫の運転と制御

立体倉庫は、基本的には、ラックとこれを取りまく建築構築物、格納物を出入庫する荷役搬送機械と、これらを動かす電機制御の三つのサブシステムから構成されており、これらを総合的に運営、管理する形で計算機が導入される。立体倉庫の計算機制御を論ずる前に、基本的な運転方式（以下、運転モードと呼ぶ）と制御装置との関連について触れておく必要がある。立体倉庫の運転方式には、通常、つぎの4モードが用意されている。

(1) 手動モード

スタッククレーンにオペレータが乗り、機上の運転操作盤を使って、手動でクレーンの基本動作・走行・昇降・フォークを操作する。立体倉庫が出現した初期の段階では、手動モードの倉庫が多かったが、最近では、より高級な運転方式が採用されるようになったため、このモードだけで計画される倉庫はまれで、わずかに、倉庫の試運転の段階に、あるいは、機器にトラブルがあったときに、バックアップとして運用されている。

いかに高級な制御方式が採用されても、最低レベルでの運転方式として手動運転は省略できない。また、手動運転とはいえ、ラックの定位置にクレーンを停止させるには、高度な熟練を必要とし、この自動化をはかるのが常識となっている。

(2) 機上設定モード

スタッククレーン機上の操作盤に行先番地の設定器を設け、クレーンがホームポジションにあるとき、オペレータが行先の設定と運転の起動をかけて、その後は、無人で運転され、所定のサイクル完了後、ホームポジションに自動的に戻る運転方式をいう。このモードでは、オペレータは複数台のクレーンの運転ができる。手動モードとの相異点は、クレーン自身が時々刻々、クレーンの現在位置や動作状態を検知し、所定の荷役サイクルを実行するための検出器や自動制御装置をクレーン自身にとう(搭)載していることにある。

(3) 遠隔モード

前記、機上設定モードで、スタッカクレーンにとう載する自動制御装置の一部を地上に移し、クレーン複数台分をまとめて、遠隔集中制御する方式である。各クレーンの行先番地は、オペレータが指示するか、IBMカードなどの媒体を利用し、地上操作盤に十進スイッチやカードリーダーなどを備えて、所定のクレーンに行先番地を伝達するのが一般的である。

手動あるいは機上設定モードでは、地上と機上間は、電気的には、動力の給電だけで、制御信号の伝送はなかった。このモードでは、クレーンをリモコンする関係上、有線または無線で地上から制御信号をクレーンに伝送する必要がある。

(a) 有線による場合

通常、数十心のケーブルが使用され、大多数の立体倉庫は、有線で信号を伝送している。ケーブルが長くなると、その支持に難点があり、ケーブル自身にも寿命がある。

(b) 無線による場合

密結合誘導無線によるのが一般的である。制御信号は、誘導線を通じて、ある順序でシリーズにクレーンへ送られるから、伝送の時間遅れは避けられない。この時間遅れは、地上と機上の無線機が、それぞれ1対1で対応するときは、まだよいとして、1台の無線機が、複数台の機上無線機と交信する場合には、この問題は無視できなくなる。

計算機によりクレーンのDDC制御（直接デジタル制御）を行なう場合、あるいは、クレーンの台数が多い場合には、1対 n の伝送方式は、慎重に検討しなければならない。

(c) その他の方式

地上と機上の交信を、ケーブルあるいは無線機によらない方式として、クレーンがホームポジションに戻ったときにのみ、コネクタを介して、信号を地上から機上に伝達する方式、あるいは、各間口ごとで、クレーンが停止したときに、つぎの作業信号を電磁的に伝達する方式などがある。これらの方式は、いずれも、常時、クレーンの動作状態を監視できないが、一つの荷役サイクルで見ると、機能的には、有線あるいは、無線による場合と同じである。

(4) 計算機モード

以上の運転方式では、格納品の在庫管理は、オペレータによるか、オペレータを介して、オフラインの計算機に頼るしか方法がない。どのラックが空いているか、入庫品の格納場所はどこが適当か、これから出庫する品物はどこにあるか、などの情報は、すべて、倉庫のオペレータが管理しており、クレーンの制御装置は、いっさい与り知らない。クレーンの制御装置は、オペレータの指示どおりに動き、一連の荷役作業を実行する機能しか与えられていない。

計算機モードでは、オペレータに代り、格納品の管理とクレーンへの作業指示など、情報の処理と制御を制御用計算機の管理下におき合理的な倉庫の運営を行なう。

これらの制御方式をわかりやすく、ブロック図化したものが、図2.1である。この図でわかるように、立体倉庫を計算機により制御するには、手動あるいは、遠隔モードなどで必要とする制御装置の大部分が、そのまま必要となる。これら四つのモードは、むしろクレーンの運転モードと呼ぶべきであって、ここで見方を変え格納品の情報管理について分類するならば、つぎのようになる。

(1) 手動管理方式

手動モード、機上設定モード、遠隔モードが該当する。

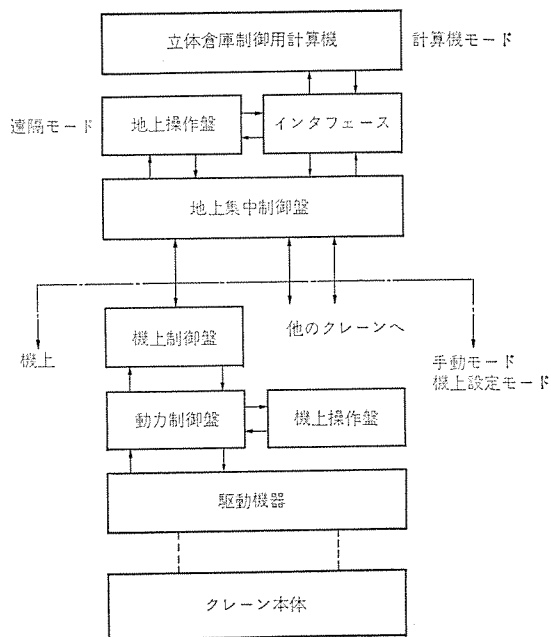


図 2.1 制御方式ブロック図
Control system diagram.

(2) 自動管理方式

計算機モードが該当する。

立体自動倉庫が、本来の機能を十二分に発揮するには、単にスタッカクレーンだけでなく、出入庫の作業を円滑にするためのコンベヤなどの搬送機械との協調が必要であり、この考え方は、コンベヤについても、そのまま適用できる。

3. 立体倉庫への制御用計算機の導入

さきに、倉庫と計算機（この場合は事務用）との出会いは古いと述べたが、この倉庫が立体倉庫であっても、従来からの計算機による在庫管理方式がそのまま踏襲されている例が多い。この場合、倉庫は、オペレータが介在し、オフラインで運転されている。このような計算機の利用方法に対し、前述の計算機モードによる立体倉庫の運営、管理をオンラインと呼び、本文の主題である。

立体倉庫の計算機制御の説明に入る前に、興味ある調査結果のいくつかを、まず、紹介しておく。

これは、通商産業省重工業局、電子政策課が昭和46年度、産業活動システム化調査テーマの一つに、自動倉庫システムを取り上げ、電子計算機の利用の立場から、自動倉庫のユーザ、関連機器、装置類のメーカーに201社にアンケートを渡し、126社からの回答をまとめたものである。したがって、この集計結果は、全国的に網羅した数字ではないが、今後の傾向を知るうえで有用なデータといえるだろう⁽²⁾。

自動倉庫には、なんらかの形で計算機が利用されていることが前提で、つぎの四つの利用形態に分類した。

(1) オフライン

計算機は、はん用のもので、カードなどを使って、オペレータが介在し、倉庫を運営する。

(2) オンライン(I)

倉庫に専用の計算機を置き、計算機から直接作業の指示が出される。

(3) オンライン(II)

オンライン(I)の専用計算機または端末機の上に、はん用の計算

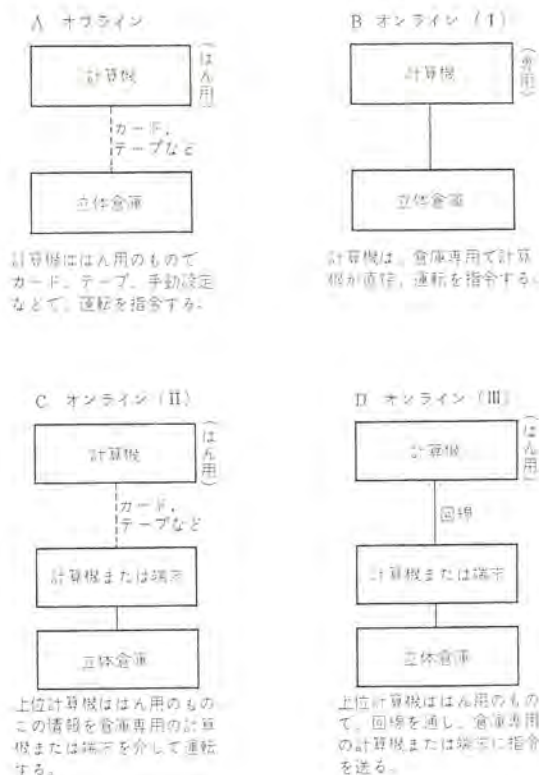


図 3.1 計算機の利用形態
 Computer control level in an automatic warehouse.

機をもち、相互間の情報は、オフラインで交信される。

(4) オンライン (III)

オンライン (II) で、情報の交信もオンライン化されたもの。

以上の倉庫と計算機の関係を図示したものが、図 3.1 である。調査当時 (昭和 46 年末) 立体倉庫に、計算機が利用されている形態を、倉庫の使用分野別に調べた結果を表 3.1 に示す。立体自動倉庫は、部品ないし製品の格納用に使用されているのが圧倒的に多く、かつ、専用の計算機をオンラインで利用しているのが、過半数を占めていることがわかる。立体倉庫にあっては、情報と格納物を切り離して考えられないことを物語っている。立体自動倉庫を導入するにいたった動機は、表 3.2 に示すように期待する効果によって異なるが、90%以上の回答者は、予想どおりの結果が得られたとしている。

また、今後「主流を占める計算機の利用形態はどうか」との質問に対し、表 3.3 に示すように約 9 割の回答者が、オンラインで、かつ、なんらかの方法で上位の計算機と情報の交信がある利用形態を予想している。

立体倉庫では、計算機は、格納品のハンドリングの自動化だけでなく、入出庫される品物の情報も容易に、かつ、ハンドリングと同時に処理できるところから今後オンライン化の傾向を強めることは、疑う余地がない。過去、計算機の導入された自動倉庫の大半は、ラック数が 5,000 をこすような大形倉庫に限られていたが、2,000 ないし 3,000 ラックの規模の小形倉庫でも、計算機の導入を促進するような周囲条件も次第に整いつつある。

すなわち

- (a) IC、LSI などの採用により、計算機自身の信頼性が著しく向上した。
- (b) ミニコンの出現、普及により、計算機が買いやすくなった。
- (c) 計算機の利用人口が増加した。

表 3.1 計算機の利用形態と倉庫の使用分野との関連
 Computer control level in different application of field on automatic warehouse.

利用形態 \ 使用分野(件数)	生産工程倉庫			商品倉庫		仕分倉庫		その他	計
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
A オフライン	1	1	7	6	1	2			18
B オンライン(Ⅰ)	4	1	2	9	3				19
C オンライン(Ⅱ)			2	6	2				10
D オンライン(Ⅲ)				1	1				2
E その他		1		2					3
	5	3	11	24	7	2	0	0	52

生産工程倉庫 { ①材料受入倉庫
 ②加工工程間倉庫
 ③組立部品供給倉庫 } 製造業
 商品倉庫 { ④製品倉庫
 ⑤商品倉庫 } 販 業
 仕分倉庫 { ⑥預託品倉庫
 ⑦委託品倉庫 } 倉庫業
 ⑧その他 運送業

表 3.2 自動倉庫導入の動機
 Motive to construct an automatic warehouse.

導 入 の 動 機	件 数	比 率 %
(1) 作業能率の向上により、コストが安くなる	27	37.0
(2) 作業環境が悪いため人が集まらない	2	2.7
(3) 面積効果により取扱量が増大する	15	20.5
(4) フリーロケーションにより、利用効率が上がる	5	6.9
(5) 在庫量の迅速、的確な把握でサービスが向上する	21	28.8
(6) その他	3	4.1
計	73	100

表 3.3 今後主流を占める計算機の利用状態
 Computer control level in future.

A オフライン	3 件	8.1 %
B オンライン (I)	2	5.4
C オンライン (II)	16	43.3
D オンライン (III)	15	40.5
E その他	1	2.7
計	37	100

(d) 労働需給のアンバランスから、将来を見越して、省力化の先取りをしようとする傾向が強まった。

(e) 企業内でのコンピュータの利用が普遍化した。

(f) 電話回線が解放され、データ通信の道がひらけた。などを挙げることができる。

立体自動倉庫における計算機の役割は、大別して、クレーンやコンベアなどの制御機能と格納品の在庫管理を中心とした情報管理機能であり、具体的には、

- (a) 格納品の動きの追跡
- (b) 搬送、荷役機械の制御、監視
- (c) 入庫、出庫の要求に対する応答
- (d) 格納場所の決定
- (e) 格納品の在庫管理
- (f) 帳票、日報などの作成
- (g) 上位計算機との交信
- (h) 入出庫作業のスケジュールリング

などが常識的な計算機の機能である。

一般に、計算機によるプロセス制御に、情報処理がからむ場合、制御の対象と機能をどの範囲にとどめるか、論議の余地がある。たとえば、単純に在庫管理といっても、時々刻々入出庫される品物の格納場所とその品物に関する情報の記憶にとどめるか、あるいは、格納品の補充や発注にまで管理の範囲を広げて計画するかといった問題がある。同様に、クレーンやコンベヤなどの制御についても、計算機でどの程度まで面倒をみるかといった問題もある。

前者については、少なくともオンライン運転時は、入出庫の作業なり、クレーンの制御に必要な最少限度の情報管理にとどめるのが好ましい。計算機の空き時間を利用して、たとえば夜間に、実時間処理を必要としない情報処理を行なわせることも考えられる。

たとえば、翌日に予定される入出庫品が既知であれば、作業スケジュールを事前に作成しておくことは、入出庫作業を円滑にするばかりでなく、万一、計算機がダウンすることがあっても、手動で倉庫を運営することを可能にする。ここでは、倉庫の操業中と、そうでないときの倉庫用計算機の制御ならびに管理機能を、さらに上位計算機がある場合には、相互の機能分担について、慎重に検討する。

後者のクレーン制御については、SCC（スーパーバイザリーコンピュータコントロール）か、DDC（直接デジタル制御）かの論議になる。

計算機の信頼性の向上とともに、それまで否定的であったDDCが見直され、鉄鋼や化学プロセスでは、すでに実用化されている。

さきに述べた計算機モードの説明では、計算機は、SCCを念頭に置いてきた。すなわち、SCCでは、遠隔モードにおけるカードなり、オペレータが設定する情報を計算機が直接指令する。つまり、計算機は、「この品物を何番地のラックに格納せよ」あるいは、「その品物を何番地から取って来い」といった情報をクレーンの制御装置に伝送するのに過ぎない。情報伝送後は、クレーンの制御装置が、忠実にその指令を実行し、計算機は、スーパーバイザいわば、監督者の立場で全体を管理する。

これに対し、DDCでは、このクレーンの制御装置の論理をプログラムに置き換え、複数台のクレーンを一括、制御、管理せんとするもので、計算機自身が、クレーン制御の閉ループに入り、時分割に個々のクレーンを動かす点がSCCと大きく異なる点である。

当社の試算では、クレーンのDDC専用1台の計算機を備えた場合、10台をこえるクレーンを制御しない限り、換言すれば、超大形級の立体倉庫でないといふと経済的にペイしないだろうとの結論を得ている。このことは、通常の規模、せいぜい数千ラックの立体倉庫では、ほかの機能と混在させなければ、DDCはあり得ないことを意味している。

SCC方式がよいか、DDC方式がよいかは、倉庫の規模、搬送荷役機械の能力、計算機に期待する機能などを勘案し、総合的な判断に立って決定すべき問題である。

4. 立体倉庫における制御用計算機の役割

最近新設の立体倉庫では、計算機制御の導入を、半ば不可欠とする傾向を強めてきたが、具体的に、計算機はどのような役割を果たすことができるか考えてみる。

4.1 現物の確認とトラッキング

これまで、しばしば触れてきたように、品物の動きと情報の流れとの間に完全な同期がなければ立体倉庫の計算機制御は成り立たないといっても過言ではない。このため、格納品が入庫コンベヤ上にあ

るとき、あるいは、入庫台に到着したとき、なんらかの方法で現物の確認が行なわれ、計算機に正しい情報が伝達されねばならない。また、計算機による品物の追跡（トラッキング）は、この時点で始まり、計算機は、その品物が出庫されるまで、再度、確認されることがなく、すべての品物の所在位置と情報を対応づけて、正しく記憶しなければならない。

この現物の確認は、通常、オペレータによるが自動的に行なう方法もないではない。たとえば、品物の重量や外形寸法などを搬入時に計測するだけで、その品物の情報がおのずから判明するような場合、あるいは、品物の形状が固定しており、品物にちょう（貼）付されたコード、マークを読みとることで品物の識別ができるような場合には、比較的容易に実現できる。

品物の形状が不定で、品物上にちょう付された、あるいは書かれた文字を短時間内に読み取らねばならない場合には、技術的にも、経済的にも問題があり、実用化の段階に達していない。

入出庫コンベヤ上、入出庫台、スタッククレーン上の品物の通過の有無、積載の有無は、検出器によって、計算機に通報される。

計算機は、この検出器の動作を通して、品物の動きを知るから、検出器そのものは、信頼性の高いものが要求される。通常、機械式・電磁式・光学式のものが使用されるが、万一の故障に備え、重要な個所には、2重に置くとか、押しボタンスイッチをバックアップに置くような配慮がいる。また、ソフト的にも、検出器の異常を容易に発見できるようなプログラムを組み、計算機が品物を見失うことのないような処置を講じておかねばならない。

立体倉庫の計算機制御では、トラッキング機能は、クレーンなどの制御の開始時点や在庫ファイル更新のタイミングを決める基本的かつ、重要な機能である。

4.2 入出庫操作

入庫操作は、格納品を、計算機の管轄下に引きわたす重要な作業で、たとえば、オペレータにより現物を確認し、格納品に関する初期情報を計算機に入力する。具体的な操作要領は、格納品が入庫前に、どのようにハンドリングされ、品物の情報がどのように管理されているかによって千差万別である。

たとえば、格納品の搬入前に、品物の情報と順序が、なんらかの方法で計算機に知らされている場合には、現物確認のオペレータにその情報を表示し、確認のキーをただくだけの操作ですむであろう。あるいは、品物に伝票が添付されて搬入される場合には、あとで説明する在庫ファイルを管理するのに必要な情報を伝票から読取って計算機に教え込まねばならない。こうした情報入力の手続きで、操作ミスが起こりがちであり、できるだけ少ない情報を簡単な操作で入力できる手段を計画する必要がある。キーボード付のキャラクタディスプレイ装置や記録の残せる入出力タイプライタなどを使用するのも一つの方法である。こうした装置、機器は、環境のわるい場所を嫌うから、ガラス張りの部屋に設置し、伝票をITVに写し出し、専任のオペレータが品物の情報を計算機に入力している倉庫もある。倉庫とその前後の搬送、品物の情報管理とからめて、操作の方法と機器の選択を計画すべきである。

計算機が健全である限り、入庫は比較的簡単な操作ですむが、万一、計算機がダウンしても、入庫を停止できない倉庫では、そのバックアップ手段として、すでに、立体倉庫の運転方式で説明した遠隔モードに切換えて操業するのが望ましい。入庫オペレータの操作は、やや複雑になるが、事前に計算機によって印字された空ラックリストが

あれば、オペレータが適宜空ラックを選定して、品物を格納することができる。あるいは、計算機がダウンしたときにのみ使用する適当数のラック（通常、ダウンエリアと呼ぶ）を用意し、ダウン時にのみ、このエリアに収納するのも一つの方法である。計算機故障中の在庫管理に関する情報を、回復後、計算機になんらかの方法で教え込む必要があるから、遠隔モードでのオペレータの設定値をカードなり、紙テープなりあるいは、カセットテープなり計算機に再入力しやすい形で、記録を残すことを心がけるべきであろう。

出庫についても、操作そのものは入庫に類似するが、オペレータの要求により、出庫したい品物の品名、数量程度の情報をキーインするだけで、出庫作業ができる。

コンベヤなどによって、搬出入される場合、クレーンへの送り込みや出荷場への払い出しが多岐に分岐することがあり、搬出入口と同数の操作機器をそろえるか、集中して一括操作するかは、その作業性や入出庫のひん度を考慮して決定する。

出庫のダウン対策として、出庫の予定が前日にわかっておれば、計算機から出庫予定リストを印字させておき、出庫の要求に応じて、オペレータが遠隔モードで、所定の品物を払い出すことができる。こうした処置が事前にとれない場合には、オペレータが容易に格納場所を見出すことのできるリスト、たとえば、品目別リスト、などを用意しておくのも一つの方法であろう。遠隔モードによる出庫の場合も、入庫と同様、計算機への再入力のため、データの記録を残しておく。

一般に、倉庫は、必ずといってよい程、ピッキング作業を伴うし、また、倉庫の運営方法によっては、いったん品物を倉庫に格納してから、あらためて出庫し、受入検査・員数チェックを行なうこともある。ピッキングや検査のための出庫とその後の再入庫も、計算機から見る限り、通常の入出庫と同様な扱いとし、同一の操作盤で作業ができるような配慮がいる。

4.3 在庫管理

立体倉庫の計算機制御は、格納品の在庫管理機能とクレーンの制御機能を巧みに組み合わせた点に、その導入の意味があり、この機能が中心になって合理的な倉庫の運営がなされる。倉庫の種類と位置づけ、その管理・運営方法によって計算機のもつべき在庫ファイルには種々のものが考えられるが、基本的には、つぎのようなファイルが必要となろう。

(1) 在庫ファイル

このファイルは、ラックに格納されている品物に関する全情報を、格納番地との対応づけで、計算機に記憶する。在庫ファイルは、計算機に要求される種々のデータ処理に応じ、いくつかのファイルに分割され、その代表的なものをここに挙げてみる。

(a) ラックファイル

品物の格納番地・品名・個数・入庫年月日（先入先出では、とくに重要）などの情報からなる。ただ、このファイルだけで倉庫を運営するには、不便な場合があるので、この変形として、つぎの二つのファイルをもつのが便利であり、情報量の多いファイルの検索に要する時間が節減できる。

(b) 品名ファイル

ラックファイルは、格納番地がキーコードとなっているのに対し、品名ファイルは、品名コードをキーとしてファイルの検索ができるのが特長であり、出庫品が品名と個数で指定される場合に使用される。

(c) ラック状態ファイル

前述のラックファイルにしる、品名ファイルにしても、語長単位で必

要な情報を記憶しているのに対し、ラックがすでに格納品によって占有されているか否かの状態をビット単位で計算機に記憶させ、入庫時に空ラックを速かに検索するために利用される。

(2) 入、出庫実績ファイル

一定の期間、たとえば、1直単位、1日単位の入庫、出庫の実績をファイルとして記憶する。これにより、倉庫のか(稼)動状況、直報、日報などの資料作成が容易であり、また、在庫ファイルに混乱が生じたときの追跡調査に利用できる。

(3) 出庫予定ファイル

事前に、出庫品の予定が既知である場合には、たとえば、1日単位の出庫予定ファイルを作っておけば、出庫作業の段取りや準備に便利である。このファイルの内容を事前に印字しておけば、仮りに、計算機がダウンしても、遠隔モードにより、出庫作業が支障なく実施できる。

立体倉庫の計算機制御では、ファイルがシステムの生命であるといっても過言ではない。たとえば、バッチプロセスの制御では、制御に必要な情報を、計算機自身が検出器、計測器から自動的に読み取るか、検知できない情報は、初期データとして人為的に計算機に入力することで、システムは、いつでも起動できるように計画できる。また、計算機によるシーケンス制御では、制御の過程で、つぎのステップに進むための条件がそろわなければ、シーケンスは進まないような配慮がなされる。

この点、立体倉庫のようにファイルをもったシステムでは、制御に直接関係のない情報が、誤ったままで計算機に入力されても、全く無関係に制御が実行され、かつ、誤りの発見がきわめて困難である。立体倉庫の計算機制御では、ファイルは、単に、品物固有の情報の記憶にとどまらず、その品物の物理的な位置関係との対応で、はじめて、意味が生じてくる。したがって、ファイル中心に考えれば、計算機にとって、各種の検出器は目であり、コンベヤやクレーンは手足であって、計算機に正確な情報を伝え、計算機の指示どおりに動くことがファイル確保と倉庫の確実な運転のうえで不可欠である。

格納品の所在位置検知のための検出器のバックアップ対策も肝要であるが、入出庫の操作盤も、操作が簡単で、かつ、オペレーションミスが容易に発見できる考慮が必要である。

4.4 入出庫アルゴリズム

立体倉庫に入庫される品物や出庫要求のあった品物の格納場所は、計算機によって決定がなされるが、このルール、すなわち、アルゴリズムをプログラムして、あらかじめ計算機に記憶させておく必要がある。

入庫格納番地の決定方法として、たとえば、A、B、C分析を利用する。すなわち、入庫品が倉庫に搬入されるひん度をまず調査しておき、ひん度の高い順に、A、B、C……のグループに分けておく。一方、入出庫口からクレーンがほぼ同一時間で到達できる領域をあらかじめA、B、Cのグループ数に対応して決め、入出庫ひん度の高い品物順に数品種ごと、入出庫口に近い格納番地を割り当てるようにする。したがって、ある品物が到着すると、その品種コードを計算機に入力すれば、計算機は、この品物がA、B、C……のどのグループに該当するかを知ることができるから、おのずから格納領域がわかる。計算機は、その領域内で空番地をさがし、格納番地を決定する。もし、入庫される品物が同一品種で複数個ある場合には、各レーンに分散格納する。また、計算機に記憶されているA、B、C……領域の境界は、容易に変更できるように計画しておけば、システムとしての柔軟性が増す。

実際の倉庫の運営にあたっては、下記のような制約条件も重って必ずしも単純でない。個々の倉庫のもつ特質に合せて、この入出庫のアルゴリズムを開発してゆかねばならない。

- (1) 製品の形状、重量は同一か
- (2) 入出庫口は同一か
- (3) 入庫と出庫の時間帯が分れているか
- (4) 入出庫のひん度
- (5) 入出庫の優先性と先入先出か
- (6) 出庫に順序づけが必要か
- (7) 計算機のダウン対策
- (8) 週間、季節変動があるかなど

倉庫に格納する品物の形状や重量によっては、格納レーンを分けたり、ある奥行あるいは高さを境いにし、前後、上下のラックに分けて使用することがある。このような場合、全く別個のアルゴリズムで運営することになる。

入出庫口が物の流れや、地理的条件から入庫口と出庫口が互いに反対側に設けられる場合には、入庫に便利な格納場所は、逆に、出庫には不便となる。入庫のひん度がレーンの平均的な能力を上回る場合、品物を入庫口近くに仮置きし、閑散時に、来るべき出庫に備え、出庫口の近傍に置換えることも考えられる。

クレーンは、複合サイクルで運転すれば、倉庫全体のか動率が向上する。また、入庫あるいは出庫のひん度が、一時的に、クレーンの平均サイクルタイムから計算される能力を上回ることも起こり得る。倉庫設備を、入出庫のピークに合せて設計することは、過剰投資となるから、前記の仮置き置換えなどの処置が当然必要となろうし、計算機の導入効果として期待される点でもある。

入庫時に出庫の要求があったとき、どちらを優先的に処理するか、また、食料品・薬品・フィルムなどの保管では、先入品から先に出庫するような配慮は忘れてはならない。

さらに、トラックなど輸送機関の配送ルート順に、荷積みを行なうような場合には、順序出庫といった考慮も必要となろう。

以上のように、入出庫アルゴリズムの開発にあたっては、シミュレーションなどの手法を駆使し、最適のアルゴリズムを確立するのが理想であるが、逆に、あまりにも複雑でかつ、計算機の演算時間のわかるような実用性の乏しいものであっても困る。

計算機を導入する以上は、フリーローションの特長を減殺することなく、最少の運転費で、最も効率よくクレーンを運転できる簡単なアルゴリズムの開発が望まれる。また、か動後、徐々にレベルアップしてゆくことを考える必要がある。

4.5 クレーンの制御

さきに述べたように、立体倉庫の計算機によるクレーン制御にはSCC方式とDDC方式がある。

SCC方式では、計算機からクレーン制御装置に対し、入出庫アルゴリズムによって決定された格納番地と入庫あるいは出庫の指令を送るだけで、その後のクレーンの動作は、一連の荷役サイクルを完了するまでクレーンの制御装置の管理下におかれる。このように、クレーンとその周辺の装置類は、計算機の手足であって、クレーンのより確実な動作を期待するために、計算機とクレーン制御装置間の伝送信号は、送り放しでなく、確認をとるのがよい。たとえば、入出庫指令としての格納番地を送後、クレーン制御装置から返送させチェックするとか、クレーンが一連のサイクル完了後、格納番地を計算機にフィ

ードバックするような考慮があるだろう。SCC方式では、1台のクレーン制御のためのCPUの占有率が低いレベルにあるため、

- (1) 計算機の制御下にある多数のクレーンを群管理する。
- (2) クレーン制御以外にも、重要な多くの機能が包含されている。
- (3) バックアップとしての遠隔モードの運転は不可欠である。

ようなシステムに、SCC方式が向いている。

これに対し、DDC方式では、

- (1) 少なくとも、機上の制御ロジックは残し、地上制御装置を計算機に置き換える場合（一部のマイナ制御が機上に残される）
- (2) 機上の動力制御以外の制御を含めて、機上、地上の制御装置を計算機に置き換える場合

の二つおりの方法がある。いずれの方法がよいかは、制御系におけるむだ時間やデッドバンド要素の有無、クレーンの速度や停止精度、制御装置の置換えによる経済性を考えて決定すべきである。

たとえば、誘導無線によって制御信号を送信する場合には、伝送時間との兼ね合いで、後者の方式が採れないことがある。

この場合、DDC方式では、計算機の信頼性が、とくに重要な問題となる。計算機のダウンは、倉庫機能のダウンにつながる恐れがあり、この対策として、計算機を2重化すると、逆に、経済性のメリットが失われる。一般に、計算機の信頼性は、構成部品の数に大きく依存するから、単純な機能で、構成機器部品の少ないほうが信頼性が高い。また、DDCによるクレーン制御では、計算機は、クレーンの一挙手一投足を追跡、監視するので、CPUがこのプログラム処理のために占有され、制御するクレーンの台数が多くなれば、小形計算機を使う場合、他の機能に、おのずから制約ができる。

このように論議を進めると、中、小規模の立体倉庫では、小形の計算機を使って、クレーン制御のDDCと在庫管理を混在させた形で、また、大規模な立体倉庫については、クレーン制御専用の小形計算機と、総合的な倉庫管理の計算機を組み合わせる形で、システムを組むのが好ましい。

4.6 入出庫情報とデータロギング

制御用計算機による立体倉庫の運転、操作に関連して、これまでに、しばしば、入出庫情報の取扱いやデータの表示・印字・記録などについても触れてきたが、これを要約すると、つぎのようになる。

- (a) 入出庫の予定が、事前にわかっている場合の処理
- (b) 入出庫操作の際の表示、記録、印字
- (c) ダウン時に備えての印字、記録
- (1) 入出庫の予定が、事前にわかっている場合の処理

入出庫アルゴリズムにより、格納品の番地を決定するためには、必ずしも、その品物に関するすべての情報を必要としない。通常、品名コードと数量程度の情報があれば、制御が可能である。しかしながら、物流システムの一環として、倉庫の運営管理上、格納品に必要な以上の情報がついて回ることが多い。

倉庫計算機の上位に、たとえば、総合的な物流管理あるいは生産管理計算機がある場合には、比較的容易に入庫品に関する情報を入力することができる。たとえば、上位計算機とオンラインで結合されている場合には、電話回線のような伝送路を介し、また、オフラインであっても、カード、テープ（紙、磁気）などの媒体を介して、倉庫計算機に必要な情報を入力することができる。

上位に、このような計算機のない場合には、入庫の際、オペレータがすべての情報を入力するか、オペレータは、必要最少限のデータを、そして、その他の情報は、ほかの入力手段（カードなど）により倉庫

計算機に入力するしかない。

入庫品の情報があらかじめわかれば、

(a) オペレータの操作を必要最小限にできる。

(b) 入庫順序が既知なら、入庫品の表示ができ、品物の確認を容易にする。

(c) 入庫品の格納場所をあらかじめ決定し、計算機ダウン時の入庫操作とファイルの回復を容易にする。

(d) 入庫と出庫の時間帯が分れているような場合には、予想される入庫のピークに合わせて、入庫口の近くに必要スペースをあらかじめ準備することができる。

などの利点がある。

出庫についても、上位に計算機があっても、なくても、出庫情報が事前にわかっているのが望ましい。入庫の場合と同様なメリットが期待できるが、倉庫計算機の空き時間を利用し、品名コード別に、あるいは、出荷リスト単位で、出荷リストを作成し、出荷スペースの段取や配送計画、さらに、万一の計算機のダウンに備えることができる。

(2) 入出庫操作の際の表示と記録

入庫あるいは、出庫の順序があらかじめ計算機に通報されている場合には、キャラクタディスプレイ装置などを使って品物の情報を表示し、確認キーの操作だけで、入出庫を行なうことができる。ただ、この方法の欠点は、記録が残らないことで、この点、コピーの残る入出力タイプライタを利用して、入出庫の操作を行なうのも一つの方法である。

プログラムのミスや、操作ミスなどにより、ファイルの一部に誤りが発見された場合、このような記録がなければ、その追跡と復元、更新が困難となる。

万一の計算機のダウンやファイルの異常に備えて、ファイルの内容を出力(プリントあるいはパンチ)しておくことは必要な処置である。ただ、入出庫のたびに、これを行なうのも大変な作業であるため、適当な頻度で出力することになる。前回の出力とその後の変化分の記録は、ファイルメンテナンス上是非必要となる。

遠隔モードにおける入出庫の記録も、ファイル回復のために不可欠であり、制御装置に連動してカードや紙テープにパンチすることは不可能ではない。

しかし、計算機制御システムのか動率が99.5%とすれば、0.5%の可能性に備えて、過剰な機器をもつことが得策かどうか、これに代る救済方法がないのか十分検討を要する。

入出庫の際の記録のほかに、直単位、1日単位で、全入庫品、出庫品の実績集計を行なうことも倉庫管理に必要な機能であろう。とくに、事業所内、全企業内での総合的な在庫管理・生産計画・配送計画を行なううえで、このような実績報告は重要な情報源である。情報伝達の手段は、入出庫予定情報の場合の逆で、オンライン、オフラインのいずれの方法も考えられるが、上位計算機と階層化されるのが今後の主流となろう。

(3) ダウン時に備えての印字

本文では、計算機のダウン対策を、やや神経質に書き立ててきたきらいがある。計算機制御システムのか動率が、99%をこえている現状では、故障のチャンスも低下し、計算機技術の発展とともに、ますます低下の傾向をたどることが期待されている。

ただ、立体倉庫の計算機制御では、物と情報の対応が乱されると無意味なものとなるので、こうした異常に備え、ダウン時でも入出庫作業に停滞をおこさないような処置は、十分、計画に織込むべきこ

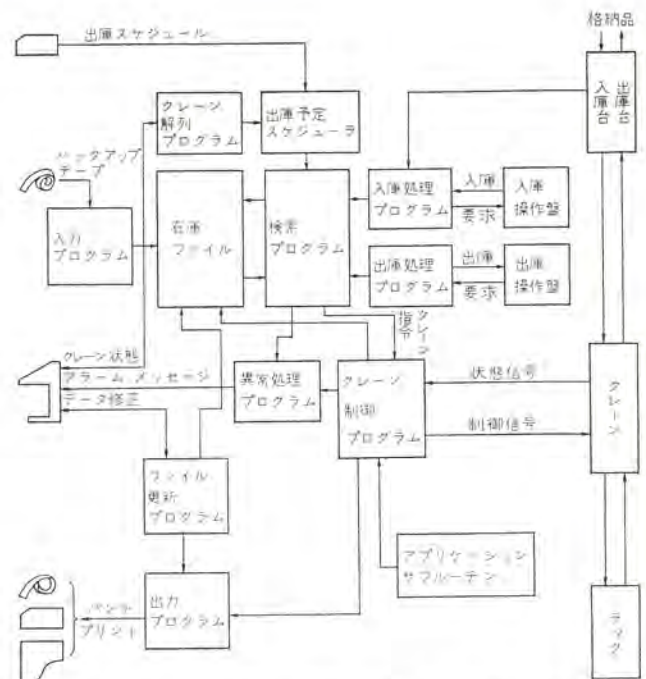


図 4.1 品物の流れ、操作、計算機のプログラム処理
Relations between handling goods, operation and data processing.

とを強調しておきたい。

ダウン時に備えての印字は、空ラックリストの作成、あるいは、入庫予定品格納番地リストと出庫予定リストであり、計算機復旧後、ファイル回復にも利用できるフォーマットであるのが好ましい。

以上、制御用計算機の役割について説明してきたが、クレーンだけの単純な倉庫について、品物の動きとオペレータの操作に、計算機の情報処理を関連づけて図示したものが、図 4.1 である。

5. システムの構成と新しい動向

立体倉庫の計算機制御の役割を中心に述べてきたが、そのハードウェアの構成は、個々のアプリケーションによって異なるから詳細については省略するが、ここでは、一般的特質と新しい動向の紹介にとどめる。

(1) 計算機のメモリ容量

倉庫用計算機は、ファイルをもつから、一般のプロセス制御にくらべ、補助メモリが大きくなる。2,000 ないし 3,000 ラックの規模のもので、64k 語ないし 128k 語 (ただし、1 語 16 ビット) 必要となろう。

クレーンを SCC 方式で制御するがぎり、演算処理時間についての厳しい要求はないが、DDC 方式による場合、クレーン制御プログラムは、たとえば、コアメモリに常駐させ、アクセスを早くするような考慮がいる。

(2) プロセス入出力

立体倉庫の大部分は、アナログ情報を扱うことはなく、デジタル入出力信号だけでことが足りる。逆に、アナログがない点から見ても、DDC 化しやすいプロセスといえる。

一部の特殊倉庫、立体自動冷凍倉庫では、計算機による庫内の温度分布の自動計測や、冷凍機の運転経費を最小化するための温度制御が行なわれるので、アナログ信号を扱うことがある。

(3) 計算機周辺機器

在庫ファイルのような大量の情報を印字するならば、通常のタイプライタでは、時間がかかり、ラインプリンタが適当である。

タイプライタは、時々刻々の入出庫記録やアラームプリンタとして使用するのがよい。印字のほかにキーボード入力のできる入出力タイプライタを使えば、入出庫の操作にも利用できる。

キーボード付のキャラクタ表示装置は、はん用の操作機器として、最近、広く利用されるようになってきた。操作ミスを少なくし、確実な情報を計算機に入力するのに便利であるが、同時に記録を残すには、タイプライタと併用することになる。

ファイルメンテナンスのために、適当なひん度でファイルの内容を出力するには、紙テープあるいは磁気テープが利用される。制御用計算機では、紙テープのほうが一般的であるが、上位の事務用計算機とオンラインで交信するには、紙テープより磁気テープのほうが便利であろう。磁気テープでは、倉庫側のシステムが大がかりとなり、カードを媒体とし、たとえば、出庫計画はカードリーダーで入出庫の報告は、紙テープとテープカード変換器を使う方法もある。

(4) 制御装置とのインタフェース

クレーンやコンベヤの制御装置と計算機との信号授受は、相互の責任分担が明確になる範囲で、できるだけ簡単であることが望ましい。たとえば、クレーンの制御に関する信号を何んでも計算機に取り込むのではなく、制御装置側で整理し、「クレーン運転可能」といった信号だけを計算機に渡すのがよい。こうした、計算機と制御装置間の信号は、コネクタなどを使用せず、端子盤で相互に接続しておけば、調整保守を容易にする。

クレーンの台数が多く、周辺コンベヤの複雑なシステムでは、シミュレータ盤を設けることを推奨する。各種のプログラムの試験の段階では、クレーンや検出器などからの実信号に代る押しボタン類を盤に取付け、あたかも、現実のプロセスが進行しているかのごとき入力信号を人為的に発生させ、計算機のプログラムを走らせる。

プログラムの走行中に出力される信号は、シミュレータ盤にランプなどで表示し、仮想的にクレーン、コンベヤを動かす。このような盤があれば、計算機システムの工場試験の段階で、プログラムのデバッグが可能となり、現地での調整時間が短縮できる。

実際の計算機モードでの運転時には、実信号でクレーンやコンベヤの動作状態をランプ表示させ、遠隔の制御室で、倉庫のか動状況を一目で知ることができる。

(5) 階層化

クレーンの制御装置をDDC化し、さらに、SCC方式による倉庫用計算機との組み合わせは、一種の計算機の階層化である。これが同じ事業所内の、あるいは、他の事業所の上位の計算機とオンラインで連

結され、オンラインの物流情報ネットワーク作りの傾向を強めつつある。

某石鹼メカの例では、全国数カ所の工場に建設される自動倉庫に当社の制御用計算機が導入され、これらが本社の中央計算機と電話回線を通じて、オンラインで結ばれ、この管理下におかれる。

一方、全国に散在する販売店のうち、代表の数十社にも、当社の小形計算機が導入され、テレックスを通じ全国の注文が中央に集められ、出荷の指示が最寄りの倉庫になされ、所定の商品が迅速に配送できるシステムとなっている。

このような物流情報の一貫管理体制を整えることにより、

(1) 販売店あるいは、代理店で、必要以上の在庫をかかえる必要がない。

(2) 品物の動きは、最短距離となり、納期の短縮などサービスの向上が期待できる。

(3) 品物の販売状態から消費者の購買傾向が察知でき、在庫と生産の調整が容易になる。

などのメリットがある。

当社は、特筆すべき計算機制御の導入例として、

(1) 山九運輸機工(株)向け、新日本製鉄(株)君津製鉄所構内大形自動整理ヤードで、MELCOM 350-30による、超大形立体倉庫の計算機制御、2重系システム、上位との階層化制御を経験した⁽³⁾。

(2) 機械振興協会経由、森永乳業(株)神戸工場向け、立体自動冷凍倉庫システムでは、MELCOM 350-5Fを使い、DDC方式の採用と、冷凍機の運転制御を実施している⁽⁴⁾。

(3) 花王石鹼(株)関東、関西地区工場内の自動倉庫では、MELCOM 350-30Fを導入し、全国的な物流情報管理システムの一環とし、その一翼をになっている。

などがあり、本文は、特定のシステムの紹介というより、一般的な制御用計算機の役割と、今後の動向について概説した。

参 考 文 献

- (1) 佐竹ほか：自動倉庫システム、三菱電機技報 44, No. 10 (昭45)
- (2) 通商産業省 重工業局電子政策課：自動倉庫システム調査結果、昭和46年度産業活動システム調査報告書、昭和47年4月
- (3) 三菱電機技報 47, No. 1, 昭和47年度 技術の進歩特集, p. 87 (昭48)
- (4) 「立体自動冷凍庫システム」の完成について、機械振興 6, No. 4

火力発電所計算機制御の動向

吉 年 一*

千 葉 正**・小 野 勝 弘**

Recent Trend of Fossil Fired Power Plant Computer Control System

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Hajime Yoshitoshi

Mitsubishi Electric Corp., Head Office Akira Chiba・Katsuhiro Ono

The automatic operation system of fossil fired power plants including computers has made progress for these ten years by the application of automatic start and stop devices to the control equipment. For Mitsubishi plants, considerable achievements have been accumulated to anticipate the practical operation of the system in no distant date.

This article introduces the outlines of the latest successful outcome and describes the software developed for the purposes such as POSMA (Power Statement Macroassembler) and MDSS (MELCOM Language for DDC and Supervisory Control System).

1. ま え が き

火力発電所にデジタル計算機がデーターロガとして設置されはじめてから10年余りになるが、その間の発展はめざましいものがある。最近の適用方法は、利用技術の進歩とともに多様化しつつあるが、ほぼ次の3種類に分けることができる。

(1) プラントの起動停止自動化のための総括制御装置 SCC (Supervisory Computer Control System) としての適用。

(2) 急激に普及しつつあるミニコンを使用し、コンパクトな効率監視装置としての適用。

(3) 野心的な DDC (Direct Digital Control) の試みとして、従来のアナログ方式の制御系を計算機に置換えようとする適用。

本文ではこのうち現在主流を占めている(1)の適用例を、三菱グループの実績を中心として概説したいと思う。

2. 火力発電所自動化の歩みと計算機制御の適用

電力事業の基本的な形である需要が、そのまま発電である必要性を効果的に実行するために、昭和40年代の火力発電所自動化の努力はユニット起動停止の自動化に集中して注がれてきた。

三菱グループ(重工、電機)では早くから独自にグループ内研究会で超臨界圧ユニット水冷壁温度制御の DDC を含め、火力プラントの計算機制御方式を開発してきた。図2.1はこの歩みを示すもので、昭和46年から実用期に入り各種の実績を生みつつある。表2.1はこれら最近の実績をまとめたものである。いずれも従来長い歴史とともに発達してきた ABC (Automatic Boiler Control) をはじめ各種アナログ方式制御装置、ワイヤードロジックで組立てられたシーケンス制御装置をそのままサブローコントロールとして生かして使用し、計算機でその設定値を制御する形をとっている。

3. 計算機ソフトウェア

SCC, DDC システムを実現する火力発電所自動化のための計算機ソフトウェアとして論理演算を主体とした SCC システムには POSMA (Power Statement Macro Assembler) を、アナログ演算を主体とした DDC システムには MDSS (MELCOM DDC and Supervisory

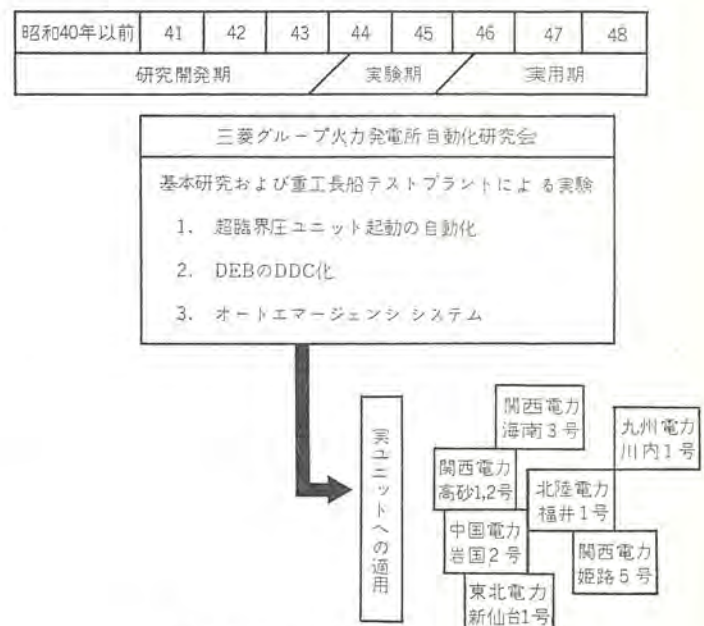


図 2.1 火力発電所自動化実用化への歩み
Trend of power plant automation.

Control System) を採用している。

3.1 POSMA

POSMA は従来のワイヤードロジックでの補機ブロック図の作成と同様にプラントの制御方式を表わすロジックチャートを作成し、これらの各部分に対応したステートメントでプログラムを書くことができる。

このシステムはマクロアセンブラの構造をとっているので計算機の性能を十分に発揮でき、またロジックチャートとプログラムが完全に対応しているため制御技術者と計算機技術者の情報伝達が確実であり、きわめて短時間にプログラムが作成できる。POSMA で使用される代表的なステートメントを図3.1に示す。

3.2 MDSS

DDC を中心としたプラント計測制御では制御ループを表現するブロック図を作成するが、その中の各ブロックに対応した機能(PID, 加算器, 関数発生器, パンプレストランスファなど)を単位としたアルゴリズムパッケージを使用して、それらを有機的に結合して全体の制御プログラ

表 2.1 三菱グループの自動化プラント例
Table of automated Mitsubishi plants.

発電所名 項 目		関 西 電 力 高 砂 1 号	東 北 電 力 新 仙 台 1 号	中 国 電 力 岩 国 2 号	関 西 電 力 海 南 3 号	北 陸 電 力 福 井 1 号	関 西 電 力 姫 路 5 号
プラント一般	出 力 運 開	450MW 46年6月	350MW 46年9月	350MW 47年6月	600MW 47年6月	350MW 48年1月	600MW 48年10月予定
	ボイラメーカー・型式 タービンメーカー・型式	三菱・SCRRRP 三菱TC4F-28.5	三菱・CCRRP 三菱TC4F-28	三菱・CCRRP 三菱・TC2F-31	三菱・SCRRRDP 三菱・TC4F-31	三菱・CCRRP 三菱・TC4F-28	三菱・SCRRRDP 三菱・TC4F-31
電 体	メーカ・型式	※三菱MELCOM350-30	三菱MELCOM350-30	三菱MELCOM350-30	※三菱MELCOM350-30	三菱MELCOM350-30F	三菱MELCOM350-30F
	主 記 憶 装 置 副 記 憶 装 置	磁気コア 32k 磁気ドラム 262k	磁気コア 24k 磁気ドラム 262k	磁気コア 24k 磁気ドラム 262k	磁気コア 32k 磁気ドラム 393k	磁気コア 32k 磁気ドラム 262k	磁気コア 32k 磁気ドラム 393k
子 計	※プロセス入出力点数						
	アナログ入力点数 アナログ出力点数 パルス入力点数 パルス出力点数 接点入力点数 接点出力点数 割込入力点数	600点 18点 50点 2点 600点 100点 50点	420点 9点 30点 8点 550点 300点 0点	900点 9点 16点 8点 500点 300点 50点	600点 18点 50点 2点 600点 100点 50点	480点 6点 32点 8点 480点 176点 48点	600点 18点 50点 5点 600点 100点 50点
機 能	データロギング 性能計算 タービンシーケンスモニタ ボイラシーケンスモニタ タービン自動起動 ボイラ自動起動	○ ○ ○ ○ ○ △(重油ウォーミングのみ)	○ ○ × × ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ×	○ ○ × × ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○
自 動 化	サブ ブ コ ン ト ロ ー ル	タービン自動昇速装置 自動電圧調整装置 自動同期投入装置(ASS) 自動負荷制御装置(ALR) タービン弁切換装置 BFPT自動昇速装置 バーナ制御装置 ボイラ自動制御装置 ボイラ・タービン 協調制御装置	DACA+SCC AVR × APC WL × WL — APC	DACA+SCC AVR+SCC ASS+SCC ALR+SCC WL+SCC アナログ+SCC WL+SCC ABC+SCC —	DACA+SCC AVR × ALR+SCC DDC WL WL+SCC WL+SCC ABC+SCC (一部DDC) — APC	EHガバナ+SCC AVR × ASS+SCC ALR+SCC WL+SCC × WL+SCC ABC+SCC	EHガバナ+SCC AVR ASS APC+EHガバナ+SCC WL(EHガバナ) × MELCAP(4k) — APC+SCC
省 力 化	自動化の範囲	○タービン起動準備より弁切換までの昇速増負荷 ○(ボイラ点火準備より目標負荷までのシーケンスモニタ)	○タービン起動準備より弁切換までの昇速増負荷 ○ボイラ点火準備より目標負荷まで ○減負荷よりタービントーニング開始まで	○タービン起動準備より弁切換までの昇速増負荷 ○ボイラ点火準備より目標負荷まで ○(減負荷よりタービントーニング開始までのシーケンスモニタ)	○タービン起動準備より弁切換までの昇速増負荷 ○(ボイラ点火準備より目標負荷までのシーケンスモニタ) ○減負荷よりタービントーニング開始まで	○タービン起動準備より弁切換までの昇速増負荷 ○ボイラ点火準備より目標負荷まで ○減負荷よりタービントーニング開始まで	○タービン起動準備より弁切換までの昇速増負荷 ○ボイラ点火後の昇温およびAPCモード切換 ○(ボイラ点火準備より目標負荷までの補機のシーケンスモニタ)
プラントの特長		○重油ウォーミングのDDC化 WL:Wired Logic SCC:Supervisory Computer Contorol	○自動化の範囲が広い。	○ボイラ燃料制御タービン弁切換および主蒸気温度制御にDDCの採用	○事業用火力では国産初のEHガバナ採用	○カラーCRTの採用	○コンバインドサーキュレーションボイラの昇温制御


```

PROGRAM DECLARATION;
PROGRAM; WTRSPR          :WATER SEPARATOR CONTROL
REAL   ; C050            :WATER SEPARATOR LEVEL
        C059            :CONTROL ERROR
        S019            :WATER DRAIN VALVE SET POINT
        A018            :WATER DRAIN VALVE OPENING

BIT    ; SN117           :WD VALVE CONTROL A/M SWITCH
        SN118           :BUMP GO/HOLD SWITCH

CONTROL CALCULATION;
CHAIN ( WDVALV,"020A",DRUM,ITINH )
DELTA TEE= 2S
10 BUMP;
   MV   = C050
   SP   = 50.0
   ADJUST = C117
   RESET = 100.0
   LBAND = 2.0
   AUTO = SN117
   HOLD = SN118

11 COMPUTE;
   RRR67 = C117-C050
   C059 = ABS ( RRR67 )

12 MULT;
   INPUT = 1.0,= RRR67
   OUTPUT = RRR68
   COEF = -1.0

13 PIAM;
   INPUT = RRR68
   OUTPUT = RRR69
   GAIN = 4.0
   RESET = 60.0
   HILIM = 100.0
   LOLIM = 0.0
   TRACK = A018
   AMSW = SN117

14 TRANSAM;
   INPUT = RRR69
   OUTPUT = S019
   SWITCH = SN117
   SETBIT = PRQ12

15 EXIT;

END;

```

図 3.3 ウォータセパレータ水位制御プログラム例
Coding form of water separator level control program.

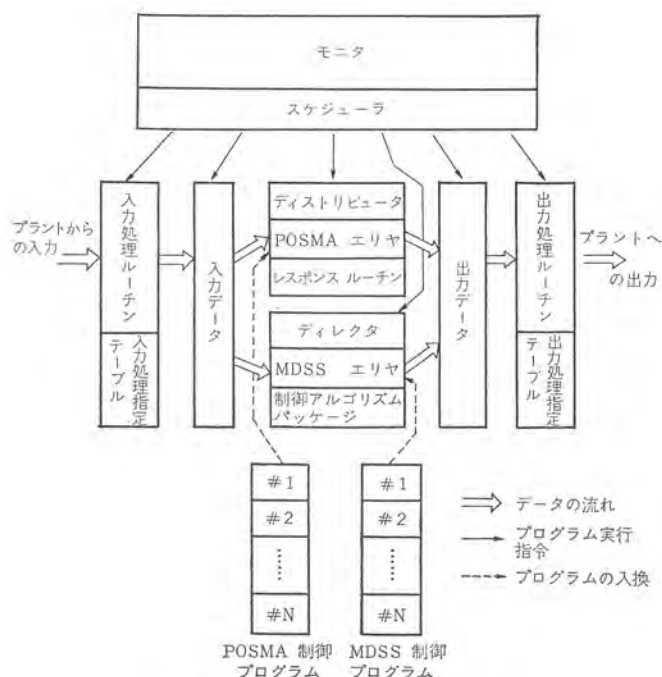


図 3.4 プログラム構成
POSMA, MDSS system program.

状態データおよび変化の有無のロジカルデータとして保存する。したがって POSMA, MDSS のプログラムはこの入力処理ルーチンにて準備されたデータにより演算を行ったり、また変化の有無のデータに基づいてプログラムの実行判断を行なう。

3.3.3 出力処理ブロック

出力処理ブロックについても入力処理の場合とまったく同様であり、POSMA, MDSS の論理演算結果のデータに基づいてそのデータと出力処理指定テーブルの組合せにより制御出力信号を出す。

3.3.4 POSMA プログラムブロック

POSMA プログラムブロックはディストリビュータ、レスポンスルーチンおよび POSMA 制御プログラム群で構成され、ディストリビュータがスケジューラまたは入力処理の変化検出に基づく特定プログラム実行の要請を受け、POSMA 制御プログラム群の中から必要なプログラムを POSMA ワーキングエリアに転送して実行する。この場合 AND, OR, NOT, DELAY などの基本的な動作についてはレスポンスルーチンにて処理される。

3.3.5 MDSS プログラムブロック

MDSS プログラムブロックは POSMA プログラムブロックとまったく同様であり、ディストリビュータをディレクタに、レスポンスルーチンを制御アルゴリズムパッケージに、プログラムエリアの部分は POSMA を MDSS に置き換えて考えればよい。

3.3.6 制御システムとしての動作

以上述べたブロックはおおの独立に動作するが、そのタイミング関係はスケジューラまたは入力処理ルーチンの変化判定に基づいて調整される。図 3.4 に示すようにプラントからの入力はまず入力処理ルーチンで処理され、POSMA, MDSS プログラムはそのデータを使って論理演算を行ないその結果を出力データとしてセットし、出力処理ルーチンがそのデータにしたがってプラントへ出力信号を出すべくモニタに要請し、モニタは出力部分のハードウェアを作動させ、ポンプの発・停、バルブの開・閉・開度調節などを行なって総合的なプラントの制御を実行する。

4. 実施例

POSMA, MDSS は下記の火力プラントに適用されその実績はきわめて有効であることを示しており、また今後のシステムにも使用する予定である。

東北電力新仙台 1 号
関西電力高砂火力 1, 2 号
関西電力海南火力 3, 4 号
関西電力姫路第 2 火力 5, 6 号
中国電力岩国火力 2 号
北陸電力福井火力 1 号
九州電力川内火力 1 号
三菱重工超臨界圧テストプラント

上記プラント中代表的なものにつき自動化の概要を説明する。

東北電力新仙台 1 号機、北陸電力福井 1 号機システムは起動過程においてはプラントの起動準備から目標負荷、定格主蒸気条件に至るまでの主機、主要補機に関する操作をほとんど完全に自動化し、また停止過程においては停止準備よりタービンのターニング開始までの主機回りの自動化を行なってプラント起動停止操作の安全化、合理化を計っている。この自動化システムは主機の連続制御、表 2.1 に示しているシーケンシャル制御のための、サブグループ制御装置 10 種との総括的な監視制御を主体としている。図 4.1 にボイラ点火準よりボイラ点火

過程のタイプライタ印字例を示す。

新仙台1号システムでは工場調整時にABC(一部)、DACA、ALRサブルーブとの組合せテストを、また両システムともシミュレーションテストを行ない、その結果現地調整においてはプラント工程にマッチし、火入れ式・通気式・通電式は無事計算機よりの自動起動に成功している。

中国電力岩国2号機システムは、運転員の監視制御を要するものはSCC、DDCを、単一操作で済むものはオペレーションガイドを採用している。

オペレーションガイドの運転員とのインタフェースはチャートディスプレイ、デジタル表示器を採用し、前者は主として点火前、通気前の準備操作結果のチェック、後者は点火後、通気後、定常時、減負荷時および解列後の操作指示に用いている。一方起動準備操作のスケジュール管理として、並列予定時刻をデータ設定することにより主要補機の起動時間を計算し、主蒸気圧力・温度、回転数、負荷の予定曲線と実績曲線をX-Yプロッタに作画することができる。

本プラントのDDC制御対象と方式は下記4項目である。

(1) 燃料量制御

軽油圧力設定器

点火昇温1 かん(缶)水温度に対応した初期燃料量にセット。

```
1051 APCS START UP USE
1051 START UP MODE=WARM SET
1051 ALR RECOVERY PREP END
1051 DACA RECOVERY PREP END
1052 ABC RECOVERY PREP END
1052 *D215 2 OR 3 BWCP CS NOT AUTO
1052 *D505 1C-BFP CS NOT AUTO
1052 *D224 ONE OF CP COS SELECT NOT NORMAL
1052 *D215 2 OR 3 BWCP CS AUTO
1052 *D505 1C-BFP CS AUTO
1053 *D224 ONE OF CP COS SELECT NORMAL
1053 *****
1053 *****
1053 BP02 BURNER ON PREP START
1053 1ST CP START
1054 D370 ABNR ON CPTR NOT SELECT
1054 D371 ABC ON CPTR NOT SELECT
1054 PEND-SH O D V-L 0% CLOSE
1054 PEND-SH O D V-R 0% CLOSE
1054 D370 ABNR ON CPTR SELECT
1055 1C-BFP START
1055 SET FWC A/M AUTO BY-MANUAL
1055 D371 ABC ON CPTR SELECT
1056 1A-BWCP START
1056 BWCP START CONDITION NO END
1056 D267 DRUM LEVEL 0 CM MORE NOT NORMAL
1056 D267 DRUM LEVEL 0 CM MORE NORMAL
1056 BWCP START CONDITION END
1057 1C-BWCP START
1058 BP02 BURNER ON PREP END
1101 *****
1101 BP02D BOILER PURGE START
1101 1ST PILOT OIL PUMP START
1102 WARM LIGHT OIL PUMP START
1102 P-SEQ START
1102 CHECK P-SEQ TIME NOW-C049 BY-MANUAL
1103 GRF START
1106 BP02D BOILER PURGE END
1107 *****
1107 BP03 BURNER ON START
1107 2 L-OIL BURNER ON
1107 D112 AMMONIA ETV NOT OPEN
1107 PEND-SH O D V-L 100% OPEN
1107 PEND-SH O D V-R 100% OPEN
1110 DRUM P 5K CONDITION STNDBY
1148 DRUM AIR VENT V OPEN
1148 MSP AIR VENT V OPEN
1152 A033 HQ 16.10 DRUM LEVEL L
1159 APCS REMOVE
```

図 4.1 タイプライタ印字例
Typewriter message.

昇温2 かん(缶)水温度変化率を規定範囲内に保つよう圧力設定器の増減。

定 圧 調速段出口メタル温度に対応したタービン通気時の予定主蒸気圧力に保つよう圧力設定器の増減。

低レンジ重油流量設定器

定 圧 上記主蒸気圧力に保つよう重油流量設定器の増減。

昇 圧 ドラム圧力変化率を規定範囲内に保つよう重油流量設定器の増減。

(2) 主蒸気管ブロー弁

主蒸気管ウォーミングのためボイラ出口蒸気温度とタービン入口蒸気温度との差に応じてブロー弁の開度制御、定圧あるいは昇圧時異常圧力上昇に対しての比例制御。

(3) 主蒸気温度制御

主蒸気温度上昇、変化率に基づきスプレ投入量の増減。

(4) タービン弁切換え

DACA(タービン自動昇速装置)による初負荷保持の領域において、ガバナモータに対してのパルス幅コントロール。

このシステムではDDC以外にDACA、ALRサブルーブに対するセットポイント制御がある。本システムも工場調整時にデジタル、アナログ両シミュレーションテストがなされ、そのデバッグの効果は実機テストに十分反映された。図4.2に起動時の昇温、定圧試験結果を示す。

DDCの多規模にわたる適用例として三菱重工超臨界圧テストプラントがあげられる。このテストプラントでアナログサブルーブでDDC化した部分はBT協調制御装置のうち、協調制御系およびウォータセレータ制御系で、火炉壁出口圧力制御系および発電機制御系はSCC方式を採用している。本自動化は当社と三菱重工(株)との共同研究のもとに実施され、計算機ソフトウェアの開発、インタフェース、マンマシンコミュニケーションの研究を実プラントと同程度に効率よく行なうことができた。

このテストプラントの自動化で取得された制御技術は、以後の実プラントに反映され、特に関西電力姫路第2火力5号機の昇温、BT協調制御にDDCチェーンとして組込まれ、試運転時において期待どりの成果をあげている。

九州電力川内プラントは北陸電力福井1号機、関西電力姫路第2火力5、6号機の自動化システムをさらに拡張した自動化システムである。このシステムはボイラ補機、APC、バーナコントロール、タービン補機、タービン制御、auxiliary系統に分割されており、FCB後の緊急再起動が可能である。超臨界圧プラントの運用を重視し、BT協調の起動停止スケジュール計算の機能を持っており、補機の起動、停止を含めその操作内容は今までの実績システムの集大成した規模となっている。

起動時、ボイラ系ではボイラ水ちょう(漲)よりDEBの目標負荷設定に至るまで、タービン系は海水系統の確立よりAPCガバナ圧力制御まで、停止時は負荷減少よりプラント補機停止までの全操作が自動化の対象となっている。このシステムは48年7月に工場におけるシミュレーションテストを終え出荷予定である。

5. む す び

火力発電所起動、停止の自動化は計算機制御の応用分野の中の大きなテーマとして最近10年間開発努力が続けられ、漸次実績を生み実用期を迎えるに至った。

本文では三菱火力プラントの実績を紹介し、内容を概観した。これら実績プラントはいずれも電力会社側と三菱グループ関係者の密接な

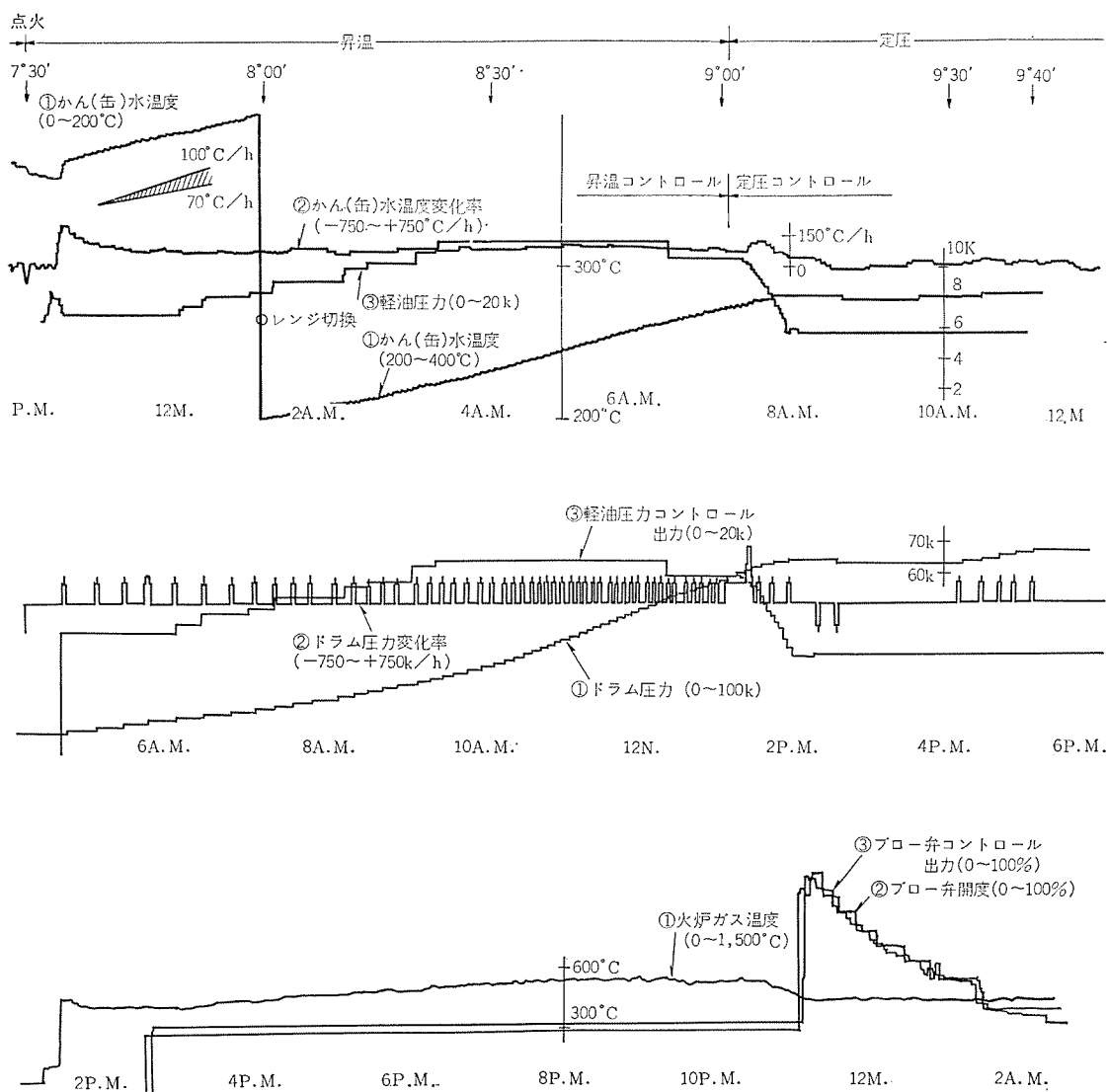


図 4.2 昇温・定圧試験結果例
Test result of temperature raising and constant pressure control.

協調作業により完成したものであり、関係各電力会社各位にはつつしんで謝意を表したい。

参考文献

(1) 花村, 大八木: 超臨界圧テストプラントによる DDC の研究, 三

菱重工技報, 9, No. 6 (昭和 47-11)

(2) 山川: 新仙台火力 1 号機の自動化と試運転実績, 火力発電, 23, No. 1 (昭和 47-1)

(3) 花村, 橋本: 火力発電所計算機制御の動向, 三菱電機技報, 43, No. 11 (昭和 44-11)

鉄鋼プラントにおけるマイクロコントローラ MELMIC の応用

山下 弘雄*・山 本 修*

Application of Micro Controller MELMIC for Iron and Steel Plants

Kobe Works Hiroo Yamashita・Osamu Yamamoto

Remarkable is the enlargement in the scale of iron and steel plants, the speeding up of their productive lines and the improvement of the quality of products. With this trend of advancement, the control equipment for the operation of installations gets complicated and of higher degree. In this paper are described chiefly examples of employing super small computers (micro controller) MELMIC applied to the rolling mill line and the process line.

First, the discussion covers the position of MELMIC in the computer system and the share of function borne by MELMIC with the control of various rolls and process lines.

1. ま え が き

近年、鉄鋼プラントの大形化、ラインの高速化、製品品質の向上は著しく、これにともない設備の運転を制御する制御装置は複雑、高級化している。三菱電機は鉄鋼プラント電機品の製作には永年の経験と実績を有し、これらにもとづいた技術力によって最新鋭鉄鋼プラントの運転に適した自動制御装置を多数納入している。

ここでは、鉄鋼プラントの中で主として圧延ラインおよびプロセスラインに適用される自動制御装置に超小形コンピュータ(マイクロコントローラ) MELMIC を採用した例を紹介している。まず、MELMIC の計算機制御システムにおける位置を論じ、各種圧延・プロセスラインの制御機能につきどのような機能を MELMIC が分担しているかを述べる。

2. MELMIC の機能と適用システム

2.1 MELMIC の機能

MELMIC は、計算機のもつ「はん(汎)用性」と従来のワイヤードロジックのもつ「専用性」というそれぞれの長所をかねそなえ、さらに、「演算」能力を持った制御機器として開発され、下記のような特長を持っている。

- (a) 演算機能を必要とする制御が実現できる。
- (b) プログラムによってロジックを組むことができるので、融通性のある制御シーケンスが容易に得られる。
- (c) 機器構成が簡素化されるので高信頼性の維持ができ、また保守が容易にできる。
- (d) 上位計算機との接続が可能であるから特長あるシステム構成ができる。
- (e) 経済的適用ができる。

表 2.1 は MELMIC を構成する各ユニットの主仕様を示している。また、図 2.1 は MELMIC の各ユニット間の接続を示すブロック図である。

MELMIC の特長の一つに、その使用するメモリとその容量がある。MELMIC の制御メモリは IC-ROM (Read Only Memory) を使用しているため制御方式がかたまるまでは IC-RAM (Random

表 2.1 MELMIC の構成と仕様
Specifications of MELMIC.

演算制御ユニット	語長: 1 語=16 ビット 制御メモリ: 256 語 (最大 1 k 語まで拡張可能) スクラッチパッドメモリ: 224 語内蔵可能 インタフェース用バッファレジスタ 29 語接続可能 (外部) アキュムレータ: 2 語 ステータスレジスタ: 1 語 命令: 基本 27 種、間接命令機能付加可能 命令実行時間: 4 μ s/1 命令 タイマ内蔵可能 割込み: 1 レベル 6 原因内蔵 (外部に増設可能)
入出力ユニット	入力: 32 点, リレー接点 出力: 16 点, リレー接点
デジタルスキャナ	32 点単位で最大 8192 点 接点または、論理レベルインタフェース
データメモリ	256 語単位で最大 8192 語 読出し専用メモリまたはリードライトメモリ
インタフェースレジスタ	1 語単位で最大 29 語 論理レベルインタフェース
紙テープリーダー	読取り速度 1,000 字/分
紙テープパンチャ	さん孔速度 1,000 字/分
デジタルプリンタ	1 行当り 8 けた, 12 けた, または 20 けた 印字速度 最大 3 行/秒
出力タイプライタ	印字種類 16, 32, 46, 92 印字速度 最大 10 字/秒
ROM 書込み装置	読出し専用メモリへのプログラム書込み
RAM 書込み装置	リードライトメモリへのプログラム書込み, またはシステムメンテナンス用

Access Memory) を使用する。一方、メモリ容量は最大 1 k 語であるため小規模のシステムに対し経済的なシステム制御が実現できる。

表 2.2 は、MELMIC の命令一覧表であるが、これらの命令群は一般のミニコンに匹敵するものであるため各種の自動化制御プログラムは容易に、効率良く作成することができる。

図 2.2 は、MELMIC が有する唯一のマシンインタフェースで RAM 書込み装置である。プログラムデバックおよび RAM への書込みはすべて本装置を通じて容易に行なわれ、その手順を図 2.3 に示している。

2.2 MELMIC の占める位置

図 2.4 は、計算機制御システム (PCCS) の一方式を示しており、上位管理用計算機と DDC (Digital Direct Control) を実行する制

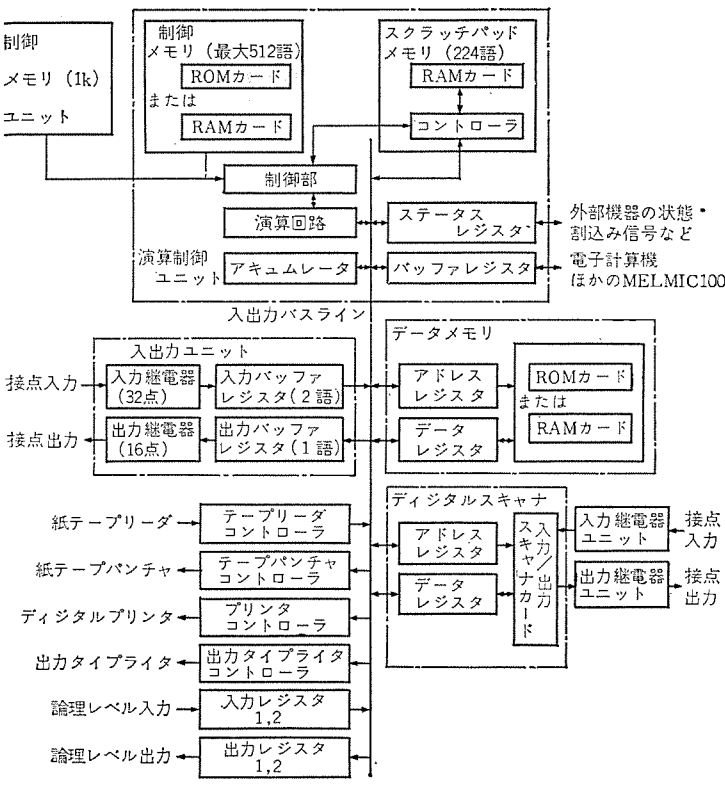


図 2.1 MELMIC 総合系統図
System configuration of MELMIC.

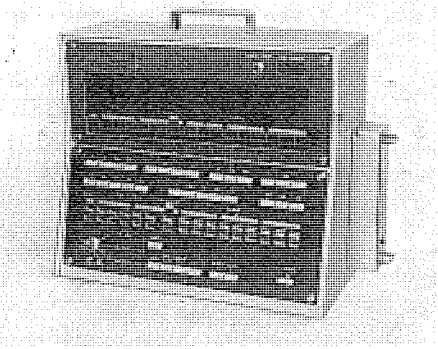


図 2.2 RAM 書込み装置
RAM entry device.

御用計算機によって構成されたシステムである。このようなシステム構成は、相当な効果が期待でき、大形プラントでは実施されつつある。一方、図 2.5 に示したシステム構成による制御が現在多く行なわれているが、図 2.4、2.5 とともに制御用計算機によるハイアラキーシステムを構成しており、図 2.5 における MELMIC は、ハイアラキーシステムの端末に位置し、ローカルな制御を分担して DDC を実行する。図 2.5 における制御用計算機との制御機能の分担は、制御方案・制御範囲・制御機能などによって決定され、このようなシステム（図 2.5）を採用することにより、下記のような特長あるシステムが実現できる。

(a) MELMIC の記憶容量から知れるごとく、1 台の MELMIC の受持つ制御範囲は比較的せまく、MELMIC 故障の際のその影響する範囲もせまくプラント全体に波及しない。

(b) 計算機利用技術 (S/W 技術)、S/W 体系は比較的簡単であって、計算機制御の適用機能が拡大される。また、この計算機システムの保守は容易である。

表 2.2 MELMIC 命令一覧表
Instruction of MELMIC.

分類	シンボリックコード	名	称
算術演算	A	加算	Add
	AI	直接加算	Add Immediately
	S	減算	Subtract
	SI	直接減算	Subtract Immediately
論理演算	AND	論理積	Logical AND
	ANI	直接論理積	Logical AND Immediately
	OR	論理和	Logical OR
	ORI	直接論理和	Logical OR Immediately
	EOR	排他的論理和	Exclusive OR
転送	L	読出	Load to accumulator
	TFR	転送	TransFeR to register
	LI	直接読出	Load to accumulator Immediately
ビット演算	SEB	セットビット	SEt Bit
	REB	リセットビット	REset Bit
	TEB	ビット条件判定	TEst Bit
けた移動	SL	左シフト	Shift Left
	SR	右シフト	Shift Right
	SLD	倍語長左シフト	Shift Left Double word
	SRD	倍語長右シフト	Shift Right Double word
判断	B	無条件飛越	Branch unconditionally
	BNE	負条件飛越	Branch on accumulator NEgative
	BZE	零条件飛越	Branch on accumulator ZEro
	BPO	非負条件飛越	Branch on accumulator POsitive or zero
	BIN	間接飛越	Branch INdirect
制御	CO	出力指令	Command Output
	TM	割込復帰	TerMinate
	NOP	無動作	No OPeration

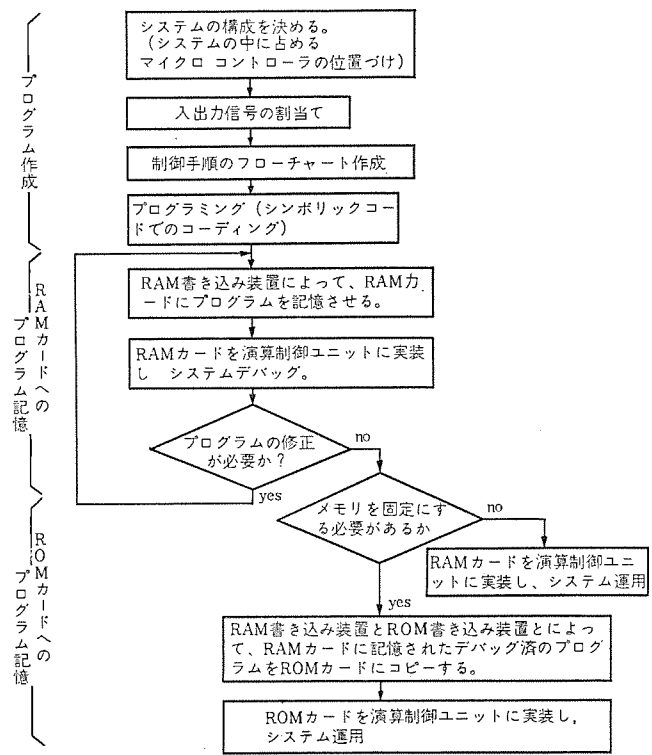


図 2.3 MELMIC 100 システムプログラム手順
How to use MELMIC.

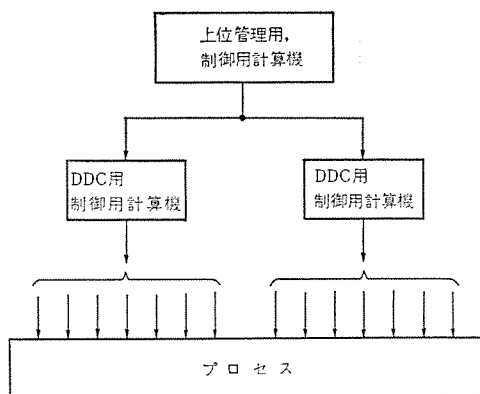


図 2.4 計算機制御システム (1)
Process computer control system (1)

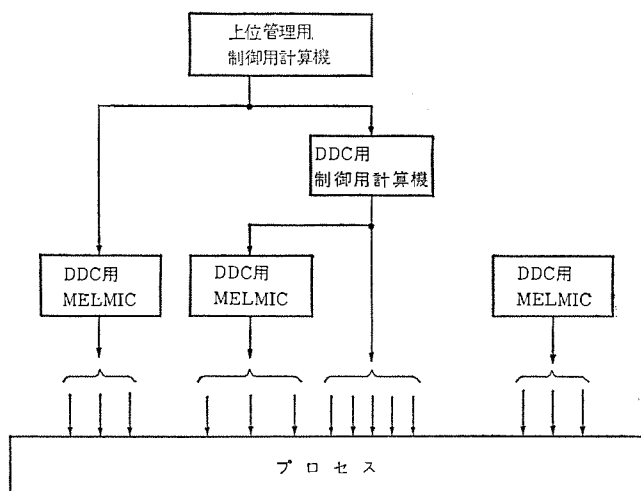


図 2.5 計算機制御システム (2)
Process computer control system (2).

- (c) MELMIC 1 台によって受持つ制御範囲では、速応性の制御が可能になり新しい制御機能が実現できる。
- (d) 経済的なシステム構成が実現できる。
- また、上位のプロセス制御計算機が導入されないラインにおいても、

1 台の MELMIC で従来、制御機能ごとに設置していた専用の自動装置の複数の機能を行なわせることができ、このような例はピックアップラインなどのプロセスラインに多くある。

2.3 適用システムの例

MELMIC は鉄鋼プラントの各種の制御対象、制御方式が考えられるが、MELMIC の適用が有利であると考えられる制御システムは下記のとおりである。

- (a) 相似な制御方式を有する制御系が多数あるシステム
自動圧下位置制御、デジタルスタンド速度計測制御、自動減速制御の複数ライン制御など。
- (b) 算術演算制御が多数含まれる制御システム
自動減速制御、AGC、など。
- (c) 複数の制御機能が混在し、時分割制御として扱える制御システム
プロセスラインの自動化 (4 項参照)、加熱炉まわりの制御など。
- (d) 高速パルス列を含むデジタル制御システム
AGC、トラッキング制御、速度制御など。
- (e) ハイブリッド制御システム
AGC、ミルやリールの主制御など。

3. 圧延設備への適用

3.1 概略

鉄鋼プラントの中で圧延設備はプラントの規模、機能からみて最大級のものであり、各種の制御機能が存在している。図 3.1、3.2、3.3 は、熱間および冷間圧延設備の概略構成と MELMIC を適用できる制御機能が示してある。このほかにも種々の制御対象や制御方式が多く考えられるが、ここでは、MELMIC を圧延設備に適用した DDC システムの具体例について述べる。

3.2 APC システム (Automatic Position Control)

図 3.4 は、MELMIC による APC システムの概略ブロック図である。一般に Position Control は、図 3.1、3.2 に示したごとく、圧下ロール、サイドガイドなどの位置決めを実行する機能であるが、制

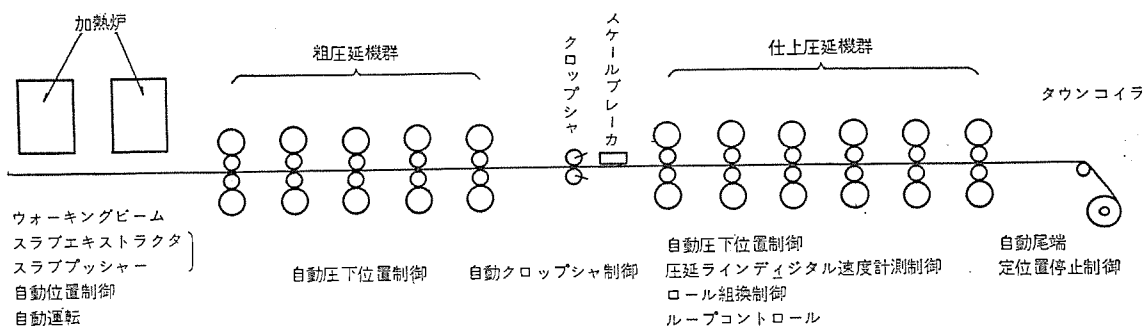


図 3.1 連続熱間圧延設備の構成と MELMIC 制御機能
Hot strip mill and MELMIC control function.

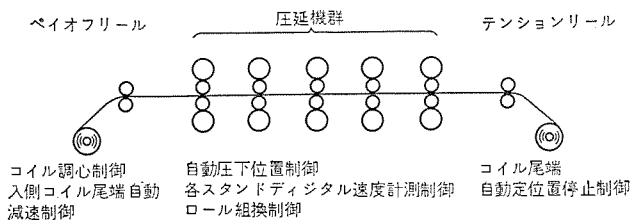


図 3.2 連続冷間圧延設備と MELMIC 適用制御機能
Tandem cold mill and MELMIC control function.

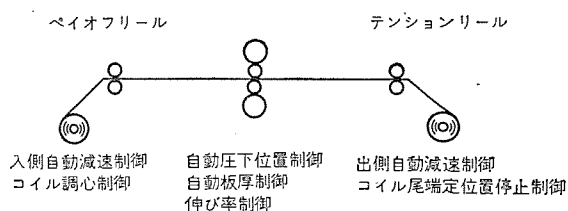


図 3.3 シングルスタンド冷間圧延設備と MELMIC 適用制御機能
Single stand cold mill and MELMIC control function.

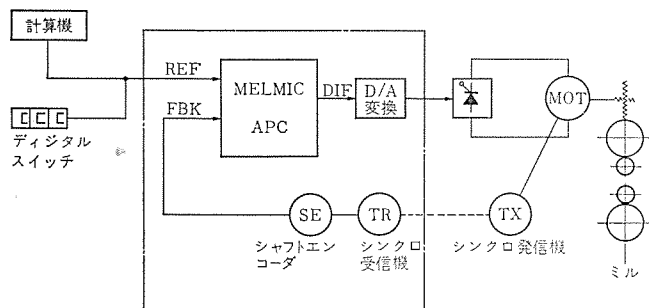


図 3.4 MELMIC による APC システム
MELMIC-APC system.

御方式は圧下ロールのように高精度を要求される場合は減速カーブ (Slow Down Curve) を用いて位置の偏差に応じた制御出力 (可変電圧制御) を行なう。減速カーブの決定には、モータータ機系の GD^2 を考慮して決定される。制御用計算機で APC を実施する場合には、自動的に減速特性を算出することが可能であるが、MELMIC ではあらかじめメモリ内にテーブルとして与えてある。制御プログラムは、フィードバック信号 (FBK) をシャフトエンコーダ (SE) またはパルス発信機などで読取り、スイッチまたは上位計算機から与えられる基準信号 (REF) との偏差 (DIF) を求め、上記減速カーブに従って制御出力を行なう。最終出力は、MELMIC 制御盤内の D/A 変換器によってアナログ信号として出力される。制御出力のほか、シーケンス制御信号として、ゼロエラー (ZE) やスタートアンティシペイト (SA) などを必要に応じて出力する。一方、精度があまり要求されないものや、駆動系が A・C モータの場合は減速カーブを用いず接点による減速、停止出力が行なわれる。MELMIC-APC で検討を要することは、フィードバック信号の速度と全ループ実行速度の相互関係であるが、MELMIC では、ベーシックプログラムが不要であるため、制御プログラムの実行時間がそのまま各ループの実行周期になっている。このため、速応性のある APC システムが実現できる。

3.3 デジタルスタンド速度計測制御

ホットストリップミル、コールドミル、形鋼ミル、棒鋼ミルなどのように多くの連続した圧延機群のあるプラントでは各圧延機速度はかなり高精度の値が要求される。

図 3.5 は、MELMIC によるデジタルスタンド速度計測制御システムのブロック図を示す。速度計測はサンプリング方式で行なっている。各スタンドのロール径を直読し、ロール径補正を含めたサンプリング時間 (Δt) を式 (3.1) によって求める。

$$\Delta t = \frac{60 \pi \cdot D}{n \cdot \beta \cdot p} \quad (3.1)$$

ここで D は、ロール径、 n 、 β 、 p は機械系、パルス発信機などによって決まる定数である。各スタンドのパルス発信機からのパルス信号を上記式で求めたサンプリング時間 Δt (s) だけ計測するとカウンタに蓄積されたパルスは各スタンドの速度となる。本システムでは基準パルスとして 10 kHz のパルスを割込信号として受付けている。計測された速度データは必要に応じて上位計算機へ送り他の制御の基本データとする。また、運転室へ数字表示することにより運転状況を知らせている。

3.4 フィードフォワード AGC システム

AGC (Automatic Gauge Control) は、各圧延設備によってそれぞれの特長を生かした種々の方式がある。ここでは、シングルスタンドのコールドミルにおけるフィードフォワード (Feed Forward) AGC への適

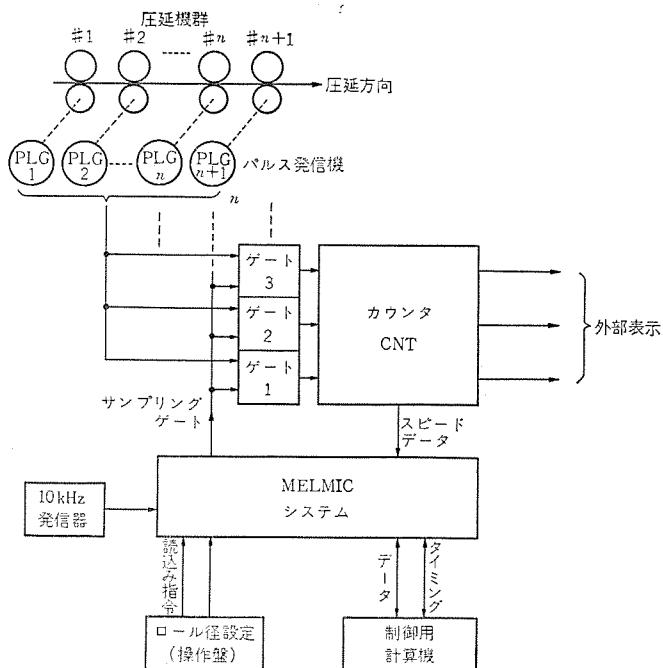


図 3.5 デジタルスタンド速度計測制御
Digital stand speed measuring control system.

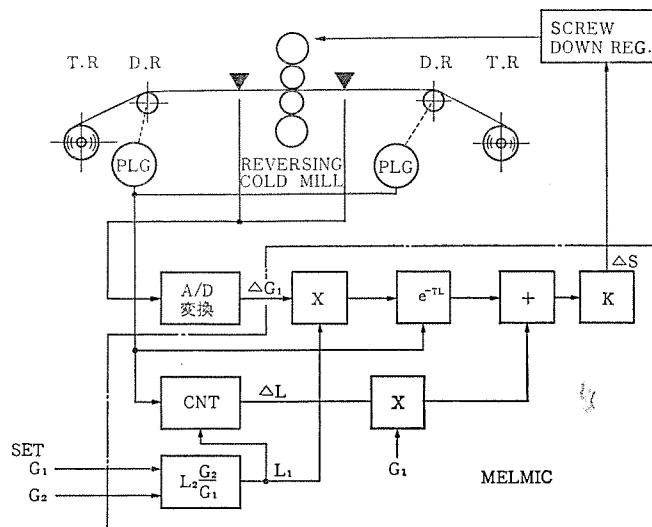


図 3.6 MELMIC フィードフォワード AGC システム
MELMIC-feed forward AGC system.

用例についてその概略を述べる。

図 3.6 は、MELMIC による圧下フィードフォワード AGC システムのブロック図である。動作原理は、一般的によく知られているマスフロー一定の原理を用いている。いま、ミルの出側板長を計測単位として微小変化を考え、鋼板搬送時間および圧延する鋼材の“かたさ”の係数 (ハードネス) を考慮したときの AGC 出力は式 (3.2) で示される。

$$\Delta s = K \cdot \frac{G_1 \cdot \Delta L_1 + \Delta G_1 \cdot L_1 \cdot e^{-TS}}{L_2} \quad (3.2)$$

ここで

- Δs : AGC 出力
- G_1 : 入側板厚
- L_1 : 入側板長
- L_2 : 出側板長
- K : ハードネス
- e^{-TS} : 可変むだ時間

上式において、可変むだ時間 e^{-TS} は、圧延速度によって変化するため、この項を精度高くすることが AGC の精度に大きく影響する。MELMIC-AGC では、この可変むだ時間をデジタル的に算出しており、従来のアナログ制御系に比べ著しく高精度で求められるため、アナログ遅延回路のもつ加減時や急激な板厚変化時の精度の低下などの欠点を一挙に解決している。MELMIC-AGC は上記のほか

- (1) 演算精度の向上
- (2) ドリフトがない
- (3) 調整が容易

などの特長がある。シングルスタンドコールドミルの AGC には、圧下フィードフォワード AGC のほかに

- (1) 圧下 サンプリング AGC (MELMIC)
- (2) フィードフォワードテンション AGC (MELMIC)
- (3) 圧下 モニタ AGC (ハードウェア)
- (4) テンション モニタ AGC (ハードウェア)

などが組合されたハイブリッド AGC を構成し、圧延される多種多様の鋼材質によって選択可能としている。

4. 処理（プロセス）ラインへの適用

4.1 概要

鉄鋼プラントにおける圧延後の処理ラインは数多くある。たとえば、酸洗・各種めっき・クリーニング・調質・焼鈍・分割など多種に渡って

いるが、図 4.1 に示すごとく、入側セクションと出側セクションは、どのラインでもほぼ共通の構成であり、センタセクションに各ラインの特長が含まれている。図 4.1 には、MELMIC が適用できる制御機能が示してあるが、プロセスラインへの適用の特長は、これらの複数機能が 1 台の MELMIC で制御できることである。ここでは代表的な例として酸洗ライン (CPL) への MELMIC の適用について述べる。

4.2 CPL における MELMIC

図 4.2 は、CPL のライン構成と MELMIC の制御ブロック図である。

(a) 入側コイル調心制御

コイルカーに積まれたコイルの中心をペイオフリールの中心に合わせる高さ方向のセンタリング制御、および、コイル幅中心を圧延ライン中心に合わせる幅方向のセンタリング制御である。検出器とパルス発信機のパルスにより位置の制御を実行する。

(b) 入側自動減速制御

ペイオフリールから払出されるコイルが終了するところライン速度を規定の速度まで自動的に減速させる制御である。制御方式にはコイル円周方式、コイル径方式、ラップ方式などがあり、それぞれ特長をもっている。図 4.3 は、コイル円周方式を示すブロック図である。本方式では、コイル円周の計測を行ないつつその変化率から減速に必要なストリップ長さ Ln を算出する。一方、ライン速度に応じた減速

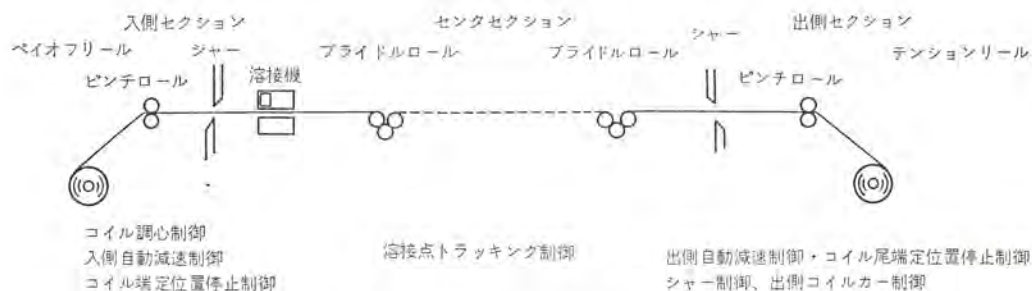


図 4.1 プロセスライン設備と MELMIC 適用制御機能
Typical layout of process lines and MELMIC control function.

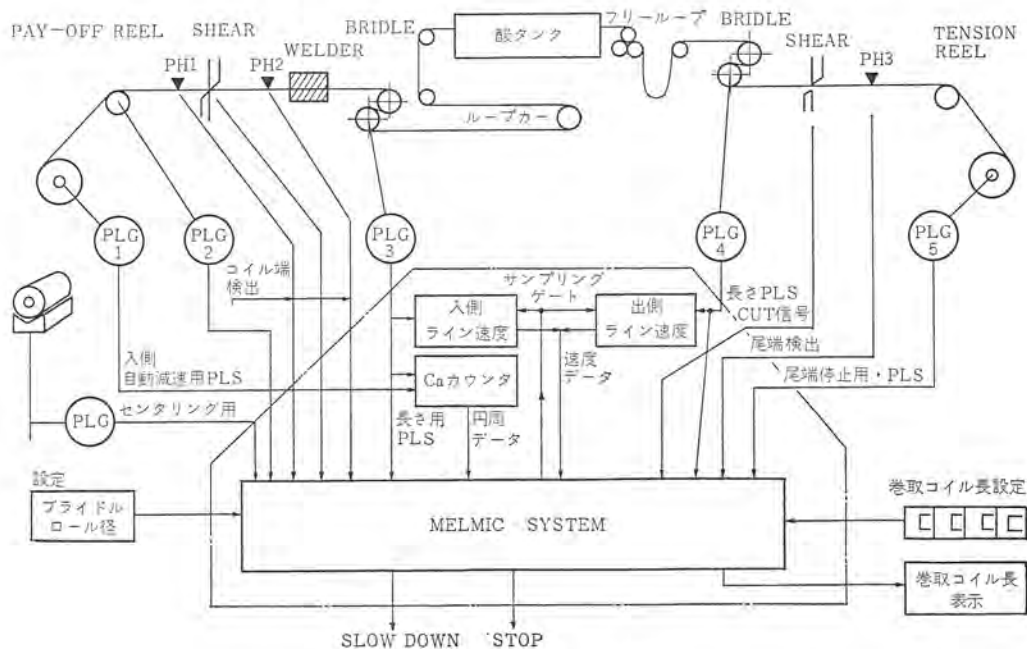


図 4.2 酸洗ラインにおける自動化システム
CPL automation system

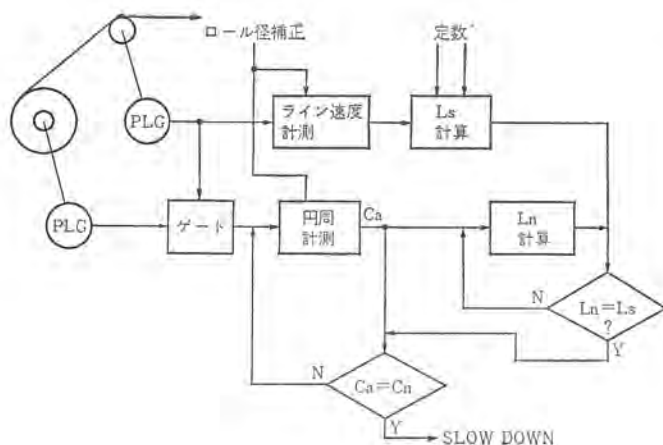


図 4.3 入側自動減速制御 (円周方式)
Entry automatic slow down control (circumference).

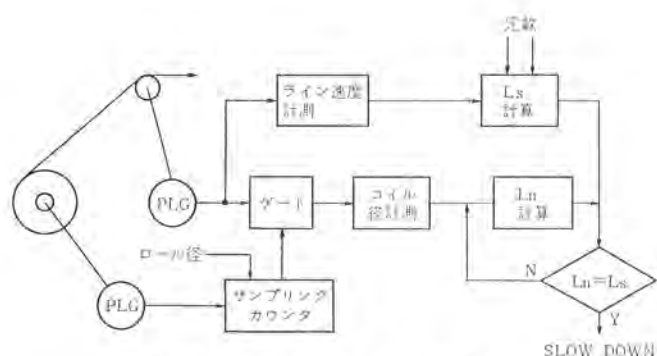


図 4.4 入側自動減速制御 (コイル径方式)
Entry automatic slow down control (coil dia.).

に必要なストリップ長さ L_s を比較し、両者が一致したときの理論円周値 C_n と計測された円周値 C_a とが一致したときに減速指令を出力するものである。図 4.4 はコイル径方式のブロック図である。計測されたコイル径から求めたストリップ長さ L_n と、減速に要するストリップ長さ L_s を比較し、一致したときに減速指令を出力するものである。これらの方式は、適用されるラインによって選択される。

(c) コイル端位置停止制御

入側セクションにおいてストリップの先端や尾端は Shear で切断され、形状を整えてから溶接される。このため、Shear および溶接機において先行するストリップの尾端、後続するコイルの先端の位置決

めをする制御が実行される。MELMIC は、それぞれコイル端を検出して先端、尾端の定位置停止制御を行なう。

(d) 出側溶接点自動減速・停止制御

入側セクションで溶接されたストリップの溶接点を出側のシャー位置で減速停止させる機能である。種々の方式があるが、いずれも溶接点トラッキング制御が実行される。CPL のように入側、出側の間にループカーやフリーループのあるプロセスラインでは、入側でコイル全長をあらかじめ計測しておき、出側セクションで、走行ストリップ長さと比較しながら、減速指令・停止指令出力タイミングを制御している。

(e) 出側コイル長さ自動減速・停止制御

テンションリール (T・R) で巻取るストリップ長さがあらかじめ設定された長さで減速・停止する制御である。長さの自動減速は、(d) で述べた溶接点の減速、停止制御と原理は同様である。

(e) テンションリールコイル尾端定位置停止制御

テンションリールで巻取ったコイルの尾端が常に一定の角度で停止させる制御である。適用するラインの機械構成によって各種の方式が採用されている。図 4.4 の方式はその一例で、出側シャーから尾端検出まで走行する間に、コイル径を計測し、以後、巻太り補を実行しながら停止タイミングを演算制御している。

以上のように、プロセスラインにおける MELMIC は、複数の制御機能を 1 台で DDC 制御を実行させることができる。

5. む す び

鉄鋼プラントの圧延・処理ラインの計算機制御システムは、適用されるラインの種類・規模によって、それぞれ最適な H/W, S/W システムがあるが、本文では、マイクロコントローラ MELMIC を採用すれば、特長ある計算機制御 H/W システムが実現でき、さらに、MELMIC の機能を有効にいかすことによって、新しい制御機能 (対象) の DDC 化による DDC 範囲の拡大、計算機制御システムの故障の局地化、システム信頼性の向上、経済的システムの実現について述べた。

今後、MELMIC の適用分野 (適用機能) はますます拡大されることが予想されるが、最近の話題であるはん用プログラマブルシーケンスコントローラと MELMIC および上位の DDC 計算機と組合せて使用し、それぞれの分担する機能を再評価すれば、非常に特長ある計算機システムが実現できよう。

最後に、各製鉄会社には、MELMIC 採用に当り格別のご配慮を賜ったので深甚の謝意を表する。

三菱工作機械群管理システム

俵口 久元*・八杉 征晴*・飯田 秀正*
山 白 康 太 郎**

Mitsubishi Integrated Numerical Control System

Kamakura Works Hisamoto Hyoguchi・Masaharu Yasugi・Hidemasa Iida
Head Office Kotaro Yamashiro

Recently economical situations are getting very severe at home and abroad. It is a crucial problem in Japan to improve the productivity of manufacturing plants nowadays. To cope with it the practicalization of an integrated control system of machine tools is drawing attention as a nucleus of the combined automation of the plants.

The integrated control system is intended, by the introduction of computers and the concentration of respective control functions, for systematizing the manufacturing plants which has been individually resorting to the automatic operation through numerical control equipment. This innovation greatly owes to the cost reduction of computers and the advancement of technique of their application.

Herein is introduced Mitsubishi Integrated control system brought to completion recently by the joint development of Mitsubishi Electric and Mitsubishi Heavy Industries.

1. ま え が き

最近の労働力不足と内外の経済状況による生産性向上の要求は、日本における NC (数値制御装置) 機を飛躍的に普及させてきた。NC 機の実用化の努力の結果、個々の NC 機はそれ自体大幅な切削効率の増大をもたらしている。ところが複数台の NC 機の相互の関連を製品を通して見た場合、必ずしも効率的に運用されているとは限らない。こういう NC 機群を効率よく稼働させるためには次のことが要求される。

- (1) 膨大な量の加工プログラムの準備や保管
- (2) 加工プログラムのオンラインの最適化
- (3) 適確なツールやワークの準備
- (4) 各機械の稼働状況は(把握による)工程管理
- (5) 将来の無人化工場へのステップ

上記の要求をみたすシステムとして、従来 NC を計算機で一括管理する方式と、NC 機能をソフト化し計算機に担当させ、NC にかわり機械制御装置(MCU)を置く方式の2方式がある。

前者に対しては当社はすでに工作機械および製図機の群管理を行なった実績がある。後者システムは、低価格ミニコンピュータの出現、オンラインリアルタイムの計算機技術の進歩によりはじめて実用価値を生じてきた。後者システムは三菱重工業(株)と共同開発したものであり、昨年の東京晴海で開催された第6回日本国際工作機械見本市に出品された。以降前者後者を含めて MINCS (三菱群管理システム: Mitsubishi Integrated Numerical Control の略称)と呼ぶが、ここでは後者について概略説明を行なう。

2. MINCS の特長

2.1 CRT による加工プログラムのオンライン修正

マシンオペレータは、CRT によりディスクにストアされている加工プログラムを容易に修正できる。このため加工プログラムの最適化が容易になされ切削効率が上がる。

2.2 大規模システムへの発展性

工場全体の最適化を考える場合、一部のラインあるいは一つの部品のみをコンピュータの管理下におくだけでなく、工場全体として各ラインのシステム化を計る必要がある。本システムはこの大規模システムの核として設計されており、上位コンピュータへのリンク、ロードアンローダの接続が容易になっている。

2.3 データバンクとしてのディスク

従来 NC の故障のうち最も多いのが、テープリーダの故障であり、紙テープの汚損による紙テープリーダの誤読も多い。また紙テープの保管、配給等も簡単な仕事でない。これらを一挙に解決するものとして本システムは、大容量ディスクを加工データバンクとして使用している。マシンオペレータは、所望の加工プログラムを設定表示パネルよりワンタッチで呼び出すことができ、時間・仕事量共に節約できる。

2.4 ソフトロジックによる機械制御

本システムでは信頼性・保守性を上げるべく現場におかれるハードウェアをできるだけ少なくし、従来 NC 機能の大部分をソフトロジック化した。このため機械制御機能の変更・追加が容易であり、ユーザ独特の制御機能などもとり入れやすい。

2.5 管理データ収集

スケジュール運転されている作業の進捗(捗)状況、各機械の稼働時間、稼働率、ワークの加工時間、手持ち時間等がオンラインで収集・集計されており、管理者は任意にこれらの情報を取得できる。

2.6 ローコスト

旋盤 NC に比べマシセンフライス用 NC はまだ高価である。これを5～10台購入する場合は、従来 NC よりも本システムを導入するほうがより初期投資額が少なく済む。

3. MINCS の構成

3.1 システム機能構成

MINCS 群管理システムの機能は、図 3.1 に示すように大きく機械制御機能と情報処理機能との二つに分かれる。

図 3.1 はデータファイルを中心とした図であり、情報処理機能はさ

MINCS システム の ハードウェア 構成を図 3.3 に示す。計算機室側に

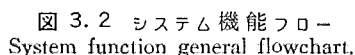
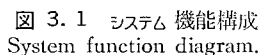
[illegible]

図 3.3 MINCS 機器構成
MINCS hardware block diagram.



表 3.1 MINCS 構成機器仕様一覧
Specification of MINCS hardware.

機 器	仕 様		所要電力	環境条件	
	項 目	機 能		温 度	湿 度
メ モ リ モジュール	種 類	コアメモリ	100V±10% 1kVA	10~40	35~85
	幅 長	16ビット+パリティビット			
	サイクル タイム	0.8μs			
	容 量	16kW			
セントラル プロセッ シング モジュール	演 算	2進並列	100V±10% 0.5kVA	15~30	40~80
	加算時間	0.8μs			
	乗除演算	ハードウェア処理			
	命 令 数	基本 41 (合計 150 種以上)			
補 助 記憶装置	種 類	カートリッジディスク	100V±10% 0.5kVA	5~35	40~80
	容 量	2.49 MW			
	平均アクセス タイム	40 ms (60 Hz)			
	転送速度	77.3 k 語/秒 (60 Hz)			
システムタ イプライタ	印字速度	20 字/秒	100V±10% 0.3kVA	5~35	40~80
	テープ読取 速度	20 字/秒			
	テープ読取 エラー率	20 字/秒			
	テープ読取 エラー率	20 字/秒			
紙 テー プ リ ー ダ	読取機構	光電式	100V±10% 0.25kVA	5~35	40~80
	読取速度	200 字/秒			
ラインコミ ュニケーシ ョンアダプ タ	チャンネル数	1 回線	100V±10% 1kVA	0~50	30~80
	通信速度	1,200 ボー/秒			
キャラクタ ディスプレ イ	機 能	文字表示&キーボード入力	100V±10% 1kVA	10~35	30~80
	文字種類	英数カナ文字			
	表示容量	640 字 (40×16)			
	カラー色数	7			
入出力イン タフェース	基 本 ユ ニ ッ ト	I/Oバッファインタラプト変換 ユニット	100V±10% 0.5kVA 以上	10~40	35~85
	付 加 接 続 ユ ニ ッ ト	紙テープリーダ接続ユニット			
		MCU 接続ユニット			
M C U	制 御 軸 数	最大 5 軸	100V±10% 1kVA 以上	0~45	35~85
	出力単位	10μ, 5μ			
	サーボ機構	レゾルバ&DFBサーボ			
	オプション	ハンドル送り, ピッチ誤差補正 バックフラッシュ補正, 位置表示 器			
	M S T バッファ	MST 2 けた (標準)			

に群管理システム特有の機能であるオンラインの時間集計用の設定押しボタンが装備されている。これを図 3.4 に示す。構成機器仕様一覧を表 3.1 に示す。

3.3 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェアの構成を図 3.5 に示す。図 3.5 に示すごとくタスクの実行制御を行なう管理プログラムの一部であるスケジューのもとに、五つの異なったレベルのプログラムと一つのインタラプトレベルのプログラムが管理されている。プログラムの実行優先順位は図の上位のほうが高く、上位のプログラムは下位のプログラムに優先して実行される。

各プログラムを概説すれば、SYNC プログラムと MAIN プログラムで機械制御機能を行っており、SYNC は MCU からのインタラプトによって起動され、MAIN プログラムは 1 ブロック完了ごとに SYNC プログラムによって起動されるプログラムである。またジョブコントロールプログラム

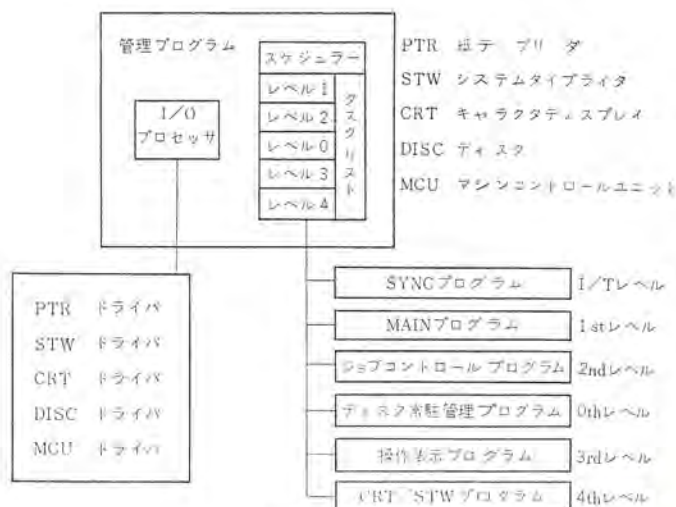


図 3.5 プログラム構成
Structure of program.

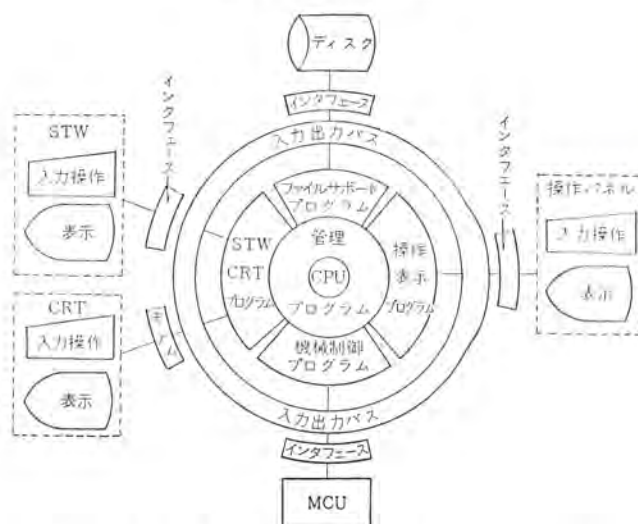


図 3.6 ハードウェア/ソフトウェアシステム構成
Hardware/software system diagram.

は、各プログラムの起動停止等を STW よりやりやすくなるための一種のオンラインユーティリティプログラムである。また 0th レベルとあるディスク常駐の管理プログラムにはインチャイザ、メッセージプリンタ用のフォーマット変換用のプログラムが含まれる。また 3rd, 4th レベルのプログラムは、操作表示パネル、CRT、STW とのコミュニケーションを行なう。

3.4 システム構成

前項でハードウェア構成、ソフトウェア構成について記したが、ここではこれらの相互の関連を図 3.6 に示しこれについて説明する。

図 3.6 において、CPU (ハード) にもっとも深く密接した管理プログラムがあり、この管理下に各機器のためのプログラムがある。MCU と機械制御データをやりとりする機械制御プログラム、機械の側におかれる操作表示パネルの操作表示を行なう操作表示プログラム、また STW、CRT により各種情報処理を行なう STW/CRT プログラム また データバンクとしてのディスクのファイルのメンテナンスサポートを行なうファイルサポートプログラムがある。これら各プログラムはコンピュータ入出力バスを通して各機器との情報の授受を行なう。

ファイルサポートプログラムは実際のプログラム構成では管理プログラムおよび CRT/STW プログラムの一部となっている。各機器との入出力はさらにこれらのプログラムと機器の中間にある各ドライバプログラムにより行なわれる。

4. MINCS の機能

MINCS の機能の一覧を表 4.1 に示すが、ここではこの仕様の中で特長のある機能を取りあげこれに説明を加える。

4.1 加工プログラムの修正

加工プログラムの修正を本システムでは、計算機室ではシステムタイプⅠから、現場では CRT から行なうことができる。従来では試し切削において加工プログラムのミスを正す場合、新しいテープを作成するほかはなかったが、これによれば即座に現場より加工プログラムを修正できる。修正例を図 4.1 に示す。

4.2 加工プログラムの呼出し

通常はスケジュール運転されて、呼び出しボタンを押すごとに次々スケジュールプログラムが呼び出されるが、割り込み作業が入ってきたときは、ディスクに登録されているプログラムであれば任意に呼び出すことができ、割り込み作業が実行できる。

4.3 固定サイクル機能

本システムにはタイプⅠとタイプⅡの二つのタイプの固定サイクルがあり、タイプⅠは従来 NC におけるハードウェアの固定サイクルと同じで、同じ動作をくり返して行なう場合に用いる。タイプⅡは MINCS 特有の機能でありソフトブロック NC の有利を生かしている。すなわちユーザは変数を用いて別個にプログラムをたとえば図 4.2 のように作りこれを登録する。これを MAIN プログラムで呼び出して変数に数値を与えて用いることができる。図例のごとく簡単な加減算も取り扱えるので融通性がありユーザにとっては非常に有用である。

4.4 時間集計

図 3.4 に示した設定表示パネルの時間集計の押しボタンを、マシン

削除 (DEL)		
修正前	修正	修正後
0015 G1X100Y2000F1200 0016 X3000Y400 0017 G0X50000	ブロック16 を削除	0015 G1X100Y2000F1200 0016 G0X50000
変更 (COR)		
修正前	修正	修正後
0150 G1X600Y700 0151 G2I800J900 0152 S100	ブロック151を G2X600Y700I800J900 に変更	0150 G1X600Y700 0151 G2X600Y700I800J900 0152 S100
そう入 (INS)		
修正前	修正	修正後
0250 G1X1000Y200F2400 0251 G0X30000	ブロック250の次に X4000Y5000 をそう入	0250 G1X1000Y200F2400 0251 X4000Y5000 0252 G0X30000

図 4.1 加工プログラム修正例
Example of correcting partprograms.

表 4.1 MINCS 機能一覧
Specification of MINCS function.

機械制御機能

項 目	基 本 機 能	オ プ シ ョ ン 機 能
テープコード	ISO	EIA
テープフォーマット	ISO R 1053	—
制御軸数	3軸 (XYZ 固定)	付加2軸
同時制御軸数	2軸	—
補間方式	直 線	円弧 (直円指定可)
位置指令方式	増分方式/絶対方式 (Gコード切換)	—
入力設定単位	0.001 mm	—
出力設定単位	0.001 mm (半径/直径)	0.005, 0.002, 0.001
最大指令値	99,999.999 mm	—
送り速度	切 削 0.1~3,200mm/min 早送り 最大 9,600mm/min ねじ切り 0.1~3,000mm/min (いずれも 0.1 単位設定可)	—
送り速度指令 フォーマット	直接指定 F: 0.1~3,200 mm/min E: 0.01~10 mm/rev	—
位置決め機能 ねじ切機能	2軸同時	—
ドウェル	0.1~99 秒	ミリねじ (リード 0.01~40 mm)
主軸機能	S00~S99 (BCD 出力)	S 機能独立表示
補助機能	M00~M99 (BCD 出力)	—
工具選択機能	T00~T99 (BCD 出力)	T 00000~T 99999 T 機能独立表示
シーケンス番号機能	ブロック番号 (10進4けた)	H01~H48, ±32767× 入力単位
工具位置補正	—	—
バックラッシュ補正	—	1~31×出力単位
リフォレンスブロック	—	1 出力単位指令
自動加減速	有 機械ごとに1種(軸共通)	—

情報処理機能

項 目	基 本 機 能	オ プ シ ョ ン 機 能
システムタイプⅠ (STW) による機能	加工プログラムの登録	加工プログラム情報の変更
	加工プログラムの印字出力	加工データブロックの STW 修正
	加工プログラムのパンチ出力	作業進捗状況の印字出力
	加工プログラムの削除	遅延予想部品リストの印字出 力
	加工プログラムファイルの消 去	運転実績の集計および印字出 力
	作業指示の登録 作業指示の削除 作業指示表のコンデンス	固定サイクル (タイプ2) の 登録 固定サイクル (タイプ2) の 削除 固定サイクル (タイプ2) の データ印字出力
キャラクターディスプレ イ (CRT) による機能	作業指示表の印字出力	固定サイクル (タイプ2) ラ イブラリイの印字出力
	割込作業の登録	固定サイクル (タイプ2) ラ イブラリイの消去
	日報の出力	固定サイクル (タイプ2) ラ イブラリイのコンデンス
	—	—
フィードレート オーバーライド	機械情報の表示	—
	部品情報の表示	—
	作業進捗状況の表示	—
	補正量テーブルの表示	—
	加工データブロックの表示	—
	加工データブロックの修正	—
	固定サイクル (タイプ1) デ ータ表示	—
	固定サイクル (タイプ1) デ ータ修正	—
	0~150 % (10 %ステップ切換)	—
	リスタート	リスタート位置への復帰機能
リセット	非常停止	—
	リセット	—
	自動モード	—
	1 部品加工	—
	シングルブロック	—
	ブロック停止	—
	フィードホールド	—
	サイクルスタートランプ点灯	—
	運転状態ランプ表示	—
	事故障害発生の際	—
手動送り	自動的に機械停止ランプ表示	—
	JOG ステップ	—
	手動・自動 (M 指令による)	手動ハンドル
	—	—
	—	はん用表示器 (指令値)
	—	専用表示器 (指令値/機械値)
	—	ブロックナンバ表示 (オンラインクエスト)
	—	ブロックナンバサーチ
	—	—
	—	—
現在位置表示	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
シーケンスナンバ表示	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
ナンバサーチ	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
プログラムストップ	有 (M00)	—
	有 (M01)	—
	有 ("/" 記号)	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
オプションナルストップ	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
ブロックデリート	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
手動データ入力	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
手動ダイヤル入力	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
呼出し運転	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—

従来のプログラム	固定サイクルⅡを使用
<pre> { G01 Z-24200 F500 G00 Z24200 X5000 G01 Z-24200 G17 G02 I88000 F900 G00 Z24200 X92000 } G01 Z-24200 F500 G00 Z24200 X4000 G01 Z-24200 G17 G02 I34000 F900 G00 Z24200 X4000 } G01 Z-24200 F500 G00 Z24200 X4000 G01 Z-24000 G17 G02 I4200 F900 G00 Z24200 X92000 } </pre>	<pre> ※サブプログラム NO1 G(A)Z(-B)F(C) G(A-1)Z(B) X(5000+D) G(A)Z(-B) G(A+16) G(A+1)I(E)F(C+400) G(A-1)Z(B) X(9200+F) G38 ※メインプログラム { G37 H1,1,24200,500,0,88000,0 G37 H1,1,24200,500,-1000,34000,-5200 G37 H1,1,24200,500,-1000,42000,0 } </pre>

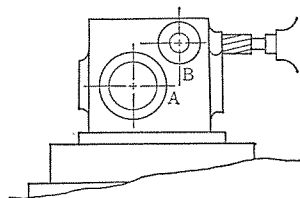


図 4.2 固定サイクルⅡ 使用例
Example of using fixed cycle.

オペレータが押すことにより オンライン で時間集計がなされる。

4.5 実績集計

スケジュールされた作業と割り込み作業について、加工時間、前後処理時間、完了、未完了、誤作数等の実績データを、リストと紙テープに出力する。また1日の途中では作業進ちょく状況リスト、遅延予想リストをアウトプットし、管理者に情報を提供する。

5. システムの経済性評価

ここ2～3年の間に、従来ハードウェアNCの価格低下の度合は激し

く、ミニコン 価格のそれを上回っている。このため初期投資額にだけ着目すれば、少数台設置の場合群管理システムのほうが従来NCに比してややコスト高になる。群管理システムと従来NCとの経済評価をする場合、初期投資以外に以下のメリットを計算に入れ、かつある期間（通常5～7年間）で比較しなければならない。

- (1) パートプログラムの最適化による切削効率の上昇
- (2) 初回品のテープデバッグ時間の減少
- (3) テープリーダーの除去
- (4) 工場生産情報のロギング

またデメリットとしては、間接費のUPが上げられるが、これらを総合的に考慮に入れ各生産工場においてそれぞれの工場に適応したメリット計算を行なう必要がある。各工場により上記のメリットの評価値はかなり差があると思われるが、種々のケーススタディによれば、いずれにしても群管理のほうが投資効率が高いという結果が多い。

6. む す び

以上、三菱群管理システムの概略について述べてきたが、これは、従来ハードウェアNC(MELDASシリーズ)とともに総合自動化システム(CAM; COMPUTER AIDED MANUFACTURING)の核となつてゆくものであり、今後の製造工場のシステム化・高能率化に大きな役割を果していくと思われる。

製造・加工工場の形態は多種多様であり、これらのいずれにも適応しうるフレキシブルなシステムの製品を計り、ユーザの状況に合ったシステムを完成できるよう努力してゆくつもりである。

最後に本システムの開発にあたり、ご指導ご協力をいただいた社内外の関係各位に深く謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) M. A. De Vries: The Expanding World of NC (1972)

造船工業における自動製図システム

長井 孝*・上原 鼎*

Automatic Drafting System in Shipbuilding Industry

Head Office Takashi Nagai・Dai Uehara

Shipbuilding industry in Japan has recently been confronted with difficulties caused by ever increasing tonnages of ships and by acute labor shortage, striving energetically to rationalize the productivity. Nagasaki Shipyard of the Mitsubishi Heavy Industries Ltd. has taken in a number of new technique in constructing Koyagi plant, the latest and most powerful yard. One of the kind is the employment of an automatic drafting system, the application of Mitsubishi control computer MELCOM 350-30 F and numerical control equipment MEDAS 5230, as a result of joint development of Mitsubishi Electric and Mitsubishi Heavy Industries. It has been operating in a full scale since January, 1973, the outlines being described herein.

1. ま え が き

我が国の造船工業界における最近の船舶の超大形化と、それに伴う建造量の増大はめざましいものがあるが、一方において、国内における労働事情の変化、特に熟練労働力の不足は深刻な問題となりつつある。

このため、国内の各造船会社では、多方面にわたって、積極的に生産の合理化・省力化と取り組んできているが、三菱重工業(株)長崎造船所においても、世界最大のドックを含む最新鋭の造船所である香焼工場の建設を契機として、コンピュータデータ通信、あるいは、数値制御等の最新技術の応用による各種のシステムが積極的に導入されたが、その一つとして当社の制御用計算機システム MELCOM 350-30 F および、数値制御装置 MELDAS 5230 を応用した自動製図システムを完成したので、以下にその概要を紹介する。

なお、本システムは、昭和45年はじめに、三菱重工業(株)、および、当社によるプロジェクトチームが発足し開発を開始、昭和47年9月よりデータ伝送を除く部分が稼働に入り、昭和47年12月にはデータ伝送に関する部分も完成、昭和48年1月より本格的な運用を開始している。

2. システムの目的

2.1 計算機利用による船かく(殻)現図の概要

三菱重工業(株)長崎造船所では、数年前より大形コンピュータを利用して、線図のFairingにはじまり鋼板のNC切断テープの作成にいたる船かく部材に関する一連の現図工程の実用化に成功し、大きな効果をあげている。

このシステムは、計算機による船かく情報の一貫処理システムという意味からSHIPシステム(Systematic Hull Information Processing システムの略)と呼ばれており、図2.1に示されるように三つのサブシステムから構成されている。

これらのサブシステムについて、処理順序に従って説明する。

(1) Body Plan サブシステム

本サブシステムでは、船体外形を表わすフレームライン、外板の接手線、ロンジフレームの位置、あるいは、甲板や隔壁等の船体を構成する主要構造データを形成することを目的とし、作成されたデータはすべてBody Plan ファイルに収録されて次の部材処理サブシステムのインプット

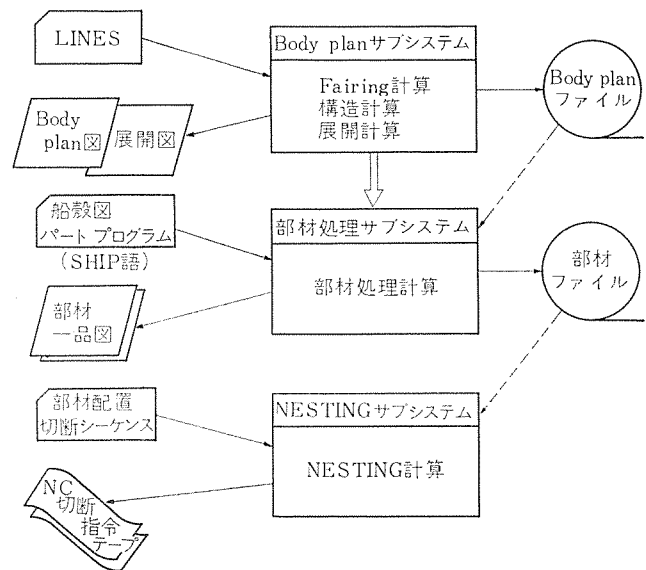


図 2.1 SHIP システム 概要
Outlines of SHIP system.

情報となる。

Body Plan ファイルに収録されている情報は、自動製図により、Body Plan 図として現図化することもでき、また、このファイルに基づいて曲り外板、ロンジフレーム等の三次曲面の展開計算も行なわれる。

(2) 部材処理 サブシステム

このサブシステムでは、前述のBody Planと船かく図に基づいて船かく部材の形状を表わすデータが作成され、その結果は部材ファイルとして収録されると同時に、自動製図機により現図化される。

ここで、船かく図に関する情報は、SHIP語と呼ばれる言語で記述されたプログラム形でインプットされる。

すなわち、SHIP語は、一般の幾何学的な図形処理機能のほかに、船独特の構造処理機能を兼ね備えた、船かく図を記述するに便利のように種々のくふうが施された言語体系となっている。

また、処理結果の収録されている部材ファイルには、船体固有の三次元座標系によって表わされた部材形状データのほかに、部材相互間の関連づけ、板厚等のデータが含まれており立体的構造の再現が可能である。

現図化のための製図データは、部材ファイルにおける部材形状を表

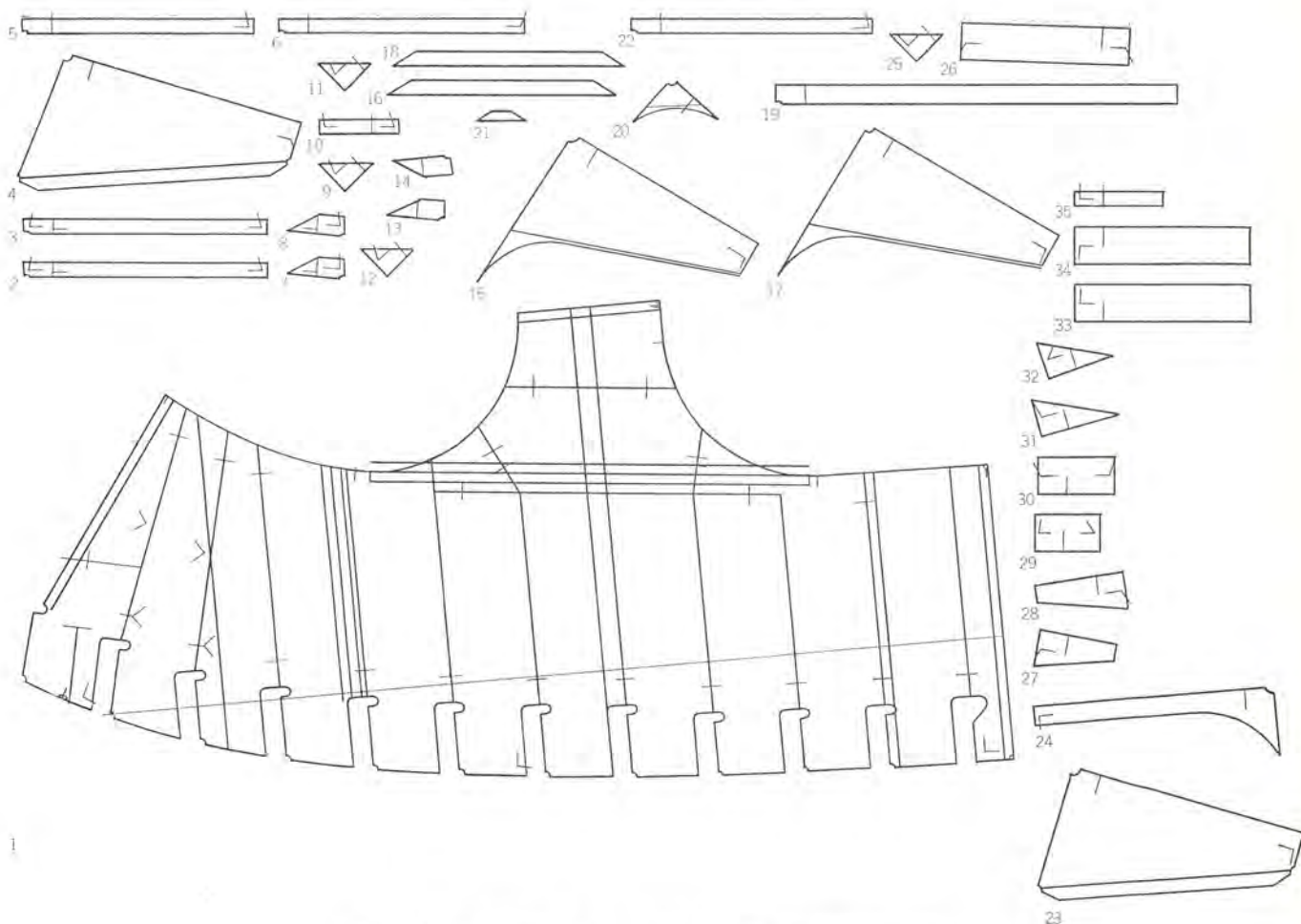


図 2.2 部材製図の一例 An example of parts drawing.

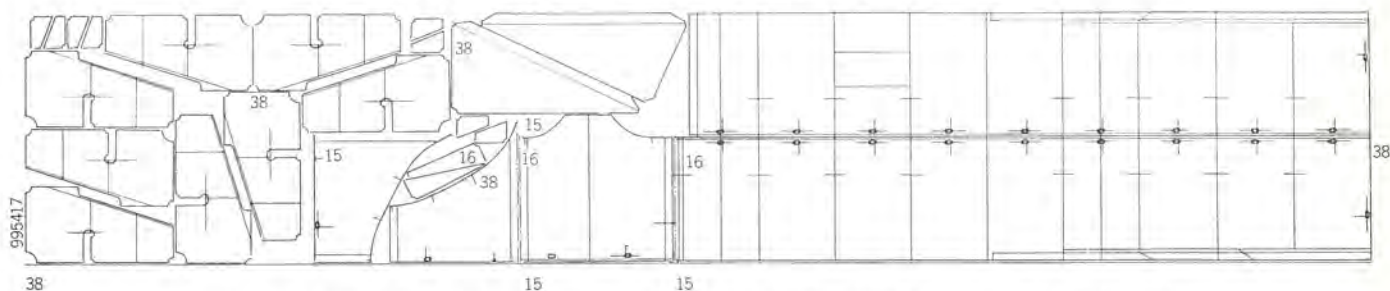


図 2.3 切断テープチェック製図の一例 An example of drawing for checking NC cutting tape.

わすデータを CL データと呼ばれる標準フォーマットの二次元データに変換し、同時に製図機の有効面上にレイアウトされた形でアウトプットされる。

図 2.2 に自動製図された部材一品図の例を示す。

(3) NESTING サブシステム

ここでは、鋼板の NC 切断のための指令テープが作成される。

すなわち、自動製図により作成された部材一品図は、定められた素材わく(枠)の中にスクラップが最小となるように配置・ちょう(貼)付され、各部材の配置を表わす代表点の座標値を讀取る。讀取結果と切断順序、開先形状、トーチ ON/OFF 等の切断シーケンスをコンピュータにインプットすることにより、コンピュータではインプット情報と前述部材ファイルに蓄えられている情報とから NC 切断用の指令テープを出力する。

出力された指令テープは、いったん、製図機を用いて正しく作成されているかどうかをチェックし、その後鋼板の切断に用いられる。

NC 切断用指令テープのチェック製図の一例を図 2.3 に示す。

2.2 システムの目的

SHIP システムの実用化、および、そのアウトプットを処理するための自動製図機、NC ガス 切断機の導入は、熟練労働者の不足を補って品質の向上、省力化に大きな効果をあげたことは先に述べたとおりであるが、香焼工場の誕生に伴う処理データ量の倍増を最小の人員と設備で吸収するために、運用面における改善の必要性が生じた。すなわち、従来の運用方法では、次のような問題点を抱えていた。

(1) コンピュータがセンタ管理であるため、必要なときにすぐ利用することが困難である。

(2) コンピュータセンタと地理的に離れており、データの運搬が介在するため処理結果を得るまでに時間がかかる。

(3) さらに、人手による運搬の場合、運搬途中でデータ紛失等の事故が起り得る。

(4) 自動製図のための紙テープの発生量が膨大であり、その管理がたいへんである。

(5) 紙テープのパンチミス、リードミスが少なくない。

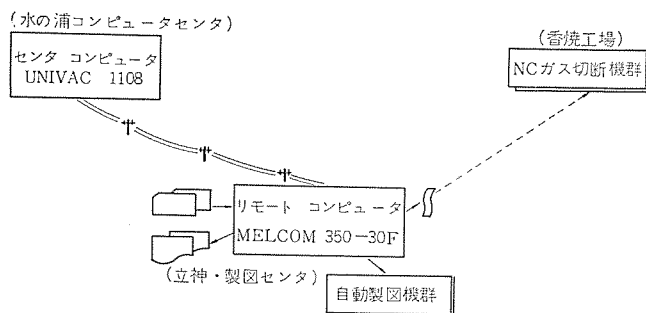


図 2.4 全体システムの構成
Overall system configuration.

以上の問題点はすべて処理量が増えるに従ってますますクローズアップする傾向にある。

そこで、これらの問題点を一挙に解決し、さらに、複数台の製図機の集中管理によるか動率向上を目的として導入されたのが MELCOM 350-30 F システムである。

すなわち、

(1) 大形コンピュータとオンライン結合された MELCOM 350-30 F システムをリモートに設置することにより、SHIP システムに対するデータの入出力はすべてリモート側で行なうことができる。

(2) SHIP システムの処理結果である製図データは、MELCOM 350-30 F システムと直接結合されている製図機に直接伝送されるため、全く紙テープ無しで現図化することができる。

(3) MELCOM 350-30 F システムをはさんで、大形コンピュータ、自動製図機がいずれもオンライン結合されているため、SHIP システムの処理結果が得られる時間が著しく短縮され、しかも現図化された形の結果を得ることができる。

(4) 製図機の運転計画は、各製図機の負荷が均等になるよう MELCOM 350-30 F システムで立案させることもでき、また、紙テープハンドリングの削除による操作性の向上と合せて製図機のか動率が改善される。

等の前出の問題点解決と同時に、多くのメリットを実現することができる。

全体システム中における MELCOM 350-30 F システムの占める位置を図 2.4 に示す。

3. MELCOM 350-30 F システム

3.1 目的

MELCOM 350-30 F システムの導入目的は次にあげるとおりである。

(1) 他の業務にさまたげられることなく、センタの大形コンピュータが利用できる。

(2) 人手によるデータの運搬を削除し、処理結果をプログラムに短時間で戻し、プログラムの作業効率を上げる。

(3) 紙テープハンドリングを削除する。

(4) 大量のデータを迅速に処理する。

(5) 製図機のか動率を向上し、課せられた作業量を定められた期間内に消化する。

(6) 異なる種類の製図機を、機種の違いを意識することなく運用する。

3.2 特長

MELCOM 350-30 F システムは、前項にあげた導入目的を実現する

と同時に、特に次の各点に留意して設計されており、いずれも満足すべき成果が得られている。

(1) 各種業務の同時並行処理

MELCOM 350-30 F・TSOS(Time Sharing Operating System)の管理下で、データ伝送、自動製図をはじめとする各種業務を完全に同時並行処理することができる。

(2) 使いやすさ

計算機に関する知識無しに容易に使いこなすことができるようにマンマシンインタフェースが設計されている。

(3) バックアップ体制の完備

システムの一部機能の故障のために業務がストップすることが無いようバックアップシステムが完備している。すなわち、センタの大形コンピュータ、あるいは、通信路の故障に備えて、MELCOM 350-30 F システム側に約一週間分の作業に相当するデータが常時記憶されており、また、MELCOM 350-30 F システムのダウンに備えて製図機コントローラは BTR 方式(Behind Tape Reader)を採用し、この場合にはセンタより製図用の指令テープの供給を受ける形となっている。

(4) 診断機能の充実

MELCOM 350-30 F システム自身はいうに及ばず、データ伝送に関する Back to back test、自動製図機の動作テスト等の診断を自動的に行なうことができ、故障個所の早期発見を可能としている。

(5) 自動製図に関するオプション機能の充実

現状における自動製図機の欠点を補って、コンピュータの機能を活用することによりインクかすれ部分の重ね描き機能、あるいは自動原点復帰機能を付加している。

(6) ターミナルバッチジョブの実行

リモート側単独でも FORTRAN 等のバッチジョブを実行させることができる。

(7) 将来のシステム拡張に対する柔軟性

自動製図機の追加、ガス切断機の直接制御、CRT ディスプレイ装置等の入出力機器の追加等の将来のシステム拡張が容易に実現できるようにシステムが組まれている。

3.3 構成

MELCOM 350-30 F システムの構成を図 3.1 に、構成機器の仕様を表 3.1 に示す。

図 3.1 における 2 台の製図機はいずれも MELCOM 350-30 F・マルチプレクサチャネル経由で直結されており、最高 10 k バイト/秒の転送速度でデータを送受信することができる。

また、これらの製図機のほかにコントロール方法の異なる 2 台の既存製図機があり、これらは MELCOM 350-30 F システムにて作成される指令テープにより運転されている。

カードリーダー、ラインプリンタの各装置は、データ伝送の際の入出力装置として用いられるが、データ伝送を行っていない場合には製図機の運転に関する入出力装置としても用いられている。

製図機コントローラとして用いられている数値制御装置 MELDAS 5230 は、それ自身に紙テープリーダーを備えており、計算機によるオンライン運転モードのほかに紙テープによるローカル運転を行なうこともできる。

計算機と 4 台の製図機は同一の室内に設置されており、同一のオペレータによりオペレートされている。

また、隣接する部屋では、パートプログラム作成とカードパンチ作業が行なわれている。

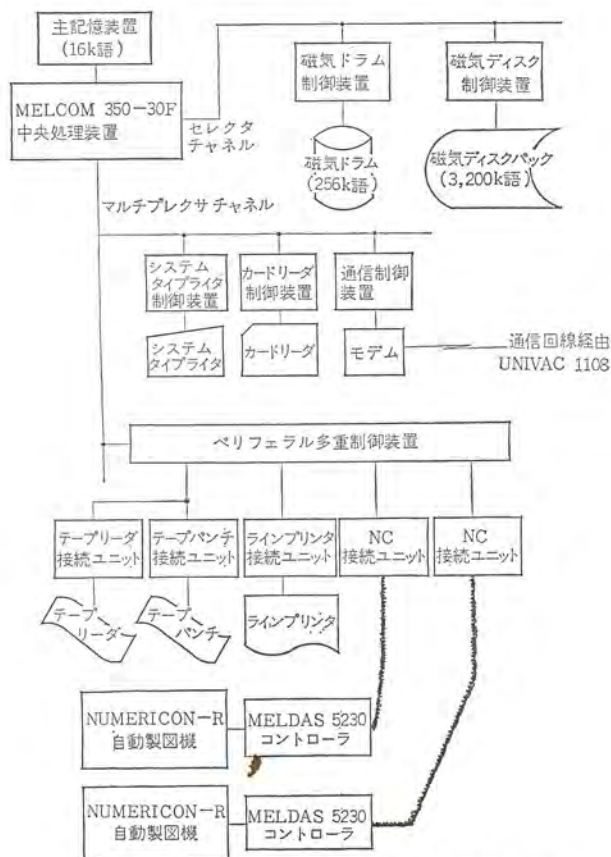


図 3.1 MELCOM 350-30 F システムの機器構成
Hardware configuration of MELCOM 350-30 F system.



図 3.2 計算機および数値制御装置外観
Computer system and numerical control equipment.



図 3.3 自動製図機外観
Automatic drafting machine.

3.4 機能

MELCOM 350-30 F システムの機能は、大きく分けて次の二つの機能から構成されている。

表 3.1 構成機器仕様
Hardware specification.

(1) MELCOM 350-30 F コンピュータ

機器名称	仕	様
中央処理装置	回路素子	IC, MSI, Read Only Memory
	語長	16 ビット
	命令数	113 種
	演算速度	加減算 2.8 μ s (13.1 μ s) 乗算 13.1 μ s (53.6 μ s) 除算 14.1 μ s (66.4 μ s)
	() 内は浮動小数点演算の場合の演算時間	
	はん用レジスタ	3 個
主記憶装置	メモリの種類	20 ミリコアメモリ
	サイクルタイム	1.4 μ s
	容量	16 k 語
	メモリ保護	512 語単位キーロック方式
補助記憶装置	メモリの種類	磁気ドラムメモリ
	平均アクセス時間	8.3 ms (3,600 rpm)
	容量	256 k 語

(2) データファイルメモリ

機器名称	仕	様
磁気ディスクパック	メモリの種類	磁気ディスクメモリ
	平均アクセス時間	85 ms (2,400 rpm)
	容量	3,200 k 語

(3) 周辺機器

機器名称	仕	様
システムタイプライタ	機能	印字出力 キーボード入力
	印字速度	19.4 字/秒
	印字数	120 字/行, 10 字/インチ
紙テープリーダー	読取速度	400/200 字/秒
紙テープパンチ	せん孔速度	120 字/秒
カードリーダー	読取速度	300 枚/分
ラインプリンタ	印字速度	240 行/分
	印字数	136 字/行, 10 字/インチ (縦方向) 6 字/インチ (横方向)
	紙送り時間	20 ms
	紙送り時間	20 ms

(4) 通信制御装置

機器名称	仕	様
ラインコミュニケーションアダプタ	通信方式	半2重通信方式, コンテンション方式
	通信速度	2,400 bps
	同期方式	独立同期方式
	誤り制御方式	垂直, 水平パリティチェックによる再送方式
	インタフェース	DT-2403 モデム相当

(5) 自動製図機

機器名称	仕	様
NUMERICON-R 製図機本体	有効製図範囲	4,000 mm \times 1,250 mm
	設定単位	0.01 mm/パルス
	速度	早送り速度 7,200 mm/分 描画速度 6,000 mm/分
	駆動装置	ラックピニオン駆動方式
	位置検出	ブラシレス レゾルバ
	総合精度	± 0.075 mm 以内
	描画線種	実線, 点線, 一点鎖線の 3 種
	タレット選択	最大 6 種
	総合精度	± 0.075 mm 以内
	(1 台は座標読取機能付き)	
MELDAS 5230 製図機コントローラ	制御軸	同時 2 軸 (X, Y, Z 軸)
	補間方式	直線および円弧補間
	最小指令値	0.01 mm
	最大指令値	60000.00 mm
	テープリーダー	200 字/秒 (巻取り付き)
	現在位置表示	10 進 6 けた 2 軸 (X, Y 軸)

(1) リモートターミナル機能

(2) 自動製図機・群管理機能

この二つの機能は、データファイルメモリを介して結び付けられており、互いに独立に同時併行動作が可能である。

3.4.1 リモートターミナル機能

センタの大形コンピュータと通信回線を介して結合することにより、

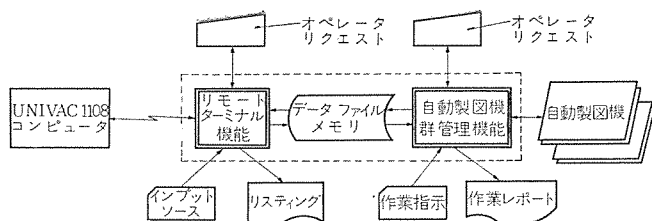


図 3.4 MELCOM 350-30 F システムの機能
Function of MELCOM 350-30 F system.

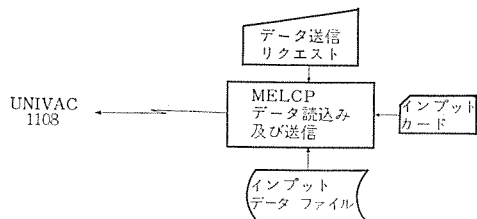


図 3.5 ジョブ入力の方法
Method of job input.

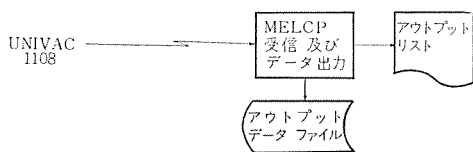


図 3.6 ジョブ出力の方法
Method of job output.

MELCOM 350-30 F システムの入出力装置から直接 センタ業務を実行させるための機能である。

これにより、人手によるデータの運搬は不要になり、また、短時間で処理結果が得られるようになった。

(1) ジョブ入出力の形態

リモート側におけるジョブ入出力の形態を図 3.5 および図 3.6 に示す。

ジョブ入力は、オペレータの送信要求コマンドの入力によって起動され、あらかじめ用意されているジョブストリームをカードリーダー、または、磁気ディスクから読込んでセンタに送信する。

ここで、カードリーダー、磁気ディスクの入力装置は、入力されるコントロールカードからの指定により選択される。

センタにおける処理が終了すると、センタからの指示に従ってラインプリンタ、または、磁気ディスクに結果が出力される。

リモート側において自動製図機・群管理機能に必要とするデータは、すべていったん磁気ディスクに格納される。

リモート側における回線制御・ジョブ入出力は、すべて MELCP と呼ばれるプログラムにより一括コントロールされている。

(2) 伝送制御上の特長

入出力装置の併行動作、伝送効率の向上のために、次の考慮がなされている。

(a) 通信回線の多重利用

両計算機間の入出力メッセージ（カード入力、ディスク入出力および、プリント出力の各メッセージ）は、互いに独立したファンクションコードを持たせることにより、任意の組合わせで伝送することができる。これにより、リモート側の入出力装置の機械的な速度によって各種のメッセージを交互に送受信することができ、入出力装置を有効に利用して実質的には全二重方式と同等の効果をあげている。

(b) 回線上におけるデータの圧縮

一般に、カードデータ、プリントデータの中には多くのブランクコードが含まれており、意味のある文字の数は全体の数分の 1 に過ぎない。ここでは、伝送効率向上のため、送信時にブランクコードを削除して圧縮した形で送信し、受信側でこれを再び拡張して元に戻すという操作を行なっている。実測結果によれば、カードデータで約 2 倍、プリントデータで 3 倍近い効率アップを得ている。

(c) 多重レコード伝送

伝送制御シーケンスにおける制御コードの占める割合を最小限にするために、ファンクションコードと複数レコードをまとめて一つのメッセージとして送受信している。

(3) 群管理機能との関連

群管理機能とは、磁気ディスク内のデータファイルを介して結合されていることは図 3.4 に示すとおりであるが、このデータファイルは次の 3 種類から構成されている。

(a) DGT データファイル

NESTING サブシステムのためのインプット情報である座標読取の結果の格納されているファイルである。

(b) CL データファイル

自動製図を行なうためのデータが格納されているファイルである。

(c) NST データファイル

NESTING サブシステムの処理結果である NC 切断のためのデータの格納されているファイルである。

ここで、(a) は、センタ業務のインプット用としてリモート側で作成されたデータの一時記憶を目的とし、(b)、および、(c) は、逆に、センタにおける処理結果の一時記憶用である。

3.4.2 自動製図機・群管理機能

4 台の製図機をコントロールして、自動製図、座標読取、および、NC 切断テープチェック製図の各業務を一括管理している。

(1) 自動製図

CL データファイルに格納されている製図用データを用いて、これを各製図機固有のフォーマットに変換した後、指定の製図機に出力する。

この機能をポストプロセッサと呼び、3 種類 4 台の製図機のために 3 種類のポストプロセッサが用意されている。

各ポストプロセッサは、このフォーマット変換機能のほかに次の各機能を兼ね備えている。

- (a) 製図速度のコントロール
- (b) レタリング
- (c) シーケンス番号サーチ
- (d) 図形回転、および、ミラーイメージの生成
- (e) 図形の縮尺/拡大
- (f) 自動原点復帰

ポストプロセッサ後のデータは、オンライン形式、あるいは、紙テープによるオフライン形式のいずれかにより製図機に供給される。

以上の関係を図 3.7 に示す。

(2) 座標読取

製図機に付加されている読取装置を用いて、図面上の特定の点の座標値を読取り、NST データファイルに格納する。

NST データファイルには、そのままセンタに送信可能なフォーマットに変換した後格納される。

なお、読取結果は、紙テープ入力の形でも NST データファイルに格納させることができる。

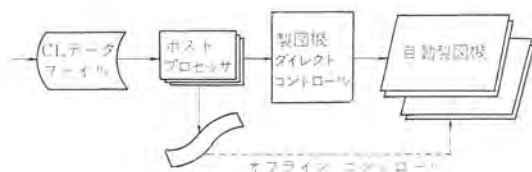


図 3.7 自動製図の処理フロー
Flowchart of automatic drafting.

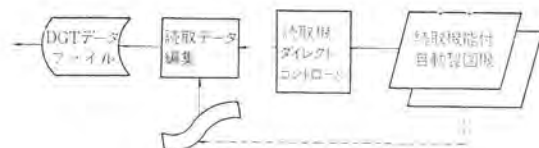


図 3.8 座標読取の処理フロー
Flowchart of digitizing.

(3) NC 切断テープチェック製図

NESTING サブシステムの処理結果である NC 切断用データは、リモート側で受信した後、いったん NST データファイルに格納され、オペレータの要請によりこれを紙テープにせん孔出力する。

出力された紙テープは、銅板の切断を行なう前に製図機を用いてチェックを行なう。

これをチェック製図と称し、切断形状を製図機上に描画させるほかに、次の機能が含まれている。

- (a) 開発形状の変化を、線種、あるいは、カラーで表現するためのコントロールを行ないながら切断形状を描く。
- (b) 各トーチブロックの状態変化をレタリングする。
- (c) 特定の命令語について、それが入力された位置にレタリングさせることができる。
- (d) 指令データのフォーマットチェックを行なう。
- (e) 図形、および、シンボルの縮尺/拡大ができる。

なお、チェック製図の場合にも、製図時間が最短になるように許容範囲内における最高速度で製図を行なうためのコントロールを行なっている。

現在、香焼工場には2種類のNC切断機が設置されているため、MELCOM 350-30 F システムにはチェック製図のための2種類のコントロールプログラムが用意されている。

(4) 作業スケジュールの管理

前述の自動製図、および、チェック製図は、いずれもあらかじめ作成されている作業計画表に基づいて実施される。

作業計画は、

- (a) スケジュール登録
- (b) 割込登録

のいずれかを指定して、カード入力、または、キーボード入力により、MELCOM 350-30 F システムに登録する。

ここで、(a)の場合には登録順にシーケンシャルに実行され、(b)の場合には、スケジュール登録による計画表に割込んで優先的に実行される。

作業計画の登録の際には、

- (i) 図面番号 (Work name)
- (ii) (a), (b)の登録方法の区別
- (iii) 製図機番号
- (iv) 製図種別
- (v) スケール指定
- (vi) シーケンス番号指定

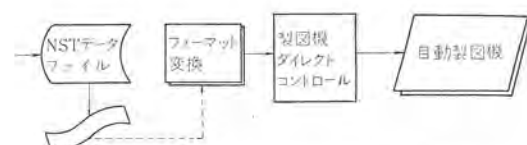


図 3.9 NC 切断テープチェック製図の処理フロー
Flowchart of automatic drafting for checking NC cutting tape.



図 3.10 作業スケジュールの処理フロー
Flowchart of scheduling.

図 3.11 作業レポートの一例
An example of operation report.

- (vii) 軸選択
 - (viii) 自動原点復帰
- 等のデータを同時に入力する。

ここで、製図機番号の指定がない場合には、MELCOM 350-30 F システムにて各製図機の負荷が平均化するように自動的にスケジュールが立案される。

一方、以上の方法によって実施された作業の実績は、すべて計算機に記憶されており、必要な場合に直ちにレポートとしてプリント出力させることができる。

作業レポートの一例を図 3.11 に示す。

3.4.3 各種サポート機能

以上の各機能のほかに、システムの円滑な運用を目的として、次にあげるような数多くのサポート機能が用意されている。

- (1) 紙テープメンテナンス
 - (a) オフライン指令テープの作成
 - (b) せん孔ミスの検査
 - (c) テープの複製
 - (d) せん孔内容の印字
- (2) ファイルメンテナンス
 - (a) リストの印字
 - (b) データの印字
 - (c) 登録済みかどうかのチェック
 - (d) 不要データの削除
 - (e) ファイルの再編集
 - (f) ファイルのインシャライズ
 - (g) 登録ネームの変更
- (3) 作業計画表メンテナンス
 - (a) リストの印字

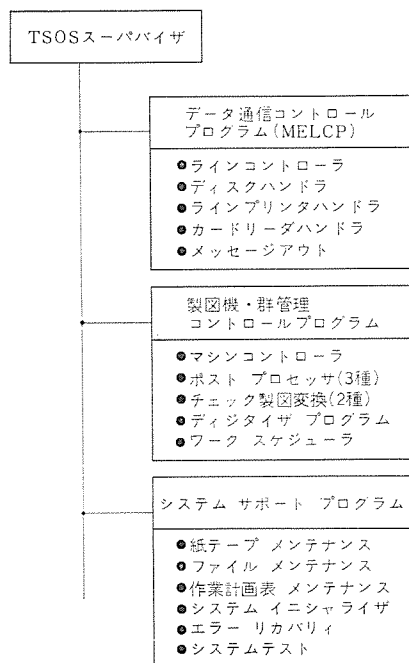


図 3.12 MELCOM 350-30 F システムのソフトウェア構成
Software structure of MELCOM 350-30 F system.

- (b) 不要作業の削除
- (c) 作業計画表の再編集
- (d) 作業計画表のイニシャライズ
- (4) システムイニシャライズ

システムを初期状態に設定して起動し、同時にそのときの年・月・日、および、時刻を印字出力する。

(5) エラーチェック

システム構成要素の誤動作を常時チェックし、エラーが検知されるとメッセージを印字するとともに、重大なエラーの場合には、コアメモリの内容を補助メモリに退避させた後、自動的にシステムを再起動する。

(6) 診断機能

構成要素の動作をダイナミックに診断するための次の診断プログラムが用意されている。

- (a) 計算機基本動作
- (b) データ伝送動作
- (c) 製図機インタフェース動作

3.5 ソフトウェア

ソフトウェアシステムの構成を図 3.12 に示す。

(1) TSOSスーパーバイザ

TSOSスーパーバイザは、オンラインリアルタイム処理に必要な即時応答性、タイムシェアリング機能を持ち、プログラムの実行制御、入出力装置の併行動作のためのスケジューリング、割込み処理、エラー検知とその処理等を行なうためのものである。

このスーパーバイザは、ディスク版として作成されており、単に磁気ドラムのみならず、磁気ディスクもその管理下にあり、ディスクの回転待ち

時間を有効に活用できるよう改善されている。

また、磁気ディスクのエラー発生時にはドラム版として、逆に、磁気ドラムエラー時にはディスク版として動作可能である。

なお、本システムのコアメモリ 16k 語であるため、ポストプロセッサ等のプログラム個々に専用の領域を持たせることができないので、共通の専用領域を設けてポストプロセッサに受け渡すというブロックコアスケジューリング方式と呼ばれるタスク制御を行なっている。

また、FORTRAN等のターミナルパッチジョブを行なうためのパッチジョブ専用のオペレーティングシステムも備えており、ユーザはパネルスイッチによりいずれのオペレーティングシステムを実行させるかを選択することができる。

(2) ファイル構成

本システムでは、3種類のデータを収容するデータファイルが用意されているということは 3.4.1 項の(2)で述べたが、これらはいずれも、トリイ構造の Partition sequential file であり、ダイレクトリ部分にファイルインデックスが登録される。

ファイルインデックスの中には、ファイル名称のほかに、格納アドレス、サイズ、登録年・月・日、時刻が記録され、3.4.3 項(2)の各機能を用いてメンテナンスされる。

(3) データ通信コントロールプログラム(MELCP)

図 3.12 に示されるように、センタ側との伝送シーケンスの制御、回線インタフェースの応答処理を行なうラインコントローラ、リモート側の入出力装置のための各種ハンドラ、および、オペレータとの会話のためのメッセージアウトの各モジュールから構成されている。

(4) 製図機・群管理コントロールプログラム

図 3.12 に示されるプログラム群から構成されている。

ここで、マシンコントローラはオンライン結合されている2台の製図機のデータ入出力をコントロールするためのプログラムであり、最大16台まで拡張できる形になっている。

ポストプロセッサ、チェック製図変換の各プログラムで変換されたデータはすべてマシンコントローラに引渡され、マシンコントローラを経由して製図機に出力される。

4. む す び

本システムは、コンピュータによる自動プログラミングシステムとNCマシンを有機的に結合し、これらを用いることによって生ずる効果をさらに引上げることを主目的とし、MELCOM 350-30 F システムはその中核的な役割を果たしている。

従来、プロセス制御を中心として多くの分野に適用されてきた MELCOM 350 計算機システムにとって、本システムは新分野の一つであるといえるが、昭和48年1月以来の本格的な運用の実績から判断して、本システムのような用途に対しても、その能力を十分に発揮し得ることが実証されたと考える。

参 考 文 献

- (1) 野口ほか：船殻部材処理システム(SHIP)，三菱重工技報，8，No. 6 (昭46)

最近の計測データ処理システム

桑原 宏*・今村 長義*・小西 直行*
 仁田 周一**・菅 茂**・桜井 正良**
 安 藤 久***

Automatic Measured Data Processing System with Computers

Mitsubishi Electric Corp., Itami Works Hiroshi Kuwahara・Osayoshi Imamura・Naoyuki Konishi
 Mitsubishi Electric Corp., Head Office Shuichi Nitta・Shigeru Suge・Masayoshi Sakurai
 Kyowa Electronic Instrument Co., Ltd. Hisashi Ando

Herein is described briefly an automatic measured data recording and processing system set up in Mitsubishi Itami Works and in operation since last year. By using this system, the measured data recording method is standardized by imparting a general purpose nature, the data are automatically read in during the processing of off-line computer, and the processing is made feasible for a third person with no knowledge of measuring subjects so as to speed up the operation process in correspondence to the change of the contents. It is chiefly composed of an analog recorder, data recording equipment made up of a code generator taking care of process control information, and a system reproducing and operation processing the measured data.

1. ま え が き

新製品の開発はもとより、現在生産されている製品の品質改良にあたっては、電氣的・機械的試験ならびに化学分析がひん繁に行なわれ、その試験・分析過程で得られる計測データは膨大な量になる。このような傾向は、計測技術が進歩し、製品に要求される特性がきびしくなるにつれてさらに強くなると思われる。これら膨大な量のデータを迅速かつ能率よく処理し、必要な情報を取り出し、正確な結論を得ることは、新製品開発・品質改良のスピードアップと、正確な品質特性をは(把)握するのに欠くことができない。

一般に、計測されたデータは、次のような形で記録されている。

- (1) 直記式電磁 オシロ、ペン書き オシロ による オシログラム
- (2) 高速現象の シンクロ による写真撮影 フィルム
- (3) 人間が読み取って記入した データシート
- (4) 紙テープ、デジタル 磁気テープ
- (5) アナログ 磁気テープ

(4)項は、計算機の直接入力として望ましいのであるが、比較的低速の定常現象に限って直接データ集録に使われているにすぎない。(5)項は直流から数十 kHz にわたる広帯域現象に一部使われているが、その処理法に関しては、(4)項へ変換して計算機処理するか、(1)項、(2)項を経て人間、そして計算機処理しているのが大部分である。

(1)項、(2)項による集録方法は、現時点ではまだまだデータ集録の主力をなしている。計測データは、値を知っただけでは意味がなく、大なり小なり演算処理しなければならない。そのデータ処理量が多く、あるいは複雑な場合には計算機で演算処理するのが望ましい。しかし、現実にはオシログラムの値を整理するくらいが、時間的に人間能力の限界であり、さらに深く品質特性を解析するためには大変な労力を必要とする。これを克服するために計測データをオンラインあるいはオフラインで計算機へ結合しようとする各種試みが、古くからなされてきている。しかし、前述の(4)項による集録法でも、

その処理範囲が限定されること、人間が処理過程で介入しなければならないこと、また、処理を計測内容の知らない第三者に任せる訳にはいかないことなどから、特性解析・理論解析などに関する計算機用プログラムが多数開発されていても、容易に解析できないのが現状である。

われわれは、このような観点から計測データを基本にし、計測データ集録後に計測内容を知らない第三者が、計算機を用いて自動的に解析処理できる計測データ集録処理システムの必要性を痛感し、次の事項に重点を置いてシステムの開発を行なった。

- (1) アナログ計測データ集録の標準化
- (2) デジタル計測データ集録の標準化
- (3) 計算機への集録データ入力の自動化
- (4) システムとしての融通性・拡張性・成長性の確保
- (5) 計測内容を知らない第三者による解析処理
- (6) 処理プログラム用言語としてフォートランの使用

このシステムは、昨年より当社伊丹製作所で実用に供しており、多方面への活用が考えられるので、参考までに紹介する。

2. 計測データの処理方式

2.1 計測データの種類

データ処理の対象にした試験項目の主なもの、伊丹製作所担当の製作機器と関連して次のようなものである。

- (1) 機械振動における時系列解析
- (2) 機械振動における波高ひん度解析
- (3) 電気機器に関する耐震試験
- (4) メカニカルインピーダンス測定
- (5) シャ断器の電氣的・機械的性能に関する開発・改良試験
- (6) 電鉄用機器に関する開発・現車試験
- (7) 騒音に関する解析
- (8) 各種の電気現象の解析
- (9) ガスクロマトグラフィなどによる化学分析

これらの計測対象になる現象は、機械的なもの、化学的なものなどと種々雑多であるが、電気信号に変換して計測されるのが一般的で、電気信号には大別して次の二つがある。

- (1) デジタル 信号
- (2) アナログ 信号

デジタル 信号は、その扱いが簡便で、計算機向きであるが、現象全体を人間が把握することはきわめて困難である。これに対し、アナログ 信号は逆の性質を持つ。一般に、開発・改良試験で計測する現象のモニタ、あるいは集録後の現象確認にはアナログ 信号のほうが望ましく、また、周波数帯域・現象数などの点で記録効率がよい。

2.2 データ集録・処理の各種方式

計測 データを集録して処理する システム には、いろいろな方式が考えられ、大別して計算機を利用する システム と、利用しない システム とになる。計算機を利用しない システム では、当然のことながらきわめて処理範囲が限定され、単機能に近い専用処理装置が多い。たとえば、

- (1) リアルタイム 周波数分析装置
- (2) 実時間相関分析装置
- (3) 構造物特性解析装置
- (4) 波高分析装置
- (5) ランダム 信号 パワースペクトラム 密度分析装置
- (6) ガス クロマトグラフ 用 インテグレータ

などがある。単機能は、その使いやすさの点で大きな利点を持ち、使用ひん度が高い場合にはコストパフォーマンス がよい。また、計測結果に基づいて直ちにアクション をとる必要がある場合に特に有効である。計算機を利用した システム について考えると、計算機の使い方によって次の二つの方式に分けられる。

- (1) オンライン システム
- (2) オフライン システム

オンライン システム には、前述した専用処理装置に計算機を導入した単一目的のもの、あるいは、ある限定された目的に使われるデータ集録・処理 システム と、全くのはん用システム とがある。図 2.1 は限定目的形 システム の一例である。プロセスコントロール ユニットのスイッチでどのような処理を行なうかを選択・設定する。たとえば、自己相関・パワースペクトラム などである。点線で囲まれた実時間分析装置あるいは実時間 1/3 オクターブフィルタ などによって前処理を行ない、その後 CPU (中央演算処理装置) でさらに高度な演算処理を行なう。後者のみの場合、単一目的形になり、音響・振動 データ 処理 システム としても使われている。図 2.2 は はん用形 システム の一例である。

オフライン システム では、集録した計測 データ をいかに能率よく計算機へ入力するかが問題である。市販されている代表的な例の一つを図 2.3 に示す。これは、デジタル 磁気テープ および紙テープで計測データが集録される例で、制御回路で起動、停止、入出力の切換え、記録モードの選択、サンプリング 周期の選択などの制御を行ない、計算機への情報としてアドレス 番号・データ 数・データ などを磁気テープ・紙テープに出力する。以上、各種のデータ 集録・処理 システム について簡単に触れたが、それぞれ長所・短所があり、一概にどれが最良であるとはいえない。しかし、多機種の重電機器を製作している当社において、その試験の種類、計測 データ の処理内容はきわめて多種類に上っており、これらにそれぞれ専用処理装置を用意することは事実上不可能である。さらに、その処理内容が、今後ますます高度化・複雑化してゆくことを考えると、専用処理装置ではすぐに陳腐化

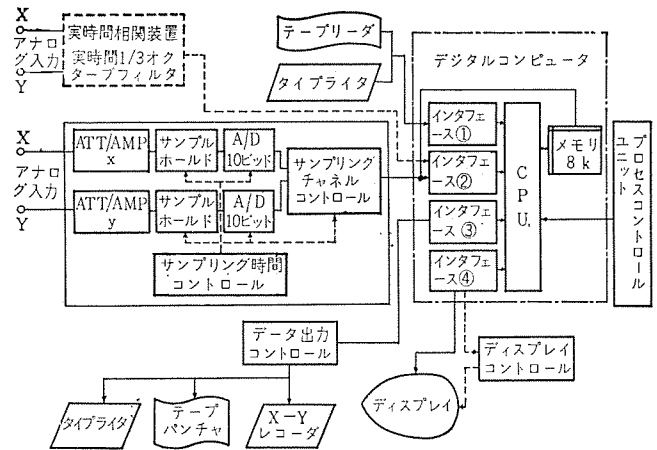


図 2.1 限定目的形システム
System for special purpose.

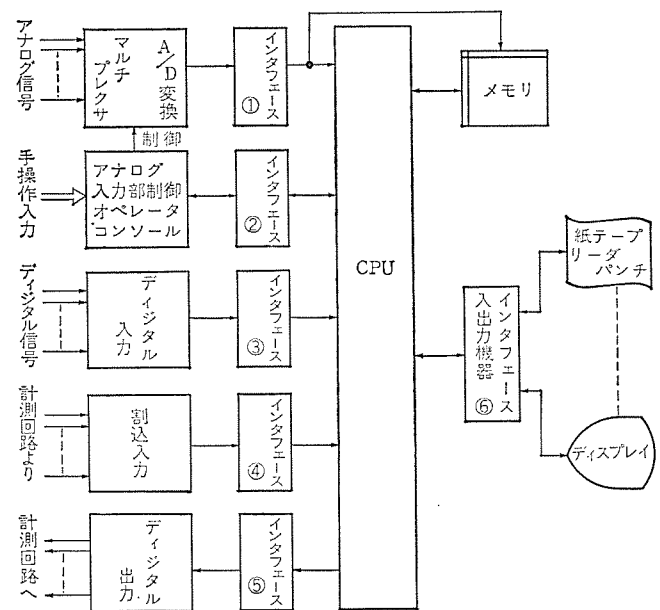


図 2.2 はん用形システム
System for general purpose.

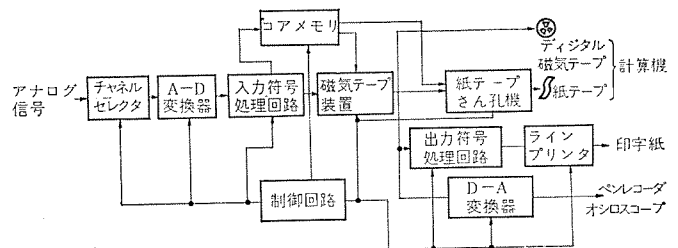


図 2.3 オフライン用データ集録装置
Off-line data collector.

する可能性がある。したがって、これに対応し得る融通性・拡張性・成長性があり、迅速に処理が可能な計測データの処理システムが必要になってきた。当社における開発・改良試験では、その多くが試験の性質上、オンラインでなくてもよいことなどを考慮し、アナログデータレコーダをベースにした標準計測データ集録方式を定め、その集録データをオフラインで第三者が処理できる計測データ処理システムを開発した。以下にその概要を説明する。

3. システムの構成

このシステムは、大きく分けて次の二つの部分より構成される。

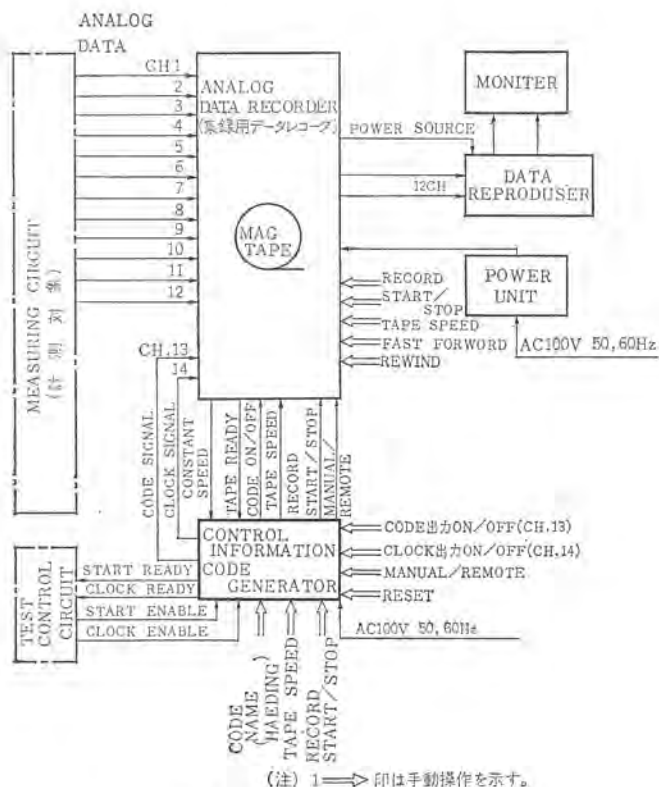


図 3.3 データ集録装置ブロック図
Data collector block diagram.

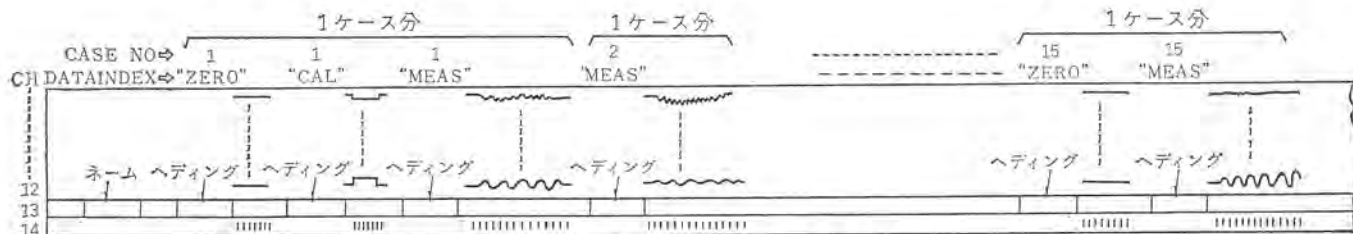


図 3.7 磁気テープ上のデータ構成
Data composition of mag. tape.

計測データの集録・処理の全体システム構成を図 3.2 に示す。データ集録から処理結果が得られるまでの過程を説明すると、

(1) 計測対象から計測信号 12 チャンネル、コードジェネレータから制御情報 2 チャンネルが集録用データレコーダに記録される。

(2) このアナログ磁気テープは、その計測データのどの部分を A/D 変換して計算機システムに格納するか、どのアプリケーションプログラムで処理するかを指定したコーディングシートと一緒にデータ処理部に渡される。

(3) アナログ磁気テープを再生用データレコーダに、コーディングシートは入用カードにしてカードリダにセットする。

(4) システムタイプライタからプログラムを起動し、計算機はカードを読み込んでテープサーチ装置との間で情報交換を行ない、再生用データレコーダ・A/D 変換器を制御して処理すべき計測データを磁気ドラムに記憶する。

(5) アプリケーションプログラムで計測データが演算処理され、結果がラインプリンタ・X-Y プロッタなどに出力される。

この一連の動作で重要な働きをしているのは、集録側のコードジェネレータと、処理側のテープサーチ装置である。これについてやや詳しく述べる。

図 3.3 にデータ集録装置のブロック図を示す。集録用データレコーダ

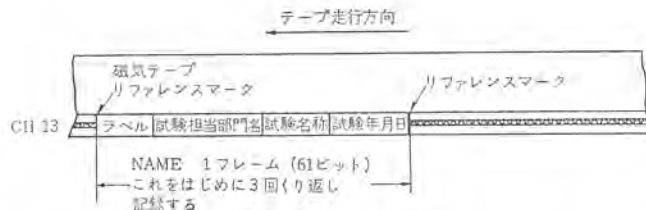


図 3.4 ネームの構成
Composition of "NAME".

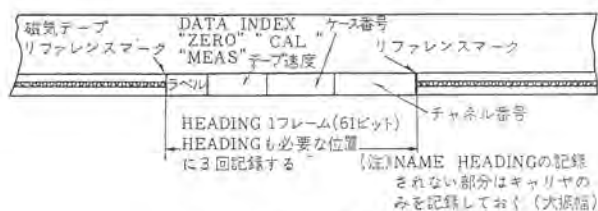


図 3.5 ヘディングの構成
Composition of "HEADING".

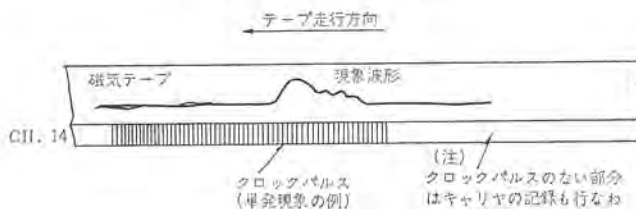


図 3.6 クロック信号
Clock signal.

は 14 チャンネルで、そのうちの 12 チャンネル分に計測信号、他の 2 チャンネルに制御情報がそれぞれ記録される。13 チャンネル目の制御情報(コード化情報)には 2 種類あり、その一つは試験開始時に一回だけ記録される、図 3.4 のネーム (NAME)、および計測条件ごとに記録される、図 3.5 のヘディング (HEADING) である。14 チャンネル目の制御情報(クロック信号)は、テープスピードにリンクされており、その存在する区間の計測信号が処理対象になる。また、その記録開始位置は、後述するように、重要な意味をもつので、試験制御回路からクロックイネーブル (CLOCK ENABLE) で制御できる。クロック信号と現象との関係を図 3.6 に示す。コードジェネレータは、上記制御情報をつくるほか、集録用データレコーダの起動・停止などのすべての制御ができる。また、その起動・停止は、コードジェネレータのスタートイネーブル (START ENABLE) で試験制御回路より自由に制御できる。

計測データは、アナログ磁気テープ上に図 3.7 のような構成で集録される。"ZERO", "CAL", "MEAS" で 1 ケース分のデータを構成するが、"ZERO", "CAL" は任意に省略・追加ができる。ここに、"ZERO" は、計測対象・計測器・集録用データレコーダのすべてを含めたオシログラムという零線に相当する。"MEAS" は、処理したい計測信号、"CAL" は、"MEAS" の計測信号を校正するのに用いる校正信号を表わす。

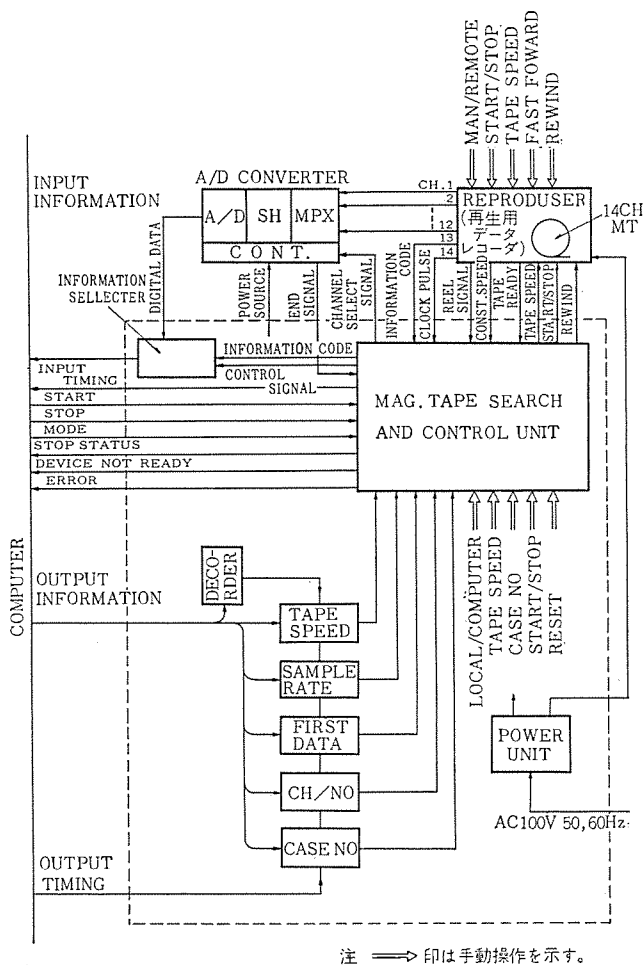


図 3.8 データ再生装置ブロック図
Block diagram of data reproduction and mag. tape search unit.

表 3.1 計算機出力情報
Computer output information.

出力情報	モード指定	ネームリード	ヘディングリード	データリード	リワインド
テープスピード	○	○	○	○	×
サンプルレート	×	×	○	×	×
ファーストデータ	×	×	○	×	×
チャンネルナンバー	×	×	○	×	×
ケースナンバー	×	○	×	×	×

○……情報を出力する
×……情報を出力しない

図 3.8 は、データ再生装置のブロック図である。その動作は、計算機システムで制御され、表 3.1 のように、4 種類のモードがある。計算機は、モード指定および必要な出力情報をセットし、スタート信号を送るとアナログ磁気テープが起動し、ネーム、ヘディングあるいはデータをサーチして、入力情報線で計算機へ送られる。ストップステータス、デバイスノットレディ、エラーシグナルは、計算機でデータ再生装置およびプログラムのエラーチェックに使用する。データ読み込みの場合、データ点数はプログラムによる。図 3.8 の手動操作記号はメインテナンス時に使い、データ処理中には不要である。

表 3.1 のサンプルレートは、図 3.6 のクロックパルスの何個ごとにデータを A/D 変換するかを指定する。ファーストデータは、現象のない不必要なデータまで記憶されてメモリがロスするのをさけるため、クロックパルスの出始めから何個を読みとばすかをクロックパルス数で指定す

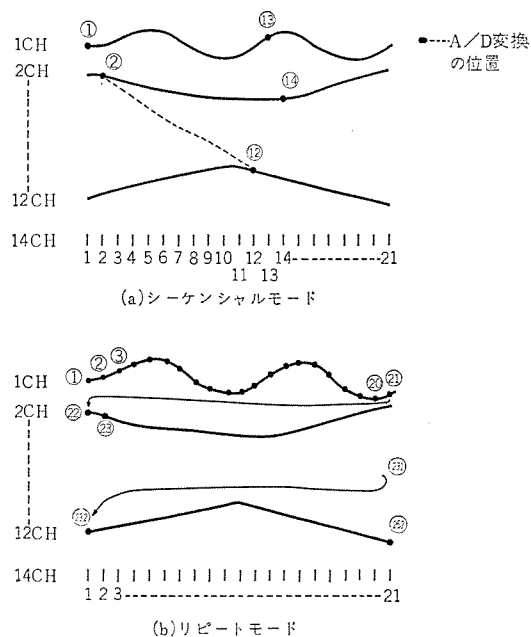


図 3.9 A/D 変換モード
A/D conversion mode.

る。これは、あらかじめ指定する場合と、プログラムで指定する場合とがある。チャンネルナンバーの指定は、1~12チャンネルのどのチャンネルを A/D 変換するかを指定すると同時に、A/D 変換のシーケンシャルとリピートとの二つのモード選択を行なう。その相違を図 3.9 に示す。リピートモードでは、チャンネル間の同時性はクロックパルスで保証されている。これは、このシステムが取り扱える現象周波数を可能なかぎり高くするための機能で、主として計算機へのデータ転送速度による。

4. ハードウェアの概要

4.1 データ集録装置

4.1.1 コードジェネレータ

コード化情報の設定範囲を表 4.1 に、表 4.2 にテープスピードに対するクロック周波数を示す。クロック周波数は、テープスピードにリンクしており、オペレータはテープスピードだけを意識すればよい。集録用デ

表 4.1 コード化情報
Coded information.

項目	名称	設定範囲	備考
NAME	試験担当部門名	00~99	
	試験名称	0000~9999	
	試験年月日	年月日 01 01~9 12 31	
HEADING	ケース番号	0000~9999	3者のうち、選択されたコードのみが出力される
	テープ速度	1~5	
	チャンネル番号	1~12	
	データインデックス	ZERO, CAL, MEAS	

表 4.2 クロック周波数
Clock frequency.

テープ速度 cm/s	現象の測定範囲 kHz	コード化情報のキャリア周波数 kHz	クロック周波数 kHz
4.75	0~0.625	0.5	6.25
9.5	0~1.25	1	12.5
19	0~2.5	2	25.0
38	0~5.0	4	50.0
76	0~10	8	100

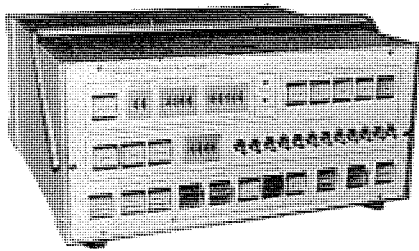


図 4.1 コードジェネレータ
Code generator.

表 4.3 集録用データレコーダの仕様
Specification of analog data recorder.

テープスピード cm/s	周波数特性 kHz(±0.5 dB)	S/N 比 dB rms
4.75	DC 0.625	40
9.5	DC~1.25	43
19	DC~2.5	45
38	DC~5	45
76	DC~10	47

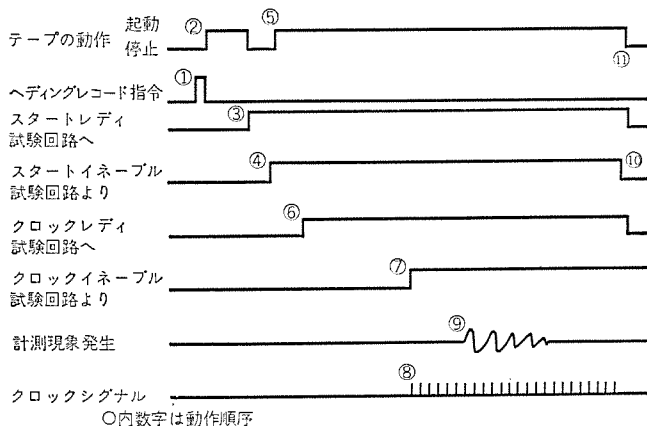


図 4.2 単発現象集録時のシーケンス
Recording sequence.

タレコーダと組み合わせて動作させるのであるが、そのテープの起動・停止、およびクロックの入力タイミングなどの制御を本器パネルで操作する方式と、外部リモート信号で操作する方式との二とおりがある。外観を図 4.1 に示す。

4.1.2 集録用データレコーダ

1~13チャンネルは FM 変調方式、14チャンネルはダイレクトレコード方式をとっている。主な仕様を表 4.3 に示す。このほか、ドロップアウト、ダイナミックスキューおよびスタティックスキューについては在来品よりきびしい配慮がなされている。また、多くの集録用データレコーダからのアナログ磁気テープが、1台の再生用データレコーダで再生されるので、集録用データレコーダ相互間に完全な互換性をもたせている。外観を図 4.3 に示す。

コードジェネレータと組み合わせてデータ集録装置になり、データ集録の方法に次の三つがある。

- (1) 単発現象の集録
- (2) 定常現象の集録
- (3) 長時間連続現象の集録

(1)の方法は、コードジェネレータの外部リモート信号操作で、図 4.2 のシーケンスのように、集録装置を試験制御回路で制御してむだのない集録を行なう。(2)項は、コードジェネレータのパネル面よりテープの

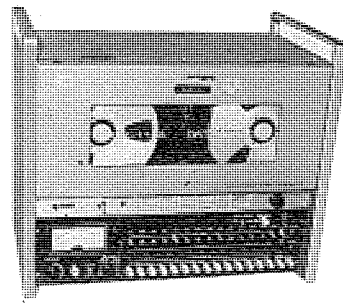


図 4.3 集録用データレコーダ
Analog data recorder.

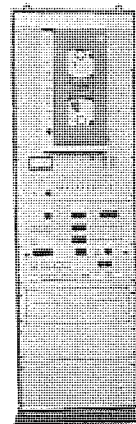


図 4.4 再生用データレコーダ
Data reproducer.

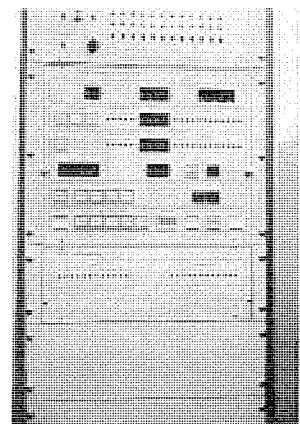


図 4.5 A/D 変換器、テープサーチ装置
A/D converter and mag. tape search unit.

起動・停止を行ない、(1)項の場合のようにタイミングを考える必要はない。(3)項は、重電機器製品の車両輸送時振動現象のように、集録中に処理しなければならない部分がわからず、集録後に現象全体から処理部分を選定する場合、また、集録現象中のわずかな部分しか処理しない場合などには、現象のみを集録して帰り、その後、コードジェネレータの編集機能で集録現象を再生、それをモニタしながら処理しなければならない現象部分に制御情報を記録する。この編集時にデータレコーダは、1~12チャンネルが再生、13・14チャンネルが記録状態になる。このように、現象に応じて3種類の方法を使い分けて効率のよい処理を行なうことができる。

4.2 データ再生装置

4.2.1 再生用データレコーダ

電氣的性能は、集録用データレコーダと同一である。しかし、起動・停止などの機械的動作は、集録用のそれと比較にならないほどひんぱんに行なわれるので、ブレーキをはじめサーボ機構にはきわめて耐久性が高いことが要求される。また、リwind時にも再生動作を行なわせなければならず、S/N比・スキューなどの安定度に関してきわめて過酷な仕様要求される。図 4.4 の上部が本器の外観である。

4.2.2 テープサーチ装置

図 4.5 のコキシー表示管のある中央部が本装置の外観である。アナログ磁気テープに記憶されている制御情報のネーム、ヘディングおよび計算機より制御する出力情報などがモニタできる。

4.2.3 A/D 変換器

図 4.5 の下部にその外観を示す。ランダムアクセス可能な12チャンネルのマルチプレクサを含み、主な性能は次のとおりである。

- (1) A/D 変換速度 最高 50 kHz

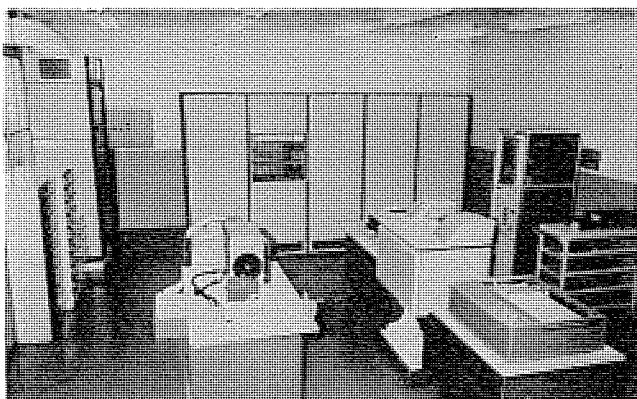


図 4.6 MELCOM 350-30 形 計算機システム
MELCOM 350-30 computer system.

- (2) 入力電圧 $\pm 2V$
- (3) 分解能 符号+11 bit
- (4) 精度 0.1 %

4.3 計算機システム

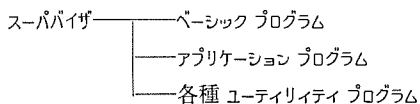
MELCOM 350-30 形 計算機システムの構成を下記に示す。なお、高速データ読み込みのために転送速度の速いセレクトチャンネル2本を装備している。

- (1) 中央処理装置：主メモリ 16kW 語長 16 bit
- (2) 補助記憶装置：磁気ドラム 262kW
- (3) 周辺機器：システムタイプライタ、カードリーダ、ラインプリンタ、高速紙テープリーダ、高速紙テープパンチャ、XYプロッタ

磁気ドラムには処理しなければならない計測データ、アプリケーションプログラムおよびその中間データが記憶される。システムタイプライタは、オペレータと計算機との情報交換、およびエラーメッセージの印字を行なう。高速紙テープリーダ、パンチャは、プログラムのオブジェクト、ロードモジュールの入出力と紙テープ集録データの入力機器になる。また、カードリーダは、プログラムおよびデータ再生装置制御情報を読み込み、ラインプリンタ、XYプロッタが演算処理結果の出力機器になる。図4.6に本システムのレイアウトを示す。

5. ソフトウェア

ソフトウェアは、データ再生装置を制御して処理しなければならない計測データを計算機システムへ渡すプログラムと、渡されたデータを演算処理するプログラムとから構成される。処理システムとして前者を計測データ処理のためのベーシックプログラム、後者をアプリケーションプログラムと呼ぶことにする。



5.1 データ再生装置

計算機システム側からのモード指定とケース番号・テープスピードなどの条件指定を受けると、データ再生装置は独自で作動し、指定モードに対応してアナログ磁気テープに記録されているネーム、ヘディングまたはデータをサーチして計算機システム側へ転送する。これらの情報の表現パターンを表5.1に示す。

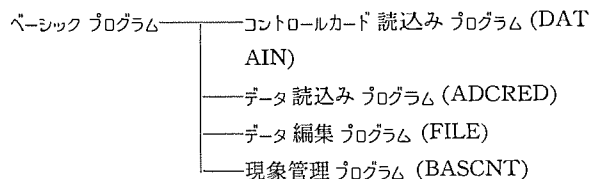
5.2 ベーシックプログラム

表5.1の計算機から与える情報は、アナログ磁気テープ上のネーム、

表 5.1 情報の表現
Processing information and data expression.

情報発生機器		情報名称	ワード数	ビットポジション															
				15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
データ再生装置	ネーム (NAME)	3	ラベル 0 0 0 1					0 0 0 0					担当部門名						
			試験名称																
			年 月 日																
	ヘディング (HEADING)	3	ラベル 0 0 1 0					データ インデックス					0 0 0		テープ スピード				
			ケース番号																
			0 0 0 0					チャンネル番号											
データ (DATA)	1	0 0 0 0					符号	データ											
計算機	ケース番号 (CASE NO)	2	ファンクション 1 0 1 0					0 0 0 0					ケース番号 上位2けた						
			1 0 1 1					0 0 0 0					ケース番号 下位2けた						
	テープスピード (TAPE SPEED)	1	0 0 1 0					0 0 0 0					0 0 0					テープ スピード	
	サンプルレート (SAMPLE RATE)	1	0 1 0 0					サンプルレート											
	ファーストデータ (FIRST DATA)	1	0 1 1 0					ファーストデータ											
	チャンネル番号 (CHANNEL NO)	1	1 0 0			A/DC モード		チャンネル番号											
	モード指定	1												モード					

ヘディングおよびデータをサーチさせる命令語になる。これらの命令語を使用してアプリケーションプログラムで処理できる形にすることと、アナログ磁気テープに集録されている計測データの処理の進行を管理することが、ベーシックプログラムの役目である。ベーシックプログラムは、次の四つのプログラムより構成されている。



5.2.1 コントロールカード読み込みプログラム

図5.1に示すフォーマットでデータ処理制御情報をシステムに与える。これを読み込むのが、このプログラムである。

(1) ネームカード

ネームは、このシステムが試験内容を知らない第三者によって処理されるので、磁気テープをチェックするためのものである。

(2) ケース番号カード

ケース番号は処理するデータのケース番号を指定する。

(3) チャンネルカード

データ集録時に使ったチャネルの現象に名称をつけ、アプリケーションプログラムではその名称を使って処理を行なう。校正值欄は校正信号が記録されている場合、それが物理量のいくらに相当するかを記入する。ファーストデータ欄はあらかじめ現象の有効部分がわかっている場

NAME CARD

BASE NO CARD

CHANNEL CARD

PROGRAM NAME CARD

図 5.1 処理制御情報の コーディング フォーム
Processing information coding form.

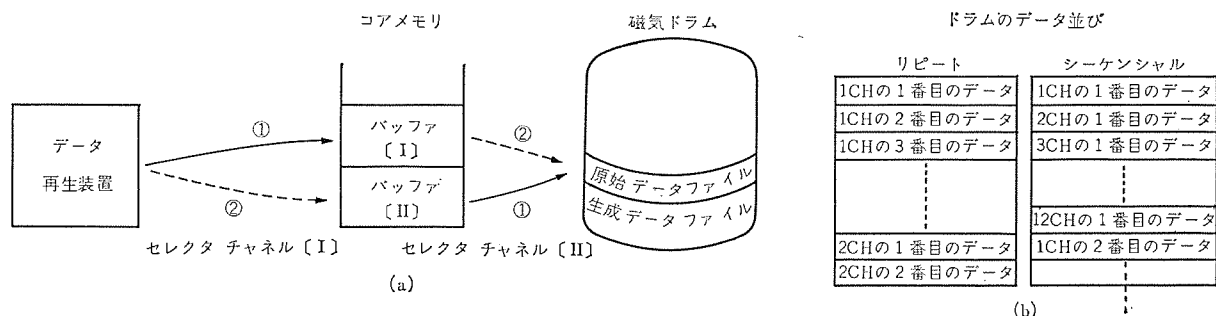


図 5.2 データ転送の原理
Principle of data transfer.

合に記入する。データサンプル数・サンプルレートは、処理する現象の周波数成分と持続時間とから表 4.2 で決定する。

テープ速度は、再生テープ速度で処理する周波数より決める。

現象の名称以外は、後述する“BASCNT”プログラムで設定が可能である。このように、使用チャネルとその条件とを計算機に与える。

(4) プログラムネームカード

アプリケーションプログラム名と A/D 変換モードとを指定する。

5.2.2 データ読み込みプログラム

“DATAIN”プログラムで読み込んだ制御情報に基づいてアナログ磁気テープの計測データを計算機に取り込む。図 5.2 に示すように、このプログラムはコアメモリに二つのバッファを持ち、このバッファを切り換えながら、一方のデータをドラムに格納する方式 (PCI 機能) によってデータが読み込まれる。この動作を繰り返してデータサンプル数に達するまで続ける。その結果、図 5.2 (b) のようなデータ並びができる。これを原始データファイルと呼ぶ。セレクトチャネルの計測データ

転送速度は 25 kHz で行なわれる。原始データファイルは可変で、現在、30 kW (30,000 点のデータ) にセットされている。この点数は、このシステムの能力を制限するとは限らない。たとえば、90,000 点のデータ処理を行なう場合、30,000 点ずつ 3 回 A/D 変換を行なえばよく、その時間的継ぎ目のデータの脱落は、クロックパルス (14 CH 目) で A/D 変換を制御するので、皆無である。

5.2.3 データ編集プログラム

原始データファイルのデータフォーマットは、表 5.1 に示したように、計算機内における数値の表現と異なるので、フォートランで書かれたアプリケーションプログラムで扱えるように実数形に変換して配列しなおす。図 5.2 (b) の例でリピートの場合、実数形に変換して図 5.2 (a) のファイル (生成データファイル) に格納する。また、シーケンシャルの場合、リピートのように各チャネル対応のデータに並び変えるとともに、実数形に変換して生成データファイルに格納する。したがって、生成データファイル内では A/D 変換モードに関係なく同じデータ配列になる。実

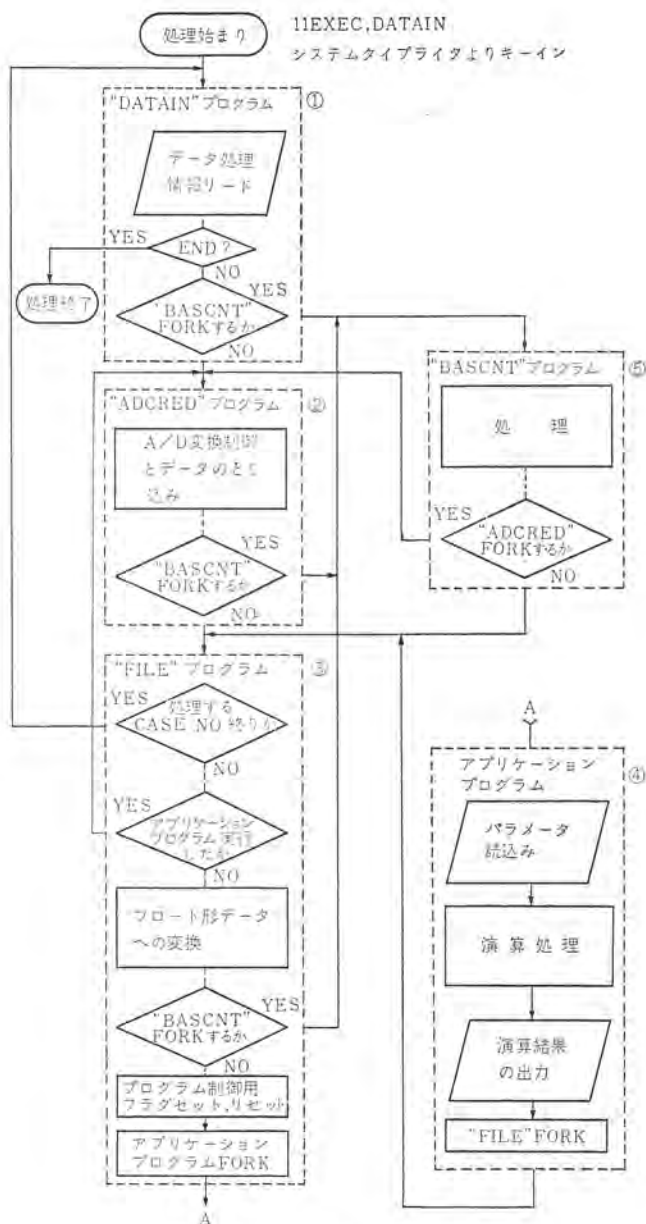


図 5.3 ベーシックプログラムの動き
Basic program flow chart.

数値への変換処理中に集録時計測信号(“MEAS”)にさきだって記録した“ZERO”, “CAL”信号で零点の補償・校正計算が施される。

この後、アプリケーションプログラムが起動され、ここで計測データの処理が行なわれてリストグラフで結果が得られる。そして、再び“FILE”プログラムが起動され、処理ケース番号が残ってあれば“ADCREDED”プログラムが起動されてA/D変換が行なわれる。この様子を図5.3に示す。最も単純な動きは、①→②→③→④→③→②→③→④→③……のように、②③④③の繰返し動作になり、最後は①で終る。このように、③の“FILE”プログラムを常に経由するのは、処理の進行管理機能を“FILE”プログラムが持っているためである。

5.2.4 現象管理プログラム

図4.2に示すように、クロック信号の始端が、現象が起こる直前になるように試験回路から制御してデータ集録をしてあれば、クロックパルスの最初よりA/D変換して格納しても、データにむだはほとんどなく、能率のよい処理ができる。たとえば、このクロックパルスの開始位置と現象の開始位置とがなんらかの原因で一定せず、現象持続時間が0.1秒なのに3~4秒も変動するような場合、0.1秒間のデ

ータでよいところを4秒間のデータを取り込まなければならず、データ効率が1/40になる。また、極端な場合、処理したいデータを見逃してしまう恐れすらある。これでは計測データの自動処理はおぼつかない。これを防ぐには、現象が起こる位置をプログラムでクロックパルス始端より何個目かを調べ、その直前からA/D変換するようにファーストデータをプログラムで書きかえてから、5.2.3項で述べた動作を行なえばよい。この働きをするのが“BASCNT”プログラムである。ここには現象開始点を調べるものを例にとったが、あるチャンネルの現象の最大・最小でもよく、また、2現象間の関係でもよい。さらに、現象に応じたA/D変換のサンプルレート、サンプルデータ数などを“BASCNT”プログラムで管理することも可能である。

ベシックプログラムのそれぞれでハード、ソフトともに十分なエラーチェックを行っており、その数は70個にもものぼる。このためにシステムの詳細を知らない人でも安心してプログラムが組める。

5.3 アプリケーションプログラム

プログラム言語は、誰にでも容易に利用できるようにフォートラン(FORTRAN-7000レベル)を採用している。プログラムの中で生成データファイルのデータを処理しようとするとき、そのデータを使う前に次のサブルーチンをコールすればよい。

CALL SEARCH (VNAME, NONAME, NSECTR, ISRATE, NPSPED, NRSPED, NFDATA, NDATA, CALK, NCASE)

VNAME がキーワードで、“DATAIN”プログラムで読み込んだ集録用データレコードの各チャンネル現象につけた現象名である。このコールの結果、次の情報がもどってくる。

NONAME : VNAME の有無
NSECTR : データのドラム格納番地
ISRATE : A/D変換時のサンプルレート
NPSPED : 再生用データレコードの速度
NRSPED : データ集録時のデータレコード速度
NFDATA : ファーストデータの値
NDATA : A/D変換したデータサンプル数
CALK : データの校正係数
NCASE : 処理実行中のケース番号

現象数が12個あれば、VNAMEを変えて12回コールすれば、それぞれのデータの格納場所、その他のA/D変換制御情報が得られる。このように、アプリケーションプログラム中ではデータ・A/D変換制御情報の格納絶対番地を意識する必要は全くない。図5.3ではアプリケーションプログラムが一つの独立プログラムからできているように書かれているが、プログラムが大きい場合には、コアエリアの関係から幾つかの独立プログラムに分割して実行する。この場合の大きな利点は、コアが節約できることもさることながら、独立プログラムとして一つの要素処理、たとえば実効値計算・フィルタ演算などを持たせておけば、多くの要素処理プログラムができた時点では、それらの組合せで容易に新しいアプリケーションプログラムをつくり得ることである。このことは、データ再生装置の完全なプログラムによる制御とともに、この処理システムに大きな融通性と成長性を与えることになる。

6. システム性能

ハードウェア、ソフトウェア別にその性能を述べたが、システムとしての性能を次に記す。

- (1) データの入力形式
- (a) アナログ磁気テープ

(b) 紙テープ

(以下(a)について記す)

- (2) 現象数: 同時12チャンネル
- (3) 周波数: DC~10 kHz (集録用データレコーダによる)
- (4) 計測データ転送速度: 最高 25 kHz, A/D変換速度で 40 μ s (実時間で), 再生データレコーダ速度変換で 10 μ s
- (5) データの精度: 総合1%
- (6) 時間の精度: クロックパルス の ± 1 パルス 以内
- (7) データ点数: ハード的には 30,000 点/回, ソフト的には制限なし
- (8) 処理方式: オフライン 完全自動方式
- (9) 処理結果出力: ラインプリンタによるリスト, X-Yプロッタによるグラフ

SERIES 7 ORIGINAL DATA

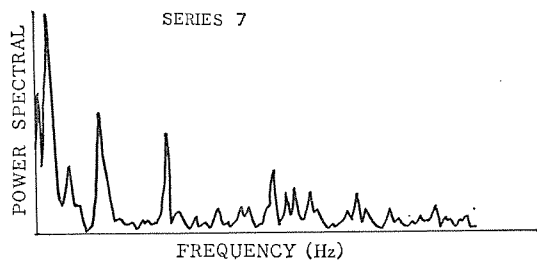
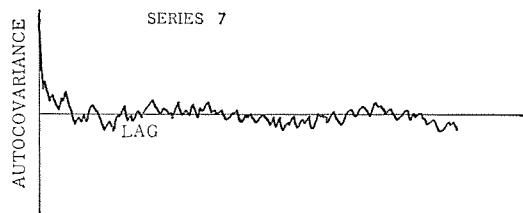


図 7.1 時系列解析出力 (1)
Time series analysis output (1).

SERIES 8 ORIGINAL DATA

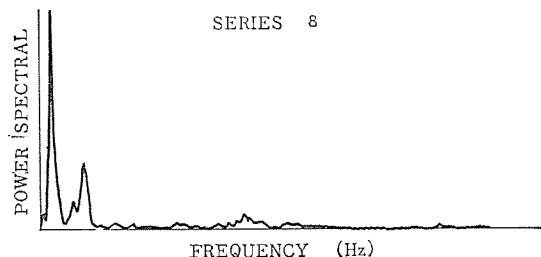
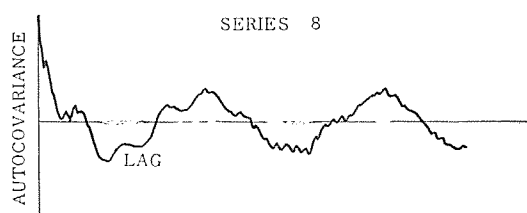


図 7.2 時系列解析出力 (2)
Time series analysis output (2)

7. 計測データの処理例

現在, ルーチン的に処理しているものの中から具体例二つを紹介する。

7.1 機械振動波の時系列解析

ランダム振動波の自己相関, 相互相関, パワースペクトラム, クロススペクトラム, トランスファ関数などの8種類の処理を行なうはん用振動解析プログラムである。この例では, 電車の走行時の振動現象を集録して解析した結果の一部である。図 7.1 は, 現象⑦のオリジナルデータ, オートコバリアンス, パワースペクトラムを, 図 7.2 は現象⑧のそれらを

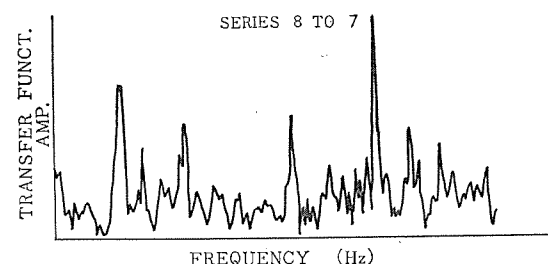
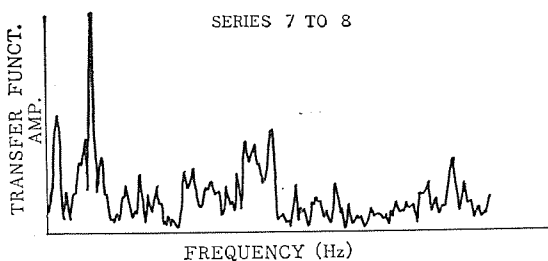
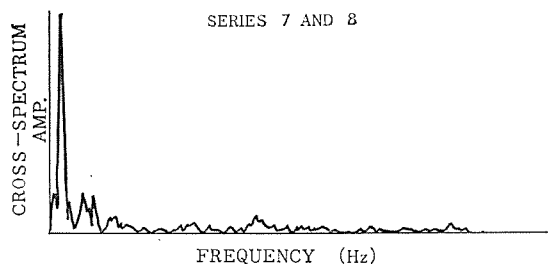


図 7.3 時系列解析出力 (3)
Time series analysis output (3)

FREQUENCY (CYCLES/SECOND)	CO-SPECTRUM SPECTRUM OF SERIES 7 AND 8	QUADRATURE SPECTRUM OF SERIES 7 AND 8	AMPLITUDE-CROSS SPECTRUM OF SERIES 7 AND 8	PHASE OF CROSS SPECTRUM OF SERIES 7 AND 8
	SERIES 7 AND 8	SERIES 7 AND 8	SERIES 7 AND 8	SERIES 7 AND 8
0.000000	-0.0000236	-0.0000147	0.0000278	0.5884770
1.256280	-0.0000749	-0.0000202	0.0000776	0.5417814
2.512561	-0.0000959	-0.0000167	0.0000974	0.5274097
3.768842	-0.0000550	-0.0000041	0.0000551	0.5119146
5.025123	-0.0002192	0.0000063	0.0002192	0.4954643
6.281404	-0.0005164	-0.0000100	0.0005165	0.5030819
7.537685	-0.0003198	-0.0000115	0.0003200	0.5057182
8.793966	-0.0001418	0.0000284	0.0001446	0.4686146
10.050247	-0.0000274	0.0000096	0.0000291	0.4465392
11.306528	0.0000597	-0.0000396	0.0000716	0.9068174
12.562808	0.0000192	-0.0000192	0.0000271	0.8753625
13.819089	-0.0000001	-0.0000084	0.0000084	0.7472875
15.075370	0.0000107	-0.0000191	0.0000219	0.8313658

FREQUENCY (CYCLES/SECOND)	COHERENCE SQUARE OF SERIES 7 AND 8	AMPLITUDE OF TRANSFER FUNCTION OF 7 TO 8	AMPLITUDE OF TRANSFER FUNCTION OF 8 TO 7	PHASE OF TRANSFER FUNCTION OF 8 TO 7 *
	SERIES 7 AND 8	OF 7 TO 8	OF 8 TO 7	OF 8 TO 7 *
0.00000	0.3426570	0.3185623	1.0756349	0.5884770
1.2563	0.5540366	0.5807836	0.9539469	0.5417814
2.5126	0.7839274	0.8009668	0.9787266	0.5274097
3.7688	0.9478587	0.9143817	1.0366115	0.5119146
5.0251	0.8305532	2.2200260	0.4010552	0.4954643
6.2814	0.9524919	2.4778471	0.3843998	0.5030819
7.5377	0.7602272	1.9438066	0.3911021	0.5057182
8.7940	0.4921351	1.1070442	0.4450907	0.4686146
10.0502	0.0356341	0.2662805	0.1338215	0.4465392
11.3065	0.4966622	0.8839427	0.5618715	0.9068174
12.5628	0.2256200	0.5122603	0.4404402	0.8753625
13.8191	0.0834274	0.2724887	0.3061684	0.7472875
15.0754	0.3196325	0.8036258	0.3779869	0.8313658

図 7.4 時系列解析出力 (4)
Time series analysis output (4).

示す。現象を2msのサンプリングでデータ500点、ラグ199で演算処理した結果である。図7.3は、現象⑦、⑧のクロススペクトラム、トランスファ関クションを、図7.4は、演算結果のラインプリンタによるリストの一部分である。なお、図7.5に計算機システムへ与える処理制御情報のカード配列を示す。

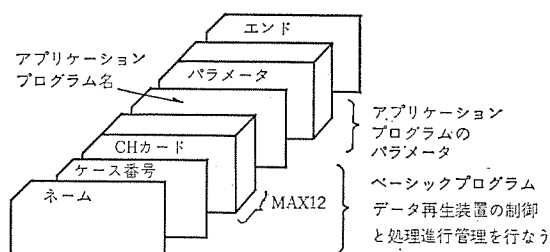
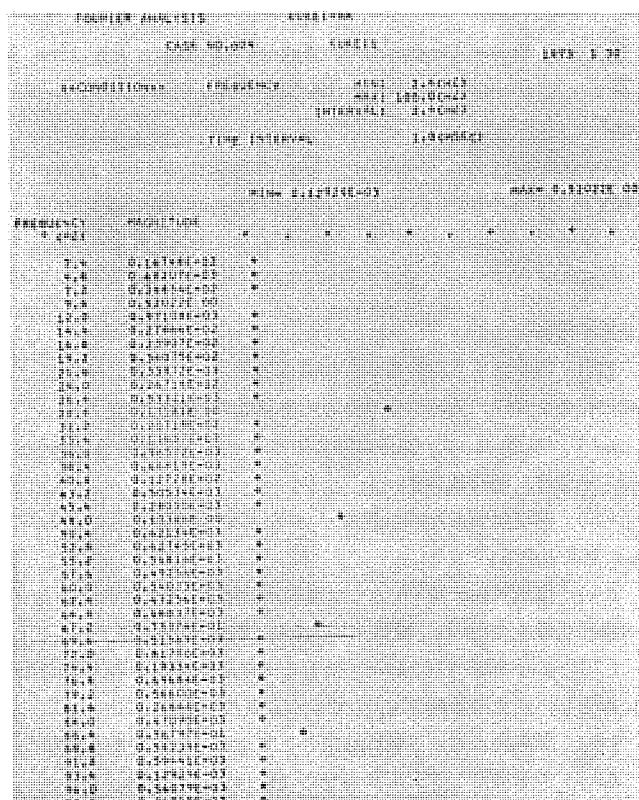


図 7.5 処理制御情報のカード配列
Processing information cards array.



10 Hz く(矩)形波の分析結果

図 7.6 周波数解析出力
Frequency analysis output.

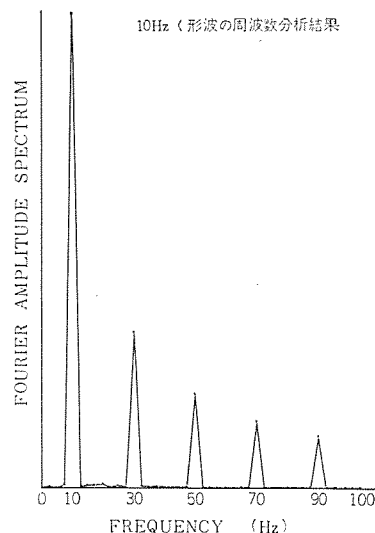
7.2 周波数分析

電気現象をはじめ、多くの分野で周波数分析がひん繁に行なわれており、周波数分析器が使われている。このプログラムは有限フーリエ変換の手法を用いたもので、単発現象・連続現象のいずれでも処理可能である。図7.6に10 Hzのく(矩)形波を分析した結果を示す。

8. む す び

新製品開発をはじめ、高度な品質保証を確保するための開発・改良試験は今後ますます増大する傾向にあるとき、幅広い処理内容を消化できる融通性を持ち、さらにシステム自身が成長性を持った、この計測データ集録・処理システムは、試験担当者以外の第三者による処理作業の可能な点とあいまって大きな偉力を発揮してゆくであろう。このシステムは、2章で述べた適用範囲だけでなく、たとえば、セメントキルン動特性解析・レオナード装置をはじめ、プラント制御系の解析、システムの同定などへの応用も十分に可能である。また、重電機器以外に造船工業・自動車工業あるいは航空宇宙工学などの分野での利用にも適している。このシステムでは、MELCOM 350-30形計算機システムを用いたが、システム規模に応じてMELCOM 350 30 F-7形計算機システムでも可能で、すでに他のプロセスでか動している。

なお、本システムの開発途上において特許新案を申請中である。



MELCOM 7500 による人工衛星試験装置の ソフトウェアとその運用

小泉 深吉*・荒木 一則*
磯谷 厚**・塙 有二**
吉竹 成之**・阿部 忠**

Software and Operation of Satellite Check-Out System with MELCOM 7500 Computer

National Space Development Agency of Japan Shinkichi Koizumi・Kazunori Araki
Mitsubishi Electric Corp., Kamakura Works Atsushi Isogai・Yuji Hanawa
Shigeyuki Yoshitake・Tadashi Abe

“ETS-1・ISS check-out system equipment (EICE)” delivered to the National Space Development Agency of Japan has been in operation since April, 1973 for the satellite testing. The outlines of the device were made public in the Mitsubishi Engineering Report, Vol. 47 No. 3, titled “Special Number for Satellite and Space Development”.

This article describes the computer software and the operation for checking out the satellites. The function of the system is arranged in order from the viewpoint of the computer design; the concept of the software design is introduced and the operation of the system for the check-out referred to is explained together with.

1. ま え が き

宇宙開発事業団に納入された「ETS-1・ISS チェックアウト 装置 (EICE)」は、昭和 48 年 4 月から同事業団で衛星試験のために用いられている (図 1. 1)。装置の概要については先に三菱電機技報 衛星通信と宇宙開発特集 (48 年 3 月号) で紹介したように、各種衛星試験装置と電子計算機から構成されているが、本文では衛星試験のための計算機ソフトウェアとその運用について記述する。

2. システムに対する要求機能

システムを計算機利用の一つの形態であるデータ収集・制御システム (Data Acquisition and Control System) として整理すると要求機能は次のようにまとめることができる。

(1) 衛星に対して、コマンドを発生し、衛星の動作状態を制御する。

(2) 衛星から送られる PCM テレメトリ 信号を受け、衛星の内部

状態を解析する。

(3) 衛星にとう(搭)載する観測機器に対し、疑似信号を加え、その出力を受け、入出力信号から内部状態の特性を検査する。

(4) PCM テレメトリ 信号以外に衛星のテストコネクタからハードライン信号を受け、解析に供す。

(5) 環境試験のための温度データなどのアナログ信号 (200 チャンネル) を入力する。

(6) 衛星試験装置 (たとえば電源系試験部、RF 系試験部など) の動作状態をモニタし、設定・切換などの制御指令を出す。

(7) データ解析をリアルタイムで行ない結果を連続的に CRT 画面に出力し、変化の状態をモニタできるようにする。

(8) 計算機に対する制御は主としてテストコンソールから行なう。

(9) 計算機により EICE 各部のセルフチェックを行なう。

以下の説明を使うために、計算機と各種試験装置との接続関係を示すブロック図を図 2. 1 に示す。



図 1. 1 EICE 用 MELCOM 7500 システム 外観

MELCOM 7500 system for EICE.

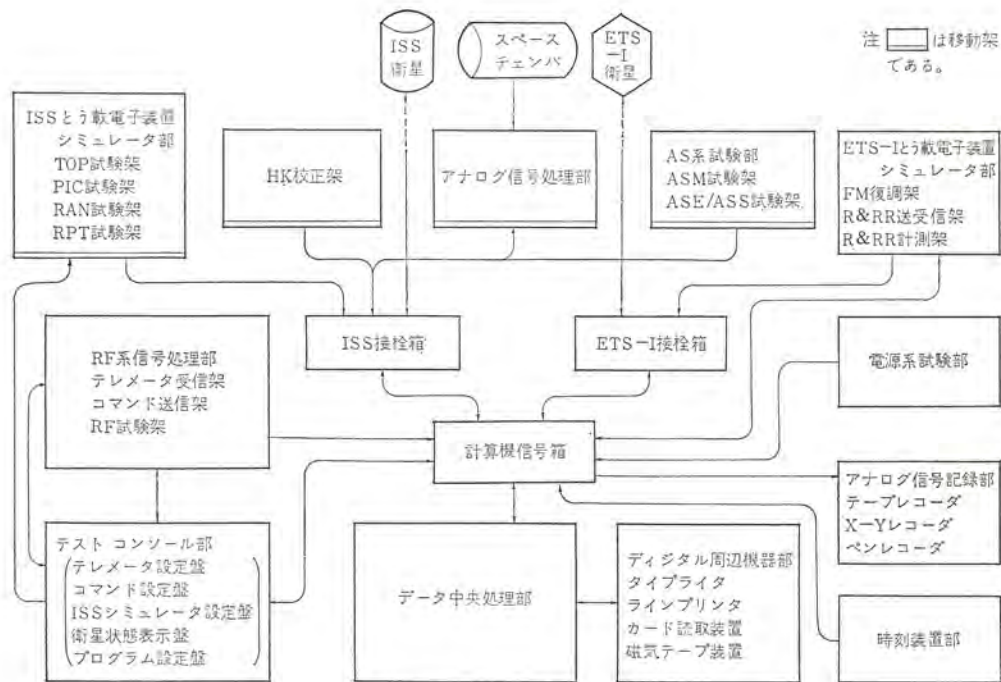


図 2.1 システムブロック図
System block diagram.

3. 計算機システムの構成

データ中央処理装置ならびに周辺機器の構成および性能を表 3.1 に示す。

システムは記憶装置を中心として中央処理装置(セントラル プロセッサ)、入出力処理装置(I/O プロセッサ)および周辺入出力装置からなる。さらに単回線通信制御装置(HOC)を介してのキャラクタディスプレイ装置、衛星および EICE の各サブシステムと直結し入出力制御するシステム結合装置(SIU)が付加されている。

システム結合装置は、外部の信号(アナログ/デジタル)の入出力を、直接制御するための装置であり、本システムにおいては、約 700 点の信号ラインと結合し、外部信号レベルの保持、割込信号の発生、並列パルス列の同期読取、レベル信号出力、パルス列信号入力などを行なっ

表 3.1 計算機システム構成
Computer system configuration.

形 名	品 名	数 量	性 能
8201	中央処理装置 内蔵入出力処理装置	1	割込みレベル 32レベル
8273	多重入出力処理装置	1	
8213	オートマティック リスタート機構	1	
8214	記憶保護機構	1	
8218	浮動小数点演算機構	1	
8221	外部割込み機構	1	
8222	割込みレベル付加機構	16	
8270	外部接続機構	1	1 語 32ビット+パリティ ビット 記憶容量 32k 語 2 ウェイポート
8251	基本記憶ユニット	2	
8252	付加記憶ユニット	6	
8255	ポート拡張機構	2	
7201	システム ディスク制御装置	1	記憶容量 3M バイト 平均アクセス時間 20.3 ms
7204	システム ディスク装置		
7012 N	タイプライタ装置	1	印字速度 20 字/秒
7140 N	カード読取り装置	1	読取速度 1,470 枚/分
6320 N	磁気テープ制御装置	1	記憶密度 800 RPI
7322 N	磁気テープ装置	2	トラック数 9トラック
7445 N 1	ラインプリンタ装置	1	印刷速度 1,250 行/分

ている。

各サブシステムとのインタフェースデータの一覧を表 3.2 に示す。

表 3.2 インタフェースデータ分類表
System interface list.

サブシステム名称	インタフェースデータ名称
1. RF 系 信 号 処 理 部	(1) PCM テレメトリ データ入力
	(2) PCM シミュレータ データ出力
	(3) RF コマンド系データ出力 RF コマンド系応答データ入力
	(4) RF 試験架計測制御データ出力 RF 試験架計測データ入力
2. テスト コンソール部	(5) ブレーク ポイント スイッチ データ入力 CRT コントロール スイッチ データ入力
	(6) S/C*1 ステータス ディスプレイ データ出力
3. アナログ信号 処理部	(7) アナログ入力制御データ出力
	(8) アナログ入力信号データ入力
4. アナログ信号 記録部	(9) アナログ出力制御およびデータ出力
5. 時 刻 装 置 部	(10) 時刻データ入力
6. 電 源 系 試 験 部	(11) 電源系ステータスデータ入力
7. ISS と う (搭) 載電子装置シミュレータ部	(12) ISS-SIM 動作モード指定データ出力*2 ISS-SIM 動作モード指定応答データ入力
8. ETS-1 と う 載電子装置シミュレータ部	(13) R and RR 系および FM 系計測制御データ出力 R and RR 系および FM 系計測データ入力
9. 姿 勢 系 試 験 部	(14) AS 系モニタ データ入力
10. H K 校 正 器	(15) HK-CAL 制御データ入力
11. 衛 星	(16) S/C コマンド系シフトレジスタデータ入力

注) *1 S/C……Space Craft (衛星) の略

*2 ISS と う 載電子装置シミュレータ部の各装置に対する動作モード指定データを以後 RF コマンドと区別するためにアクチュエーションと略す。

4. EICE ソフトウェアの設計

4.1 ソフトウェアの構成

EICE ソフトウェア は次の 5 種類の プログラム から構成されている。

- (1) 実時間 モニタ システムプログラム
- (2) 入出力制御 プログラム
- (3) オンラインデータ 処理 プログラム
- (4) オンラインサポート プログラム
- (5) オフラインデータ 処理 プログラム

以下に、ISS (電離層観測衛星) の システム 試験 の場合を例にとり、各 プログラム の内容を記述する。

4.2 実時間モニタシステム プログラム

4.2.1 モニタ

外部割込信号の受付処理、割込みにともなう プログラム の実行の優先制御、計算機内部 タイマ の管理、入出力機器の制御と待行列管理、マンマシン コミュニケーション プログラム の ディスクファイル からの ローディングなどを総括する管理 プログラム として、RBM (Real-time Batch Monitor) を用いている。RBM は MELCOM 7500 に用意された モニタ の一つであり、実時間処理に高い性能を発揮するように設計されたコンパクトモニタシステムである。EICE では、さらに、この RBM にクイックディスプレイのために 9,600 bps の速度で動作させる CRT ディスプレイの制御機能を付加している。これにより、処理 プログラム による CRT ディスプレイ の出力要求はラインプリンタ、磁気テープなどへの出力要求と同様の命令形式で行なうことができる。

4.2.2 アナログ出力用スプール パッケージ

データ 処理結果のペンレコーダ、XY レコーダ へのアナログ 信号出力はスプール 形式で行なわれる。処理 プログラム では出力する データ をディスク ファイル にストア しておき、アナログ 出力用スプールパッケージがこれをペンレコーダ、XY レコーダ に出力する形をとっている。これにより、連続した波形の データ の出力を、他の演算処理と併行して出力できるようになっている。

4.2.3 その他のプログラム

EICE ソフトウェア にはこのほか、ジョブコントロール プロセッサ、オーバレイロード、RAD エディタ、SYSGEN プロセッサ、MACRO-SYMBOL、FORTRAN IV-M など MELCOM 7500 用標準 プログラム が用意されている。

4.3 入出力制御プログラム

(1) 構造

入出力制御 プログラム はコア 常駐形の フォアグラウンド プログラム として作成されており、次の各 ルーチン より構成される。

- (a) スケジュールルーチン
- (b) コマンド/アクチュエーション 処理 ルーチン
- (c) PCM データ 入力 ルーチン
- (d) アナログデータ 入力 ルーチン
- (e) 時刻 データ 入力 ルーチン
- (f) 電源 データ 入力 ルーチン
- (g) RF 試験架 データ 入力 ルーチン
- (h) AS シミュレータデータ 入力 ルーチン

(2) 動作

入出力制御 プログラム は 12 個の レベル を用いて動作しており、入出力制御 プログラム を構成する各 ルーチン はこれら 12 個の レベル のいずれか (複数の場合もある) と結びついている。最も高いレベルで動作

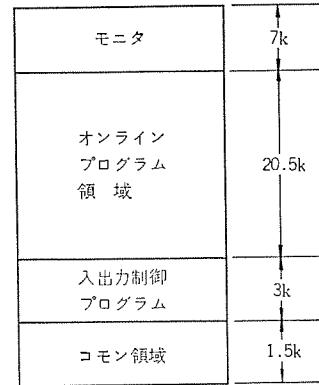


図 4.1 オンライン オペレーション 中の コアレイアウト
Core layout for on-line operation.

するのはスケジュール ルーチン で、以下時刻 データ 入力 ルーチン、PCM データ 入力 ルーチン、コマンド/アクチュエーション 処理 ルーチン、電源 データ 入力 ルーチン、アナログデータ 入力 ルーチン、AS シミュレータ データ 入力 ルーチン、RF 試験架 データ 入力 ルーチン の順序である。

入出力制御 プログラム における入出力方式はデータの性質により次の三つに分かれる。

(a) テストコンソール 上の押しボタンより入出力開始、終了が指令され、その間各装置からの入出力準備完了の指令によって入出力を行なうもの。PCM データ、コマンド (自動モードの場合)、アクチュエーション (自動モードの場合) がこれに属する。

(b) 各装置からの入出力準備完了の指令によって入出力を行なうもの。時刻 データ、電源 データ、コマンド (手動モードの場合)、アクチュエーション (手動モードの場合) がこれに属する。

(c) 入出力制御 プログラム のもつ タイマ を用いて一定周期で入出力を行なうもの。

500 ミリ 秒に 1 回 ……ブレイクポイント スイッチ、CRT コントロール スイッチ、ステイタス ディスプレイ

2 秒に 1 回 ……アナログ データ

64 秒に 1 回 ……アナログ データ、AS シミュレータ データ、RF 試験架 データ

(3) オンライン プログラム との インタフェース

入出力制御 プログラム によって入力されたデータはコモン 領域にストア される。コモン 領域は入出力制御 プログラム と オンラインプログラム との コミュニケーション 用領域で、この中には入出力 データ 用バッファ、各種 フラグ、各種 テーブル などが存在する。(図 4.1 参照)

入出力制御 プログラム と オンライン プログラム とは非同期に動作しており、オンライン プログラム の処理とは無関係にコモン 領域へのデータ 入出力が行なわれている。そこでデータ 入出力が完了したことをオンライン プログラム に伝える手段としてはデータ 更新 フラグ が設けられていて、オンライン プログラム はデータ 更新 フラグ を監視することによって入出力動作が完了したことを知るようになっている。

4.4 オンラインデータ処理プログラム

(1) 構造

オンラインデータ 処理 プログラム はコア 非常駐形の フォアグラウンド プログラム として作成されており、次の各 ルーチン より構成される。

- (a) スケジュール ルーチン
- (b) PCM データ ブロッキング ルーチン
- (c) H/L データ ブロッキング ルーチン
- (d) コマンド/アクチュエーション 処理 ルーチン

- (e) TOP-A データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (f) TOP-B データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (g) PIC データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (h) RAN データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (i) RPT データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (j) HK データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (k) AS データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (l) 電源データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (m) RF 試験架データ処理ルーチン (LP 用, CRT 用)
- (n) LP 出力ルーチン
- (o) CRT 出力ルーチン
- (p) MT 記録ルーチン
- (q) ステータスディスプレイルーチン
- (r) タイマ処理ルーチン

またプログラムはオーバレイ構造をしており、処理時間に比較的余裕のある LP 用各処理ルーチン（たとえば LP 用 TOP-A データ処理ルーチン、LP 用電源データ処理ルーチンなど）はオーバレイ部としてディスクファイルにストアされている。そして必要のつど一つの LP 用処理ルーチンが選択されオーバレイ領域にロードされる。

(2) 処理のレベル

オンラインデータ処理プログラムは3つのレベルで動作する。タイマ処理ルーチンのレベルが最も高く、次が LP 出力ルーチン、その他のルーチンはすべて同一レベルでレベルは最も低い。通常は最もレベルの低いルーチン群が動作しており、オンラインデータ処理プログラムの主ルーチンでもある。

ラインプリンタの処理能力を十分に発揮させるために LP 出力ルーチンには他のルーチンよりも高いレベルが与えられている。これによりプリント動作が終了すればただちに次のプリント動作に入ることができる。

(3) 処理方式

オンラインデータ処理プログラムにおける一般的なデータ処理の流れを図 4.2 に示す。処理は3段階に分けて行なわれている。

(a) 入力データをコモン領域からとりだし、処理の単位にブロッキングする。

(b) ブロッキングされたデータを LP 用, CRT 用に処理して LP 出力バッファ, CRT 出力バッファにストアする。

(c) LP 出力ルーチン, CRT 出力ルーチンで出力する。

これらの処理過程において中心的役割をするのはスケジューラルーチンである。スケジューラルーチンはオペレータの出力要求、データの入力状況などから最も優先度の高いルーチンを選びだして処理をさせる。選びだされたルーチンは処理が完了すればただちにスケジューラルーチンにコントロールを渡し、再びスケジューラルーチンによる選択がはじまる（図 4.3 参照）。したがって数ミリ秒ないし数十ミリ秒の比較的短い時間間隔でルーチン間の切換を行なうことができる。このために LP 用各処理ルーチンのように一つの処理ルーチンでの処理時間が長いもの（一つのルーチンで100行以上のプリントをするものもある）は処理を数段階に分割して、処理の途中でスケジューラルーチンにコントロールを渡している。

4.5 オンラインサポートプログラム

4.5.1 イニシャライズプログラム

衛星のオンライン試験を開始するにあたり、その日の衛星試験条件をコア上のコモン領域にセットするプログラムである。

衛星試験条件、たとえば試験モード、場所、オペレータ名、日付けなどをカードリーダーより入力する。

4.5.2 セルフチェックプログラム

衛星のオンライン試験を開始するにあたり、EICE 各装置が正常に動作しているかどうかをチェックするプログラムである。EICE 各部とのデータ授受の確認を行ない応答の正常性をチェックするほか、PCM 入力系に対しては、計算機からテストパターンを発生させ、閉ループ試験を実施している。操作はコンソール上のスイッチの選択によって行ない、チェックの結果はラインプリンタおよび CRT ディスプレイに出力される。

4.5.3 RF 試験架処理プログラム

特殊試験用プログラムであり、オンラインデータ処理プログラムの機能に

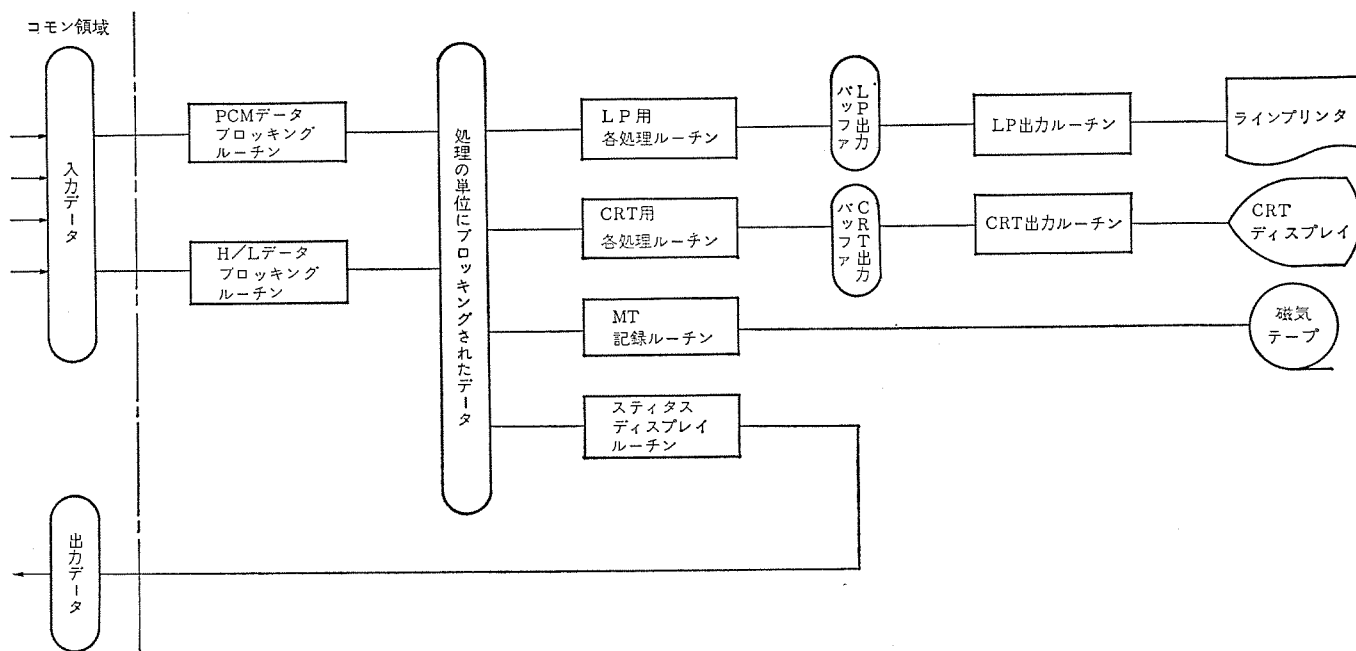


図 4.2 オンラインデータ処理プログラムにおけるデータ処理の流れ
Data flow on on-line data processing.

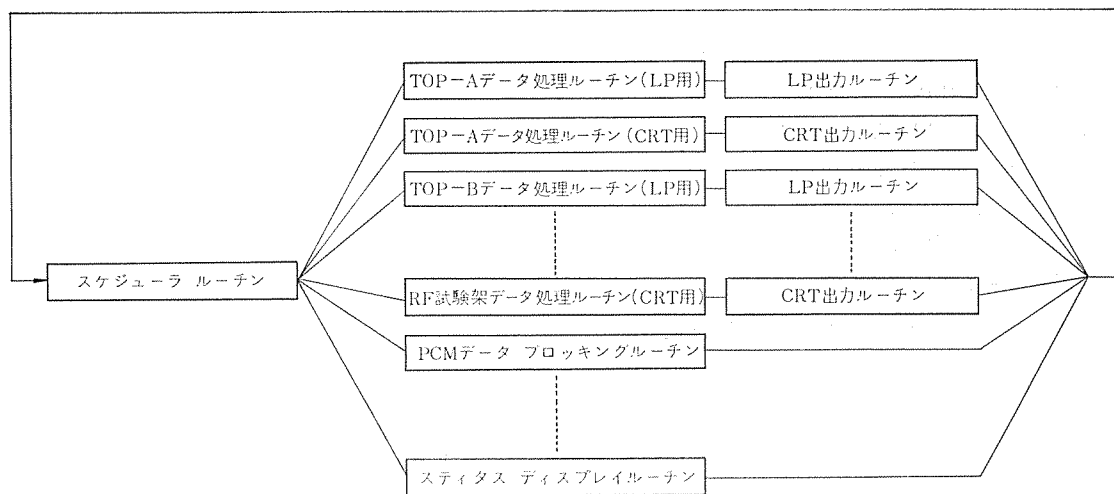


図 4.3 オンラインデータ処理プログラムのスケジュール方式
Scheduling for on-line data processing.

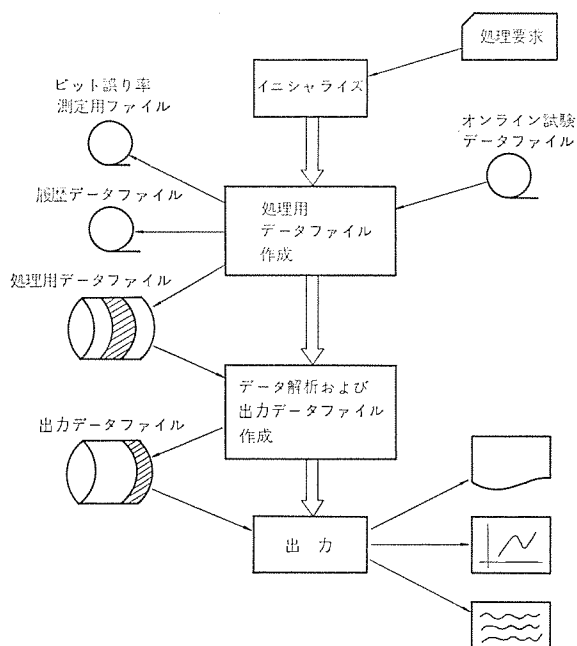


図 4.4 衛星テレメトリデータ解析プログラムにおけるデータ処理の流れ
Data flow on off-line data analysis.

は含まれていない衛星のテレメータ系およびコマンド系の性能試験を行なう。周波数安定度、電力、変調度、帯域幅、S/N、信号飽和特性などを測定している。

4.5.4 診断プログラム

EICE 各装置の故障箇所を摘出するプログラムである。先のセルフチェックの結果、異常が検知された場合に、さらに詳細にその原因を見つけ出すためのプログラムで、信号授受シーケンスの乱れの検知、タイミング信号の時間監視、チェックポイントでの論理検査などが含まれている。

4.6 オフラインデータ処理プログラム

オフラインデータ処理プログラムは次の三つのプログラムより構成されている。

- (a) 衛星テレメトリデータ解析プログラム
- (b) 新旧測定データ比較プログラム
- (c) ビット誤り率測定プログラム

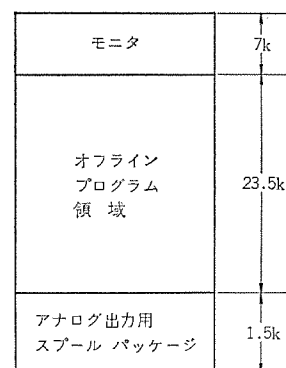


図 4.5 オフラインオペレーション中のコアレイアウト
Core layout for off-line operation.

4.6.1 衛星テレメトリデータ解析プログラム

オンラインオペレーション時、磁気テープに記録されたテレメトリデータおよびハードラインデータを再生し、解析して、ラインプリンタ、ペルレコーダなどに出力するプログラムである。衛星テレメトリデータ解析プログラムにおけるデータ処理の流れを図 4.4 に、オフラインオペレーション中のコアレイアウトを図 4.5 に示す。

4.6.2 新旧測定データ比較プログラム

衛星テレメトリデータ解析プログラムが作成した履歴データファイル(図 4.4 参照)を用いて長期間にわたるドリフトをチェックするプログラムである。

4.6.3 ビット誤り率測定プログラム

テレメータ送信機、ISS とう載用テープレコーダなどでのビット誤り率を測定するプログラムである。実時間で送られてきたテレメトリデータと再生モードで送られてきたテレメトリデータとを比較チェックする。

5. EICE の運用

5.1 オンラインオペレーション

衛星と EICE 各装置とを接続して、リアルタイムで衛星の機能試験を行なうモードであり、電気性能試験および環境試験時に使われる。

衛星を接続するに先だって、まず、EICE 自身に異常がないことをセルフチェックプログラムにより確認する。これには、PCM テレメトリデータ入力チェック、アナログデータ入力チェック、コマンド出力チェックなど八つの検査項目があり、検査項目に対応したテストコンソール上のプレー

RELAYS	DATA	TIME	TIME	TIME
RELAYS	DATA	TIME	TIME	TIME
R1	24.0	Y1	1	25.100
R2	24.0	Y2	15.2	27.0
R3	24.0	Y3	12.02	28.100
R4	24.0	Y1	1	29.000
R5	24.0	Y2	15.2	210.0
R6	24.0	Y3	12.02	211.000
R7	24.0	Y1	1	212.000
R8	24.0	Y2	15.2	213.000
R9	24.0	Y3	12.02	214.000
R10	24.0	Y1	1	215.000
R11	24.0	Y2	15.2	216.000
R12	24.0	Y3	12.02	217.000
R13	24.0	Y1	1	218.000
R14	24.0	Y2	15.2	219.000
R15	24.0	Y3	12.02	220.000

図 5.1 CRT ディスプレイ への表示例
Example of CRT display output.

ポイントスイッチを押して検査を順次進める。

次に、コンソールからのプログラム選択により、オンライン試験モードに移す。この状態では外部からの入力をいつでも受入れることができる。オペレーションはすべてテストコンソールからなされ、衛星試験者の判断により、次のような操作を行なうことができる。

(1) 衛星コマンドの設定

コマンド番号をコンソール上で設定し、衛星にコマンドを送信する。打出されたコマンドは、ただちに計算機に読込まれるとともに、コマンド送信機から実際に出力されたコマンドならびに衛星が受取ったコマンド内容を照合できるようになっている。

さらに、連続する一連のコマンドシーケンスを設定時刻に合せて計算機が自動的に送り出す機能が付加されている。

(2) テレメトリデータの CRT ディスプレイ への表示選択

テレメトリデータおよびハードラインモニターデータは、1秒ごと（チェックモード）あるいは64秒ごと（観測モード）に更新され CRT ディスプレイに状態が表示される（図 5.1）。表示項目は15個のサブグループに分けられており、オペレータは検査目的に合せて出力選択を行なう。出力要求の有無とは別に、計算機内部では常時全データのチェックが行なわれており、選択されていないサブグループの異常に対しては、CRT 画面下方にグループ名を赤色で表示してオペレータの注意をうながすくふうを施している。

(3) テレメトリデータのラインプリンタ出力選択

CRT 出力と同様に、ハードコピーのために出力の必要性の有無、様式、項目の選択ができる。二つ以上のスイッチがなされた場合にも対応するデータをすべて分類出力する。

(4) 入力データの磁気テープへの記録

試験中に入力したテレメトリデータおよびハードラインモニターデータを磁

気テープに記録しておき、以後の解析に用いることができる。プレイポイントスイッチにより記録を指示する。

(5) とう載電子装置シミュレータ部のモード設定

衛星とう載機器に対する疑似信号を外部から与え、その応答を試験するために、オペレータは、シミュレータ部に対してモードの設定を行なうことができる。モード設定は手動、自動ともに可能である。

自動の場合は、衛星に対するコマンド発生と組合せ、あらかじめ操作シーケンスをカードに用意し、計算機に入力する。

カード方式を採用したのは、試験プロシジューをカードで管理し、かつ、組合せを自由に変更しうるようという配慮による。

(6) 衛星ステータスの表示

衛星のモードが実時間モードかチェックモードか、TOP 観測中か RAN 観測中かなど衛星ステータスをテストコンソールのステータスランプに表示している。この表示のために、計算機内部のプログラムは、操作されたコマンドシーケンスと時間の経過から衛星の動作特性をシミュレートするロジックを含んでいる。

5.2 オフラインオペレーション

オンラインモードで記録されたデータを用いて、データ解析、編集を行なう。入力データ解析の結果はラインプリンタ、ペンレコーダ、XY レコーダに出力される。従来、衛星試験データの整理は試験担当者の大きな作業負担であったが、カーブプロット、作表、関数変換、相関解析など、計算機利用によって大幅に負荷が軽減される。

6. む す び

以上、MELCOM 7500 を用いた衛星試験装置の計算機ソフトウェアを中心に記述した。

本文の対象となった EICE は、わが国における初の実用衛星のための本格的なシステム試験装置であり、開発した装置ならびにソフトウェアは特定衛星のチェックアウトのみならず、広く各種衛星の試験調整および打上げ後の管制系などに発展させうるものであると考える。

本システムの設計、製作、調整にあたっては、宇宙開発事業団はもとより、日本電気(株)、三菱電機(株)の衛星部門、計算機部門の協力を得た。多数の関係各位に心から謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 錦織ほか：ETS-1・ISS チェックアウト装置，三菱電機技報，47，No. 3（昭 48）

国際専用交換システム AUTOMEX

今永 宮福*・古市 靖夫*・大村 春樹*
江塚 昭**・坂 和磨**・太田 元**

Automatic Message Exchange System for Leased Telegraph Circuits

Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd. Miyatomi Imanaga・Yasuo Furuichi・Haruki Ômura
Mitsubishi Electric Corp., Kamakura Works Akira Ezuka・Kazuma Ban・Hajime Ôta

An automatic message exchange system, AUTOMEX, is the one constructed for the purpose of giving the exchange service to the users of the international exclusive line as the object of the business.

For this message exchange computer of the AUTOMEX system a MELCOM 7500 computer is employed and test operation was commenced in December last year upon completion of construction work including the development of software.

This article describes the outlines of AUTOMEX by taking up the function of the system and the composition of hardware and software as the nucleus of the discussion.

1. ま え が き

AUTOMEX (Automatic Message Exchange System) は、国際電信電話株式会社向けに開発された蓄積交換形電文交換システムで、国際専用電信回線の利用者が、専用回線を介して同一専用者群と電文を交信するための通信システムである。

システム全体は、受信した電文の迅速かつ安全な交換と、システム運転の保全性・整備性を高めるため、ソフトウェア、ハードウェアが高度に融合して、最適に設計されている。

ハードウェアのうち、中央処理装置と通信制御装置は二重系になっており、また電文を蓄積するディスクも冗長構成とし、システムの信頼性を高めている。

ソフトウェアは、マルチプログラム構造になっており、それぞれのプログラムは独立に実行され、システムのスループットおよびターンアラウンドタイムを高めるように設計されている。

なお本システムは“専用通信”を取扱う性格上、サービス内容が各専用者ごとに異なることが予想されており、以下に記す標準機能等に対して、専用者側の要求によって各種オプションが設定できるようになっている。またシステムはその取扱量の増強、機能面の向上をめざし拡張がありうることを想定し設計されている。

2. システムの機能

2.1 回線の種類と接続方式

AUTOMEX に接続される回線は、すべて全2重回線であり、50, 50 $\frac{1}{2}$, 50 $\frac{1}{4}$, 75, 200 BAUD 速度の異なる回線速度の回線間の交換も可能である。

回線の信号方式には、フリーランニング方式とポーリング方式の2種類がある。フリーランニング方式は特別な通信制御を必要としない方式で、1回線1端末を原則としている。一方、ポーリング方式は、回線上のトラフィックを制御するための制御シーケンスを必要とする方式で、1回線上に最大16端末まで接続可能である。端末からの受信はポーリング動作により制御され、端末への送信はポーリング動作により制御される。同一電文を1回送信するのみで、同一回線上の複数個の端末に同時に配信する(ウェイトラインポーリング)こともできる。

AUTOMEX に接続される回線で使われる符号は5単位第2国際電信アルファベットであり、調歩式7.5または7.4ユニット符号として送受される。

2.2 電文形式

AUTOMEX で交換される標準電文は、次に定める電文形式に従って構成されている。電文は大別して次の六つの部分から構成され、それぞれの詳細は、フリーランニング回線、ポーリング回線で若干異なり、図2.1に示すとおりである。

(1) ヘディングセクション

電文の第1行がこれにあたり、SOM (Start of Message) 符号や、電文通番等がセットされる。

(2) アドレスセクション

電文が交換されるべき端末(群)の宛先符号をセットする部分で、SOA (Start of Address) とEOA (End of Address) で囲まれている。

交換の優先度を指定する符号を、SOA のあとに指定することもできる。

宛先符号は最大32コまで指定可能で、1行8宛先でかつ4行以内に記述される。

(3) コミュニケーションリファランスセクション

発信者符号と発信者が指定する補助情報等を、1行で指定する。

(4) テキストセクション

電文のテキストを入れるセクションで、STX (Start of Text) と、ETX (End of Text) で囲まれている。テキスト中では、SOM, ETX, EOM (End of Message) などの特殊シーケンスの使用は禁止されている。

(5) コミュニケーションコントロールインフォメーションセクション

AUTOMEX から送信する電文にのみ有意な部分で電文送信時刻・電文送信通番等がセットされる。

(6) エンディングセクション

電文の終わりを示すセクションで、EOM その他の制御符号がセットされる。

2.3 中継交換

AUTOMEX は、受信した電文の宛先符号に従って、中継表を参

構成要素	AUTOMEX 入電文形式			AUTOMEX 出電文形式		
	フリーランニング	ポーリング	備考	フリーランニング	ポーリング	備考
<u>HEADING SECTION</u>						
Starting Pattern	↓↓↓↓↓	↓↓↓↓↓	5LTES (M)	↓↓↓↓↓	—	} 自動生成 (KO)
Start of Message(SOM)	ZCZC→	—	(M)	ZCZC→	—	
Receiving Station Designator	—	—	—	SSS	—	
Output Serial Number	—	—	—	↑nnn	—	
Station Designator(STD)	↓SSS	—	3文字 (M)	↓SSS	↓SSS	
Originator's Serial Number (INR)	↑nnn	—	3数字 (M)	↑nnn	↑nnn	(KO)
Tape Spacing Signal	→→→→→	—	(M)	—	—	
Other Heading			1行以内 (O)			入形式のまま(KO)
<u>ADDRESS SECTION</u>						
Start of Supplement Address	<≡↓	<≡↓	(O)	<≡↓	<≡↓	} 受信したまま、ただし冗長な↑, ↓はサブレス、CR-LFがないときは69字ごとに強制そう入
End of Supplement Address	<≡↑M→→→→→	<≡↑M→→→→→	5space (O)	<≡↑M→→→→→	<≡↑M→→→→→	
Start of Address(SOA)	<≡↓	<≡↓	(M)	<≡↓	<≡↓	
Priority Indicator(PRI)	pp→	pp→	(O)	pp→	pp→	
Address Code(ADD)	aaabbbc or aaacc	aaabbbc or aaacc	7文字 or 5文字 (KO)	aaabbbc or aaacc	aaabbbc or aaacc	
End of Address(EOA)	<≡↑M	<≡↑M	(M)	<≡↑M	<≡↑M	
<u>COMMUNICATION REFERENCE SECTION</u>						
Originator Code(ORG)	aaabbbc	aaabbbc	7文字 (M)	aaabbbc	aaabbbc	} 受信したまま、ただし冗長な↑, ↓はサブレス、CR-LFがないときは69字ごとに強制そう入
Message Identity(MID)			(O)			
Special Service Address (SSA)	aaabbbc	aaabbbc	7文字 or 5文字 (O)	aaabbbc	aaabbbc	
<u>TEXT SECTION</u>						
Start of Text(STX)	<≡	<≡	(M)	<≡	<≡	} 自動生成
Text			(O)			
End of Text(ETX)	<≡↑V	<≡↑V	(M)	<≡↑V	<≡↑V	
<u>COMMUNICATION CONTROL INFORMATION SECTION</u>						
Output date & Time(D/T)	—	—	} 入電文にあって送出時には切り落とす	<≡mmddhhmm	<≡mmddhhmm	} 自動生成 月日時分
Receiving Station Designator (RSD)	—	—		<≡↓SSS(KO)	<≡↓SSS	
Output Serial Number(ONR)	—	—		↑nnn (KO)	↑nnn	
Additional RSD/ONR	—	—				} ポーリングでは複数個はある場合がある
<u>ENDING SECTION</u>						
Page Feed	<≡=====	<≡=====	} 送出時には切り落とす	<≡=====	<≡=====	} 自動生成
End of Message(EOM)	↓NNNN	↑H		↓NNNN	↑H	
Message Separator	↓↓↓↓↓↓↓↓↓↓	↓↓↓↓↓↓↓↓↓↓		↓↓↓↓↓↓↓↓↓↓		
			10LTRS (O)			10LTRS

(O) : Option(任意に使用できる)

(M) : Mandatory(必須)

(KO) : KDD Option(あらかじめ届け出が必要)

図 2.1 電文形式一覧表

Message format.

照し、それらに対応する出回線や出端末を割り出し、電文を交換する。

AUTOMEX で使用できる宛先符号は7文字構成符号と5文字構成符号の2種類ある。7文字符号は3/2/2文字に分けられ、それぞれ場所コード、オフィスコード、企業コードを表わす。5文字符号は3/2文字構成で、7文字符号からオフィスコードを除いた符号である。

端末を表わす宛先符号のほか、特殊宛先符号として次の三つが用意されている。

(a) コピー宛先

CPYXXXX または CPYXX で表わされる宛先符号で、実際の中継とは無関係に単に専用者で便宜的に使用されるものである。

(b) マシナブルサービス宛先

AUTOMEX または AUTEX で表わされる宛先符号で、センタでの自動処理サービスを受けるために使用される。

(c) センタ内宛先符号

KDDXQEX または KDDEX で表わされる宛先符号で、センタに設置されたXQ席に電文を送信するときに使用する。

中継表は、電文で指定される宛先符号から、それに対応する端末を割り出すための対照表で、常時ディスクに用意されている。中継表は、その検索の仕方により二つの種類がある。一つは、企業ごとに用意される中継表で、他は、企業に無関係に、宛先符号を辞書的に並べたものである。

中継表で選ばれた端末について、それが当該電文の発信者からみて中継責任の範囲にあるか否かをチェックするために、中継責任表も用意されている。

中継表と中継責任表により電文を送信すべき端末が決まると、電文で指定される優先度に従って、各端末に送信される。電文における優先度の指定は任意で、次の3種類が使用できる。

- (i) 至急……QU, QS, QX, SS
- (ii) 急………QP, QK, 無指定
- (iii) 普通……QD

2.4 電文精査

AUTOMEX センタは、中継交換に際して受信電文について、それがあらかじめ規定された電文形式に則したものであるか否か、また宛先符号が有意なものであるか否かをチェックする。もし、チェックエラーがあつて、電文を正常に交換できない場合、その旨インターセプト符号を用いて、発信端末または特定端末に通報される。

正常に交換できない理由を表示するインターセプト符号には次の4種がある。

- (1) ADDR (アドレスエラー)

アドレスセクションが正しい形式で書かれていない場合。

- (2) NREG (宛先コード未登録)

電文で指定される宛先コードが、中継表に登録されていない場合。

- (3) EXAD (宛先数オーバー)

電文の宛先回線数が32を超えた場合。

- (4) NEOM (未終結電文)

電文受信時に正しくEOMを受信できず、不完全な形で受信した場合。

うえのいずれかの理由で電文が正しく交換できない場合の処理は、受信回線がフリーランニング回線であるか、ポーリング回線であるかによって異なる。フリーランニング回線の場合は、原電文にうえのインターセプト符号を付して、あらかじめ指定された特定端末に返送される。ポーリング回線の場合は、IMNA (Input Message Negative Acknowledgement) として、インターセプト符号を付したものを発信元に送信される。

2.5 通番管理

AUTOMEX センタは、電文の送受信に際して必ず1通ごとに通番の計数付与、照合を行なっている。通番は000~999でサイクリックに更新され、その管理は、フリーランニング回線とポーリング回線と異なる。

- (1) フリーランニング回線の場合

受信通番は、電文のヘディングセクションにそう(挿)入されており、センタは、この受信通番が正しく一つずつ増大してゆくことをチェックする。

もし、受信通番のシーケンスが乱れた場合は、その旨受信通番と、センタで予定していた通番(期待通番)によって、発信者に通報される。

一方、センタから送信される電文には、各回線ごとに一連の通番(送信通番)が、コミュニケーションコントロールインフォメーションセクションにそう入される。

- (2) ポーリング回線の場合

受信電文が電文精査によって正常に中継できると判定された場合は、自動的にセンタで受信通番を割付けて、その受信通番をIMA (Input Message Acknowledgement) で発信者に通知する。

送信通番は、フリーランニング回線の場合と同じで、コミュニケーションコ

ントロールインフォメーションセクションにそう入される。一通の電文が同一回線上の複数個の端末に送信される場合、それぞれの端末に応じた送信通番が並べてそう入される。

2.6 ふくそう(輻輳)通知

AUTOMEX センタは、送信回線、かつ送信優先度別にセンタに蓄積されている電文の文字数を累計しており、このカウントの合計が一定値を超えたとき、その旨ふくそう通知信で専用者に通報される。

ふくそう通知信は、ふくそうしている回線が属する専用者の回線群から、その回線を除いた残りのすべての回線に送信される。

2.7 再送

AUTOMEX では、センタより専用者に送信した電文をファイルに保存し、専用者からの要求に応じて自動的に電文を捜し出して、それを送信する再送サービスを行なっている。

専用者は通常、自分の端末に送信された電文のみ再送要求することができるが、ある特定の端末においては、同一専用者の自分以外の端末への再送要求ができる。

再送要求信の電文形式は通常の電文と同じで、宛先コードとして、センタのサービス処理プログラムを呼び出すため、“AUTOMEX” または“AUTEX”を使用する。またテキスト部分で再送の種別と、再送キーを指定する。

再送の種別には、単一電文の再送と、複数電文の再送とがある。再送キーには送信通番と送信時刻の二つが使用される。専用者は、再送種別と再送キーを組合わせて、種々の形態の再送要求を出すことができる。

再送要求に応じて再送される電文には、その旨コミュニケーションコントロールインフォメーションセクションに再送符号が付されて、再送要求端末に再送される。

もし、再送要求信が指定された形式に合っていない場合とか、再送要求に応じられる電文がセンタにない場合には、その旨受信した再送要求信の文末に応答符号が付与されて、専用者に通知される。

2.8 交換および回線網管理

AUTOMEX システムにおける電文交換が円滑かつ効率よく行なわれるように、電文交換動作の監視と制御が、センタで行なわれる回線網管理のため、センタにシステム管理席が設けられ、スーパーバイザがこれら監視および制御の役割を果たす。

AUTOMEX システムは、常時、通信制御装置、回線および端末装置の動作を監視しており、異常を検知するとシステム管理席に通報する。異常状態に対する処置は、システムで自動的にとられる場合と、スーパーバイザによるコマンドで行なわれる場合がある。

システム管理席は、その機能に応じて、次の4種類の席が用意されている。

- (i) 制御席

システムからの異常通報に対する処置とか、回線の状態とか、交換の状況を知るために、コマンドを入力する席である。

- (ii) 応答席

制御席から入信したコマンドに対する結果を通報するための席である。

- (iii) アラーム席

システムで検知された異常を、スーパーバイザに通知するための席である。

- (iv) モニタ席

センタが自動的に作成するレポート信とか、スーパーバイザの要求したセンタへの再送信を表示するための端末である。

うえの四つのシステム管理席のほかに、スーパーバイザと専用者が、その専用回線を介して連絡通信を行なうための席として、システム特権席(XQ席)がセンタに設置されている。XQ席は、その名のごとく、どの専用者へも電文を送信でき、かつ、どの専用者からも送信可能な端末で、宛先符号として“KDDXQEX”または“KDDEX”が使用される。

3. ハードウェア構成

3.1 交換網の構成

AUTOMEXシステムは蓄積交換方式により電文中継を行なう計算機システムと、回線およびシステムの監視・切替・保守・試験を行なう付帯設備で構成され、国際または国内の全二重専用電信回線を介して専用者の端末設備やAUTOMEX類似の他センタ、たとえばRCA社のAIRCONあるいはITT社のARX等と接続される。

AUTOMEXに収容される国際回線と国内回線の数は合計124回線の範囲内で任意であり、専用者の要求に適合する通信網を容易に構成することができる。回線はセンタの端末制御の方法によりフリーランニング回線とポーリング回線の2種類に区別される。

3.1.1 フリーランニング回線

フリーランニング回線は、電文の送受信に際しセンタと端末の間で原則としてなら制御を必要としない回線でトラフィック量の多い端末または制御が困難な端末に適用される。またフリーランニング回線における電文の送受確認はセンタおよび専用者の双方において送信通番・受信通番を管理することにより行なわれる。このため、この回線に接続される専用者端末設備には自動通番そう入機能が必要である。

3.1.2 ポーリング回線

ポーリング回線はAUTOMEXの1収容端子(収容回線)に複数の端末が接続される回線で、そこに流れる電文が所定の宛先端末のみに受信できるよう、また複数端末からの送信が重複しないようセンタからの集中制御が行なわれる。同一時刻に送受信をそれぞれ異なった端末で行なえるセントライズド全二重ポーリングを採用している。ポーリング回線の特長は次のとおりである。

(1) トラフィックの少ない端末群をまとめることによって回線の利用効率の向上がはかれる。

(2) 端末をセンタ制御することによりセンタ異常時における送受信制御が行なわれ、電文の紛失が防止できる。

(3) 電文ごとのセンタと端末の応答により電文授受の確実性の向上がはかれる。

なお1回線の分岐数は16までの範囲で任意である。センタからの制御は同一であるが、回線の使用形態によって直列分岐方式と並列分岐方式がある。

(1) 直列分岐方式

専用者の宅内に設置されたセクタを経由して次のセクタに接続される方式である。したがってセンタの出口は1回線である。

(2) 並列分岐方式

センタ内に設置された分岐装置で信号を分け、個々のセクタとセンタとそれぞれ独立した回線で結ばれる方式である。

ポーリング方式は“KDD-F1”信号方式と呼ばれる全二重方式、5単位符号用であり、ポーリング時に電文確認信号IMAをオプションでAUTOMEXから送出することができるものである。

3.2 計算機システムの構成

3.2.1 計算機システム構成の概要

AUTOMEXシステムは1日24時間のサービスを行なうためきわめて高い信頼度が必要である。そこで計算機システムは図3.1に示すように基本構成部分はDUPLEX方式とし、各種周辺装置については構成要素が障害の場合に縮退運転が可能のように冗長構成としている。

すなわち、中央処理装置(CPU)、コアメモリ(MEM)、内蔵多重入出力処理装置(IOP)、多重入出力処理装置(MIOP)、多重通信制御装置(COC)等の装置系は二重化してオンライン系と待機系とし、磁気ディスク装置(RAD)、磁気テープ装置(MT)、ラインプリンタ(LP)、カードリーダー(CR)などの入出力装置は周辺切替装置(PCS)を介して両系に任意に接続される構成としている。

オンライン系と待機系はチャネル結合装置(CIU)を介して接続し、二重化運転時には待機系はオンライン系に対して4秒ごとに確認情報を送り、その応答を識別することによってオンライン系の動作を監視し、オンライン系がハングアップすることを防止している。オンライン系自身で障害を検出した場合には待機系にその旨通知する。待機系はこのような監視動作運転を行ないながら同時にバッチジョブを併行処理することも可能である。

3.2.2 構成機器の機能

オンライン処理系の各機器の機能を以下に述べる。予備の装置は待機系のバッチ処理にも使用可能である。

(1) 磁気ディスク装置

磁気ディスク装置はシステムディスクおよび再送ディスクとして使用される。3台の磁気ディスクはアドレスを変更することによってシステムディスクあるいは再送ディスクのいずれとしてでも使用することができる。オンライン系にはシステムディスクは絶対1台必要であるが、再送ディスクは1台または0台に縮退して運転することも可能である。

(a) システムディスク

(i) コア常駐および非常駐プログラムの格納

(ii) 入力電文の組立て、および処理プログラムへの処理待電文出力電文の中間蓄積

(iii) 中継テーブルの格納

(iv) 回線制御テーブル/端末制御テーブルのチェックポイント

(b) 再送ディスク

送信済みの電文はシステムディスク上から消されると同時に再送ディスク上に書かれる。再送ファイル用として磁気ディスクを2台使用している場合には約8,000通の電文を蓄積することができ、専用者から再送要求があった場合その電文が再送ディスク上にあれば読出されて端末へ送信される。

(2) 磁気テープ

磁気テープは下記のような各種データの記録に使用されており、テープユニットは冗長性も考慮して6台接続されているが、障害が起きた場合には1台まで縮退することができ、最悪ケースでは磁気テープなしでも運転は続行できる。テープユニットの割付けはオンライン運転中でも自由に変更することができる。

(i) 入力電文および出力電文の記録

(ii) 課金データの記録

(iii) テープ回復用チェックポイントデータの記録

(iv) エラー電文あるいは障害管理情報の記録

システムディスクの障害で電文が破壊された場合でも上記のログデータ

ある。回線、端末の制御手順に依存しない部分と、それに依存するハンドラと呼ばれる部分の二つに分けられる。

(3) プロセッシングプログラム

電文交換の処理を行なう適用別ソフトウェアである。このソフトウェアは、電文を解析して交換処理を行なうもの、エラー処理を行なうもの、サービス信の処理を行なうもの等に分けられる。

4.1.2 バックアップソフトウェア

MELCOM-BPM (バッチプロセッシングモニタ) および、そのプロセッシングプログラムより構成される。

(1) モニタ

予備系全体の管理を行なう基本ソフトウェアである。

(2) プロセッシングプログラム

言語プロセッサ、各種ユーティリティプログラムである。

(3) バックアップモニタ

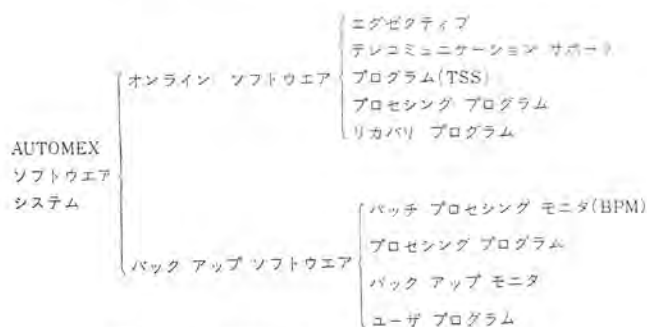


図 4.1 AUTOMEX ソフトウェアシステムの構成
Structure of AUTOMEX software system.

オンライン系の動作状況を監視し、何らかの異常が検出されると、オンライン系より制御を取り上げ、系の切換を行なうためのプログラムである。

(4) ユーザプログラム

オンラインソフトウェアのシステム生成のためのサポートユーティリティ、および課金データ処理プログラムである。

4.2 電文処理の概要 (電文処理の流れ)

通信回線を介しての電文の送受信は、オンライン系でのみ行なわれる。このオンライン系における電文処理の流れは、図 4.2 に示される。

入回線から入力された電文は、入力回線制御プログラムによって処理され、システムディスク上の入力待行列へ入れられる。

入力待行列へ入れられた電文は、電文解析分配プログラム (ADSS) で処理され、中継先となる宛先別待行列または、他のプログラムの処理待行列へ送られる。このとき、入力ログが取られる。

宛先別待行列へ入れられた電文は、出力回線制御プログラムにより、その指定されている端末または、端末群へ送信される。この送信を終了した電文は、送信済待行列へ入れられる。

各プログラムの処理待行列へ入れられた電文は、個々のプログラムにより処理される。この結果、何らかの応答信が作成され、その送られるべき宛先別待行列へ入れられる。また、オリジナルな電文は、送信済待行列へ送られる。

送信済待行列へ入れられた電文は、再送ディスクログプログラムにより処理される。ここでは、出力ログを取るとともに、後で再送の対象となる電文を、再送ディスクへ書き込むとともにシステムディスクから

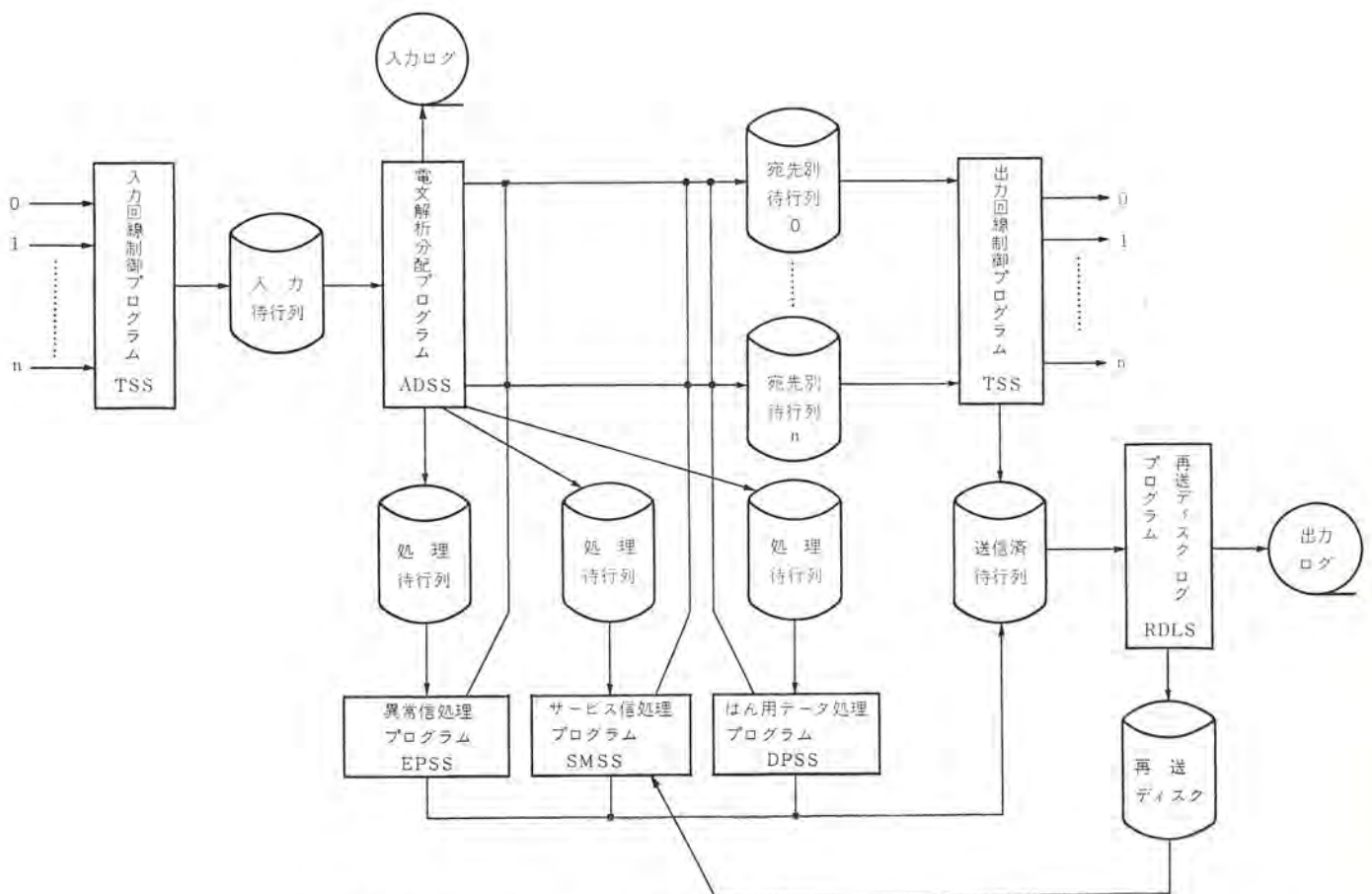


図 4.2 電文処理の流れ Flow of message processing in system.

消去する。

4.3 オンラインソフトウェア

4.3.1 エグゼクティブ

エグゼクティブは、次の機能モジュールにより構成される。

- (1) スイッチャ
- (2) タイマ管理プログラム
- (3) 入出力管理プログラム
- (4) コンソール管理プログラム
- (5) 待行列管理プログラム
- (6) オーバレイ管理プログラム
- (7) チェックポイント管理プログラム
- (8) ユーティリティ管理プログラム

エグゼクティブの各モジュールは、おのおの独立したプログラムとして、同時に動作を行なう。これらのモジュールは、TSS、アプリケーションプログラム、あるいは、エグゼクティブプログラム相互間でのリクエストに応じて処理を開始し、処理終了後、そのリクエストパケットを、リクエストを出したものに返す。このエグゼクティブプログラムは、複数のリクエストを同時に処理を進めるタイプのものと、FIFO (First In First Out) の原則で、シリアルにサービスするタイプのものがある。すなわち、おのおのプログラムのリクエスト発生頻度(頻)度に応じられるべく、いずれかのタイプが選ばれている。これにより、エグゼクティブは、きわめて多重度の高い能率的処理を進められるようになっている。

4.3.2 テレコミュニケーションサポートシステム

テレコミュニケーションサポートシステム(TSS)は、電文の送受信を円滑に行なうための、回線、端末の一括管理を行なうソフトウェアシステムである。これは、次に示すモジュール群より構成されている。

- (1) コミュニケーションスケジュー
- (2) 通信制御装置割込み処理プログラム
- (3) 電文送受信処理プログラム
- (4) 送受信時間監視プログラム
- (5) ディスク入出力処理プログラム
- (6) チェックポイント処理プログラム
- (7) 各種はん用サブルーチン群

これらのプログラムは、ハードウェア割込みレベルあるいは、エグゼクティブの管理下のプログラムとして動作する。

このTSSのプログラムでは、回線との間で電文の入出力を行なう制御、電文のフォーマットチェック、コード変換、回線、端末の障害検出、復旧監視などが行なわれる。また、回線、端末などの状態管理、その他構成管理等に必要なマクロ機能も提供されており、プロセッシングプログラムよりのリクエストを受付けることができる。

電文送受信プログラムを除くモジュールは、原則として回線/端末の特性より独立しており、きわめてはん用度の高いものとなっている。したがって、新たな制御手順、コード体系をもつ端末をシステムに追加する場合、電文送信プログラムのみを作成するだけでよい。

4.3.3 プロセッシングプログラム

プロセッシングプログラムは、エグゼクティブの管理下で動作する次の5種のプログラムで構成されている。

- | | |
|-------------------|--------|
| (1) 電文解析分配プログラム | (ADSS) |
| (2) 異常信処理プログラム | (EPSS) |
| (3) サービス信処理プログラム | (SMSS) |
| (4) はん用データ処理プログラム | (DPSS) |
| (5) 再送ディスクログプログラム | (RDLS) |

電文解析分配プログラムは、入力電文のコード変換を行ない、入力ログを取った後、その電文の種類(正常/異常、サービス信その他)に応じて、他のプログラムに渡すか、中継処理に進むかを決定する。中継する電文の場合、電文中のアドレスコードを抽出し、ディスク中の中継表と対応させて、中継する端末の属する宛先別待行列を決定し、その電文を、その待行列へ送る。また、中継処理を行なわない電文は、直接対応するプログラムの処理待行列へ送る。

異常信処理プログラムは、回線、端末の障害に伴う電文の処理、および電文精査で検出された異常電文を処理する。アラーム信がスーパーバイザ席あるいは発信者へ送られる。

サービス信処理プログラムは、スーパーバイザコマンド、専用者からのサービス要求信などの処理を行なう。

はん用データ処理プログラムは、テープ再送要求、各種レポート作成要求、その他の迅速な応答を要求されないサービス信の処理を行なう。

再送ディスクログプログラムは、すべての送信完了信あるいは、処理完了信を読み出し、出力ログを取り、再送ディスクへ書き込む等の処理を行なう。また、課金のためのログデータの収集も、ここで行なわれる。

ADSS、RDLSを除く3種のプログラムは、すべて独立のオーバーレイエリアを持っており、そこへ必要とされるオーバーレイプログラムをロードして、所定の処理を行なう。これにより、各種サービス処理の追加、修正を容易に行なえるようになっている。

4.3.4 リカバリプログラム

リカバリ処理には次の2種類のものが準備されている。

- (1) ディスク回復処理
- (2) テープ回復処理

ディスク回復処理は、電文ファイルに使用しているディスク以外の障害からの回復時に使用される。ここでは、ディスク中に残されている電文セルのリンケージを正しく回復し、コア上の各種テーブル類を復旧する。障害発生時処理中の電文は、そのまま待行列に復旧されるので、再び処理を行なえばよい。受信中の電文は、通番管理の助けを借りて、再送してもらえばよい。

テープ回復処理は、障害その他の理由により、電文ファイルに使用しているディスクを切替える場合に使用する。ここでは、磁気テープ上に残されている入力/出力ログをベースに、ディスク上に電文ファイルを再現し、以後ディスク回復処理により、最終的リカバリを行なう。このテープ回復では、入力ログがあり、出力ログのない電文のみをディスクへ書き出すことにより、回復を図っている。

4.4 バックアップソフトウェア

ここでは、バックアップソフトウェアのうち、オンラインの運転時、バックアップ系で使用されるバックアップモニタについてのみ述べる。

このバックアップモニタは、BPMモニタの下で、一つのフォアグラウンドシステムとして動作する。このプログラムは、4秒ごとに、オンライン系に問合せを出し、運転状態に関する情報を受け取ることで、オンライン系の動作監視を行なっている。もし、オンライン系の応答に何らかの異常が検出された場合、スーパーバイザの判断により、オンライン系より制御を取り上げる処理に入ることができる。オンライン系に接続されているすべての周辺装置が正しく、オフライン系に接続され、オフライン系に接続されていた周辺装置が取除かれたことを確認してから、自動的にブート動作を行ない、ディスク回復へ進むことにより、切替処理がなされる。

5. 処 理 能 力

システムの基本仕様として、AUTOMEX システムの第1段階の規模は最繁忙時処理能力は入通数で4,000通（平均電文長400キャラクタ）で最繁忙時集中率10%と仮定すると1日の処理能力は10万通（入／出力電文の合計、展開率1.5）の電文を扱えることを目標とした。

本システムは現在4,000通/時（入通数）以上の処理が可能であり、6,100通/時処理のときCPU利用率は45%である。

AUTOMEX システムは、将来拡張できるように考慮がなされており、ハードウェアおよびソフトウェアの増設工事を行なうことによってシステムの第1段階、目標値の約2倍程度の電文を処理することが可能になると思われる。

6. む す び

本システム建設のために、国際電信電話(株)と当社の共同プロジェクトチームが編成され、つぎのような工程で建設作業が進められた。

昭和45年11月	受注、機能条件／製作仕様等の検討開始
昭和46年5月	システム製作仕様書完成
昭和46年6月	プログラム製作開始
昭和47年1月	工場検査開始
昭和47年4月	現地検収総合試験開始
昭和47年7月	基本設備工事完了
昭和47年9月	オプション整備および収容工事開始
昭和47年12月	試験運用開始

昭和47年12月19日第1号顧客を収容して試験運用が開始され、以来システムは順調にか動している。

作業全体が順調に進められた大きな要因は、豊富なサポートプログラムと綿密なテストプランの準備があったことであると思われる。

最後にシステム完成のために絶大なご支援とご協力をいただいた国際電信電話(株)および当社の関係者の皆さまに深く感謝する次第である。

MELCOM 80 シリーズ電子計算機とその応用

柴谷 浩二*・竹内 康太郎*・渡辺 義彦*・関根 武*

New Models of the Office Computer
“MELCOM 80 Series” and Their Application

Kamakura Works Koji Shibatani・Kotaro Takeuchi・Yoshihiko Watanabe・Takeshi Sekine

To the MELCOM 80 series office computer are added newly two models: one is MELCOM 86 which is a regular disc-in-line system with so large a capacity as the magnetic disc memory of 10 k words in a basic configuration only, while the other is MELCOM 88 which meets with multifarious processings such as batch billing, multiple billing and on-line system through the high speed processing by means of IC memory, the embodiment of a large capacity data file with disc memory and the flexibility of high degree with various kinds of input-output equipment.

This article describes these two models of hardware, software and examples of their application.

1. ま え が き

昭和43年1月にMELCOM 81形小形電子計算機を発表して、MELCOM 80シリーズのスタートを切って以来、5年半を経過した。その間、MELCOM 82に続いて昭和44年にはMELCOM 83⁽¹⁾を発表し、小形固定ヘッド磁気ディスク装置の導入により、超小形電子計算機では成し得なかった大容量データファイルを実現したことにより、多項目の分類集計が可能で、いわゆるディスクインラインシステムを確立し、使いやすい3アドレス命令⁽²⁾の良さも認められ、業界に確固たる地歩を築くとともに、引き続き昭和45年には、磁気元帳処理システムMELCOM 84⁽²⁾も完成した。また、翌昭和46年には、ディスクインラインのダイレクトインプットシステムとしてばかりでなく、パッチ処理やオンラインシステムにも使用できるマルチモードシステムMELCOM 88を完成し、MELCOM 80シリーズの適用業務分野は格段に広がった。さらに、昭和48年5月には、MELCOM 83に比し、ディスクインラインシステムとしてさらに、コストパフォーマンスを改善したMELCOM 86を完成した。これにより、MELCOM 80シリーズの機種は一段と充実することができ、か(稼)動実績も今や2,000台をはるかに突破している。

ここでは、MELCOM 80シリーズのうちMELCOM 86および88の2機種についてその特長、ハードウェア、ソフトウェアの概要および使用例について紹介する。

2. MELCOM 88

MELCOM 88は、MELCOM 83の上位機種として、より高い処理能力、より大きいシステム拡張性、および同時動作(マルチ)機能を低価格で実現した画期的な事務用超小形電子計算機システムである。

2.1 特 長

MELCOM 88は次の特長がある。

(1) ICメモリの採用による処理能力向上

ICメモリ⁽⁴⁾の採用によりMELCOM 83と比較して、演算速度で15～20倍、総合能力で3～20倍の処理能力となっている。

(2) ハイブリッドメモリシステムによる主記憶装置容量の増大

主記憶装置は、ICメモリ(1k語=8kバイト)と磁気ディスクメモリ(6.4k語=51.2kバイト)で構成され、実処理の高速性を得ると同時に大

容量データメモリ(7.4k語=59.2kバイト)を低価格で実現している。

(3) 入出力制御機構の採用によるシステムの拡張性

低速入出力制御機構と高速入出力制御機構には、それぞれ最大10台と最大4台の入出力制御装置を接続することができる。各入出力制御機構は、標準化されており、新しい入出力装置を容易に増設することが可能で、システムの拡張性融通性が高い。

(4) 割込装置の採用によるシステム運用のマルチ化

最大10入力(1レベル)の割込装置を採用して、オンラインシステム、マルチプリングシステム(2.5節参照)などを可能にし、かつ、オペレータ割込キーによる運用もでき、各種業務を有機的に同時に処理することが可能である。

(5) 操作性の良いオペレーションコンソール

オペレーションコンソールは、タイプライタを中心にテンキー(データキーボード)、操作キー、数字ディスプレイ、および表示ランプを有機的に一体化して、オペレータが見やすい表示装置、操作しやすいキー配列を実現し、オペレータの負荷の軽い、誤操作の少ないコンソールとなっている。

2.2 システム構成

MELCOM 88の外観図を図2.1に、システム構成とおもな仕様を図2.2と表2.1に示す。

オプション増設装置について、図2.2にその概要を併記した。記憶装置としては、24.5k語(196kバイト)の容量をもつ固定ヘッドディスク装置と、614.4k語(約4,900kバイト)の容量をもつカートリッジディスク装置を開発して、ファイル機能を強化するとともに、規模に合わせて選択できるようにした。これらの記憶装置は主記憶装置とともに、



図 2.1 MELCOM 88 (拡張構成)
MELCOM 88 office computer system
(expanded configuration).

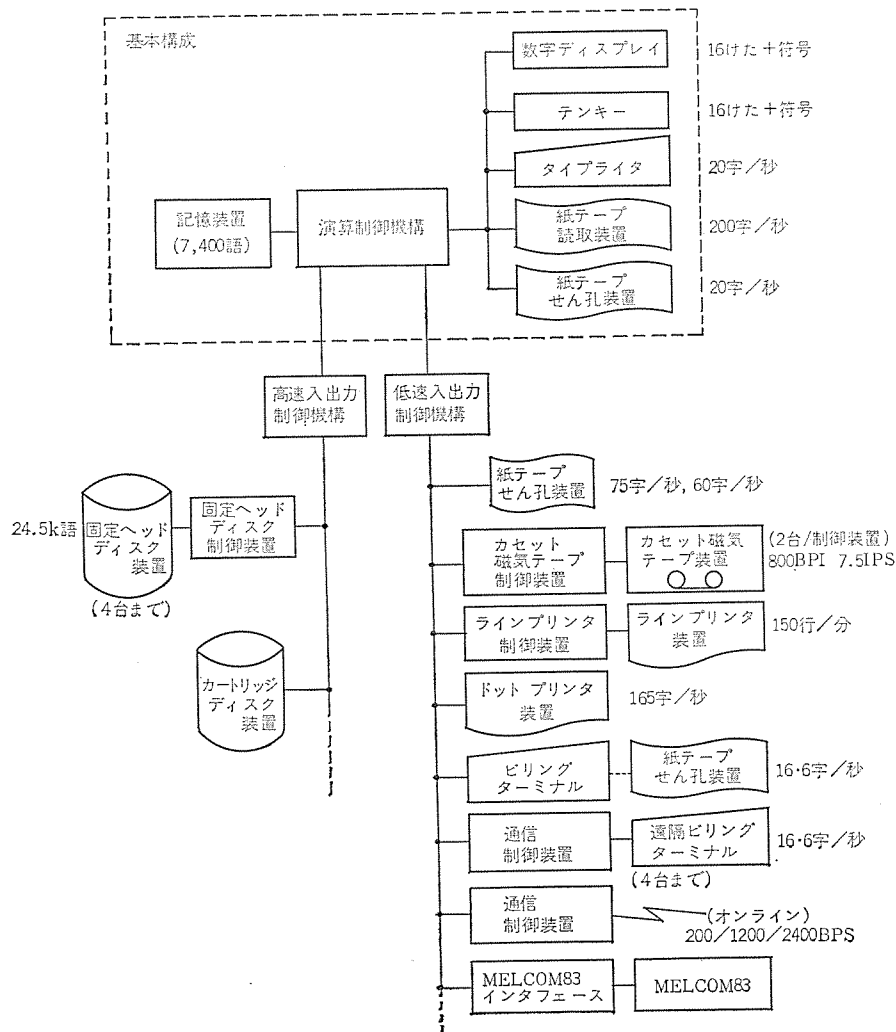


図 2.2 MELCOM 88 システム 構成
System configuration of MELCOM 88.

表 2.1 MELCOM 88 仕様
Specifications of MELCOM 88.

項 目	性 能
演 算 制 御 機 構	データ形式=16けた十符号 命令形式=3アドレス 命令種類=40 演算方式=2進10進 加算時間=2ミリ秒 割込み機能=1レベル10入力
主 記 憶 装 置	ICメモリ=1,000語 (8kバイト) アクセスタイム=0.32ミリ秒 磁気ディスク=6,400語 (51.2kバイト) アクセスタイム=10ミリ秒
入 出 力 制 御 機 構	低速入出力制御機構=6k字/秒 最大 10台 高速入出力制御機構=500k字/秒 最大 4台
基 本 入 出 力 装 置	タイプライタ 印字速度=20字/秒 印字幅=132字/行 活字数=127種 キーボード=48キー4段シフト フロントフィールド、自動スキップ機能つき
	データキーボード テンキー=16けた十符号 (0, 00, 000 キーつき)
	数字ディスプレイ 16けた十符号
	紙テープ読取装置 読取速度=200字/秒 テープ幅=8単位
	紙テープせん孔装置 せん孔速度=20字/秒 テープ幅=8単位

ユーザがすべての領域を自由に使用できるよう考慮してある。

ビリングターミナルはテンキーによるデータ入力機能とタイプライタによる出力機能を持ち、伝票発行ができるターミナル装置で、MELCOM 88に直結した形態または、遠隔に接続した形態で使用でき、複数台接続して複数業務の同時処理ができるものである。

MELCOM 83 インタフェースは、MELCOM 88と MELCOM 83と

を直結して、複合システムを構成するもので MELCOM 83を MELCOM 88のターミナルとして使用し、ファイルを集中して一括同時処理を可能としたもので、ハイアラキーシステム (階層構成) が実現できる。

演算制御機構をはじめ、すべての部分に、MSI (中規模集積回路) を採用し、小形化するとともに、高信頼化し、かつ、ブロック化を徹底して故障時の診断を容易にし、モジュール方式の実装設計、ドライフリーの機構設計により、保守性を向上した。

2.3 ソフトウェア

MELCOM 88のソフトウェアは、言語プロセッサとして、アセンブラと COBOL があり、その他にはユーティリティ、サブルーチンおよびアプリケーションプログラムがある。

2.3.1 アセンブラ

(1) 特 長

MELCOM 88アセンブラは、1パス方式である。アセンブラを常駐させたまま、複数本のプログラムを連続してアSEMBルできる。すなわち、原始プログラムを記憶したままアSEMBルするうちに、アSEMBル直後に目的プログラムを実行し、デバッグまでできるデバッグもアSEMBラの中に用意されている。したがって、デバッグが簡単であるばかりでなく、修正がすぐ可能で、しかも原始プログラムでステップのそう (挿)入、削除、訂正ができる。

また、デバッグにより、十分デバッグしたあとの原始プログラムと目的プログラムを紙テープにパンチして保存できる。

1回でアSEMBルできるプログラムの大きさは原始プログラムのステップ数で500ステップでこれをプログラムユニットと呼んでいる。MELCOM 88アSEMBラには、プログラムユニットを連結するマクロ命令がある。数個のプログラムユニットを個別にデバッグしておき、まとめて1本のプログラムとすることができる。

(2) 種 類

MELCOM 88アSEMBラにはアSEMBル時に必要な機器構成によって、アSEMBラIとアSEMBラIIとがある。

(a) アSEMBラI

アSEMBラIは、MELCOM 88の基本構成でアSEMBル可能な便利で使いやすいアSEMBラである。プログラムリンク用マクロ命令、範囲チェック用マクロ命令など9種類の演算マクロ命令のほか、カセット磁気テープの読み書きに必要な手順を完備したマクロ命令などもある。

(b) アSEMBラII

基本構成に外部磁気ディスク装置を付加したシステムでアSEMBルできるアSEMBラである。アSEMBラIに比べて、アSEMBル時間が短い、I/O機器に関する命令が多い、などの利点がある。

アSEMBラIIには、アSEMBラ自体をカートリッジディスク装置から呼び出せるアSEMBラII-Bもある。

なお、アSEMBラI、IIとも紙テープまたはカセット磁気テープで供給される。

2.3.2 COBOL

(1) 特 長

小形電子計算機の事務用共通言語(COBOL)はいくつか発表されているが、ハードウェアの背景から各社まちまちであり、COBOLの特長である文書化の良さや互換性がそこなわれている。

MELCOM 88 COBOL は JIS COBOL⁽⁵⁾の最低水準を網羅したもので COBOL の文書化の良さや互換性を生かし、プログラムの保守を容易にしている。

MELCOM 88 COBOL はカセット磁気テープシステムによる翻訳ルーチンであり、基本構成にカセットデッキ2デッキ、および固定ヘッドディスク装置1台が接続されているシステムで動作する。COBOL 翻訳ルーチンはそれを構成する各フェーズ間のオーバーレイさらには、フェーズ内でもオーバーレイを行ない、アクセスタイムの速い IC メモリを積極的に使用して翻訳時間の短縮を計っている。また原始プログラムを修正できるエディタを内蔵している。

(2) 仕 様

MELCOM 88 COBOL は JIS COBOL における中核の水準1、順呼出しの水準1、乱呼出しの水準1、表操作の水準1を満足するものである。

(3) 操 作

COBOL 翻訳ルーチンは目的プログラムを一度外部記憶装置に出力し、実行時に改めて主記憶装置にロードする非常駐形をとっている。翻訳ルーチンに対して入力となる原始プログラム媒体には紙テープと固定ヘッドディスクがあり、固定ヘッドディスクから翻訳してエラーがあったときは、その原始プログラムをエディタにより修正することができる。これら翻訳ルーチンとエディタはタイプライタからのコントロール情報により動作し、オペレータとの会話的要素をもっている。

2.3.3 ユーティリティ

(1) ディスクソートプログラム

MELCOM 88 ディスクソートプログラムはジェネレータ形式となっている。レコードの大きさ、構造、ソートキーなどを指定してソートデータの形式に適合した目的プログラムを作り、この目的プログラムにより、ソートが実行される。ソートキーのレベルは6レベルまで取ることができる。ソート方式は MELCOM 88 独特の方法による。ソート時間は1,000レコードで約5分程度である。データの入力機器とワーキングエリアの関係により表2.2に示す3種類がある。

(2) BTOS (Billing Terminal OS)

ビリングターミナルを使用して複数本のプログラムを並行動作させるためのオペレーティングシステムである。BTOS は数種のルーチンからなり、そのおもなものは割り込み処理ルーチン、プログラムコントロールルーチン、エラー処理ルーチン、業務終了ルーチンなどである。BTOS とビリングターミナルを使うことにより、一つのファイルを数人のオペレータで共有することができるほか、一つのファイルから形式の異なる伝票を同時に発行できるなどユニークなシステムの設計を可能にした。ユーザは BTOS とのインタフェースを考えるだけで、他のプログラムのことは全く意に介さずにプログラムを組むことができる。BTOS の IC メモリ内での

表 2.2 ディスクソートプログラムの種類
Variety of disc sort programs.

	データ入力機器	ワーキングエリア
ソートA	紙テープリーダー・カセット磁気テープ装置	固定ヘッドディスク
ソートB	紙テープリーダー・カセット磁気テープ装置	内部ディスクメモリ
ソートC	固定ヘッドディスク装置・カートリッジディスク装置	固定ヘッドディスク・カートリッジディスク

所要領域はビリングターミナル2台用で約270ワードである。

(3) カセットユーティリティ

カセット磁気テープ装置に関するユーティリティプログラムである。カセット磁気テープに記憶されているデータを複製する機能をはじめ、固定ヘッドディスク装置への読み込み、タイプライタ、ラインプリンタおよび紙テープせん孔装置への出力機能を持っている。カセット磁気テープの内容確認や次項のディスクユーティリティと組み合わせて、ディスクファイルの入れ換えなどに有効なプログラムである。

(4) ディスクユーティリティ

固定ヘッドディスク装置およびカートリッジディスク装置内のデータ移動ならびにこれらのディスク内データのカセット磁気テープへの書き込みとタイプライタやラインプリンタへの出力を簡単なパラメータ指定により実行するユーティリティプログラムである。なお、レコードを選択抽出してラインプリンタやタイプライタに出力することもできる。レコードのサイズをカセットテープのブロックサイズに合わせるブロック化もユーティリティで行なっている。

(5) 関数計算 サブルーチン

三角関数・指数関数・対数関数など17種の関数値を計算するためのサブルーチンも開発されている。

2.4 使用例

MELCOM 88 は基本構成でタイプライタ、キーボード、ディスプレイ、紙テープ読取装置、紙テープせん孔装置などの入出力装置を具備している。さらに主メモリは7.4k語(59.2kバイト)と大容量であり、基本構成が十分実用になるシステムである。この基本構成にドットプリンタ装置やラインプリンタ装置を接続して多量の帳票出力が可能になる。また固定ヘッドディスク装置やカートリッジディスク装置を増設すると、ファイル容量はけた違いに大きくなり、必要なすべてのファイルが常駐でき、即時処理が可能となる。このようにいろいろなレベルの機器構成で高いパフォーマンスを得ることができるのが MELCOM 88 の特長であり、伝票発行からバッチ処理に至るまで幅広い用途に使用される。

2.4.1 バッチビリングシステム

たとえば、オフラインのキーワーカセット装置により必要最小限のキー項目のみをインプットした原始データを作り、このデータを MELCOM 88 のカセット磁気テープ装置で読みながら、固定ヘッドディスク装置の大容量ランダムアクセスファイルにより、ラインプリンタ装置で高速の伝票発行を行なうバッチビリングシステムが構成できる。インプットの能率向上をはかり、データ収集システム的要素を持つユニークなシステムといえる。また、フォーマットが2ないし3種類になるときは、ラインプリンタ装置の代わりに、複数台のビリングターミナルを接続して異種伝票の同時発行ができるマルチビリングシステムも構成できる。

2.4.2 リアルタイムマルチビリングシステム

カセット磁気テープを作ることなしに、ビリングターミナルから直接インプットすることもできる。これは典型的なディスクインラインシステムといえる。

2.4.3 オンラインシステム

遠方に散在するデータをそれぞれ MELCOM 88 で処理し、必要な時には通信回線を利用して2台の MELCOM 88 が対話するシステムも実現できる。これは MELCOM 88 がオンラインとオフラインの両モードで運転できるユニークなシステムであるためにほかならない。

2.5 マルチビリングによる販売在庫管理システム

1台の基本構成に複数台のビリングターミナル装置を接続して一つのファイルから異種の伝票を同時に発行する、マルチビリングシステムによる

販売在庫管理業務例について紹介する。

2.5.1 機器構成

MELCOM 88 基本構成	1 式
固定 ヘッドディスク 装置	1 台
遠隔 ビリングターミナル 装置	2 台
ラインプリンタ 装置	1 台
カセット 磁気 テープ 装置	2 デッキ

2.5.2 処理の概要

マルチビリングシステムは、一つのファイルを数台のタイプライタが共有してそれぞれ異なった伝票を同時に発行するシステムである。図 2.3 に 2 台のビリングターミナル装置を用いて、一方は入金処理に関する伝票発行を、他方は掛け売りによる納品書の発行を行なう場合を示す。

(1) 売上、入金処理

売上メモにより得意先コード、商品コード、数量などをインプットすると商品マスタファイルの在庫を確認して売上に計上し、伝票に 1 行印刷して在庫数を更新する。伝票が 1 枚終了すると、得意先コードを調べ、掛売販売のときは売掛金の更新をする。入金メモにより得

意先コードと入金額をインプットすると当日の得意先別に用意された当日の入金ファイルを更新する。

(2) 問合せ業務

商品コードによる在庫数の問合せと得意先コードによる売掛金残高の問合せが随時可能である。

(3) 日報作成

伝票発行が終了したら、当日取り引きのあった得意先別取引日報と商品別在庫日報をラインプリンタ装置により出力する。また、適正在庫数より少ない商品について発注テープを作る。

(4) 取引明細テープの更新

前日までの得意先別取引明細データテープに当日の取引データをマージして得意先別取引明細テープを更新する。(カセット磁気テープによる)

(5) 注文書作成

発注テープと注文先マスタテープから注文書を作成する。

(6) 請求明細書

月末の得意先別取引明細テープをラインプリンタ装置により、表作して請求明細書を作成する。

2.5.3 システムの特長

(1) 数人のオペレータが同時に一つのファイル、1 台の基本構成を使うことができ、しかも中間媒体(紙テープやカードなど)を必要としない。

(2) リアルタイムの伝票発行ができる。

(3) 大容量のメモリに固定項目を記憶しておくことによってひん(頻)度高く使える。また、インプット量よりアウトプット量が多くなり省力化に役立つ。

(4) 問合せが即時に可能であり即応性のあるシステムといえる。

3. MELCOM 86

MELCOM 86 は、MELCOM 80 シリーズ 超小形電子計算機のバリエーションとして、販売実績を誇る MELCOM 83 の後継機種である。製品化に際しては、MELCOM 83 の特長をそのまま生かすとともに、使いやすさ、保守のしやすさおよびコストパフォーマンスのアップを徹底的に追求して構成した。

3.1 特長

MELCOM 83 の機能に加え、さらに、次の特長を持たせている。

(1) 基本構成に大容量ファイルエリアの確保

ダイレクトアクセスエリア 1k 語 (6k バイト) に加えて、ファイルエリア 9k 語 (54k バイト) を確保し、基本構成だけで多種類の業務処理、多項目の分類集計や各種ファイルメンテナンスに、十分な処理能力を持つ。

(2) 高い経済性と保守性

高密度集積回路を多用して、制御回路の小形化を計り、また、オペレータコンソールを強化プラスチック (FRP) 成形し、すべての操作キー、表示ランプおよび印字機構を埋込み一体構造にするとともに、各パネルをドライバフリー方式で簡単に取りはずせる構造として、経済性と保守性を向上させた。

(3) プログラムの互換性

命令体系は、MELCOM 83 と同一で、入出力の一部を除き、完全なプログラムの互換性を持つ。

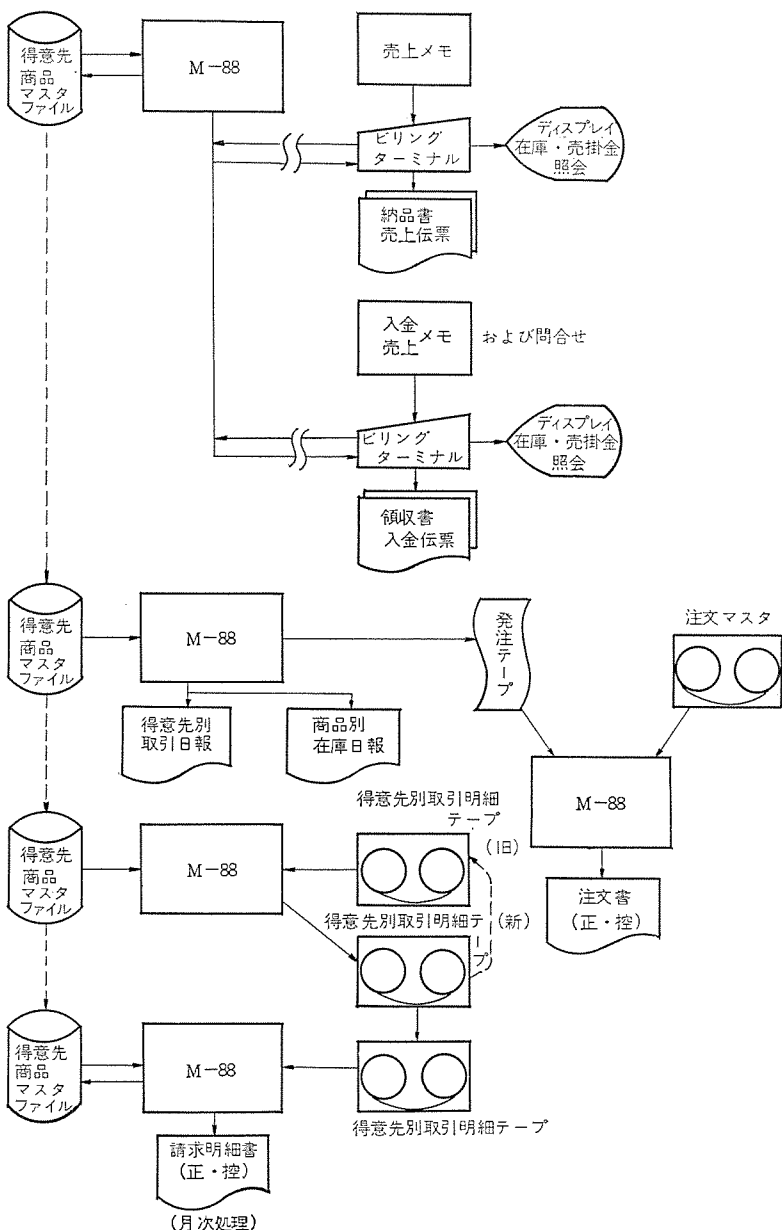


図 2.3 MELCOM 88 による販売在庫管理システム
System chart of MELCOM 88 sales and inventory control.

表 3.1 MELCOM 86仕様
Specifications of MELCOM 86.

項 目	性 能
演 算 制 御 機 構	データ形式=12けた十符号 命令形式=3アドレス 命令種類=34 演算方式=2進化10進 加算速度=49ミリ秒
主 記 憶 装 置	磁気ディスク=1,000語 (6k バイト) アクセスタイム=10ミリ秒
補 助 記 憶 装 置	磁気ディスク=9,000語 (54k バイト) アクセスタイム=10ミリ秒
基 本 入 出 力 装 置	タイプライタ 印字速度=16.6字/秒 印字幅=132字/秒 活字数=127種 キーボード=48キー4段シフト フロントフィード、自動スキップ機能つき
	データキーボード テンキー=12けた十符号 (0,000キーつき)
	数字ディスプレイ 12けた十符号
	紙テープ読取装置 読取速度=50字/秒 8単位
	紙テープせん孔装置 せん孔速度=20字/秒 8単位



図 3.1 MELCOM 86
MELCOM 86 office computer system.

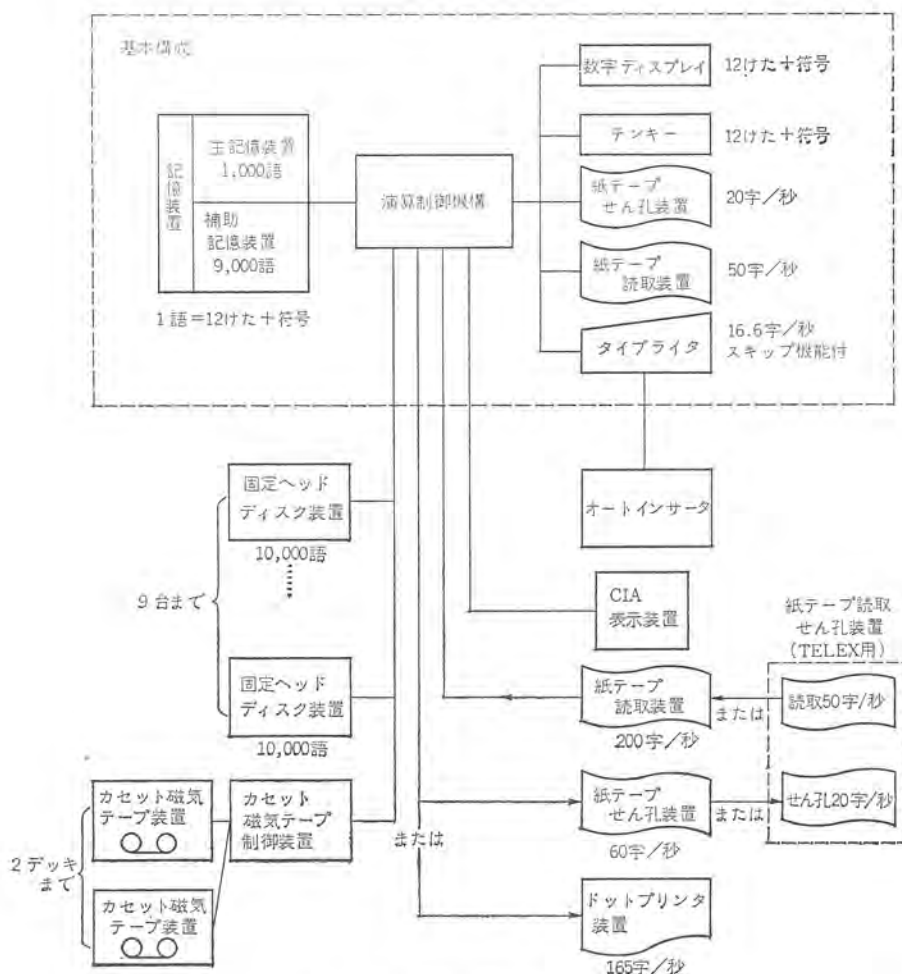


図 3.2 MELCOM 86 システム 構成
System configuration of MELCOM 86.

(4) 操作性

操作スイッチ・表示ランプ類は必要最小限に止め、人間工学的配置により、オペレータの操作性がきわめてよい。

(5) 豊富な周辺機器と互換性

各種の業務内容に応じて、最適なシステムを提供し得るよう、基本入出力に加えて、高速プリンタ、カセット磁気テープ装置、オートインサータなどの豊富な周辺機器の接続ができ、柔軟なシステムを組める。また、MELCOM 83の周辺機器との互換性を維持している。

3.2 システム構成

MELCOM 86の外観を図3.1に、システム構成と主なる仕様を図3.2および表3.1に示す。

主記憶装置には、10k語(60kバイト)の磁気ディスク装置を採用している。このうち、1k語(6kバイト)はダイレクトアクセスエリア、残りの9k語(54kバイト)はファイルエリアとして使用できる。従来、付加装置として扱われたファイルエリアを基本構成のディスクに収容したことは本機の最大の特長であり、基本構成だけで、1,000~3,000品目にのぼる多項目データの分類集計が可能である。また、プリンタのスキップ機能を充実して、実質作表能力を向上させ、紙テープ読取装置を50字/秒と高速化した。

周辺機器として、新機構のオートインサータと高速のドットプリンタ装置を加え、入出力機能を一段と強化したシステム構成を可能にした。以下にそれぞれのおもなる仕様を示す。

(1) オートインサータ

- (a) ポケット数: 1
- (b) コントロールキー: 2種(そう入, 排出)
- (c) 元帳送り速度: 27~29 cm/s
- (d) 印字行検出方法: 元帳の上端と右端のナイフエッジ検出
- (e) 改行間隔: 4.23 mm
- (f) 使用元帳: 110~135 kg
横 148.5~360 mm
縦 85~297 mm
- (g) 最大印字行数: 52行(両面使用可能)
- (2) ドットプリンタ装置
 - (a) 印字方式: ドットマトリクス方式
 - (b) 印字速度: 165字/秒, 60行/分(132文字)
 - (c) 印字種類: 128種, 英数字, カナ, 記号など
 - (d) 印字構成: 9×7ドットマトリクス
 - (e) 印字幅: 132文字/行
 - (f) 印字用紙: 標準用紙(幅, 約100~380 mm)
 - (g) 複写能力: 最大5枚
 - (h) 特殊機能: ラインフィードほか8種類

3.3 使用例

MELCOM 86による販売在庫管理システムの例を、図3.3に示す。このシステムの特長は、得意先エッジカードに相当する部分を補助

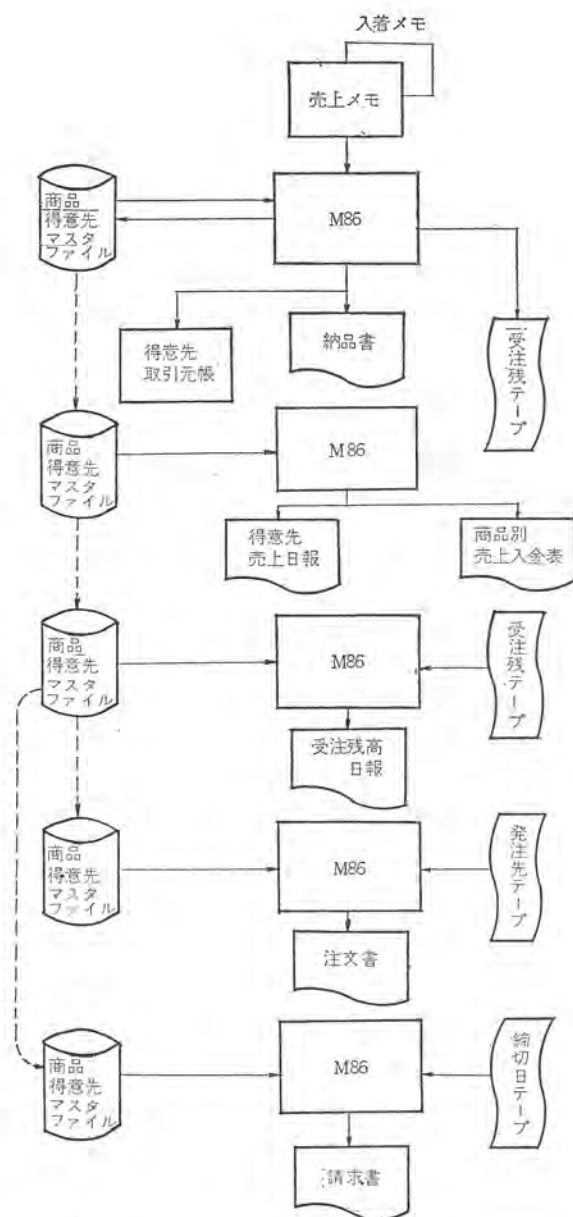


図 3.3 MELCOM 86 による販売在庫管理システム
System chart of MELCOM 86 sales and inventory control.

メモリに記憶させておくことおよび納品書発行と同時に得意先別元帳を作成することである。

(1) 機器構成

MELCOM 86 基本構成 一式

オートインサタ 1 台
ドットプリンタ 装置 1 台

(2) 処理の概要

(a) 入着メモをインプットして、商品マスタを更新する。

(b) 売上メモを見て、得意先元帳を本体にセットし、売上メモをインプットする。マスタファイルを参照して納品書が、ドットプリンタ装置により印字される。在庫が無い場合は、受注残テープがパンチアウトされる。

(c) 一日の処理が終了した後、商品マスタファイルから、当日の商品別売上入金表を、得意先マスタファイルから、得意先別売上日報をドットプリンタ装置により作成する。このあと得意先マスタの売上データはクリアする。

(d) 受注残テープにより、受注残高日報を作成する。

(e) 発注先マスタテープにより、商品マスタファイルを検索して、注文書を発行する。

(f) 締切日テープにより、当日締切日の得意先について、合計請求書を発行する。

4. む す び

以上 MELCOM 88 および 86 の概要と使用例について述べた。超小形電子計算機分野は、コンピュータ白書などにも、報告されているとおり、最も需要の伸び率の高い分野である。IC の高速化、マイクロプログラミング応用技術の高度化、ますます高密度化する LSI (大規模集積回路) の実用化などにより、今後、超小形電子計算機は、ますます性能がアップすると考えられる。一方、今後の業務処理形態は、ますます多様化すると思われるため、将来のシステムは、どのような処理状態にも、最適のコストパフォーマンスで適用できる構成の融通性が要求される。また、ソフトウェア面でも、処理機能別・業務処理別に標準化したパッケージシステムを豊富に備えることにより、個々のシステムに対応したプログラム作成作業を極力少なくする必要がある。

MELCOM 80 シリーズは、このような意味で今後ともいっそうの発展が期待されるところである。

参 考 文 献

- (1) 渡辺ほか：三菱電機技報, 44, No. 6, 741 (昭 45)
- (2) 加藤ほか：三菱電機技報, 45, No. 11, 1,505 (昭 46)
- (3) 越川ほか：三菱電機技報, 46, No. 6, 706 (昭 47)
- (4) 渡辺：電子材料, No. 8, 73 (昭 47)
- (5) JIS-C-6205-1972 (電子計算機プログラム用言語 COBOL)

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
968988	採暖いす	山田英樹・加太義武	969814	電動アクチュエータ	奥田安男・瀬津 豊良
968995	散水装置	佐藤 喜一	969815	非常ブレーキ装置	武谷勝次・国友善雄
968999	固定ヘッド式磁気円板記憶装置	東山 昇・小川芳徳	969816	電動工具	入江 厚・田中 実
969337	弁操作機構	中野大典・深川吉則	969817	電動工具	入江 厚・田中 実
969669	携帯プレス器	高柳直孝	969818	移動可能なプラグイン型筐体におけるコード収納装置	吉田和幸
968965	タイムスイッチの目盛板装置	新川成美	969819	やぐらこたつ	米本春夫
968967	インバータ	近藤博通・中田秋穂	969820	やぐら付脚温器	加太義武・山田英樹
968968	状態変化記憶装置	芝本政幸	969821	やぐら付脚温器	加太義武・山田英樹
968970	電力変換装置	赤松昌彦・熊野昌義	969822	低圧用安全弁	宇川 彰
968971	車両用電動発電装置	猪崎国男	969823	防爆用蛍光灯の点灯装置	根岸昭康
968973	表示器	水谷範美・千賀辰二	969824	シース線発熱体	近藤正司・日比野浩一
968975	他励式インバータ装置	川畑隆夫・荒木義朝	969825	シース線発熱体	近藤正司・日比野浩一
968974	優先順位回路	榎田征也	969826	シース線発熱体	{近藤正司・日比野浩一 町原義太郎・市村伸男
968981	避雷器の動作回数計数装置	萩野一夫	969827	空気圧縮機用油水分離装置	門原加納
968982	ガス被包アーク溶接トーチ	鶴飼 順・後藤洋治	969828	卓上電動丸のこ	{浦 武洋・関口由紀男 近藤信幸
968989	ヒューズ	野田 肇・岩崎行夫	969829	電動丸のこ装置	幸島邦茂
968990	ヒューズ	野田 肇・岩崎行夫	969830	被加工材の案内装置	{入江 厚・関口由紀夫 堀田晴久
968991	冷却フィン付ヒューズ	野田 肇・岩崎行夫	969831	椅子式電気やぐらこたつ	長沢重雄
968986	自動負荷制限装置	{林 重雄・山田郁夫 羽根田博正・荒木忠夫	969832	椅子式電気やぐらこたつ	長沢重雄
968994	高温電気炉	{粟津健三・武藤勝俊 沢田隆夫	969833	気体膨張式救命いかだ	宇川 彰
968992	冷却器	岩崎善彦・上田和弘	969834	継電器回路	朝日照夫・津田元裕
968993	冷却器	池沢勝郎	969835	回転体取付機構	高田 進・須田良吉
968997	空気清浄器	平山建一	969836	冷蔵庫	丸山哲朗・木南 勤
968998	空気清浄装置	平山建一	969837	取手付包装箱	吉村 勉
968962	電動機の固定装置	木ノ内達夫	969838	調光式水銀灯安定器の継電器取付装置	添田 稔
968963	小型回転電機	{武井久夫・服部信道 岩田尚之	969839	箱体の棚装置	駒形栄一・木南 勤
968964	送風機用羽根車	新倉宗寿	969840	自動換気扇	佐々木武敏
968966	押し出し式電気温水器の給湯装置	{祖父江常雄・赤羽根正夫 根岸宣匡	969841	空気調和機の冷却水集水装置	玉山 肇・新見 勲
968969	ホース接手	小川 昇・川合輝一	969842	自動換気扇	佐々木武敏
968972	信号応答回路	高橋広光・大塚洋俊	969843	電気加湿器	町原義太郎・三ヶ田文彦
969803	消磁装置	{吉田太郎・首藤佑吉 宮 幸助	969844	液冷装置	本谷昇一
969802	超電導装置	岩本雅民	969845	加湿装置	吉野昌孝・桑沢宏康
969804	電気アイロンのダイヤル取付装置	{町原義太郎・荒木 勲 高橋 洋	969846	温水器の運搬装置	桜井信捷・藤田喜助
969806	電気掃除機	{武井久夫・加藤 悟 南日国伸	969847	加湿器	吉野昌孝・桑沢宏康
969807	エレベータ用通報装置格納箱	日比野正義	969851	ベンチレータ	高見 弘
969808	車輛用暖房装置	{町原義太郎・近藤正司 日比野浩一	969848	蓄冷暖房器具のパネル取付装置	{桜井信捷・須田 洋 藤田喜助
969809	負荷時電圧調整装置	瀬藤憲治・堤 長之	969849	衣類乾燥器の温度ヒューズ取り付け装置	{町原義太郎・三ヶ田文彦 上原幹夫
969810	負荷時電圧調整装置	瀬藤憲治・堤 長之	969850	温水装置	{町原義太郎・三ヶ田文彦 上原幹夫
969811	フラスト軸受装置	大窪純治・吉村多喜男	969805	超小形回路装置	平子征佳
969813	充電表示装置	平田 毅	969812	透明プリント基板	佐藤忠雄



特許と新案

パルス幅変調装置 (特許第 550835 号)

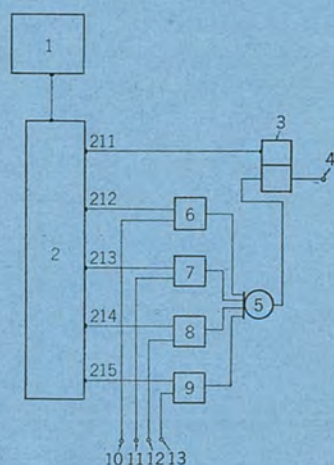
発明者 蘭田幸男

従来パルス幅の決定は RC 回路によっていたが、コンデンサは経年変化によって静電容量が減少するので、パルス幅が初めの設定より狂う欠点がある。

この発明はかかる実情にかんがみてなされたもので、被変調入力パルスに応じて動作するリングカウンタ(2)と、このリングカウンタの出力信号により動作する記憶要素(3)と、それぞれ互いに異なるパルス幅決定指令信号と前記リングカウンタ(2)の互いに異なる端子からの前記出力信号以外の出力信号とにより動作して、前記記憶要素(3)を復帰動作させる複数の AND 要素(6)(7)(8)(9)を備え、前記従来の欠点を十分に補い得ると共に、複数種類のパルス幅変調ができる効果を有している。

この発明の一実施例を図によって説明するに、たとえば、端子(10)にパルス幅決定指令信号があり、端子(11)(12)(13)には該信号がない場合には、まずリングカウンタ(2)の端子(211)からの信号によって記憶要素(3)が動作し、次に AND 要素(6)の出力により復帰する。そして端子(4)には記憶要素(3)が動作してから復帰するま

での時間幅をもった出力が生じる。なお該時間幅は端子(10)(11)(12)(13)のいずれに指令信号があるかによって異なる。



位相変調器 (特許第 624395 号)

発明者 中川幹雄・岡野晃

この発明は可変容量ダイオードを用いた位相変調器に関するもので、特に低ひずみ(歪)率特性の位相変調器を得ようとするものである。

一般に同調回路を通過する高周波信号はその同調回路を構成するインダクタンスあるいはキャパシタンスを可変としたとき、それに応じた位相変化を受ける。この原理を利用した位相変調器を図 1 に示し、 L はインダクタンス、 C_v は上記インダクタンス L に並列に接続された可変容量ダイオード、 R は上記両素子の有する等価抵抗である。これにより位相変調を行なうには、 C_v の共振回路に被変調波を加え、一方上記 C_v の両端に直流バイアスと重畳して変調信号を加え、上記共振回路から出力信号を取り出すものである。ところで、この変調器は通常変調ひずみを伴い、変調をかけることは困難である。この変調ひずみはほとんど可変容量ダイオードの二次ひずみにより支配される。

この発明は、図 2 にその一実施例を示すごとく、インダクタンス L に直列に可変容量ダイオード C_{v2} をそう(挿)入し、これらと並列に今一つの可変容量ダイオード C_{v1} を接続し、結局 2 個の可変容量ダイオードを使用することにより、可変キャパシタンスと等価的に可変のインダクタンスとよりなる共振回路を用いて二次ひずみを打ち消すことにより、低ひずみ率で深い変調のかけられる位相変調器を実現するものである。

すなわち図 2 に示す回路を構成し、2 個の可変容量ダイオード C_{v1} 、 C_{v2} に同一バイアス電圧並びに変調信号を加え、そのときの各容量値

の関係を次式のごとく定めれば、

$$n = \frac{1}{\frac{2CB_1}{CB_2} - 1}$$

$$\begin{aligned} \text{但し } C_{v1} &= CB_1(1+K)^{-n} \\ C_{v2} &= CB_2(1+K)^{-n} \end{aligned}$$

非常に低ひずみ率の位相変調器が得られ、その結果比較的深い変調をかけることができ、特に超高周波の位相変調を得る場合には従来のものより n 倍(通)倍次数を下げるができるから装置を小形に

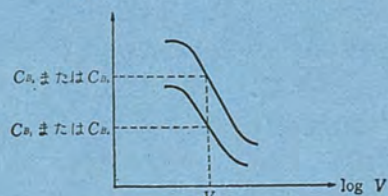
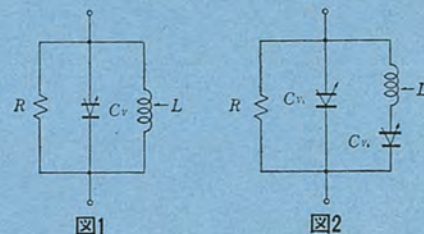


図3

特許と新案

なし得る等の効果がある。

図3は2個の可変容量ダイオードの特性を、横軸に対数目盛で容量をとってそれぞれ示すもので両特性は動作点 V_0 の付近において同一傾斜、すなわち同一の n を有し、それぞれの容量は上記式の関係

に定められるものである。たとえば $n=1$ のダイオードを用いるときには $CB_1=CB_2$ すなわち全く同一特性の2個の可変容量ダイオードを使用すればよいことがわかる。

線形電子加速器用加速管 (特許第581075号)

発明者 戸田 哲雄・入江 浩一

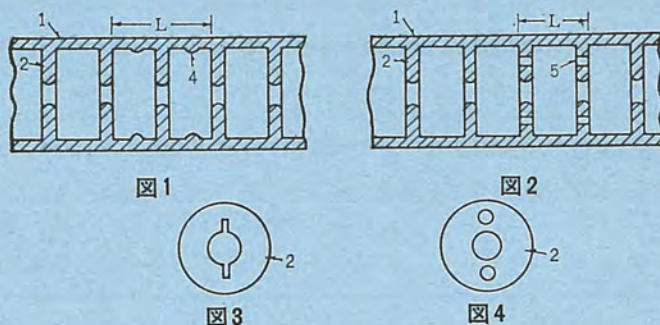
この発明は、線形電子加速器で得られる高エネルギーの電子ビーム電流のパルスせん(尖)頭値の増加をはかることを目的とした加速管に関するものである。

線形電子加速器の従来の加速管では、ビームブローアップ現象のために、得られるビーム電流のパルスせん頭値に上限がある。この発明は加速管に特殊の工夫をこらすことによって、この上限をさらにのばすことができる点に注目してなされたものである。

図1はこの発明の一実施例であり、区間 L にわたって円筒導波管1の管壁に変形4を与えたものである。図2はこの発明の他の実施例で円板2に孔5をあけてある。図3と図4は変形を有する円板の実施例である。加速管の軸方向にわたってこれらの管壁または円板の変形4、5の円周方向の位置を段階的に変えることにより、HE_{M11}モード電磁界によるビームの偏向が加速管全長にわたって同一向きでなくなるため、ビームを軸からずらせる効果は弱められる。

この発明の効果の一例をあげると、図4に示す構造の円板を交互に90回転して配置した構造の加速管により、3 μ s のパルス幅でせん

頭電子ビーム電流1.2Aが加速されたが、同じ長さの従来の加速管では、せん頭ビーム電流0.5Aでビームブローアップを起こしており、この発明による加速の構造がビームブローアップをふせぐ方法として有効なことがわかる。



電気集塵装置 (特許第633193号)

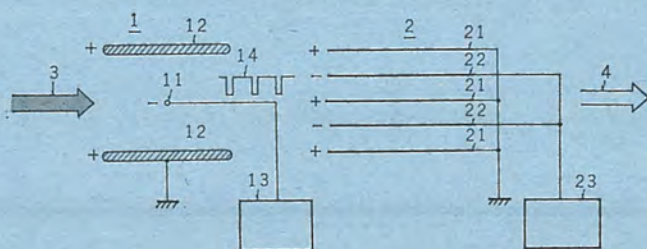
発明者 原 仁吾・斉藤 寛

この発明は電離部と集じん(塵)部とを有する電気集じん装置の電離部の改良に関するものである。

図において(1)は線状電極(11)とこれに対向する平板電極(12)とからなる電離部、(13)は高電圧パルス発生器、(2)は交互に正負の高電圧が印加される平板電極(21)(22)からなる集じん部、(23)は上記集じん用電極(21)(22)に直流高電圧を印加する高電圧直流電源である。

この発明は上記の構成のごとく成され、電離部の電極に高電圧パルス印加するようにしたことを特長とするものである。すなわち従来の集じん装置では線状電極(11)に常時直流電圧が印加されているので、帯電したじんあいおよび負イオンは平板電極(12)に多量に吸引され、集じん部(2)へはわずかしき送られない。また平板電極(12)にじんあいの薄い層が堆積すると帯電したじんあいが中和されなくなり、更にそこに発生する逆電界によって印加電圧が弱められ、じんあいに対する帯電効率が悪くなる欠点がある。これに対しこの発明によれば、線状電極(11)にはパルス電圧を印加しているので、放電によって生じた負イオンは、印加電圧が直ちになくなってしま

うので平板電極(12)に吸引されなくなる。従って帯電したじんあいおよびじんあいに付着しなかった負イオンの両方共集じん部(2)に向って有効に進み集じん効率が增大するものである。更にまたパルス電圧を用いれば直流電圧を比べて線状電極(11)にかかっている電圧の実効時間が短いので、じんあいを帯電させるのに必要な電離電流がきわめて少なくなる。従って放電に伴うオゾンや酸化窒素などの発生にもとづく弊害を除去することができ、消費電力や電離部の電極の消耗が少なくなる利点も得ることができる。



パターン処理システム (IV)

——統計的パターン認識の理論——

伊藤 貴康*・福島 正俊**・鈴木 敬子**

Pattern Processing System (IV)

——Theory of Statistical Pattern Recognition——

Central Research Laboratory Takayasu Itô・Masatoshi Fukushima・Keiko Suzuki

Extensive studies have been made on the pattern recognition such as character recognition and voice recognition. Though it is mentioned simply as the pattern recognition in general, it involves extremely multifarious phases and is considered difficult to define a unified model. Ordinarily there are the following items among it: (1) Pattern classification, (2) Pattern description, (3) Signal detection and, (4) Pattern concept formation. This article is intended for the introduction of the out-lines of the summary on the achievements of ten years' studies made in reference to the theory of statistical pattern recognition by a group of researchers headed by Dr. Itô. The theory and algorism given herein are being applied to the charactor and picture recognition in various forms.

1. ま え が き

最近、文字・図形・音声の認識、医療における診断パターンの分類、プログラムの診断、天気予報その他統計的な因子分析等の一見全く異なった分野のごとく見える諸問題に、パターンの認識という共通点を見だし、その処理過程を機械化しようとする試みが多くの関心を集め、多数の研究がなされ、パターン認識という研究分野を形成している。

一般にパターン認識と言っても、たとえば Minsky や坂井に述べられているように、きわめて多様な側面を含んでいる。そのためパターン認識の統一的なモデルを考えることは、一般には不可能と考えられる。通常パターン認識の中には

- (1) パターン識別 (pattern classification)
- (2) パターンの記述 (pattern description)
- (3) 信号の検出 (signal detection)
- (4) パターン概念の構成 (concept formation)

といった諸側面が含まれており、またその間に明確な境界線を引くことができない場合が多い。

本研究で扱う問題は、主として、パターンの識別に関連している。パターンの識別に問題を限定したときには、その過程は、通常、図 1.1 に示されているように

(パターン情報源) → (パターン発生) → (観測機構) →
(パターン処理) → (割当てシンボル)

といった Shannon 流の通信モデルと類似のモデルとして考えてよいことが広く認められている。

しかし通信理論が有効なのは通信路の性質がわかっているときで、パターン識別過程を通信路モデルとしてとらえても、通信路に相当す

るパターン発生から観測機構の間の性質、その後の処理の関係などが解明されていない現在、パターン認識過程の通信路モデル化は問題の解決にはならず、単に考え方を整理するものとして採用されるのみである。また通信路モデルにおいて、一般に観測機構、パターン処理、決定機構の間に明確な境界を引くことの困難もある。

パターン認識を論じるには、まず、パターンとは何かを定義する必要がある。一般に哲学的な立場にまで立入ると、きわめてむずかしい問題となるが、情報工学的な立場からは、物理的な事象あるいは抽象的な記号の集まりのような多数の要素の集合があり、その要素間に一定の関係が存在して、パターンを形成しているにとらえてよい。数学的にはある空間上で、関数関係が存在しているような点集合をパターンとしてとらえてよい。

本研究の議論は、量子化図形の識別に直接応用できる二進観測パターン空間上でのパターン識別の問題を主として扱う。

二次元平面上の2値量子化パターンを識別する問題を、図 1.1 のような識別機構の通信路モデルで考える場合にも、観測機構に重点を置くか、パターン処理あるいは決定機構に重点を置くかによって、パターン認識の研究の方向はかなり異なったものとなる。

本研究では、パターン認識において重要なのは、識別(決定)結果であるという立場から、パターンの識別・決定機構の設計法に重点をおき、2値量子化の段階まではすでに観測されたパターンの識別問題を理論的に取扱う。この場合、量子化されたパターンの観測点の個数を n とすると、パターンの観測値は n 次元二進観測空間上の点として表現されう。パターンはこの観測空間上での関数関係として与えられ、パターン識別の問題では、この関数関係を処理することが、技術上の課題となる。パターン識別の問題では、変数の個数 n は 100 以上のことが多く、このような多変数の関数を工学的に扱える形にするためには、目的にかんがった意味において近似構成することが必ず(須)となる。数学的には目的にあった意味で、工学的に実現可能な形での最良近似関数を見出す問題としてとらえられ、このような過程を工学的に実現するモデルが前述の通信モデルである。

二進観測空間の場合で考えると、まず、関数近似のベースの選択、識別関数系の選択は観測機構に属すると考えられ、パターンのクラス化はパターン処理機構、識別関数による決定は決定機構と考えてよい



図 1.1 パターン識別の通信路モデル
Model of communication passage for pattern classification.

が、相互に密接な関係があり明確な境界を引けないのが現状である。

本文では、2章で「統計的決定理論に基づくパターン識別」として、ベイズの決定機構に基づくモデルと逐次決定機構に基づくモデルについて述べ、3章で「パターン分布と識別関数」、4章で「直交ベースと識別関数」、5章で「誤識別率への近似式と識別関数」、6章で「識別関数と誤識別率」について述べる。なお、本論文は筆者の1人(伊藤)を中心にして、行なってきた統計的パターン識別の理論に関する過去10年間の主要研究成果を整理し、概説・紹介することを目的としたものであり、一般的解説ではないことを付言しておく。

2. 統計的決定理論に基づくパターン認識

数理統計学は、元来、行政上・経済上の調査の手段、生物学におけるデータ処理の手段として、18世紀頃より徐々に進展させられ、Pearson, Fisherなどの独創的研究により仮説検定、統計的推定論の基礎が与えられている。このような統計学は観測データから、自然科学・社会科学上の要因を分析・抽出・推定するという意味で、自然認識の手法とされてきている。

Waldはこのような古典統計学にVon Neumanのゲーム理論を導入し、統計的決定理論を展開した。これは数学的には、従来の検定、推定論を特殊な場合として包含するもので、決定理論は、統計学の主流になりつつある。

文字・図形・音声などの認識は観測されたパターンがいずれのシンボルに属するかを識別・決定することであると考えられる。一般に認識機械は、その目的から考えても、最終的には観測されたパターンは何らかの決定に導かれると考えてよい。このように考えると一般にパターン認識における識別メカニズムは、統計的決定理論で形式化できることになる。

識別機構の良否には通常平均識別率や誤識別率の大小により判定する問題、シンボル間の違いに重みをつけて平均損失を減らす問題、または判定不能と誤識別率間のかねあいといった問題を考える必要があるが、これらは統計的決定理論で一般的に取扱うことができる。

しかし前章でも述べたごとく、パターン認識の問題では観測空間が高次元になっているため、統計的決定理論で与えられる最適決定機構は実際には、あまりにも複雑になり構成することができない。それゆえ近似構成の必要が生じる。この過程を一般的に取扱う手法は統計的決定理論の分野においては知られておらず、ここに統計的パターン認識における諸種の問題が生起する。

2.1 ベイズの決定機構に基づくモデル⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

いま、識別すべきシンボルの集合を $C = \{c_1, c_2, \dots, c_M\}$ とし、観測空間 $X = \{x\}$ は n 次元ユークリッド空間とする。このときいかなるパターンも X 上の点として表現される。

C 上でのシンボルの生起確率を $p(c_i)$ 、観測によりパターン x を得る確率を $p(x)$ 、パターン x が c_i に属しているとき、 x の生起する確率を $p(x|c_i)$ としよう。ここに

$$\sum_{i=1}^M p(c_i) = 1 \quad (2.1)$$

$$p(x) = \sum_{i=1}^M p(c_i)p(x|c_i) = \sum_{i=1}^M p(x, c_i) \quad (2.2)$$

また有限集合 $D = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_M\}$ が存在し、 $\delta(d_j|x)$ を

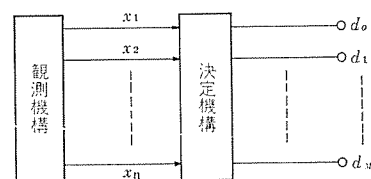


図 2.1 統計的決定機構
Mechanism of statistical decision.

x が観測されたとき、決定 d_j を行なう確率であるとしよう。 d_0 は判定不能(reject)であるとしておく。このような決定規則 $\delta(D|X)$ が統計的決定関数と呼ばれる。

δ により d_j がとられるということは、パターン識別では、 c_j なるカテゴリが観測されたことに当たる。この状況は図 2.1 のように表わす。

ここでシンボル c_i を観測したときに d_j という決定をしたときの損失を損失関数と呼び ω_{ij} で表わす。すると

$$\hat{R}(p, \delta) = \sum_{i=1}^M p(c_i) \sum_{j=1}^M \omega_{ij} \int_X p(x|c_j) \delta(d_j|x) dx \quad (2.3)$$

は、決定規則 δ が用いられたときのパターン識別系全体の平均損失である。ベイズの最適決定関数 δ_B とは、すべての δ に対し

$$\hat{R}(p, \delta) \geq \hat{R}(p, \delta_B) \quad (2.4)$$

となるような決定関数のことである。

統計的決定理論によるパターン識別は、結局上述のような最適決定関数を構成することである。ベイズの決定機構が実際に存在することは証明可能であるが、ここでは省略する。

最適識別機構では $p(c_i)$, $p(x|c_i)$, ω_{ij} をデータとして知る必要がある。 ω_{ij} は後述の例におけるように適当に選んだとしても、パターン識別の場合通常、 x が高次元であるため、あらゆる $p(x|c_i)$ を記憶しておくことは実際上不可能となる。かくして最適識別機構を近似構成することが重要な問題となる。

2.1.1 識別率、判定不能の関係^(注)

パターン識別では、通常損失を評価基準としないで、平均の誤識別率 P_e や判定不能率 P_r を問題にする。決定機構 δ を用いたときの正識別率を $P_c(\delta)$ 、誤識別率を $P_e(\delta)$ 、判定不能率を $P_r(\delta)$ とする。判定不能率 $P_r(\delta)$ が与えられているときに、誤識別率 $P_e(\delta)$ を最小にする決定機構 δ^* は Chow により次のように与えられることが示された。

$$(1) \text{ もし } p(x, c_k) \geq p(x, c_j) \quad (\forall j \neq k)$$

$$p(x, c_k) \geq (1-\alpha)p(x) \quad (2.5)$$

のとき

$$\delta^*(d_k|x) = 1$$

$$(2) \text{ もし } \max p(x, c_i) < (1-\alpha)p(x) \quad (2.6)$$

のとき

$$\delta^*(d_0|x) = 1$$

ここに $0 \leq \alpha \leq 1$

α と P_e , P_r の間には以下に示すような密接な関係がある。

α が与えられると決定機構 δ は、観測空間 X を判定不能領域 X_r と識別領域(正識別あるいは誤識別を行なう領域) X_a とに分ける。すなわち

$$X_r(\alpha) = \{x | \max_i [p(x, c_i)] < (1-\alpha)p(x)\} \quad (2.7)$$

(注) 2.1.1項の内容は、筆者の1人(伊藤)の京都大学工学博士論文(昭和44年11月)に論じられた結果にもとづく。

$$X_a(\alpha) = \{x | \max_i [p(x, c_i)] \geq (1-\alpha)p(x)\} \dots\dots\dots (2.8)$$

$p(x)$ が 0 の場合に対しては、初めから消去しておけば、 $p(x)$ は常に正值と仮定しておいてよい。

式 (2.7), (2.8) から、もし $\alpha_1 < \alpha_2$ なら

$$\left. \begin{aligned} X_a(\alpha_1) &\subset X_a(\alpha_2) \\ X_r(\alpha_1) &\supset X_r(\alpha_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.9)$$

また α の関数としての $P_r, P_a (= P_c + P_e), P_c, P_e$ は次のように与えられる。

$$P_r(\alpha) = \int_{X_r(\alpha)} p(x) dx \dots\dots\dots (2.10)$$

$$P_a(\alpha) = \int_{X_a(\alpha)} p(x) dx \dots\dots\dots (2.11)$$

$$P_c(\alpha) = \int_{X_c(\alpha)} \max [p(x, c_i)] dx \dots\dots\dots (2.12)$$

$$P_e(\alpha) = \int_{X_e(\alpha)} \{p(x) - \max [p(x, c_i)]\} dx \dots\dots\dots (2.13)$$

式 (2.10)~(2.13) において、被積分関数は正值であるから、積分領域が拡大するにつれ、積分関数の値も大きくなる。したがって P_r は α に関し単調減少、 P_a, P_c, P_e は α に関し単調増加となる。

また、上述の式から、 α は P_e の上限となることがわかり、

$$-\alpha \frac{dP_r}{d\alpha} = \frac{dP_e}{d\alpha} \dots\dots\dots (2.14)$$

という関係が成立つことも導かれる。

2. 1. 2 ゆう(尤)度比決定・2 値識別関数

いま、損失関数 ω_{ij} が

$$\omega_{ij} = 1 - \delta(i, j) \quad ((\delta(i, j) : \text{Kronecker's delta}) \dots\dots\dots (2.15)$$

の場合を考える。このときランダム化しないベイズ決定法を用いるとすると

$$\hat{R}(p, \delta) = \int_X (p(x) - p(x, c_j)) dx \dots\dots\dots (2.16)$$

を最小にする δ がベイズ決定となる。したがって、この場合は、 $p(x, c_j)$ を最大にする c_j にパターン x のカテゴリを決めるのがベイズ決定となる。すなわち

$$\max [p(x, c_1), p(x, c_2), \dots, p(x, c_m)] = p(x, c_j) \Rightarrow x \in S(c_j) \dots\dots\dots (2.17)$$

ここに $S(c_j)$ は、カテゴリ c_j のパターン集合とする。パターン x に対して、式 (2.17) の規則によって $x \in S(c_j)$ なる決定を行なったときの誤識別率 P_{ej} は

$$P_{ej} = p(x, c_1) + \dots + p(x, c_{j-1}) + p(x, c_{j+1}) + \dots + p(x, c_m) \quad (j=1, 2, \dots, m) \dots\dots\dots (2.18)$$

したがって、式 (2.17) の規則によって識別を行なったときに生じる誤識別率は

$$P_e^{(m)} = \int_X \min [P_{e1}, P_{e2}, \dots, P_{em}] dx \quad (X=\{x\}) \dots\dots\dots (2.19)$$

この場合 x が与えられたときに、 $p(c_j|x)$ という x についての c_j の確からしさ (likelihood) の大小により決定を行なうことに当たるゆえ、ゆう度比決定と呼ぶ。

カテゴリとして c_1, c_2 しか存在せず、決定の方も d_1, d_2 だけとすると、決定関数は 2 値識別関数といわれる。このとき、 c_1, c_2 をそれぞれ c^+, c^- と記し、 d_1, d_2 を $d=1, d=-1$ と表す。2 値識別の場合、ゆう度比決定を用いると、最適識別関数は次のように表わせる。

$$\left. \begin{aligned} p(x, c^+) \geq p(x, c^-) \text{ なら } x \in S(c^+) \text{ すなわち } d=1 \\ p(x, c^+) < p(x, c^-) \text{ なら } x \in S(c^-) \text{ すなわち } d=-1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.20)$$

ここに $S(c^+), S(c^-)$ はカテゴリ c^+, c^- のパターン集合である。なお

$$f_d(x) = p(x, c^+) - p(x, c^-) \dots\dots\dots (2.21)$$

を最適 2 値 ゆう度比識別関数と呼ぶ。この場合も、式 (2.18), (2.19) に対応する式として

$$\left. \begin{aligned} r(x) &= \min [p(x, c_1), p(x, c_2)] \\ P_e(x) &= \int_X \min [p(x, c_1), p(x, c_2)] dx \quad (X=\{x\}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.22)$$

が得られる。

2. 2 逐次決定機構に基づくモデル

逐次決定機構とは、パターンが与えられた際、順次新しい特徴計測を行ない、決定の手続きを繰り返していく方法である。これを、2-カテゴリの場合と、マルチカテゴリの場合に分けて考えよう。

2. 2. 1 2-カテゴリの場合

2-カテゴリ問題のとき、逐次決定機構によるパターンの識別は次のような順序で行なわれる。

(i) n 次のゆう度比

$$\lambda_n = \frac{p_n(x|c_1)}{p_n(x|c_2)} \dots\dots\dots (2.23)$$

を求める。ここに $p_n(x|c_i)$ はカテゴリ c_i に対する x の条件付き生起確率である。

$$(ii) \lambda_n \geq A \Rightarrow x \in S(c_1) \dots\dots\dots (2.24)$$

とする。

$$(iii) \lambda_n \leq B \Rightarrow x \in S(c_2) \dots\dots\dots (2.25)$$

とする。

(iv) $B < \lambda_n < A$ なら、新しい特徴を計測し、(i) に戻って同じ手続きを繰り返す。

ここに A, B は Stopping Boundary と言われ、通常

$$A = \frac{1-e_{21}}{e_{12}}, \quad B = \frac{e_{21}}{1-e_{12}} \dots\dots\dots (2.26)$$

(e_{ij} : 実際には c_j に属するのに、 c_i と誤識別する確率)

とされる。

2. 2. 2 マルチカテゴリの場合

マルチカテゴリの場合の逐次決定機構も、2-カテゴリの場合と同様に、次の順序による。

(i) 一般化されたゆう度比

$$u_n(x|c_i) = \frac{p_n(x|c_i)}{[\prod_{q=1}^m p_n(x|c_q)]^{\frac{1}{m}}} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$(i=1, 2, \dots, m)$$

を求める。

$$(ii) u_n(x|c_i) < A(c_i) \Rightarrow x \notin S(c_i) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$(i=1, \dots, m)$$

とする。ここに

$$A(c_i) = \frac{1-e_{ii}}{[\prod_{q=1}^m (1-e_{iq})]^{\frac{1}{m}}} \dots\dots\dots (2.29)$$

である。

(iii) ただ一つのカテゴリが残るまで、(i), (ii) の手続きを繰り返す。

3. パターン分布と識別関数⁽¹⁾⁽⁸⁾⁽¹⁹⁾⁽²¹⁾⁽²²⁾

前節に述べたごとく、パターン認識の問題では、実際上 $p(\mathbf{x}|c_i)$ を求めることは不可能であり、求め得るとしても \mathbf{x} の次元が高いゆえ、ばく(莫)大なメモリ容量を必要とし実用上意味がない。それゆえ何らかの形で近似構成することが要求される。このとき統計的手法の直接的応用としては、パターン分布が解析可能な関数形であると仮定する方法があり、工学的な考慮からは、決定機構を工学的に実現可能な素子、たとえば、線形関数というように制限を加え、そのわく(枠)内で最適な関数を見つけない方法が考えられる。ここでは分布が正規分布の場合と線形識別関数の場合について、2~3のゆう度比決定関数を求める。

3.1 正規パターン用の識別機構

パターンの分布が、各カテゴリに関し多次元正規分布をなすとき、このようなパターンを正規パターンと言い、2カテゴリの場合、識別関数は次のような二次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} f(\mathbf{x}) &= \frac{1}{2} \left[(\mathbf{x} - \mathbf{m}^{(-)})^T \Sigma_{(-)}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{m}^{(-)}) \right. \\ &\quad \left. - (\mathbf{x} - \mathbf{m}^{(+)})^T \Sigma_{(+)}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{m}^{(+)}) \right] \\ &\quad + \frac{1}{2} \ln \frac{|\Sigma_{(-)}|}{|\Sigma_{(+)}|} - \ln \frac{p(c^-)}{p(c^+)} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}) \geq 0 &\Rightarrow \mathbf{x} \in S(c^+) \\ f(\mathbf{x}) < 0 &\Rightarrow \mathbf{x} \in S(c^-) \end{aligned}$$

ここに $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$

$\mathbf{m}^{(i)} = (m_1^{(i)}, m_2^{(i)}, \dots, m_n^{(i)})$

$$\mathbf{m}^{(i)} = E[\mathbf{x}^{(i)}] = \int_{\mathbf{x}} \mathbf{x} p(\mathbf{x}|c_i) d\mathbf{x}$$

$$\Sigma_i = (\sigma_{jk}^{(i)}) = E[(\mathbf{x}^{(i)} - \mathbf{m}^{(i)}) (\mathbf{x}^{(i)} - \mathbf{m}^{(i)})^T]$$

すなわち

$$\begin{aligned} \sigma_{jk}^{(i)} &= E[(x_j^{(i)} - m_j^{(i)}) (x_k^{(i)} - m_k^{(i)})] \\ &= \int_{\mathbf{x}} (x_j - m_j) (x_k - m_k) p(\mathbf{x}|c_i) d\mathbf{x} \end{aligned}$$

特に共分散行列が等しい場合、すなわち $\Sigma_{(-)} = \Sigma_{(+)} = \Sigma$ の場合には、 $f(\mathbf{x})$ は次式となる。

$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}) &= \mathbf{x}^T \Sigma^{-1} (\mathbf{m}^{(+)} - \mathbf{m}^{(-)}) - \frac{1}{2} (\mathbf{m}^{(+)} - \mathbf{m}^{(-)})^T \Sigma^{-1} (\mathbf{m}^{(+)} - \mathbf{m}^{(-)}) \\ &\quad + \ln \frac{p(c^+)}{p(c^-)} \end{aligned} \dots \dots \dots (3.2)$$

このとき、 $f(\mathbf{x})$ は線形識別関数となるが、この識別関数は Fisher の距離

$$D_F = \frac{(E[\mathbf{x}^{(+)}]^T \delta] - E[\mathbf{x}^{(-)}]^T \delta])^2}{\text{Var}[\mathbf{x}^T \delta]} \dots \dots \dots (3.3)$$

を最大にする線形関数 $\mathbf{x}^T \delta = \sum_{i=1}^n x_i \delta_i + \delta_0$ であることがわかっている。

ここに $\text{Var}[\mathbf{x}^T \delta]$ は $\mathbf{x}^T \delta$ の X 上での分散を意味する。

3.2 線形識別関数

線形識別関数 $f(\mathbf{x})$ とは、未知パターン \mathbf{x} を

$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}) = \mathbf{x} \cdot \boldsymbol{\omega} - \theta \geq 0 &\text{ ならば クラス } c^+ \\ f(\mathbf{x}) = \mathbf{x} \cdot \boldsymbol{\omega} - \theta < 0 &\text{ ならば クラス } c^- \end{aligned}$$

に識別する線形関数である。この識別関数 $f(\mathbf{x})$ の $\boldsymbol{\omega}$, θ の決め方に種々の方法があり、その代表的なものとして、上述の Fisher の距離を最大にする方法以外に次のような方法が知られている。

(1) Distance from means

二つの平均値の差から $\boldsymbol{\omega}$ を決める方法

$$\boldsymbol{\omega} = \mathbf{m}^{(1)} - \mathbf{m}^{(2)} \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\theta = \frac{1}{2} (\mathbf{m}^{(1)} - \mathbf{m}^{(2)})^T (\mathbf{m}^{(1)} + \mathbf{m}^{(2)}) \dots \dots \dots (3.5)$$

($\mathbf{m}^{(i)}$: 平均値 $i=1, 2$)

(2) Maximum likelihood

$\boldsymbol{\omega}$ の各要素を最ゆう法で決める方法

$$\omega_j = \ln \frac{p[x_{ij}=1|c_1] p[x_{ij}=0|c_1]}{p[x_{ij}=1|c_2] p[x_{ij}=0|c_2]} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\theta = \sum_j \ln \frac{p[x_{ij}=0|c_2]}{p[x_{ij}=0|c_1]} \dots \dots \dots (3.7)$$

(3) Anderson-Bahadur Formula⁽¹⁾

Anderson-Bahadur の距離 D_{AB} を最大にするように $\boldsymbol{\omega}$ を決定する方法である。

$$D_{AB} = \frac{|\boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(1)} - \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(2)}|}{\sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_1 \boldsymbol{\omega}} + \sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_2 \boldsymbol{\omega}}} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\boldsymbol{\omega} = \left[\frac{\sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_2 \boldsymbol{\omega}} \Sigma_1^{-1} + \frac{\sqrt{\boldsymbol{\omega} \Sigma_1 \boldsymbol{\omega}} \Sigma_2}{\sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_1 \boldsymbol{\omega}} + \sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_2 \boldsymbol{\omega}}} \right]^{-1} (\mathbf{m}^{(1)} - \mathbf{m}^{(2)}) \dots \dots \dots (3.9)$$

$$\theta = \frac{\sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_2 \boldsymbol{\omega}} (\boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(1)}) + \sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_1 \boldsymbol{\omega}} (\boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(2)})}{\sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_1 \boldsymbol{\omega}} + \sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_2 \boldsymbol{\omega}}} \dots \dots \dots (3.10)$$

このように決められた線形識別関数 $f(\mathbf{x})$ は

$$\max [(1 - \phi(y_1)), (1 - \phi(y_2))] \dots \dots \dots (3.11)$$

を最小にする解 (ミニマックス解) である。ここに

$$\phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \dots \dots \dots (3.12)$$

である。

(4) その他

(i) Mahalanobis の距離: D_M

$$\begin{aligned} D_M &= (\boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(1)} - \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(2)})^2 \{ t \sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_1 \boldsymbol{\omega}} \\ &\quad + (1-t) \sqrt{\boldsymbol{\omega}^T \Sigma_2 \boldsymbol{\omega}} \}^{-1} (\boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(1)} - \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{m}^{(2)}) \end{aligned} \dots \dots \dots (3.13)$$

を最大にするように $\boldsymbol{\omega}$, θ を決定する方法もある。

(ii) Becker の距離: D_B

$$D_B = |E[\mathbf{x}^{(+)}]^T \delta] - E[\mathbf{x}^{(-)}]^T \delta| / \{ \text{Var}[\mathbf{x}^{(+)}]^T \delta] + \text{Var}[\mathbf{x}^{(-)}]^T \delta] \} \dots \dots \dots (3.14)$$

を最大にする方法もある。なおこの距離は1965年の福永・伊藤の論文⁽¹⁾に使われたものであり、 D_{AB} と密接な関係があるものであることが知られよう。

3.3 2進パターン空間で確率変数が独立のとき

2進パターン空間 X_B において各 x_i が統計的に独立の場合、次のような線形識別関数が得られる。

$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}) &= \sum_{i=1}^n x_i \log \frac{p_i(1-q_i)}{q_i(1-p_i)} + \sum_{i=1}^n \log \frac{p_i(1-p_i)}{q_i(1-q_i)} + 2 \log \frac{p(c_1)}{p(c_2)} \\ &\geq 0 \Rightarrow \mathbf{x} \in S(c_1) \\ &< 0 \Rightarrow \mathbf{x} \in S(c_2) \end{aligned} \dots \dots \dots (3.15)$$

4. 直交ベースと識別関数⁽¹⁾

近似識別関数を求めるのに、数学的にまず考えられるのは関数近似的理論、特に直交近似的理論を用いる方法であろう。

識別関数の近似構成のために、Karhunen-Loeve 展開、Walsh 関

数, Harr 関数のような, 数学的に良く知られた展開や関数系を用いる方法が提案されている。しかし関数近似の目的は, 関数空間でのノルムを最小とする近似となっているため, 識別関数を求めるのには不適となるおそれがあり, 実際, 過去の経験はこのことを示している。

パターン認識の場合には, パターン集合に関して, 前もって知られている知識(分布が独立性に近いとか, 正規分布に近いとか)を反映できる直交展開や, 誤識別率を忠実に反映する直交展開が望まれることになる。この問題はまだ解決されていないが, ここで, 伊藤による核関数展開の試みを紹介しよう。

4.1 核関数展開⁽¹⁰⁾

まず, 数学的準備として直交性・多直交性について述べる。いま, H_μ より測度 μ を持つヒルベルト空間を表わし, 内積 $(f, g)_\mu$, ノルム $\|f\|_\mu$ をそれぞれ

$$(f, g)_\mu = \int f(x)g(x)\mu(dx) \quad (4.1)$$

$$\|f\|_\mu = \sqrt{(f, f)_\mu} \quad (4.2)$$

にて表わす。このときヒルベルト空間 H_μ における関数列 $\{f_n\}$ は

$$(f_i, f_j) = \delta_{ij} \quad (\delta_{ij}: \text{クロネッカーのデルタ}) \quad (4.3)$$

のときに正規直交系であるという。

この定義による関数列の直交性の概念は一つの添字を持つ関数列に対するものであるが, n 個の添字を持つ関数列 $\{\varphi_{u_1 u_2 \dots u_n}\}$ に対しては, つぎのように多直交性の概念を定義する。すなわち関数列 $\{\varphi_{u_1 u_2 \dots u_n}\}$ は

$$(\varphi_{u_1 u_2 \dots u_n}, \varphi_{v_1 v_2 \dots v_n})_\mu = \delta_{u_1 v_1} \delta_{u_2 v_2} \dots \delta_{u_n v_n} \quad (4.4)$$

のときに, 正規多直交系であると言われる。

$p(x_1, x_2, \dots, x_n)$ を確率変数ベクトル $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ に関する同時分布であるとすると, いま導入した多直交性を用いて, これは次のように多直交展開できる。

$$p(x_1, x_2, \dots, x_n) = p_1(x_1) \dots p_n(x_n) \sum_{u_1=0}^{\infty} \sum_{u_2=0}^{\infty} \dots \sum_{u_n=0}^{\infty} \varphi_{u_1 u_2 \dots u_n} \theta_{u_1}^{(1)} \theta_{u_2}^{(2)} \dots \theta_{u_n}^{(n)} \quad (4.5)$$

ここに $p_i(x_i)$ は一次の周辺分布であり

$$p_i(x_i) = \int \dots \int p(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_{i-1} dx_{i+1} \dots dx_n \quad (4.6)$$

で与えられる。また

$$a_{u_1 u_2 \dots u_n} = \int \dots \int p(x_1, x_2, \dots, x_n) \varphi_{u_1}^{(1)} \varphi_{u_2}^{(2)} \dots \varphi_{u_n}^{(n)} dx_1 dx_2 \dots dx_n \quad (4.7)$$

であり, $\{\varphi_{u_1}^{(1)} \varphi_{u_2}^{(2)} \dots \varphi_{u_n}^{(n)}\}$ は正規多直交系, すなわち

$$\begin{aligned} & (\varphi_{u_1}^{(1)} \dots \varphi_{u_n}^{(n)}, \varphi_{v_1}^{(1)} \dots \varphi_{v_n}^{(n)}) p_1 \dots p_n \\ &= \int \dots \int p_1(x_1) \dots p_n(x_n) \varphi_{u_1}^{(1)} \dots \varphi_{u_n}^{(n)} \varphi_{v_1}^{(1)} \dots \varphi_{v_n}^{(n)} dx_1 \dots dx_n \\ &= \delta_{u_1 v_1} \delta_{u_2 v_2} \dots \delta_{u_n v_n} \end{aligned} \quad (4.8)$$

が成立つとする。

式(4.5)の展開を核関数展開と呼ぶ。

ここで, 多項式形の核関数展開とその基本的性質について考える。すなわち $\{g_i\} = \{1, x, x^2, \dots\}$ をベースとして Gram-Schmidt の直交化法により, 内積 $(f, g)_p = \int p(x)f(x)g(x)dx$ に関する直交関数系 $\{\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots\}$ を求めると, 最初の3項は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \theta_0 &\equiv 1 \\ \theta_1 &= \frac{x-m}{\sigma} \\ \theta_2 &= \frac{x^2 - \int x^2 p dx - \frac{x-m}{\sigma} \int x^2 \frac{x-m}{\sigma} p dx}{\left\| x^2 - \int x^2 p dx - \frac{x-m}{\sigma} \int x^2 \frac{x-m}{\sigma} p dx \right\|} \end{aligned} \right\} \quad (4.9)$$

$$\text{ここに } m = \int x p(x) dx, \sigma = \sqrt{\int (x-m)^2 p(x) dx}$$

各変数 x_i に対して, このような仕方で作直交系を作り, 核関数展開の具体的な形を求めることができる。

つぎに展開の係数の形がどうなるかを特別な場合について考えてみる。まず係数の一般形は

$$a_{u_1 u_2 \dots u_n} = \int \dots \int p(x_1, \dots, x_n) \theta_{u_1}^{(1)} \dots \theta_{u_n}^{(n)} dx_1 \dots dx_n \quad (4.10)$$

で与えられる。このとき

- (1) $a_{000 \dots 0} \equiv 1$
- (2) $a_{i00 \dots 00} = a_{0i0 \dots 00} = \dots = a_{000 \dots 0i} = 0 \quad (i > 0)$

$$(3) \quad a_{110 \dots 0} = \frac{E[(x_1 - m_1)(x_2 - m_2)]}{\sigma_1 \sigma_2}$$

$$a_{0 \dots 1 \dots 10 \dots 0} = \frac{E[(x_i - m_i)(x_j - m_j)]}{\sigma_i \sigma_j} \quad (i \neq j)$$

(ここに係数 a の添字の i 番目, j 番目は1でそれ以外はすべて0とする)

$$a_{00 \dots 011} = \frac{E[(x_{n-1} - m_{n-1})(x_n - m_n)]}{\sigma_{n-1} \sigma_n}$$

- (4) 以下同様にして

$$a_{1110 \dots 0} = \frac{E[(x_1 - m_1)(x_2 - m_2)(x_3 - m_3)]}{\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3}$$

$$a_{111 \dots 1} = \frac{E[(x_1 - m_1)(x_2 - m_2) \dots (x_n - m_n)]}{\sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_n}$$

また,

$$|a_{0 \dots 010 \dots 010 \dots 0}| \leq 1 \quad (4.11)$$

が成立つことも証明可能である。

4.2 Walsh 関数, Bahadur 展開および核関数展開⁽⁴⁾⁽²¹⁾

2進パターン空間 X_B 上で核関数展開の性質をもう少し調べてみよう。

4.2.1 核関数系

核関数が

$$k(x) = \frac{1}{2^n} \prod_{i=1}^n (1 + a_i) y_i (1 - a_i)^{1-y_i} \quad (4.12)$$

で定義されるとする。ここに

- (i) $|a_i| < 1$
- (ii) $y_i = (x_i + 1)/2 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$

そのとき関数系

$$\Phi = \left\{ 1, \frac{x_1 - a_1}{\sqrt{1 - a_1^2}}, \dots, \frac{x_n - a_n}{\sqrt{1 - a_n^2}}, \frac{x_1 - a_1}{\sqrt{1 - a_1^2}} \cdot \frac{x_2 - a_2}{\sqrt{1 - a_2^2}}, \dots, \frac{x_1 - a_1}{\sqrt{1 - a_1^2}} \cdot \dots \cdot \frac{x_n - a_n}{\sqrt{1 - a_n^2}} \right\} \quad (4.13)$$

は $k(x)$ に関して完備正規直交系をなす。すなわち, $\varphi_i, \varphi_j \in \Phi$ に対して

$$(\varphi_i, \varphi_j)_k = \sum_{x \in X_B} k(x) \varphi_i(x) \varphi_j(x) = \delta_{ij} \quad \dots\dots\dots (4.14)$$

4. 2. 2 核関数展開

2進 パタ-ン 空間を $X_B = \{x | x_i = -1 \text{ or } 1 \text{ for all } i\}$ とすると X_B 上の任意の関数 $f(x)$ は次のように直交展開できる。

$$f(x) = \prod_{i=1}^n (1 + a_i)^{y_i} (1 - a_i)^{1-y_i} \sum_{i=0}^{2^n-1} (f(x), \varphi_i) \varphi_i \quad \dots\dots\dots (4.15)$$

$$\text{ここに} \quad (i) \quad (f(x), \varphi_i) = \frac{1}{2^n} \sum_{x \in X_B} f(x) \varphi_i$$

$$(ii) \quad |a_i| < 1$$

4. 2. 3 Walsh 関数, Bahadur 展開

Walsh 関数系は, 元来, Rademacher 関数系の完備化によって得られた完備な無限直交列であるが, ここで核関数との関係を考えてみる。

有限 Walsh 関数系 Z は次のように与えられる。

$$Z = \{1, x_1, \dots, x_n, x_1 x_2, \dots, x_1 x_2 \dots x_n\} \quad \dots\dots\dots (4.16)$$

この有限 Walsh 関数系は, 核関数系において

$$a_i = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (4.17)$$

と設定することにより得られる。

次に Bahadur 展開と核関数展開との関係について述べよう。 p (y) を二元事象の同時分布であるとする。ここに $y = \{y_1, \dots, y_n\}$ で, y_i は 0 か 1 を取るものとする。すなわち

$$y_i = (x_i + 1)/2$$

このとき

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\{y\}} p(y) &= 1 \quad (1 \geq p(y) \geq 0) \\ p_i &= \sum_{\{y\}} p(y) y_i \\ s_i &= \frac{y_i - p_i}{\sqrt{p_i(1-p_i)}} \quad (\text{ここに } p_i \neq 0, p_i \neq 1) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.18)$$

とすると, 関数系

$$S = \{1, s_1, \dots, s_n, s_1 \cdot s_2, \dots, s_1 s_2 \dots s_n\} \quad \dots\dots\dots (4.19)$$

は内積

$$(S_i, S_j)_B = \sum_{\{y\}} \prod_{i=1}^n p_i^{y_i} (1-p_i)^{1-y_i} S_i S_j \quad \dots\dots\dots (4.20)$$

に関して, 完備な正規直交系となる。Bahadur は任意の二元事象の同時分布で, つぎのように表現できることを示した。

$$p(y) = \prod_{i=1}^n p_i^{y_i} (1-p_i)^{1-y_i} \cdot (1 + \sum_{i < j} r_{ij} s_i s_j + \sum_{i < j < k} r_{ijk} s_i s_j s_k + \dots + r_{12 \dots n} s_1 s_2 \dots s_n) \quad \dots\dots\dots (4.21)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} r_{ij} &= \sum_{\{y\}} p(y) s_i s_j, \quad r_{ijk} = \sum_{\{y\}} p(y) s_i s_j s_k, \quad \dots\dots, \\ r_{12 \dots n} &= \sum_{\{y\}} p(y) s_1 s_2 \dots s_n \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.22)$$

このとき式 (4.21) は Lazarsfeld-Bahadur の展開といわれている。この展開は核関数展開において, $x_i = 2y_i - 1$ の関係を用いて, x_i を y_i に変換し, また $a_i = 2p_i - 1$ ($i=1, 2, \dots, n$) と設定することにより得られる。式 (4.21) で注目すべき点は, $r_i \equiv 0$ であるから, 一次項 $\sum_{i=0}^n r_n s_n$ は現われないことである。換言すれば Lazarsfeld-Bahadur の展開は, 核関数展開において, 一次項の係数が 0 になるように a_i を設定することにより得られる。なお Lazarsfeld-Bahadur の展開は, 核関数展開式 (4.5) に対応する二進変数空間での展開である。

4. 2. 4 論理微分と二進変数関数の直交展開⁽¹⁷⁾

この節では論理空間における微分の概念と, それを用いた, 二進

変数関数の直交展開について述べる。二進変数からなる論理空間としては

$$\begin{aligned} (i) \quad B\text{-space} : B^n &= \{0, 1\}^n \\ (ii) \quad X\text{-space} : X^n &= \{-1, 1\}^n \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4.23)$$

の二つの場合を考える。 B -space 上での論理微分は ブール 関数の微分という立場から S. Akers によって

$$\delta_x f(x) = f(x) \oplus f(x) \quad \dots\dots\dots (4.24)$$

が定義されており, また X -space 上での論理微分として J. E. Gibbs は

$$G_x f(x) = \frac{1}{2} [f(x) - f(1-x)] \quad \dots\dots\dots (4.25)$$

を定義している。しかし Gibbs の微分は, x を x で微分したとき, 好ましくない性質を示す。この点を修正する意味で, B -space 上での論理微分を

$$\delta_x f(x) \triangleq \frac{f(x) - f(1-x)}{x - (1-x)} \quad \dots\dots\dots (4.26)$$

X -space 上での論理微分を

$$D_x f(x) \triangleq \frac{f(x) - f(-x)}{x - (-x)} \quad \dots\dots\dots (4.27)$$

と定義する。多変数の論理関数に関しては, それぞれ

$$\delta_{x_i} f(x) = \frac{f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) - f(x_1, \dots, 1-x_i, \dots, x_n)}{x_i - (1-x_i)} \quad \dots\dots\dots (4.28)$$

$$D_{x_i} f(x) = \frac{f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) - f(x_1, \dots, -x_i, \dots, x_n)}{x_i - (-x_i)} \quad \dots\dots\dots (4.29)$$

と拡張できる。

このような論理微分を用いて, B -space および X -space 上での n 変数の論理関数の展開形式を求めることを考える。 φ_j を, B -space 上での関数系

$$\Psi = \{1, x_1, x_2, \dots, x_n, x_1 x_2, \dots, x_1 x_2 \dots x_n\} \quad \dots\dots\dots (4.30)$$

の j 番目の要素であるとする, B -space 上での任意の論理関数 $f(x)$ は

$$f(x) = \sum_{j=0}^{2^n-1} a_j \varphi_j \quad \dots\dots\dots (4.31)$$

と表現できる。ここで

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= f(x)_0 \\ a_1 &= \delta_{x_1} f(x)_0 \\ a_2 &= \delta_{x_2} f(x)_0 \\ &\dots\dots\dots \\ a_n &= \delta_{x_n} f(x)_0 \\ a_{n+1} &= \delta_{x_1} \delta_{x_2} f(x)_0 \\ &\dots\dots\dots \\ a_{2^n-1} &= \delta_{x_1} \delta_{x_2} \dots \delta_{x_n} f(x)_0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.32)$$

である。ここに $0 = (0, \dots, 0)$ で, $F(x)_0$ は $x=0$ における $F(x)$ の値である。

次に $x = (x_1, \dots, x_n)$ を X -space 上での変数, $z_i = (x_i + 1)/2$ とする。 ϕ_j を

$$\Phi = \{1, z_1, z_2, \dots, z_n, z_1 z_2, \dots, z_1 z_2 \dots z_n\} \quad \dots\dots\dots (4.33)$$

の j 番目の要素とすると, X -space 上での任意の論理関数 $f(x)$ は

$$f(x) = \sum_{j=0}^{2^n-1} b_j \phi_j \quad \dots\dots\dots (4.34)$$

と表現できる。このとき

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= f(x)]_{-1} \\ b_1 &= D_{x_1} f(x)]_{-1} \\ &\dots\dots\dots \\ b_n &= D_{x_n} f(x)]_{-1} \\ b_{n+1} &= D_{x_1} D_{x_2} f(x)]_{-1} \\ &\dots\dots\dots \\ b_{2^n-1} &= D_{x_1} D_{x_2} \dots D_{x_n} f(x)]_{-1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.35)$$

である。ここに $-1 = (-1, \dots, -1)$ で、 $F(x)]_{-1}$ は $x = -1$ における $F(x)$ の値である。

4.3 Karhunen-Loève 展開⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

n 次元ベクトル $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})$ は、次のような性質

$$E(V_{ik}) = 0 \dots\dots\dots (4.36)$$

$$\sum_{i=1}^m p(\omega_i) E(V_{ik} V_{ij}^*) = \sum_{i=1}^m p(\omega_i) V_{ar}(V_{ik}) = \sigma_k^2 \quad \text{if } k=j \dots\dots\dots (4.37)$$

$$\sum_{i=1}^m p(\omega_i) E(V_{ik} V_{ij}^*) = 0 \quad \text{if } k \neq j \dots\dots\dots (4.38)$$

$$\sum_{j=1}^n \mu_{kj} \mu_{lj} = \delta_{kl} \dots\dots\dots (4.39)$$

$p(\omega_i)$: ベクトル x_i が生起する確率

$*$: 共役複素数

δ_{kl} : Kronecker デルタ 関数

を持つ V_{ik} , μ_{ki} を用いて次のように展開できる。

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^n V_{ik} \mu_{kj} \quad \left(\begin{matrix} i=1, \dots, m \\ j=1, \dots, n \end{matrix} \right) \dots\dots\dots (4.40)$$

この展開を Karhunen-Loève 展開という。

$K(t, s)$ を

$$K(t, s) = \sum_{i=1}^m p(\omega_i) E(x_{it} x_{is}^*) \dots\dots\dots (4.41)$$

と定義すれば、これらの V_{ik} , μ_{kj} は次の二つの式から求められる。

$$\left. \begin{aligned} \sum_{s=1}^n K(t, s) \mu_{ks} &= \sigma_k^2 \mu_{kt} \\ V_{ik} &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \mu_{kj}^* \quad (i=1, \dots, m) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.42)$$

この展開を パターン 認識の特徴抽出に应用する試みが、過去数年間にいろいろな研究者によって手がけられているが、実際の応用段階においては、相関法の拡張という形となるため、いくつかの実用上の問題が生起している。筆者等は、この展開と核関数展開の関係を調べることに、より応用性のある方式の検討を始めていることを付言しておこう。

5. 誤識別率への近似式と識別関数⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾

ベイズの決定機構を直接、関数近似的に近似しようとする考え方を 3 章および 4 章に述べたが、少し異なるアプローチとして、ベイズの誤識別率を近似するような識別関数を求めようとするものが考えられよう。しかし、ベイズの誤識別率 P_e を実際に評価することは困難なため、この章では、これまでに提案されているいくつかの近似式について述べることにする。

5.1 2-カテゴリーの場合の誤識別率の近似式

2-カテゴリーの場合、ベイズの誤識別率 (式 (2.22)) に対する近似式として、従来、次のような近似公式が提案されている。

(i) Bhattacharyya Bound : B

$$B = \int_X \sqrt{p(x, c_1) p(x, c_2)} dx \dots\dots\dots (5.1)$$

(ii) Chernoff Bound : $C_{\alpha\beta}$

$$C_{\alpha\beta} = \int_X [p(x, c_1)]^\alpha [p(x, c_2)]^\beta dx \dots\dots\dots (5.2)$$

ここに $\alpha + \beta = 1$, $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$

(iii) Equivocation : E

$$\begin{aligned} E = & -\frac{1}{2} \int_X p(x) \{ p(c_1|x) \log_2 p(c_1|x) \\ & + p(c_2|x) \log_2 p(c_2|x) \} dx \dots\dots\dots (5.3) \end{aligned}$$

さらに、筆者の一人である伊藤によって提案された Q -関数について述べよう。ベイズの誤識別率 P_e を評価する場合の困難は、選択関数 $\min[x, y]$ の不連続性に起因すると考えられ、ベイズの誤識別率に対する近似式は、 $\min[x, y]$ をうまく近似することにより得られると考えてよい。

いま $S[a-b]$ を

$$S[a-b] = \begin{cases} 1 & (a > b) \\ 0 & (a = b) \\ -1 & (a < b) \end{cases} \dots\dots\dots (5.4)$$

と定義すると、 $\min[a, b]$ は

$$\min[a, b] = \frac{1}{2}(a+b) + \frac{1}{2}S[a-b](b-a) \dots\dots\dots (5.5)$$

これを用いるとベイズの誤識別率 P_e は

$$P_e = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \int_X (p(x, c_1) - p(x, c_2)) S[p(c_1|x) - p(c_2|x)] dx$$

と表わされる。すなわち P_e の近似式を求めるには、 $S[a-b]$ に対する近似式を求めてやればよいということになる。 $S[a-b]$ に対して、諸種の近似が考えられるが、最も単純なものとして

$$y = x^{\frac{1}{2n+1}} \quad (n: \text{自然数}) \dots\dots\dots (5.6)$$

が考えられ実用上便利である。すなわち

$$x^{\frac{1}{2n+1}} = (S[x])^{2n+1} |x|^{\frac{1}{2n+1}}$$

この近似関数を用いることにより、ベイズの誤識別率への近似式は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} Q_n = & \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \int_X p(x) \{ p(c_1|x) - p(c_2|x) \} [p(c_1|x) \\ & - p(c_2|x)]^{\frac{1}{2n+1}} dx \quad (n: \text{自然数}) \dots\dots\dots (5.7) \end{aligned}$$

この式を Q -関数と称する。

5.2 誤識別率、近似式の間の関係

上述した P_e , B , C , E および Q_n の間には、次のような関係が成立つことが知られている。

$$(i) \quad Q_n \geq Q_{n+1}$$

$$(ii) \quad Q_0 = \int_X \frac{2p(x, c_1)p(x, c_2)}{p(x, c_1) + p(x, c_2)} dx$$

$$(iii) \quad P_e \leq Q_n \leq E \leq B \\ n=0, 1, 2, \dots$$

ここで、 $n=0$ についても、上式が成立つということに注目すべきである。前に戻って考えると、 $S[a-b]$ を、式 (5.7) において $n=0$ としたもので近似するということは、きわめて精度の悪い近似を行なったことになる。注意すべき点は、 E や B が共に、このよ

うな悪い関数近似法の場合よりもさらに悪い近似にしかになっていないことである。

(iv) 『 $C \geq B$ 』は必ずしも成立しない。

5.3 マルチカテゴリの場合の誤識別近似式

マルチカテゴリに対する Chernoff Bound は次のような式で表わされる。

$$C(\alpha_1, \dots, \alpha_m) = \int_X P_{e1}^{\alpha_1} P_{e2}^{\alpha_2} \dots P_{em}^{\alpha_m} dx \quad (5.8)$$

$$(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m = 1, \alpha_i \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, m))$$

特に, $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = \frac{1}{m}$ の場合には, $C(\alpha_1, \dots, \alpha_m)$ は, マルチカテゴリに対する Bhattacharyya Bound に相当するものと考えられるが, それは次式で与えられる。

$$B_n = \int_X \sqrt[m]{P_{e1} P_{e2} \dots P_{en}} dx$$

しかし, 2-カテゴリの場合の Equivocation や Q -関数に相当する式は, 2, 3 考えられはするが, その妥当性については問題もあり今後に残されている。

また, カテゴリが二つの場合の近似式の組合せによって, マルチカテゴリに対する誤識別率について, 次のような式が得られている。

$$P_e \leq \sum_{i,j} \int_X \sqrt{p(x, c_i) p(x, c_j)} dx \quad (5.9)$$

$$P_e \leq \sum_{i,j} \int_X [p(x, c_i)]^{\alpha_{ij}} [p(x, c_j)]^{1-\alpha_{ij}} dx \quad (5.10)$$

$$(1 \geq \alpha_{ij} \geq 0)$$

6. 識別関数と誤識別率⁽⁵⁾

これまでの, 一つの識別関数とベイズの誤識別率に関する話を進めてきたが, ここでは誤識別率を最小にするような識別関数設計法と, 識別関数の反復的な使用によって誤識別率を逐次減少させるようなアルゴリズムについて論じよう。

6.1 識別関数と誤識別率

4章において, 最適ゆ度比決定関数を, いろいろな直交系を用いて展開する方法について述べた。このとき, たとえば一次項までの近似や二次項までの近似のような, 部分確率だけを用いて得られる最適識別関数はどのようなものかという問題が起こる。この節では決定理論の考えを用いて, 平均誤識別率を最小とするように識別関数を設計する方法を与える。

6.1.1 平均誤識別率を基準とする近似構成法

まず, パターン空間の性質として

$$\{p(d=1), p(d=-1)\} \quad (6.1)$$

という部分確率しか知られていない場合に, パターン空間 $\{x\}$ を 2 値識別する最適識別関数を求める問題を考える。

パターン x をカテゴリ $d=1$ に識別したときの誤識別率を $R_0^{(+)}(x)$, x を $d=-1$ に識別したときの誤識別率を $R_0^{(-)}(x)$ とすると

$$\begin{cases} R_0^{(+)}(x) = p(d=-1) \\ R_0^{(-)}(x) = p(d=1) \end{cases} \quad (6.2)$$

と表わされる。このとき, 誤識別率を最小とする決定は次のように与えられる。

$$\begin{cases} R_0^{(+)}(x) - R_0^{(-)}(x) \leq 0 \Rightarrow x \in S(c^+) \\ R_0^{(+)}(x) - R_0^{(-)}(x) > 0 \Rightarrow x \in S(c^-) \end{cases} \quad (6.3)$$

式 (6.3) に式 (6.2) を用いると識別関数は

$$F_0(x) = p(d=1) - p(d=-1)$$

$$\begin{cases} F_0(x) \geq 0 \Rightarrow x \in S(c^+) \\ F_0(x) < 0 \Rightarrow x \in S(c^-) \end{cases} \quad (6.4)$$

となり, $F_0(x)$ による誤識別率 $R_0(x)$ は

$$R_0(x) = \min[p(d=1), p(d=-1)] \quad (6.5)$$

で与えられる。

この場合は, あらゆるパターン入力は常に一つのカテゴリに割当てられる。これは式 (6.1) で与えられる情報以外わかっていないから, これ以上良い決定ができないためである。

次にパターン空間に関して次の確率が知られている場合を考えよう。

$$\begin{cases} p(x_i=1, d=1), p(x_i=-1, d=1), p(x_i=1, d=-1), \\ p(x_i=-1, d=-1) \end{cases} \quad (1 \leq i \leq n) \quad (6.6)$$

このとき第 i 番目の入力 x_i だけに注目し, 与えられたパターン x をカテゴリ $d=1$ すなわち c^+ に識別したときの誤識別率 $r_{1i}^{(+)}$ を考えると

$$\begin{cases} x_i=1 \text{ のとき } r_{1i}^{(+)}(x) = p(x_i=1, d=-1) \\ x_i=-1 \text{ のとき } r_{1i}^{(+)}(x) = p(x_i=-1, d=-1) \end{cases} \quad (6.7)$$

であるから

$$r_{1i}^{(+)}(x) = p(x_i=1, d=-1)y_i + p(x_i=-1, d=-1)\bar{y}_i \quad (6.8)$$

ここに

$$\begin{aligned} y_i &= (1+x_i)/2 \\ \bar{y}_i &= (1-x_i)/2 \end{aligned}$$

で与えられる。

同様に, x_i に関しパターン x をカテゴリ $d=-1$ に識別したときの誤識別率は

$$r_{1i}^{(-)}(x) = p(x_i=1, d=1)y_i + p(x_i=-1, d=1)\bar{y}_i \quad (6.9)$$

各 x_i を観測標本と考え, 各 x_i に関する誤識別率の荷重平均を取ると, パターン x が与えられたときに, それをカテゴリ $d=1$, カテゴリ $d=-1$ に識別するときの平均誤識別率 $R_1^{(+)}(x)$, $R_1^{(-)}(x)$ はそれぞれ次のようになる。

$$\begin{cases} R_1^{(+)}(x) = \sum_{i=1}^n \omega_i r_{1i}^{(+)}(x) \\ R_1^{(-)}(x) = \sum_{i=1}^n \omega_i r_{1i}^{(-)}(x) \end{cases} \quad (6.10)$$

ここに重みベクトル $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ は

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1; \omega_i \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (6.11)$$

パターン x が与えられたときに x に対する平均誤識別率が小さいカテゴリに, x を識別するという決定を行なうとすると

$$\begin{cases} R_1^{(+)}(x) - R_1^{(-)}(x) \leq 0 \Rightarrow x \in S(c^+) \\ R_1^{(+)}(x) - R_1^{(-)}(x) > 0 \Rightarrow x \in S(c^-) \end{cases} \quad (6.12)$$

式 (6.7)~(6.10) を代入して整理すると, 線形識別関数は

$$\begin{cases} F_1(x) = \frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^n \omega_i (p(x_i=d) - p(x_i \neq d)) x_i \right. \\ \quad \left. + p(d=1) - p(d=-1) \right\} \\ F_1(x) \geq 0 \Rightarrow x \in S(c^+) \\ F_1(x) < 0 \Rightarrow x \in S(c^-) \end{cases} \quad (6.13)$$

式 (6.13) による平均誤識別率 $R_1(x)$ は次式で与えられる。

$$R_1(x) = \min[R_1^{(+)}(x), R_1^{(-)}(x)] \quad (6.14)$$

しかし, 式 (6.14) で与えられる線形識別関数は, 未定の重みベクトル ω を含んでいる。それゆえ, この重み ω を決定する必要がある。

識別関数設計の目的は、最適ゆ度比決定関数 $f_d(x)$ を近似することであるから、上述の目的のために F_1 と f_d との最小自乗近似法を用いる。このとき重みベクトルを決定する問題は、次の目的関数 G を最小にするベクトル ω を見出すことになる。

$$G = \frac{1}{2^n} \sum_{j=0}^{2^n-1} (F_1(x^{(j)}) - f_d(x^{(j)}))^2 \dots \dots \dots (6.15)$$

ここに (i) $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ ($\omega_i \geq 0$)

(ii) $x^{(j)}$ は $\{x\}$ 中の第 j 番目の可能なパターン
ラグランジュの未定乗数法を用いてこの問題を解くと

$$\omega_s = \frac{1}{2^{n-1}} + \frac{1 - \frac{1}{2^{n-1}}}{(p(x_s=d) - p(x_s \neq d))^2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{(p(x_i=d) - p(x_i \neq d))^2}} \dots \dots \dots (6.16)$$

($s=1, 2, \dots, n$)

となる。

一般に $p(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_m}, d)$ が知られているとすると、 m 次識別関数 $F_m(x)$ は次のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} F_m(x) &= \frac{1}{2^m} \sum_{\substack{i_1, \dots, i_m=1 \\ (i_1 < \dots < i_m)}}^n \omega_{i_1 i_2 \dots i_m} (c_0 + c_{i_1} x_{i_1} + \dots \\ &\quad + c_{i_m} x_{i_m} + \dots + c_{i_1 \dots i_m} x_{i_1} \dots x_{i_m}) \\ F_m(x) &\geq 0 \Rightarrow x \in S(c^+) \\ F_m(x) &< 0 \Rightarrow x \in S(c^-) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6.17)$$

$$\omega_{i_1 \dots i_m} = \frac{1}{2^{n-m}} + \frac{1 - \frac{1}{2^{n-m}}}{(c_{i_1}^2 + \dots + c_{i_m}^2) \sum_{\substack{s_1, \dots, s_m=1 \\ (s_1 < \dots < s_m)}}^n \frac{1}{c_{s_1}^2 + \dots + c_{s_m}^2}} \dots \dots \dots (6.18)$$

これらの近似関数の性質を 2, 3 あげると

(a) 式 (6.17) において $m=n$ のとき、 $F_m=f_d$ となるから f_d は n 次識別関数である。

(b) m 次識別関数式 (6.17) は次のような意味を持っている。
式 (6.17) において、 $(c_0 + c_{i_1} x_{i_1} + \dots + c_{i_m} x_{i_m} + \dots + c_{i_1 \dots i_m} x_{i_1} \dots x_{i_m})$ は部分空間 $\{(x_{i_1}, \dots, x_{i_m})\}$ 上での最適ゆ度比決定関数の直交展開と考えてよい。したがって、与えられたパターン空間 $\{x\}$ を nC_m 個の可能な部分空間 $\{(x_{i_1}, \dots, x_{i_m})\}$ に分割し、各部分空間に対する最適識別関数を求め、あらゆるパターン空間に対する荷重平均を取ると、式 (6.17) の識別関数が得られると考えてよい。ここに重み関数 ω^s は式 (6.18) で与えられる。

なお、上述の部分空間は、特長空間と考えてもよい。

(c) いま線形識別関数を例にとって考えると、 ω_s に関する公式は式 (6.16) で与えられるから、式 (6.13) における x_s の係数は次のように与えられる。

$$\begin{aligned} &\frac{1}{2} \omega_s (p(x_s=d) - p(x_s \neq d)) \\ &= \frac{1}{2^n} (p(x_s=d) - p(x_s \neq d)) \\ &\quad + \frac{1 - \frac{1}{2^n}}{2(p(x_s=d) - p(x_s \neq d)) \sum_{i=1}^n \frac{1}{(p(x_i=d) - p(x_i \neq d))^2}} \dots \dots \dots (6.19) \end{aligned}$$

(d) ここに述べた設計法によれば、識別関数とそれによる平均誤識別率の対の集合を持つ。

$$\{(F_0, R_0), (F_1, R_1), \dots, (F_n, R_n)\}$$

このとき次のような二つの性質が成立つことが容易に確かめられる。

(i) 第 i 次識別関数による誤識別率を R_i 、第 $(i+1)$ 次識別関数による誤識別率を R_{i+1} とすると

$$R_i \geq R_{i+1} \dots \dots \dots (6.20)$$

(ii) いま $W_i = \{\omega \mid |\omega| = \sum_{j=1}^{nC_i} \omega_j = 1, \omega_j \geq 0\}$ とし、 R_i において ω の値は $|\omega|=1$ という条件以外きめられていないとする。このとき

$$R_i^* = \max W_i[R_i]$$

とすると

$$R_i \leq 2R_{i+1}^* \dots \dots \dots (6.21)$$

6.1.2 Anderson-Bahadur の最適線形識別関数⁽³⁾

二つのパターンカテゴリ c^+ , c^- の分布が、正規分布で、共分散行列が等しいときは線形関数が最適であるが、共分散行列が等しくないときの最適線形関数は、3 章に論じたごとく Anderson-Bahadur により与えられ、ミニマックス解を与えた。

ミニマックス解は $S(c^+)$, $S(c^-)$ のパターンの個数が等しいときは、そのままよいが、 $S(c^+)$, $S(c^-)$ のパターンの個数が異なるときには、ベイズ解あるいは重み付きミニマックス解を用いたほうがパターン集合全体に関する場合は良いと考えられ、これらにつき概説する。

(1) Anderson-Bahadur のミニマックス解

$$\begin{aligned} &\max [P \text{Prob}\{\text{misclassification} | c^+\}, \\ &\quad P \text{Prob}\{\text{misclassification} | c^-\}] \end{aligned}$$

を最小にする解をミニマックス解といい、3 章に示したごとく、それは、いわゆる Anderson-Bahadur の距離

$$D_{AB} = \frac{|\omega^T m_1 - \omega^T m_2|}{\sqrt{\omega^T \Sigma_1 \omega} + \sqrt{\omega^T \Sigma_2 \omega}}$$

を最大にするものである。

(2) Anderson-Bahadur のベイズ解

いま c^+ , c^- の生起確率を p, q とすると、平均誤識別率は、3 章の式 (3.11)、式 (3.12) を用いて

$$\begin{aligned} &p(1 - \phi(y_1) + q(1 - \phi(y_2))) \\ &= 1 - \{p\phi(y_1) + q\phi(y_2)\} \dots \dots \dots (6.22) \end{aligned}$$

この誤識別率を最小にする解がベイズ解といわれる。

ベイズ解は

$$\omega = [t \Sigma_1 + (1-t) \Sigma_2]^{-1} (m_2 - m_1) \dots \dots \dots (6.23)$$

ここに

$$\begin{aligned} &y_1 = t(\omega^T \Sigma_1 \omega)^{\frac{1}{2}}; y_2 = (1-t)(\omega^T \Sigma_2 \omega)^{\frac{1}{2}} \\ &q_1 \phi(y_2) \frac{dy_1}{dt} + q_2 \phi(y_2) \frac{dy_2}{dt} = 0; \phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}u^2} \end{aligned}$$

(3) 重みつきミニマックス解

いまパターンカテゴリ c^+ , c^- の生起確率を p, q とするとき

$$\hat{E} = \max [p(1 - \phi(y_1)), q(1 - \phi(y_2))] \dots \dots \dots (6.24)$$

を最小にする解を重みつきミニマックス解という。

6.2 反復的構成法

3 章に述べたごとく、パターンの分布が正規分布あるいはそれに近い形のときは、最適ゆ度比決定関数は、線形識別関数で十分近似できるが、パターン識別の場合、一般にはパターンの分布にそのような仮定が許されない場合が多いから、たとえば線形識別関数を用いる場合、いくつかの線形関数を組み合わせて所望の識別性能を満たすように識別系を構成する系統的な構成法が望まれる。この節では、

線形識別関数を反復的に適用していきながら誤識別率を減少させていく一つの方法を与える。なおこの方法は非線形識別関数を反復的に適用していく場合に関しても応用できる。

6.2.1 反復的構成法⁽²⁾⁽³⁾

これまでに、主として論じてきた n 次元 2 進観測空間における 2 値識別の過程は、図 6.1 のように表わせる。

すなわち入力パターン x に対し、識別関数 f を適用し、 $f(x)$ の正負を判定しその結果を f^* と表わすと、 f^* がパターン x に対する望ましい出力 $d(x)$ と比較され f^* と d が一致すれば正しい識別となり、 f^* と d が一致しなければ誤識別となる。

このとき識別関数は、与えられた条件のもとで、最適ゆ度比決定関数を最良近似するように設計される。いま識別関数 $f(x)$ を設計するに用いたパターン集合を $P\{x\}$ としよう。 $P\{x\}$ を $f(x)$ に通して識別した結果 $f^*(x)$ を $P\{x\}$ の各パターンが属すべきカテゴリを与える望ましい出力 $d(x)$ と比較すると、識別関数が適当に設計されておれば

$$\begin{aligned} \text{大多数の } x \text{ に対して } f^*(x) &= d(x) \\ \text{一部の } x \text{ に対して } f^*(x) &\neq d(x) \end{aligned} \quad (6.25)$$

となることが期待される。これを

$$d(x) \sim f^*(x) \quad (6.26)$$

と表わす。このとき $d(x)$ と $f^*(x)$ の積を $d_1(x)$ とする。すなわち

$$d_1(x) = d(x) f^*(x) \quad (6.27)$$

とすると、 $d_1(x)$ は $d(x)$ と $f^*(x)$ が一致する x に対し、 $+1$ となり、 $d(x)$ と $f^*(x)$ が異なる x に対して -1 となる。 $d_1(x)$ は $\{x\}$ が $f(x)$ により正識別されたカテゴリと誤識別されたカテゴリを示すことになる。式 (6.27) から

$$d(x) = f^*(x) d_1(x) \quad (6.28)$$

いま $P\{x\}$ に対し、 $f(x)$ で正識別されたものは正識別であり、誤識別されたものは誤識別されたことが言えると、 $f(x)$ と入力パターンの関係から、 $f(x)$ による誤りを修正することが可能となる。これは $d_1(x)$ を実際に実現することにより解かれる。すなわち $d_1(x) = +1$ なら $f_1^*(x) = +1$ となり、 $d_1(x) = -1$ なら $f_1^*(x) = -1$ となる識別関数を構成することになる。

$d_1(x)$ を実現するには、一般には、 n 次識別関数が要求されるが、ここで再び $f_1(x)$ として線形関数のような近似識別関数を用いるものとする。すなわち $f_1(x)$ は $d_1(x)$ を望ましい出力と考えて設計された近似識別関数であるとする、上述における同様に

$$\left. \begin{aligned} d_1(x) &\sim f_1^*(x) \\ d_2(x) &= d_1(x) \cdot f_1^*(x) \end{aligned} \right\} \quad (6.29)$$

式 (6.28) と式 (6.29) より

$$d(x) \sim f^*(x) \cdot f_1^*(x) \quad (6.30)$$

同様の手順を繰り返すと

$$\left. \begin{aligned} d_m(x) &\sim f_m^*(x) \\ d_{m+1}(x) &= d(x) f_1^*(x) \cdots f_m^*(x) \end{aligned} \right\} \quad (6.31)$$

$$d(x) \sim f^*(x) f_1^*(x) \cdots f_m^*(x) \quad (6.32)$$

したがって $d_i(x)$ の x に関する期待値を i とともに、単調増大せしめる近似関数 $f_i(x)$ を見い出すことができれば、換言すれば、 $d_i(x)$ が -1 になる個数を i とともに単調減少せしめる $f_i(x)$ を見い出すことができれば、 $d(x)$ をいくらでも近似でき、上記手順の何回かの繰り返しの後には所望の $d(x)$ を構成することができる。 $f_i(x)$ の設計法については、後述するが、ここではたとえば前節で与えた識別関数設計法を念頭においてよい。

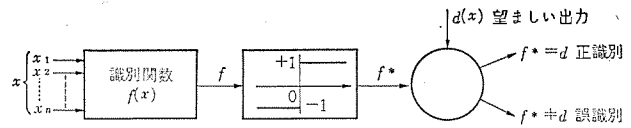


図 6.1 パターン識別回路のブロック図
Block diagram of pattern classification circuit.

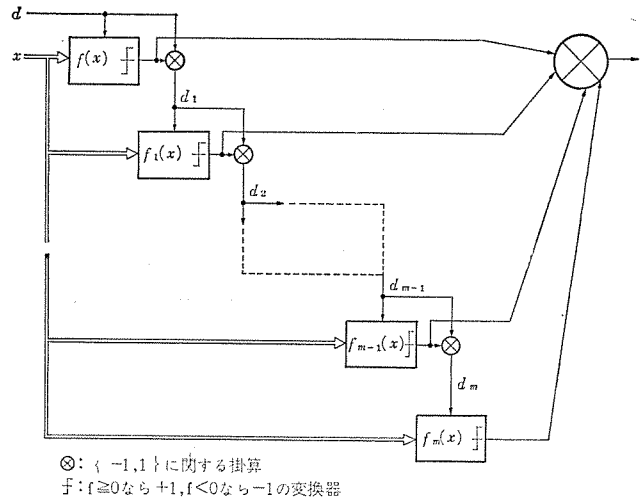


図 6.2 パターン識別系の反復的構成法
Repeated formation of pattern classification system.

上記方法により構成されるパターン識別系のブロック図は図 6.2 のように書ける。

図 6.2 の掛算器は $\{1, -1\}$ に関する掛算器、すなわち

$$1 \times 1 = 1, 1 \times -1 = -1, -1 \times 1 = -1, -1 \times -1 = 1$$

であるから、通常の排他的論理和 (Exclusive-or) ゲートで実現できるものである。

n 次元 2 進空間上の問題を、2 平面上で、幾何学的に解釈することは、一般に困難であるが、反復的構成法は幾何学的には、概略図図 6.3 のように説明できる。

図 6.3 (a) のようなパターン分布をしている集合が与えられたとする。図 6.3 (a) で \bigcirc は $\{d(x)=1\}$ に属するパターン、 \bullet は $\{d(x)=-1\}$ に属するパターンを示し、 $f(x)$ は何らかの方法で設計された近似識別関数とする。このとき $f(x)$ により識別すると x_A, x_B, x_C は誤識別されることになる。

図 6.3 (b) では、 $d_1(x) = f^*(x) \cdot d(x)$ とした後のパターンの分布を示し、 \bigcirc は $\{d_1(x)=1\}$ に属するパターンの分布、 \bullet は $\{d_1(x)=-1\}$ に属するパターンの分布を示す。

$d_1(x)$ に関する近似識別関数 $f_1(x)$ を設計し、識別すると x_C は再び誤識別され、 $d_2(x) = f_1^*(x) \cdot d_1(x)$ を考えると、図 6.3 (c) のときパターン分布となる。

\bigcirc は $\{d_2(x)=1\}$ 、 \bullet は $\{d_2(x)=-1\}$ に属するパターンで近似識別関数 $f_2(x)$ により誤差なく識別される。したがってこの場合には

$$\begin{aligned} d(x) &= f^*(x) \cdot d_1(x) \\ &= f^*(x) \cdot f_1^*(x) \cdot d_2(x) \\ &= f^*(x) \cdot f_1^*(x) \cdot f_2^*(x) \end{aligned} \quad (6.33)$$

図 6.3 (d) では、 D^{+++} は f^*, f_1^*, f_2^* とともに $+$ になる領域、 D^{+-} は f^*, f_1^*, f_2^* がそれぞれ $+$, $+$, $-$ になる領域を示す。他についても同様で、結局 $-$ が偶数個ある領域が c^+ のカテゴリと識別され、 $-$ が奇数個ある領域が c^- のカテゴリと識別される。したがって、この場合には

$$F(x) = f^*(x) \cdot f_1^*(x) \cdot f_2^*(x)$$

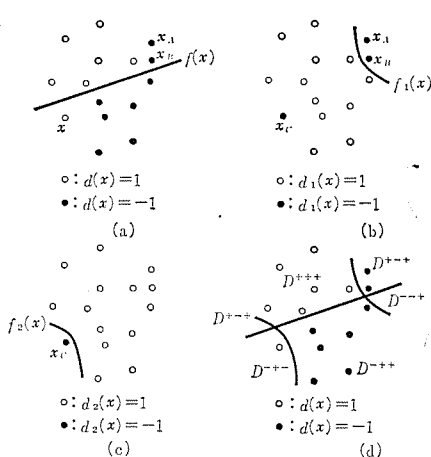


図 6.3 反復的構成法の幾何学的説明
Geometrical explanation of repeated formation.

が与えられたパターン分布についての最適識別関数となる。

6.2.2 分岐的反復構成法⁽⁹⁾

前項で述べた反復構成法の場合、カテゴリ c^+ とカテゴリ c^- のパターンの分布が入り込んでいる場合、 $d_1(x)$ は識別しにくい形になり、反復的構成による収束が遅くなる。また識別関数は、 n 次元観測空間での分割超曲面を表わすことになるが、誤識別されるパターンは分割超曲面の近傍に分布することが多く、そのため $d_1(x)$ は分離しにくい形になる可能性もあり、そのときには、やはり反復的構成の収束が遅くなる。この状況は図 6.4 により直観的に説明されうる。

この場合、本来 $d(x)=1$ であるのに $f(x)$ により誤識別されたパターンと本来 $d(x)=-1$ であるのに $f(x)$ により誤識別されたパターンを分けて取り扱うことができれば、反復構成により識別しやすくなることが予想される。

そこで第一段目の識別関数 $f(x)$ による誤識別パターンを、 $d(x)=1$ 側と $d(x)=-1$ 側に分けて考え、まず与えられたパターン空間 X から次のような二つのパターン空間を作る。

(i) X^+ : $f(x) \geq 0$ なるパターン空間 $\{x | f(x) \geq 0\}$ で、正識別の x に対しては $d_1^+(x)=1$ とし、誤識別の x に対しては $d_1^+(x)=-1$ としたパターン空間

(ii) X^- : $f(x) < 0$ なるパターン空間 $\{x | f(x) < 0\}$ で、正識別の x に対しては $d_1^-(x)=1$ とし、誤識別の x に対しては $d_1^-(x)=-1$ としたパターン空間

このとき $X=X^+ \cup X^-$ となる。

X^+ に対しては $d_1^+(x)$ 、 X^- に対しては $d_1^-(x)$ を望ましい出力と考えて識別関数を設計し、それを $f_1^+(x)$ 、 $f_1^-(x)$ とする。

すなわち

$$\begin{aligned} d_1^+(x) &\sim [f_1^+(x)]^* \\ d_1^-(x) &\sim [f_1^-(x)]^* \end{aligned} \quad (6.34)$$

X^+ 、 X^- の作り方から

$$d_1(x) = F_1(x) d_1^+(x) + \bar{F}_1(x) d_1^-(x) \quad (6.35)$$

$$\begin{aligned} \text{ここに } F_1(x) &= (1 + f^*(x))/2 \\ \bar{F}_1(x) &= (1 - f^*(x))/2 \end{aligned} \quad (6.36)$$

$$\begin{aligned} d(x) &= f^*(x) \cdot d_1(x) \\ &= f^*(x) \{F_1(x) \cdot d_1^+(x) + \bar{F}_1(x) \cdot d_1^-(x)\} \\ &\sim f^*(x) F_1(x) [f_1^+(x)]^* + f^*(x) \bar{F}_1(x) [f_1^-(x)]^* \end{aligned} \quad (6.37)$$

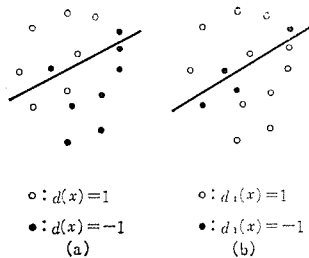


図 6.4 パターン分布の一例
Example of pattern distribution.

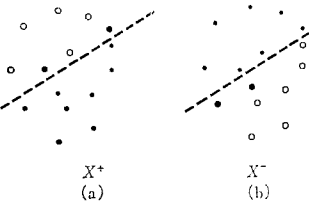


図 6.5 X^+ 、 X^- の一例
Example of X^+ and X^- .

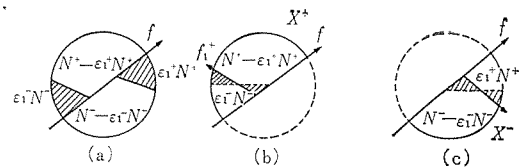


図 6.6 Anderson-Bahadur 法による分岐的反復構成法
Branching repeated formation by Anderson-Bahadur method.

X^+ 、 X^- の分割で不十分のときは、 $d_1^+(x)$ 、 $d_1^-(x)$ をもとにして、上と同様の仕方で X^{++} 、 X^{+-} 、 X^{-+} 、 X^{--} を作り、上と同様の手順を繰り返していく。

このような仕方でパターン空間を分割していく識別系の構成法を、分岐的反復構成法と称する。

図 6.4 の例に対し X^+ 、 X^- を作ると図 6.5 のようになる。

6.2.3 Anderson-Bahadur 法を用いた分岐的反復構成法⁽⁹⁾

6.1.2 項で述べた Anderson-Bahadur 法により識別関数を設計した場合、2, 3 の簡単な文字認識の例によると、一つの線形識別関数でかなり良い識別率が得られている。

以下では、重み付きミニマックス解を用いるとして、分岐的反復構成法に対する誤識別の解析を考える。(図 6.6 参照)

重み付きミニマックス解を用いるときには、

$$\varepsilon = \max [p(1 - \phi(y_1)), q(1 - \phi(y_2))] \quad (6.38)$$

を最小にすることになるが、このとき

$$p(1 - \phi(y_1)) = q(1 - \phi(y_2)) \quad (6.39)$$

とし、

$$\varepsilon^+ = 1 - \phi(y_1), \quad \varepsilon^- = 1 - \phi(y_2) \quad (6.40)$$

としたとき、 $\varepsilon^+ < 0.5$ 、 $\varepsilon^- < 0.5$ の条件が成立つとする。

式 (6.39) より、第 1 段階では

$$\varepsilon_1^+ N^+ = \varepsilon_1^- N^-$$

が成立つ。このときの誤識別率は、 $\varepsilon_{m1} = \max(\varepsilon_1^+, \varepsilon_1^-)$ とすると

$$\frac{\varepsilon_1^+ N^+ + \varepsilon_1^- N^-}{N^+ + N^-} \leq \frac{\varepsilon_{m1} N^+ + \varepsilon_{m1} N^-}{N^+ + N^-} = \varepsilon_{m1}$$

となる。

また、同じく式 (6.39) より、第 2 段階では

$$\varepsilon_{21}^-(\varepsilon_1^- N^-) = \varepsilon_{21}^+(N^+ - \varepsilon_1^+ N^+)$$

が成立ち、このときの誤識別率は、 $\varepsilon_{m2} = \max(\varepsilon_1^+, \varepsilon_1^-, \varepsilon_{21}^+, \varepsilon_{21}^-)$ とすると

$$\begin{aligned} \frac{2\varepsilon_{21}^-(\varepsilon_1^- N^-) + 2\varepsilon_{21}^+(N^+ - \varepsilon_1^+ N^+)}{N^+ + N^-} &\leq \frac{2 \cdot \varepsilon_{m2} \cdot \varepsilon_{m2} (N^+ + N^-)}{N^+ + N^-} \\ &= 2 \cdot \varepsilon_{m2}^2 \end{aligned}$$

となる。

ε_{m1} の最大値あるいは ε_{m1} を近似的に ε_M で置きかえてよいとすると、分岐的反復構成法は、段数を n としたとき、

$$\varepsilon_M (2\varepsilon_M)^{n-1} \rightarrow 0 \quad (n \rightarrow \infty)$$

の形で収束することがわかる。

7. その他の側面

3, 4, 5, 6 章において、筆者の一人(伊藤)と何人かの共同研究者によって、徐々に研究されてきた識別関数に関する統計的理論

の、基礎的な結果に関する事柄について述べてきたが、ここではその他の側面について簡単に紹介しておこう。

7.1 Nearest-Neighbour Rule の誤識別率⁽¹⁴⁾

Cover-Hart により、非パラメトリック形の識別法として、Nearest-Neighbour Rule (NN-rule と言われる) が提案されている。これは、カテゴリ $c^{(k)}$ は c_1 か c_2 のいずれかであるとしたときに

$$\{(x_1 \in S(c^{(1)})), (x_2 \in S(c^{(2)})), \dots, (x_l \in S(c^{(l)}))\}$$

というパターン空間 X に関する知識を持っているときに

$$\min [d(x_i, x)] = d(x_j, x)$$

(ここに $d(x_i, x)$ は x_i と x の距離とする)

のときには、 x_j はカテゴリ $c^{(j)}$ に属すると決定する識別規則である。

この規則による誤識別率 R_{NN} は

$$P_e \leq R_{NN} \leq 2P_e(1 - P_e)$$

となることが Cover-Hart により知られているが

$$R_{NN} = Q[0]$$

となることが知られている。

他の非パラメトリック識別法による、誤識別率の評価の問題も $Q[n]$ 等と関連付けることが考えられる。

7.2 積形式による識別関数の展開⁽⁶⁾

統計的パターン認識の問題において高識別率を期待する場合には、高次の Dependency を取り入れて確率分布を表現する展開形式として、積形式による展開がある。確率変数 $p(x_1, \dots, x_n | a_k)$ はベイズの規則を用いると積形式

$$\begin{aligned} p(x_1, x_2, \dots, x_n | a_k) \\ = p(x_1 | a_k) p(x_2 | x_1, a_k) \cdot \dots \cdot \\ p(x_n | x_{n-1}, \dots, x_2, x_1, a_k) \end{aligned}$$

に展開できる。

もし、各要素 x_i 間が独立であれば確率変数 $p(x_1, \dots, x_n | a_k)$ は

$$\begin{aligned} p(x_1, x_2, \dots, x_n | a_k) \\ = p(x_1 | a_k) \cdot p(x_2 | a_k) \cdot \dots \cdot p(x_n | a_k) \end{aligned}$$

となり、また、一次 Markov チェーン dependence であれば

$$p(x_1, \dots, x_n | a_k) = \prod_{i=1}^n p(x_i | x_{i-1}, a_k)$$

と書ける。このような形で、多次元同時分布を近似したとき、その近似の持つ意味に関する性質も論じられていることを言及しておこう。

8. む す び

本文は筆者の一人(伊藤)を中心にして、過去10年間に行なわれてきた、統計的パターン認識の理論的研究成果を概説的に取りまとめ

たものであるが、本研究の推進に当たってはいろいろなかたがたの協力を得て行なわれてきたものであり、初期の研究は、福永圭之介氏(現在 Purdue Univ. Associate Professor)との共同研究、最近の研究のいくつかの点に関しては、秋田興一郎氏の援助討論にも負うものである。これらのかたがたに深謝の意を表したい。また、本文は昭和48年1月大阪大学で行なわれた、関西情報処理研究会のパターン認識セミナー(大阪大学 田中幸吉教授 主宰)における、伊藤の招待講演「識別関数と誤識別率」に基づくものであり、このような機会を与えられた田中先生に深謝の意を表したい。

参 考 文 献

- (1) K. Fukunaga, T. Ito : IEEE Trans., EC-14, No. 1 (1965)
- (2) T. Ito, K. Fukunaga : Proc. National Electronics Conf., (1966)
- (3) 伊藤・福永 : 信学誌 (昭41-10)
- (4) T. Ito : Information and Control (1968-3)
- (5) T. Ito : IEEE Trans. on EC-18, No. 1 (1969-1)
- (6) T. Ito : IEEE Symposium on Information Theory (1969-1)
- (7) 伊藤 : 信学会 全国大会 (昭44-9)
- (8) T. Ito : Symposium on Application of Walsh functions (1970-3)
- (9) T. Ito : Fourth Princeton Conference on Information Sciences (1970-3)
- (10) 伊藤 : 信学誌 (昭46-8)
- (11) 伊藤 : 信学会オートマトン研資料 (昭46-2)
- (12) 伊藤 : 信学会インホメーション理論研資料 (昭46-7)
- (13) 伊藤, 福島 : 信学会インホメーション理論研資料 (昭46-11)
- (14) T. Ito : Machine Intelligence 7, Edinburgh University Press (1972-6)
- (15) 伊藤, 秋田 : 信学会パターン認識と学習研資料 (昭47-9)
- (16) 伊藤 : 信学誌 (昭48-2)
- (17) 伊藤, 鈴木 : 信学会全国大会 (昭48-3)
- (18) N. J. Nilsson : Learning Machines (1965)
- (19) 坂井 : パターン認識の理論, 共立出版 (昭42)
- (20) 飯島 : パターン認識, 丸善 (昭43)
- (21) K. Fukunaga : Introduction to Statistical Pattern Recognition (1972)
- (22) S. Watanabe : Frontiers of Pattern Recognition, Academic Press (1972)

FD-210P 形 超 音 波 探 傷 器

大力 健 市*・佐藤 春 治*

Ultrasonic Flaw Detectors Type FD-210P

Kamakura Works Kenichi Dairiki・Haruzi Satô

Ultrasonic flaw detectors have come to draw attention in the nondestructive test of welded sections as a means to safeguard various steel constructions such as large ships and buildings. Type FD-210P ultrasonic flaw detectors are the devices specially built for use on welded joints. Based on the characteristic performance of the type FD-210 unit now in operation in the field and amounting to several hundred sets, the newly introduced detector has the following features.

- (1) Compact and lightweight (4.9 kg including batteries).
- (2) Bright images of waveforms on the Braun tube (the brightness about 6 times that of FD-210).
- (3) Standard equipment of gate alarm function with distance amplitude compensation circuit (DAC) calibrated by cm(s)/dB.
- (4) Excellent reproductivity of detected flaw data because of the operating section being provided with a lock bar or a step type dial.

1. ま え が き

最近、鋼構造物の溶接技術が進歩し、従来技術では考えられなかった50万トン級タンカや超高層ビルなどの巨大建造物が次々と出現するようになった。これら建造物の安全面を支える手段として、超音波による溶接部の非破壊検査装置が大きくクローズアップされるようになった。

超音波探傷法は現在の非破壊検査部門では最もすぐれた検出能力をもち、しかも最も技術革新の著しいエレクトロニクス分野の製品であるという有利さを生かし、近年各分野で急速に採用されつつある。特に各種建造物の溶接部探傷用として不可欠な地位を占めつつある。これに伴い足場の悪い溶接作業現場でも使用可能な機動性をもち、しかも高性能な超音波探傷器の出現が望まれるようになった。

FD-210P形超音波探傷器はこのような背景のもとに、多数ご愛顧いただいているFD-210形超音波探傷器の基本性能を生かしつつ、さらに小形軽量化と溶接部の斜角探傷に対する操作性の向上を計った新鋭機である。

2. 特 長

FD-210P形超音波探傷器は最も使用条件の過酷な造船所や建築現場等の屋外作業用として開発されたコードレスポータブル探傷器であり、これら使用目的に合致し、実作業に必要な互いに有機的につながりをもつ次のような数多くの特長を備えている。

(1) 小形軽量

新たに開発された低損失、高性能回路によりバッテリーの有効利用を計り、重量、容量ともFD-210形超音波探傷器の約3/4(当社比)と軽減され機動性が増した。

(2) 精密で明るいブラウン管

縦軸、横軸とも50等分の精密内面目盛付きの120mmブラウン管を採用し、しかも屋外作業に便利のように大幅に輝度向上した。(斜角探傷時FD-210より約6倍明るい)

(3) 校正された距離振幅補償回路(DAC)付きゲート警報機能
欠陥までの距離による感度変化が著しい斜角探傷法でも使用できるcm(s)/dB目盛付きDACゲート警報プザーを備えることにより、

繁殖で熟練を要しがちな探傷作業能率の大幅向上を計れる。

(4) 校正されたブラウン管図形と校正ダイヤル

ブラウン管の縦軸横軸ともNDIS規格に定められた最高度の直線性を有し、しかもダイヤルは縦軸ではアッテネータによりデシベル量で校正され、横軸では斜角探傷法時に便利のように鋼材横波換算距離cm(s)で校正された精密多回転ダイヤルを採用したので操作が容易で試験片による複雑な校正作業が不要である。

(5) 高感度で高分解能

パルス幅の狭い高出力送信器と高利得受信回路の採用により高感度と高分解能を両立できるので、欠陥位置と大きさをより正確に検出測定できる。

(6) バッテリーの自動保護と使用時間の向上

充電中は充電量をランプの点滅で表示し、充電完了とともに自動的に充電停止する機能をもった自動充電器で充電でき、また放電中はFD-210P本体の自動しゃ(遮)断器で過放電防止される。1回の充電でFD-210Pを約6時間連続使用できる。寿命は充放電回数で約150~200回である。

(7) 再現性と操作性のすぐれた各つまみ

常時操作に必要なつまみはすべて前面パネルに収め、しかもつまみの数は必要最少数にした。また、使用ひん(頻)度に応じて人間工学的に便利のように配置しており、つまみ自体もロック付き多回転ダイヤルとステップ式の2種に統一して取扱いの簡易さと設定値の再現性が得られるように実作業に便利な考慮がはらわれている。

(8) すぐれた構造

外ケースと内部シャシは小形軽量であるが、常時携帯に必要な耐振性と強度を備えているとともに、探傷作業時に使用する油や水に対して十分な構造となっている。

(9) 高信頼性で高安定性

ブラウン管以外は完全半導体化されているので故障が少ない。しかも定電圧回路や温度補償回路等に十分な考慮がはらわれているため、環境条件の変化に対してきわめて安定な性能を維持する。

(10) 多種類の探触子と接続可能

分解能と周波数精度の高い水晶探触子から感度のすぐれたセラミック探触子まで当社発売の1~5MHz全探触子と適合するので応用

範囲が広い。

3. 外 観 構 造

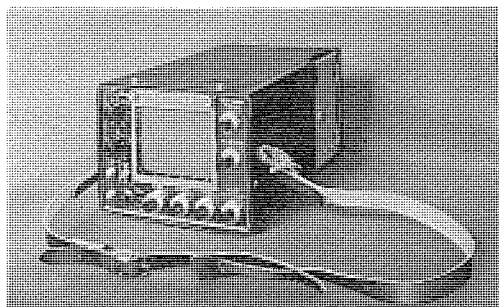


図 3.1 FD-210 P 形 超音波探傷器の外観
Appearance of type FD-210 P ultrasonic flaw detector.

図 3.1 は FD-210 P 形 超音波探傷器の外観を示している。前面パネルは 1 人の探傷作業者が右手で探触子の操作をしながら左手でアッテネータを操作し、ブラウン管のエコー観測を便利にするためアッテネータは左側に配置している。またブラウン管時間軸上下調整つまみも左手で操作しやすいように左側面に取付けている。一方、探傷作業初期設定に必要な左右（時間軸）調整ダイヤルは前面パネル右側に、DAC、ゲート位置、ゲート幅およびゲートレベルの各ダイヤルは前面パネル下部へ整然と配置されている。

アッテネータつまみはステップ式、左右（時間軸）およびゲート関係のダイヤルには多回転デジタル目盛付きダイヤルであるため精密に設定できる。しかもこの多回転デジタル目盛付きダイヤルはロックレバー付きであるため、設定後ロックしておけば探傷作業中に設定ダイヤルが動いて誤操作するような心配がない。

ブラウン管は縦軸 63 mm 横軸（時間軸）75 mm をおおよそ 50 等分した超音波探傷器用内面目盛になっているので、作業者の目の位置による誤差（視差）がなく、ブラウン管フルスケールの 1/100 まで正確に読みとれる。特に欠陥位置を示す横軸の読み取りは非常に重要でありこの目盛の効果は大きい。また横軸目盛はブラウン管有効表示範囲 80 mm に対して 75 mm のフルスケールとしているので、フルスケール右端に出る超音波エコーの位置を正確に読みとれるとともに時間軸設定時、10 進法設定が容易にできる。

ブラウン管前面金具（エスカッション）は、斜角探傷時に必要な補助目盛板の取り付け取りはずしや屋外作業での直射日光しゃへい用フード、写真撮影用接写装置取付金具の取り付け取りはずしが簡単にできる構造となっている。なお補助目盛板には超音波の透過距離によって減衰するエコー高さの状態をマジックインキ等で書き込むことができる。

本器は水平および垂直に設置して使用できる以外に皮バンドを首にかけて使用できる機動性を備えている。

4. 主 要 性 能

(1) 探傷周波数（試験周波数）……1～5 MHz、参考のため受信部の周波数特性を図 4.1 に示す。

(2) 斜角探触子による A 2 感度（NDIS-2106 による）……30 dB 以上（5 Z 10×10 A 70 形探触子と組合わせて）

(3) 垂直探触子による感度（学振 STB-III-V 15-1 形試験片の人工欠陥エコー高さ 50%）……30 dB 以上（5 Q 20 N 形探触子と組合わせて）図 4.2、4.3 参照

(4) エコー高さの直線性（NDIS-2102 による）……63 mm 1 級（±2% 以下）図 4.4 参照

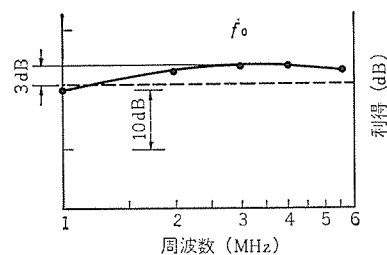


図 4.1 受信部周波数特性例
Example of frequency characteristics of receiving section.

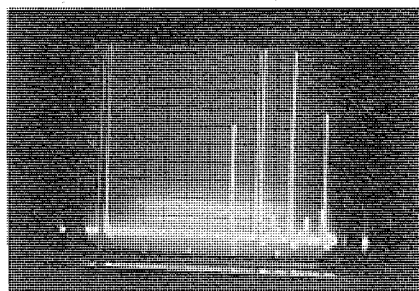


図 4.2 5 Q 20 N 形探触子による学振 STB-III-V 15-1 形試験片の探傷波形（PE=COM 1）
Flaw detection waveform of STB-III-V 15-1

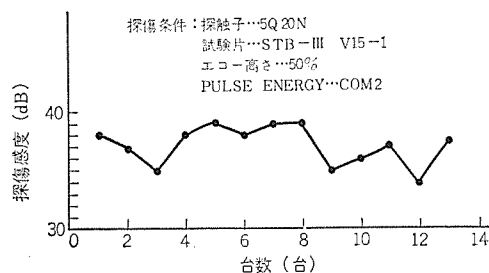


図 4.3 探傷感度のバラツキ
Irregularity of flaw detection sensitiveness.

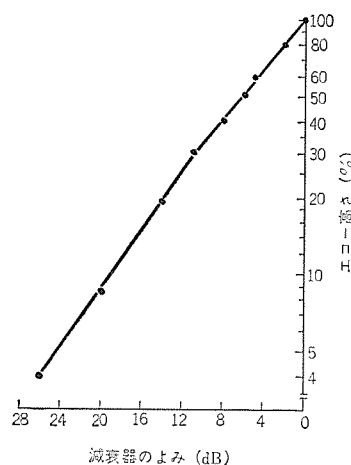


図 4.4 増幅直線性
Amplification linearity.

(5) アッテネータ（減衰器）……総合 70 dB（0.5 dB×20 ステップ，2 dB×20 ステップ，20 dB×1 ステップ）ただし二探触子法の場合は 50 dB

(6) 斜角探触子による A 2 分解能（NDIS-2106 による）……30 dB 以上（2 Z 10×10 A 70 形探触子と組合わせて，ただし図 4.5 は 5 Z 10×10 A 70 形探触子の例）

(7) 垂直探触子による遠距離分解能（NDIS-2101 による）……A 級（2 MHz 以上の探触子と組合わせて）図 4.6 参照

(8) 垂直探触子による最小探傷距離……学振 STB-III-V 2 形試

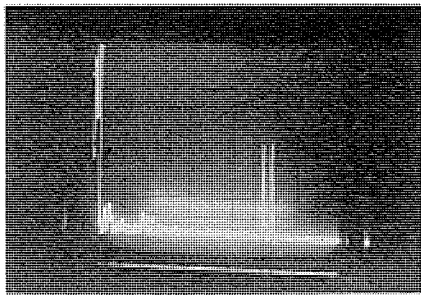


図 4.5 2Z10×10 A70 形 探触子による NDI-STB-A2 形試験片の人工欠陥探傷波形 (分解能測定) (1 SKIP, PE=COM 1)

Man-made defect flaw detection waveform of NDI-STB-A2 type test piece with type 2Z10×10 A70 probe (resolution measurement).

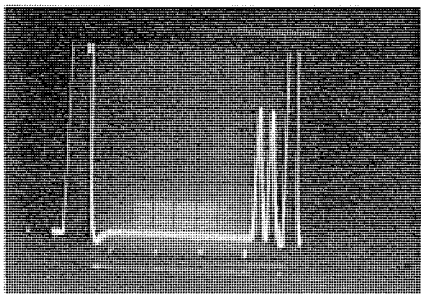


図 4.6 2Q2DN 形 探触子による NDI-STB-A1 形試験片の段付部探傷波形 (分解能測定)

Flaw detection waveform of stepped test piece NDI-STB with type 2Q2DN probe.

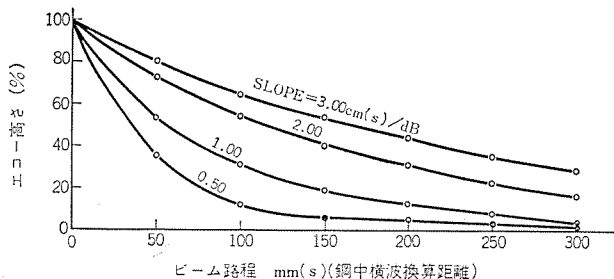


図 4.7 距離振幅補償回路の特性 (ゲート警報レベル)

Characteristics of distance amplitude compensation circuit.

試験片の人工欠陥エコーを完全分解 (2Q20N 形 探触子と組合わせて)

- (9) 時間軸のフルスケール (測定範囲)……2~32 cm(s) (鋼材横波換算で直読ダイヤルにより設定可能)
- (10) 測定範囲直読ダイヤルの精度……10 cm(s) 以上; $\pm 2\%$ 以内, 10 cm(s) 以下; ± 0.2 cm(s) 以内
- (11) 時間軸の直線性 (NDIS-2104)…… $\pm 1\%$ 以下
- (12) ゲート設定範囲 (ゲートマーカを時間軸上に表示)……ゲート起点; 0 以下~25 cm(s) 以上, ゲート幅; 1 以下~25 cm(s) 以上 (鋼中横波換算距離)
- (13) ゲート警報レベル設定範囲……レベル; 4% 以下~140% 以上 (距離 5 mm(s) 以下にて), DAC スロープ; 0.4~3.4 cm(s)/dB (鋼中横波換算, 直読ダイヤルにて設定可能) 図 4.7 参照
- (14) ブラウン管表示方式……A スロープ DC 表示, 不飽和形
- (15) 電源方式……専用バッテリー (内蔵) または AC 電源 100 V \pm 10%, 50/60 Hz (外付)
- (16) 使用定格……連続 (ただしバッテリー使用で約 6 時間連続使用

可能)

- (17) 探傷法……一探触子法または二探触子法
- (18) 使用温度範囲…… -5°C ~ $+45^{\circ}\text{C}$
- (19) 適合探触子……1~5 MHz の当社製探触子
- (20) 外形寸法……約幅 180×高さ 140×奥行 335 mm
- (21) 重量……約 4.9 kg (バッテリーを含む)

5. 回路および動作

図 5.1 に FD-210P 形超音波探傷器の電気系統図を示す。

(1) 電源部はバッテリー過放電防止用自動シャ断回路とバッテリー出力電圧変動 $E_b \pm 10\%$ に対し出力を $\pm 1\%$ 以下に安定化させる回路よりなり, 電源変動による特性変化を防止している。

(2) 同期回路は左側面パネルの PRF スイッチにより送信パルス T のくり返し周波数を 2 段階に調整でき, 斜角探傷時のように超音波信号が透過距離によって急速に減衰する場合は PRF スイッチを H 側にすることによってブラウン管画面を高輝度にできる。垂直探傷の場合は PRF スイッチを L 側にすることによってくり返し信号の重複による誤判定を防止できる。なお同期回路の出力は送信回路と掃引回路およびゲート回路へ接続されている。

(3) 掃引回路にはブラウン管上探傷波形を左右に平行移動させる PULSE POS ダイヤルと横軸フルスケール当たりの測定範囲 (超音波往復伝 (播) 距離 $\times (1/2)$) を斜角探傷時最もよく使用される横波の鋼材換算距離で直接設定できる TEST RANGE ダイヤルの 2 個の多回転精密ダイヤルがあり, 鋼材横波換算 1 mm(s) 以下の調度で任意に設定できる。なお垂直探傷 (縦波使用) の場合は TEST RANGE ダイヤル目盛を 1.8 倍して読めば直接設定できる。

(4) 送信回路はパルス幅の狭い高出力電気パルスを探触子に供給することができる。

(5) 探触子は送信回路から供給された電気パルスで, 内部の圧電材料がその圧電逆効果により超音波を発生させる。超音波は被検査物中を伝ばし欠陥 F や底面 B で反射し, 超音波往復伝は時間だけ遅れて同一探触子で受信され, 再度, 圧電材料の圧電効果により電気信号に変換されて, 送信電気パルスと同一経路で受信回路へ供給される。以上は一探触子法 (COM-SEP スイッチを COM に) の場合である。二探触子法 (COM-SEP スイッチを SEP に) の場合は送信と受信を別々の探触子 (圧電材料) で行なう。

(6) 受信回路は広帯域化されているので周波数切換スイッチが不要である。(図 4.1 参照) エコー高さはアッテネータにより 0~70 dB 間 0.5 dB ビッチの精密調整ができ, 任意のエコー高さに設定できる。また, その設定感度を dB 量で正確に読み取ることができるので欠陥エコー高さを定量的測定が可能である。

なお, 一探触子法の場合は送信パルスが数百ボルトになり, 一方受信される欠陥エコーは数ミリボルト以下であり, 100 dB 程度の比があるため, 探傷面に近い欠陥 (近接欠陥) は送信パルスの幅に隠れてしまい, 分解が困難になりがちである。FD-210P ではその程度 (不感帯) はきわめて小さい。たとえば 5Q20N 形垂直探触子と組合わせて学振 STB-III-V5 形試験片の人工欠陥エコーをブラウン管上 100% に出した場合, 不感帯 (25% 高さまでの送信パルス幅) は 9 mm 程度 (鋼材縦波換算) である。

(7) ゲート回路では START ダイヤルでブラウン管時間軸上のゲートマーカの起点を左右に調整でき, LENGTH ダイヤルでゲートマーカの幅を調整することができる。

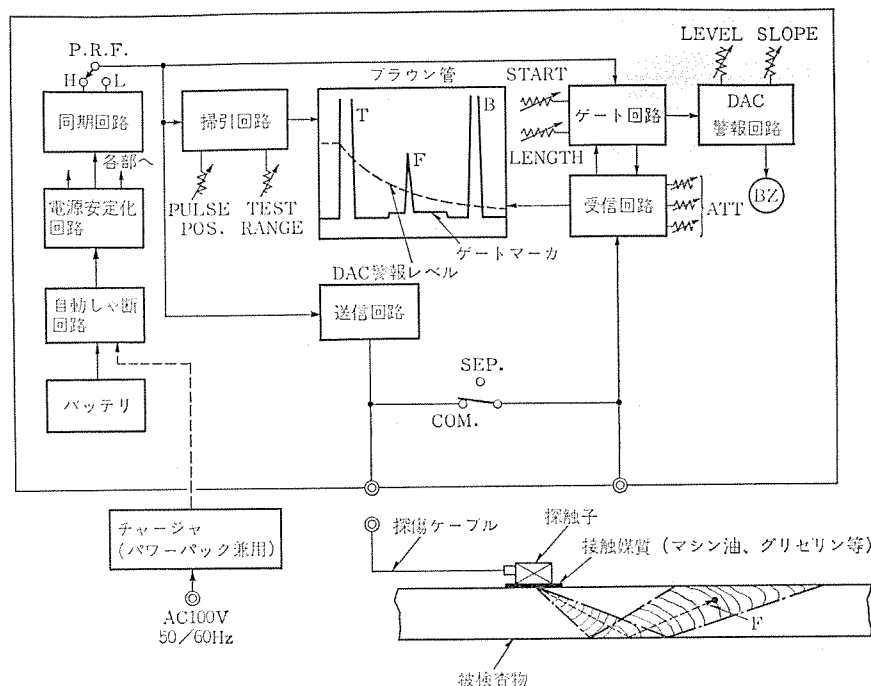


図 5.1 FD-210 P 形超音波探傷器の電気系統図
Electrical system diagram of type FD-210 P ultrasonic flaw detector.

(8) DAC 警報回路では LEVEL ダイヤルで最大警報レベル, SLOPE ダイヤルで超音波伝ば距離に対する感度低下の傾斜を調整できる。この 2 個のダイヤルにより図 5.1 のブラウン管波形で点線に示すような DAC 警報レベルを設定できる。

警報ブザー BZ は図 5.1 のブラウン管波形のゲートマーカ内で DAC 警報レベル以上のエコーが出たとき警報音を発生する。斜角探傷における粗探傷の場合などは警報音のみで高速探傷が可能で作業性が向上する。

DAC 警報ダイヤル (LEVEL, SLOPE) の設定は, SLOPE ダイヤル目盛が斜角探傷専用 $\text{cm(s)}/\text{dB}$ 直読目盛となっているので, 探傷距離範囲 $\Delta x(\text{cm(s)})$ とその両端における同一エコー高さとなる感度差 $\Delta \text{ATT}(\text{dB})$ がわかれば $\Delta x/\Delta \text{ATT}(\text{cm(s)}/\text{dB})$ を計算し, この値に SLOPE ダイヤル目盛を合わせればよい。このときの反射源はたとえば NDI-STB-A 2 形試験片の $4\phi \times 4$ 深さの人工欠陥を使用する。(NDIS-2404-70)

LEVEL ダイヤルは上記探傷距離範囲 Δx の近距離側のエコー高さが約 100% で警報を発するように設定すればよく, きわめて簡単に設定できる。

6. 装置の信頼性

故障修理後, 次の故障まで正常に動作する時間 (平均故障間隔,

MTBF) は, 約 1,400 時間程度である。(Earles の値による予想値) したがって 1 日 5 時間使用する場合, 280 日間正常に操作できるという予測である。なお, この予想値はチャージャも含めて計算した値である。

7. む す び

FD-210 P 形超音波探傷器は, 当社が昭和 44 年 8 月に新形超音波探傷器シリーズとして発表した FD-160 形を始め FD-180 形, FD-210 形, FD-210 S 形の後に発表した最新形であり, 溶接部の探傷を主目的としている。

溶接部の探傷は, ほとんどの場合, 斜角探傷法を採用しており, FD-210 P 形はこの目的に沿うよう設計製作されている。

たとえば, バッテリー式として AC 電源のとれない場所で長時間使用できること, 小形軽量しかも丈夫であること, 時間軸の設定が鋼中横波換算で簡単にかつ精密にできること, 距離振幅補償機能 (DAC) の標準装備, 輝度の向上などがそれである。

今後, ますます非破壊検査の必要性が出てくると思われるが, 超音波探傷器もその一環をになうものとしてお役に立てれば幸いです。

おわりに, 終始ご指導いただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。
(昭和 48-5-15 受付)

カラーグラフィカルディスプレイ装置

大川 清人*・小田 勇介*・豊留 義明*・田原 豊*

Color Graphical Display System

Kamakura Works Kiyoto Ôkawa・Yusuke Oda・Yoshiaki Toyodome・Yutaka Tahara

In the plant control of electric power and steel and iron industries or in the train control, the process becomes complicated and the amount of information increases with the introduction of computers. As a result the display panel, that has been in long use, has also becomes complicated beyond practical operation. As one method of solving the problem, Mitsubishi has developed an inexpensive graphic display which permits the limited graphics with ease through the color CRT display technique. This apparatus can be connected to a mini-computer so as to enable the graphs to be handled by a block unit. It is applicable to dynamic display and control of plants of various kinds.

1. ま え が き

電力・鉄鋼・化学などのプラント制御, または, 鉄道における, 列車制御用の監視ディスプレイ装置として, 従来はパネルディスプレイが一般に使用され, 一方, 操作に関しては, パネルとは別に, 操作卓が設けられ, 操作卓上のスイッチなどを介して, 操作が行なわれていた。

しかしプロセスが複雑になり, かつ計算機の導入により取り扱う情報量が多くなるに従い, 表示パネルが複雑化, かつ大形化して, 実用上非常に取り扱いにくいものになってきており, その反面, 状態の変化に対して, オペレータがより早く応答し, 適切な処置をとれることが必要になってきている。

このような情勢から, オペレータが必要とするときに, 必要な情報

のみを, 見やすい形で表示することができ, かつ計算機との接続が容易で, しかもオペレータが直接画面に対して, 必要な動作をとることができるようなディスプレイ装置に対する要望が強くなってきている。

このような要望に答えるために, 我々は, すでに開発したカラーキャラクタディスプレイ装置と同一思想のもとに, 表示部にカラー CRT を使用した, M-340 G 形 カラーグラフィカルディスプレイ装置を開発した。

M-340 G 形 カラーグラフィカルディスプレイ装置は従来のグラフィックディスプレイ装置とは異なり, 7×7 の点の集合で構成される画素の組み合わせで絵をつくり上げるもので, 図形の表示能力においては, 従来のランダムスキャン方式のグラフィックディスプレイ装置にはおよばないが, プラント監視用のディスプレイ装置としては, 十分な機能を持つものであり, かつ, 価格的にも安価なものである。

表 1.1 M-340 G の仕様
Specification of M-340 G color graphical display system.

画面の大きさ	160×220 mm (縦×横) (14 形カラー CRT 使用) (19 形カラー CRT 増設可能)
表示画素数	1,280 (40 画素×32 行)
文字の大きさ	5×4 mm (縦×横) 文字 5×5.5 mm (縦×横) 図形
表示の種類	英数字記号 61 (SP を含む) カナ, カナ記号 54 固定図形 64 (SP を含む) 任意図形 32 (SP を含む) 合計 211 (1 SP を含む)
表示色	赤, 緑, 青, 黄, 水, 桃, 白
表示方式	ラスタースキャン方式
文字および図形表示方式	7×5 ドット (縦×横) 文字 7×7 ドット (縦×横) 図形
トレンドの点数	200×256 (縦×横)
点の大きさ	0.8 φ
表示グラフ数	3 本
通信速度および同期方式	200, 1,200 BPS, 調歩同期 2,400, 4,800, 9,600 BPS 独立同期
通信方式	半二重
接続応答方式	ポーリング方式
コード	7 単位+1 バリティ
回線インタフェース	CCITT 規格に準拠
誤り検出, 訂正方式	水平, 垂直バリティチェック 再送要求に基づく自動再送
編集機能	CLEAR, DISPLAY ERASE, LINE ERASE, LINE DELETE.
カーソル制御機能	HOME, UP, DOWN, RIGHT, LEFT, LF.
ライトペン	有
プリンク	有



図 1.1 M-340 G 型 カラーグラフィカルディスプレイ装置
Type M-340 G color graphical display system.

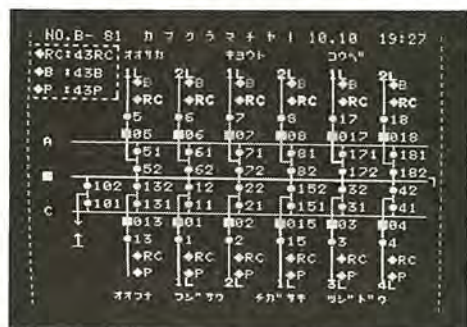


図 1.2 スケルトンダイアグラム表示例
Skeleton diagram

表 1.2 M-340 G の 特 長
Features of M-340 G color graphical display system.

- (1) 7×7の点から成る画素の縦ぎ合せによる図形表示ができる。
- (2) 2画面の重ね合せができる。
- (3) 画素単位でフリンクの指定ができる。
- (4) 連続した画素でも、画素単位に7色の色指定ができる。
- (5) 64種の固定画素、および114種の文字パターンに他、32種の任意パターンを用意できる。
- (6) 縦200×横256点のトレンドグラフが3本表示できる。グラフは時間軸を横軸に、数値を縦軸にとることができる。
- (7) ライトペンにより画面の任意の位置を指定することができる。
- (8) ミニコンピュータと接続して、画面をブロック単位で取り扱うことができる。
- (9) キーボードとCRTは分離して設置することができ、しかもCRTは複数台増設し、同一画面を表示することができる。

以下に、M-340 G 形 カラーグラフィカル ディスプレイ 装置の概要を紹介する。

本装置の外観を図 1.1 に、表示例を図 1.2 に、仕様を表 1.1 に、また特長を表 1.2 に示す。

2. 構 成

M-340 G 形 グラフィカル ディスプレイ 装置の構成図を図 2.1 に示す。

図 2.1 に示すように、M-340 G の構成は、CRT コントローラ、リフレッシュメモリ、キャラクタジェネレータまたは、パターンジェネレータが直列に接続されている点で、文字専用のディスプレイ装置である。当社の M-340 形 キャラクタディスプレイ装置と基本的に同じであるが、リフレッシュメモリの種類が、メモリ A、C、D-1、D-2、D-3 の 5 種あることと、文字発生器 CG ROM 以外に、パターン発生器 PG RAM、および PG ROM を有し、また、トレンドグラフに関しては、比較回路を有することが従来のキャラクタディスプレイ装置とは異なる点である。

装置の構成要素は、次に示すとおりである。

- (1) ライン インタフェース (Line Interface)
- (2) メッセージコントローラ (Message Controller)
- (3) CRT コントローラ (CRT Controller)
- (4) リフレッシュメモリ (Refresh Memory)
- (5) ビデオ回路 (Video Circuits)
- (6) タイミング回路 (Timing Circuits)
- (7) CRT
- (8) キーボード (Keyboard)
- (9) ライトペン

以上の構成要素の概要を、順を追って説明する。

2.1 ライン インタフェース (LIF)

LIF は、ディスプレイ装置を回線に接続する場合の、MODEM とのインタフェースで、200 ボー、1,200 ボー (非同期式)、2,400 ボー、4,800 ボー、9,600 ボー (同期式) の転送速度のものを有する。

MODEM を介するか、または直結で計算機から転送されてきたシリアルな情報信号を、文字信号の単位で取り込み、必要なチェックを行ない、シリアル-パラレル変換して、メッセージコントローラに送る。

逆に、ディスプレイ装置から計算機へ転送する情報は、ここでパラレル-シリアル変換され、チェックビットおよびチェックコードを付加して送出される。

2.2 メッセージコントローラ (MSC)

MSC は、計算機とディスプレイ装置との間の情報の伝送制御手順

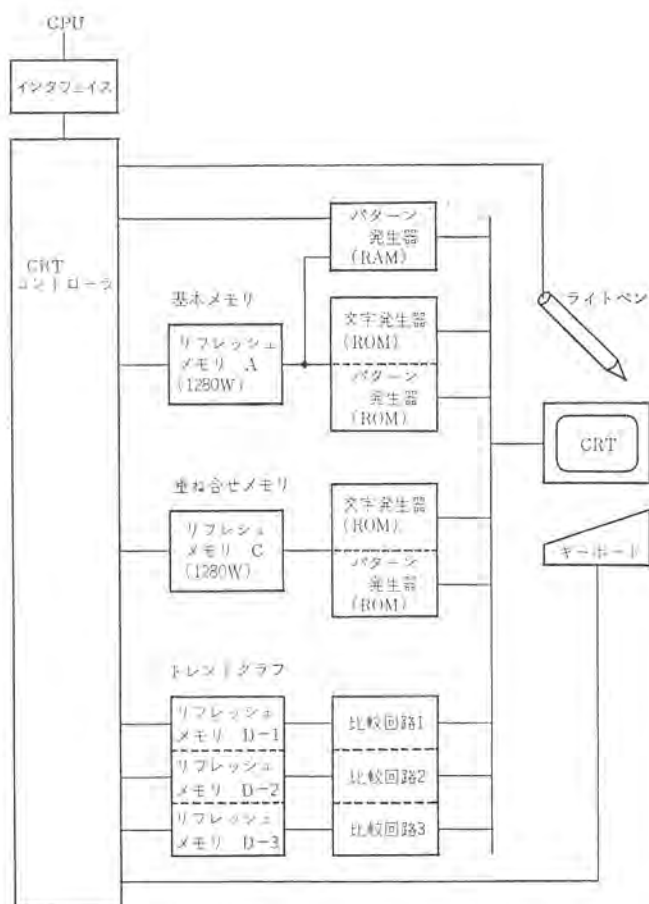


図 2.1 M-340 G 形 カラーグラフィカル ディスプレイ の構成図
Block diagram of M-340 G color graphical display system.

を制御する。ここではポーリング方式を採用している。

2.3 CRT コントローラ (CRT CONT)

CRT CONT はディスプレイ装置の中心となる部分で、次に示す動作をつかさどる。

- (1) リフレッシュメモリの内容を MSC を介して計算機に送出する。
- (2) MSC を介して計算機から転送されてきた情報をメモリに書き込む。
- (3) 計算機からの指令、またはキーボードやライトペンを介してオペレータから与えられた指令にもとづき、メモリの情報を書き換え、編集し、カーソルと称する CRT 画面上のエントリーマークを画面の任意の位置に移動する。
- (4) 装置の状態を検知して、状態表示ランプを点灯する。

2.4 リフレッシュメモリ (RFM)

RFM の動作には 2 種類のモードがあり、第 1 のモードは、いわゆるリフレッシュ動作で、毎秒 60 回の速度でメモリの全内容を順次読み出し、読み出した情報を文字パターンに変換して CRT 画面にくり返し同じ画面を表示するモードである。第 2 のモードは、計算機との間で情報の転送を行なうか、キーボードからの指示で、各種の編集を行なうモードである。リフレッシュメモリへのアクセスは第 2 のモードが優先される。

リフレッシュメモリには、メモリ A、C、D-1、D-2、D-3 の 5 種があり、各メモリの内容を表 2.1 に示す。

メモリ A は基本メモリで、これだけで一画面を表示することができ、基本構成に含まれている。メモリ C はオプションであるが、一画面を表示するだけの容量があり、メモリ A で表示される画面に重ね合せ

表 2.1 各種メモリの内容
Description of memories.

種類	メモリ	構成	メモリの形式	備考
リフレッシュメモリ	A	13b×1,280 W	ダイナミック RAM	基本メモリ
	C	13b×1,280 W	ダイナミック RAM	
	D-1	8b× 256 W	ダイナミック SR	重ね合せメモリ
	D-2	8b× 256 W	ダイナミック SR	
	D-3	8b× 256 W	ダイナミック SR	
パターン発生器	PG RAM	7b×7× 32	スタティック RAM	任意図形用
	PG ROM	7b×7× 64	プログラマブル ROM	固定図形用
	CG ROM	5b×7×114	マスク ROM	文字用

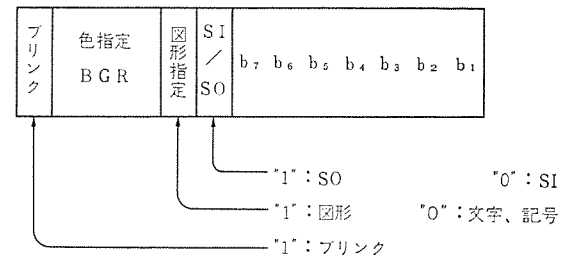


図 2.2 リフレッシュメモリのビット構成
Bit construction of refresh memory.

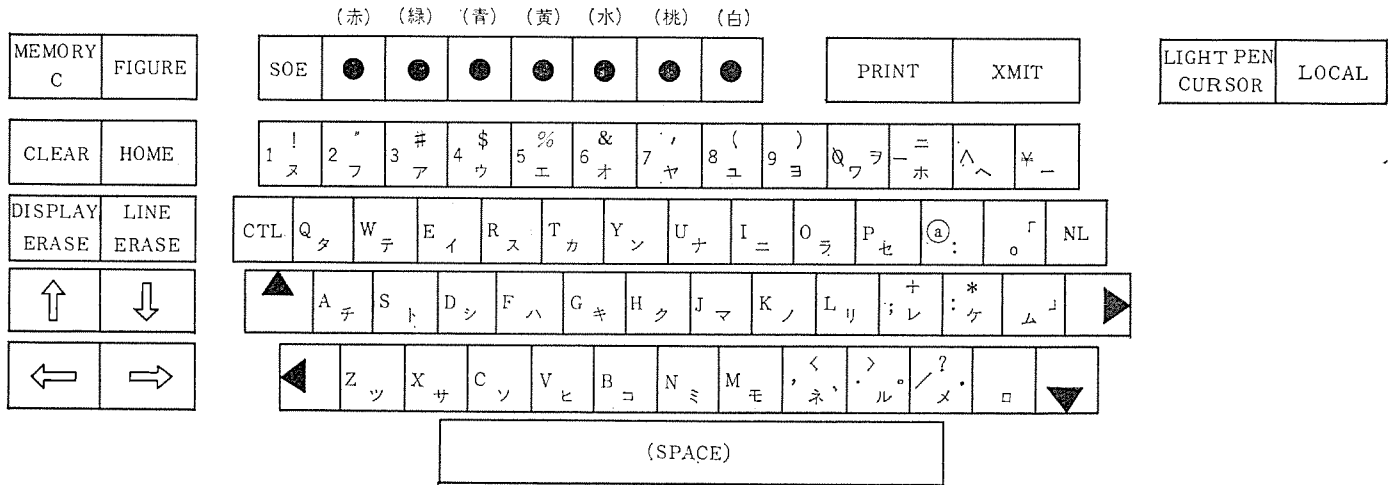


図 2.3 キーボード Keyboard.

て表示することができる重ね合せメモリである。

これらのメモリは1ワード13ビットで構成されているが、そのビット構成は図 2.2 に示す。

メモリ D-1, D-2, D-3 はトレンドグラフ表示用のメモリで、分解能が1/256 のトレンドグラフの色をかえて3本表示することができる。メモリの各ワードには、輝点表示位置のデータがバイナリで記録されていて、1ラスタごとに各256ワード全体が読み出される。

2.5 ビデオ回路

CRT 画面上にパターンを表示するために、ビームの走査に同期してリフレッシュメモリから順次読み出されたコード信号を、文字発生器、パターン発生器、および比較回路を使って、ビデオ信号に変換するとともに、カラー制御回路によって表示色を制御する。

文字発生器としては、マスクタイプのROMを使用し、また、パターン発生器のうち、ROMにはプログラマブルROMを、RAMにはスタティックRAMを使用している。スタティックRAMには、CRT CONTから直接パターンを書き込むことができるので、あらかじめ任意のパターンを書き込んでおいて、それをパターン発生器として使用することができる。

2.6 タイミング回路 (TMG)

TMG は発振周波数が、約13 MHz の水晶発振器をもとにして、各種の制御用信号を発生する回路である。

2.7 CRT

本装置は、画面の表示方式がラスタスキャン方式であるため、CRTのビーム偏向系ははん(汎)用のカラーテレビ受像機のものでそのまま使用できる。CRTに供給される信号は、R, G, B 3色のカラービデオ信号と、同期信号であるから、ビデオ回路系ははん用のカラーテレビ受像機のものより、簡単な回路を用意している。CRT そのものは、標準として、シャドウマスクタイプの14インチカラーCRTを使用している。

が、19インチのカラーCRTを従属接続することもできる。

2.8 キーボード (K/B)

K/B は図 2.3 に示す構造のもので、その機能に次のものがある。

(1) 標準キー

キーを押下することによって、任意の文字または図形を入力することができる。シフトキーとしては、英数字、英記号、カナ、カナ記号を選択する従来の4段シフトキーと、文字か図形かを選択するシフトキーとがある。文字図形の選択用シフトキーは、図 2.3 では“FIGURE”で示されている。図形の入力は対応表により行なう。

(2) メモリ選択キー

“MEMORY C”キーによって、キーボードからの入力をリフレッシュメモリAに記録するか、Cに記録するかの選択が行なえる。

(3) 編集キー

“CLEAR”, “DISPLAY ERASE”, “LINE ERASE”, などのキーを押下することによって、画面の編集を行なうことができる。これらの編集は、基本画面、または重ね合せ画面の単位で行なわれ、編集しようとする画面の選択は“MEMORY C”キーによって行なわれる。

これらの機能は次のとおりである。

CLEAR: 全画面を消去し、カーソルをホームポジションにもどす。

DISPLAY ERASE: カーソルのある位置から画面の最後までを消去する。カーソルは移動しない。

LINE ERASE: カーソルのある位置から、その行の最後までを消去する。カーソルは移動しない。

(4) カーソルキー

矢印で示されたキーを押下すると、カーソルが矢印の方向に移動する。キーを押し続けるとカーソルは連続して移動する。

“HOME”, および “NL” キーは、おのおのホーム動作と、キャリッジリターン、ラインフィードの動作を行なう。

(5) 色指定キー

色指定キーを押下することによって、それ以後入力される文字または図形の表示色を指定することができる。

(6) 転送キー

“XMIT” キーを押下すると、画面上の SOE マーク(▶)のある位置からカーソルのある位置までが計算機に転送される。カーソル位置には EMK マーク(◀)が表示される。この場合も編集動作と同様、基本画面と重ね合せ画面とは独立に転送される。

(7) プリントキー

“PRINT” キーはオプションであるが、これを押下すればグラフィックプリンタ上に一画面の絵がプリントアウトされる。

(8) ライトペン機能選択キー

ライトペンの動作に、ライトペンで指定したアドレスを直接計算機に転送する場合と、単にカーソルを移動する場合とがあるが、この動作の選択に “LIGHT PEN CURSOR” キーが使用される。

(9) LOCAL キー

“LOCAL” キーを押下するとその間、ディスプレイの状態は BUSY となり、計算機から画面を書き換えられることなしにオペレータはキーボードを介して画面を作成することができる。

(10) CTL キー

“CTL” キーはオプションで、このキーを押下するとメモリに ESC コードが書き込まれる。ESC コードとグラフィックキャラクタとを組み合わせで特別な意味を持たせることができる。

2.9 ライトペン

ライトペンは画面上の任意の位置を検知するためのペン状の光検知器で、ペン先を画面に当て、ペン上のスイッチを ON することによって、ペンが指示した画面上のアドレスが読み込まれる。読み込まれたアドレス情報は直接計算機に転送される場合と、単にカーソルが移動するだけの場合とがある。

3. 動作概要

本装置の動作は次の四つに大別できる。

- (1) ディスプレイ (Display)
- (2) データイン (Data In)
- (3) トランスミット (Transmit)
- (4) エディット (Edit)

次に、おのおの動作の概要を説明する。

3.1 ディスプレイモード

リフレッシュメモリの内容を順次読み出し、ビデオ回路を通してコード信号を文字または図形、およびトレンドグラフ信号に変換して、CRT 画面上に文字および図形を表示するだけのモードで、一種のウェイトモードである。優先度は最も低く、キャラクタ単位で割り込まれる。

3.2 データインモード

計算機側から送りたい情報があったとき、ディスプレイ装置がそれを受け取れる態勢にあれば、すなわちビジーでなければ、ディスプレイ装置はデータインモードになる。

計算機から転送される情報としては、次に示すものがある。データはすべて 7 ビットプラスパリティの 8 ビット構成である。

(1) データ

データの内容には次の 3 種のものがある。

(a) 文字または図形のコード信号

(b) トrendグラフの数値を表わすバイナリデータ。

(c) 任意図形表示用 RAM PG へのバイナリデータ。

(b), (c) のバイナリデータは 4 ビットずつに分割して、二つづきのコード信号で転送される。

(2) 制御コード

制御コードにはデバイスコントロールコード (DC 1~4) で示されるものと、ESC シーケンスで示されるものがあり、各種デバイスのコントロールや、メモリ指定、色指定などを行なう。その内容は表 3.1 に示すとおりである。

3.3 トランスミットモード

トランスミットモードは、キーボード上の XMIT キーを押下することにより開始される。

トランスミットモードになると、基本画面、および重ね合せ画面の単位で、画面上の転送すべき情報の最初の位置を表わす SOE マークをサーチし、SOE が検出されると、その位置情報を送出し、続いて画面の情報が送出される。転送は、カーソルのある位置の情報が送出されると終了し、トランスミットモードが終わる。

3.4 エディットモード

キーボードからの指示により文字をタイプインし、また各種の編集を行なうモードである。動作はキーボードの項で説明したのでここでは省略する。

表 3.1 制御コード
Control code.

種 類	コ ー ド				内 容	
デ コ ン ト ロ ール	DC 1				転送指示	
	DC 2				プリントアウト指示	
	DC 3				LOCK セット	
	DC 4				LOCK リセット	
E S C シ ー ケ ン ス	E S C シ ー ケ ン ス	VT	LP	CP	カーソルを LP, CP へ移動	
					DISPLAY ERASE 指示	
					LINE ERASE 指示	
					HOME 指示	
					LINE DELETE 指示	
					CLEAR 指示	
		p	a	基本メモリ指定		メ モ リ 指 定
				重ね合せメモリ指定		
				パターン発生器 RAM 指定		
				トレンドグラフメモリ 1 指定		
				トレンドグラフメモリ 2 指定		
				トレンドグラフメモリ 3 指定		
		s	a	赤 指定		色 指 定
				緑 指定		
				青 指定		
				黄 指定		
				水 指定		
				桃 指定		
				白 指定		
				固定図形指定 64 種		
		r	任意図形指定 32 種			
		t	ブリンク指示			
		u	トレンドグラフ表示指示			
		v	トレンドグラフ抹消指示			

4. 表示機能

4.1 表示フォーマット

画面は、5 種の画面の合成により構成される。各画面は、基本メモリ A, 重ね合せメモリ C, およびトrendグラフ用メモリ, D-1, D-2, D-3 により表示されるもので、メモリ A, C で表示される画面は、両者共 40 画素/行, 32 行であり、メモリ, D-1, 2, 3, によるトrendグラフは、おのおの x 方向に 256, y 方向に 200, の分解能を持つもので、画面の左, 下すみに座標原点を持つ。座標原点は, x, y 方

向共に4画素分右,上にシフトされている。

4.2 文字および画素表示方式

文字および画素パターンは、文字発生器またはパターン発生器に図4.1の丸印で示すような形に記録されている。ここで採用している、CRTのビーム走査方式は、ラスタスキャン方式であるため、文字または図形を表示する場合には、文字またはパターン発生器の第一セグメントのみを、表示文字または画素の1行分、すなわち40画素分連続に読み出し、順次、第二セグメント、第三セグメントと第七セグメントまで読み出すことによって、1行分の素示が可能になる。そのため、文字またはパターン発生器をアクセスする場合には、文字またはパターンの種類を指定する以外にセグメントアドレスを与えてセグメントを選択する必要がある。文字またはパターン発生器から読み出された5ビット、または7ビットの並列信号は直列信号に変換されて選出される。

4.3 トレンドグラフ表示方式

従来から、横方向のラスタスキャン方式による文字または図形表示装置において、各種のトレンドグラフ表示方式が提案されているが、それらは、いずれも時間軸を縦軸にとり、各時点の数値を横軸にとったもので、通常のトレンドグラフ表示方式からみれば、不自然な表示方式であった。

ここで採用したトレンドグラフ表示方式は、これらの欠点をなくすもので、その構成および動作原理は次のとおりである。

いま、画面の横方向にx軸、縦方向にy軸をとって、一価関数 $y=f(x)$ を画面上に表示する場合に、 $x_i(i=1\sim 256)$ に対する各yの値、 y_i を256ビットのシフトレジスタ8本にラスタアドレスの形で記録しておく。この8本のシフトレジスタは6.6MHzのシフトクロックで同時に駆動され、ラスタが1本走ると、シフトレジスタの全内容、すなわち256バイトの情報が読み出される。読み出されたデータは、比較回路で、その時点で走査中のラスタのラスタアドレスの値と比較され、一致すれば一致信号を1ドット時間出力する。これが画面上の輝点として表示されその連続したものがトレンドグラフとなる。

シフトレジスタへは任意の位置に、任意のデータを書き込むことができ、また、グラフの表示色、表示の有無の制御も容易に行なうことができる。本装置では、このようなトレンドグラフを同時に3本まで、表示することができる。

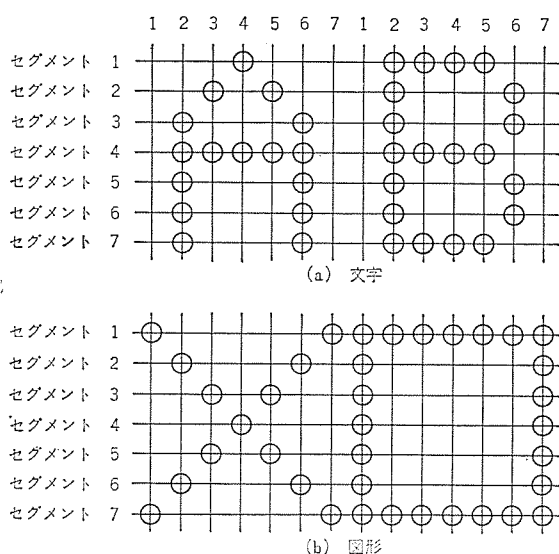


図 4.1 文字/図形パターン
Character/Pattern generator pattern.

5. 図形処理プログラム

本装置は単体で、文字または画素単位でのデータの処理を行なうことはできる。しかし図形を取り扱う場合、複数の画素から構成される図形ブロックの単位で図形を処理することが要求されるが、本装置単体では、そのような能力はない。このような要求を満足させるために、我々は、本装置をミニコンピュータに接続し、ミニコンピュータによって、図形をブロック単位で処理することができるプログラムを開発した。このプログラムを用いると、図形をブロック単位で書き換え、平行移動、色変更、ブリンクなどの処理をすることができ、かつ、数値を与えるだけで任意の長さの棒グラフを表示することができる。

5.1 テキストフォーマット

各画素の属性を表わすデータは、図2.2に示したように13ビットで構成されており、リフレッシュメモリには、1語13ビットの形で記録されている。しかし図形処理プログラムで取り扱うデータは、表示されるデータのみを、図形ブロック単位で記録しているため、各画素ごとに、色、ブリンクなどの属性を与えながら、13ビットで情報を記録することは、いかにもむだが大きいため、ミニコンの内部では、データを7ビット+パリティビットの8ビットISOコードで表わし、色、ブリンク、アドレス指定などはすべて、表3.1に示したESCシーケンスで指定する方式を採用した。

5.2 図形の作成プログラム

コンピュータで図形処理を行なう場合に、まず図形をコンピュータに入力しなければならない。図形の入力を容易にするため、我々はキーボードを使って画面に表示した図形から、キーボードによってブロック指定を行ない、ブロック単位でコンピュータに図形を入力するプログラムを開発した。このプログラムは、ピクチャージェネレータと称し、図形処理パッケージの基本サブルーチンを使った、管理可能な図形ブロックデータを作成するためのサポートプログラムである。ピクチャージェネレータを使用すれば、画面の32行目に表示される、コンピュータ側からのメッセージに対して、キーボードを使ってオペレータが会話形式で応答しながら、図形ブロックの単位で図形の新設、追加、更新、削除を行なうことができる。

このようにして、コンピュータのバッファエリアに入力された図形の情報は、画面単位でディスクメモリに格納され、その内容は、LOADおよびDISPLAY命令により、いつでも画面上に呼び出すことができる。

5.3 図形の管理プログラム

数種の管理用サブルーチンを使って、次に示すような図形の管理を行なうことができる。すなわち、

- (1) 図形ブロックのテキスト部の変更
- (2) 図形ブロックのテキスト部の追加
- (3) 図形ブロックの任意の位置への平行移動
- (4) 図形ブロックの表示色の変更(7色)
- (5) 図形ブロックのブリンクの有無指定
- (6) トレンドグラフの表示/無表示指定
- (7) 水平棒グラフの表示
- (8) 垂直棒グラフの表示
- (9) ライトペンアドレスの取り込み。

の9種がある。

テキスト部の変更は、ESCではじまる制御コード以外の文字または図形コード、およびSI、SQコードが先頭から順に新しいデータと置き

かわる。

トレンドグラフに対しては、上記のデータの変更以外に、データの追加が可能である。このサブルーチンを使えば、すでに表示されているトレンドグラフを延長することが可能である。

棒グラフは水平、垂直共に幅7ドットでグラフの長さは数値を与え、1ドット単位の任意の長さのグラフを表示することができる。

ライトペンで画面上の任意の位置を指定した場合、画面上でのライトペン位置が読み込まれ、そのアドレスが、すでに登録した図形ブロックに含まれるか否かのチェックが行なわれる。ブロックに含まれる場合には、そのブロックアイデンティファイヤを、含まれなければ“0”をユーザプログラムに転送し、その後の処置はユーザプログラムにまかせる。

6. む す び

以上述べたように、本装置は単体で、7色カラー表示、トレンドグラフ表示、ライトペンなど数々の特長を持っているが、ミニコンピュータに接続することによって、図形の計算機への入力を容易にし、かつ図形をブロック単位で取り扱うことが可能になったため、表示画面をつ

レキシブルに処理できるようになった。その結果、各種プラントにおいて従来から使用されている表示パネルでは実現できなかったようなダイナミックなプラントの表示と制御が行なえるようになるものと期待している。現実には、本装置を使って、電力系統や、船舶、または列車などの各種監視や制御を行なう試みがすでにはじめられているが、このような分野はもちろんのこと、これら以外の分野でも、本装置の特長を生かした使用法が開拓されることを希望する。

最後に本装置の開発に当たり、多大の協力をいただいた本社重電計画部、電力系統計画課をはじめ、関係各位に深く感謝の意を表する。(昭和48-5-15受付)

参 考 文 献

- (1) 大川、渡辺：画像技術，2，No. 3，69（昭46）
- (2) 大川ほか：三菱電機技報，45，No. 12（昭46）
- (3) 大川ほか：三菱電機技報，46，No. 2，190（昭47）
- (4) 山崎：ソフトウェア科学，No. 11（昭45）
- (5) 大川：ソフトウェア科学，No. 2（昭46）



技術講座

超音波探傷試験法 (2)

—感度標準試験片—

松 山 宏*

1. ま え が き

超音波探傷法により、欠陥らしいものを発見したとしても、それがたして「有害な欠陥」であるかどうかわからないであろう。それは、超音波探傷法が非破壊検査であって、実際に欠陥らしいものを直接肉眼で見ることができず、評価すること、たとえば欠陥の広がり、深さ、欠陥の分布などを直接手に取って調べることは不可能であるからである。

一つの理想的状態を考えるならば、欠陥らしいものを発見した際に、超音波探傷器のつまみの位置、使用した探触子など測定の諸条件を記録し、また探傷器が表示するデータを正確に記録した後に、その試験材料を切断、破壊して、欠陥らしいものを調べ、欠陥らしいものの広がり、深さ、分布などと、探傷器の表示との関係を得る方法がある。

しかしこの方法では、新しい事例が起こるたびに試験材料を破壊しなければならず、本来の非破壊検査の有効性を大きく阻害してしまうことになる。また探傷器も探触子も、全く同一性能のものは得られるはずはなく、同じ形名のものであっても若干の機差があるのはあたりまえであり、機種が異なればさらに機差が大であることは当然であろう。これは前述した一つの理想状態はあくまで一つの探傷器と一つの探触子との組合せのときのみであることがわかる。今日のように広く探傷器が使用されるようになると、このような理想状態は存在するはずもないし、また他の探傷器や探触子によって再確認することもできず、結局は非破壊検査の信ぴょう性を低下させることにつながることは容易に考えられるところである。

このような問題を解決するために、すなわち、探傷器の相互間の機差や、探傷感度を明確に客観的に表示するために、感度標準試験片なるものを用意し、探傷器を使用する場合は必ず、この感度標準試験片を用いて探傷条件を、客観的に記録する必要が生じてきた。

今日、感度標準試験片は数種類あり、いずれも JIS で規定されているが、これはだれでも勝手に作ってよいものではなく、ある特定の権威ある機関が、その材料から十分吟味して作られたものでなければならないのは、先に述べた内容から理解されよう。

一般に感度標準試験片は、特定の材料（わが国の場合は炭素鋼）に探傷面からの定った位置に、定まった欠陥、たとえばドリル穴とかみぞなどの人工傷をつけたものである。

これを「どの標準試験片のどの標準傷がどれくらいの高さのエコーを示す感度」という感度の表現に広く使用している。

次に国内で広く共通的に使用されている感度標準試験片について説明する。

2. G 形感度標準試験片 (STB-G)

この感度標準試験片は、JIS-Z-2345-1973 で制定されており、パルス反射式超音波探傷器を用い、1~5 MHz で探傷する際の探傷器の総合感度を定め、または表示するための標準として作られたものである。

この感度標準試験片は、10 個 1 組で構成されている。この標準試験片の形状、寸法および欠陥の大きさについては表 2. 1 に示す。

表中 V 2~V 8 はいずれも 2 mm φ の平底孔がけられており、V 15-2 と組合せて、おもに探傷器と探触子の、欠陥と探傷距離との関係の諸特性を測定試験および表現するために使用されている。

V 15-1~V 15-5.6 は主として探傷器と探触子の欠陥の大きさと感度の関係の諸特性を測定、試験および表現するために使用されている。この試験片の形状と寸法は図 2. 1 に示す。

この試験片の使用方法は次のとおりである。

(1) 総合感度の規正と表示

(a) 超音波探傷の実施にあたり、その前後に探傷器の総合感度を規正、確認、記録するための試験片に使用する。使用する試験片は主として、V 15-1~V 15-5.6 の 6 本であり、試験調度において試験片の標準傷のエコーのみとめられる 1~3 本を使用する。なお V 15-1~V 15-5.6 は隣接試験片で面積比が約 2 倍になるように平底孔がけられてあり、各試験片間の感度差が約 6 dB ステップ (2 倍) となる。

表 2. 1 STB-G 感度標準試験片

	L mm	D mm	l mm	d mm
V 2	40	60	20	2.0
V 3	50	60	30	2.0
V 5	70	60	50	2.0
V 8	100	60	80	2.0
V 15-1	180	50	150	1.0
V 15-1.4	180	50	150	1.4
V 15-2	180	50	150	2.0
V 15-2.8	180	50	150	2.8
V 15-4	180	50	150	4.0
V 15-5.6	180	50	150	5.6

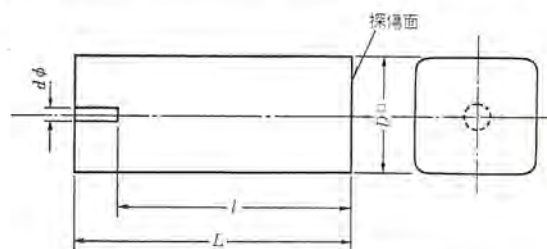


図 2. 1 STB-G 感度標準試験片

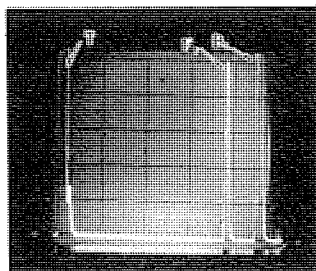


図 2.2 STB-G, V15-5.6
探傷図形

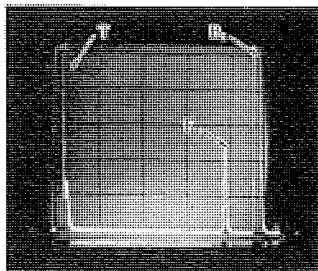


図 2.3 STB-G, V15-4
探傷図形

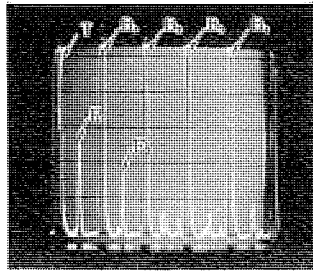


図 2.8 STB-G, V2
探傷図形

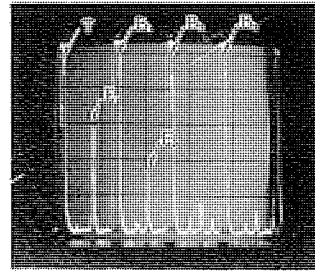


図 2.9 STB-G, V3
探傷図形

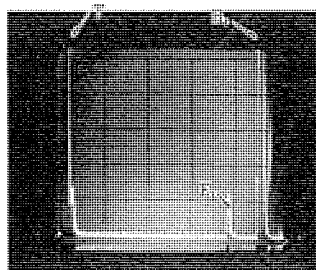


図 2.4 STB-G, V15-2.8
探傷図形

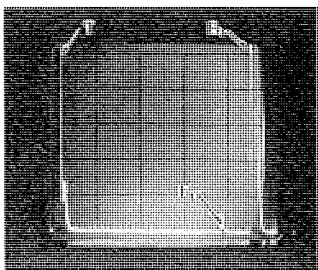


図 2.5 STB-G, V15-2
探傷図形

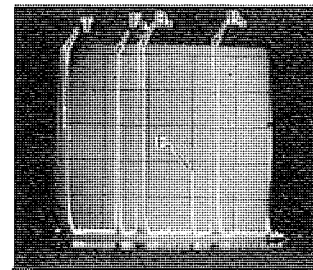


図 2.10 STB-G, V5
探傷図形

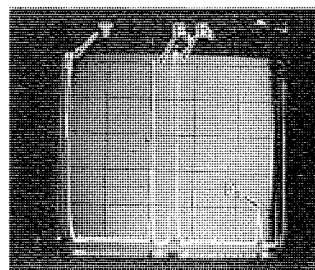


図 2.11 STB-G, V8
探傷図形

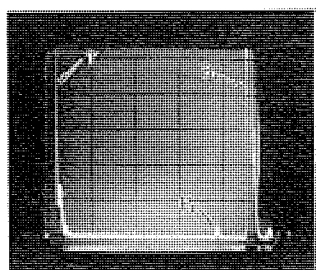


図 2.6 STB-G, V15-1.4
探傷図形

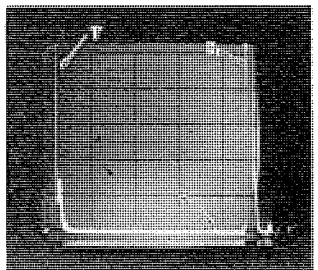


図 2.7 STB-G, V15-1
探傷図形

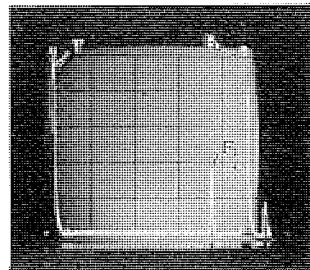


図 2.12 STB-G, V15-2
探傷図形

図 2.2～2.7 に当社製 FD-210 形超音波探傷器を使用し V15-5.6 の人工欠陥からのエコーの高さを 100% に設定した場合の各試験片の探傷図形を示す。

(b) 適当な接触媒質(油など)を介して、探傷面に探触子を当てると、最初エコーが著しく高くなることがあるが、それは不安定であり、さらに押しつけると安定した値に落ち着く。

(c) 総合感度の規正には、V15-1～V15-5.6 の標準傷の第 1 回目のエコー(F_1)の最高値を使用する。底面エコーおよびそれ以後のエコーの高さについては保証していない。 F_1 が最大となる位置は、おおむね探傷面の中央部である。

(d) 標準傷のエコー高さはつぎの方法で記録する。

(i) エコー高さを mm で示す方法

(ii) エコー高さをフルスケールの百分率で示す方法

(iii) 設定した基準線に対する差、または特定のエコー間の差を可変減衰器でよみとった値を dB で表わす方法

上記の方法のうち (i), (ii) は今日広く用いられている。

(e) 記録に際しては、一般に「標準試験片名称」「標準傷名称」「感度」の順に記載する。

たとえば、

STB-G V15-2.8 25 mm

STB-G V15-2.8 50 %

STB-G V15-2.8 70 %

などと記録する。

(2) 探触子の近距離特性の検定

(a) 距離対感度特性の検定には、V2～V8 および V15-2 を使用して、探傷器の減衰器等のつまみ類を一定の調度に保ったまま、おのおのの試験片から得られるエコー高さを記録する。これにより小さい傷に対する探触子の距離特性を知ることができる。図 2.8～図 2.12 は当社製 FD-210 形超音波探傷器を使用した場合の各試験片の探傷図形を示す(測定範囲は 100 mm)。またこれらの図に表示されたエコー最高値をプロットした図(すなわち、エコー高さの距離特性)を図 2.13 に示す。

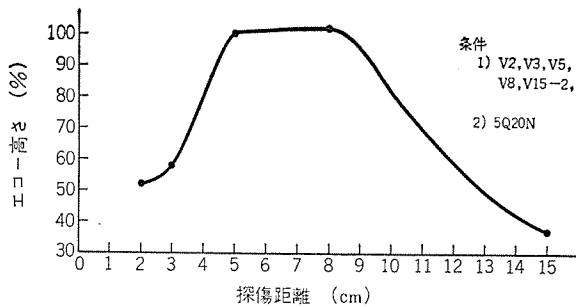


図 2.13 エコー 高さの距離特性

(b) 近距離干渉帯における特性の検定には、V2～V8 を使用して、探触子の中心が、標準傷の真上をとるように、ゆっくり走査して、走査位置とエコー 高さとの関係を記録する。また探触子の向きを変えて行なう。その際、探触子に適当な重錘(約2kg)ののせて行なうと、探触子と探傷面との接触が安定に保たれるので測定に便利である。

3. A1 形 感度標準試験片 (STB-A1)

この感度標準試験片は、JIS-Z-2346-1973 で制定されており、パルス反射式超音波探傷器を用いて、探傷する際の、探傷器、探触子を組合せた状態で次の項目の検定に使用しうる。

- (1) 斜角探触子の入射点の測定
- (2) 斜角探触子の屈折角の測定
- (3) 探傷器の ブラウン 管時間軸上の入射点の校正
- (4) 測定範囲の校正および時間軸の直線性の測定
- (5) 垂直探触子と組合せて分解能の測定
- (6) その他、総合感度の表示などに使用する

この斜角探傷用感度標準試験片は、国際溶接学会の制定した標準試験片に準じてつくられたものである。この試験片の形状を図 3.1 に示す。

この標準試験片の使用方法は次のとおりである。

(1) 斜角探触子の入射点の測定

斜角探触子については、きわめてたいせつな測定項目である。斜角探触子を 図 3.2 の E の位置に当て、100 R の面の反射波が最大となるようしゅう(摺)動し、最大エコーの位置に止めたときのこぎり(鋸)目(みぞ)に一致するところが、斜角探触子のビームの中心である。一般に斜角探触子の側面には、入射点の測定に便利のように1mm ピッチの目盛が刻んであるから、この目盛 とのこぎり目との関係を読み取り記録すればよい。なおこの探触子を使用すれば探触子接触面の摩耗により入射点が変わってくるので、しばしば測定する必要がある。なおこの測定中の波形を図 3.3 に示す。

(2) 斜角探触子の屈折角の測定

斜角探触子については、入射点とともにきわめてたいせつな測定項目である。斜角探触子を、図 3.2 の (F) または (G) に当てる。

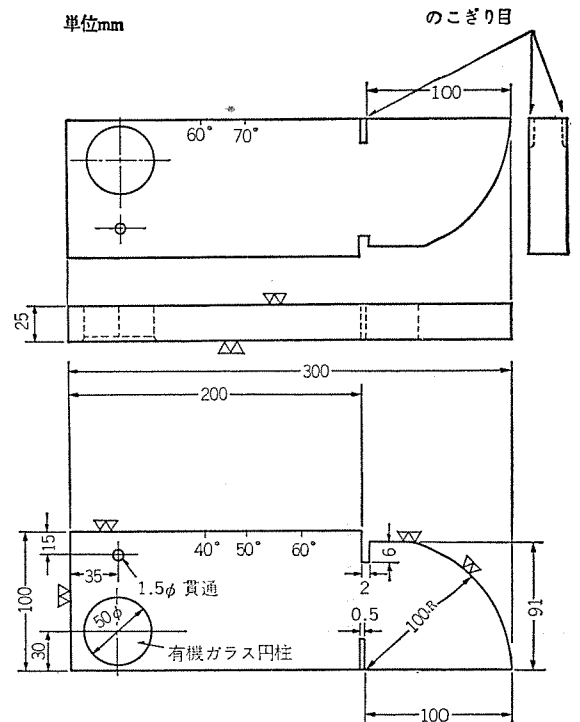


図 3.1 STB-A1 (材料 SM-41) 感度標準試験片

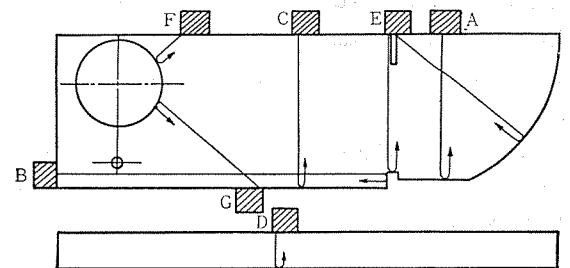
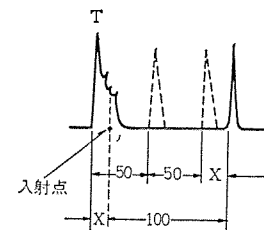


図 3.2 探触子の接触位置



X=探触子のくさびにおける遅れ

図 3.3 時間軸上の入射点の校正

探触子を移動させて、50φ円柱の反射波が最大になる位置を求める。このときの探触子のビーム中心と試験片の面の角度目盛により屈折角を求めることができる。なおこの探触子を使用すれば、探触子の接触面が摩耗して屈折角が変わってくるので、しばしば測定する必要がある。

(3) 探傷器 ブラウン 管時間軸上の入射点の校正

斜角探触子では構造上、どうしても超音波を伝達する アタッチメント

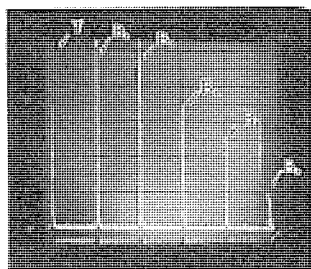


図 3.4 測定範囲 250 mm(位置 A)

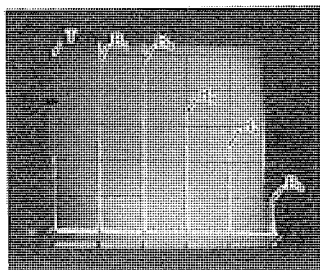


図 3.5 時間軸の直線性測定(位置 C)

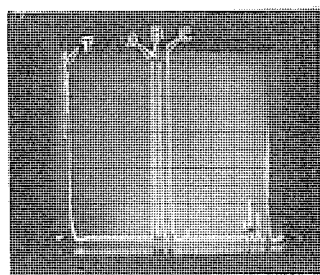


図 3.6 遠距離分解能の測定波形

(くさび)を必要とする。このくさびのため、送信パルス発射時刻よりも被検査物に入射する時刻は遅延する。

この遅延時間は、通常の斜角探触子では $10 \sim 20 \mu s$ 程度で各探触子に固有のもので、あらかじめ探触子について調べておけば、ブラウン管上の時間軸において修正することはできるが、若干の計算を伴い現場的とはいえない。そこでこの試験片を用いる方法について述べる。

これは、まず(1)で述べた方法で時間軸のフルスケールを校正しておき、つぎに斜角探触子を図 3.2 (E) の位置に当てると図 3.3 のような波形となり、時間軸の直線性が良好であれば、入射点の修正量 X が求められる。

(4) 測定範囲の校正および時間軸の直線性の測定

横波の伝ば(播)速度は縦波と異なるので、あらかじめ測定範囲を校正しておくといよい。この校正を、図 3.2 の A の位置に垂直探触子を接触させて縦波で行なうことができる。A の位置は、探傷面から底面までは 91 mm あり、この距離は、鋼中横波の伝ば速度ではちょうど 50 mm に相当している。校正波形を図 3.4 に示す。

また縦波伝ば距離で、時間軸の直線性を校正する場合は、図 3.2 の B, C, D の位置に垂直探触子を当てて行なう。時間軸の直線性を表わす波形を図 3.5 に示す。

(5) 垂直探触子と組合せて分解能の測定

図 3.2 の E の位置に垂直探触子を当てて縦波で測定する。E の位置で 85 mm の点と 91 mm の点および 91 mm の点と 100 mm 点の反射波の分離する能力を測定する。図 3.6 に分解能測定波形を示す。

4. A2 形 感度標準試験片 (STB-A2)

この感度標準試験片は、JIS-Z-2347-1973 で制定されており、パ

ルス反射式超音波探傷器を用いて、溶接部等を斜角探傷する場合、斜角探触子および探傷器を組合せた状態での感度規正、感度表示に使用し、また総合分解能の測定と表示にも使用する。この試験片の形状を図 4.1 に示す。

この試験片の使用方法は次のとおりである。

(1) 感度の規正および表示

この試験片の 1ϕ 深さ 1, 2ϕ 深さ 2, 4ϕ 深さ 4, 8ϕ 深さ 8 の平底穴(先端角度 178°) および 1.5ϕ 貫通孔で感度の規正および表示をする。

(a) 接触子を表面(平底穴のある面)に当て、この試験片の端面を利用して、超音波が裏面で 1 回反射してエコーの出る距離(l) および超音波ビームの向きのだいたいの見当をつける。(図 4.2 を参照)。なお探触子の屈折角を θ 、板の厚さを t とすれば $l = 2t \tan \theta$ となる。

(b) 次の探触子の位置をかえ、任意の穴を上記のように裏面に 1 回反射させながらねらう。この場合(a)で見当をつけた l を利用して、穴と探触子との間隔を合わせ、その付近で探触子を前後に移動したり、また首振りを行い、穴からのエコーが最大になるようにする。この場合、指先に接触媒質をつけて、この穴に触れるとエコーの高さが変わるので、正しくこの穴からのエコーであることがわかる。

(c) 穴からのエコーが最大になる位置がわかったならば、探触子の位置をそのまま保持して、探傷器の減衰器の調度を変えてエコーの高さを適当な値にする。

(d) どの穴で感度調整を行なうか、また穴からのエコー高さを何%にするかは探傷の目的により当然異なるが、いずれか適当な穴のエコー高さを 50 % 程度にするのが望ましい。

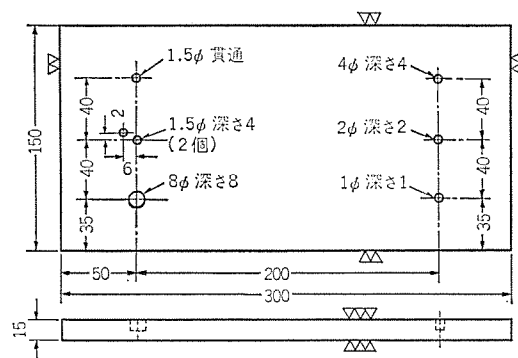


図 4.1 STB-A2 (材料 SM-50) 感度標準試験片

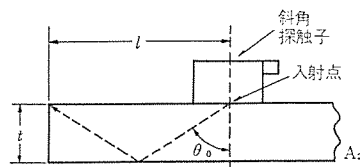


図 4.2 斜角探触子の屈折角と 1 回反射のエコーの出る距離

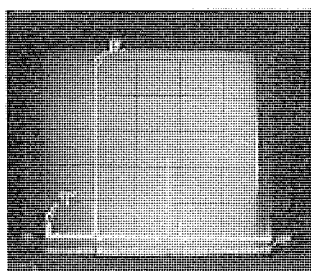


図 4.3 STB-A2
4φ: 45% (1S)

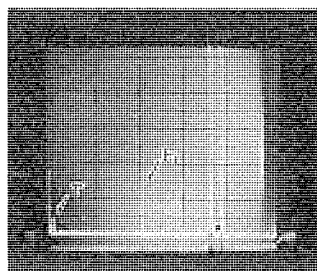


図 4.4 STB-A2
4φ: 35% (2S)

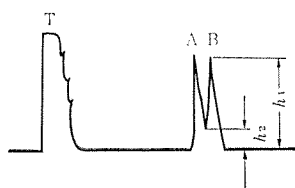


図 4.5 斜角探触子の分解能
を求める波形

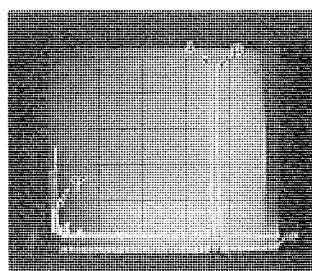


図 4.6 遠距離分解能の測定
波形

(e) ある穴で感度調整を行なった後、その感度で他の穴からのエコー高さがどのぐらいになるかを測定記録しておくことは、あとで探傷結果の判定を行なう際に参考となる。

(f) 探傷感度の調整にあたっては、穴を(a)のように1回反射でねらう。すなわち、1スキップ(1S)距離で行なうのが基本的方法となっている。このときの波形を図4.3に示す。

ただし実際に探傷すべき板が厚い場合には、探傷距離を長くせざるを得ない。

したがって、この試験片による感度調整2S距離または3S距離で行なうのが合理的である。図4.4には2S距離からのエコーを示す。このような場合には、2S、3Sと明記する必要がある。とくに記載がないときは1Sの場合とされている。

(g) 感度の記録

感度は次のように穴、エコー高さ、およびスキップ距離を記録する。

〈例〉

STB-A2, 4φ: 50% (1S), 2φ: 20%, 1φ: 5%, これはこの試験片の4φの穴の1S距離におけるエコー高さをブラウン管フルスケールの50%に調整したとき、2φ穴からのエコー高さは1S距離で20%, 1φ穴からのエコー高さは1S距離で5%であることを意味している。

なお、探傷感度の調整を行なった場合には、探触子、試験周波数、減衰器の調度、送信出力、リジェクションの目盛なども同時に記録しておかなければならない。

(2) 分解能の測定と表示

この試験片の接近して設けてある分解能測定孔(2個の1.5φ貫通孔)を用いて総合分解能の測定を行なう。

(a) 探傷器の感度は、分解能測定孔の1Sまたは2S距離におけるエコー高さが、ブラウン管上フルスケールの100%になるように設定する。

(b) リジェクションをかけると分解能が見かけ上よくなるから、分解能を測定する際はリジェクションをかけないのが普通である。

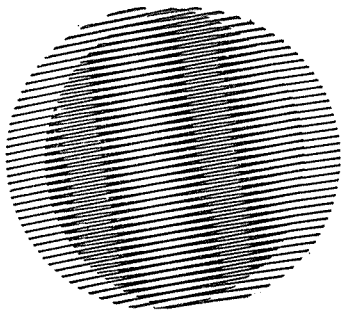
(c) 分解能測定孔の1Sまたは2S距離でのエコーを出し、図4.5のようにAとBのエコー高さが等しくなるように探触子を前後左右に、または首振り操作をする。そうして探傷器の感度を調整して、エコー高さがフルスケールの100%になるようにする。

(d) 写真によって分解能の測定結果を表示するときには、図4.5の状態を撮影する。(図4.6を参照)

(e) 数値によって分解能の測定結果を表示するには、探傷器の減衰器を操作して、AB二つのエコー高さをフルスケールの100%にし、そのときの h_2 を読み、フルスケールに対する h_2 の比をデシベルで表わす。この際、注意を要することは、この探傷器の増幅直線性が十分良好であることが条件である。

(f) 分解能を表示するときは、探傷器、探触子、試験周波数および送信出力をも同時に記録表示しなければならない。

(昭和48-5-30 受付)



新製品紹介

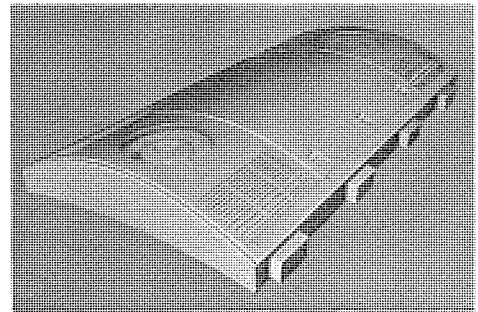
三菱 AU 75 BM 形 ユニットクーラ

昭和 45 年に国鉄通勤電車用 冷房装置試作として納入した AU 75 X 形 ユニットクーラは、各種現車試験に好成績をあげ、その後の通勤電車の冷房に大きな影響を与えた。今回、時代の要請に答えてプラットフォームにおける騒音を下げするため、従来より約 8 ホン騒音を下げ、また車両火災に備えて使用材料の難燃化を強化した AU 75 BM 形 ユニットクーラを完成した。同時に小形・軽量化にも留意した。

■ 従来との仕様比較表

		AU 75 X	AU 75 BM
冷 房 方 式		天井集中式	天井集中式
冷 房 能 力 (kcal/h)		42,000	42,000
クーラ外形寸法 (mm) 長さ×幅×屋根上高さ		3732.3×2,130×416	3,595×2,130×416
電 源	主 回 路	三相, 440 V, 60 Hz	三相, 440 V, 60 Hz
	制 御 回 路	单相, 100 V, 60 Hz	单相, 100 V, 60 Hz
全 入 力 (kW)		28	28
冷 媒		R-22	R-22
重 量 (kg)		940	900

[長崎製作所]



三菱 AU 75 BM 形 ユニットクーラ

MF 形 モータ保護リレー

MF 形 モータリレー は、半導体式の複合要素をもつ高精度な誘導電動機の保護リレーで、標準形は過負荷、欠相 (含不平衡電流)、反相の三要素検出 (3 E) 式である。

サーマルリレー では完全な保護が困難な熱的裕度の少ない水中 モータ や高精度を要求し、かつ多要素の保護を必要とする モータ に対して有効である。

また、MF 形 モータリレー には上記の三要素検出に加えて零相変流器、検出部を追加し安全基準に沿った漏電検出可能な 4 E 式も可能にしている。

■ 特 長

(1) 最適な過負荷保護特性

IC、タンタルコンデンサ等厳選された部品を使用し、過負荷特性、動作時間の精度が高く、かつ各種モータの熱特性に合わせうる。

(2) オプションにて安全基準に沿った漏電検出が可能

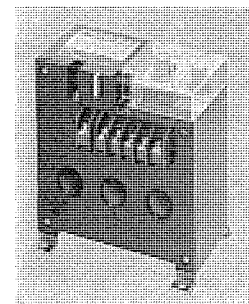
外部 CT と検出部を内部に追加し漏電検出が可能である。

(3) 動作表示が明確で動作内容が判断可能

動作表示はリセットバーの飛出式と発光ダイオードによる表示灯式により過負荷と欠相、逆相による動作表示を区分している。

(4) 回路チェックが容易

リセットバーを手で引出すことにより手動引はずしができ、通電前の回路チェックが可能である。



MF 形 モータ保護リレー

(5) 確実な欠相、反相保護

検出に新しい回路方式により完全欠相はもちろん△結線モータの相内欠相（不平衡電動）も保護可能で、また反相に対しては1s以内で安定に動作する。

■ 仕様および性能

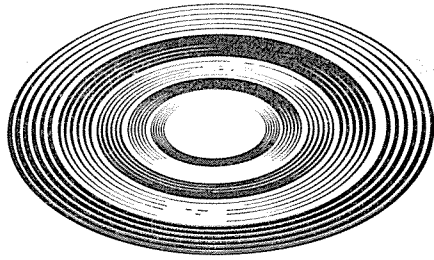
表1 仕様

項目	仕様	
操作電源	AC 100-110/200-220 V 共用, AC 400-440 V ただし4E検出形は単一定格	
定格電流(I)	16 A 72 A 144 A の3種類	
検出要素	3E形…過電流欠相, 反相	4E形…過電流, 欠相, 反相, 漏電
出力接点定格	接点構成 1a1b AC 550 V 通電電流 10 A	
過電流検出	動作値 設定調整範囲 動作時間(6×I)	定格値の115% 定格電流の50~150% 5~15秒可変 ただし水中モータ用3.5秒固定
反相検出	動作値 動作時間	定格電流の5%以下 1秒以下
欠相検出	動作値 動作時間 検出不平衡率	定格電流の10%以下 1秒以下 設定電流の50%以上
漏電検出	動作感度 動作時間	100 mA 0.2秒以下

表2 性能

項目	性能	
過電流最小動作値	公称値(設定値×115%)の±5%	
過電流動作時間精度	設定時間の±15%	
電圧変動特性	過電流検出	定格の-15~+10%にて±1%
	欠相検出	定格の-50~+10%にて±2%
周囲温度特性	過電流検出	-10°C~55°Cにて±5%
	過電流動作時間	-10°C~55°Cにて±10%
耐電圧	端子一括-出力端子間 AC 2,500 V 1分間 電源端子一括-出力端子間 AC 2,000 V 1分間 接点間 AC 1,000 V 1分間	
絶縁抵抗	端子一括アース間(500 Vメガ) 100 MΩ以上 電源端子一括, 出力端子間 100 MΩ以上 接点間 0.5 MΩ以上	
衝撃電圧	端子一括, アース間 AC 4,500 V 1×40 μs	
耐振動衝撃	10~55 Hz 0.5 mm 各方向1時間 10 G	

[名古屋製作所]



関西電力(株)高浜原子力発電所向け

920,000 kVA タービン発電機 工場試験完了

かねて、高浜発電所 2 号機向けとして製作中であった 920,000kVA タービン 発電機が完成し、工場試験を優秀な成績で終了した。

本機は三菱重工業(株)高砂製作所製の 826,000 kW 蒸気タービンと直結されるもので、さきに完成した同発電所 1 号ユニット用と同一容量で、原子力タービン発電機としては国産最大容量のものである。

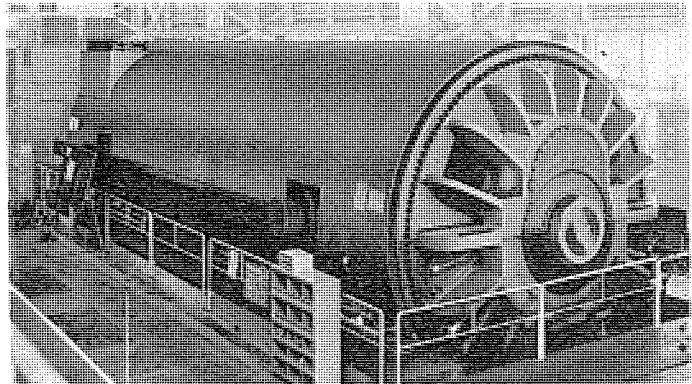
固定子コイルには 2 列ベントチュール式水素内部冷却、回転子コイルには水素内部冷却、固定子鉄心には軸方向通風冷却を採用したが、冷却性能が良好であることが工場試験で確認された。

本機の軸材は国産で、素材重量 166 トンの単一鋼塊である。

1 号ユニットは本年秋の試運転をめざし、据付工事が急ピッチで進められているが、引続いて本機も据付中である。

形 式	横置円筒回転界磁形
容 量	920,000 kVA
電 圧	22,000 V
周波数	60 Hz
回転数	1,800 rpm
力 率	0.9
短絡比	0.58
冷却方式	固定子水素内部冷却 2 列 ベントチュール方式 回転子水素内部冷却
励磁方式	ブラシレス
励磁機定格	3,500 kW, 440 V

[神戸製作所]



工場試験中の 920,000 kVA タービン 発電機

MELCAP (シーケンサ) によるバーナ コントロール装置の完成

■ 概 要

事業用火力発電所用ボイラのバーナ自動制御は、従来リレーロジックまたは、ソリッドステートのワイヤードロジックで構成されていたが、ボイラ単機容量の増大により、コントロールロジックが複雑になり、またハードウェア量そのものも非常に大規模になってきた。

それに加えて種々の公害対策をコントロールロジックに反映させる必要もあり、小形で信頼性が高く、コントロールロジックを組むうえでフレキシビリティに富む制御装置が要望されていた。

これに対し当社は三菱重工(株)、九州電力(株)のご協力を得て、独力で開発したMELCAP (Mitsubishi Electronic Logical Control Apparatus) なるシーケンサをバーナコントロールに適用し、種々のフィールドテストを実施した後、九州電力(株)唐津発電所用システムを完成した。

■ 開発したシステムの特長

MELCAP はロジックシーケンサであるが、開発頭初よりバーナコントロールへの適用をめざしたもので、下記特長を有する。

(1) 制御方式はストアードプログラム方式により、シーケンスロジックをプログラムで処理する方式とした。

このプログラムはテスト中はワイヤメモリを内蔵したソフトメモリコンソールに書きこまれ、実機試運転を行ない、プログラムの変更はソフトメモリコンソール上のキーによって行なわれる。試運転が成功しプログラムが確定した後、このプログラムをROM化することにより、プログラムの電氣的破壊の危ぐ(惧)をなくするとともに、操作そのものも従来のリレー盤と同じくワンタッチ操作を可能にした。

(2) 全システムをIC化するとともに、2重照合、各種パリティチェック、自己検診システム等を完備し、信頼性の向上をはかっている。

(3) 入出力インタフェースには、重電機器と直接インタフェースできるに十分なる容量と、耐雑音対策に十分なるフィルタを装備するに加えて、論理回路そのものも入出力回路はハイスレッシュヨルドロジックを採用している。

(4) 保守点検を容易にするため、保守機能をメンテナンスパネルに集約するとともに、ロジックのオンラインモニタリング機能を装備している。

(5) 電源は信頼性を確保するためACおよびDCの2重系で受電し、互いにバックアップさせるとともに、電源装置そのものも常用、予備の2重系としている。

■ MELCAP の概略仕様

1 命令実行時間	10 μ s
プログラムメモリ	4k words (1 word 16 bits+1 bit parity)
装置容量	
入力点数	768 点 (max 2,048 点)
出力点数	操作出力 384 点, ランプドライバ 512 点 (max 2,048 点)
ラッチメモリ	1,024 点
内部メモリ	512 点
タイマ	224 点 (max 512 点)
カウンタ	8 bit カウンタ 2 個
割込レベル	2 レベル (8 点) 標準
環境条件	温度 -10~50°C, 湿度 30~90 %

■ その他

MELCAP によるバーナコントロールは三菱重工(株)長崎造船所の香焼島超臨界圧実験ボイラに適用し、種々のフィールドテストを行なった後、今回九州電力(株)唐津発電所用システムを完成したものであり、関西電力(株)姫路第2発電所5号機用もすでに製作完了し納入済みである。また、某電力会社向けとして現在2プラント分を計画設計中である。MELCAP はバーナコントロール以外にもシーケンサとして種々の制御に適用可能なもので、すでに水処理プラント用として数ユニット納入し、現在順調にか(稼)動中である。

[神戸製作所]

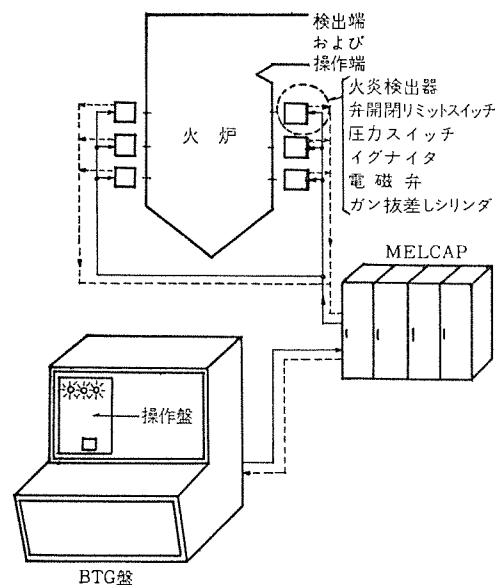


図1 パーナ自動制御装置の構成

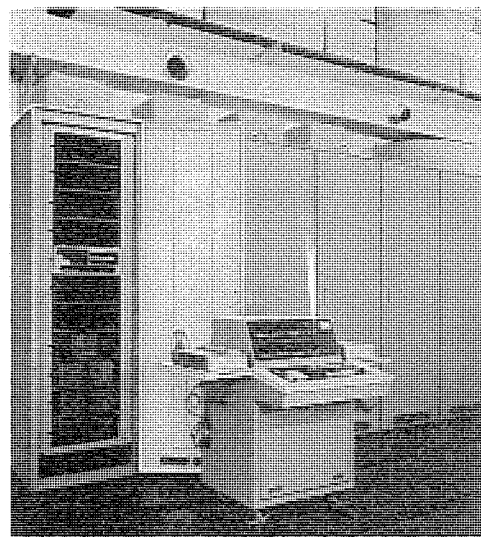


図2 MELCAPを使用したバーナコントロール装置
(九州電力(株)唐津発電所納め)

国内最大級、雫石土地改良事業所納め

440 kW 4 P 高圧浸水式水中モートル完成

当社では、本年頭初より鋭意製作していた、国内最大級の 440 kW 4 P 3 kV 級高圧水中モートル1台をこの程完成し、電業社機械製作所経由 雫石土地改良事業所（北上川上流御所ダム）へ納入した。従来、この種の水中モートルでは低圧級で昨年当社が開発した 350 kW（8 P）が、また、高圧級では 340 kW（6 P、3 kV）が、これまでの国内最大容量品であり、今回の同事業所納入品は高圧級はもちろん、低圧級を含めても文字どおりの最大容量記録品である。なお、この水中モートルは 1965 年高圧水中モートル実用化以来、今日まで、その運転製作実績で安定性が立証されている、モートル機構と絶縁工作技術に、特に今回はこの種の大形品としては、初めて設備用として、合理的な立形軸上構造と、水潤滑軸受スラスト受では、高速高荷重の軸受機構を採用する等、特長を有している。また、この水中モートルは既に現地据付を完了し、6 月中旬より本格的な稼動運転に入っており、同地区のかん漑取水ポンプ用として、今後その活躍がますます期待されている。同水中モートルおよびポンプの主要仕様は下記のとおりである。

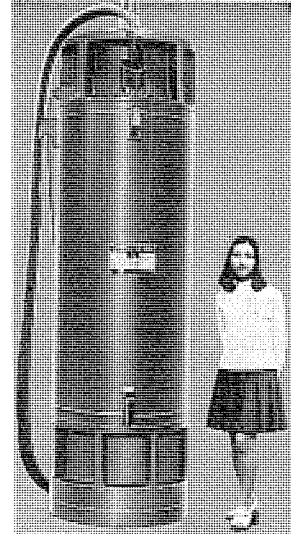
(1) 水中モートル

形 式	全閉立形（軸上）水封式
出力、極数	440 kW 4 P
電圧、周波数	3,000 V 50 Hz
全負荷効率	89.8 %
スラスト 荷重	（常用 4,500 kg）（最大 6,000 kg）
概略寸法	760 φmm × 3,000 mm
重 量	5,500 kg
台 数	1 台

(2) 水中ポンプ

形 式	斜流形
口 径	400 mm
流 量	18/24 m ³ /min
揚 程	76/72.5 m
毎分回転数	1,480 rpm

[名古屋製作所]



本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪営業所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル) (電) 530	(電) 大阪 (06) 343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社) (電) 420	(電) 静岡 (0542) 54局4681番
福岡営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
長崎出張所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館) (電) 852	(電) 長崎 (0958) 61局6101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (電) 060-91	(電) 札幌 (011) 212局3711番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号 (電) 930	(電) 富山 (0764) 31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (電) 730	(電) 広島 (0822) 48局5311番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館) (電) 700	(電) 岡山 (0862) 25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号 (電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル) (電) 950	(電) 新潟 (0252) 45局2151番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (電) 100	(電) 東京 (03) 218局2111番
関東商品営業所	大宮市大成町4丁目298番地(三菱電機大宮ビル) (電) 330	(電) 大宮 (0486) 65局3211番
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
福岡商品営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (電) 060-91	(電) 札幌 (011) 212局3777番
仙台商品営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地 (電) 920	(電) 金沢 (0762) 52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (電) 730	(電) 広島 (0822) 48局5311番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号 (電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
東京機器営業所	東京都港区北青山1丁目2番3号(青山ビル) (電) 107	(電) 東京 (03) 404局0336番
大阪機器営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
名古屋機器営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
静岡機器営業所	静岡市小島2丁目1番22号 (電) 420	(電) 静岡 (0542) 82局2061番
浜松機器営業所	浜松市海老塚町479の1 (電) 430	(電) 浜松 (0534) 54局4121番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
生産技術研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 (電) 652	(電) 神戸 (078) 652局2121番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地 (電) 669-13	(電) 三田 (07956) 3局4371番
赤穂工場	赤穂市天和651番地 (電) 678-02	(電) 赤穂 (07914) 3局2221番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号 (電) 850-91	(電) 長崎 (0958) 61局6211番
稲沢製作所	稲沢市菱町1番地 (電) 492	(電) 稲沢 (0587) 32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地 (電) 640-91	(電) 和歌山 (0734) 36局2111番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地 (電) 664	(電) 伊丹 (0727) 82局5131番
熊本第一工場	熊本市竜田町弓削720番地 (電) 862	(電) 熊本 (0963) 38局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997 (電) 861-11	(電) 熊本 (09624) 2局0151番
名古屋製作所	名古屋市中東区矢田町18丁目1番地 (電) 461	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町下井 (電) 488	(電) 尾張旭 (05615) 3局5101番
福岡製作所	福岡市西区今宿青木690番地 (電) 819-01	(電) 福岡今宿 (09295) 6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号 (電) 720	(電) 福山 (0849) 21局3211番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号 (電) 229	(電) 相模原 (0427) 72局5131番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地 (電) 670	(電) 姫路 (0792) 23局1251番
静岡製作所	静岡市小島3丁目18番1号 (電) 420	(電) 静岡 (0542) 85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (電) 508	(電) 中津川 (05736) 6局2111番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局6111番
郡山製作所	郡山市栄町2番25号 (電) 963	(電) 郡山 (0249) 32局1220番
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電) 370-04	(電) 尾島 (02765) 2局1111番
藤岡工場	藤岡市本郷字別所1173番地 (電) 375	(電) 藤岡 (02742) 2局1185番
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1番地 (電) 617	(電) 京都 (075) 921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前 (電) 380	(電) 長野 (0262) 43局1101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条東12丁目98番地 (電) 060	(電) 札幌 (011) 231局5544番

交 通 シ ス テ ム 特 集

《特集論文》

- 帝都高速度交通営団向け 8 号線車両用 AVF チョッパ制御装置
- 帝都高速度交通営団向け 8 号線車両用主電動機・駆動装置および車両性能
- 車両冷房用電動発電機
- 計算機による列車運行制御システム
- 立体駐車場制御システム
- 鉄道の操作場無線制御システム
- 最近の電鉄用直流変電所

《普通論文》

- ガス絶縁開閉装置 (GIS) の特高受電設備への適用
- 電解加工—硝酸ソーダ水溶液による加工—
- 計器用変圧器保護用高圧限流ヒューズ
- 茨城県 深芝下水処理場向け汚泥処理設備用電機品 (MELCAP による制御)

《技術講座》

- 超音波探傷試験法 (3) —規格—

三 菱 電 機 技 報 編 集 委 員 会

委員長	正 木 茂 雄	常任委員	堀 謙 二 郎
副委員長	神 崎 遼	"	湊 武 雄
常任委員	上 田 重 夫	"	武 藤 正
"	宇 佐 見 重 夫	"	吉 松 誠 一
"	大 田 重 吉	委 員	粕 谷 一 雄
"	北 川 和 人	"	武 田 忠 夫
"	古 賀 亨	"	林 昇 寿
"	外 野 範 吾	"	待 鳥 正
"	塚 本 信 雄	"	吉 武 正 彦
"	福 家 章	"	若 宮 佐 三
"	藤 永 敦		(以上 50 音順)

昭和 48 年 8 月 22 日印刷 昭和 48 年 8 月 25 日発行「禁無断転載」定価 1 部 金 200 円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

正 木 茂 雄

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地
(郵便番号 162)

大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地

高 橋 武 夫

発行所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 (郵便番号 100)

三菱電機株式会社内

「三菱電機技報社」

(電話) (03) 218 局 2323 番

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (郵便番号 101)

株式会社 オーム社書店

(電話) (03) 291 局 0912 番 振替口座 東京 20018 番