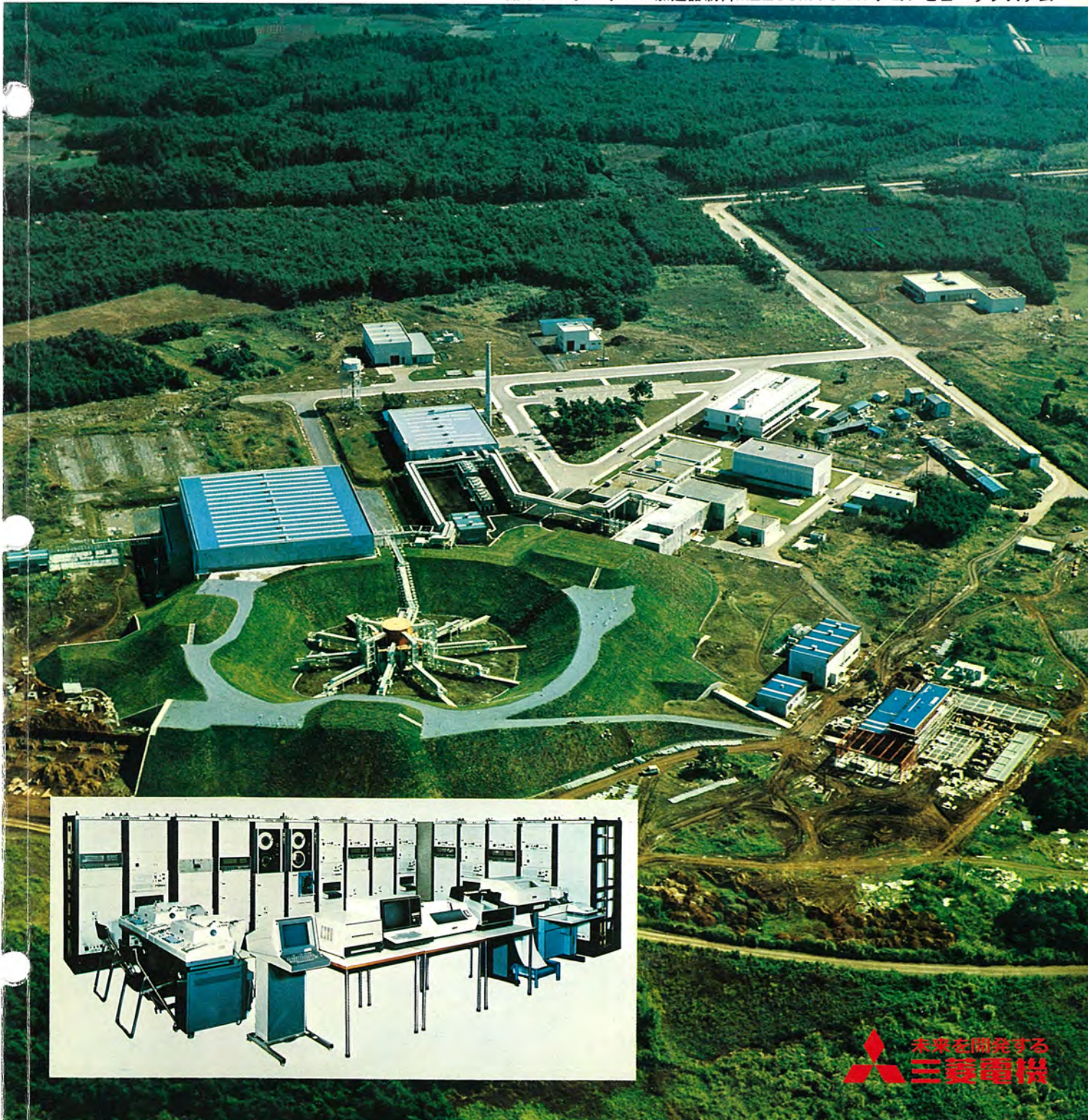


MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol. 48 June 1974
ミニコンピュータ応用特集

6

陽子シンクロトン加速器制御MELCOM 70マルチコンピュータシステム





ミニコンピユータ応用特集

目次

《特集論文》

MELCOM 70 のハードウェア	深尾忠一郎	671
MELCOM 70 の基本ソフトウェア	田原 豊・北原拓也・山崎 真・伊藤彰彦・山本雅昭	677
Modulo-p 演算によるミニコンピユータ向き 行列反転方式	下地貞夫・小林健三	682
MELCOM 350-7 制御用計算機システム	武藤達也・長沢一嘉	688
定期券発行装置	柳沢 武・多田 豊・大倉忠広・小林正孝・高出 一	695
ミニコンピユータの医療関係への応用	新納 弘・服部七郎・大森昭彦・福岡正憲	701
テレメータデータ処理装置	柳沢 忍・北原貞守・田中 智・竹野宏平	708
給電所用自動記録装置	羽子岡 蕃・渡辺 進・伊東正男	714
過渡現象のオンラインディジタル計測システム	宮本紀男・高見紀二・坂口幾子・橋本清子	718
複数台の旋盤に対する自動ローディング・アンローディングシステム	壺井芳昭・津田栄一・正田茂雄・東 健一・酒田泰博	724
ミニコンピユータによる工作機械の制御	弘中一光・丸山寿一・服部 俊・松本康司	729
小型モータ生産ラインの自動化へのミニコンピユータの応用	菰原 智・早瀬 弘・峯 平・壺井芳昭・渡辺光人・正田茂雄・淡野光章	734

《普通論文》

マイクロコンピユータ用 ROM の作図・検査データの自動作成	田中禎一・金田 一	743
自動高周波焼入装置	君塚 斉・嶋田 収	747
コークス炉用作業機械のディジタル制御	今堀信彦・水野公元	752
水処理設備へのマイクロコントローラ MELMIC の適用	盛口全太	759
ハイレベルデータリンク制御システム	磯崎 真・首藤 勝・松永 宏・水野忠則・森 伯郎・中塚茂雄	766
酸無水物硬化エポキシ樹脂の放射線照射効果	鈴木康弘・角田 誠・柴山恭一	773
計算機制御におけるディジタルフィルタの応用	立花康夫・紀本賢一	777

《技術講座》

数値制御装置シリーズ (3) 数値制御装置のサーボ機構について (その2)	桑田 博	785
---	------	-----

《新製品紹介》

監視用画像検索カラー表示装置	790
----------------------	-----

《ニュースフラッシュ》

レーダ目標検出装置を完成、納入・保護レー万能自動点検装置 (SART) の完成	791
---	-----

《特許と新案》

車両用衝撃時回路リ断装置・内燃機関・密閉形圧縮機・機関の吸気加熱装置	741
--	-----

《表紙》

表紙 1 陽子シンクロトロン加速器制御 MELCOM 70 マルチコンピユータシステム

本装置は文部省高エネルギー物理学研究所で現在建設を進めている、東洋最大規模の 80 億 eV カスケード形陽子シンクロトロン加速器の制御、監視をするための MELCOM 70 計算機システムである。

本システムは 6 台の MELCOM 70 からなり、1 台を中央制御用の計算機とし、5 台を衛星計算機として中央計算機に直結し、中央計算機に集められたデータを共通のリリースとして使い、かつ各衛星計算機がシンクロトロン加速器各部のデータ収集、制御をしてゆくものである。

本計算機システムは昭和 49 年 3 月現地据付が完了し、同年後半には総合システムとして運転が予定されているものである。

表紙 2 三菱ミニコンピユータ MELCOM 70

表紙 3 三菱ミニコンピユータ MELCOM 70

表紙 4 三菱定期券発行機



**SPECIAL EDITION FOR APPLICATION OF MINICOMPUTERS****CONTENTS****SPECIALLY COLLECTED PAPERS**

MELCOM 70 Hardware.....	C. Fukao...671
MELCOM 70 Basic Software.....	Y. Tahara • T. Kitahara • M. Yamazaki • A. Ito • M. Yamamoto...677
A Minicomputer Oriented Matrix Inversion Method Based on Residue Number Theory	S. Shimoji • K. Kobayashi...682
MELCOM 350-7 Process Control Computer Systems.....	T. Muto • K. Nagasawa...688
Commutation Ticket Issuing System.....	T. Yanagisawa • Y. Tada • T. Okura • M. Kobayashi • H. Takade...695
Application of Minicomputers to Medical Electronics.....	H. Niino • S. Hattori • A. Omori • M. Fukuzumi...701
Telemetry System Including Data Processing Unit.....	S. Yanagisawa • S. Kitahara • S. Tanaka • K. Takeno...708
Supervisory Information Printing Equipment.....	S. Haneoka • S. Watanabe • M. Ito...714
A Minicomputer Aided Real Time Central Data Acquisition and Analysis System	T. Miyamoto • T. Takami • I. Sakaguchi • K. Hashimoto...718
Automatic Loading and Unloading System for Multiple Lathes	Y. Tsuboi • E. Tsuda • S. Masada • K. Azuma • Y. Sakata...724
Computerized Numerical Control.....	K. Hironaka • H. Maruyama • T. Hattori • Y. Matsumoto...729
Minicomputer Application to Small Motor Production Line	S. Hagihara • H. Hayase • T. Mine • Y. Tsuboi • M. Watanabe • S. Masada • M. Danno...734

TECHNICAL PAPERS

Automatic Generation of ROM Artwork and Test Data for Microcomputers.....	T. Tanaka • H. Kanada...743
Mitsubishi Automatic High Frequency Induction Hardening Equipment.....	H. Kimizuka • O. Shimada...747
Digital Control of Coke Oven Machines.....	N. Imahori • K. Mizuno...752
Application of Micro-Controllers MELMIC-100 to water Treatment Facilities.....	Z. Moriguchi...759
High-Level Data Link Control System	S. Isozaki • M. Sudo • H. Matsunaga • T. Mizuno • H. Mori • S. Nakatsuka...766
Irradiation Effects of Epoxy Resin Cured with Acid Anhydride.....	Y. Suzuki • S. Tsunoda • K. Shibayama...773
Application of Digital Filters to the Computer Control.....	Y. Tachibana • K. Kimoto...777

TECHNICAL LECTURE

Numerical Controller Series (3) Servo Systems of Numerical Controller (Part 2).....	H. Kuwata...785
---	-----------------

NEW PRODUCTS	790
---------------------------	-----

NEWS FLASH	791
-------------------------	-----

PATENT AND UTILITY MODEL	741
---------------------------------------	-----

COVER :**MELCOM 70 Multi-Computer System for the Control of Proton Synchrotron Accelerator**

This apparatus is a MELCOM 70 computer system for the control and watching of an eight billion eV cascade type proton synchrotron accelerator, which is in the largest scale in the orient and now under construction at the National Laboratory for High Energy Physics.

This system consists of six sets of MELCOM 70, of which one set is used for a computer of the central control and five sets are connected direct to the central computer as satellite processor. Data collected at the central computer are used as a common resource and each of the satellite computer collects and controls respective data at the points of the synchrotron accelerator.

This computer system was brought to complete installation at the site in March, 1973, being scheduled to operate in the latter part of the year as an integrated system.

UDC 681.3


MELCOM 70のハードウェア

深尾忠一郎

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P671～676

MELCOM 70は、数多くの内外ミニコンピュータの中でも最高クラスの性能を持つ高級機として開発されたもので、47年5月の1号機出荷以来約2年を経過し、その優れた性能がフィールドで完全に実証されるなど、市場における地歩を確固たるものにした。

本文では、最近の開発成果を中心にハードウェアの全般にわたって説明するとともに、最近注目を集めているミニコン複合システムの実施例をハードウェアの側面から説明した。

なお、計算機システムを  開発していく上でハードウェア自体の開発と表裏一体の関係にある診断プログラムの開発整備状況についてもその体系を中心に説明した。


UDC 681.3.004:656:656.211.07

定期券発行装置

柳沢 武・多田 豊・大倉忠広・小林正孝・高出一

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P695～700

ミニコンピュータ MELCOM70 を制御機とする定期券発行装置を開発した。開発された定期券発行装置は定期券発行窓口機を最大4台まで接続することができ、しかもそれらが完全に同時並列動作できるように設計されている。この設計にもとづく定期券発行装置はすでに日本国有鉄道、帝都高速度交通営団、大阪市交通局に納入され実動中である。


定期券発行装置は定期券発行業務の能率化、発行記録の計算機処理化、自動改札など駅業務の機械化にこたえるものの一つとして旅客運輸業界の関心を集めている。 

UDC 681.3.01:007.3

MELCOM 70の基本ソフトウェア

田原 豊・北原拓也・山崎 真・伊藤彰彦・山本雅昭

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P677～681


ミニコンピュータMELCOM70は発売以来受注台数も順調に増加し、その適用分野も機器制御、計測、プロセス制御からデータ通信、医療と非常に多岐にわたっている。ハードウェア構成も4kWの主記憶装置とシステム クイブライト装置だけの基本構成から32kWの主記憶装置に、カード読取装置、ラインプリンタ装置、カートリッジディスク装置などが接続された、従来の中形機相当のものまで幅広く受注納入している。この論文では、多様化、高度化するミニコンピュータの応用システムに対し、MELCOM70の基本ソフトウェアがどのようにサポートされている  かにについて全般的に紹介する。

UDC 681.3.004:658.9

ミニコンピュータの医療関係への応用

新納 弘・服部七郎・大森昭彦・福岡正憲

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P701～707

Medical Electronicsの技術とComputerの情報処理機能とを組み合わせた新しい情報処理分野としてMedical Information Systemがクローズアップされてきた。しかしComputerの応用範囲、システム規模、処理形態は大小様々である。本論文ではMedical Information SystemにおけるComputerの利用をシステム毎に概説すると共に、ミニコンピュータの応用として実用化間近な Clinical Laboratory Automation Systemの解説をする。Clinical Laboratory Automation Systemは、Automatic Analyzerの分析結果であるDigital or Analog Dataを収集解析すると共に、Laboratory全体の合理化を計るためのデータ処理を同時並行処理する。  昭和49年6月完成目途に開発中であるが、世の中のニーズとあいまって将来性のあるシステムであり、Hard & Softwareの標準化が今後の課題である。

UDC 511.2:512.8:681.3.04

Modulo-p演算によるミニコンピュータ向き行列反転方式

下地貞夫・小林健三

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P682～687

ミニコンピュータの処理機能に適合した、演算性の高い計算方式の開発を目的とし、modulo-p演算に基づく計算法を検討した。高橋および石橋の方法に従って行列反転方式を構成し、プログラムを作成し、演算性の検討を行なったところ、アセンブラの浮動小数点演算ルーチンによる場合に比べて3倍以上の計算速度を持つことと、 10^{10} に近い条件数の行列を反転しうることが確かめられ、十分な実用性のあることがわかった。

UDC 621.398:681.323.02:628.1.03

テレメータ データ処理装置

柳沢 忍・北原貞守・田中 智・竹野宏平

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P708～713


プロセス用データ伝送においては、最近の動向として、システムの機能上データ処理装置として独立のものを設置するしないにかかわらず、伝送側にてデータの一次的処理を行なうことが必要となる傾向がある。本文では、その例としてテレメータの一部にミニコンピュータMELCOM70をくみ込み、テレメータ専用プロセス入出力装置を付加して構成したシステムを紹介する。

UDC 681.31

MELCOM 350-7 制御用計算機システム

武藤達也・長沢一嘉

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P688～694


制御用ミニコンピュータ「MELCOM 350-7」は、中央処理装置としてはん(汎)用ミニコンピュータ「MELCOM 70」を組み込み、制御用として実績のある「MELCOM 350シリーズ」の入出力装置と結合することにより、高信頼性、高性能、低価格のプロセス制御用ミニコンピュータを実現したものである。ソフトウェアの面では、プロセス監視制御の分野で蓄積された経験をベースに、幅広い応用分野に適應できる標準ソフトウェアパッケージをあらかじめ準備して、ユーザの負担を軽くするとともに、イージョグ的な注文を可能にしたことが特長となっている。 

UDC 621.311.2/.4:681.323

給電所用自動記録装置

羽子岡蕃・渡辺 進・伊東正男

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P714～717

電力需要の増大に伴い、電力系統は大規模化・複雑化しつつあり、系統運用の中核を成す給電所の業務はますます増加しつつある。給電所の運用者は電力の供給信頼度を維持するという社会的要求を満たすため、系統切換機器停止などの日常運用操作指令、事故発生時の復旧操作指令等の重要業務に専念する必要がある。機器動作の記録業務等の自動化、省力化が望まれている。本文で紹介する給電所用自動記録装置は上記要求に応じて系統給電指令所、地方給電所などの記録業務の自動化を図ったものであり、MELCOM70を実装した装置本体1架とタイプライタ装置1台に  より構成されている。

UDC 681.322.02:[53.08+621.317.3]

過渡現象のオンラインデジタル計測システム

宮本紀男・高見紀二・坂口幾子・橋本清子

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P718~723

低速から超高速現象までのあらゆる過渡現象をオンラインリアルタイムでデジタル記録し解析するシステムを開発し、中研に設置した。このシステムはミニコンピュータ(MELCOM 70)とトランジェントレコーダを結合し、磁気ディスクを外部メモリとして、これらを九つの実験室に分散しておかれた端末機によりタイムシェアリングするもので、各実験室で実験中のデータを並行して収集し、データをもとにシミュレーション、相関分析、統計処理など高度のデータ処理を行う。このシステムはプラズマ、雷放電など超高速現象の現象発生前の前駆現象のデータを、強電界、強磁場など過酷なノイズ環境のもとで収集解析でき、これまでのシステムにない特長をもっている。

UDC 681.3.06:621.382

マイクロコンピュータ用ROMの作図・検査データの自動作成

田中禎一・金田 一

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P743~746

マイクロコンピュータの自動設計システムの開発では、従来から行なわれているLSIの自動設計技術に、さらにクロスアセンブラやシステムの動作シミュレータなど、コンピュータの自動設計技術を付加して考えていかねばならない。本論文では、マイクロコンピュータの自動設計システムの例をROM設計自動化の観点から述べている。例示したマイクロコンピュータは、16けたの直列処理方式をとるものである。ソースプログラムはシミュレータによってデバッグされ、デバッグ済みのソースプログラムから作図命令およびテストプログラムができあがるまでの過程が完全に自動化されている。

UDC 621-5:621-77:681.31

複数台の旋盤に対する自動ローディング・アンローディングシステム

壺井芳昭・津田栄一・正田茂雄・東 健一・酒田泰博

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P724~728

エレベータ、エスカレータの軸の加工ラインを自動化するため、NC旋盤に対するワークのハンドリングを自動的にこなすローディング・アンローディングシステムを開発し実用化した。このシステムは1台のローダ・アンローダで3台のNC旋盤に、ワークの取り付け、取りはずしなどのサービスを行なうのが特長である。複雑なシーケンス制御および安全性のチェックのためにミニコンピュータを制御装置として使用している。

本文では、システムの概要と機能、機械装置の構成、制御装置の構成と制御内容などについて述べる。

UDC 621.785.6:62-1/-9:621.3.029.5

自動高周波焼入装置

君塚 齊・嶋田 収

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P747~751

自動車工業・建設機械・機械工業界等を中心に、急速に高度化している高周波焼入装置は、省力化の一環をこなすようになって自動化された装置として機械工場のラインに入り、活躍している。

本文では、自動化についての問題点を装置メーカーの立場を中心にして解説し、当社で製作した自動高周波焼入装置を紹介する。

UDC 621-54:681.178

ミニコンピュータによる工作機械の制御

弘中一光・丸山寿一・服部 俊・松本康司

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P729~733

ミニコンピュータは最近の急速な発展とともに、各種の自動機の制御装置として応用されているが、NC装置においても、ミニコンピュータを内蔵したCNCが開発され実用化されている。これはミニコンピュータが性能の向上、価格低下などにより技術的にも経済的にも従来のNC装置に対抗できるようになったためである。

今回開発したCNCは従来のNC装置のもつ機械制御機能をできるだけソフトウェアで実現し、複数台の機械の同時制御が可能なような構成とし、将来の機能拡張に対しても十分対応できるように考慮している。今回開発したシステムの構成・機能について報告する。

UDC 621.316.7:662.7

コークス炉用作業機械のデジタル制御

今堀信彦・水野公元

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P752~758

製鉄所、ガス会社におけるコークス炉の作業は近年急速に機械化され、同時に公害防止設備の増強等により作業機械の運転プログラムはますます複雑になりつつある。さらに省力化のためには作業機械の走行装置の自動化の要求も増加の傾向にあり、これらの制御装置として従来のリレーシーケンス、あるいはトランジスタ式ロジックに変わってICロジックを使ったダイオードマトリックス式のデジタルコントローラを採用した。その特長は従来の装置よりも小形になり、プログラムの変更も容易に行なえることである。

UDC 681.3:681.178:654.93:621.313.333

小形モータ生産ラインの自動化へのミニコンピュータの応用

藤原 智・早瀬 弘・峯 平・壺井芳昭・渡辺光人・正田茂雄・淡野光章

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P734~739

中津川製作所の分工場として新設された飯田工場の小形モータの製造ラインの概要と、そこに導入されたミニコンピュータの応用システムについて述べる。加工、組立、マテリアルハンドリングに自動機を導入し、直接作業の省力化、自動化をはかるとともに、機械のか働状態の監視、組立用部品の管理などの間接作業にもミニコンピュータを導入し省力化をはかっている。ここでは、ミニコンピュータを用い、自動機群のシーケンス制御を行なうマシンコントロールシステム、ラインのか働状況の監視、生産管理情報の収集などを目的としたラインコントロールシステム、および部品の在庫状況を正確に把握するための部品管理システムについて述べる。

UDC 628.1/2:621.316.3/7:681.326

水処理設備へのマイクロコントローラMELMICの適用

盛口全太

三菱電機技報 Vol.48.No.6:P759~765

最近都市の発展にともない上下水道設備はますます大規模化、複雑化していく傾向にある。設備の中でも電気品は全体をコントロールする神経系の役割を果たすだけに、その信頼性や取扱いやすさ(易)さといったものがとくに重要視されてくる。本文では、シーケンサおよび演算制御装置として開発製作され、その採用実績が飛躍的に伸びているマイクロコントローラMELMIC 100の紹介と、どのような分野に適用すれば設備の信頼性の向上や省力化に役立つかを述べ、またその採用例をいくつか紹介して水処理電気設備関係方面のご参考に供する。

「三菱電機技報」アブストラクト


UDC 621.396.9:621.398

ハイレベルデータリンク制御システム

磯崎 真・首藤 勝・松永 宏・水野忠則・森 伯郎・中塚茂雄

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P766～772

ハイレベルデータリンク制御手順は、従来のデータ伝送レベルを今後の情報処理システムで要求されるレベルまで引き上げ、高度化伝送制御方式の中核となるものである。この方式は、今後ますます高度化し、多様化してくることが予想されるあらゆる情報システムと、それらのネットワークにおいて、高速度・高能率・高信頼度の伝送制御を行いうる方式として、国際的にも標準化が期待されている。


この論文では、このたび試作完了したミニコン利用によるハイレベルデータリンク制御システムと、 それらの技術的バックグラウンドについて、概要を述べる。

UDC 541.64:621.315.61:66.085

酸無水物硬化エポキシ樹脂の放射線照射効果

鈴木康弘・角田 誠・柴山恭一

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P773～776

放射線の工業利用の増大に伴い、そこで使用される各種装置・設備などの耐放射線性が重要な問題となる。ここでは絶縁ワニスとして広く用いられているエポキシ樹脂を対象とし、酸無水物硬化剤の種類によって照射効果がどのように反映されるかを粘弾性および誘電性測定により調べた。その結果、無水フタル酸、無水ヘキサヒドロフタル酸、無テトラヒドロフタル酸で硬化したエポキシ樹脂はそれぞれベンゼン環、シクロヘキサン環、シクロヘキセン環の違いが放射線照射効果に特長的な差をもたらすことがわかった。高分子網目構造の変化という観点より考察し、 照射効果はエポキシ分子鎖よりも硬化剤分子鎖に大きい影響を与えることを推論した。



UDC 681.3.004:621-5

計算機制御におけるデジタルフィルタの応用

立花康夫・紀本賢一

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P777～784

計算機制御では信号をサンプル値系として扱わなければならない。しかし計算機では算術演算が容易であり、遅れ動作も記憶素子を使用している関係で容易に実行できるので、デジタルフィルタの形態での信号処理が簡単となる。これは周波数領域での性質だけでなく、DDCアルゴリズムのように時間領域からの見方も可能である。

これらのデジタルフィルタが計算機制御で有効に利用されることを示すために、フィルタの一設計法を与えたうえで、火力発電所でのタービン・発電機系の特性推定の例（同定）、 超臨界圧ボイラの昇温制御への適用例、製紙抄紙坪量制御への適用例、 およびFourier解析における相関関数の近似計算への適用例を与えた。

UDC 621.9-52:681.323

数値制御装置シリーズ（3）

—数値制御装置のサーボ機構について—（その2）

桑田 博

三菱電機技報 Vol.48・No.6・P785～789

前回に引継ぎ「NC装置のサーボ機構」についてのべる。今回はMELDASシリーズのサーボ機構が中心話題である。



MELCOM 70 のハードウェア

深尾 忠一郎*

MELCOM 70 Hardware

Computer Works Chuichiro Fukao

MELCOM 70 has been developed as the highest machine having the highest class performance among a good number of mini-computers available in and out the country. It has elapsed two years since the first unit was delivered in 1972. Excellent performance of the machine has been fully proved to secure sound foothold in the market.

In this article is described the all features of hardware with the latest achievement as the center of the topic, and explanation is made on a complex system of minicomputers from the viewpoint of hardware.

In addition to the course of developing the computer system, elucidation is made on the diagnostic program that is almost in the same situation as the development of the hardware itself.

1. ま え が き

MELCOM 70 は、数多くの内外ミニコンピュータの中でも最高クラスの性能を持つ高級機として開発されたもので、47年5月の1号機出荷以来約2年を経過し、そのすぐれた性能がフィールドで完全に実証されるなど、市場における地歩を確固たるものにした。

本文では最近の開発成果を中心にハードウェアの全般にわたって説明する。

2. 特 長

(1) 高速演算能力

主記憶に17ミルの3D-3W方式プレーナスタックを採用して0.8μsという高速サイクルタイムを実現するとともに、CPUにはマルチアキュムレータ(4個)方式を採用したことにより全体として加減算0.8μs、乗算5.6μs、除算6.7μsという高速演算能力を持っている。

(2) 高度なアーキテクチャの採用

マルチプログラミングに際して情報の順序だった階層的多重記憶を可能にするプッシュダウンスタック機能、プログラム自身で割出しを行なうモニタコール命令、演算処理と同時に演算結果の判定とスキップを行なう複合命令等ミニコンピュータとしては高度なアーキテクチャを採用し総合性能の向上をはかっている。

(3) 豊富なオプション機能

乗除算機構、主記憶パリティチェック、停電検出・オートリスタート機構などを標準装備しているほか、リアルタイムクロック、各種のIPL機構、記憶保護機構、浮動小数点演算機構、計算機結合装置、各種のはん(汎)入出力インタフェース等をオプションとして用意し多様な適用分野に対し柔軟なシステム構成が可能なよう配慮してある。

(4) 周辺装置の充実

表2.のように各種の周辺装置が豊富に用意されており、このほかにも新しく光学式文字読取装置、マークシート読取装置、フレキシブル磁気ディスク装置などが近く接続可能となる。

(5) 拡張性と融通性

各モジュールは徹底したモジュラー構成になっており、設置後の増設やシステム構成の変更にきわめて容易に対処できる。一例をあげると、大部分の入出力制御装置やオプションモジュールはカード1枚にまとめら

れており、このカードを標準シャーシのバックパネルの任意のスロットにそう(挿)入するだけで、配線の変更や追加はいっさい必要としない。

(6) 高信頼度

MSIを中心とした論理素子、プレーナスタック、発光ダイオードなど最新のテクノロジーによる高信頼度部品を使用するとともに、大形基板に実装された各モジュールを配線数を極小にしたバックパネル上で結合するだけの簡潔なシステム構造を採用しており、信頼度低下の大きな要因である接続箇所の点数を大幅に減少させている。

(7) リアルタイム機能の充実

ミニコンピュータの各種の応用分野のうちデータ通信とプロセスデータ処理・制御は需要の大きい代表的分野であるが、MELCOM 70にはこれらのリアルタイム処理分野で必要とされる次のような機能が充実している。すなわちフェイルセーフ機構、各種はん用入出力インタフェース、プロセス入出力装置、単回線/多回線・調歩式/同期式など各種の通信制御装置、計算機結合装置、ディスククロスコール機構等である。

3. システム構成

図1.に全体のシステム構成図を示す。図2.はデータ伝送システムに使用されたMELCOM 70 2台による複合システムの外観図である。

3.1 主記憶

主記憶には17ミルの3D-3W方式プレーナスタックが採用されており430mm×310mmの大形ボード上に4K語/1枚の構成で実装されている。(図3.)

なお、最近8K語/1枚の主記憶装置も製品化が完了し、これに伴ってシステムの最大記憶容量が従来の32K語から64K語に倍増された。

リードオンリメモリについてはコアメモリとプラグ互換性を持ったモジュールがバイポーラLSIを用いて実現されている。ROMにバイポーラLSIを使用した場合、その内容変更が不可能という致命的欠点に対しては、特殊なマクロ命令を設定してプログラムで変更ルーチンへ分岐させる手法(特許申請中)を考案しこれを解決している。

3.2 中央処理装置

マルチアキュムレータ方式を採用した2進並列プロセッサで全体は430

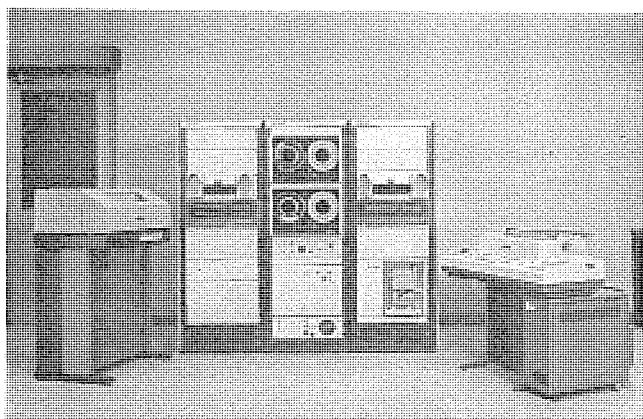


図 2. MELCOM 70 の外観図 (一例)
MELCOM 70 system example.

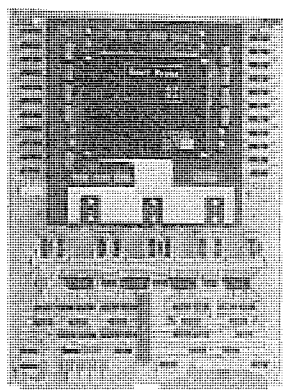


図 3. 4K 語主記憶装置
4 KWD main memory module.

表 1. 中央処理装置関係仕様
Specification of central processor.

主 記 憶	素 子	17 ミル磁気コア, 半導体 ROM	
	サイクル タイム	0.8 μ s	
	語 長	16 ビット+パリティ	
	最 大 容 量	64 K 語	
演 算 制 御	増 設 単 位	磁 気 コ ア	4 K 語または 8 K 語
		半導体 ROM	1 K 語
	素 子	TTL/MSI	
	演 算 方 式	2 進並列, 2 の補数, 固定小数点	
諸 機 能	アキュムレータ	4 個	
	命 令 数	基本 41 個	
	アドレス方式	6 種 (直接, 相対, インデックス, 間接およびこれらの組合せ) ほかにオートインデックス, イミューディエイトあり	
	割 込 制 御	内 部	1 レベル 5 要因
入出力制御		外 部	16 レベル任意点数
	演 算 速 度	加 減 算	0.8 μ s (R-R 形式)
		乗 算	1.6 μ s (R-S 形式)
設置条件 (基本シャーシ)		除 算	5.6 μ s
			6.7 μ s
	停 電 検 出	停電時割込発生し 101 番地へブランチ	
	オートリスタート	電源復帰時 100 番地より自動リスタート	
入出力制御	イニシャル ※	紙テープ, 固定ヘッドディスク, カートリッジディスク, カード, カセット MT 等各種	
	記憶保護 ※	スイッチによる保護領域設定方式	
	プログラムコントロール	転 送 幅	16 ビット
	※	転 送 速 度	5~40 K 語/秒
DMA チャンネル		転 送 幅	16 ビット
		転 送 速 度	最高 1 M 語/秒
		転 送 モード	4 モード
設置条件 (基本シャーシ)	構 造	ラックマウント形またはテーブルトップ形	
	温 度	0~50°C	
	湿 度	10~90% RH	
	電 源	AC 100 V \pm 10%, 50/60 Hz, 550 VA 以下	
外形寸法		(高さ) 200 \times (幅) 460 \times (奥行) 560 mm	
	重 量	約 40 kg	

※印はオプション

mm \times 310 mm の大形 ボード 5 枚で構成されている。

表 1. に主記憶および中央処理装置に関する仕様をまとめて示す。

3.3 周辺装置

表 2. に MELCOM 70 で用意されている周辺装置の一覧を示す。

周辺装置に関しては MELCOM 70 の発売開始後も引続いてその種類の増加と性能の改善のため、精力的な開発作業が続けられており、表 2. に示した装置以外にも新しく光学的文字読取装置、マーク

表 2. 周 辺 装 置 一 覧
Specification of peripheral equipment.

装 置 名	形 番	お も な 仕 様	接 続 チャネル
システム タイプライタ装置	M 270	ASCII コード, 10 字/秒, キーボード/ プリントおよびテープリード/パンチ	PCCH
	M 271	ISO コード, 20 字/秒, キーボード/ プリントおよびテープリード/パンチ	PCCH
紙 テー プ 読 取 装 置	M 476-1	400 字/秒, 片方向読取	PCCH
	M 476-2	400 字/秒, 両方向読取	PCCH
紙テープせん孔装置	M 477	110 字/秒	PCCH
カード読取装置	M 521-A 1	300 枚/分	PCCH
	M 521-A 2	600 枚/分	PCCH
マークカード 読 取 装 置	M 521-B 1	300 枚/分	PCCH
	M 521-B 2	600 枚/分	PCCH
カードせん孔装置	M 551	12 枚/分	PCCH
ドットプリンタ装置	M 611	165 字/秒, 132 字/行	PCCH
ラインプリンタ装置	M 671-1	330 行/分, 64 字種	PCCH
	M 671-2	190 行/分, 128 字種	PCCH
XYプロッタ装置	M 371	ドラムタイプ, 400 ステップ/秒, 27cm 幅	PCCH
	M 372	ドラムタイプ, 400 ステップ/秒, 75cm 幅	PCCH
	M 373	フラットベッドタイプ, 400 ステップ/秒	PCCH
固定ヘッド 磁気ディスク装置	M 855-1	32 K 語, 3,600 rpm	DMA
	M 856	131 K 語, 1,800 rpm	DMA
カートリッジ 磁気ディスク装置	M 801-2	2.5 M 語, 1,500 rpm	DMA
	M 802-2	5.0 M 語, 2,400 rpm	DMA
磁気テープ装置	M 771	800 RPI, 9 TRACK, 19.2 K バイト/秒	DMA
	M 772	800 RPI, 9 TRACK, 19.2 K バイト/秒	DMA
	M 774	800 RPI, 7 TRACK, 19.2 K キャラクタ/秒	DMA
カセット 磁気テープ装置	M 781	800 RPI, 2 TRACK, 6 K ビット/秒	PCCH
通 信 制 御 装 置	はん用調歩式	C 7701	単回線, 半二重/全二重, 調歩式, 100~1,200 BPS
	はん用同期式	C 7702	単回線, 半二重/全二重, 同期式, 2,400~4,800 BPS
	ボーリング同期式	C 7715	単回線, 半二重, 同期式, 2,400~9,600 BPS
	多 回 線	C 7720	256 回線 (半二重), 128 回線 (全二重), 100~9,600 BPS
ディスプレイ装置	キ ャ ラ ク タ	M 340 N	7 色カラー, 40 字 \times 16 行, 5 \times 7 ドット
	キ ャ ラ ク タ	M 345	3 色カラー, 80 字 \times 25 行, 9 \times 7 ドット
	図形表示 キ ャ ラ ク タ	M 395	7 色カラー, 40 \times 32 画素, 7 \times 7 ドット
	グラフィック	6561-1	ベクトルモード, 1,024 \times 1,024 アドレス, 5 \times 7 ドット
計算機結合制御装置		C 7730	5 回線, 200 K バイト/秒, 300 m
		C 7731	2 回線, 200 K バイト/秒, 300 m
		C 7735	単回線, 5~20 K バイト/秒, 20 m
プロセス入出力 制 御 装 置	C 7750 /7750	ディジタル入出力, 割込入力, アナログ入出力, バルス入出力などを任意組合せにより最大 16 ユニット (1 ユニットは 8~32 点) 収容可能	PCCH DMA

表 3. 標準 プロセス 入出力 ユニット 一覧
Specification of process input-output unit.

形 番	PIU カード名	仕 様	形 番	PIU カード名	仕 様
C 7760-1	DIT-1	制込入力, 接点形 16 点/ユニット	C 7771-2	ADM-2 ※	中 速 ADC 差動
2	2	制込入力, レベル形 16 点/ユニット	3	3 ※	中 速 ADC 片接地, サンプルホールド付
3	3	制込入力, 絶縁形 16 点/ユニット	4	4 ※	中 速 ADC 差動, サンプルホールド付
C 7761-1	DIS-1 ※	デジタル入力, 接点形 32 点/ユニット	C 7775-1	AMR-1 ※	アナログ入力, マルチプレクサ, 水銀リレー 8 点/ユニット
2	2 ※	デジタル入力, レベル形 32 点/ユニット	2	2 ※	アナログ入力, マルチプレクサ, 水銀リレーフィルタ付 8 点/ユニット
3	3 ※	デジタル入力, 絶縁形 16 点/ユニット	C 7776-1	AMF-1 ※	アナログ入力, マルチプレクサ, FET 片接地 16 点/ユニット
C 7765-1	DOM-1	デジタル出力, 接点形 8 点/ユニット (モーメンタリー)	2	2 ※	アナログ入力, マルチプレクサ, FET 差動 8 点/ユニット
2	2	デジタル出力, レベル形 32 点/ユニット	C 7763-1	PCI-1	パルス入力, 接点形 2 点/ユニット
C 7766-1	DOS-1 ※	デジタル出力, 接点形 8 点/ユニット (ホールド)	2	2	パルス入力, レベル形 2 点/ユニット
2	2 ※	デジタル出力, レベル形 32 点/ユニット	3	3	パルス入力, 絶縁形 2 点/ユニット
C 7774-1	DAO-1 ※	アナログ出力, 電圧 2 点/ユニット	C 7768-1	PCO-1	パルス出力, 接点形 2 点/ユニット
2	2 ※	アナログ出力, 電圧 1 点/ユニット	2	2	パルス出力, レベル形 2 点/ユニット
C 7777-1	AOM-1 ※	アナログ出力, マルチプレクサ 4 点/ユニット			
C 7770-1	ADG-1 ※	はん用 ADC PGC 差動アンプ付			
C 7771-1	ADM-1 ※	中 速 ADC 片接地			

シート読取装置, フレキシブル 磁気 ディスク 装置などが近く接続可能になる予定である。

最近の開発状況を中心におもなものを説明する。

3. 3. 1 ファイル記憶装置

カートリッジ 磁気 ディスク 装置については従来からある 5 M バイトの容量のもののほかに新しく 10 M バイト容量の M 802-2 形がレパートリに追加され, 大容量 ファイルシステムでの 性能/価格比を著しく向上させた。

固定ヘッド 磁気 ディスク 装置についても 表 2. にあげた 2 機種のほか, 近く 262 K 語, 3,600 rpm の高性能機が接続される予定になっている。

3. 3. 2 磁気テープ装置

9トラックに比べて 7トラック 磁気 テープ 装置の需要は相対的に少ないとはいえ, なお依然として 7トラック の要求は根強いものがある。M 774 はこれらの要望に答え当社の MELCOM 3100 シリーズ等のキャラクターとデータ交換することをおもなねらいとして開発されたものである。

3. 3. 3 通信制御装置

従来からある 3 種の通信制御装置に加えて, 半二重で最大 256 回線, 全二重で最大 128 回線が接続可能な多回線通信制御装置が開発され, データ通信関係における MELCOM 70 の適用性をさらに拡大するとともに, MELCOM 7000 シリーズをはじめとする大形機のフロッピーエンド コミュニケーション プロセッサ としての 適用も 試みられるようになった。

このほか新しい開発成果としては, 最大 48 KBPS のバイナリ 伝送が可能な高速通信制御装置および公衆電信電話網の利用を可能にする網制御装置等があげられる。

3. 3. 4 ディスプレイ装置

多様化する端末装置の中にあっても ディスプレイ 装置はとくに脚光を浴びており, ミニ コンピュータ と ディスプレイ 装置を組み合わせた端末システムの需要が急激に増えている。

MELCOM 70 には 表 2. に示すように当社の誇る M 340 N, M 345, M 395 等の カラーディスプレイ のほか, 蓄積管形の グラフィックディスプレイ の接続も可能になっており, ソフトウェアサポート も含めてこの分野

での要求に十分答える体制が整った。

3. 3. 5 プロセス入出力装置

従来からある多能 モジュール を発展させ DMA チャンネル 経由で高速のプロセス 入出力が可能な制御装置を開発した。

表 3. に標準のプロセス 入出力 ユニット を示すが, 表中 ※ 印のユニットについては DMA チャンネル 経由で CPU と接続することも可能である。

4. 複合システム

ミニ コンピュータ が普及するにしたがって, その低価格性に着目し, これを複数台組み合わせる ミニ コンピュータ 複合 システム が注目され, 複合化の効果が比較的明確な適用分野から徐々に実用段階に入りつつある。

その一つの例として本年 2 月に文部省高エネルギー 物理学研究所のご指導のもとに同所の陽子シンクロトロン 加速器の 制御・データ収集・解析用として導入した MELCOM 70 6 台からなるマルチシステムについて, そこで開発・使用された計算機間結合装置を中心に概要を説

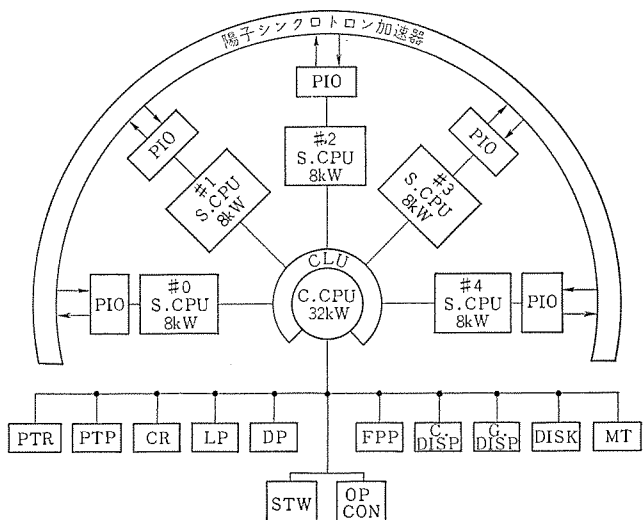


図 4. マルチシステムの構成
Multi-system configuration.

明する。

一般に複合システム構成上の主要なポイントはプロセッサ間の結合方式にあり、①バス接続、②チャンネル間接続、③記憶共有接続、④クロスバ接続、⑤リングインタフェース接続など各種の試みが報告されているが、今回のシステムでは以下に述べる理由から②のチャンネル間結合方式を採用し全体の構成は図4.に示すように1:5の階層構造方式としている。

4.1 複合システムに対する要求

(1) 直径108mという東洋最大の加速器主リングの周辺に6台のプロセッサを点配置しプロセッサ入出力ケーブルの敷設費用を極力減らしたいという配置形態上の要求を満たすこと。プロセッサ間の接続距離は最大300mにも達する。

(2) ファイル記憶や各種入出力装置などのシステムリソースを中央プロセッサに集中接続して、衛星プロセッサの無人運転化をはかるとともに、システムリソースの共有による経済性をねらう。

4.2 高速計算機間結合装置 (CLU)

4.1節で述べた二つの要求を同時に満たすためには遠距離伝送が可能でかつプロセッサ間のデータ転送に伴うオーバーヘッドの少ない高速の結合手段が必要である。

この目的に沿って今回のシステムでは互いに相手のプロセッサを入出力装置とみなすチャンネル間結合方式を採用し、伝送インタフェース部は、フォトカプラーを用いた絶縁形回路としてデータ転送速度200Kバイト/秒という高速性を実現している。

CLUのおもな仕様は次のとおりである。

- | | |
|----------------|----------------------|
| (1) 計算機接続チャンネル | DMAチャンネル |
| (2) データ転送速度 | 200Kバイト/秒(1チャンネル当たり) |
| (3) データ転送幅 | 8ビット+1パリティ |
| (4) 転送データ長 | 任意長ブロック転送 |
| (5) 接続回線数 | 最大8回線(同時動作可能) |
| (6) 伝送制御方式 | 半二重コンテンション方式 |
| (7) 伝送路でのエラー検知 | VRCおよびCRCチェック |

なおこのCLUはMELCOM 7000シリーズのチャンネルインタフェースユニット(CIU)との間で伝送インタフェース上の互換性を有しているため、図5.に示すようにMELCOM 7000と結合したフロントエンドプロセッサとしての構成が可能なほか、CLUの多回線かつ同時動作可能な点を活かしたネットワーク構成なども可能であり、複合システム構成上の有効な手段として広く利用可能である。

4.3 その他のハードウェア

複合システムを構成するためのハードウェアとして前記の高速CLUのほかMELCOM 70には次のような装置も用意されている。

4.3.1 低速計算機間結合装置 (CLU)

先に述べた高速CLUが性能が高く比較的高価であるのに対しこの低速CLUは低価格性を最重点として開発されたもので、2台の

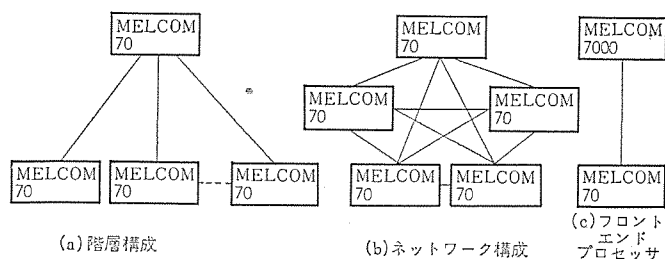
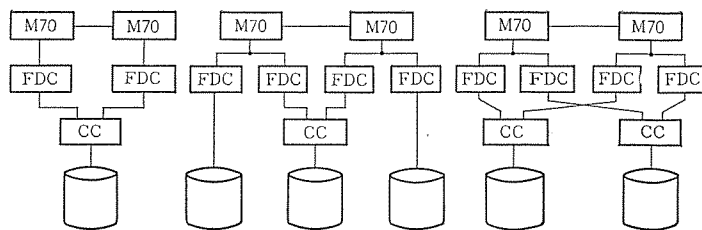


図5. 計算機間結合装置を用いた複合システム構成例
Complex system using computer linkage unit.



(a) ファイル共有形 (b) 個別ファイル・共用ファイル併用形 (c) 完全二重系形

図6. ディスククロスコール機構を用いた複合システム構成例
Complex system using disk cross-call.

プロセッサ間をプログラム制御チャンネル経由で結合し、5~20Kバイト/秒程度のデータ転送速度を得ることが可能なものである。

4.3.2 固定ヘッドディスククロスコール機構

2台のプロセッサから共通の磁気ディスク装置を共有してアクセスすることを可能にする装置で、ファイル共有形の複合システムを構成することができる。

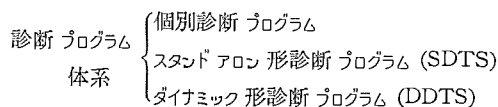
図6.にディスククロスコール機構を用いた複合システムの構成例を示す。図6.で示した(c)の完全二重系形はソフトウェアでファイルの二重書きを行なうことによりきわめて高い信頼性・可用性を実現することができるもので、すでにプロセス制御用として適用された例がある。

5. 診断プログラム

計算機のハードウェア開発を推進するに当たって、良質の診断プログラムを整備し標準化をはかっていくことは、ハードウェア自体の開発と表裏一体をなす重要な事項である。

とくにミニコンピュータのように、小は4K語付CPUの最小構成から、大は大容量ファイルを持ってバックグラウンド処理までカバーする中形機クラスの構成に至るまで、幅広い適用分野を持った計算機においては、診断プログラムの体系自身にも多様性を持たせ、システム規模に応じた診断プログラムの運用が可能なるように考慮しておく必要がある。

こういう観点に立ってMELCOM 70の診断プログラムは次の三つの体系の中で整備標準化されてきた。



5.1 個別診断プログラム

主記憶の機能テスト、マージンテストあるいはCPUの命令実行テストのような基本的なモジュールの診断については特に標準化をはかるとなく、そのモジュールの診断目的に最適なものを整備する。

5.2 SDTS (Stand-Alone Diagnostic Test System)

入出力インタフェースを介してCPUに接続される周辺装置、およびその制御装置(この二つを組み合わせたものを以下周辺サブシステムと呼ぶ)については、標準化されたモニタ(SDMと称する)のもとで単一の周辺サブシステムに関する診断を可能なかぎり詳しく行ない、もし不正動作が発見されれば、その不正動作の要因となっている機能を可能なかぎり小さい単位で摘出することを目的とする。(図7.)

図7.でSDMは診断プログラムの検査実行手順の標準化、プログラム作成手順の標準化、診断結果のメッセージアウトフォーマットの標準化等をはかる目的でSDTS用に特に開発されたもので、MELCOM 70の標準モニタの一つであるBOMをベースとしている。

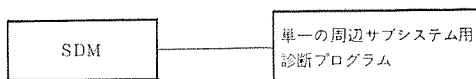


図 7. SDTS の体系
Stand-alone diagnostic test system.

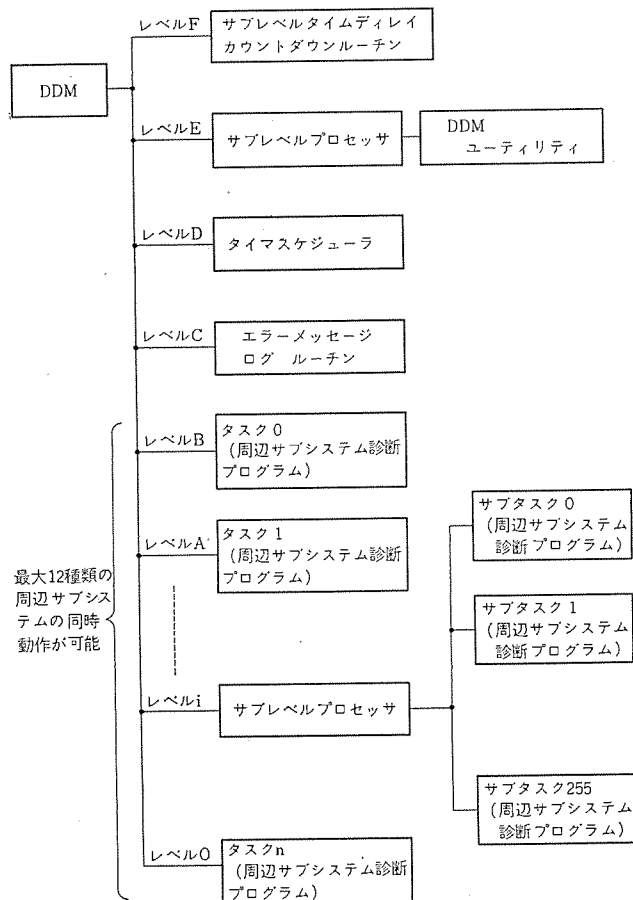


図 8. DDTS の体系
Dynamic diagnostic test system.

なお SDTS については表 2. に示した周辺装置に対応してそれぞれ独立したプログラムとして用意されており、システム構成に対応したプログラムがハードウェア出荷と同時にユーザにも供給される。

5. 3 DDTS (Dynamic Diagnostic Test System)

複数種類の周辺サブシステムを同時に独立した任意の周期で並列動作させて、システム全体としての動的安定度を診断することを目的としており、比較的大きなシステムに対して適用され、そのシステムの構成に応じたシステムジェネレーションを行なった後、出荷テスト、現地テスト、ハードウェア増設時の現地テスト等に使用される。原則としてユーザには供給されない。

DDTS を実行させるために必要な最小ハードウェア構成は CPU+8 KW コアメモリ+リアルタイムクロック+32 KW 磁気ディスクメモリとなっており、テストの際には主記憶および磁気ディスクのほぼ全域が占有される。

中核となる DDM は DDTS 用に特に開発されたもので標準モジュールである RDM をベースとしてこれに診断プログラム用のユーティリティ、エラーメッセージログルーチン等が付加されている。

DDM は最大 16 個のタスクレベルと必要に応じ 1 タスクレベル当り最大 256 個のサブタスクレベルを管理しており 16 個のタスクについては同時動作が可能となっているが、DDTS においては図 8. に示すように 16 レベルのうち 4 レベルに関しては DDTS 固有のタスクに割当てられているため、同時動作可能な周辺サブシステムは最大 12 種類となっている。

6. む す び

MELCOM 70 のハードウェアについて最近の開発成果を中心に報告したが、以上説明してきたように MELCOM 70 は当社が生んだミニコンピュータのマスターピースとして幅広い適用分野に対し柔軟に対応できる能力を備えており、情報化社会の進展に寄与できることを期待している。

MELCOM 70 の基本ソフトウェア

田原 豊*・北原 拓也*・山崎 真*
伊藤 彰彦*・山本 雅昭*

MELCOM 70 Basic Software

Computer Works Yutaka Tahara・Takuya Kitahara・Makoto Yamazaki
Akihiko Ito・Masaaki Yamamoto

The number of orders for mini-computer MELCOM 70 has been increasing soundly since its debut to the market. The application field of MELCOM 70 has been diversified much enough to cover machine control, data acquisition, process control, data communication, medical treatment, and so forth.

Ordered configuration of MELCOM 70 varies from a basic one with only 4KW main memory and a system typewriter to a large one with 32KW main memory, a card reader, a line printer and a cartridge disk apparatus, aiming at the equivalent performance to that of conventional medium scale computer system.

In this paper is described in general how the basic software of MELCOM 70 supports the mini-computer application which is increasing in variety, and advancing in technique

1. ま え が き

ミニコンピュータ MELCOM 70 は発売以来受注台数も順調に増加し、その適用分野も機器制御、計測、プロセス制御からデータ通信、医療と非常に多岐にわたっている。ハードウェア構成も 4KW の主記憶装置とシステムタイプライタ装置だけの基本構成から 32KW の主記憶装置に、カード読取装置、ラインプリンタ装置、カートリッジディスク装置などが接続された、従来の中形機相当のものまで幅広く受注納入している。この論文では、多様化、高度化するミニコンピュータの応用システムに対し MELCOM 70 の基本ソフトウェアがどのようにサポートされているかについて全般的に紹介する。

2. 基本ソフトウェア設計の前提

基本ソフトウェア設計にあたって、ミニコンピュータとはいかなるものか、応用分野、当社のマーケット等の観点から考慮された点を以下にあげる。

第 1 にハードウェア構成の面から

- (1) 記憶容量が小さく、最小 4KW から使用可能にする必要がある。
 - (2) 主記憶装置だけで、ディスク装置などの補助記憶装置が付加されないシステムと付加されたシステムが存在する。
 - (3) 実行用マシンとして使用され、プログラム作成用の高速入出力機器が接続されないシステムが相当数ある。
 - (4) 最大構成は、主記憶装置記憶容量 32 KW, カートリッジディスク装置記憶容量 5 MB, 磁気テープ装置、カード読取装置、ラインプリンタ装置、キャラクタディスプレイ装置など、中形機並の構成となっていて拡張性に富んでいる。
- ということがある。

第 2 に応用分野の面では、科学技術計算・産業用・データ通信・教育・研究・事務用など広範囲にわたり、DEC 社など先発メカの販売実績では産業用・研究用・科学技術計算などが多かった。ただし近年はデータ通信の分野が著しくのびてきている。日本でも電電公社の回線開放と相まって、この分野での需要が急速に伸びると予測

されている。ここでの問題は、おのおのの分野からの基本ソフトウェアに対する要求はおのおの異なっており、それらの要求を満たすはん(汎)用的仕様のものは規模が大きすぎたり、冗長になったりして適切でないということである。

第 3 に販売の形態からみると、システム販売と OEM (Original Equipment Manufacturer) 販売および単体販売とがあり、応用ソフトウェア作成や、システムとしての完成品にする作業を行なうシステム販売にあつては、その応用システムに適したモニタ系の仕様および応用ソフトウェア作成の能率向上のためのサポートソフトウェアがシステムエンジニアから要求される。OEM 販売にあつては、メカはハードウェアと基本ソフトウェアのみを提供し、OEM カスタマがシステム作りおよび応用ソフトウェアの作成を行なうので、MELCOM 70 上でのプログラミングシステムと実行時に便利なパッケージ類が要求される。

第 4 に大量販売機種であること、設置場所の地域的広がりなどからソフトウェアの検査、出荷および保守体制の確立が重要問題となる。

3. 基本ソフトウェアの体系

MELCOM 70 の基本ソフトウェアはつぎの 4 種からなる。

- (1) スタンドアロンソフトウェアシステム
 - (2) バッチオペレーティングシステム
ベシックオペレーティングシステム (BOS)
バッチプロセスディスクオペレーティングシステム (BDOS)
 - (3) リアルタイムオペレーティングシステム
リアルタイムコアシステム (RTCS)
リアルタイムディスクシステム (RTDS)
 - (4) リアルタイムディスクオペレーティングシステム (RDOS)
- この体系の概念を表 1. に示す。

4. スタンドアロンソフトウェアシステム

スタンドアロンソフトウェアシステムは基本構成(主記憶装置 4KW, システムタイプライタ装置)のシステムでも十分ミニコンピュータを使いこなせることを主目的として作られている。

主記憶装置 4KW, システムタイプライタ装置の構成から使用できるス

表 1. MELCOM 70 の基本ソフトウェア体系
Basic software repertoire of MELCOM 70.

シ ス テ ム	コントロール プログラム	ト ラ ンス レ ー タ	サ ポ ー ト プ ロ グ ラ ム		サ ブ ル ー チ ン	
			共 通	固 有	共 通	固 有
スタンダード ソフトウェアシステム	周辺機器制御 サブルーチン パッケージ	BASIC, エクステンデッド BASIC 4 K FORTRAN, 8 K FORTRAN ベーシックアセンブラ	バイナリ ロード 16 進ロード 基本ユーティリティ ソース紙テープ エディタ ディスク ユーティリティ	—	基本関数パッケージ	
バッチ オペレーティング システム	B O S	BOM	エクステンデッド アセンブラ リアルタイム FORTRAN	リンク ロダー-E	基本関数 ライブラリ QUASI パッ ケージ	FORTRAN ライブラリ
	B D O S	BDM	エクステンデッド アセンブラ リアルタイム FORTRAN	リンク ロダー-D ソース ファイル エディタ システム ジェネレータ		
リアルタイム オペレーティング システム	R T C S	RTM	—	RTM ユーティリティ	FORTRAN ライブラリ パブリック ライブラリ GDL 395 GDL 70 GPL 70	
	R T D S	RDM	—	RDM ユーティリティ ディスク ジェネレータ		
リアルタイム ディスク オペレーティング システム	R D O S	RDM	エクステンデッド アセンブラ リアルタイム FORTRAN	RDM ユーティリティ リンク ロダー-D ファイル メンテナンス プログラム システム ジェネレータ		

スタンダードソフトウェアにはつぎのものがある。

- (1) ベーシックアセンブラ
- (2) 周辺機器制御 サブルーチン パッケージ
- (3) 基本 サブルーチン パッケージ
- (4) 基本 ユーティリティ
- (5) 4 K FORTRAN
 - i) JIS 水準 3000 に準拠した言語仕様
 - ii) コンパイラ は常駐形で、コンパイルアンドゴー ができる。システムを再ロードすることなくプログラムを連続処理することができる。
 - iii) 会話形である。
- (6) BASIC
 - i) タートマス 大学 BASIC から行列演算命令を除いた言語仕様
主記憶装置 8 KW, システム タイプライタ 装置の構成で使用可能なスタンダードソフトウェアとしてつぎのものがある。

- (1) 8 K FORTRAN
 - i) JIS 水準 5000 に準拠した言語仕様
 - ii) コンパイラ は常駐形で、コンパイルアンドゴー ができる。システムを再ロードすることなくプログラムを連続処理をすることができる。
 - iii) 会話形である。
- (2) エクステンデッド BASIC
 - i) BASIC に行列演算命令を付加した言語仕様

5. バッチ オペレーティング システム

バッチ オペレーティング システム は科学技術計算および各種 プログラム の作成や実行のために、効率よくバッチ 処理を進めてゆくことができるオペレーティング システムであり、コアシステムのために BOS (Basic Operating System), ディスクシステムのために BDOS (Batch Disk Operating System) が用意されている。BDOS はソースプログラムの媒体としてカード・紙テープ・ディスク ファイル と種々のものをすべて取扱うことができ、つぎのような特長を持っている。

- (1) ディスク ベース の プログラミング システム
- (2) スタック ジョブ の連続処理が可能

表 2. BDOS のジョブコントロールコマンド
Job control command repertoire of BDOS.

コ マ ン ド	名 称	機 能
///JOB	Start new Job	新しいジョブの開始
///EXEC	Execute program	バックグラウンド プログラムの実行
///ASGN	Assign	ファイルに対するデバイスの割当て
///MESSAGE	Message	オペレータへの指示メッセージの出力
///PAUSE	Pause	ジョブの一時中断
///FIN	Finish	ジョブの終了
///EOD	End of data	データの終了
///TFILE	Temporary file	ディスクのテンポラリ ファイルの確保
///DATE	Date	年, 月, 日の指定
///LODG	Load and go	プログラムをロード後直ちに実行

注) これらのコマンドは、RDOS のバックグラウンド ジョブ コントロール システムのコマンドと共通である。

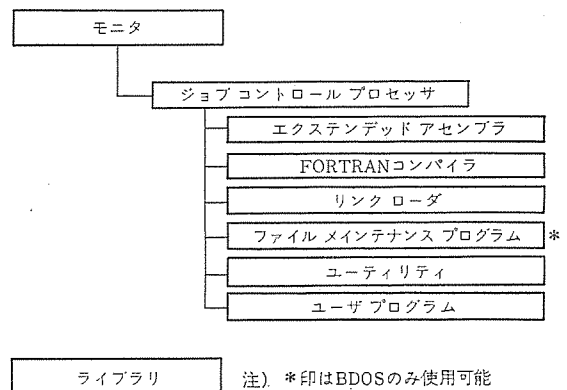


図 1. バッチ オペレーティング システム の構成
Configuration of batch operating system.

- (3) ソースプログラムの媒体として種々のものを選べる。
カード, ディスク ファイル, 紙テープ, カセット 磁気テープ, 磁気テープ
- (4) ロードアンドゴーが可能
- (5) 媒体を出力せずにコンパイル, アセンブルからリンクロード, 実行までが行なえる。

表 3. BDOS のファイルメンテナンスコマンド
File maintenance command repertoire of BDOS

コ マ ン ド	名 称	機 能
DEFIN	Define file	ファイルディレクトリを定義する
DELET	Delete file	ファイルディレクトリを削除する
TRUNC	Truncate file	ファイルの未使用部分を切捨てる
CONDEN	Condense area	エリアの未使用部分を詰めてコンパクトにする
DISP	Display map	ファイル情報をプリント表示する
LOAD	Load file	指示ファイルへのバイナリロード
PATCH	Patch load	指定ファイルの修正
WEOF	Write end of file	エンドオブファイルの出力
REWIND	Rewind	ファイルのリワインド
FSKP	File skip	ファイルを1個読み飛ばす
FBCK	File back	ファイルを1個もとにもどす
FPUNCH	File punch	ファイルをパンチする
CLEAR	File clear	ファイルをゼロクリアする
TRANSFER	File transfer	ファイルを転送する
COMPARE	File Compare	ファイルを比較する

注) これらのコマンドは、RDSのバックグラウンドジョブコントロールシステムのコマンドと共通である。

(6) オブジェクトモジュール、ロードモジュールの媒体もソースプログラムと同じく種々の選択が可能。

(7) FORTRAN コンパイラのオブジェクトモジュールとアセンブラのオブジェクトモジュールがリンクできる。

(8) リンクローダの入力となるプログラムライブラリをディスクファイル上にとることができる。

(9) シンボルファイルをディスクファイル上にとって、アセンブラ、リンクローダの入力とすることができる。

(10) リンクローダの出力を直接ディスクのプログラムファイルに格納することができる。

(11) リンクローダの出力として、アブソリュートロードモジュールとリロケータブルロードモジュールを選択できる。

(12) プログラムファイルに登録されているプログラムは名前を指定してコマンドを与えるだけで実行できる。

(13) ファイルメンテナンスプログラムが完備している。

(14) ファイルアクセスメソッドが用意されている。

(15) ディスクソースエディタによりディスクファイル上でプログラムメンテナンスが可能である。

(16) プログラムをセグメント化し、ツリー形式のオーバーレイ構造にすることができる。

6. リアルタイムオペレーティングシステム

6.1 モニタ

リアルタイムシステムに適用されるオペレーティングシステムは、第一に実行時の効率のよいことが評価の目安となり、さらにプログラムの生産性のよいことが各システムへの応用の成否の鍵となる。

MELCOM 70においては、実行時の効率のよさを目的としたモニタとしてつぎの二つのモニタを用意している。

(1) リアルタイムモニタ (RTM) …… コアシステム用

(2) リアルタイムディスクモニタ (RDM) …… ディスクシステム用
RTMの特長はつぎのとおりである。

(1) リアルタイム処理が可能である

(2) 処理効率が高い

i) 中央処理装置と入出力装置は同時動作し、また各入出力装置は並列動作することにより処理効率を上げている。

(3) マルチタスク処理

i) 最高16レベルの実行優先度制御が可能で、1レベルに最大256個までの処理プログラムを置ける。

(4) 優先度を持った外部割込処理が可能

(5) エラー対策

i) エラーが発生しても支障のない限り自動的に再起動する

ii) メモリ保護機構 (オプション)

iii) タイムアウトチェックルーチン (オプション)

iv) デバイス交換ルーチン (オプション)

(6) プロセス制御機能

i) デジタル入出力、アナログ入出力、パルス入出力、割込入力。

(7) 高速浮動小数点演算

i) 浮動小数点 QUASI パッケージ

(8) オンライン機能

i) 大形コンピュータ、遠隔キャラクタディスプレイ装置、遠隔グラフィカルディスプレイ装置、遠隔グラフィックディスプレイ装置、遠隔タイプライタ装置など。

(9) リアルタイム FORTRAN により処理プログラムを作成できる。

(10) モジュール化が徹底している。

i) システム生成時に必要なルーチンのみを集めてシステムを構成できる。

(11) コンパクトにまとめられている。

RDMの特長はつぎのとおりである。

(1) RTMのすべての機能を包含する。

(2) RTMにおける処理プログラムはそのままRDMにおける処理プログラムとなり得る。

(3) ディスクにプログラムファイルを作成して実行要求に応じてディスクから主記憶装置に転送してきて実行させることができる。

(4) 高速応答

i) 処理プログラムの実行要求が発生してから、そのプログラムが実行されるまでに要する時間を最短にするためにいろいろな工夫をこらしている。たとえばプログラムロードの時間を短縮するためにプログラムのディスク上での格納場所、プログラムサイズ、主記憶装置ロードアドレスなどの情報を主記憶装置に常駐としたり、とくに高速応答を必要とする処理プログラムについては常駐形にすることができる。

(5) 補助メモリとして固定ヘッドディスク装置あるいはカートリッジディスク装置を使用することができる。

6.2 パブリックライブラリ

複数個の処理プログラムが同一のサブルーチンを使用する場合、各処理プログラムがリンクロード時にかかえ込んでしまうと、メモリ効率が悪くなる。MELCOM 70においては、これら共通サブルーチンは一括して常駐プログラムとし、それらのエントリアドレスをゼロページに置いて、各処理プログラムがおのおののサブルーチンをかかえ込まなくても共通サブルーチンを使用できるようになっている。

標準的にはリアルタイム FORTRAN ライブラリの中のいくつかのサブルーチンがパブリックライブラリとして取扱われ、リアルタイム FORTRAN で作成される処理プログラムのメモリ効率を上げている。

6.3 リアルタイム FORTRAN

リアルタイム FORTRAN は JIS 7000 の水準を完全に満足し、さらにリアルタイムアプリケーション向けの機能を拡張している。たとえばビット

操作文、論理演算の拡張、インラインアセンブルなどの機能を含み、きめこまかな制御用プログラムをFORTRANレベルの言語で作成することを可能にしている。

モニタマクロコードも処理されているので、モニタの下で動作するプログラムを作り出すことができる。

6.4 浮動小数点演算 QUASI パッケージ

このパッケージは、ハードウェアオプションとして用意されている浮動小数点演算装置を使用して単精度および倍精度の浮動小数点演算を高速に行なうために用意されているものである。また、プログラムインタフェースが全く同一で、ソフトウェアだけで演算するQUASIパッケージも用意されている。

6.5 回線制御プログラム

このプログラムは、データ通信システムにおける複雑な伝送制御手順の制御を受持つて、処理プログラムはあたかも普通の周辺機器へデータ入出力を行なっているかのようなプログラムインタフェースを提供するものであって、ポーリング方式およびコンテンツ方式について用意されている。概略機能はつぎのとおりである。

- (1) 伝送開始制御
- (2) 電文伝送制御
- (3) 伝送終了制御
- (4) 回線監視、エラー回復処理

6.6 GDL-395 パッケージ

M395グラフィカルディスプレイ装置を接続したシステムにおいて、利用者が図形の作成および管理業務を容易に行なえるよう準備されたものであり、図形作成用パッケージと図形管理用パッケージとからなる。

これによって利用者は、画面上に表示されているデータを文字としてではなく、図形として有意なブロックとして取扱うことができる。またオペレータとのインタラクションも図形ブロックを単位として行なうことができる。

6.7 GDL-70 パッケージ

M6561形グラフィックディスプレイ装置を接続したシステムのために準備されたもので、おもな機能はつぎのとおりである。

- (1) 画面の消去
- (2) 画面のハードコピー
- (3) XY軸の表示、回転
- (4) 表示文字の大きさ、角度の変更
- (5) 画面の位置読み込み
- (6) ウィンドウ(window)指定

6.8 GPL-70 パッケージ

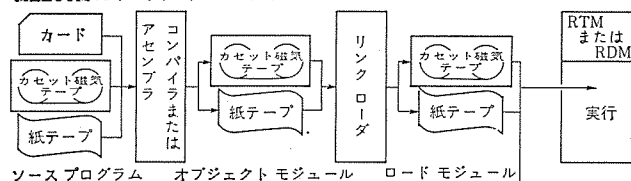
XYプロッタ装置を接続したシステムにおいて、利用者が容易に図形が描けるように準備されたもので、つぎの機能を持つ。

- (1) ペンの上下、移動、紙送り
- (2) 英数字、特殊記号を描く
- (3) 実数を10進数で描く
- (4) 軸名称と目盛りの付いた軸を描く
- (5) 点と点を線で結ぶ
- (6) 現在のペンの位置と図形の尺度を求める
- (7) 図形の拡大または縮小

6.9 大形コンピュータによるプログラム作成

ミニコンピュータにより各種プログラムを作成してゆくことは、入出力機器の構成上必ずしも効率のよくないことがある。MELCOM 70についてはMELCOM 350-30/30 FおよびMELCOM 7000におい

MELCOM 70のバッチオペレーティングシステム



MELCOM 7000等の大形計算機のシミュレータシステム

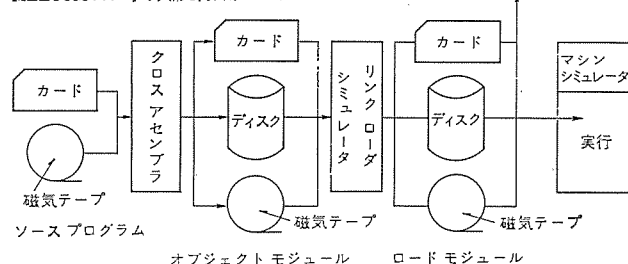


図2. リアルタイムオペレーティングシステムのプログラム作成手順
Process of making programs of real time operating system.

て効率よくプログラム作成が行なえるためのソフトウェアが用意されている。

MELCOM 7000システムで使用できるものとして

- (1) マクロアセンブラ ……ユーザマクロ定義可能
- (2) リンクローダ
- (3) マシンシミュレータ ……ダイナミックデバッグングエイドの完備

が用意されており、媒体なしでアセンブルからマシンシミュレータにおける実行までがスムーズに行なえる。また、これらのプログラムはFORTRAN言語で記述されているので他機種の大形コンピュータにおいても容易に実行可能である。

6.10 システムプログラムと条件付きアセンブル

ミニコンピュータの特色の一つは、さまざまなハードウェア構成のシステムが多量に生産されることであり、モニタを中心としたシステムプログラムも多種少量生産となり、その生産効率の問題になってくる。

MELCOM 70においては、システムプログラムはモジュール化されていて、条件付きアセンブルにより対象システムに必要なモジュールだけで各利用者向の固有なシステムプログラムを作成できる。一方、システムプログラムのソースモジュールは標準値のアセンブルパラメータとともに磁気テープに格納されていて、利用者は対象システム用のアセンブルパラメータカードだけを用意してアセンブルすれば、アセンブラは磁気テープソースとともに利用者のパラメータカードを入力し、利用者指定のパラメータについては、磁気テープからの入力とこれを置き換えながらアセンブルし、磁気テープソース自体を何ら変更せずに利用者固有のシステムプログラムを作成することができる。

この機能により、大形コンピュータによるプログラム作成効率が上昇する。

7. リアルタイムディスクオペレーティングシステム

低価格、大容量の補助記憶装置カートリッジディスク装置の出現により、従来の中形機並の性能を期待できるようになった。それにともない、フォアグラウンドにおけるリアルタイム処理と同時に、バックグラウンドにおけるプログラムのコンパイル、アセンブル、リンクロード、実行といったバッチ処理を行なうスケジューリングマシンとしての運用が可能になった。

MELCOM 70リアルタイムディスクオペレーティングシステム(RDOS)はこ

のような背景で開発され、

(1) ファイル 管理機能

(2) フォアグラウンド ジョブ と バックグラウンド ジョブ の並行処理機能。

を利用者に提供することを目的としている。

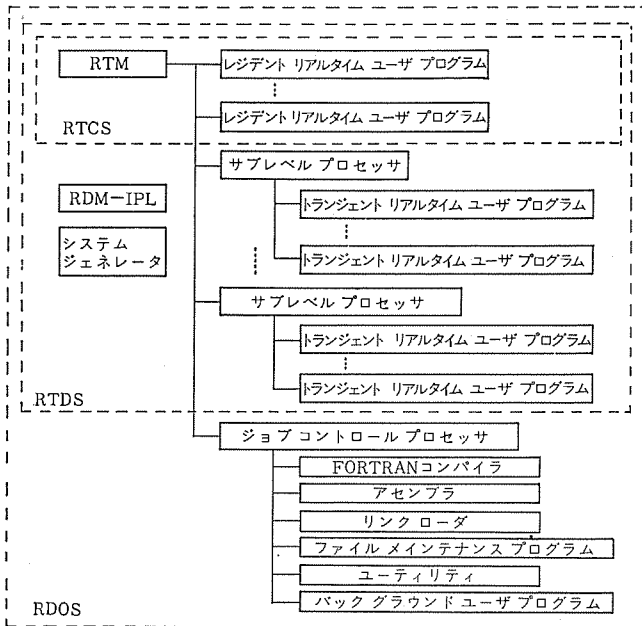


図 3. RTCS, RTDS および RDOS の関係
Relation among RTCS, RTDS and RDOS.

表 4. RTM RDM のモニタマクロ命令
Monitor macro instruction repertoire of RTM and RDM

マクロ命令	名 称	機 能
M: AB	Task Able	タスク実行許可
M: IN	Task Initiate	タスク実行要求
M: EX	Task Exit	タスク実行終了
M: TD	Task Time Delay	タスク実行遅延
M: DA	Task Disable	タスク実行一時停止
M: HT	Task Halt	タスク強制終了
M: ER	Task Error	タスクエラー終了
S: AB	Subtask Able	サブタスク実行許可
S: IN	Subtask Initiate	サブタスク実行要求
S: EX	Subtask Exit	サブタスク実行終了
S: TD	Subtask Time Delay	サブタスク実行遅延
S: RD	Subtask Remove Delay	サブタスク実行遅延停止
S: DA	Subtask Disable	サブタスク実行一時停止
S: CH	Subtask Chain	サブタスクチェーン
M: SEGLD	Segment Load	オーバーレイ セグメントのロード
M: RO	Roll Out Background Area	バックグラウンドエリアのロールアウト
M: RI	Roll In Background Area	バックグラウンドエリアのロールイン
M: PAUSE	Pause	一時停止
M: CHAIN	Program Chain	プログラムチェーン
M: IO	Execute I/O	データ入出力、デバイス制御
M: WAT	Wait I/O	デバイス動作完了待
M: DO	Digital Output	ディジタル出力
M: AI	Analog Input	アナログ入力

フォアグラウンドにおいてはクリティカルリアルタイム処理が可能であり、バックグラウンドではディスクベースのプログラミングシステムが可能である。

またディスクとしては固定ヘッドディスク装置とカートリッジディスク装置とがあるが、このいずれか一方、または両方の接続されたシステムで利用者に共通のインタフェースを提供している。

RDOS の特長はつぎのとおりである。

(1) フォアグラウンドにおけるリアルタイム処理とバックグラウンドにおけるバッチ処理の並行処理が可能である。

(2) フォアグラウンド機能は RTCS, RTDS のすべての機能を抱合する。

(3) バックグラウンド機能は BDOS の機能と同じである。

(4) RDOS は RTCS, RTDS の延長線上に位置し、RTCS, RTDS における処理プログラムは RDOS における処理プログラムとなり得る。

(5) オプションとしてバックグラウンド領域のロールアウト機能が用意されている。

(6) 処理プログラムの構造として、トリート形式のオーバーレイ構造が可能である。

(7) おもなフォアグラウンド機能 (RTM, RDM の項参照)

- i) マルチタスク処理
- ii) 入出力制御機能
- iii) 割込制御機能
- iv) プロセス制御機能
- v) オンライン機能

(8) おもなバックグラウンド機能 (BDOS の項参照)

- i) スタックジョブの連続処理
- ii) リアルタイム FORTRAN
- iii) エクステンデッドアセンブラ
- iv) リンクローダ
- v) ファイルメインテナンスプログラム

(9) ファイル管理機能 (BDOS の項参照)

- i) シーケンシャルファイルとランダムファイル
- ii) プログラムファイルとデータファイル
- iii) ファイルアクセスメソッド

(10) ディスクファイル上のソースプログラムをメインテナンスできる。

8. む す び

以上 MELCOM 70 の基本ソフトウェア全般にわたりその特長点を述べたが、ミニコンピュータは回路素子の高集積化により信頼性を高め低価格を実現し、はん用の小形機から中形機の分野に急テンポで進出している。これにともない、ソフトウェアの規模が大きくなり、基本ソフトウェアに対する要求も中形機のオペレーティングシステム並のものが出来ている。このように常に新しい応用分野が開拓されているので、その分野に適した基本ソフトウェアの要求にいかんして答えるか、また標準的な応用システムに対するアプリケーションパッケージ、各応用分野向の簡易な問題向き言語の開発などがこれから解決せねばならない問題であろう。

Modulo-p 演算によるミニコンピュータ向き行列反転方式

下地 貞夫*・小林 健三**

A Minicomputer Oriented Matrix Inversion Method
Based on Residue Number Theory

Central Research Laboratory Sadao Shimoji・Kenzō Kobayashi

With the objective of developing a calculation system of high operation ability suitable for the data processing function of a mini-computer, a calculation based on the Modulo-p operation has been investigated. A matrix inversion system has been composed in accordance with the method of Prof. Takahashi and Dr. Ishibashi process and its operation ability has been studied. As a result it has been confirmed that the calculation method has a working speed of more than three times of that according to the floating binary point operation routine of the assembler, and also that it is able to invert a matrix with a condition number close to the tenth power of ten. It has been made clear that the device is fully good enough for practical use.

1. ま え が き

ミニコンピュータを制御あるいはデータ収集・処理システムに用いるにあたって、ある程度の smoothing とか統計処理のような、いわばデータの2次処理、あるいはオフラインでの科学技術計算への要求が大きくなってきた。

その場合、処理系の演算機能には加・減算および乗算だけでなく除算も十分な精度で実行しうることを、したがってデータの表現範囲の広いことが要求され、FORTRAN や BASIC、あるいはアセンブラの浮動小数点演算が用いられる。しかし整数表現のデータの処理と比べて数10倍の演算時間を要し、大量にすみやかに処理するには適当と言いがたい。

そこで整数によって構成される体の上で加・減算および乗・除算を行なうことにし、Modulo-p 演算に基づく計算方式を検討した。Modulo-p 表現においては、10進数あるいは2進数の重みつき表現におけるように、一連の計算の中間でオーバフローするようなことはないが、スケールアップが困難であるから、適用対象は絞る必要がある。

ここでは統計解析や構造解析など、広い応用を持つ行列反転を選び高橋・石橋の方法⁽¹⁾⁽²⁾に従って計算法を構成した。プログラムを作成し、演算性を調べたところ、期待した精度と計算精度が得られたので、計算方式について報告を行なう。

2. Modulo-p 演算の計算法

Modulo-p 演算に基づいて計算方式を構成するには、まず、この算法の規則に従って計算を進めるための方法が必要である。

2.1 演算の規則

あらかじめ定めた正の整数 p を用いて、整数 A および B を簡約する、すなわち次のような A_0 および B_0

$$\left. \begin{aligned} A &= n \cdot p + A_0, & 0 \leq A_0 < p \\ B &= n' \cdot p + B_0, & 0 \leq B_0 < p \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

を求めると、 p を法として、すなわち p の整数倍を無視して、

$$A \pm B \equiv C \equiv A_0 \pm B_0 \equiv C_0 \pmod{p} \dots\dots\dots (2)$$

$$A \cdot B \equiv C \equiv A_0 \cdot B_0 \equiv C_0 \pmod{p} \dots\dots\dots (3)$$

が成立つ。式(1)~(3)が Modulo-p 演算の規則を表わす。 A および B などを p で割り、商を無視して剰余のみについて計算を進

めて行くのである。計算の各ステップにおける値は、つねに p 個の整数のうちの一つで表わされる。

ここで、たとえば漸化式の形の一連の計算を考え、それが加・減および乗算のような、いわば整数計算で構成されているものとする。計算の最終値 Y が $0 \leq Y < p$ であれば、簡約値はそれ自身であるから、Modulo-p 演算の結果と、簡約を行わずに普通に計算を進めた結果、すなわち“真値”は一致することに注意したい。それゆえ Modulo-p 演算を、普通の技術計算に適用しうるのである。いくつかの法についての簡約値を組み合わせ、 Y の範囲を拡大する方法は後に示される。

2.2 法 p および剰余類の選定

計算の各ステップの前後における剰余の間の関係は、どのような整数を法として選ぶかによって多少変わってくる。

法 p が素数であれば、剰余の間の関係として、加法・乗法の一意性、交換・結合・分配の法則の成立、および逆元・単位元が存在をいうことができ、体の公理はすべて満足される。有理数や実数のように四則演算を行なうことができる。ただし、割算は Modulo-p 演算の意味の p なので、分数を等価な整数でおきかえて計算を進めるため、最終値についてそれが本来、整数であるのか区別がつけにくい。行列の反転を行なうアルゴリズムの論述において、この問題に対する一つの解決法を示す。

法 p が合成数の場合は、除算の一意性が成立しない。すなわち、任意の B_0 と 0 でない A_0 に対し $A_0 \cdot X = B_0$ の解は二つより多く存在し得る。また、 $A_0 \cdot B_0 = 0$ となる $A_0 \neq 0 \neq B_0$ が存在し得る。しかし加・減算および乗算については一意に定まるので、整数に許される計算を行なうことができる。

2進数に基づく計算においては、除算の導入よりけた(桁)送りとの関連が重要であり、法 p として 2^m あるいは $2^m - 1$ のようなものが用いられる⁽³⁾。ここでは、技術計算用として四則演算を導入する目的で、法 p として素数を用いた⁽¹⁾⁽⁷⁾。 p の大きさは式(1)に表わされるように、 A_0 あるいは B_0 のとり得る範囲を定めるので、計算機の許す範囲でなるべく大きいものが望ましい。MELCOM 70 の1ワードは16ビットで、 $\pm(2^{15}-1)$ の範囲の数を表わす。したがって、 $2^{15}-1=32767$ 以内で大きいものを選定した。表1.に最大のものから10個の値を示す。

表 1. 素数表
Prime numbers.

i	p_i	$(p_1 p_2 \cdots p_{i-1}) \bmod p_i$	$(p_1 p_2 \cdots p_{i-1})^{-1} \bmod p_i$
1	32749 (7 FED)	1 (1)	1 (1)
2	32719 (7 FCF)	30 (1 E)	11997 (2 EDD)
3	32717 (7 FCD)	64 (40)	30161 (75 D 1)
4	32713 (7 FC 9)	864 (360)	6323 (18 B 3)
5	32707 (7 FC 3)	30240 (7620)	21239 (52 F 7)
6	32693 (7 FB 5)	9113 (2399)	25396 (6334)
7	32687 (7 FAF)	7553 (1 D 81)	31921 (7 CB 1)
8	32653 (7 F 8 D)	12615 (3147)	3981 (F 8 D)
9	32647 (7 F 87)	16833 (41 C 1)	13392 (3450)
10	32633 (7 F 79)	23845 (5 D 25)	29770 (744 A)

() 内は 16 進表示

法 p に関する剰余の定め方に、まだ自由度が残っているの、これを負数の取扱いに便利な形を得るのに活用した。すなわち、式(1)に表わされるように、 p の整数倍だけ異なるものは同等であるということから、いくつかの完全剰余系が構成される。通常は $0 \leq A_0 < p$ のごとく剰余を正に定めるが、計算の最終段階における符号を調べるには、絶対最小剰余系を選んで $-(p-1)/2 \leq A_0 \leq (p-1)/2$ のように簡約したほうが便利である。そのとき $(p-1)/2$ と p の間の数に対して、式(1)における n は 1 だけ小さくなる。これに対して、式(1)で定められる剰余は非負最小剰余系と呼ばれる。

2.3 四則演算の実際

Modulo- p による計算を実際に行なうには、加・減算および乗算が式(1)~(3)の規則に従って進められるように、おのおのの演算の後に法 p による簡約が必要である。そのための簡約ルーチンは、アセンブラによる普通の割算命令をそのまま用い、余りの値だけを取り出し、 $(p-1)/2$ と比較して絶対最小剰余系を構成するようにした。

Modulo- p の意味における逆数は次のように定義される。整数 A に対して

$$A \cdot X \equiv 1 \pmod{p} \rightarrow X = A^{-1} = 1/A \text{ と書く} \cdots (4)$$

X は選定した剰余系に属する整数である。この X をフェルマの小定理に基づく方法⁽¹⁾によって計算する。すなわち

$$X = A^{-1} \equiv A^{p-2} \pmod{p} \cdots (5)$$

ここで、 $p-2$ を 2 進数で表わして

$$p-2 = \sum_{i=1}^s d_i \cdot 2^i \cdots (6)$$

と書く。 d_i は 1 または 0 であり、 p を $2^{15}-1$ に近い素数に選んだことから、 $s=15$ である。この計算は漸化式で行なうことができる。

$$\left. \begin{aligned} p_0 &= 1 \\ p_i &\equiv p_{i-1}^2 \cdot A^{d_{i-1}} \pmod{p}, \quad i=1, 2, \dots, s-1 \\ X &\equiv p_s \pmod{p} \end{aligned} \right\} \cdots (7)$$

この計算のフローを図 1. に示す。各ビット、 d_i が 1 であるか 0 であるかは左にシフトしてサインビットのところ調べ、1 ならば $p_{i-1}^2 \cdot A$ の計算を行なって結果を簡約する。全ビットの判定が終了したら 1 ワード中の全ビットは 0 となるから、その時点でループを出て答を得る。

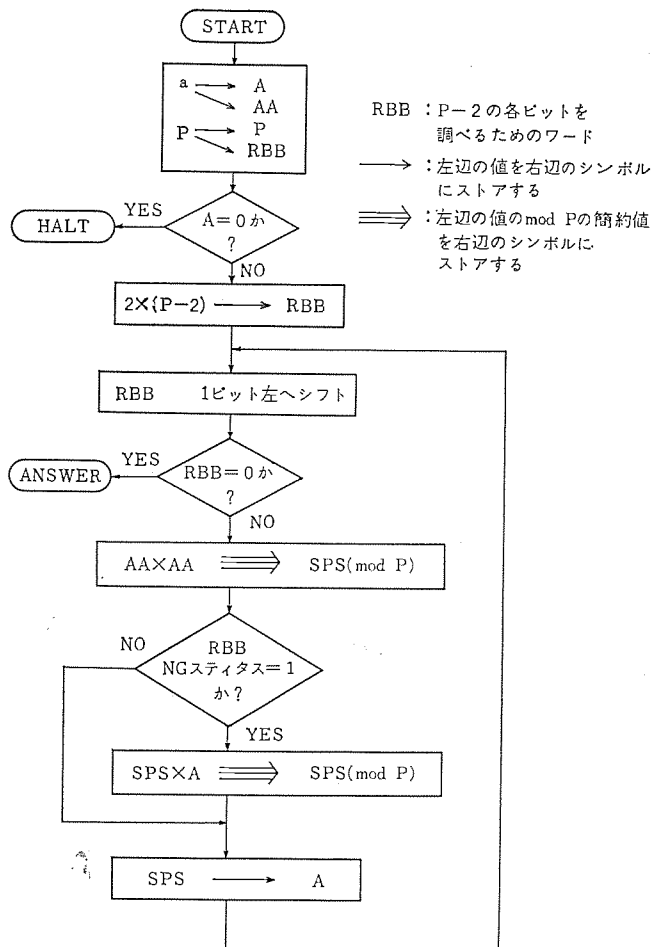


図 1. 逆数求めるフロー
Flow chart of calculating the inverse of given number A.

3. 連立合同式の解法

Modulo- p 演算によって計算を行なった結果、最終値 Y の絶対値が $(p-1)/2$ より大きくなく、絶対最小剰余系の中に入っていれば、中間の値はいくら大きくとも、それは簡約を行なわないで普通に計算を進めた結果と一致する。しかしながら Y の絶対値が $(p-1)/2$ より大となる場合には、この許容範囲を拡大する方法が必要である。

3.1 連立合同式の解法

整数 Y と剰余 y とは、式(1)によって関係づけられているが、 Y の大きさに関する情報がない場合には、二つ以上の互いに素な法に関する剰余が必要である。互いに素な p_1 および p_2 によって、 Y を 2 通りに表わす。添字をつけて

$$Y = p_1 \cdot X_1 + y_1 = p_2 \cdot X_2 + y_2 \cdots (8)$$

とする。いま、既知の p_1, p_2, y_1, y_2 から、 Y あるいは X_1, X_2 を求めることが目的である。

一般に、互いに素な k 個の p_i による簡約値 y_i を連立させた Y に対する方程式

$$\left. \begin{aligned} Y &\equiv y_1 \pmod{p_1}, \quad Y \equiv y_2 \pmod{p_2}, \quad \dots, \\ Y &\equiv y_k \pmod{p_k} \end{aligned} \right\} \cdots (9)$$

を、連立一次合同式と呼ぶ。 M_s および M_s^{-1} を次のように定める。

$$\left. \begin{aligned} p_1 \cdot p_2 \cdots p_k &= M_s \cdot p_s, \quad \text{および} \quad M_s \cdot M_s^{-1} \equiv 1 \pmod{p_s} \\ s &= 1, 2, \dots, k \end{aligned} \right\} \cdots (10)$$

すなわち、 $M_s \cdot M_s^{-1}$ は p_s で簡約したときには 1 となり、他の

p_i について 簡約したときには0となる。このような $M_s \cdot M_s^{-1}$ を用いると

$$Y \equiv M_1 \cdot M_1^{-1} \cdot y_1 + M_2 \cdot M_2^{-1} \cdot y_2 + \dots + M_k \cdot M_k^{-1} \cdot y_k \pmod{p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_k} \quad (11)$$

が連立一次合同式(9)の解となる⁽⁵⁾。実際に

$$Y \equiv M_i \cdot M_i^{-1} \cdot y_i \equiv y_i, \quad i=1, 2, \dots, k \quad (12)$$

である。式(11)は対称で見通しのよい形をしており、法と剰余の関係などを調べるに適しているが、 Y を求めるために k 個の k 重精度の乗算、簡約および加算を必要とし、やや計算量が多い。

計算のアルゴリズムとしては、漸化式の形に整えたものが便利で、式(11)のように直ちに Y を求めるというのではなく、係数 X_1, X_2 を求めていくという方法を取る⁽¹⁾⁽⁷⁾。式(8)を X_1 に対する方程式と考え p_2 で簡約すると

$$p_1 \cdot X_1 + y_1 \equiv y_2 \pmod{p_2} \\ \therefore X_1 \equiv p_1^{-1} \cdot (y_2 - y_1) \pmod{p_2} \quad (13)$$

となる。ここで、 p_1^{-1} はもちろん $\text{mod } p_2$ の意味の逆数である。 X_1 の絶対値が $(p-1)/2$ をこえることもあり得るので、 q_2 および Q_3 を、

$$X_1 = p_2 \cdot Q_3 + q_2, \quad q_2 \equiv p_1^{-1} \cdot (y_2 - y_1) \pmod{p_2} \quad (14)$$

とすれば

$$Y = p_1 \cdot p_2 \cdot Q_3 + p_1 \cdot q_2 + y_1 \quad (15)$$

と表わされる。 Q_3 を定めるには法 p_3 による簡約値 y_3 を必要とする。 y_3 を用い、 Q_3 に対して式(13)のような計算を行なうのであるが、この手順は一般に、次の漸化式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= y_1, \quad q_1 = y_1 \\ q_i &\equiv (p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{i-1})^{-1} \cdot (y_i - Y_{i-1}) \pmod{p_i} \\ Y_i &= p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{i-1} \cdot q_i + Y_{i-1} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

順々に簡約値を追加して、 $p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_i$ が Y をこえると $q_{i+1}=0$ となり、それから先は $Y_{i+1}=X_{i+2}=\dots=Y_k$ で一定になる。すなわち、 Y_2 は $\pm(p_1 \cdot p_2 - 1)/2$ の範囲を変化し、 Y を積 $p_1 \cdot p_2$ で簡約した値を与え、同様に Y_3 は Y を積 $p_1 \cdot p_2 \cdot p_3$ で簡約した値を与えるから、 $p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_i$ が Y をこえると簡約値は Y 自身に等しく、一定となるのである。式(16)の計算は二重、三重、……、 k 重の乗算、簡約および加算を積み重ねて行けばよいから、式(11)を用いる場合と比べて計算量および記憶容量を節約することができる。式(16)による連立一次合同式の解を求める計算のフローを図2に、またそこで用いられているシンボルの説明を表2に示す。

3.2 多重精度計算

Modulo- p 演算において最終値が $\pm(p-1)/2$ の範囲をこえる場合には多重精度の計算が必要である。通常の計算におけるように中間で大きな値が現われてオーバーフローしたり、丸めのためにけた(桁)落ちしたりすることはないが、Modulo- p 表現でスケリングを行なうことは困難であるから、最終値をすべてのけたについて厳密に求めなければならない、三重あるいは四重精度の計算を必要とする。

たとえば三つの簡約値を組み合わせると、 $-(p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 - 1)/2 \leq Y \leq (p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 - 1)/2$ の範囲の最終値を求めることができ、法 p_1 などは表1に示した値のもので、この範囲はほぼ 10^{13} になり、かなり広いものと言えよう。ここでは数値実験上の目的もあって10倍精度までの任意多重度の計算を行なうルーチンを準備した。

式(16)で表わされる方式においては、多重精度データの加算および多重精度データと単精度データの乗・除算が必要である。多重精度データを構成する各ワードのサインビットは、最上位のものだけを有効として、符号の判定や大小の比較、オーバーフローの検出などに使い、第

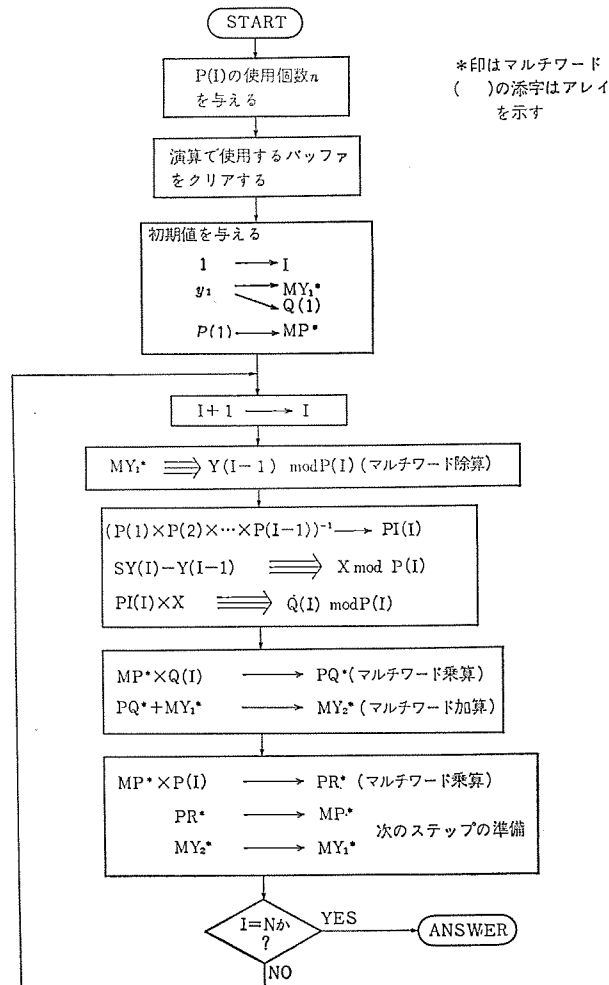


図2. 簡約値から元の値を求めるフロー
Flow chart of calculating the original number from residue numbers.

表2. シンボルテーブル
Explanation of symbols used in figure 2.

シンボル	説明
P(I)	素数 p_i $I=1 \sim n$ 注1)
PI(I)	$(p_1 \times p_2 \times \dots \times p_{i-1})^{-1} \pmod{p_i}$ の値 注1)
SY(I)	真値 Y を p_i で簡約した剰余値 y_i データとしてインプットする
Q(I)	漸次計算される q_i 注2)
Y(I)	q_i を求めるために計算される Y_i を p_i で簡約した値 注2)
MY ₁ *	漸次加算されていく Y_{i-1} 注3) (マルチワード表示)
MY ₂ *	漸次求められる Y_i 注3) (マルチワード表示) 最終的なこれが答
MP*	p_i の $i-1$ までの積 $(p_1 \times p_2 \times \dots \times p_{i-1})$ (マルチワード表示)
PQ*	$p_1 \times p_2 \times \dots \times p_{i-1} \times q_i$ (マルチワード表示)
PR*	$p_1 \times p_2 \times \dots \times p_{i-1} \times p_i$ (マルチワード表示)

注1) $p_i, (p_1 \times p_2 \times \dots \times p_{i-1})^{-1} \pmod{p_i}$ の値はあらかじめテーブルとしてインプットしておく

注2) $Y \equiv y_i \pmod{p_i}$ のとき

$$q_i \equiv (p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{i-1})^{-1} \times (y_i - Y_{i-1}) \pmod{p_i}$$

注3) $Y_i = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{i-1} \times q_i + Y_{i-1}$

2位以下のものには常に0をセットして無効扱いとした。1ワードずつに区切って、普通の加算回路、乗算回路および除算回路の方式⁽⁸⁾にならって処理した。このうち、割算のフローを図3に示す。

簡約値によって表現しうる範囲は1ワード、32767より、やや小さいが、素数の分布は十分に密であり、表1における p_1 から p_{10} までの積 $\approx 0.97 \times (32767)^{10}$ 、したがってほとんど無視できる相違であ

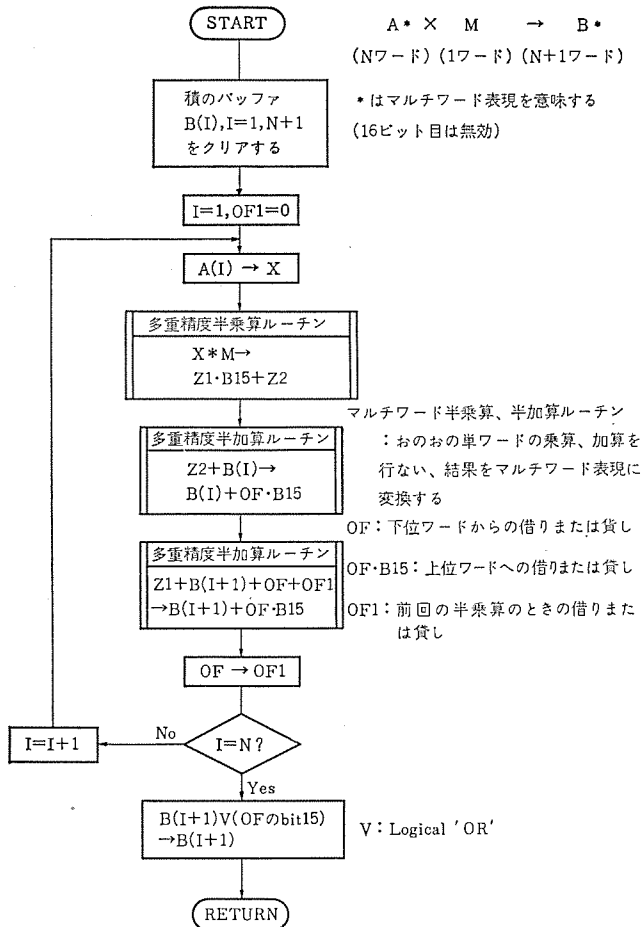


図 3. 多重精度乗算ルーチンのフロー
Flow chart of multiplication routine of multiple precision.

る。また、負数を表現するための係数 $1/2$ は、既に述べたように符号判定を別に行なうことによって避けることができる。

4. 行列反転の方式

行列の反転を Modulo- p 演算によって行なうには、入力データを 10 進数の表現から 16 進数表現に変換し、さらに法 p に関する Modulo- p 表現に移して、反転のアルゴリズムに従って計算を進め、そこで得られた結果を元の表現に戻すという手順をふむ。このフローを図 4. に示す。

入力データは行列の各要素で、通常あまりけた数は多くないが、1ワード以内に制限すると不便になるので、けた数の多いものも読み込むようにした。その場合には多重精度計算によって簡約値を求める。出力データとなる逆行列の要素の大きさは、条件数がわかっているならば、元の行列の大きさと合わせて見当をつけることができる。あるいは、後に述べるように計算速度は十分に速いから、余裕を見て、 p は 2 個とか 3 個を用いても支障ないと思われる。

反転のアルゴリズムは消去法で、順々に消去を行ない、元の行列 $\{a_{ij}\}$ の要素をストアした場所に、最後に逆行列 $\{a_{ij}^{-1}\}$ の要素がストアされるという標準の方法を用いた。各ステップにおける加・減算および乗・除算は 2.3 節に述べた手順に従って、Modulo- p の意味で行なう。割算はいったん、逆数を求めてからそれを掛けるという操作にする。すなわち、消去の計算

$$a_{ij}^{(k+1)} = a_{ij}^{(k)} - a_{ik}^{(k)} \cdot a_{kj}^{(k)} \cdot a_{kk}^{(k)-1} \quad (17)$$

において、逆数ルーチンにより求めた $a_{kk}^{(k)-1}$ は、各 i, j について共

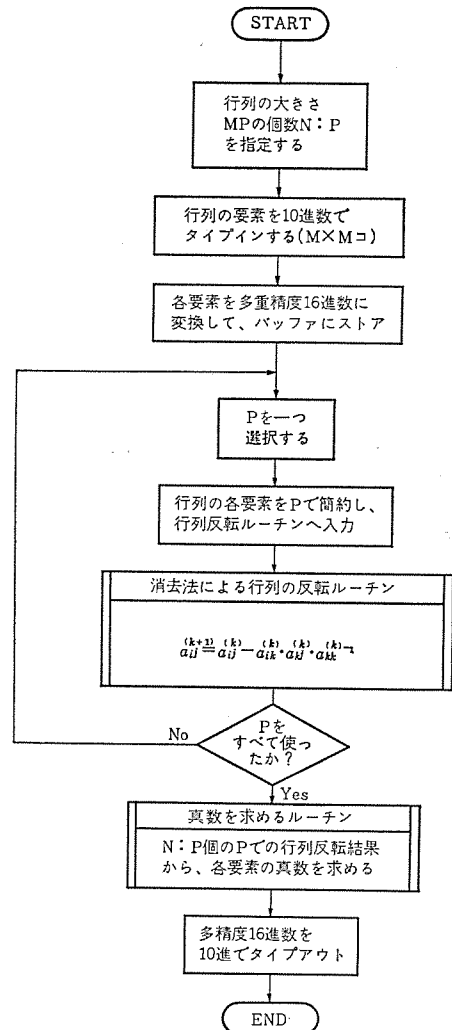


図 4. 多重精度行列反転プログラムフロー
Flow chart of matrix inversion with multiple precision.

通であるから、 $n \times n$ 行列の反転を行なうために必要な逆数の計算は n 回となる。

こうして得られた逆行列の要素は法 p に関して簡約されたものであり、整数の形をしているが、分数である。分母と分子をクラメルの公式によって分ける⁽¹⁾。すなわち、行列要素 a_{ij} を整数としておけば、分母となる行列式 $|a_{ij}|$ および分子となる a_{ij} の余因子 D_{ij} もともに整数となる。

$$a_{ij} = D_{ij} / |a_{ij}|$$

$$a_{ij} : \text{整数} \rightarrow D_{ij}, |a_{ij}| : \text{整数} \quad (18)$$

$|a_{ij}|$ は各ステップにおいて枢軸に用いた対角要素を順に掛けていけば、消去の完了した時点で求めることができ、また、 $\{D_{ij}\}$ はそのときに得られている $\{a_{ij}\}^{-1}$ の簡約値に $|a_{ij}|$ を掛けることによって求められる。

分母および分子は $\pm(p-1)/2$ の範囲に入っていれば、そのまま 16 進数表現となっている。入っていなければ、再び行列反転の計算を行ない、法 p_2 に関する分母および分子の簡約値を求める。 p_1 に関するものと p_2 に関するものを連立させた合同式は式 (16) の方法で解くことができる。16 進表現における解が得られたかどうかは、元の行列 $\{a_{ij}\}$ と掛け合わせるか、または、 p_3 に関する簡約値を求め、3 元連立合同式を解いて 2 元のものと一致するか調べることによって確かめられる。いずれの場合も、計算量はほぼ等しい。

5. 演算性の検討

計算方式の演算性は、要求された精度に対する計算速度、所要メモリあるいはメモリ効率などによって評価される。Modulo-p 演算においては、中間のステップにおける打ち切りけた落ちがなく、厳密な結果を得ることができるから、検討の重点は適用性や計算速度に移される。ここでは、結果を厳密に表わすに必要なけた数や、計算速度の検討を行なう。

5.1 所要けた数

行列反転においては、よく知られるように ill-condition の場合に精度がそこなわれるが、一方この condition によって、必要なけた数が変わってくる。行列 $\{A\}$ のノルムを $\|A\|$ とすれば、条件数は

$$c = \|A\| \cdot \|A^{-1}\| \quad (19)$$

である。

c によって ill-condition のいろいろな側面が表わされる。 $\|A\|$ として $\{A\}$ のスペクトル半径、すなわち $\{A \cdot A^T\}^{1/2}$ の絶対値が最大の固有値を用いると、 $\|A^{-1}\|$ には $\{A \cdot A^T\}^{1/2}$ の絶対値が最小の固有値の逆数が対応するから、 c が大きいということは固有値の最小のものと最大のものの比が大きいことを表わす。また、 $\|A\|$ として $\max_j \sum_{i=1}^n |A_{ij}|$ あるいは $\max_i \sum_{j=1}^n |A_{ij}|$ を用いると、それは A_{ij} の大きさの目安を与える。したがって c が大きいということは、 $\|A^{-1}\| = c/\|A\|$ によって逆行列の要素が大きいことを表わす。ロッキンの行列などでは、 $c \sim 10^n$ のオーダーに達し、5行5列のもので $c \sim 8 \times 10^5$ である⁽⁴⁾⁽⁶⁾。

入力データのけた数は少ないが、反転の結果を表わすために多いけた数を要する例として、ロッキンの行列 $\{L_{ij}\}$ は適当なものと思われる。

$$L_{ij} = 1, \quad i=1, \quad j=1, \quad i \geq 2 \quad (20)$$

$$\{L_{ij}\}_5 = \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1/6 \\ 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1/6 & 1/7 \\ 1/4 & 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/8 \\ 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/8 & 1/9 \end{Bmatrix} \quad (21)$$

5行5列の $\{L_{ij}\}_5$ について示す。各要素の分母の最小公倍数2520を掛けたものを L'_{ij} 、その余因子を $L'D_{ij}$ と書く。 $\{L'_{ij}\}_5$ は整数化されたロッキンの行列で、これを逆転した。

$p_1 = 32749$ による簡約値

$$\{L'D_{ij}\}_5 \equiv \begin{Bmatrix} 3780 & -2443 & -15648 & -1453 & -5678 \\ -12611 & -13205 & 9836 & 7399 & -8718 \\ -4985 & 14195 & 11758 & -7935 & -6595 \\ -15186 & -4225 & 12407 & 13747 & 2236 \\ -2991 & 5678 & 14396 & -11758 & -13994 \end{Bmatrix} \pmod{(32749)} \quad (22)$$

$$|L'_{ij}|_5 \equiv 5678 \pmod{(32749)}$$

$p_2 = 32719$ による簡約値

$$\{L'D_{ij}\}_5 \equiv \begin{Bmatrix} 3780 & -2233 & 15631 & 1457 & -7418 \\ -12641 & -14855 & -9803 & 12188 & 8742 \\ -4835 & -14174 & 7817 & 8077 & 6493 \\ -15366 & -8875 & -12321 & -13905 & -2122 \\ -2901 & 7418 & -1324 & -7817 & -5695 \end{Bmatrix} \pmod{(32719)} \quad (23)$$

$$|L'_{ij}|_5 \equiv 7418 \pmod{(32719)}$$

$p_3 = 32717$ による簡約値

$$\{L'D_{ij}\}_5 \equiv \begin{Bmatrix} 3780 & -2219 & 15533 & 1651 & -7534 \\ -12643 & -14965 & -8929 & 10324 & 9906 \\ -4825 & -13882 & 5371 & 13511 & 2999 \\ -15378 & -9185 & -9603 & 12602 & 1954 \\ -2895 & 7534 & -2372 & -5371 & -7325 \end{Bmatrix} \pmod{(3717)} \quad (24)$$

$$|L'_{ij}|_5 \equiv 7534 \pmod{(3717)}$$

これらの簡約値を組み合わせ、10進数表現では、

$$\{L'D_{ij}\}_5 = \begin{Bmatrix} 3780 & 226800 & -158760 & 3175200 & -1905120 \\ -45360 & -1814400 & 14288400 & -30481920 & 19051200 \\ 158760 & 4762800 & -40007520 & 88905600 & -57153600 \\ -211680 & -5080320 & 44452800 & -101606400 & 66679200 \\ 95256 & 1905120 & -17146080 & 40007520 & -26671680 \end{Bmatrix} \quad (25)$$

$$|L'_{ij}|_5 = 1905120$$

となる。ここで絶対値が最大の要素 LD_{44} について、 $|LD_{44}| < (P_1 \cdot P_2 - 1)/2$ であるから、 p_1 および p_2 に関する二つの簡約値を組み合わせたと、さらに p_3 に関する簡約値をも組み合わせたと結果とは一致する。求める逆行列は、

$$\{L_{ij}\}_5^{-1} = 2520 \cdot \frac{\{L'D_{ij}\}_5}{|L'_{ij}|_5} = \begin{Bmatrix} 5 & 300 & -2100 & 4200 & -2520 \\ -60 & -2400 & 18900 & -40320 & 25200 \\ 210 & 6300 & -52920 & 117600 & -75600 \\ -280 & -6720 & 58800 & -134400 & 88200 \\ 126 & 2520 & -22680 & 52920 & -35280 \end{Bmatrix} \quad (26)$$

となる。元の行列 $\{L_{ij}\}_4$ の要素がほぼ1のオーダーの大きさであったのに対して、逆行列の要素は最大 1.3×10^5 で、相当に大きい。したがって逆に、行列式は小さく $|L_{ij}|_5 = 1905120/(2520)^5 \approx 1.7 \times 10^{-11}$ である。

5.2 計算速度

Modulo-p 演算による行列反転の計算速度の評価を行なう。消去法の実行、連立合同式を解くこと、および簡約に分けて考える。

$a_{kk}^{(k)}$ を枢軸とする消去は、式(17)に示されるように、各要素 $a_{ij}^{(k+1)}$ に対して1回ずつの乗・除(または逆数を掛ける)算および減算を含み既に消去の済んだ列には $a_{kk}^{(k)} \cdot a_{kk}^{(k)-1}$ がストアされ、それに対しても同様の操作を行なうから、結局、 n^2 回だけ繰返される。 k は1から n までを変える。消去に要する時間を T_E とすると、

$$T_E = [T_{(+)} + T_{(\times)} + T_{(-)}] \times n^3 \quad (27)$$

となる。ただし、 $T_{(\cdot)}$ は括弧内の記号が表わす演算を行なうに要する時間である。

合同式を解くために、式(16)に示されるように、多重精度データの簡約および加算、および多重精度データの乗・除算が必要である。簡約値の数、すなわち多重度を m_p とすると、それぞれ m_p 個の単精度データの割算(簡約)、 $3m_p$ 個の単精度加算(加算)、および m_p 個の単精度乗算と $2 \cdot m_p$ 個の単精度加算(乗算)にほぼ等しい計算量である。また、単精度の減算および乗算を1回ずつ含む。既

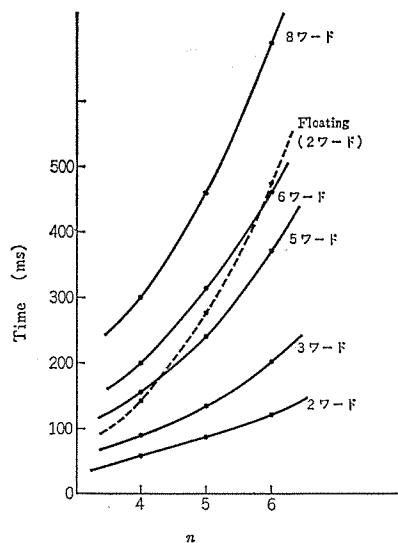


図 5. n および p に対する計算時間の変化
Variation of time for matrix inversion with n and p .

に述べたように、二重、三重、 \dots 、 m_p 重精度の計算を積み重ねて解が求められ、これを要素の数 n^2 について行なう。 $m_p=3$ の場合、所要時間 T_M は

$$T_M \sim [23 \cdot T_{(+)} + 10 \cdot T_{(-)} + 7 \cdot T_{(\times)} + 2 \cdot T_{(+)}] \cdot n^2 \dots (28)$$

となる。

消去の過程に伴う簡約は式 (27) に対応して $3 \cdot n^3$ である。逆数の計算には、図 1. に示されるように乗算と簡約を 2 回ずつ、ビットの数より少なく、14 回繰返す。逆数は枢軸の数 n 個必要である。計算時間 T_R は、

$$T_R \sim 3 \cdot T_{(+)} \cdot n^3 + 28 \cdot [T_{(\times)} + T_{(+)}] \cdot n \dots (29)$$

となる。

実際に、行列反転に要する時間は、データの initialization やプログラムを進める過程における判断・分岐命令などによるものが加算され、式 (27), (28) および (29) から推定されるものに比べて 2~3 倍の程度になる。そこで、MELCOM 70 を用い実験的に同じ行列反転を繰返して計算し、それに要する時間を測定した。ロトキンの行列について、 n および p を変えて、それぞれ 100 回、計算を行なって求めたものを図 5. に示す。 $n=5$ および $p=3$ の場合、ほぼ 100

ms であった。

推定値は、ロードおよびストアも含めて、 $T_{(+)} \doteq T_{(-)} \doteq 5 \mu s$, $T_{(\times)} \doteq T_{(+)} \doteq 10 \mu s$ とすれば、 $T_E \doteq 25 n^3 \mu s$, $T_M \doteq 255 \cdot n^2 \mu s$ および $T_R \doteq 30 \cdot n^3 + 560 \cdot n \mu s$ であり、全体として 35.4 ms となる。浮動小数点サブルーチンを用いるとすれば、 $T_{(+)}^F \sim 500 \mu s$, $T_{(\times)}^F \sim 500 \mu s$, および $T_{(+)}^F \sim 1.5 ms$ の程度で、式 (27) による推定値は $n \geq 5$ の場合、312.5 ms となる。この推定値を図 5. に、Modulo- p 演算の測定値とあわせ示した。

6. む す び

ミニコンピュータの処理機能に適合した計算方式の開発を目的とし、整数によって構成される体の上で加・減算および乗・除算を行なう Modulo- p 演算に基づいて方式を組み立てた。この演算規則に従って計算を進める方法、Modulo- p 表現で得られた計算結果を通常の重みつき表現に交換する方法、および行列反転の方法を述べ、また条件数の大きいものとしてロトキンの行列を選び、演算性の検討を行なった結果を述べた。

十分な計算精度と、浮動小数点演算に比べて 3 倍以上という計算速度を得ることができ、十分な実用性のあることが確かめられた。今後、プログラミングを検討して、計算速度を向上させるとともに、統計解析などへの応用方式の開発を進め、ミニコンピュータの解析能力の向上に寄与していく。

おわりに、この研究を進めるにあたっていろいろご教示くださった京都大学 数理解析研究所一松信教授に厚くお礼申し上げる。

(昭和 49-4-10 受付)

参 考 文 献

- (1) 高橋, 石橋: 情報処理, 1, No. 2, 78 (昭 35)
- (2) 高橋, 石橋: J. Inform. Proc. Japan, 1, 28 (1962)
- (3) R. D. Merrill: IEEE Trans. EC-13, No. 2, 93 (1964)
- (4) 一松: 数値計算, 至文堂 (昭 38)
- (5) 三瓶, 山中訳: 整数論入門, 共立全書 (昭 34)
- (6) 大原, 石橋: 情報処理, 14, No. 2, 135 (昭 48)
- (7) 下地, 小林, 大貝: 数理解析研 講究録 (印刷中)
- (8) 尾崎訳: デジタル 計算機の論理設計, 朝倉書店 (昭 37)

MELCOM 350-7 制御用計算機システム

武藤 達也*・長沢 一嘉*

MELCOM 350-7 Process Control Computer Systems

Head Office Tatsuya Mutou・Kazuyoshi Nagasawa

Process control computers MELCOM 350-7 comprise general purpose minicomputers MELCOM 70 in them as central processing equipment. The input and output equipment of MELCOM 350 series with a long history of successful results as control devices is combined with the above MELCOM 70, and minicomputers for process control of high reliability, high performance and low prices have been realized. In the aspect of software, standard software packages adaptable to a wide range are made ready beforehand for experiences accumulated in the field of process control field taken as a base, and the users' burden is tried to be lessened. In addition, consideration is taken to make ordering the apparatus easier by a similar process of what is called "easy order style". These are marked advantages of the new achievements,

1. ま え が き

プロセス制御へのミニコンピュータの応用は拡大の一途をたどり、今では、複数台のミニコンピュータを使用することにより中形機の分野にまで進出する様相さえ示している。

システム事業部は、1972年11月、はん(汎)用ミニコンピュータ「MELCOM 70」を中央処理装置としてもちいた新しい制御用ミニコンピュータ「MELCOM 350-7」(以下 M-7 と称す)を発表した。

この M-7 は、制御用として多年の実績をもつ「MELCOM 350 シリーズ」の入出力装置を、「MELCOM 70」の CPU と効果的に結合することにより、高信頼性、高性能、低価格の制御用コンピュータを実現したもので、発表以来、各種の試験装置をはじめ、大気環境監視テレメータ装置、ビル管理システム、化学工業、発電所のプラント運転監視システム、電力系統自動処理装置、等々幅の広い応用分野に適用されている。

本文では、M-7 のハードウェアの特長、プロセス監視制御システムのために特に考慮された入出力装置、フェイルセーフシステムについて述べるとともに、試験装置などのコンパクトなシステムと、プラント運転監視システムのようなプロセス入出力点数の多いシステムの実例をあげて、用途に応じた効率のよいハードウェア構成がとれる点を紹介する。

一般に、ミニコンピュータのソフトウェアは、アセンブラを中心とした、いわゆるユーザサポートプログラムが用意されているだけで、応用分野別プログラムはかなり基本的なものまでユーザの責任にまかされているのが現状である。

これに対して、M-7 のソフトウェアシステムは、ユーザの負担を軽くするため、従来システムごとに作成されていた応用分野別プログラムを見直して、各種の標準パッケージを用意し、イージョーダ的な注文を可能にしたことが大きな特長となっている。

これはオーダの発行から出荷までの工期短縮、省力化につながる一方、応用プログラムを客先が担当するような場合、この標準パッケージをできるだけ利用することによって効率よくソフトウェアシステムを組立てることを可能にしている。

本文では、M-7 の標準ソフトウェアシステム (MOSP-7) の概要、特長を述べるとともに、火力発電所における自動データ処理システムの具体例をあげて、プロセス監視制御システムへの応用を紹介する。

2. MELCOM 350-7 のハードウェア

制御用計算機のハードウェアに対して要求される特性としては、一般に次のようなものがあげられる。図 3. に M-7 のシステム構成図を示す。

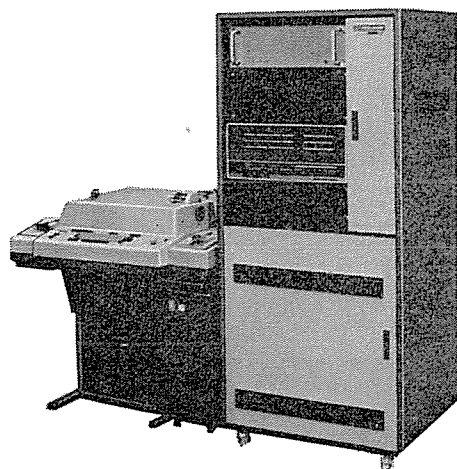


図 1. MELCOM 350-7 (コンパクト IO システム)
MELCOM 350-7 (compact IO system).

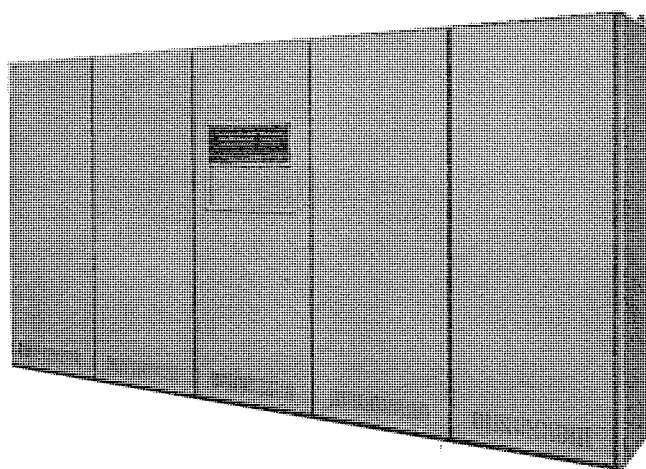


図 2. MELCOM 350-7
MELCOM 350-7.

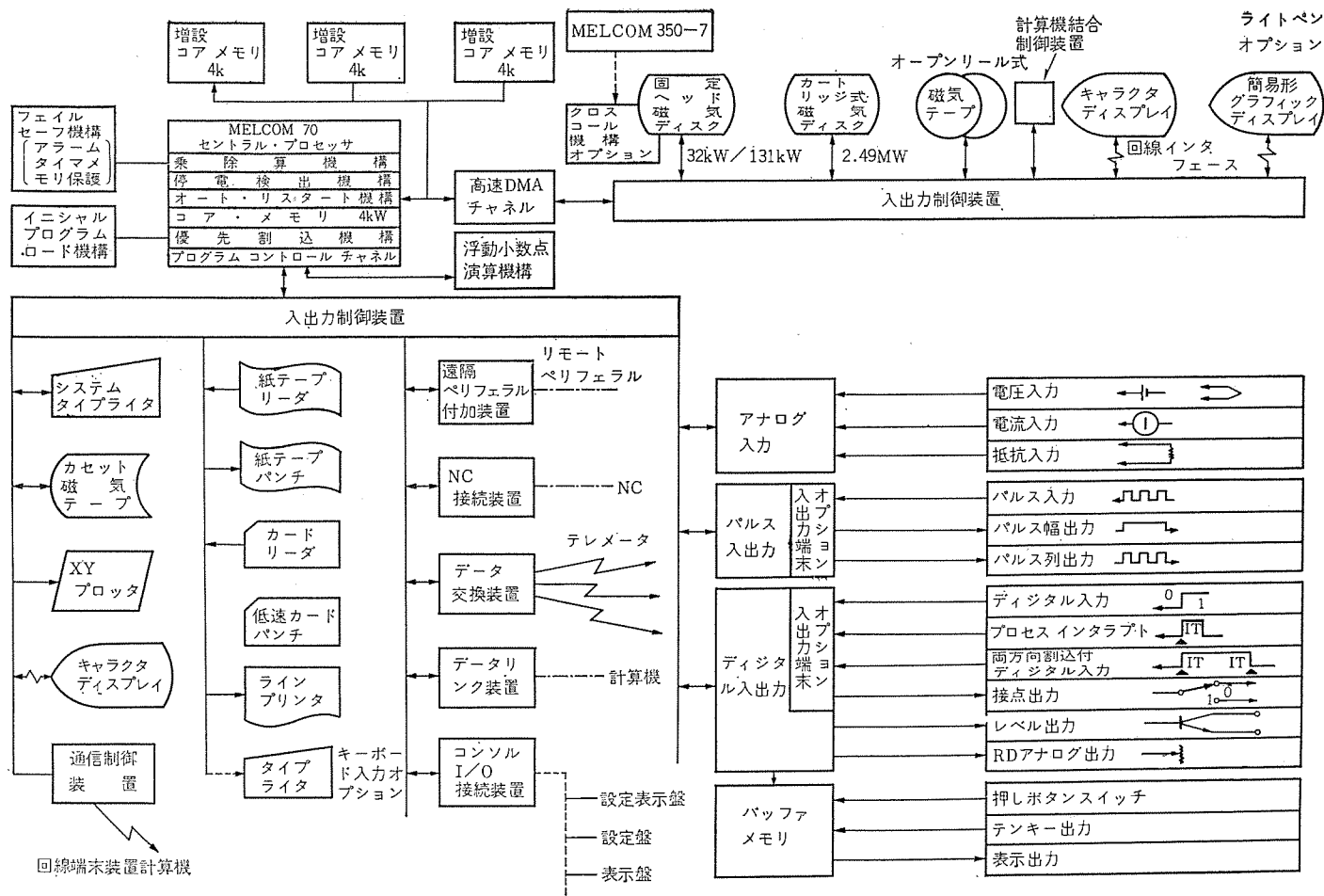


図 3. MELCOM 350-7 システム構成図
MELCOM 350-7 system composition diagram.

(1) 高速・高処理能力を有すること

制御用計算機は一般に制御対象の時々刻々の変化に対して、実時間で即応するリアルタイム性が要求され、高速演算、高処理能力機能が必要である。

(2) 高信頼性であること

長期連続運転を保つために高度の信頼性を要求されると同時に、システムの故障停止によるプラント運転またはプラント自体への影響を防ぐため、ハードウェアセルフチェック機能、フェイルセーフ機能を備え、また万一の停止に対しては短時間に修復できるように保全性がすぐれていなければならない。

またより高い信頼性の要求に対しては、二重系システムが合理的に構成できるハードウェア機構が必要である。

(3) プロセス入出力機構の充実とシステム構成の融通性があること

多岐にわたる制御対象の信号に対応できるプロセス入出力機構をもっていなければならない。

データリンクまたは通信回線による他システムとの接続、複数台の計算機を結合することによるマルチコンピュータシステム、上位機種との組合せによる階層システムおよびデータハイウェイとの接続などのシステム構成を可能とするハードウェア機構が必要とされる。

(4) マンマシンコミュニケーション機構がすぐれていること

計算機および制御系の監視、警報、データ表示、運転操作などをシステムの構成、規模に応じて適切に構成できる標準ハードウェアマンマシンコミュニケーション機構が必要である。

以上の制御用計算機として必要な特性に対して、M-7 ハードウェアのもつ機能を次に説明する。

3. 高速・高処理能力

CPU は MELCOM 70 を使用し、サイクルタイム 0.8 μ s、マルチアキュムレータ方式、スタック機能、浮動小数点演算機構（オプション）などによりハードウェア機能として高速・高処理能力を有している。また DMA チャンネルは最大 1,200 k 語/秒の転送速度、4 種の転送モード (READ, WRITE, INCREMENT, ACCUMULATE) により、入出力機器と記憶装置間的高速データ転送能力を持つ。

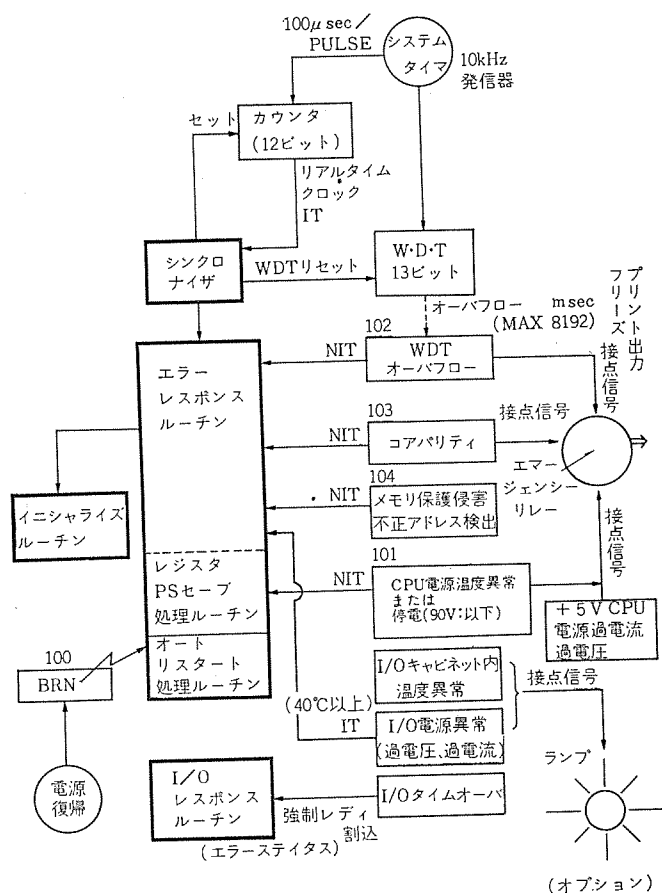
4. 高信頼性

高信頼度設計、高保全性、フェイルセーフ性およびシステム構成面などあらゆる角度から高信頼性を追求している。

(1) 設計、品質管理

CPU、入出力機構を通じての MSI、ハイブリッド IC、表示部への発光ダイオードの採用、マザーボード、大形機能カードおよび入出力機構に対する標準化セクションバス構成によるバス信号のバックボード化などにより部品数、配線数、接続点の極小化をはかっている。また耐環境性対策として、入出力機構カードにはすべてコーティングを実施している。

品質管理面においては、機能カード単位の自動検査、エージング装置、システムとしての温度試験および標準テストプログラム (MEDIA 7) などにより製品品質の均一化、高信頼化をはかっている。



(2) 保全性

(3) フェイルセーフ

(4) システム構成による高信頼化

M-7においては、固定ヘッドディスククロスコール機構、入出力バス切り換え機構、周辺機器切り換え機構、プロセス出力切り換え機構、並列入力機構などの標準ハードウェアが準備されている。

5. プロセス入出力機構とシステム構成の融通性

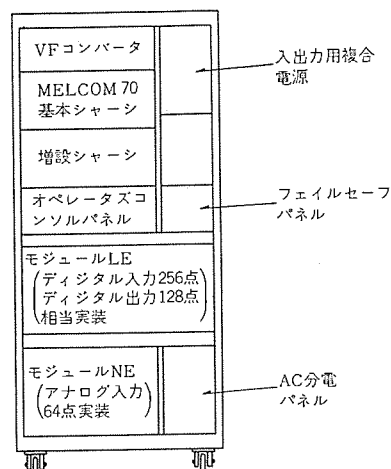
タ交換装置、他システムとの結合機構およびプロセス入出力機構を有しており、特にプロセス入出力に関しては広範囲な応用分野に適用できるように各種機構を備えている。プロセス入出力概略仕様を表 1. に示す。

システム構成については、多岐にわたる応用分野およびその目的、規模に応じた最適な構成を実現するため、プロセス入出力モジュールの標準化、ユニット化などにより、拡張・増設が容易にできる。図 5、および図 6 にシステム構成例を示す。図 5. は試験装置などの小形システム 向として開発したコンパクト IO システム と呼ばれるものであり、高さ 1,500 mm の可搬形キャビネットに CPU、周辺機器およびプロセス入出力（デジタル入力 256 点、デジタル出力 128 点、アナログ入力 64 点相当）が実装可能である。図 6. は電力関係プラント運転監視システムの例であり、各種プロセス入出力信号に適応したモジュール構成を取ることにより合理的に構成してある。

また計算機間結合装置による マルチ コンピュータ システム、 データリンク、

表 1. MELCOM 350-7 プロセス入出力概略仕様
Brief specification of MELCOM 350-7 process input and output.

アナログ入力	点	数	最大 2,048 点, 16 点/ユニット	
	入 力 レ ン ジ		10 mV~5V	
	精 度		±0.1 % フルススケール	
	ス キ ャ ン 速 度		35.5 点/秒 (60 Hz)	
	信 号 種 類		電圧レベル, 熱電対, 電流 RTD, スライドワイヤ	
パルス入力	点	数	最大 256 点, 16 点/ユニット	
	信 号 種 類		無電圧接点, コレクタオープン	
	パルスレート		50 パルス/秒以下	
パルス出力	点	数	最大256点 (パルス入力との合計で), 8点/ユニット	
	方 式		パルス幅, パルス列	
	出 力		正方向, 負方向, リレー接点	
プ ロ セ ス インタラプト	点	数	最大 256 点, 16 点/ユニット	
	信 号	号	無電圧接点, コレクタオープン	
ディジタル出力	点	数	最大 1,024 ビット	
	種類	接 点 出 力 RDアナログ出力	ラッチング, モーメンタリ, 16ビット/ユニット 4~20 mA (標準), 8 ビット/点, 2 点/ユニット	
— デ ィ ジ タ ル 入 力 レ ベ ル 出 力 —	種 類	点	数	最大 2,048 ビット
		信 号 種 類		無電圧接点, コレクタオープン, 飽縁形
		ディジタル入力		32 ビット/ユニット
		両方向割込付 ディジタル入力		32 ビット/ユニット
		高速パルス入力		外部カウンタ 16 ビット/点, 2 点/ユニット 外部カウンタ 8 ビット/点, 4 点/ユニット
		カ ウ ン タ 付 パ ル ス 出 力		外部カウンタ 8 ビット/点, 4 点/ユニット (パルス幅, パルス列)
		レ ベ ル 出 力		32 点/ユニット, コレクタオープン出力
		点	数	最大 512 ビット



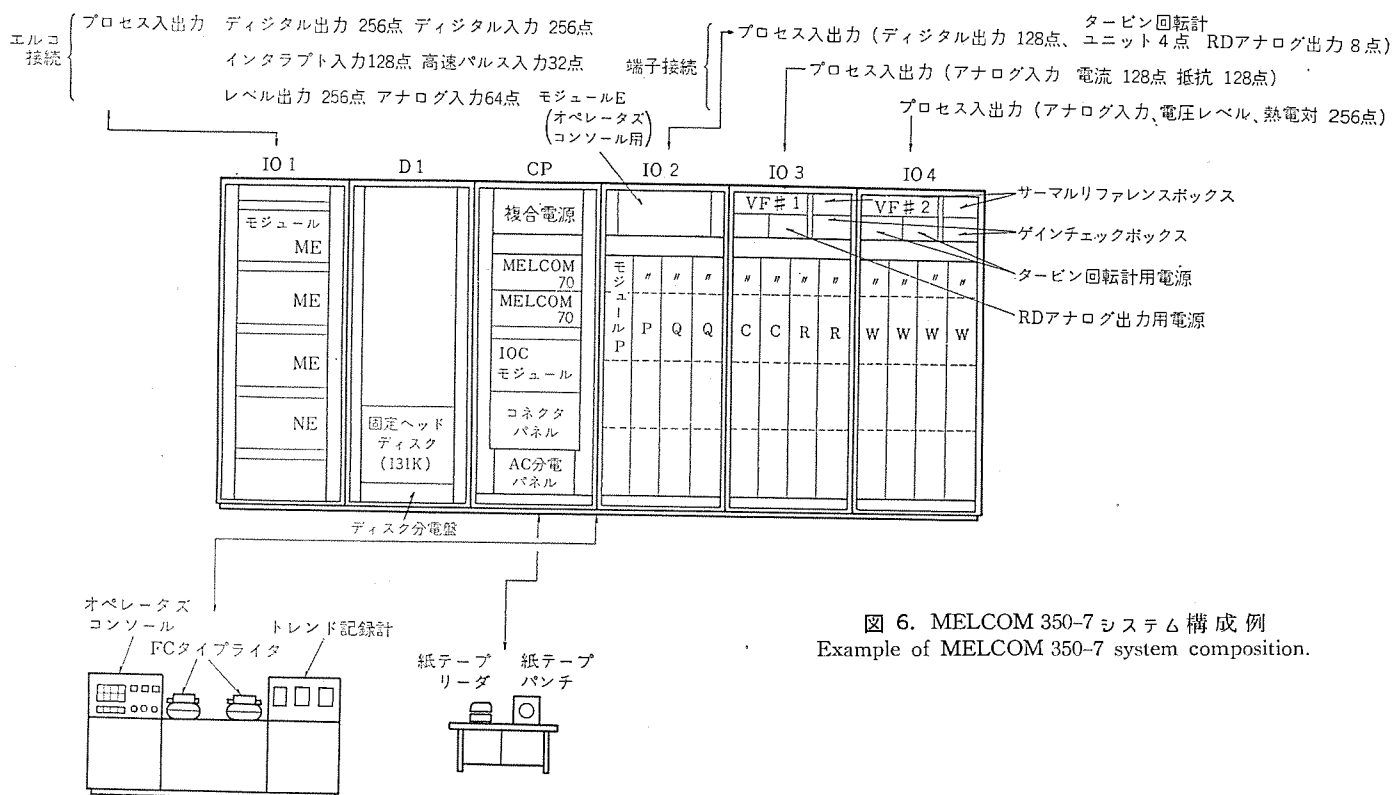


図 6. MELCOM 350-7 システム 構成例
Example of MELCOM 350-7 system composition.

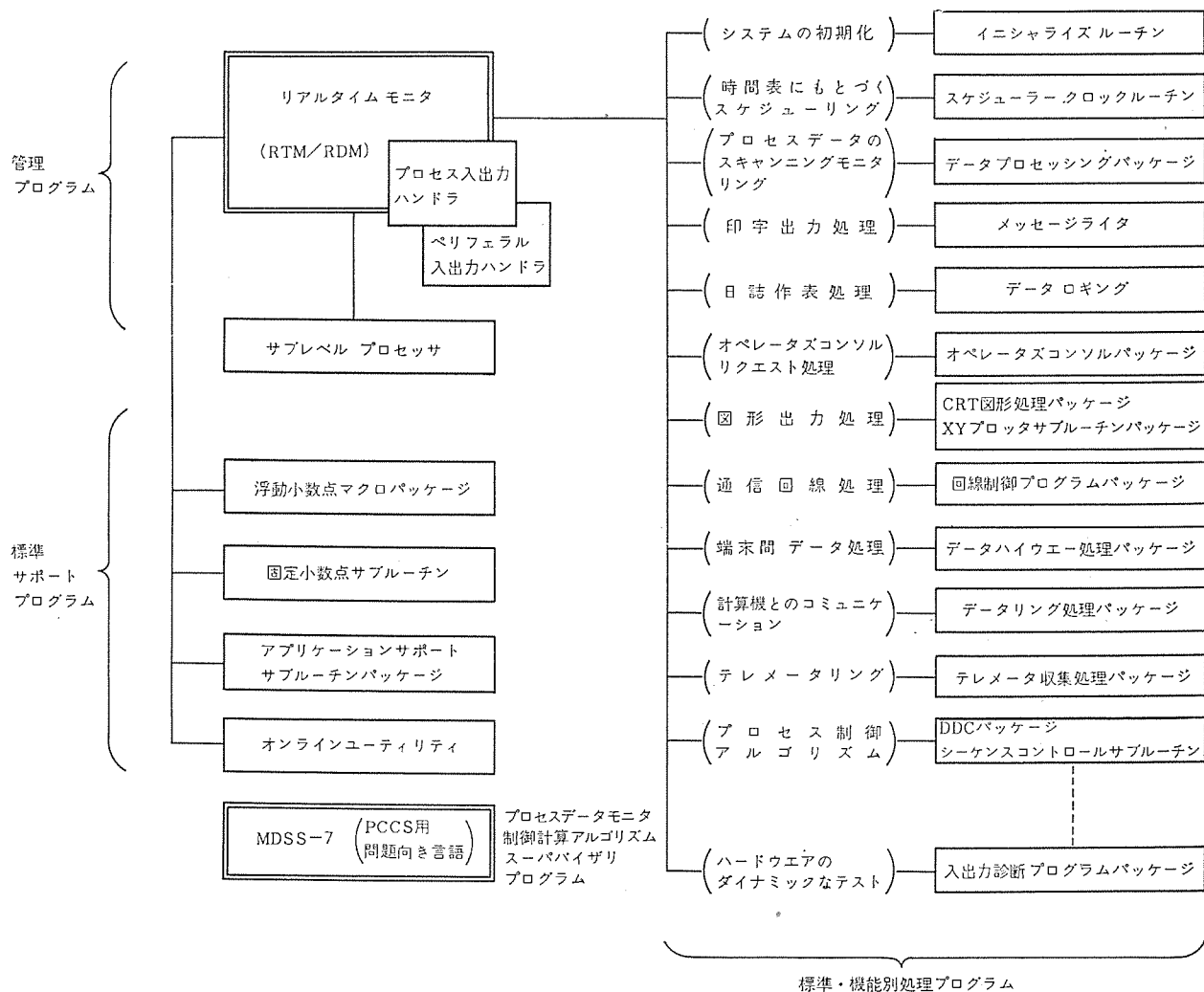


図 7. MELCOM 350-7 標準 ソフトウェアパッケージ (MOSP-7).
MELCOM 350-7 standard software packaged.

通信回線による他システムとの接続、遠距離に散在するプロセス入出力信号に対するデータハイウェイ装置との接続が可能であり、制御対象の規模に応じて最適なシステム設計を実現することができる。

6. マンマシンコミュニケーション機構

鉄鋼分野などにおける大規模でかつ設置場所が散在するような設定盤、表示盤に対しては、計算機一盤間、盤一盤間ケーブル本数2本、最大延長距離2kmの機能を持つコンソル入出力機構を持ち、またオペレータコンソルについても、各種のシステム構成、規模に適應できるような6種類の標準タイプを備えている。

7. MELCOM 350-7 ソフトウェア構成

M-7のソフトウェアシステムは、MELCOM 70の基本ソフトウェアをベースに、プロセス制御の分野で蓄積された経験をもとに開発された、各種の標準プログラムから構成されている。図7.にその標準ソフトウェアパッケージ(MELCOM 350-7 On-line use Standard Packages; MOSP-7)の構成を図示した。

このソフトウェアシステムは、リアルタイム処理専用のソフトウェアで、高速性、コンパクト性、フェイルセーフ性に重点が置かれており、大きく分類すると、図7.からもわかるように、次の構成要素から成り立っている。

- (1) 管理プログラム リアルタイムモニタ
サブレベルプロセッサ
- (2) 標準サポートサブルーチンパッケージ
- (3) 標準機能別処理プログラム

これらのプログラムは、すべて磁気テープに登録されており、各応用分野別のソフトウェアシステムを組立てるときに、所定の形式でチェックリストカードを作成すれば、そのシステムに必要な最小限の標準プログラムをオブジェクトテープとして取り出すことができる仕組みになっている。以下にその標準ソフトウェアの概要を紹介する。

8. 標準ソフトウェアパッケージ(MOSP-7)

8.1 リアルタイムモニタとサブレベルプロセッサ

制御用計算機としての必須条件の一つは、プロセスの変化に完全に追従できるハードウェア、ソフトウェアを備えていることである。MOSP-7の中心をなしているリアルタイムモニタは、最小100 μ s、最大4,096msの範囲で任意に設定できるリアルタイムクロックによる割込信号で同期がとられているため非常に変化の速いプロセスにも即応できるシステムが構成できる。

ユーザタスクは、このモニタのもとで16レベルまでレベル分けすることができ、さらにサブレベルプロセッサを組み込むことにより最大16 \times 256=4,096個のサブタスクを取扱うことが可能である。

M-7は多種の入出力装置を接続できるが、MOSP-7はこれに対応して、ユーザに便利な入出力ハンドラをかかえている。特にこのハンドラは、入出力タイムアウトチェックルーチンとリンケージがとられ、ペリフェラル/プロセス入出力装置が故障した場合、ハードウェアで持っているI/Oタイムオーバー検出機構によっても検出不可能なエラーに対してはこのチェックアウトルーチンにより、その異常を外部に知らせ、強制的に処理を中断して、ハングアップを避けることができる。

8.2 標準サポートサブルーチンパッケージ

応用プログラムの処理過程を簡単にするために、入出力制御、プログラムの実行制御、データハンドリング等のサポート用に作られた下記のよ

うな各種の標準サブルーチンを用意している。

- (1) ビットオペレーション サブルーチン
- (2) コアメモリクリヤ/コア間転送/ディスク転送 サブルーチン
- (3) BCD 2進変換/時刻変換 サブルーチン
- (4) コア/ディスク待行列処理 サブルーチン
- (5) ダブルシフト/高速平方根 サブルーチン
- (6) メッセージ出力 サブルーチン
- (7) その他

これらはすべて磁気テープベースで、条件付きアセンブルが可能のように、ソースレベルで工夫がなされており、ユーザはチェックリストカードで必要なものを指定するだけで、適宜、目的のサブルーチンを組立て、効率のよいシステムを構成することができる。

8.3 標準機能別処理プログラム

この分類には、各応用分野別ソフトウェアシステムに共通な、はん用性のある部分をレディメイド化して作られた機能別処理プログラムパッケージが含まれている。以下に標準機能として用意されているものをいくつか紹介する。

8.3.1 システムの初期化

システムスタート時または再スタート時には、コアメモリまたはディスクファイルの初期化(定数設定、クリヤ)、プロセスへの初期出力処理を行なうことが必要で、これに対しては、イニシャライズルーチンが用意されている。

8.3.2 時間表にもとづくスケジューリング

システムに内蔵する時間表をもとに周期的にタスクを起動したり定刻にタスクを起動する必要がある、この機能を果たすために、つぎのようなプログラムが準備されている。

- (1) スケジューラ
- (2) クロックルーチン
- (3) ターンオンオフタスク サブルーチン

8.3.3 プロセスデータのスキューニングモニタリング

データプロセッシングパッケージは、あらかじめメモリに格納された、各入力点情報(SDB)をもとに、プロセスからのアナログ入力またはデジタル入力を決められた周期で読みとり、アナログ入力の場合は、これを工業単位の数値に変換して所定のメモリに格納するとともに、計器レンジチェック、上下限警報チェック、入力値の平滑化を一括して行なうもので、データのサンプリングを16種の周期でスケジューリングする機能も含まれている。

一方、デジタル入力の場合は、接点のオンオフ状態を絶えずチェックして、コアメモリ上に状態を更新し、変化を検出したときは、直ちにメッセージ出力を行なう機能をもっている。

8.3.4 印字出力処理

メッセージライタは、ユーザが簡単なフォーマットを用いて、各種出力装置(タイプライタラインプリンタ、CRTなど)へのメッセージ出力を行なうための標準パッケージで、フォートランと書式制御の点で協調をはかっている。浮動小数点データの変換を含めても、所要コアメモリは、約1.2k語で、コンパクトであり、フォーマット変換をトランジェントタスクにして、コアメモリの専有を200語程度に収めることも可能にしている。

8.3.5 日誌作表処理

データローガーには、通常この機能が必ず含まれている。そのためユーザが、所定のロギングコントロールワードを並べさえすれば、要求する印字形式で、日誌作表ができるようにした。データローグルーチンを標準パッケージとして用意している。

8.3.6 オペレータズコンソール リクエスト処理

マンマシンコミュニケーションとして、制御用計算機には、オペレータズコンソールが必要であり、M-7では、システムから要求される機能を想定していくつかの標準オペレータズコンソール処理プログラムを用意している。

図8.に示すように、パネルからのオペレータのリクエスト/キャンセル要求は、割込信号経由でマニュアルインプットルーチンが受け付けたのち対応するリクエスト処理プログラムへ実行が移される。このリクエスト処理プログラム群は、8.3.3項のデータプロセッシングパッケージ(DPS)と完全なインタフェースがとられており、このオペレータズコンソール処理パッケージとDPSとでデータローガーの基本部分をほとんどカバーすることができる。

8.3.7 他計算機とのコミュニケーション

制御用計算機に対する高信頼性の要求、処理能力の向上策としてミニコンピュータを用いたマルチコンピュータシステムの多方面への適用がすすめられつつあるが、この場合必要となってくる計算機間のリンケージの手段として次の方式がある。

- (1) ディスククロスコール方式
- (2) データリンク方式
- (3) 通信回線方式

M-7では、このデータリンクと通信回線に対して、標準パッケージを用意しており、とくに通信回線に対しては、ポーリング方式とコンテンツ方式の多回線処理を可能にした、きめのこまかい標準処理プログラムがある。

8.3.8 プロセス制御計算アルゴリズム

DDC用サブルーチンパッケージとしては、PIDコントローラ、リミッタ、セレクタ、ランジェネレータ、バンプレストランスファ、デッドバンド、ファンクションジェネレータなどのアルゴリズムサブルーチンが用意されており、固定小数点形式

で速い処理を必要とするシステムに活用されている。

8.3.9 制御用コンパイラ

M-7の制御用コンパイラとしては

- (1) リアルタイム FORTRAN
- (2) プロセス制御用問題向き言語システム(MDSS-7)

の二つをあげることができる。

リアルタイム FORTRAN は、2章でもすでに触れられており、JIS 7000レベルのFORTRANであるが、とくに制御用として16進数の論理演算、ビットオペレーション、インラインアセンブル機能、オブジェクトリスト機能(コンパイル結果をアセンブルリストとして出力)などの機能を備えておりプロセス制御用アプリケーションプログラムの言語として活用されつつある。たとえば、次章で述べるシステムでは、タービン・ボイラの性能計算などのプログラムで、このリアルタイム FORTRAN が使用されている。

一方、MDSS-7は主として連続プロセスの計算機制御に必要な諸機能を備えた問題向き言語システムで、各プロセス変数のスキャン処理の内容をプロセスデータリスト(いわゆる穴埋め式リスト)に指定するだけで、オンラインリアルタイム処理までが可能になること、シーケンスコントロール、セットポイントコントロール DDC など比較的定形的な制御計算に適したDDC言語(MPL言語)が用意されていること、マクロ化された処理単位では、記述できないような複雑な計算に対しては、FORTRAN、アセンブラを使って制御計算プログラムを作成できることなどを特長としている。プロセス制御の分野では、処理の内容(制御ロジック)をブロック線図で表現する場合が多い。MPL言語では、記述の基本単位である制御アルゴリズムがブロック線図中の各ブロックと1対1に対応しているので、MDSS-7を使った場合、プログラミングが簡単となるば

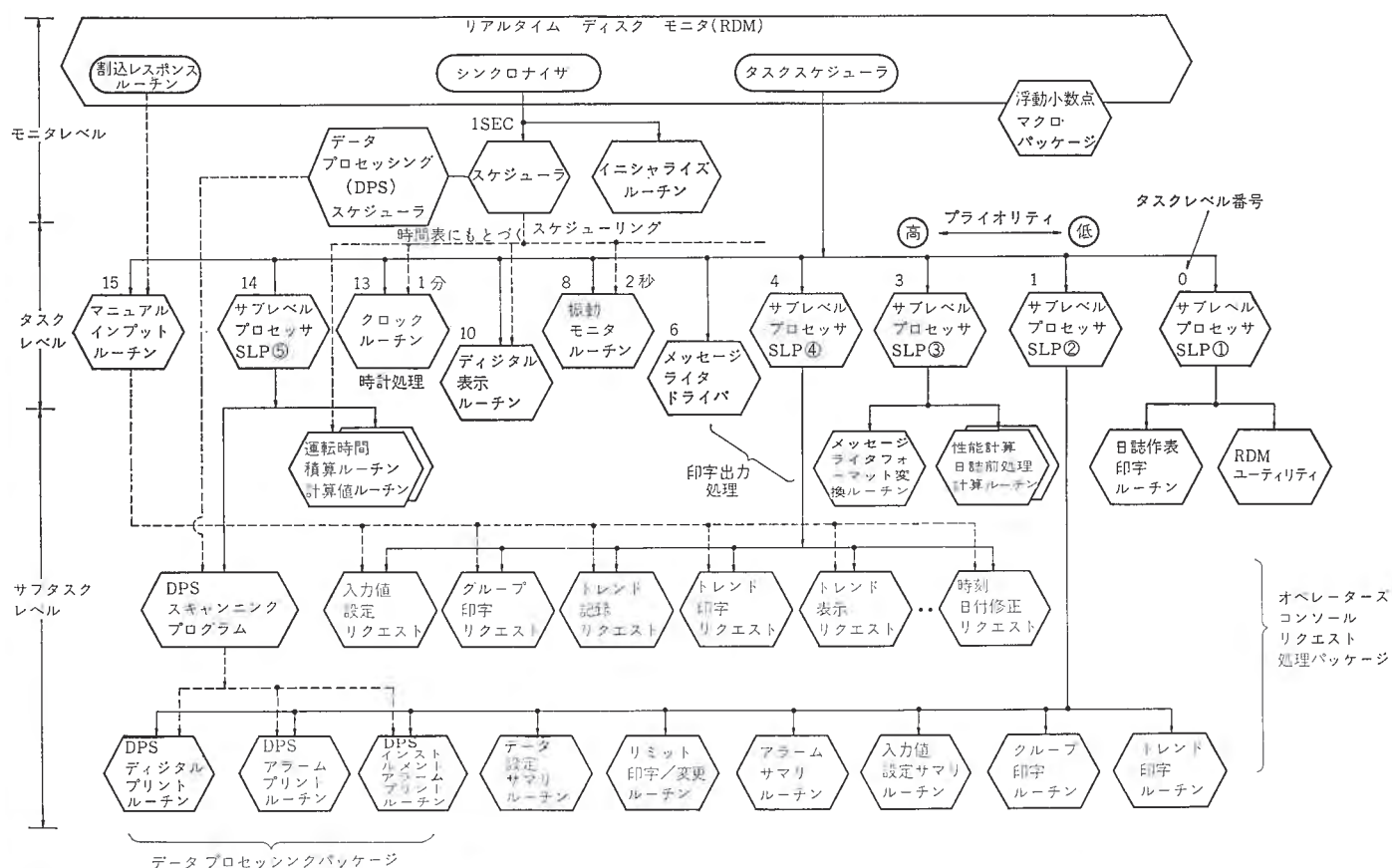


図 8. M-7 火力プラント運転監視システムソフトウェア構成例(コア 20k 語, ディスク 128k 語)
Example of M-7 thermal power plant operation supervisory system software composition.

かりか、制御ロジックの変更に伴うソフトウェア保守の容易性が期待できる。

9. プラント運転監視システムへの応用

最後に、制御用ミニコンピュータ M-7 の一つの応用例として火力発電所の自動データ処理、運転監視システムを簡単に紹介しよう。

図 6、8. にそれぞれこのシステムのハードウェア、ソフトウェア構成を図示した。このシステムはコアメモリ 20k 語 ディスクメモリ 131k 語でシステムの機能は概略次のようなものである。

(1) アナログ入力のスキャンと警報

ボイラ、タービン、発電機等から、温度・圧力・流量など 500 点におよぶアナログ入力を、毎秒 50 点余りのスピードで読みとり、計器レンジとの比較、工学単位への変換、所定のコアメモリへのストア、上下限警報リミットとの比較を行ない、異常の場合は警報タイプライタへの印字等の警報処理を行なう。

(2) 補機運転記録

プラントから電気、ボイラ、タービン関係の 200 点以上の接点入力を毎秒スキャンし、前の接点状態と比較し、状態変化の有無および接点状態を所定のメモリにストアの上、特点の接点に変化があると警報タイプライタに、時刻・点番号・接点状態を印字する。

(3) 振動モニタ

2 秒間隔のサンプリング周期でタービンの振動をサンプリングし 10 秒ごとに増加率を計算して 2/100 mm 以上の変化でアナウンシェータに警報を出す等の処理を行う。

(4) 日誌、日報の作成

日誌フォーマットにもとづいて、定期的にその時刻における運転データを日誌タイプライタに印字する。また 24:00 の定時印字終了後、合計値・平均値・最大値および計算値（利用率・負荷率・出力率などを日報フォーマットにもとづいて日報タイプライタに印字する。

(5) 性能計算と統計ログ

ユニットの主機について、発電端効率、送電端効率、ボイラ効率、タービン効率等を定期的（60 分）に計算し、計算結果は日誌タイプライタに印字される。また統計業務に必要な生データも印字する。

(6) オペレータリクエスト

オペレータリクエストは、運転員がユニットの状態に応じて必要な機能を要求するために使用するもので、図 8. に示したようにデジタル表示、トレンド印字など、約 20 種のリクエスト処理機能を持っている。

以上このシステムのおもな機能を述べたが、これらのうち（1）、（2）、および（6）項の大部分は、すでに 8 章で、紹介してきた、

表 2. MELCOM 350-7 実績表

List of MELCOM 350-7 delivered.

分野	適用システム	概略機能
鉄鋼	某製鉄会社向けデータ処理 某製鉄会社向けミル AGC	自動データ処理、IBM 360 とのデータリンク 自動板厚制御
電力	某電力会社向け電力系統自動処理 (10 システム) 某電力会社向けセキュリティ自動監視 某電力会社向けプラント運転監視 (2 システム) 某電力会社向けデータ処理 某共同発電所向けデータ処理 某化学会社向けデータ処理	自動データ処理、データ交換 アナコンによる系統シミュレータとの接続 負荷分派二重系システム プロセスデータのスキュンニング、モニタリングアラーム、ロギング 水力発電および系統運用データ処理 自家発電用データロガー 自家発電負担割合制御、事故入力処理、自動データ処理
化学	某化学会社向けデータ処理 某製紙会社向けデータ処理 (2 システム) 某化学会社向けデータ処理	温度制御、データ処理 プロセスデータのスキュンニング、モニタリングアラーム、ロギング プロセスデータのスキュンニング、モニタリングアラーム、ロギング
ビル管理	鹿児島大学向けビル管理 某百貨店向けビル管理 某ビル会社向けビル管理 某県議会議事堂向けビル管理	ビル管理、受変電制御、空調制御、ロギング ビル管理、受変電制御、空調制御、ロギング ビル管理、受変電制御、空調制御、ロギング ビル管理、受変電制御、空調制御、ロギング
水処理	東京都水道局向け下水処理 横浜市水道局向け下水処理 某水道局向け下水処理 某水道局向け水処理	下水場自動データ処理、ロギング 下水場自動データ処理、ロギング 下水場自動データ処理、ロギング (データハイウェイ、デュアル二重系) 下水場自動データ処理、ロギング (デュアル二重系)
試験装置	当社姫路製作所向けエンジン試験装置 某研究所向け試験装置 某研究所向け試験装置 当社中央研究所向け大深度石油掘削試験装置 某鉄道会社向け電車試験装置	排ガス分析データ処理、走行モード制御 ガスクロ処理、排煙脱硫プロセスデータ処理 水平位置制御、DDC 水平位置制御、DDC 電気試験、ブレーキ試験
一般	某火力発電所向けシミュレータ 某電力会社向け大気環境監視	火力発電所の BTG 値の制御 テレメータ入力、監視データロギング、TOSBAC 40 との通信回線接続

標準パッケージ (MOSP-7) によってまかなわれている。

10. む す び

MELCOM 350-7 のハードウェアとソフトウェアについてのおもな特長と、その適用分野について簡単に紹介した。

MELCOM 350-7 は、その幅広い適用実績から見て、高性能、高信頼性が実証されており、制御用計算機として今後大いに期待できる。

われわれは今後、二重系システムにおける実績をつくり、ハードウェア、ソフトウェア両面で複合システムの標準方式を確立すること、標準入出力装置のレポートをさらに拡大すること、制御用コンパイラを徹底して導入しソフトウェアの標準化を推進することなどにより、なお一層 M-7 の適用分野を拡大していく所存である。

定期券発行装置

柳 沢 武*・多 田 豊*・大 倉 忠 広*
小 林 正 孝*・高 出 一*

Commutation Ticket Issuing System

Computer Works

Takeshi Yanagisawa・Yutaka Tada・Tadahiro Ôkura
Masataka Kobayashi・Hajime Takade

A commutation ticket issuing system equipped with a minicomputer MELCOM 70 as control equipment has been developed.

This ticket issuing system permits the connection of counter machines as many as four sets at the maximum, and further it is so designed as to effect perfect simultaneous parallel operation. The apparatus thus designed have been already delivered to the Japanese National Railways, Teito Rapid Transit Authority and Osaka Municipal Communication Bureau, operating with satisfaction.

The commutation ticket issuing system is drawing attention of the commuter transportation business as a device to improve the efficiency of the ticket issuing job, to process recordings into computer to and to automatize ticket punching and other works within the station.

1. ま え が き

ミニコンピュータ MELCOM 70 によって制御する定期券発行装置を開発した。

この定期券発行装置は、定期券発行窓口機を最大4台まで接続することができ、しかもそれらが完全に同時並列動作できるように設計されている。この設計にもとづく定期券発行装置はすでに日本国有鉄道、帝都高速度交通営団、大阪市交通局に納入され稼働中である。

定期券発行装置は、定期券発行業務の能率化、発行記録の計算機処理化、自動改札など駅業務の機械化にこたえるものの一つとして旅客運輸業界の関心を集めているものである⁽¹⁾⁽²⁾。

このように定期券発行装置が旅客運輸業界の要望にこたえうるかたちで開発が可能になった要因として、ミニコンピュータの性能が著しく向上したこと、補助記憶装置などの各種周辺機器の接続が可能になったこと、ミニコンピュータシステムが比較的低価格で供給されるようになり、ミニコンピュータをシステムコンポーネントとして容易に使用できる

ようになったことなどがあげられる。

2. 定期券発行装置の概要

2.1 機 能

定期券発行装置は、出改札業務の機械化をはかるための自動改札用定期乗車券（以下定期券という）を発行する装置である。

定期券発行窓口機（以下窓口機という）の操作部で項目設定することにより経路、運賃、通用終了日などが自動演算され、マイクロフィルム式電子印刷により定期券面を印刷し、申込書から氏名、年令などの項目も自動印刷される。

さらに磁気被膜付保護シールを行ない、自動改札用コードを磁気印加した自動改札用定期券を発行する。

また発売統計、連絡発売の精算などの後方業務用に発売業務の内容を発行記録として紙テープなどに記録する。表1.に定期券発行装置の仕様を示す。

表1. 定期券発行装置仕様
Specification of commutation ticket issuing system.

機器	項 目	仕 様
制 御 機	デ ー タ 転 送 速 度	・中央処理装置→プログラムコントロールチャンネル 1.9 μ s ・プログラムコントロールチャンネル→窓口機 10 μ s
	デ ー タ 出 力	・ビジータイム 10 μ s (半固定) ・信号の形式 ホールド信号 ・容 量 288点 (最大) ・走査速度 12点/11.9 μ s
	デ ー タ 入 力	・レディタイム 3 μ s (半固定) ・信号の形式 モメンタリイ信号 ・容 量 240点 (最大) ・走査速度 12点/10 μ s
	開 込 信 号	・容 量 24点 (最大)
窓 口 機	操 作 部	・乗車区間設定ボタン 504個 (最大) ・項目設定ボタン 52個 (最大) ・数字表示 6けた十符号1けた ・テンキー 0~9およびクリア ・操作員パッジ 31種 (最大) ・日付設定 デジタルスイッチ ・電源入/切スイッチ 押ボタンスイッチ
	印刷シール エンコード部	・印刷方式 マイクロフィルム式電子印刷 ・シール方式 ヒータプレートプレス方式



図1. 定期券発行装置窓口機
Counter machine of commutation ticket issuing system.

定期券発行装置には窓口機を最大4台まで接続することができ、それらの窓口機および発行記録機は完全に同時並列動作することができる。

2.1.1 操作

操作員は1枚の定期券を発行するとき、次の項目を窓口機操作盤に設定する。

- (1) 乗車区間の設定：乗車区間設定ボタンにより発駅、経由、着駅の指定。
- (2) 通用期間の設定：通用開始年月日および通用月数の指定。
- (3) 券種の設定：通勤、通学、割引条件などの指定。
- (4) 発券条件の設定：正規、再発行、継続、期間調整などの指定。

これらの設定が終了したのち、スタートボタンを操作して自動処理の開始を指令する。

2.1.2 自動検索

おもな自動検索処理を列举する。

- (1) 乗車経路の決定
発駅、着駅より定められた乗車経路を決定する。
- (2) 乗車距離の算出
乗車経路より乗車距離を算出する。
- (3) 定期券運賃の算出
乗車距離、通用月数、券種の指定より定期券運賃を算出する。
- (4) 通用終了日の算出
通用開始年月日、通用月数より通用終了日を算出する。

2.1.3 定期券の発行処理

(1) 券面印刷

操作員が設定した項目にもとづき、定期券面に必要な項目はすべて自動的に印刷される。印刷項目には発着駅名、経由表示、通用終了年月日、通用月数、券種、運賃、氏名などがある。

定期券面はマイクロフィルム式電子印刷方式によって印刷される。すなわち必要な印刷項目はすべて回転ドラムの外周にとりつけられたマイクロフィルムに納められており、印刷時に必要な項目を選択し光学的に券面に転写され印刷される。

(2) 自動改札用磁気コードの印加

自動改札用として定期券の裏面には自動改札用の情報コードが磁気印加される。そのために定期券は表面には透明な、裏面には磁性被膜つきのプラスチック材料を用い、サンドイッチ状に加熱圧着される。自動改札用情報として発駅、経由駅、着駅、通用開始日、通用終了日、券種などが書き込まれる。

(3) 発行記録

発行された定期券の内容は発行記録として情報記録媒体に記録される。発行記録には発行した窓口機の識別情報、券番号、乗車経路、券種、運賃などの情報が含まれる。

この発行記録は営業・管理・審査部門に必要な資料、たとえば連絡運輸の精算資料、統計資料などを作成するために中央計算機で処理できるようになっている。

情報記録媒体としてせん孔紙テープ、カセット磁気テープなどが使用される。

2.2 システム構成

定期券発行装置は次の機器により構成される。

- (1) 制御機：1台
- (2) 窓口機：最大4台まで接続が可能

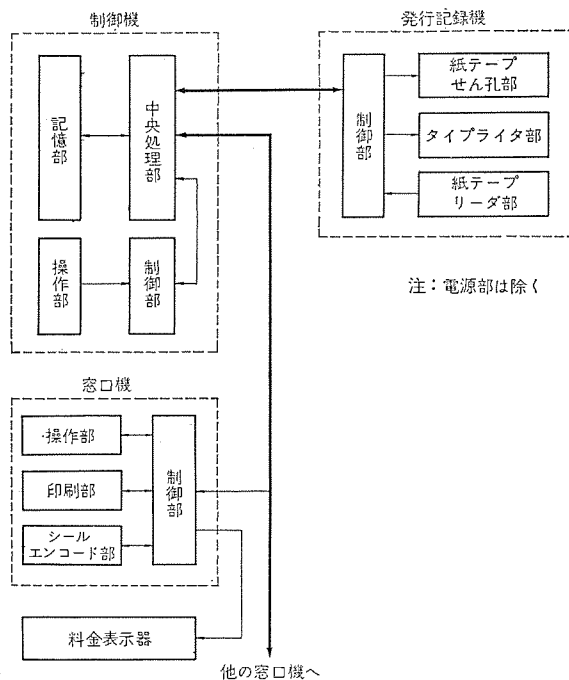


図2. 定期券発行装置ブロック図
Block diagram of commuter ticket issuing system.

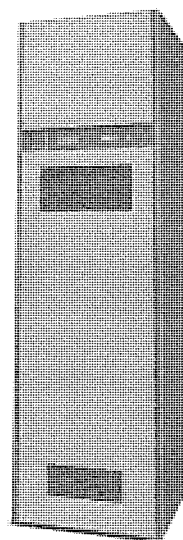


図3. 定期券発行装置制御機
Processor of commuter ticket issuing system.

- (3) 料金表示器：最大4台まで接続が可能

- (4) 発行記録機：1台(標準)

ブロック図を図2.に示す。

2.2.1 制御機

外観を図3.に示す。制御機はつぎの4部により構成され1架に実装されている。

- (1) 中央処理部 (MELCOM 70)

乗車経路の判定、距離および運賃の算出、通用終了日の算出などの論理演算と窓口機、発行記録機の制御を行なう。

- (2) 記憶部 (磁気ディスク)

駅情報、距離および運賃テーブル、処理プログラムなどを記憶する。

- (3) 操作部

中央処理部、記憶部への電源投入または切断操作および発行日の設定を行なう。

(4) 電源部

中央処理部、記憶部、発行記録機への電源供給および窓口機への電源投入、切断制御を行なう。

2. 2. 2 窓口機

外観を図 1. に示す。窓口機はつぎの 5 部により構成され自立架に実装されている。

(1) 操作部

定期券の乗車経路、券種などの項目設定、各種動作の指令および運賃、誤操作、消耗品の不足などの表示を行なう。

(2) 印刷部

窓口機制御部からの制御指令により マイクロフィルム 式電子印刷による定期券面の印刷を行なう。

(3) シールエンコード部

窓口機制御部からの制御指令により プレートヒート方式による定期券のシールおよび自動改札用コードの磁気印加を行なう。

(4) 制御部

制御機からの制御指令に従い操作部、印刷部およびシールエンコード部の制御およびデータの転送を行なう。また、料金表示器も制御する。

(5) 電源部

操作部、印刷部、シールエンコード部および制御部での必要な電源の供給を行なう。また、料金表示器にも電源を供給する。

2. 2. 3 料金表示器

定期券購入者に購入定期券の運賃または払戻額を表示する。窓口機の制御部により制御される。

2. 2. 4 発行記録機

発行記録機は種々のオプションが用意されているが、ここでは標準仕様の構成を説明する。発行記録機外観を図 4. に示す。

(1) 紙テープせん孔部

制御機からの制御指令に従い定期券の発売ごとの情報を紙テープにせん孔する。

(2) タイプライタ部

制御部からの制御指令に従い定期券の発売ごとの記録や発売日報の作成を行なう。

(3) 紙テープリーダー部

制御部からの制御指令に従い運賃変更、制度変更または駅の新設などによるデータ、プログラムの変更を行なう。

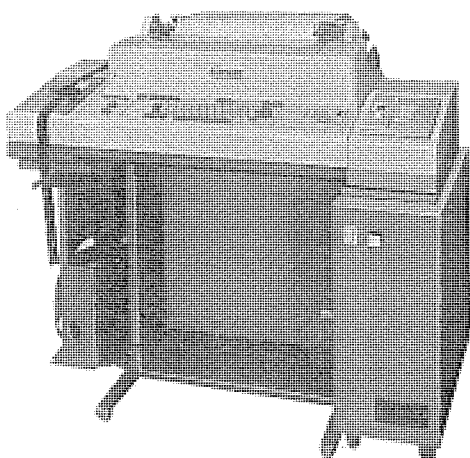


図 4. 定期券発行装置発行記録機
Recorder of commutation ticket issuing system.

(4) 制御・電源部

紙テープせん孔部、タイプライタ部、紙テープリーダー部の制御を行なう。また電源の供給を行なう。

3. ソフトウェア

定期券発行装置のソフトウェアシステムは機能的につぎの 3 部に大別される。

(1) 処理プログラムの管理

(2) 窓口機の動作制御

(3) データ

各処理プログラムの実行タイミングは、基本的には窓口機各部から発生する割込信号によってとられる。

このソフトウェアシステムは次の特長をもっている。

(1) 窓口機の動作はシーケンスコントロールされている。したがって窓口機の動作中に発生しうる不正操作、不正割込信号などによってシステムの制御が乱されない。

(2) 処理プログラムは窓口機対応でなく処理対応である。いずれの窓口機に対する処理も、一つのプログラムによって共通に処理されている。

(3) データファイルは変更、拡張などに対して容易に対処できる構造である。したがって運賃改正、路線の延長、営業キロ程の変更などに速やかに対処できる。

(4) 最大 4 台までの窓口機が接続された場合でも、発行記録を含めて完全に同時並列動作する。したがって他の窓口機の動作状態に影響されることなく能率よく窓口機が動作する。

管理プログラムには MELCOM 70 の標準ソフトウェアの一つであるリアルタイムディスクモニタ (MELCOM 70 RDM) ^(a) が使用されている。

3. 1 処理プログラムの管理

処理プログラムは MELCOM 70 RDM の管理下で実行する。

管理プログラムは処理プログラムに対して次の処理を行なう。

(1) シーケンスコントロールをする。

(2) 処理すべき窓口機を判定できる情報を与える。

処理プログラムは、基本的にはいずれの窓口機に対する処理であるかを意識することなく共通処理している。

3. 1. 1 シーケンスコントロール

窓口機の動作、すなわち処理プログラムの実行をシーケンスコントロールする方法として、窓口機の動作をいくつかの段階に区分し、それらの状態 (これを“STATE”とよぶ) を監視する方法が採用されている。

窓口機の動作状態、すなわち STATE の監視方法としては次の二つが考えられる。

(1) 管理プログラムのレベルで STATE を監視し、処理プログラムの実行を制御する。

(2) 処理プログラムの実行時に処理プログラム自身で STATE を監視し、処理要求が有効であるか否かを判定し、結果的にプログラムの実行を制御する。

ここでは第 1 の方法が採用されている。

窓口機からの処理要求発生から、処理プログラムが起動されるまでの処理概略を図 5. に示す。

この STATE という考え方はこのシステムの一つの根幹をなすものである。STATE の概念を明らかにするために図 6. に遷移例を示す。

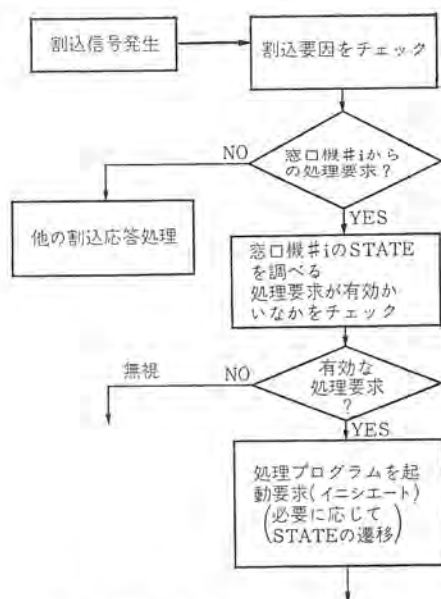


図 5. 処理プログラムの起動
Flow chart of program initiation.

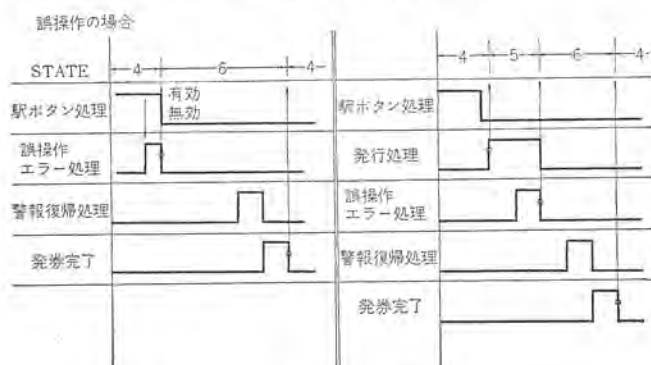


図 6. STATE の遷移例
Example of STATE transition.



図 7. サブタスクの割つけ例
Example of assigning program to subtask.



図 8. 定期券
Sample of commutation ticket.

3. 1. 2 複数窓口機の共通処理

実体が一つのプログラムで複数台の窓口機を共通に処理するために次のソフトウェア構成が採用されている。

- (1) 処理プログラムの位置づけ
MELCOM 70 RDM のサブタスク
- (2) サブタスクの割つけ

一つの処理プログラムは四つの連続したサブタスクナンバのサブタスクとする。

このような構成をとることにより、処理要求要因とサブタスクとは 1 対 1 に対応づけられる。処理プログラムの処理すべき窓口機の判別方法は次のとおりである。

処理要求要因に対応するサブタスクが実行に移るとき、起動要求を受けたサブタスクナンバをもとに処理対象の窓口機番号(これをユーザーインデックスとよぶ、 $U \cdot I = 0 \sim 3$)を判定しレジスタ経由でその情報を処理プログラムに渡す。したがって処理プログラムは実行に先だって処理すべき窓口機がいずれであるかを知ることができる。

3. 2 窓口機の動作制御

窓口機の動作は定期券のシール処理を除いてプログラム制御される。また窓口機の動的な動作をリアルタイムに制御する必要から、動作チェックを要する個所で割込信号を発生するのでそれを手がかりとして窓口機の制御をする一方、時間監視を必要とする動作に対してはタイマ(MELCOM 70 RDM のサブタスクタイムディレイ機能)を使って制御する方法がとられている。

窓口機の動作(操作)は次の二つに大別される。

- (1) 項目設定
- (2) 発券動作制御

3. 2. 1 項目設定

項目設定においては操作内容を明確に表示することが要求される。ただし乗車区間設定以外は即時処理を要求されないもので、ランプ点灯はハードウェア的に処理している。

乗車区間設定では経路判定処理が必要で、それは即時処理が要求される。したがって乗車区間設定ボタン処理では乗車区間設定が正しいか、必要に応じてとりうる経路路を表示するなどの処理をリアルタイムに行なう。

乗車区間設定ボタン操作だけで乗車区間設定を完了する場合は乗車区間設定ボタン処理によって乗車経路が決定される。経路判定の中心をなす処理プログラムである。

定期券発行に必要な項目の設定完了ののち、操作員は発券動作開始を指令するボタン操作をする。処理プログラムは発券処理を実行する。

3. 2. 2 発券動作制御

操作員からの発券動作開始指令(ボタン操作)後、処理プログラムは操作盤に設定された項目を読み込み、設定のエラーチェック等を実行する。その後経路表示処理、運賃計算処理、券面印刷フィルムデータの作成等を実行し発券動作制御に移る。窓口機はつぎのような動作を経て定期券が発行される。

窓口機の動作と並行して発行記録機は発行記録を出力する。窓口機と発行記録機は完全に並列動作するように設計されている。

- (1) 券用紙の供給
- (2) 券番号の更新
- (3) 券面の印刷
- (4) 券の搬送

- (5) シール 処理
- (6) 自動改札用情報コードの磁気印加（エンコード）
- (7) 券の搬出
- (8) 発行記録

これらの処理は窓口機の動作に伴って発生する割込信号により起動される処理プログラムによって実行される。

3.3 データ処理

ここに述べるデータの範囲は経路判定、運賃計算などで参照するデータファイルに限る。データ処理の方式は必要なデータをどのような構成でもつかによってきまる。データファイルは変更、追加などに対して柔軟な構造であることが要求されるもので、つぎのような特長があげられる。

- (1) データファイルをいくつかの部分に分割する。
- (2) 部分としては独立している構造である。
- (3) データとしては基本的な値をもっている。
- (4) データの内容としてディスクのセクタアドレスをもたない。
- (5) 必要とするデータを少ないデータ転送回数（ディスクからコアメモリへのデータ転送回数）で得ることができる。

3.4 ソフトウェアシステム構成

定期券発行装置のソフトウェアシステム構成を図10.に示す。

コアメモリマップの概略を図11.に示す。

ディスクメモリマップの概略を図12.に示す。

このソフトウェアシステム構成の特長としてつぎの点があげられる。

- (1) 共通サブルーチンを多数用意し処理プログラムの負担を軽減し、プログラム容量の減少をもたらしている。
- (2) 処理の緊急度および窓口機と発行記録機とが同時並列動作するようにレベルわけされている。
- (3) 処理プログラムは緊急処理を要するもののほかはすべてディスク常駐である。
- (4) 多くのユーティリティプログラムをディスク常駐プログラムとして組込まれている。

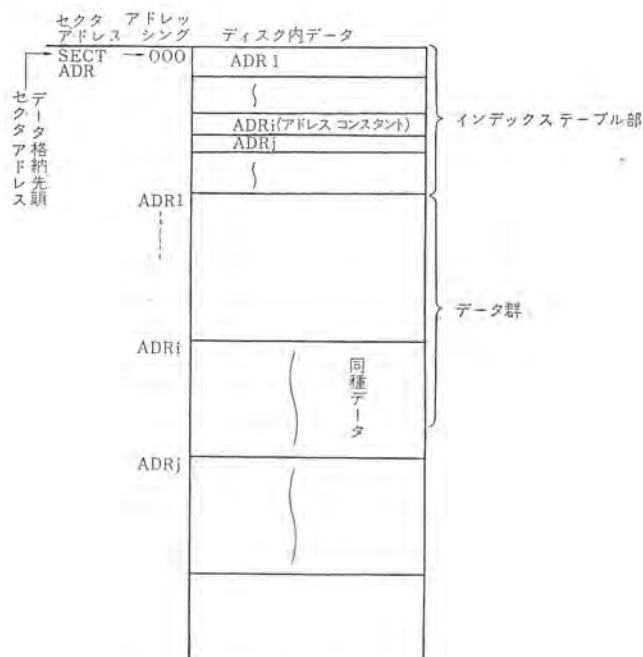
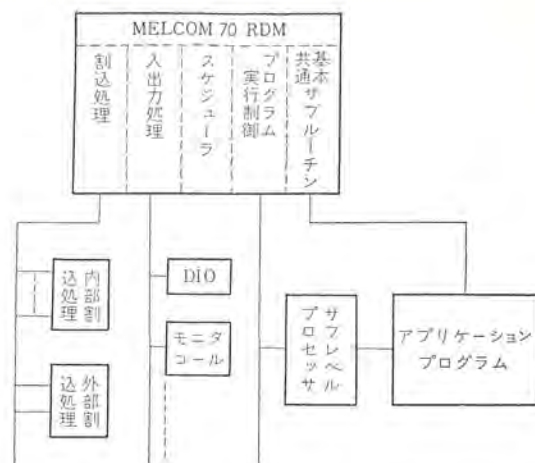
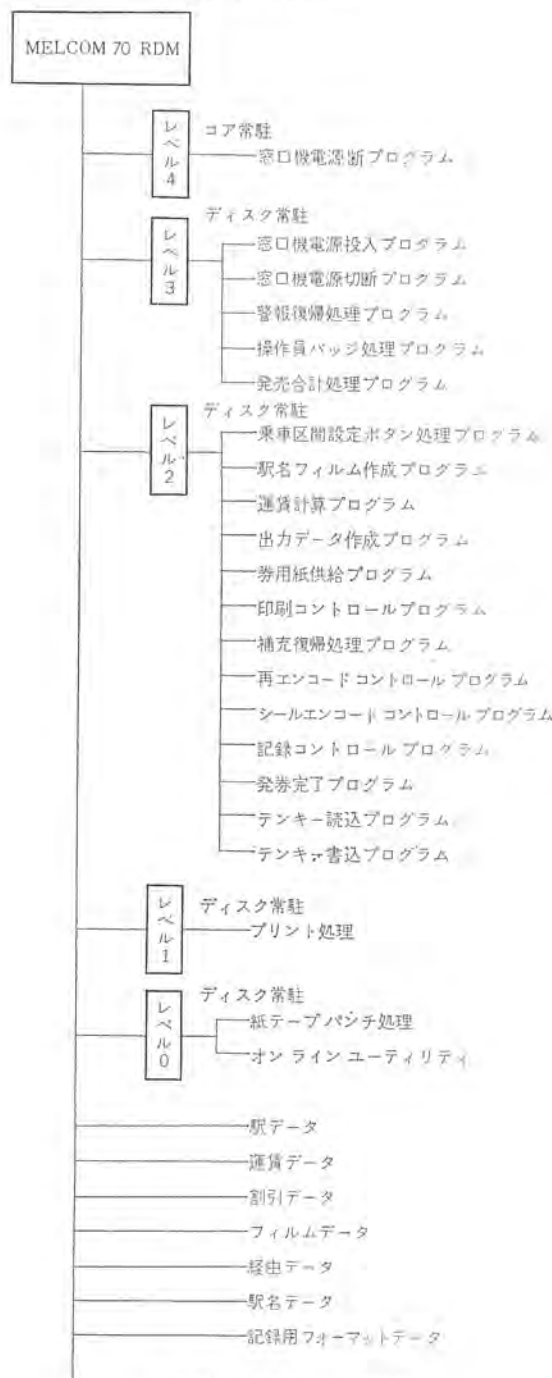


図9. データファイルの基本構成
Basic structure of data file.



(a) プログラム構成



(b) プログラムレベル構成

図10. ソフトウェアシステム構成
Block diagram of software system.

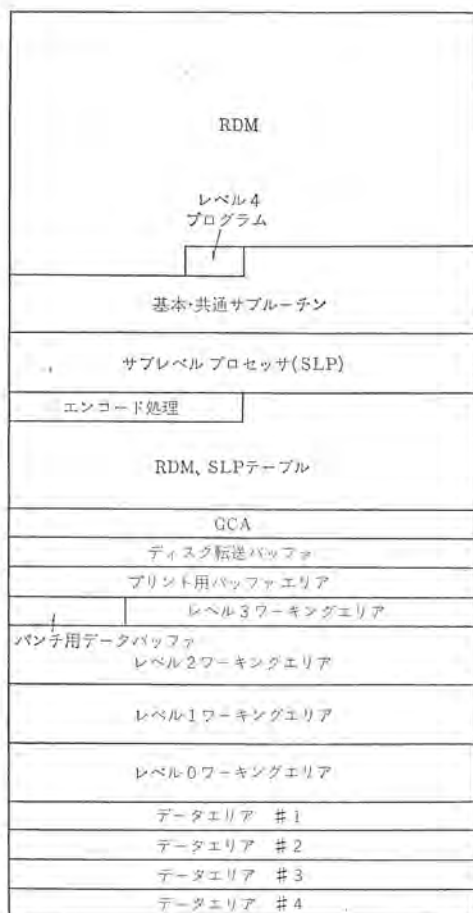


図 11. コアメモリマップ
Core memory map.

4. む す び

以上定期券発行装置の概要とソフトウェアシステム設計に当ってわれわれがとくに留意した点について報告した。この設計にもとづく定期券発行装置のか動状況から、われわれの設計方針が満足すべき結果をもたらしている。

定期券発行装置のかかえている課題として、発行記録の収集システムがある。次期の発行記録機として最も注目を集めているものはカセット磁気テープであり、真剣に検討されている。

またオンラインによって定期券発行システムを構成することも検討されている。

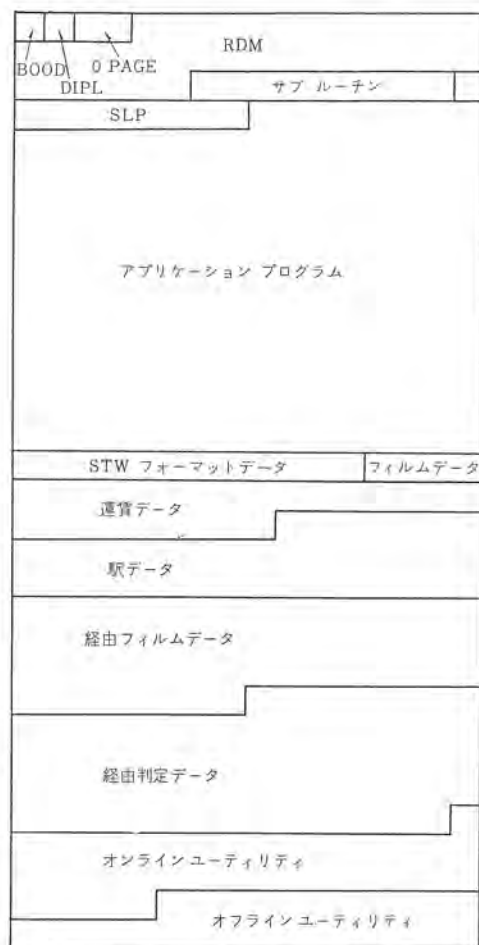


図 12. ディスクメモリマップ
Disk memory map.

おわりにこの装置の開発にあたってご指導を賜った、日本国有鉄道、帝都高速度交通営団、大阪市交通局の関係者に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 菊池ほか：自動出改札システムの設計，第7回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム予稿集，65（昭45）
- (2) 菊池ほか：出改札自動化機器の開発（第3報），第7回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム予稿集，73（昭45）
- (3) MELCOM 70 リアルタイムディスクモニタ説明書

ミニコンピュータの医療関係への応用

新納 弘*・服部 七郎*・大森 昭彦*
福 隅 正 憲**

Application of Minicomputers to Medical Electronics

Head Office Hiromu Niino・Shichiro Hattori・Akihiko Omori
Computer Works Masanori Fukuzumi

Combination of medical electronic technique and information processing function to form a medical information system has come in the limelight in a new information processing field. However, there is much variety in the range of computer application, the scale of system and the form of processing. In this article are explained briefly the computer utilization in each of medical information system and clinical laboratory automation system which is on the threshold of practical operation as the application of computer. The clinical laboratory automation system collects and analyzes digital or analog data that are the results analyzed with the automatic analyzer, and further effects data processing for the rationalization of the whole laboratory in parallel and simultaneously. It is under development with a target to be completed in June, 1974 being a promising system to meet the needs of the world. A problem how to standardize hardware and software still remains.

1. ま え が き

最近の世の中のいわゆる「情報化」の波は、未来産業の一つである医療分野にもおしよせてきた。人口の高齢化、公害の発生にともなう医療需要の急増、国民所得の増加を上回る医療費の高騰、「3時間待ちの3分診療」といわれる低医療サービスなどに対処し、かつ無医村、離島などへき(僻)地における医療の過重偏在を是正し、国民全体に同等の医療サービスを提供しようとする医療情報システム化の研究・開発が急テンポで進展している。これは医療における複雑な機能を、コンピュータ、ME (Medical Electronics) 技術を導入しシステム化することが唯一の改善策だからである。

しかし、システム化といっても、そこに描くイメージは大小様々であり、まして包括的な医療のシステム化に至っては、各種医療機関相互間をコンピュータならびに通信手段で結合した広域医療情報ネットワークシステムから、小さなものでは病院内における患者と看護室との間の通話装置まで種々様々のものがあるが、本文では、医療分野におけるコンピュータの応用という観点から、医療全体の情報処理システムの概説とそのサブシステムとして MELCOM 70 を利用した臨床検査システムの解説をする。

2. 医療情報システムの概要

2.1 全体システムの体系

医療情報システムの体系は、図1.に示すとおり大きくわけて二つの柱がある。一つは病院ならびに、これに準じた医療機関における総合的な情報管理システムであり、コンピュータを中核とし他の医療機器すなわち ME 機器をシステム的に適切に導入し、病院機能のシステム化を図るいわゆる HIS (Hospital Information System) と呼ばれるものである。HIS を指向するに際し、病院内の各部門の情報内容や処理形態をみると種々様々であり、画一的かつ単純でなく、また同じ技術水準で論じられる性質のものでもないが、共通的なサブシステムをまとめてみると、院内の事務的情報を扱う分野、診断・治療の純医療情報を扱う分野、各種 ME 機器からのデータ収集・解析な

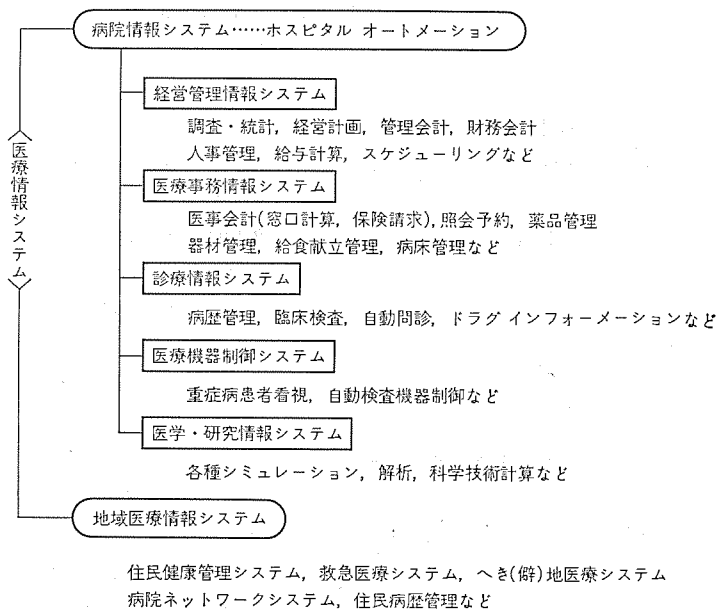


図1. 医療情報システム体系
Outlines of medical information system.

らびにモニタリングをする分野、経営管理面の情報処理分野、医学・研究の一手段として利用する分野、などに分類できる。

いま一つは、広く国民全体の健康状態や病歴を絶えずは(把)握 (Health Data Bank) して住民の健康保持増進に役立てるとともに、医療・衛生行政に貢献しようとする健康管理の分野、医療の地域格差是正に取り組むべき地医療システムなどの地域医療のシステム化である。この分野では現在、通産省、厚生省などのナショナルプロジェクトとして国産電算機メーカー6社の共同研究・開発が進展している。

2.2 医療情報システムの概要

体系図にそって簡単に解説してみよう。

2.2.1 経営管理情報システム

診療科別の収益状況をは握したり、外来や入院患者の量的把握ならびに構成比率をは握し患者動向をみることによって、経営上の指

標を得る調査・統計や、院内における医師、看護婦、技士などの人事管理、給与計算のほか、財務会計、管理会計など病院経営ならびに管理面を扱うシステムの集合である。

2.2.2 医療事務情報システム

保険点数をもとにして患者負担分の料金計算ならびに支払基金に対する診療報酬請求業務（レセプトの作成）などのいわゆる医療会計システム、医師別の診療予約や各種臨床検査の予約などの照会予約システム、薬品や医療器材の受払業務ならびに在庫管理、一般食や治療食を対象とした給食指示・献立作成・栄養価計算などの給食管理、入院申込にもとづく入院受付（待機患者のは握）から退院にいたる患者の所在と空床のは握によって病床の有効利用を図ろうとする病床管理、など患者サービスならびに院内事務の省力化・合理化をねらいとした分野である。

2.2.3 診療情報システム

多項目の検査を同時に行なう自動分析装置、心電計、脳波計などの各種 ME 機器からデータを収集し、定量的、定性的な検査結果の報告を行なう臨床検査システム、検査結果の情報や手術情報・治療情報など詳細に記録された病歴（カルテ）をコンピュータに蓄積し、必要な都度必要な情報を検索・解析することによって診断・治療に役立てようとする病歴管理、病院に初めて来院したとき行なう問診の自動化、薬効の副作用情報を管理する DI (Drug Information System)、薬の処方せん（箋）にもとづいた自動調剤、など診療・治療を側面から介助するシステムである。

2.2.4 医療機器制御システム

ICU(Intensive Care Unit—集中治療部)、CCU(Coronary Care Unit—動脈疾患集中治療室)など、手術後の患者や心筋梗塞の患者のような重症病患者を1カ所に集め能率よく集中的に監視ならびに治療を行なうシステムで、コンピュータの役割は各種装置（集中監視装置、緊急治療装置など）を制御し、かつ患者の生体情報を間断なく収集・解析し患者の異常を認めた都度、医師に警報指示を与えるいわゆる大がかりなモニタリングシステムとしての重要な役割をになう分野である。

2.2.5 医学・研究情報システム

生体情報の解析や生体モデルのシミュレーションにより生体機能を解明したり、科学としての情報理論の立場から病気の計量的な推理（計量診断学）など、医学の進歩や専門分化とあいまって新しい医療（予防医学）を指向するうえにコンピュータを補助機能として役立てようとする分野である。

2.2.6 地域医療情報システム

疾病の早期発見や疾病予防をねらいとして、各種健診装置とコンピュータを有機的に結合し、多種の検査項目を短時間に実施することにより、地区住民の健康保持増進に寄与する総合健診システム(MHS—Multiphasic Health Screening System)、救急患者や無医地区の医療をねらいとして、急患発生にともない生体情報を有線または無線で中央へ伝送し、その解析結果によって救急処置の指示を与える救急医療システムや、健診車・健診船・救急ヘリコプターなどの利用を前提としたへき地医療システム、病院群の情報交換をねらいとした通信回線によるネットワークシステム、など大規模システムが多いが、共通していることは患者の病歴や検診結果の情報（多種多量）を中央にファイル(Medical Data Bank)する必要がある。

以上、医療情報システムの大要を述べたが、どのサブシステムをとってもシステム化を推進する際に問題がないわけではなく、むしろコン

ピュータ導入前の問題が山積している場合が多い。たとえば、法的規制や医療制度上の問題など、一病院内での改革で解決するにとどまらず、ナショナルプロジェクトとしての医療政策・医療行政的な解決を要する問題が多い。

当社では昭和44年以来、某大学病院とホスピタルオートメーションのトータル化を目指した共同研究を実施し、かなりの成果を得ることができたが、上記の問題をすべて解決するには至っていない。したがって、昭和47年以来、トータルシステム化の方向から各サブシステムを独立させ将来指向として総合化を図る方法に切り換え、MELCOM 70の特長を生かした将来性のあるサブシステムの開発に従事している。この稼働間近なシステムもあるが、現在鋭意開発中である代表的なサブシステム——臨床検査自動化システム——を解説する。

3. 臨床検査自動化システム

3.1 臨床検査とは

病院において臨床検査を行なう部門は、通常、中央検査室と呼ばれ独立した組織となっており、院内の外来患者や入院患者の検査を集中的に実施している。

臨床検査は広義に解釈すると図2.に示すとおり「検体検査」と「患者検査」とに大別されるが、両者の大きな違いは、前者が血液や尿など患者から採取した試料（検体という）に含まれる物質を化学的な手法で分析したり、形態学的手法で定性・定量的なデータを収集するもので、既して自動分析装置により多種目同時処理を行なうことができる。検査結果のデータはデジタル化される場合が多いがアナログとして出力されるものもかなりある。

後者の「患者検査」は、心電図・脳波・筋電・心音などの生理・理学検査で直接患者自身からデータを計測し収集するもので、検査結果はパターン情報として出力される。患者検査に関してのミニコンピュータの応用は心電図の解析程度にとどまり、脳波・筋電・心音などのデータ収集・解析はいまだ研究段階にある。

3.2 検体検査業務

検体を中心とした検査業務には二つの側面がある。一つは検体の分析・測定という業務であって、血液や尿の試料に所定の試薬を加え化学的に反応させ、たとえば総たん白量を測定したり、血液中の白血球・赤血球数を算定するいわゆる、検査工程の中心となる作業である。この工程においては、前述したとおり自動分析装置を使用し最終結果まで自動的に出力される検査項目と簡易的な計測機器を用い、手動で算定する項目（用手分析）とがある。

一方、分析・測定工程の前後処理として、検査の依頼を受けて

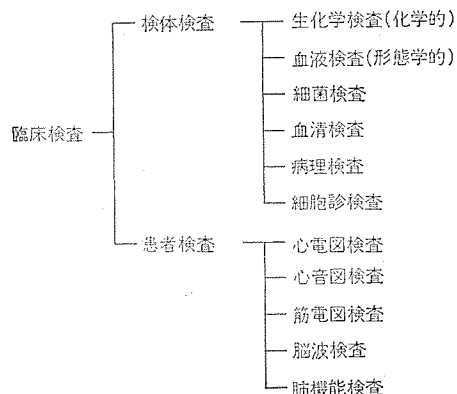


図2. 臨床検査の体系
Outlines of clinical laboratory.

検体と依頼伝票との照合チェックや伝票類の整理ならびに作業指示表の作成など、検査の準備段階や、検査結果が出ると報告書に転記し依頼元（病棟・外来各科）に返送したり、ディリワークの緒統計および検査データの精度管理など、検査後の処理がある。現状の業務フローは一般的に概略図3.のようになる。

(1) 依頼元から必要検査項目、患者IDなど必要事項が記入された所定の依頼票と検体が検査室に搬送される。

(2) 検査室受付では双方を照合チェックし双方に所定のルールに従って受付番号（検体番号）が記入される。検体番号は以降において報告書作成まで患者識別の代用として使用されるため、重要な役

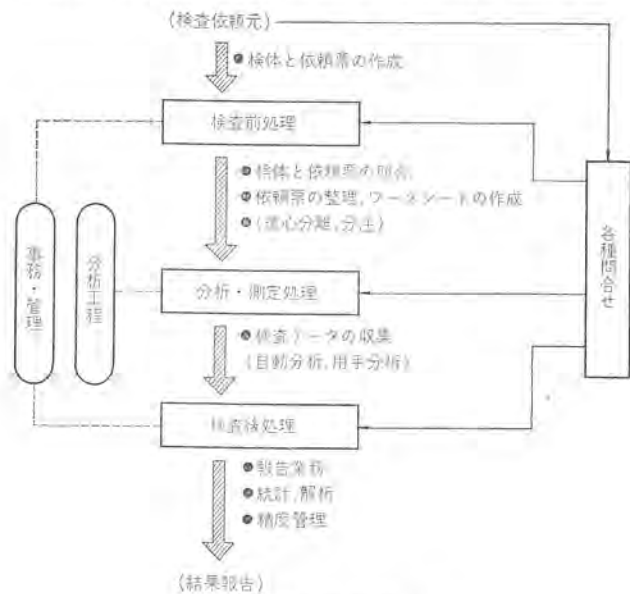


図3. 検体検査室業務フロー
Clinical examination process flow.

割をもつ。

(3) 検体と依頼票は分離され、依頼票からは検査技士ごとの作業表（ワークシート）が作成される。検体は検査準備のための遠心分離などの工程にはいる。

(4) ワークシートにもとづき遠心分離後の検体を分類し、分析測定にはいる。

(5) 最終的な検査結果は患者別に整理され、検査結果の報告書を作成する。

(6) 報告書は依頼先別に分類し返送される。

(7) 分析結果の精度管理表や、諸統計表がルーチンワーク終了後作成される。

(8) 通常、ルーチンワーク中に依頼先から、依頼内容の確認・緊急検査の結果内容・未検査内容の確認など各種の問合せに対する応答が行なわれる。

3.3 検体検査の総合自動化システム

3.2節で述べた業務内容は、ME技術の発達にともなうME機器導入までの段階であり、これによって分析・測定作業に関するかぎり作業の合理化はかなりできるものの、データ処理はいぜんとして人手に頼っている。検体の取りちがえや、転記ミス、報告の遅れなどの問題が残っているが、これらを一挙に解決しようとしたのがMELCOM 70による総合自動化システムである。図4.にシステム機能の関連を示すとおりコンピュータによる処理内容は、検査前処理としては検査オーダーの受付処理（リアルタイム処理）、ワークシートの自動化（パッチ処理）であり、分析・測定工程としては自動分析・用手分析データの収集（リアルタイム処理）、収集データの濃度換算・データ補正ならびにアナログデータの場合の波形解析（リアルタイム処理）であり、検査後処理としては患者別の検査結果報告書の自動化（パッチ処理）、精度管理表の作成（パッチ処理）、統計処理（パッチ処理）であり、その

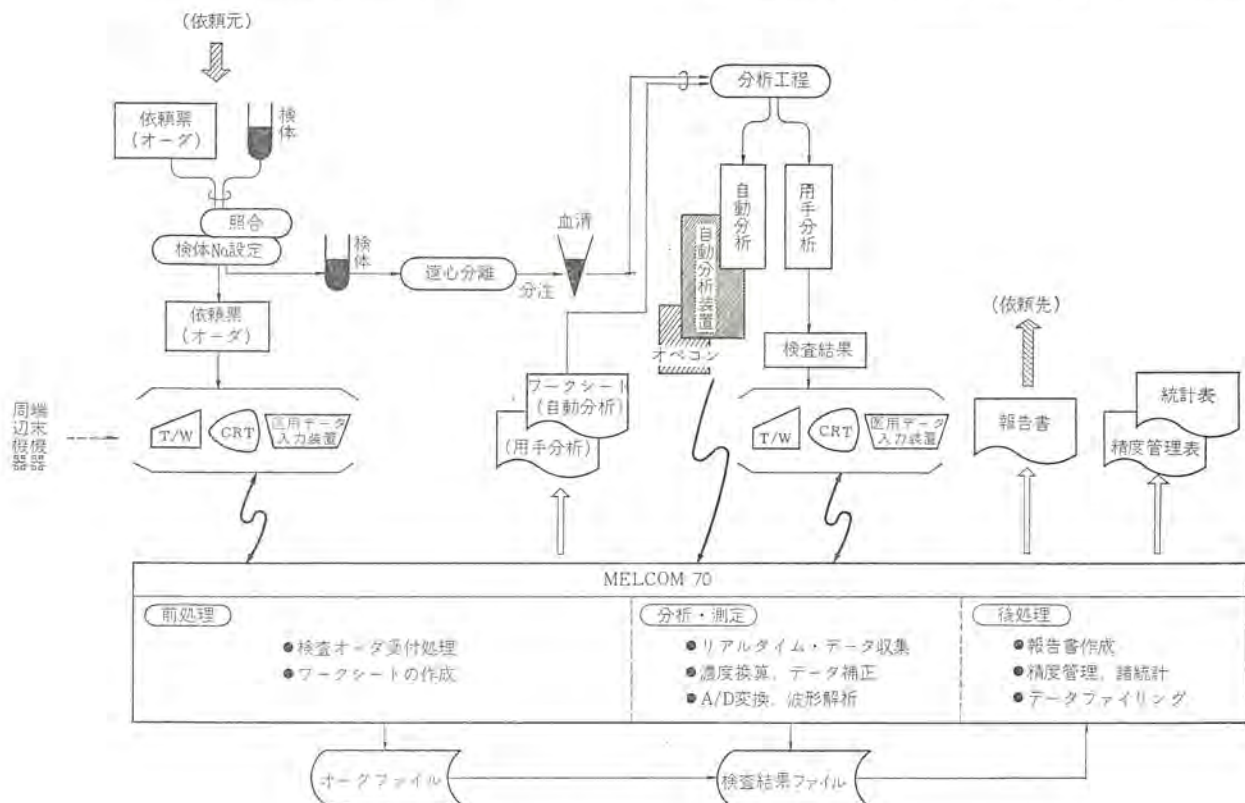


図4. システム機能関連図
Functional system flow chart.

ほか問合せに対する会話形式の情報検索が主体となっている。すなわちおもな特長を上げると以下のとおりである。

(1) 分析作業オーダーの受付処理は、CRT ディスプレイおよび医用データ入力装置で簡易に入力できる。

(2) 自動分析装置および各種計測器からの検査結果は、プロセス入出力装置を介してオンライン入力できる。

(3) 用手分析結果の入力は専用端末で行なう。

(4) オンライン入力データの解析(検量線の作成、濃度換算、ベースライン補正など)は自動的。

(5) 分析結果の異常値を自動的に検出。

(6) スピーディなレポート編集と依頼先へのフィードバック。

(7) 照会に対するカンパシヨナルなレスポンス。

(8) 分析値の統計解析による精度管理の自動化。

4. 横浜市立大学病院 中央検査室システム

この病院には、自動分析機のIBMといわれるテクニコン社製の自動化学分析装置オートアナライザⅡ形(略称AAⅡ)6台がすでに導入されている。今回のシステムはAAⅡ6台をMELCOM

70と接続して検査結果の自動収集を行なうこと、および検査前後の事務的作業のEDP化が主なる目的である。AAⅡは1本のチューブ内を検体が次々と流れていく方式であり、一つの流れは1検体項目に当る。これを1チャンネルといい1台のAAⅡに3チャンネルまで増設可能である。

4.1 システム構成

図5.にハードウェア構成を示す。接続する自動分析装置の種類・台数およびデータ量によりシステム構成上規模の増減がある。この病院ではAAⅡ6台(12チャンネル)、1日当りの処理検体数約300検体で主メモリ16kWを必要とする。補助メモリとしては蓄積しなければならない検体数および保存日数によって磁気テープを必要とする場合もあるが、今回は保存日数が1週間と比較的短いのでカートリッジディスクに格納できる。周辺装置としては患者のID項目・受付時のオーダー内容・用手分析結果の入力が容易にできる医用データ入力装置と、結果報告書作成用のラインプリンタが主体となっている。すでに設置済みのAAⅡとの接続は、記録計との接続と、IDEE BUFFERとの接続の二つがある。IDEE BUFFERとの接続はダイレクトに接続できるが、記録計との接続は発信装置およびポテンシオメータをチャンネルご

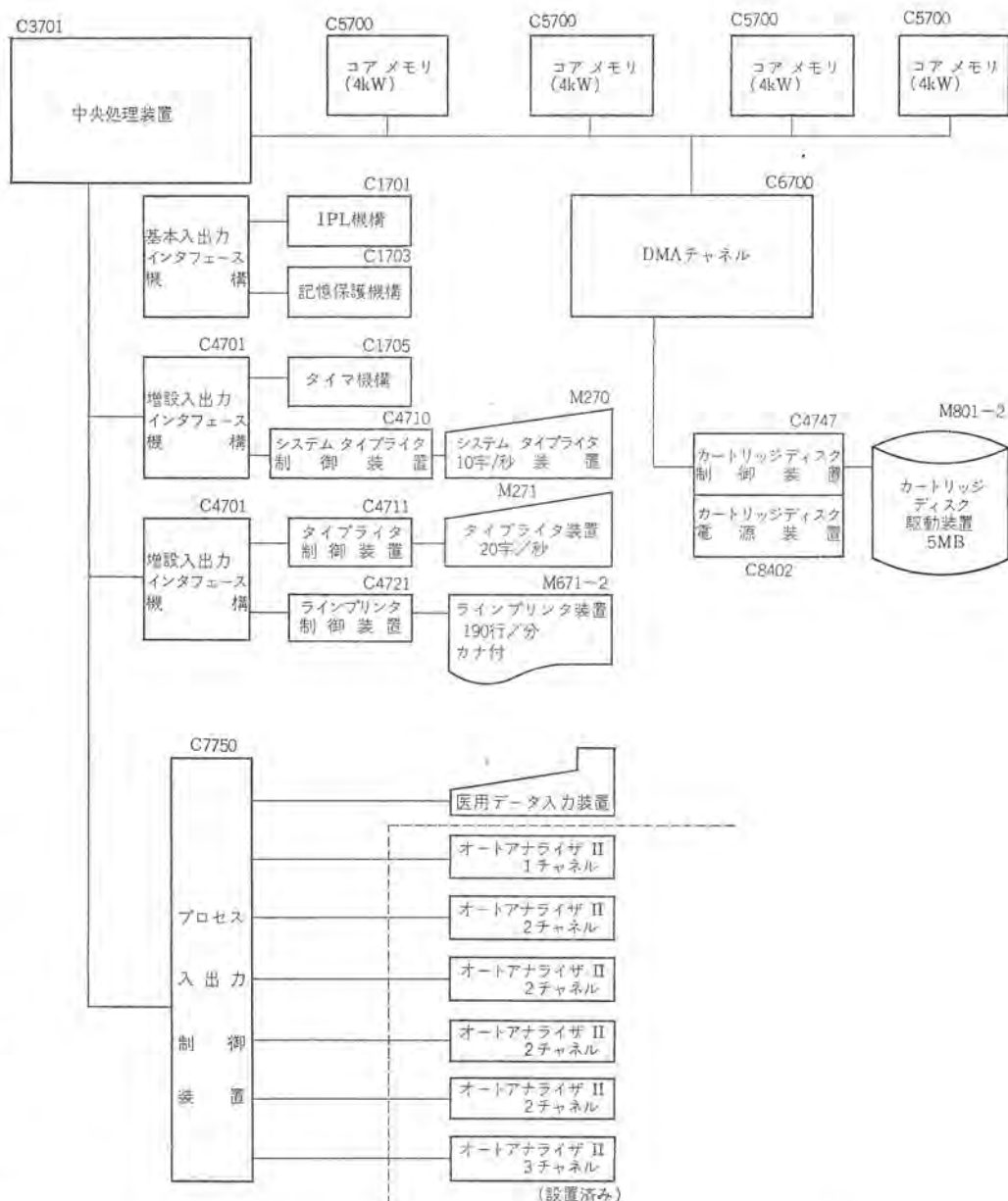


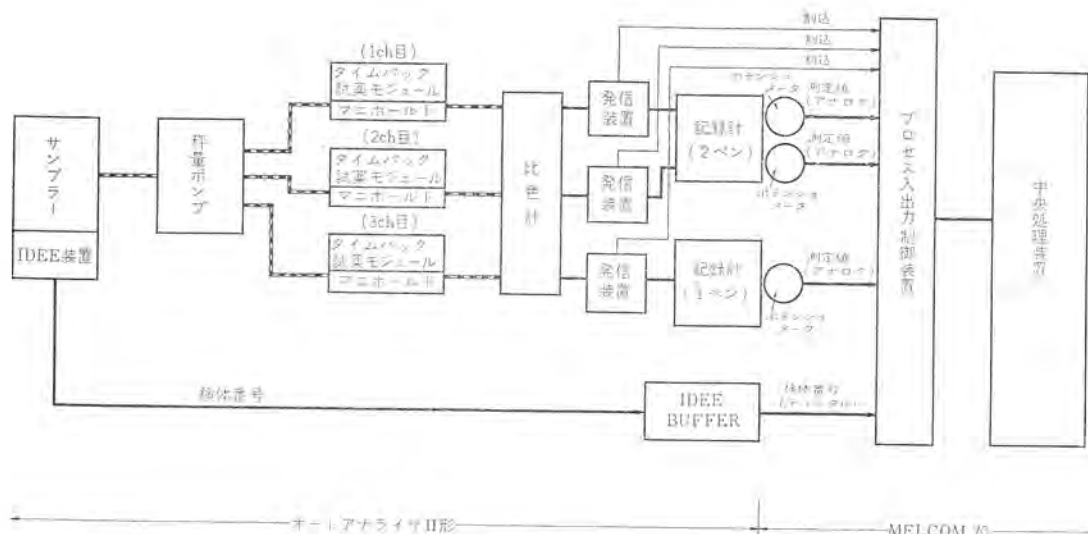
図 5. MELCOM 70 システム 構成の一例
Hardware system configuration.

とに付加して接続している。(なお記録計には計算機インタフェースがオプションとして付加可能であり、このインタフェースがあるものはレタイプインタフェースで接続可能であるが、コスト高になるのが難点である)

また、検査前処理と検査後処理は事務情報処理的な要素が多く、分析・測定処理は制御的な要素が多いため、対象部門の拡大やデータ量の増加にともない、情報処理系と分析・制御系にわけデュプレックスシステムとするのも検査室全体の効率を上げる一手法である。(当該システムも受注済みであり昭和49年末完成予定である)

4.2 自動化学分析装置 AAⅡ 形とのインタフェース

図6.にAAⅡ形とMELCOM 70とのインタフェースを示す。この病院に既導入のAAⅡ形6台はいずれも計算機インタフェースが付加されていないので、最終結果は記録計に波形として描かれる。このアナログ信号を計算機に取込む場合(1)記録計への入力信号を直接計算機に取込む、(2)記録計へのサーボモータにポテンシオメータを取付けてその状態を取込む、の二つの方法が考えられるが、インタフェース



- (注) 1. 試料・試薬の流れ 電気信号の流れ
2. AA IIは1chから3chまでの構成可能(1chの場合は図中の1ch目を接続する。2ch, 3chも同様) ch:チャンネルの略

図 6. オートアナライザとのインタフェース
Interface for auto analyzer.

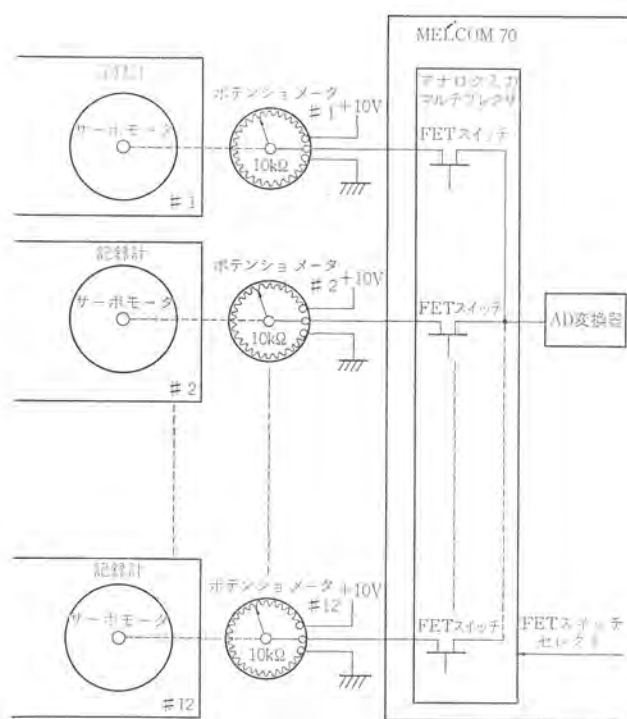


図 7. ポテンシオメータの接続説明図
Potentiometer of AA II recorder.

の明確化・データ転送速度などを配慮して(2)の方法を採用した。ポテンシオメータはサーボモータ1台ごとに必要であり、12チャンネルで12個となる。これら12本のアナログ信号は、アナログ入力マルチプレクサ経由でAD変換器に接続される。計算機ではプログラマ的にマルチプレクサのFET(電界効果形トランジスタ)スイッチをセレクトし、1個のAD変換器で処理する。(図7.)

こういった形で入力される波形のピーク値が所望のデータとなるわけだが、プログラマ的に処理する場合むずかしい問題が生ずる。(1)スパイクノイズが重畳された場合これをピークと見てしまう。(2)クロスコンタミネーション(実際の波形が前後の波形の影響を受けること)により正しいデータがピークとならない場合がある。(3)信号は厳密に

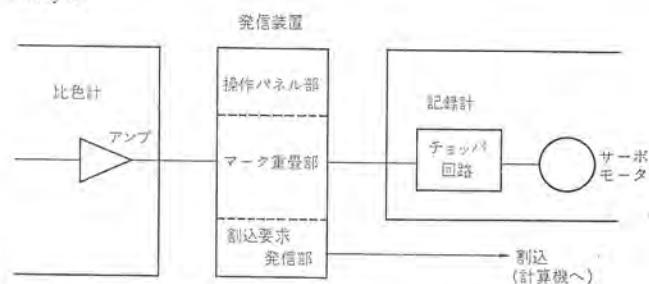


図 8. (a) 発信装置の回路概略図
Block diagram of marker generator.

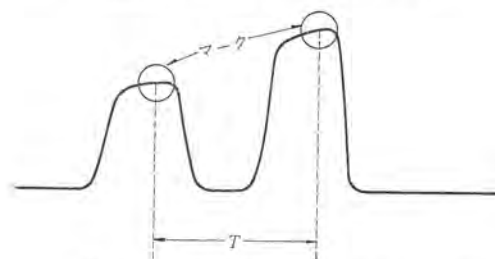


図 8. (b) 記録計に印したイベントマーク例
Event mark on AA II recorder.

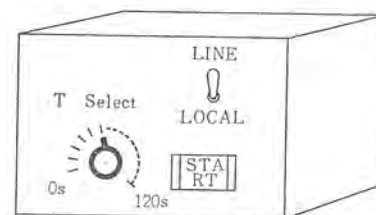


図 8. (c) 発信装置の外観図
Front view of marker generator.

は等時間間隔で出力されない。などにより収集データの正否判断は人が関与し、不可となったときは再検査とするオープンループの自動化とせざるを得ない。このときには記録紙上に計算機へのデータの読取位置を印し、記録紙だけでデータの正否判断のできることを望ましい。

データの読取位置を示すイベントマークを実際の波形に重畳するため

の回路概略を図8. (a) に示す。AA II の比色計と記録計の間に発信装置なるものを置き、操作パネルで設定したタイミングで記録計へのアナログ入力信号にマーク信号を重畳し、同時に計算機への割込要求信号を発信する。図8. (b) にマーク例を、発信装置の外観を図8. (c) に示す。T Select スイッチはマーク間の時間を設定するもので0秒から120秒まで選択できる。START スイッチはランプ内蔵形でボタン押下時にマークが印され、以降はT Select で設定された時間間隔でマークが印される。

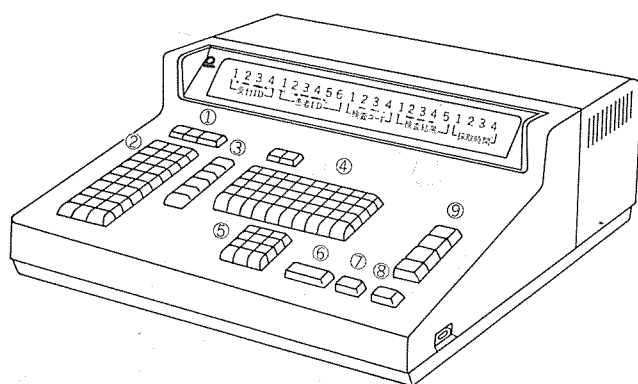
計算機ではマークと同時に発信される割込信号によりそれに対応するチャンネルのポテンシオメータのデータを読み取る。

IDEE BUFFER は検体番号を最大10データまでたくわえることができる装置であり、測定値と検体番号との対応は操作上およびソフト上で行なっている(4.4 データ処理の項参照)

4.3 医用データ入力装置

医用データ入力装置の外観を図9. に示す。医用データ入力装置は、患者ID項目・受付時のオーダー内容・用手分析結果の入力用に特に作成した専用簡易端末である。プロセス入出力制御装置経由で計算機と接続される。英字・カナの入力はできないので患者名の入力はタイプライタ装置を使用しなければならない。入力手順の一例を示すと次のとおりである。(受付オーダー処理時の例)

- (a) 受付ボタンの押下
- (b) 依頼料のセットボタンに依頼料名が彫刻されている。
- (c) 受付ID・患者ID・検査コード・採取時間などテンキーより入力する項目は、テンキー指定ボタンで項目の指定を行ってから入力する。入力された数値は上部表示部に表示される。
- (d) 検査項目を彫刻された名前に対応させ逐次セットする。複数化のボタンを押下することができる。なお、盤面上にない項目はテンキーでコード入力する。
- (e) LOCALSEND, またはENDを押下する。LOCALSENDは盤面上の一部を送信したい場合、たとえばテンキーより入力する検査項目が複数個あるときなどに使用する。ENDは全部送信する場合に使用する。
- (f) 計算機で送信したデータのロジックチェックを行ない、エラーがあった場合はエラーランプを点灯する。
- (g) RESET は途中でセットのやりなおしをするときに使用する。



①受付・成績 ②依頼料 ③テンキー指定項目 ④検査項目
⑤テンキー ⑥LOCAL SEND ⑦END ⑧RESET
⑨ファンクション…エラーランプ etc.

図9. MELCOM 医用データ入力装置
Medical data input device.

4.4 データ処理

図10. にソフトウェアの体系を示す。なお、CRTは現在導入されていないが近い将来設置する計画があるので含めて記す。モニタはすでにMELCOM 70に用意されているRDM (Real time Disk Monitor) をほとんどそのまま使用できるが、プロセス入出力コントロール機能・ファイル管理機能・バッチ処理プログラム制御などに関しては部分的にこれを強化したものを導入している。

アプリケーションプログラムは臨床検査業務の性質上、リアルタイム処理プログラムとバッチ処理プログラムがほぼ半々ずつとなっている。リアルタイム処理にはAA IIの測定値データ収集と医用データ入力装置の検査オーダーの受付・用手結果の収集とがある。バッチ処理にはワークシート・報告書作成などのデیلیー作業から月間あるいは年間の各種統計まで一般の事務用処理と同様のものが含まれる。紙面の都合上、ここではAA IIのリアルタイム処理について述べる。

図11. にAA II測定データ収集フローを示す。AA IIはフローシステム方式であり、一つのチャンネルに各検体が次々と流れていく。IDEE BUFFERは、試料の吸込時点で検体を入れてある容器につけられたラベルから検体番号を読み取り、指定された検体数になるまで一時格納しておく。指定された検体数になると計算機に割込信号を発生する。以後は、1検体番号を読み取るごとに割込信号を発生する。一方、測定値は試料の吸込み・試薬の注入・化学反応・保温の過程を経て記録計に現われる。この記録計のデータは発信装置からの割込信号により計算機に読み込む。

したがって測定値の読み込みと検体番号の読み込みは時間的にずれるために別個の処理としている。測定値と検体番号の対応をつけるため、検体番号は特定の番号をつけたスタート検体が読み込まれるまではすべて無視し、測定値はスタート検体のピークが現われる時点で発信装置のLINE/LOCALスイッチをLINEにする操作方法をとる。

AA IIの出力波形は図12. に示すように各検体のピークはほとんど等間隔に現われる。この病院では、72秒、60秒、45秒の3種がある。しかし、この時間間隔は若干のずれが生ずることがある。現在、ずれの微調整が5秒以上のときはエラー出力を行う。またその他のエラー処理としては検体の種類により一定の配列規則を設け、そのとおりに読み込まれているか否か、異常に高い値か否かなどのチェックなどがある。

検体の種類によりその処理内容が異なる。H₂OはAA IIの洗浄のため用いるので測定値としては処理しない。Standard (既定濃度のもの) は検量線 (OD値から濃度に換算するため使用する) 作成のための処理を行なう。患者の試料、コントロール血清などは、濃度値

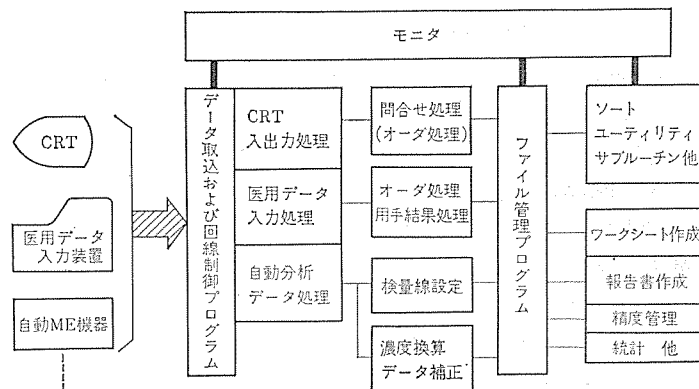


図10. ソフトウェア体系
Software system.

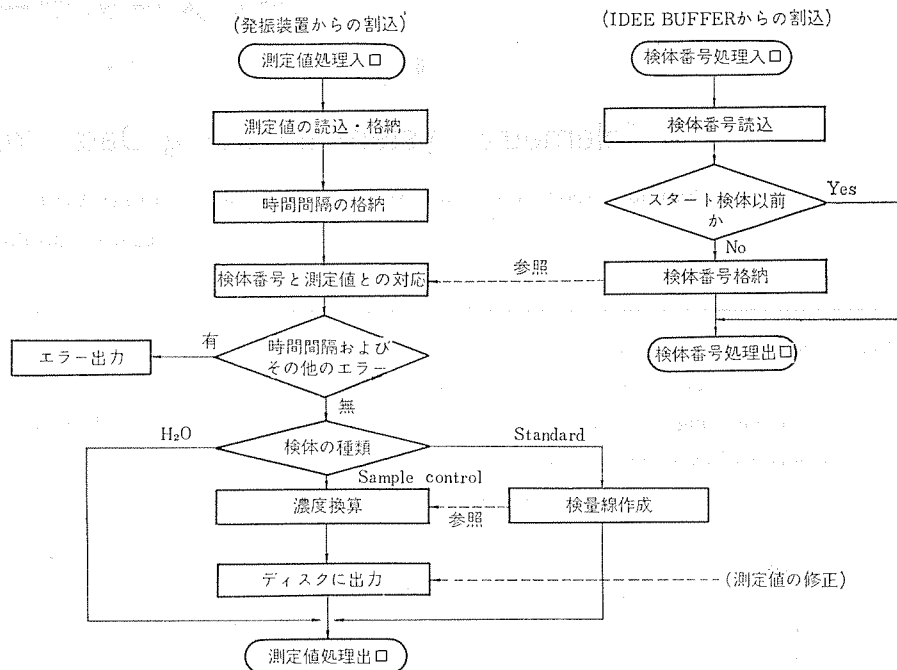


図 11. AAII 測定データ収集フロー
Block diagram of AAII real time data processing.

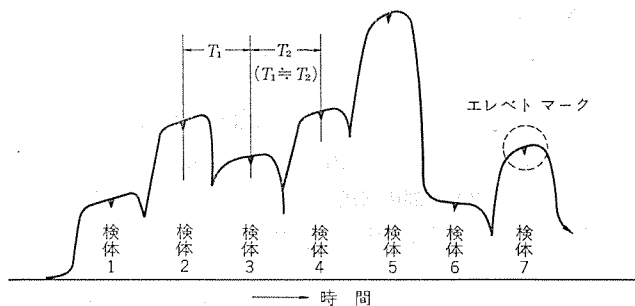


図 12. AAII 記録計の出力波形
Test results on AAII recorder.

でディスクにファイルし検査報告書・精度管理表作成などのバッチ処理で利用する。

なお、1検体1点で読み込むとたまたまノイズが重畳した部分をとることも考えられる。これらの不良のデータについては検査後、記録紙上のグラフからその正否を調べ、再検査とするか、あるいは目読による値をバッチで修正する方法をとる。

5. む す び

医療分野におけるコンピュータ導入の気運は、好むと好まざるとにかかわらずますます高まるであろうし、そのテンポは欧米の例をみるまでもなく急速に進展している。しかし、現在の日本の医療制度は新しいシステムの導入を行なうには著しく不利な状態にあるといえよう。したがって、こうした新しいシステムが真に定着し、日常の医療にとり入れられるようになるまでの過渡期には、システム化しやすい範囲で、かつ省力化にのみ真の効果を求めるのではなく医療の質的向上をとまなうサブシステムから手掛けるのも一方法かと考える。当社では MELCOM 70 の利用分野として、臨床検査のほか総合健診システムや診療・検査予約システムの開発途上にあり、少なからず世の中に貢献できるものと思う。今後のぞまれることとして、各サブシステムごとに操作性を高め、ハード(特にインタフェース)、ソフトをいかに標準化するかにあろう。諸賢の指導を仰ぐとともになんらかの参考になれば幸いである。

末筆ながら、横浜市立大学病院 中央検査部の桔梗先生、今野先生、ほか関係者には多大のご指導を仰ぎ、ここに深謝する次第である。

テレメータ データ処理装置

柳 沢 忍*・北原 貞守*・田 中 智*・竹野 宏平*

Telemetry System Including Data Processing Unit

Communication Equipment Works Shinobu Yanagizawa・Sadamori Kitahara
Satoshi Tanaka・Kouhei Takeno

In the latest trend of data transmission for processing, it has become necessary to perform the primary processing of data in data transmission equipment regardless of the fact whether or not installing an independent data processor from the functional standpoint.

This article introduces a system consisting of a telemetry to the part of which a minicomputer MELCOM 70 is inserted and added with a process input and output device of exclusive use for telemetering.

1. ま え が き

最近の遠方監視制御システムにおいては、伝送すべきデータの大量化、高速化と同時に、伝送されたデータに対して施すべき処理の内容も多様化の傾向にある。この多様化する利用者の要求を満たすため、小形電子計算機（ミニコンピュータ）を利用することは、システムの拡張性、経済性の点でメリットがあると思われる。以下に、ミニコンピュータを利用した例として、水道施設遠方監視制御システムと、河川水質汚濁監視システムを紹介する。

2. 水道施設遠方監視制御システム

2.1 システムの構成

システムの構成を図1.のシステム系統図に示す。通信回線は、4線式

4回線により、中央管理所と4ポンプ場を結んでおり、常時デジタルサイクリック伝送により、ポンプ場の計測、監視データを伝送している。伝送速度は200ビット/秒であり、中央管理所では、受信したデータを常時監視制御盤で、デジタル数値表示、メータ表示、ランプ表示を行なうと同時に、ビット並列、ワード直列信号として、ミニコンピュータへデータを受渡ししている。テレメータは、各ポンプ場単位が独立な1:1の機器構成であり、テレコントロール部は、局選択による1:Nの制御方式をとっており、制御送信側は、二重化されている。

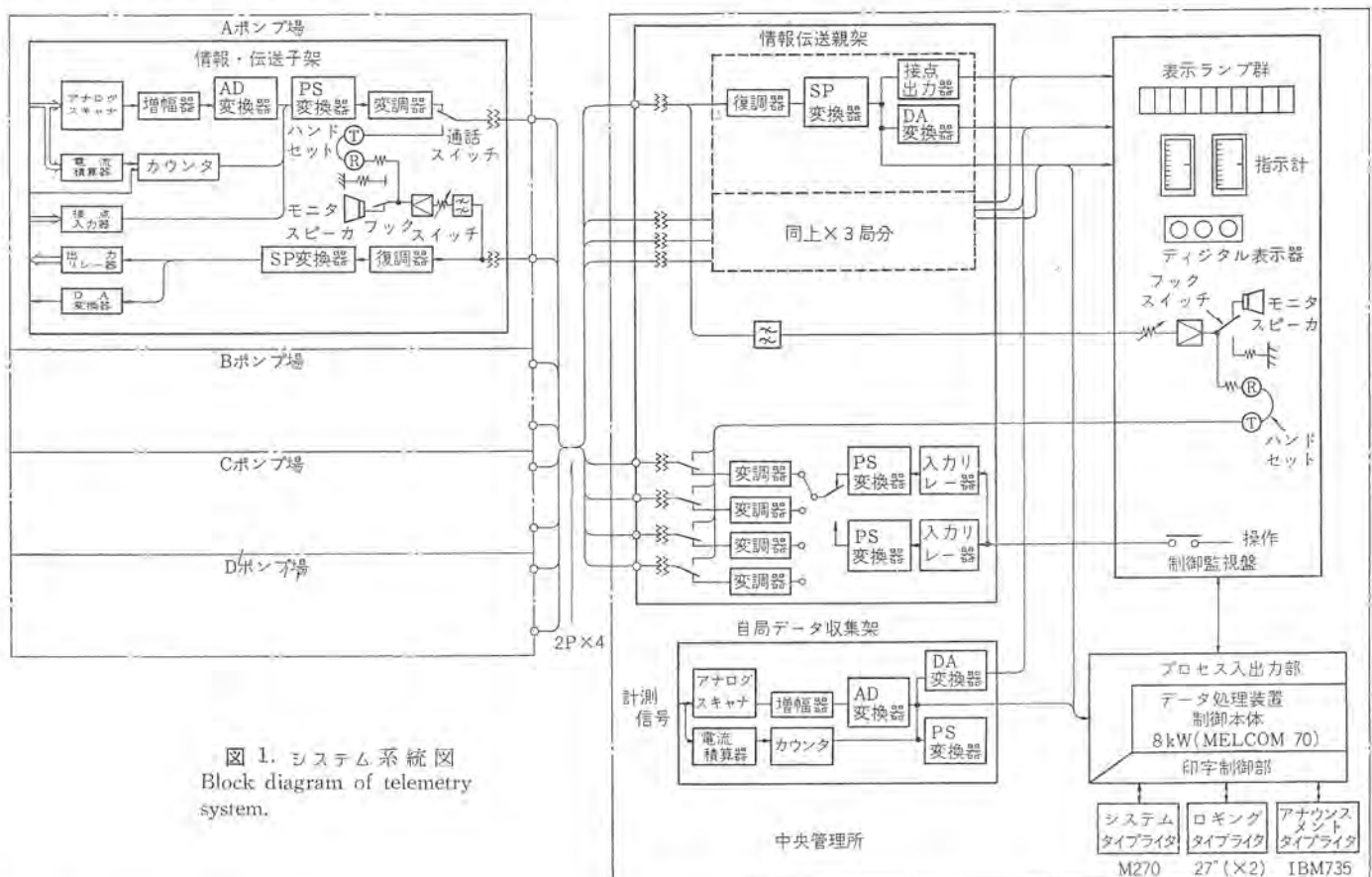
2.2 データ処理部

データ処理部としては、ミニコンピュータ MELCOM 70 を利用しているが、その構成ならびに、処理内容を以下に示す。

2.2.1 データ処理部の構成

(1) 中央処理装置 (MELCOM 70)

1台



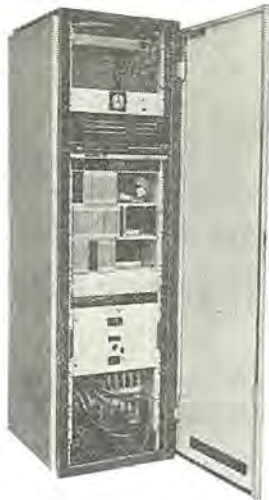


図 2. データ処理装置
Data processing equipment.

(2) 主記憶装置	8K 語
(3) システムタイプライタ	1 台
(4) タイマ機構	1 台
(5) IPL 機構	1 台
(6) ロギングタイプライタ (27 インチ)	2 台
(7) アナウンスメントタイプライタ	1 台
(8) プロセス入出力装置	1 式
(9) 監視制御卓	1 台

2.2.2 データ処理機能

(1) スケール変換

テレメータから渡されるデータは、BCD 符号であることが多いが、この BCD 符号を BINARY 符号へ変換と同時に、工学単位への変換などを行なう。

(2) 上下限検定

あらかじめ設定された上下限設定値と、受信データの比較を行ない、データが設定値を逸脱した場合は、警報発生するとともに、アナウンスメントタイプライタに、時刻、項目、異常データを印字する。なお、データが設定値付近にある場合の、警報発生ひん(頻)発を防ぐため、設定値にはヒステリシスをもたせている。

(3) 積算

ポンプ運転時間、電力量、流量の時間積、日積を算出し、ロギングタイプライタで印字すると同時に、監視操作卓でデジタル表示する。

(4) 時報、日報印字

毎正時に、必要なデータを印字記録し、時報を作成するとともに、積算項目については、1 日 1 回、日積データを印字する。タイプライタは、日報用タイプライタを使用するが、日報用タイプライタ故障の場合は、予備タイプライタに印字する。

(5) デマンド印字

オペレータの要求により、任意時に、その時点で収集されているデータを印字する。通常予備タイプライタをこれにあてるが、予備タイプライタ故障の場合は、日報用タイプライタに印字する。

(6) 制御操作記録

監視操作卓より、遠方制御を行なった場合、その時刻、制御対象機器名、制御内容をアナウンスメントタイプライタで印字記録する。

(7) 回線断記録

回線断が発生すると、その発生時刻を、復旧の際には、復旧時刻

をアナウンスメントタイプライタに印字する。

(8) 上下限設定値の変更

システムタイプライタにより、オンラインで、上下限設定値の変更ならびに、変更後の上下限設定値リストの作成が可能である。

2.3 専用プロセス入出力装置

ミニコンピュータを、オンラインシステムで使用する場合、プロセス入出力装置は、欠くことのできないものであるが、われわれは、テレメータシステム専用のプロセス入出力装置を製作、納入したので、以下に紹介する。

テレメータシステムとして、必要とされるプロセス入出力装置は、多くの場合その取扱う信号形態の種類があまり多くない。そこで、何にでも使えるプロセス入出力装置ではなく、テレメータ専用のプロセス入出力装置とすることにより、小形化、低価格化を計ることができる。

2.3.1 概要

専用プロセス入出力装置は、図 3. に示すごとく、カードフレーム 2 段(高さ 300, 幅 480, 奥行 170)で構成され、ミニコンピュータ本体とは、基本シャーシ(あるいは増設シャーシ)の電流制限カード(RS 1)より、終端抵抗カード(TN 3—TN 8)を使って、プログラムチャンネルバス(低速 I/O バス)経由で接続されている。また、その内容は、デジタル入力部、出力部、ロギングタイプライタ制御部、アナウンスメントタイプライタ制御部であり、その機器アドレス割当ては、表 1. に示すとおりである。

2.3.2 構成

(1) 共通制御部

カード 2 枚で構成され、プログラムコントロールチャンネルバスと、接続されるラインドライバ、レシーバならびに若干のデコード回路より構成される。

(2) デジタル入力部

0—12 V のレベル信号入力を、32 ビット/チャンネルとして、計 12 チャンネルまで接続可能である。1 チャンネルは、カード 2 枚で構成され、32 ビット並列入力のほか、割込入力 1 点を持つ。チャンネルごとに独立な機器アドレスが割当てられており、32 ビットの入力は、16 ビットずつ、RDA 命令あるいは RDB 命令によりデータの入力が可能である。

(3) デジタル出力部

オープンコレクタの 16 ビット並列出力を 1 チャンネルとし、12 チャンネルまで接続可能である。1 チャンネルは、カード 1 枚より構成され、WRA 命令により 16 ビットの出力が可能である。データの出力信号のほか、外部への読取制御信号、レディ信号も作っており、リレー回路等の低速回路へのインタフェースも容易に行なえる。

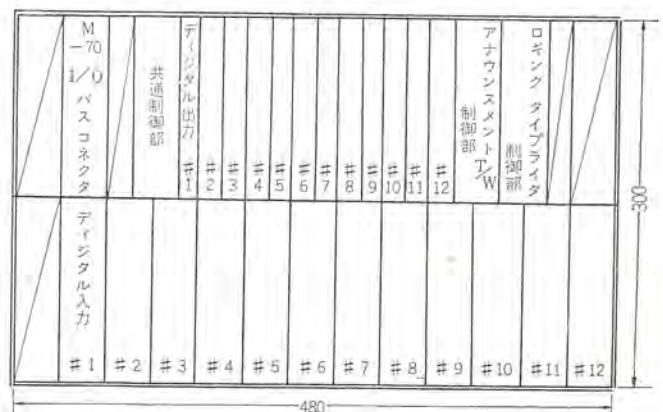


図 3. プロセス入出力部実装図
Outline drawing of input and output control for process.

表 1. 入出力機器 アドレス 一覧
Address of input and output device.

機器 アドレス	制 送 レベル	入 出 力 機 器	機器 アドレス	制 送 レベル	入 出 力 機 器
00		IPL 機構	20	7	#1 固定ヘッドディスク
01			21	7	#2 固定ヘッドディスク
02			22	7	カートリッジディスク
03			23	7	磁気テープ
04		記憶保護機構	24		
05	15	リアルタイムクロック	25	6	カセット磁気テープ
06			26	6	アサونسメントタイ プライタ *
07			27	6	カード読取装置
08			28	4	ロギングタイプライタ *
09			29		
0A			2A	5	#2 紙テープ読取装置
0B			2B	5	#1 紙テープ読取装置
0C	13	通信制御装置 (SVC) 入力	2C		
0D	13	通信制御装置 (SVC) 出力	2D		
0E	12	通信制御装置 (ASC) 入力	2E	4	システムタイプライタ装置 入力
0F	12	通信制御装置 (ASC) 出力	2F	4	#1 システムタイプライタ (アテンション)
10	10	デジタル入力 (#1) *	30	2	デジタル出力 (#1) *
11	10	デジタル入力 (#2) *	31	2	デジタル出力 (#2) *
12	10	デジタル入力 (#3) *	32	2	デジタル出力 (#3) *
13	10	デジタル入力 (#4) *	33	2	デジタル出力 (#4) *
14	10	デジタル入力 (#5) *	34	2	デジタル出力 (#5) *
15	10	デジタル入力 (#6) *	35	2	デジタル出力 (#6) *
16	10	デジタル入力 (#7) *	36	2	デジタル出力 (#7) *
17	10	デジタル入力 (#8) *	37	2	デジタル出力 (#8) *
18	10	デジタル入力 (#9) *	38	2	デジタル出力 (#9) *
19	10	デジタル入力 (#10) *	39	2	デジタル出力 (#10) *
1A	10	デジタル入力 (#11) *	3A	2	デジタル出力 (#11) *
1B	10	デジタル入力 (#12) *	3B	1	紙テープせん孔装置
1C			3C		
1D			3D	2	デジタル出力 (#12) *
1E			3E	0	システムタイプライタ出力
1F			3F		中央処理装置

(4) アナウンスメント タイプライタ 制御部

コントロールカード1枚と、リレードライバカード1枚より構成しており、最大5台までのアナウンスメントタイプライタの駆動を行なう。電源のオンオフは WRC 命令により、印字指令は WRA 命令にて行なう。

(5) ロギング タイプライタ 制御部

コントロールカード1枚と、リリードライブカード1枚より構成しており、最大5台までのロギングタイプライタの駆動を行なう。

3. 河川水質汚濁監視システム

3.1 システムの構成

システムの構成を、図 4. に示す。70 MHz 帯無線機により、監視制御局より、順次観測局を呼出してデータの収集を行なう。観測局数は最大 10 局、1 局あたりの伝送項目数は最大 15 量である。定時収集時刻になると、MELCOM 70 より呼出すべき観測局番ならびに呼出制御符号が PS 変換器に与えられ、直列符号化された呼出符号は、無線機により観測局に送信される。呼出符号は各観測局で受信され、局番判定により一致した観測局だけが、テレメータ送信を開始する。伝送速度は 50 ビット/秒であり、局番ならびに監視項目の後、計測項目の伝送を 1 回だけ行なう。この返送データを監視制御局で受信し、符号誤り検定、BCD 符号検定などを行ない、欠測項目があれば再呼出しを行なう。データが正常に受信できた場合は、次の観測局の収集に移る。計測には、定時に行なう自動計測、任意時にオペレータの要求により行なう手動（全局／個別）計測のほか、観測局からの異常値発生信号による異常時計測があるほか、水質検出器への制御も可能である。

3.2 データ処理

3.2.1 データ処理部の構成

- | | |
|------------|-------|
| (1) 中央處理裝置 | 1 台 |
| (2) 主記憶裝置 | 8 K 語 |

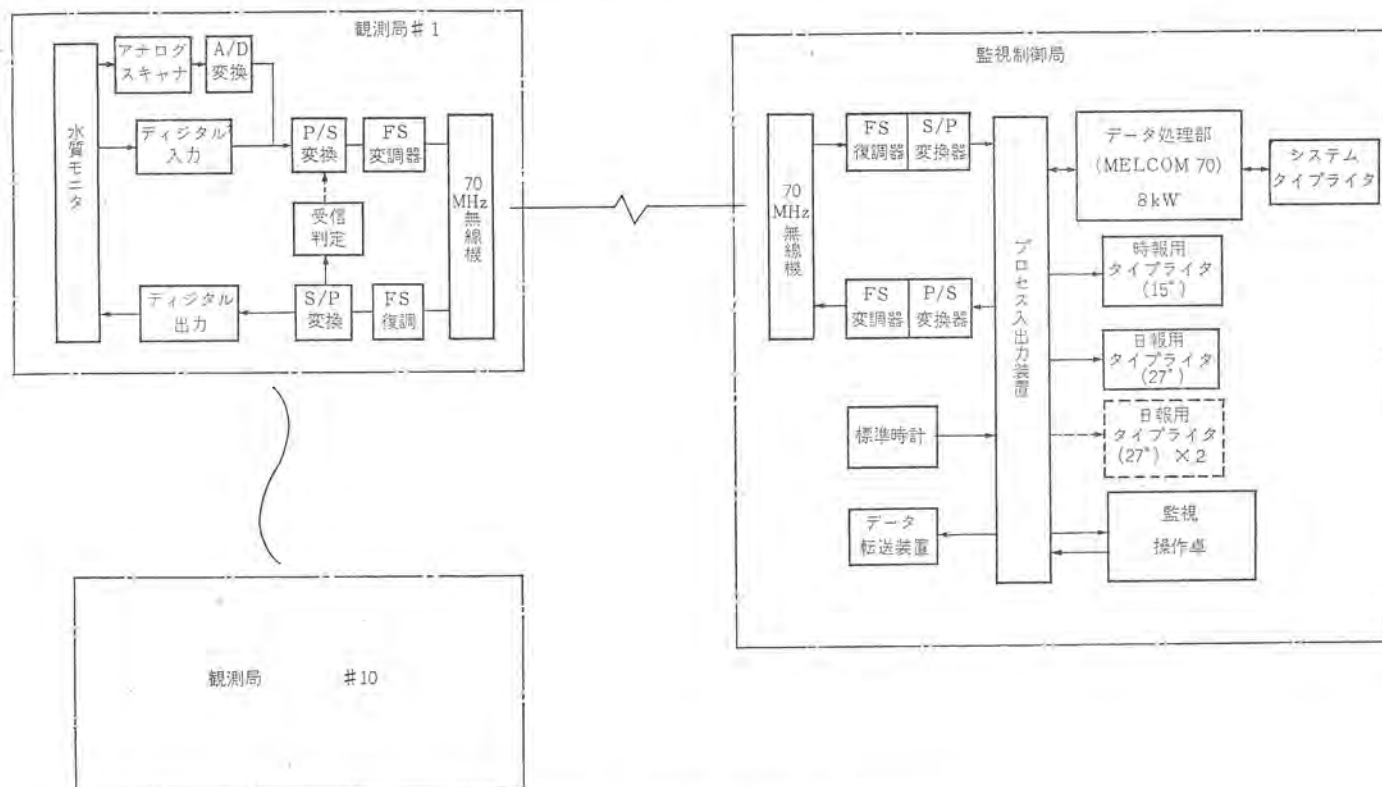


図 4. システム 系統図

Block diagram of telemetry system.

- (3) システム タイプライタ 1 台
- (4) タイマ 機構 1 台
- (5) 記憶装置保護機構 1 台
- (6) IPL 機構 1 台
- (7) 時報用 タイプライタ (15 インチ) 1 台
- (8) 日報用 タイプライタ (27 インチ) 1 台
- (9) プロセス 入出力装置 1 式
- (10) 監視操作卓 1 台

3.2.2 データ処理機能

(1) テレメータ 呼出制御

自動計測、手動計測、異常計測において、観測局を呼出し、当該観測局から返送されるデータの検定、再呼出しの制御を行なう。

(2) スケール 変換

観測局から伝送されるデータは、すべて 000~999 の数値であり、これを工学単位に変換する。

(3) 最大、最小、平均値の算出

収集されたすべてのデータに対し、1 日の最大値、最小値ならびにその発生時刻を算出するとともに、毎正時データに対しては、平均値とそのデータ受信回数を算出する。



図 5. 遠方監視制御装置
Bay of remote supervisory control equipment.



図 6. 操作卓
Console desk.

(4) 時報印字

計測を行なった場合は、時刻、局番、観測項目、監視項目を時報用タイプライタで印字する。異常値計測の場合は、時刻と異常データが赤印字される。また検出器保守中ならびにデータ欠測の場合は空白となる。

(5) 日報印字

1 日に 1 回、24 時の時報印字終了後、日報用タイプライタに、最大値、最小値、その発生時刻、平均値とデータ受信回数を印字して日報を作成する。日報はタイプライタ 1 台で観測局 4 局の印字を行ない、最大 3 台を使用する。

(6) データ 転送

収集された毎正時データのうち、必要なものについてはスケール変換後のデータにつき、時刻とともに転送を行なっている。

(7) 警報印字

計測を行なって欠測の生じた場合、あるいは制御を行なって制御応答の得られない場合は、システムタイプライタにより、月日、時刻、警報コード、局番が印字される。システムタイプライタにはこのほかにシステムイニシャライズ、停電、パリティエラー発生、メモリガードエラー発生、WDTオーバラン発生、タイプライタ異常等の警報印字を行なう。

3.3 プログラム構成

プログラムの構成を図 8. に示す。プログラムの実行レベルは、モニターレベル・割込レベル・タスクレベルに分類される。タスクの実行制御はすべてタスクスケジューラにより行なわれるが、スケジューラへのタスク起動を要請するものは、シンクロナイズによって実行されるスケジューラあるいは、手動起動などの割込プログラムである。

(1) 洪水処理タスク

洪水発生時には、通常のテレメータ処理をやめて、水位を中心とした処理を行なう。

月日	時刻	局番	水位	水温	溶解酸素	流量 (m³/s)	COD	濁度 (mg/l)	塩素 (mg/l)	その他
02.07										
17.26	03	00.0	10.0	00.0	02.0	0.10	00.0	000	000	000
17.26	03	00.0	05.0	02.0	01.0	1.10	05.1	101	101	099
17.26	03	00.0	00.1	04.0	04.0	2.09	10.1	201	201	198
17.27	03	00.0	05.1	06.0	05.0	3.08	15.1	301	301	297
17.27	03	00.0	10.1	08.0	06.0	4.07	20.1	401	401	395
17.28	03	00.0	15.1	10.0	07.0	5.06	25.1	501	501	499
17.28	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.29	03	00.0	25.1	14.1	09.0	7.05	35.1	702	702	690
17.29	03	00.0	30.1	16.0	10.0	8.03	40.1	801	801	789
17.30	03	00.0	35.1	18.1	11.0	9.03	45.1	902	901	887
17.30	03	00.0								885
17.32	03	00.0	70.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.32	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.32	03	00.0	30.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.33	03	00.0								
17.34	03	00.0								
17.34	03	02.2	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.35	03	04.4	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.35	03	06.7	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.36	03	08.9	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.36	03	11.1	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.36	03	13.3	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.37	03	15.5	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.37	03	17.8	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.37	03	20.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.38	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.39	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.40	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.41	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.41	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.42	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.43	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.44	03	00.0	20.1	12.0	08.0	6.05	30.1	601	601	592
17.45	03		20.1		08.0		30.1	601	601	
17.45	03	00.0		12.0		6.05		601		592

図 7. タイプライタ用紙フォーマット (このデータは擬似入力によるものである)
Form of logging sheet.

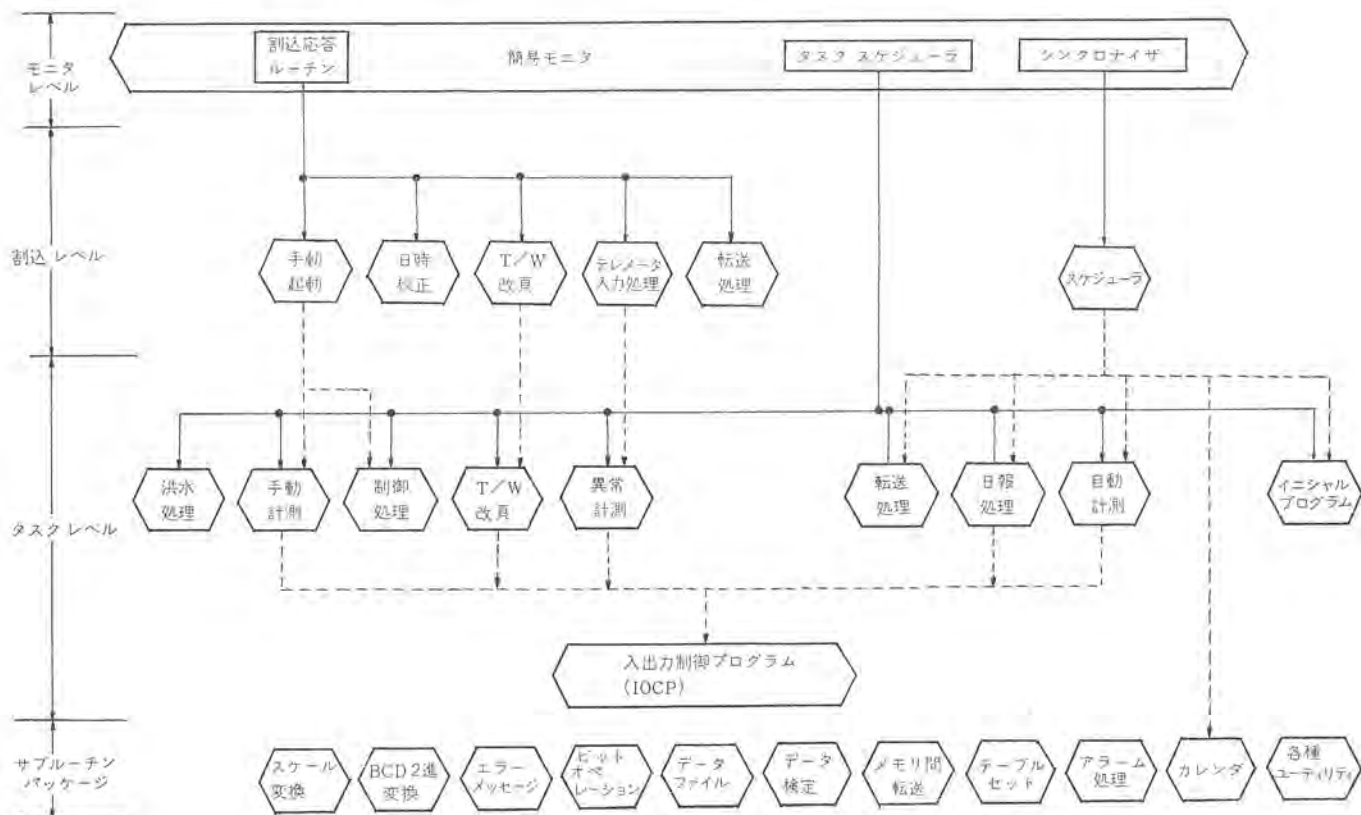


図 8. プログラムの構成
Configuration of software.

(2) 手動計測 タスク

操作卓からのオペレータ要求割込によって起動され、全局／個別計測ならびに印字を行なう。

(3) 制御 タスク

操作卓からのオペレータ要求割込によって起動され、当該観測局への制御操作を行なう。

(4) タイプライタ改頁 タスク

時報用タイプライタの改頁を、操作卓からのオペレータ要求割込によって行なう。改頁した後、月日の印字を行なう。

(5) 異常計測

観測局よりの異常値起動が、テレメータ入力割込プログラムによって受けられ、異常計測タスクの起動が行なわれる。

(6) 転送処理 タスク

スケジューラによって、毎正時データ終了後に起動され、特定データの転送を行なう。

(7) 日報処理 タスク

スケジューラによって起動され、24時の時報印字、改頁の後、日報の作成を行なう。

(8) 自動計測 タスク

スケジューラによって、操作卓で設定した呼出時間になれば起動され、全局のデータ収集を行なう。

(9) 入出力制御プログラム

印字出力はすべて入出力制御プログラム (IOCP) を利用している。次に FCT (Fixed Carriage T/W) と LCT (Long Carriage T/W) のハンドラを紹介する。

3. 3. 1 FCT ハンドラ

(1) 仕様

入出力機器アドレス:	26
割込マスクビット:	6
印字速度:	15字/秒
所要ワード数:	147語

(2) 機能

(a) WRITE

IOCBで指定されたコアバッファの内容を順次FCTに印字する。コアバッファでのデータ記憶形式は、パック、アンパックのいずれの形式でも可能であるが、パック形式の場合はASCIIコードを使用する。出力するデータ数は、IOCBで指定されるが、エンドコードの指定があれば、エンドコード検出で出力を終了する。コーディングシーケンスは、システムタイプライタと同様であるが、IOCBの構成を、図9.(a)に示す。

(b) CONTROL

IOCBのModifierの指定により、FCTの電源オンオフを行なう。IOCBで指定するのは、Function & Modifierの1語だけであり、図9.(b)に示す。

(c) SENSE BUSY

FCTの使用可能、不可能を確認する。使用不可能状態とは、それ以前に指令したWRITE、CONTROLのいずれかの動作がまだ終了していない状態であり、ユーザプログラムには、ROを使用して、使用可能ならゼロ、不可能なら負数が伝えられる。

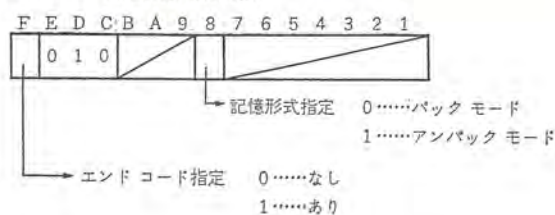
(d) INITIATE

FCTの制御領域の内容を初期状態に設定する。IOCBは、Function & Modifierとして0000の1語である。

(a) WRITE

IOCB

Function & Modifier(常に必要)



Buffer Address

データの記憶されているバッファの先頭アドレスを指定

Data Length

出力するデータ数を指定する。

End Code

エンドコード指定ありのとき、下位8ビットがエンドコードとなる

(b) CONTROL

IOCB

Function & Modifier

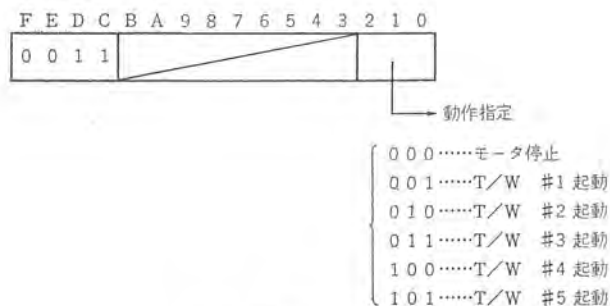


図 9. IOCB の構成
Form of IOCB.

3. 3. 2 LCT ハンドラ

(1) 仕様

入出力機器 アドレス: 28

割込 マスクビット: 4

印字速度: 6 字/秒

所要ワード数: 115 語

(2) 機能

FCT の場合と同様であり、省略する。

4. む す び

遠方監視制御システムの処理装置として、ミニコンピュータ MELCOM 70 を用いた 2 例につき、その概要を述べた。今後ますます多様化するユーザの要求に基づき、マンマシンインタフェース周辺機器の活用、補助記憶装置利用による処理能力向上、ソフトウェア標準化によるプログラム作成の効率化を計りたい。

参 考 文 献

- (1) 多田ほか: 水道用データ伝送システム, 三菱電機技報 43, No. 8 (昭 44)
- (2) 柳沢ほか: 多摩ニュータウン送配水制御システム, 三菱電機技報 46, No. 9 (昭 47)
- (3) 武藤: MELCOM 350-7, エレクトロニクス 18, No. 7 (昭 48)

給電所用自動記録装置

羽子岡 蕃*・渡辺 進*・伊東 正男*

Supervisory Information Printing Equipment

Communication Equipment Works

Shigeru Haneoka・Susumu Watanabe・Masao Ito

With the increase of power demand, electric power systems become larger scaled and more complicated. This brings about ever increasing routine business in the load dispatcher's office which forms the nucleus of the system operation. To meet the social demand of maintaining the reliability in the power supply, the load dispatcher is demanded to concentrate his mind to issue daily operation instructions such as the change over or stop of machines and restoration of the system after power failure. Automatic recording of machine operation and labor saving in routine work are in consequent demand.

This article describes automatic recording equipment to be used in the load dispatcher's office in such design as to take care of above business. It consists of MELCOM 70 mounted on a rack together with a typewriter.

1. ま え が き

電力需要の増大に伴い電力系統は大規模化、複雑化しており、各給電所が担当する電力系統の範囲も年々拡大している。さらに電力の質や供給信頼度に対する社会的な要請の高揚により、系統の切換え機器の停止操作などの日常運用操作業務も増大している。またいったん事故が発生した場合は事故の早期復旧が給電所の重要な使命であり、給電所指令員は復旧操作指令に専念する必要がある。このため電力機器類の動作状況の記録等について省力化が望まれる。

東京電力(株)では、上記目的に沿って給電所用自動記録装置(以下SVP装置)を計画し、当社が受注、納入した。

SVP装置は系統給電指令所、地方給電所などに設備され、情報伝送装置と接続して電力機器の動作記録および管内総需要電力の記録を行なうことを目的としており、ミニコンピュータ MELCOM 70 (16 K または 12 K) を実装した装置本体1架と、タイプライタ装置1台により構成されている。

2. 機 能 概 要

SVP装置は各給電所管内の発電所・変電所(以下電気所という)の電力機器の開閉状態、および管内総需要電力の記録を主目的としている。記録に必要な情報は、電気所～給電所間に設置された給電用 CDT 装置、スーパービジョン装置、アナログテレメータ装置など、各種情報伝送装置により与えられる。機能の概要を紹介すると以下のとお

りである。(図 1. SVP 機能系統図、図 2. 印字形成参照)。

(1) 電力機器動作の記録印字

情報伝送装置の受信側出力接点を1秒周期で走査し、状態変化を検出すると、変化時刻・電力機器名称・変化方向を印字する。

(2) 管内総需要電力の加算記録印字

情報伝送装置の受信側出力を指定時刻(または手動による要求時)に走査し、スケール変換後、全量加算し当該給電所管内の総需要電力として記録印字する。

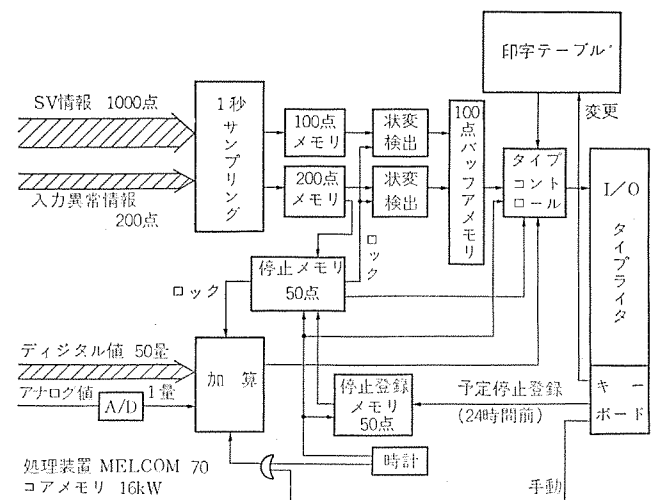


図 1. SVP 機能系統図
Block diagram of SVP function.

	月 日 時 分 秒	電気所名	要素名	接点名	動作名	メッセージ	管内総需要量
機器動作記録	08ガツ06ニチ03:07:09	サイモウ-SS-SV	ナカカン-ヤマ	0-1	OFF		
入力異常情報記録	08ガツ06ニチ03:16:03	ミナミカワゴエ-SS				アラームハッセイ	
管内総需要記録	08ガツ06ニチ12:00:00	ミナミカワゴエ-SS				ソウジュヨウ	0095MW
						ジョガイ「ア」	
入力異常情報記録	08ガツ06ニチ23:16:03	ミナミカワゴエ-SS				アラームフッキュウ	
予定停止記録	08ガツ07ニチ11:16:00	ミナミカワゴエ-SS				ヨテイテイシカイン	
管内総需要記録	08ガツ07ニチ12:00:00	ミナミカワゴエ-SS				ソウジュヨウ	0105MW
						ジョガイ「ヨ」	
予定停止記録	08ガツ07ニチ23:15:00	ミナミカワゴエ-SS				ヨテイテイシオワリ	

図 2. 印 字 形 式
Logging output form.

(3) 入力異常情報の処理

情報伝送装置に異常が発生した場合、発生時刻・情報源電気所名、異常発生メッセージを印字するとともに、情報源電気所の電力機器動作の記録印字および総需要電力の加算処理を停止し、加算処理から除外されたことを明示する。異常入力としては装置異常接点、情報異常接点（フラグビット）等を使用している。

(4) 予定停止の登録

タイプライタからの手動操作により、記録印字の予定停止登録が可能であり、登録された電力機器または電気所に関する動作記録および総需要電力への加算処理が除外される。予定停止登録は下記を実施する場合などに使用する。

(i) 電力機器の保守・点検・改修など

(ii) 情報伝送装置の保守・点検・改修など

予定停止登録操作は、停止実施時刻前 24 時間以内から実施可能である。

(5) ポジションの増設、印字名称の変更

電力機器・電気所の増設または系統変更等により機器名称を追加・変更する場合、タイプライタから対話形式により変更操作を行なう。操作はタイプライタキーボードから確認印字を見ながら行なうものであり、誤操作はプログラムチェックにより防止され、運用者が容易に実施できる。

3. 装置構成

SVP 装置は演算処理装置（ミニコンピュータ MELCOM 70）を実装する装置本体 1 架と、印字を行なうタイプライタ装置 1 台により構成されており、電力機器の状態入力 1,000 点、テレメタ入力 50 量、伝送異常入力 200 点、という多量の入力情報を 1 架で処理できるようコンパクトな構成とした点が特長になっている。

図 3. に装置本体の外観図、図 4. にタイプライタ装置外観図、図 5. に装置本体内部概略実装図を示す。

装置本体の論理部はカードフレームごとのバックパターンを使用し生産性・信頼上の向上を図っている。

タイプライタ装置は M 271 を使用し、1 台で記録印字と CPU-I/O タイプを共用しており、保守上の要求から可搬式となっている。

装置本体とタイプライタ装置間は、最大長 50 m のケーブルにより接

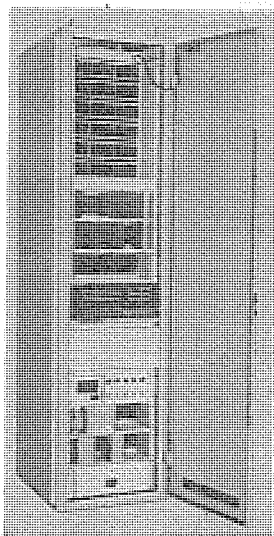


図 3. SVP 装置本体外観
SVP equipment.



図 4. タイプライタ装置外観
Typewriter.

続し、装置設置場所に融通性を持たせている。装置の概略仕様を表 1. に示す。

4. ソフトウェア

4.1 プログラム構成

SVP 装置のプログラム構成を図 7. に示す。プログラムは大別すると下記 4 種類のランクに分けられる。

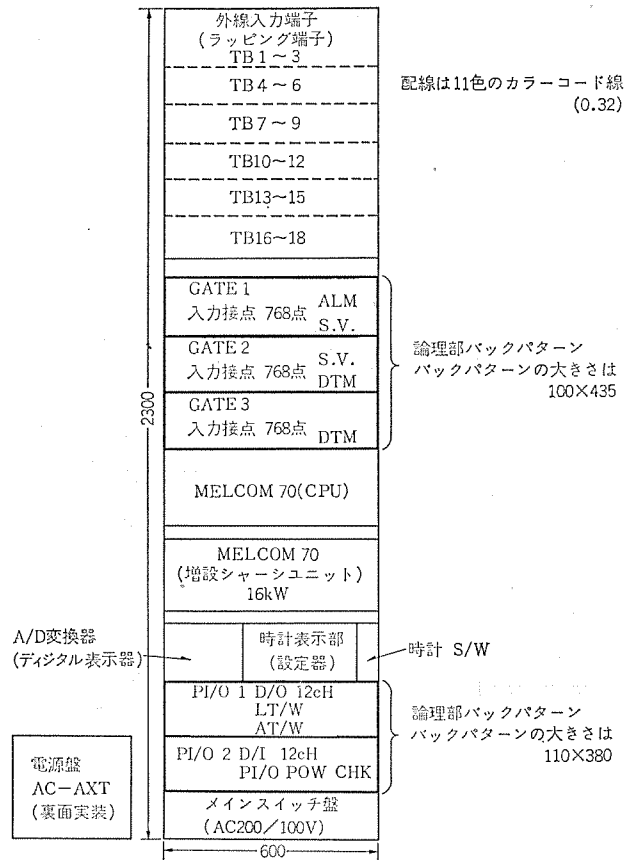


図 5. SVP 装置本体内部実装図
Panel layout of SVP equipment.

表 1. SVP 装置仕様
Specification of SVP equipment.

項目	内容	仕様	備考
1. 構造	外形寸法	G 形標準架 H 2300, W 700, D 630 自立架	ケーブルダクト除く (約 293 kg)
2. 使用条件	実装方式	プラグイン方式、バックパターン使用	
	温度	0~40°C	
	電源	AC 200 V, 50 Hz (常時 6.4 A, 起動時 22.5 A)	
3. 受渡し条件	デジタル入力	32 P/I G 走査方式 (印加電圧 DC 20 V, 10 mA)	含電子接点
	アナログ入力	DC 0~±5V 以下、絶縁耐圧 DC 50V	
4. 装置耐圧	信号、きょう	AC 2,000 V	
	(筐)体一次間		
5. 演算処理装置	MELCOM 70	標準仕様 (フェールセイル機能 IPL 機能 コアメモリ容量 16(12)kW)	
6. 時計回路	CPU 内蔵タイマ	日誤差 ± 2 秒/1 日以下	プログラム演算 防音機構付 (約 155 kg)
7. タイプライタ	多形寸法	可搬式 H 1030, W 880, D 870	
	印字速度	約 1,200 字/分	
	印文字	128 種 (英, 数, カナ, 記号)	
	最大印字数	120 字/行	
8. テーブリーダー	読取り速度	1,200 字/分	
9. テープパンチャ	せん孔速度	1,200 字/分	

(i) 内部割込処理プログラム群

リアルタイムクロック 割込信号による 計時, CPU 装置異常割込信号による暴走防止などを実行する プログラム 群

(ii) データ読込処理プログラム群

情報伝送装置からの各種データの読込み、状態変化検出、入力異常情報による印字除外処理、総需要電力情報加算処理などを実行するプログラム群

(iii) 印字処理プログラム群

所定の印字形式で出力を タイプアウト するための プログラム 群

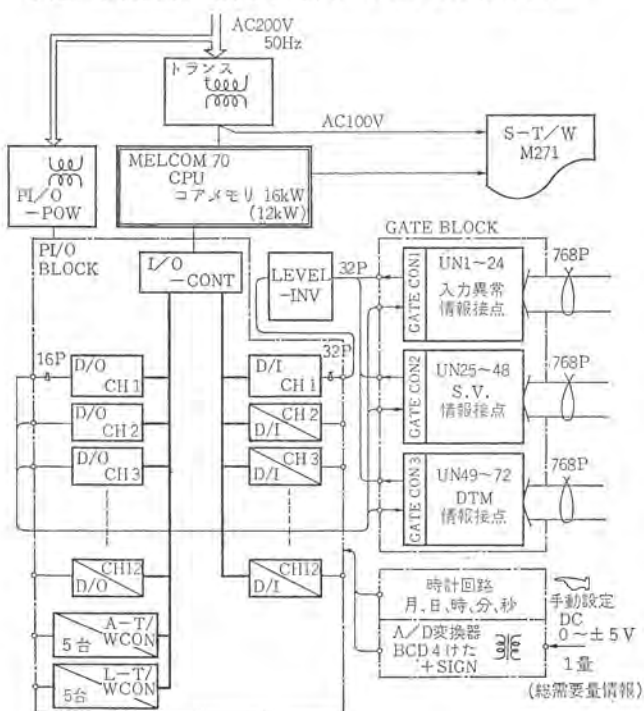


図 6. SVP 装置系統図
Block diagram of SVP equipment.

(iv) 手動操作プログラム群

予定停止の登録、ポジションの増設、印字名称の変更などをタイプ
イタとの対話形式で実行するためのプログラム群

4.2 メモリ容量と最大情報処理能力

SVP 装置のコアメモリ容量は、設置される給電所の入力情報量に応じて、12K ワードまたは 16K ワードの 2 種類を使用している。各場合のコアメモリマップを図 8. に、最大情報処理能力を表 2. に示す。

4.3 プログラムの特長

SVP 装置のプログラムは専用に開発したものであり、下記の特長を有する。

(i) アセンブラレベルのプログラミングを行ないステップ数を極力少なくしている。

(ii) 演算機能別に サブルーチン 化し、デバッグ、将来の機能拡張を容易にしている。

(iii) 階層別のプログラミング構成を取り、各種サブルーチンはスケジューラにより一括制御されている。

(iv) 予定停止の登録、ポジション増設、印字名称の変更などの手

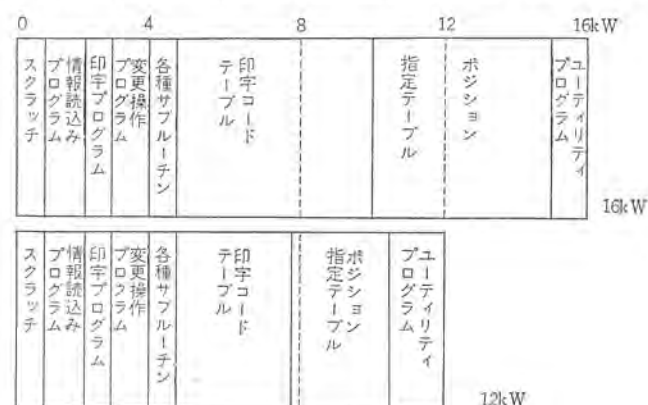


図 8. コアマップ
Core map.

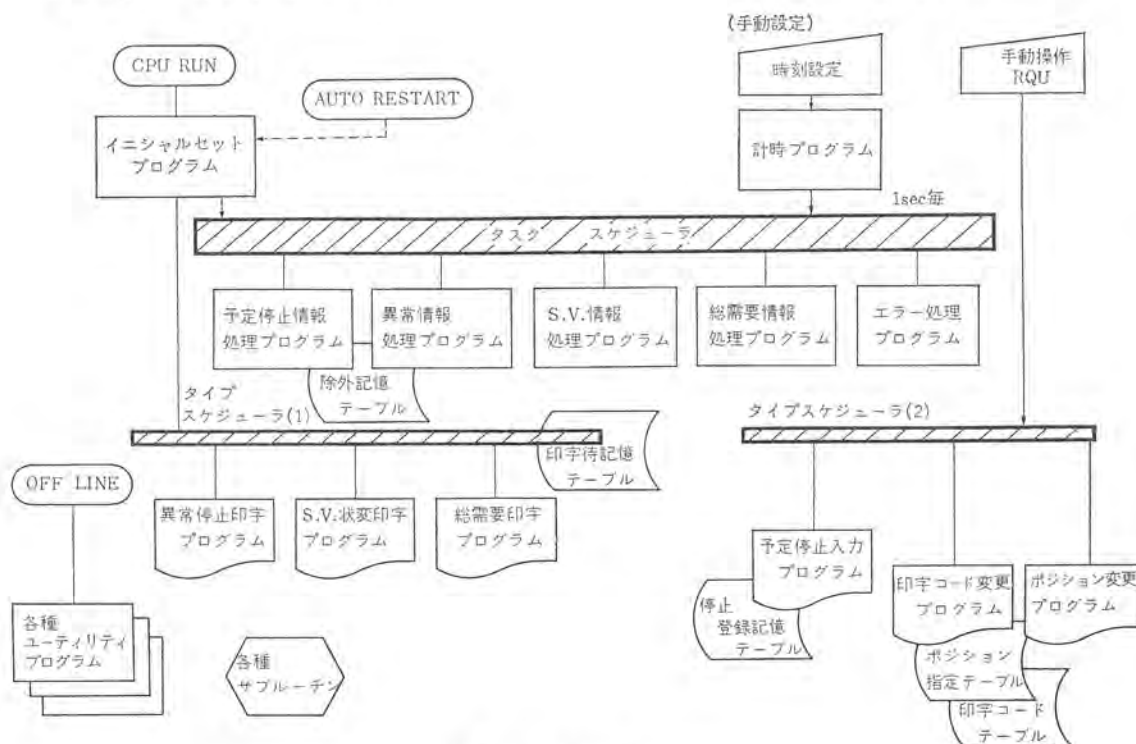


図 7. プログラム構成図
Block diagram of SVP program.

表 2. 最大情報処理能力
Maximum data processing ability.

情報の種類	入力形式	12K装置	16K装置	備考
スーパービジョン情報	接点(含電子)入力	350点	1,000点	
テレメータ (デジタル)情報	BCD 3けた+サイン	30量	50量	スケール ×1×10
テレメータ (アナログ)情報	DC 0~±5V	1量	1量	スケール 任意
入力異常情報	接点(含電子)入力	100点	200点	装置警報, フラグビット

登録機器名称の種類	印字けた数	12K装置	16K装置	備考
電気所名	14	50種	100種	ISOコード
要素名	10	300	500	
接点名	5	300	500	LS, CB
動作名	10	30	100	その他
	6	10	10	

動操作をタイプライタとの対話形式によりオンラインで容易に実施できる。

5. 自動試験装置

SVP装置の試験に際しては試験の合理化, 試験時間の短縮を目的として下記のような各種自動試験を実施した。

(i) 論理カード自動試験

論理カード自動試験装置により, カード内パターン間ショートの有無, 論理動作, 入出力論理判定レベル, 供給電源電圧変動マージン等の自動試験を行なう。

(ii) I/O回路総合動作自動試験

簡易テストプログラムにより, 装置入力読込端子からタイプライタ出力までのハード動作確認を行なう。

(iii) ヒートラン試験

ミニコンピュータを使用した専用試験装置により, スケジュールに従って種々のパターンの入力情報をSVP装置に与え, 印字のヒートラン試験を行なう。専用試験装置から入力を与えた時刻・内容は試験装置に付属のタイプライタに印字されるため, SVP装置側の印字結果と照合することにより結果を確認できる。1台の試験装置により同時に4台のSVP装置のヒートラン試験が可能である。専用試験装置の動作フローチャートを図9に示す。

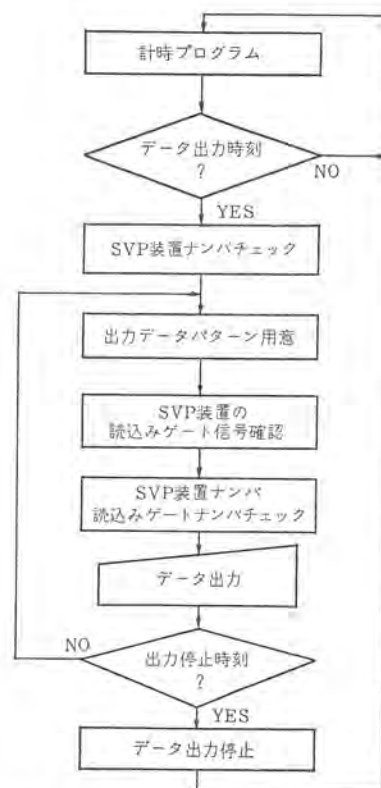


図 9. ヒートラン試験装置動作フローチャート
Flow chart of running test equipment.

6. む す び

以上, 東京電力(株)に納入した給電所用自動記録装置について, その概要を紹介した。この装置はMELCOM 70をベースとして構成されたソフトマシンであるため, 将来における機能拡張が種々可能である。また給電所における記録業務を目的としているが, その融通性, 機能拡張性, コンパクト性などの特長から考え, 各方面への応用が可能であると思われる。

最後にこの装置の計画, 設計, 工事にあたって終始ご指導, ご協力をいただいた東京電力(株)の関係各位に深く感謝する次第である。

過渡現象のオンライン デジタル計測システム

宮本 紀男*・高見 紀二*

坂口 幾子*・橋本 清子*

A Minicomputer Aided Real Time Central Data Acquisition and Analysis System

Central Research Laboratory Toshio Miyamoto・Toshiji Takami
Ikuko Sakaguchi・Kiyoko Hashimoto

A system has been developed for ultra high speed digital recording and analysis and installed at Central Research Laboratory. The system is time shared by multiple users from remote consoles distributed in nine laboratory rooms. This system enables it to look back in time recording signals that occur prior to single event which has statistical uncertainty of occurrence, such as, lightning or high power discharges. In the system, data are received in an asynchronous fashion in real time and stored in a cartridge disk through transient recorders and computer (MELCOM 70). The stored data are retrieved and analyzed with highest "time availability" priority to get highly processed informations through correlation or statistical analysis or various computer aided simulations. Noise-proof performance of the system is satisfactory for the data acquisition under severe high energy noise field of electro-magnetic.

1. ま え が き

かつて、シンクロスコープの出現によって当時の計測の質が画期的に向上して以来15年を経て、この間、現象に対する理解もシンクロスコープを用いて可能な限界までは尽された感がある。現象の理解をさらに深めるために、シンクロスコープによって可能な計測とは異質の計測が必要とされてきている。とくに、放電の研究においては、現象の発生メカニズムの究明が中心課題であるが、放電現象はごく短時間しか持続せず、単発・偶発性で現象の発生時点が不確定で統計的にばらつくため、現象発生前にさかのぼって記録する機能と大量の計測データから統計的法則性を明らかにする機能が切実に要望されている。これは、高度計測技術の必要性、すなわち、計測の質の変革が必要とされることを意味し、その必要性は単に放電研究分野にとどまらず、同様な機能の計測を必要とする分野も広範多岐にわたりつつある。かかる計測の質の向上のためには、計測データ収集における高精度化と大量のデータの高速処理が必要であり、計測データのデジタル化は不可欠である。

このたび、上記機能を備えた高速過渡現象のオンラインデジタル計測システムを開発し、当社中央研究所に設置し稼働をはじめた。

開発されたシステムは、当社ミニコンピュータ MELCOM 70 と米国 Biomation 社のトランジェントレコーダを結合し、磁気ディスクを外部メモリとして用いたもので、複数の実験室に設置された端末機からの指令により、計測センタにおかれるトランジェントレコーダとミニコンピュータシステムをタイムシェアリングで共用でき、各実験室で実験中のデータを並行して収集・解析処理できるシステムである。このシステムは超高速過渡現象だけでなく、中・低速の熱、流体、ひずみ(歪)応力などの過渡現象もオンラインで並行処理することが可能で、実験者の多様なリクエストに応じ得るように設計されている。また、放電や落雷現象など、強電界・強磁場のか(苛)酷な環境でもオンラインで動できるように耐ノイズ設計がなされている。

本文では紙面も限られているので、主としてシステムの概要について述べ、システムの活用例については別の機会に報告したい。

まず、2章で計測の質がいかに変革されるべきであるかについて考察し、3章・4章においてシステム構成とソフトウェア構成を述べ、5章ではシステムの適用可能な分野について紹介する。

2. 新しい計測に要求される機能

計測とは、物理的状態量の変化を人間が、

- (1) 認識できる形に必要な応じて変換のち
- (2) 記録にとどめ
- (3) 大量なデータの高度処理をすること

であろう。これらが精度よくおこなわれた上で、記録を解釈し、解析と整理をして現象を支配している物理的法則性を明らかにすることが、現象の本質を理解するうえで不可欠である。

まず(1)は、いわゆる Sensor とか Transducer によっておこなわれる。現象の本質を理解するためには、現象を支配する因子の挙動をより直接に計測すべきであって、放電の研究を例にとると、電子密度、電荷、イオン密度、空間電荷分布、温度などの計測を可能にする専用の Sensor が必要とされ、それらの高安定化、高精度化はデジタル計測が有意義であるための必須条件である。このほか Sensor としては、高電位に浮いた場所の計測のために Potential-free で動作するものも必要とされるが、これらは各実験者の専門分野において、それぞれの目的別に最良のものが開発あるいは採集されるであろう。

次に(2)の記録にとどめることについては、

- (a) 記録の精度
- (b) 現象のどの部分を記録に残すか
- (c) 記録の保存形態

などが関連する。(a)についてはデジタル化が必要であり、(b)については、まえがきでも述べたとおり、単発現象の発生前をキャッチすることも必要となる。(a)、(b)については、超高速の A/D 変換機能を持ち、現象の発生前も記録できる周回バッファメモリをもったトランジェントレコーダ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾を採用することで、必要な機能を十分満たし得る。(c)については、データ収容能力の大きな外部メモリとしてカ

ートリッジディスクを用い、複数の実験者がこれを共用し、ディスクパックをノート代りに活用することで、記録機能のコストパフォーマンスを著しく向上し、大量のデータ収集容量が各実験者に提供できることになる。

次に(3)のデータの高度処理については、収集された大量なデータを種々の観点から整理し、現象を支配する因子の解明や因子間の相関分析、現象のシミュレーションなどをおこなうことを意味する。実験者がこれらの結果を次の実験条件や実験内容の変更へ反映できるためには、データの高度処理がオンラインでおこなわれることが望ましいので、このシステムはオンラインか動をたてまゑとしているが、適宜オフラインでの解析もできるようになっている。いずれにせよ、かかる高度なデータ処理機能が実験者に開放されることによって、物理現象が本来統計的法則性をもつものであるとの認識にたち、大量なデータ収集と高度な処理を前提として実験を企画できることになり、過渡現象研究における計測のあり方が大きく変革されることになる。いうまでもなく、高度なデータ処理のために計算機の活用は不可欠であるが、高性能なミニコンピュータ（たとえば MELCOM 70）により中形計算機なみの処理能力をもつシステムを構成できる。(4)(5)(6)

計測の質を向上させる上述の各機能を、複数の実験者が同時に活用できるためには、トランジェントレコーダ、ミニコンピュータ、磁気ディスクなどの機器のタイムシェアリングが有効であり、データの収集と解析のリアルタイムオンライン処理が必要である。

なお、計測の質の向上効果を定量的に評価する方法については別の機会にゆずるが、デジタル化にともなう Human-factor の除去や、これまでルーチンの実験手法としては適用のできなかった $5 \times 10^4 \sim 10^3$ 個のデータ処理を高速短時間でおこない得る点など、研究遂行上の実質マンパワーを大幅に増強できる点も、質の向上効果として大きい。また、本文で述べるシステムを大形計算機と結合することは、さらに高度なデータ処理のために有効であり、このシステムはラボラトリオートメーションにおけるサテライトステーションの一つとなり得るものである。

過渡現象計測の質の向上に必要な新しい機能は以上述べたとおりである。いうまでもなく、上記機能が得られるためには、ハード・ソフト間の協調のとれた設計が必要であり、とくに多能なソフトウェアのサポートが不可欠である。

3. システムの構成

3.1 構成の概要

2章で明らかにしたとおり、システムの主要構成は、トランジェントレコーダとミニコンピュータとカートリッジディスクである。

これらのほかに、システムを遠隔タイムシェアリングするために、端末機が各実験場に分散しておかれている。また、端末側からの要求に応じて計測ケーブルをトランジェントレコーダの入力に接続する広帯域ケーブル切換器も用意されている。トランジェントレコーダの設定や、データの読み込み、データの解析、ケーブルの切換えなどはすべて、端末機からの指令により、コンピュータコントロールされる。これらの端末機やケーブル切換器は、今回とくに開発したものである。また、温度、加速度、圧力、流量など低速の現象専用の端末機、入力系統の切換器、低速 A/D 変換器、MPX（マルチプレクサ）なども備えたシステムになっ

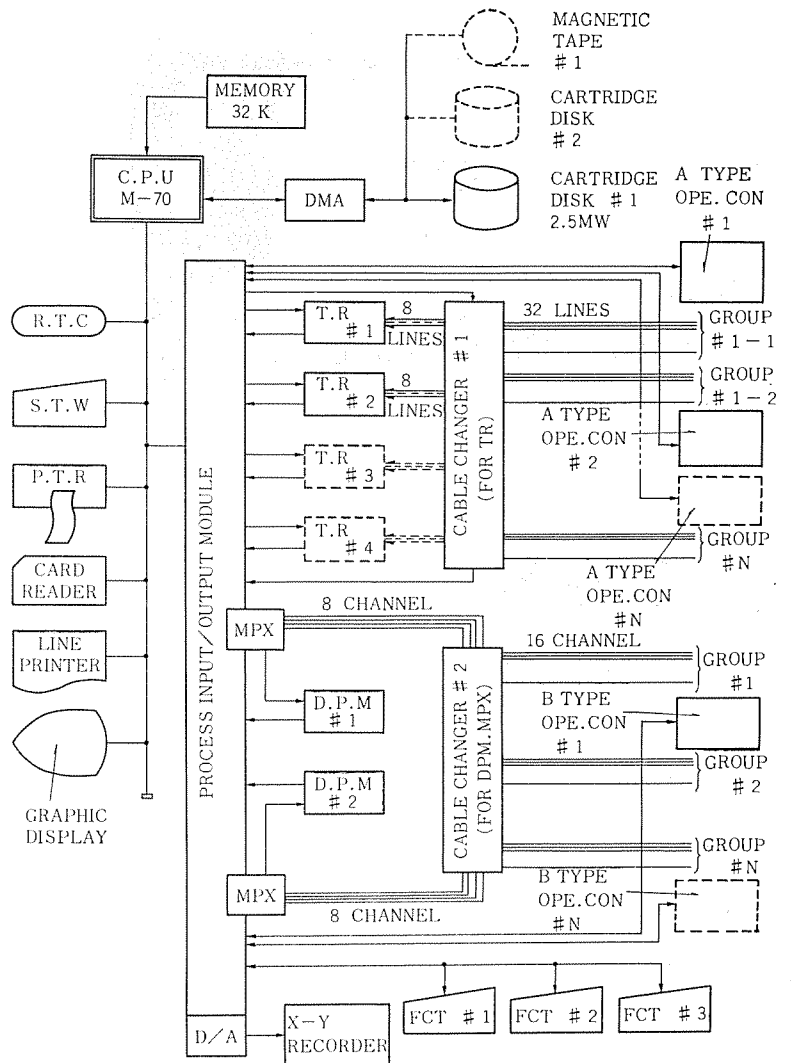


図 1. システムの全体構成
System block diagram.

ている。A/D 変換器としては DPM(デジタルパネルメータ)と、さらに高速の DMA チャネル経由の A/D 変換器を装備できるようになっている。図 1. に、デジタル計測システムの全体構成を示す。同図において“OPE. CON.”で表わされる端末装置を除いたその他すべての装置類は、二重にシールドされた部屋に設置され、計測センタを構成している。計測センタは、最大九つの実験室でおこなわれている各種実験を対象に、各実験室から送られてくる指令情報の解読、アナログ信号の A/D 変換とデータ収集、解析処理と処理結果の出力などをおこなう。図 2. に計測センタの内部を示す。

計測センタと各実験室とは、およそ 20 ~ 50 m 程度離れており、両者の間は、それぞれ専用の絶縁付銅ダクトに収納されたアナログ信号ケーブル群 (32 本/グループ) とデジタル情報ケーブル群 (150 対/グループ) とによって継がれている。すべての情報の伝送はこれらのケーブルを介しておこなわれる。

また、この計測システムは、大電力アークや高電圧放電・雷現象など強力なノイズ源それ自身を主たる計測対象としているため、計測系のノイズマージンをたかめる配慮がはらわれている。計測センタが二重構造であることや実験場とはなれていること、専用銅ダクトを用いていること、各実験場と計測センタが相互に常に 1 点接地になるように接地系を自動切換えしていることなどである。

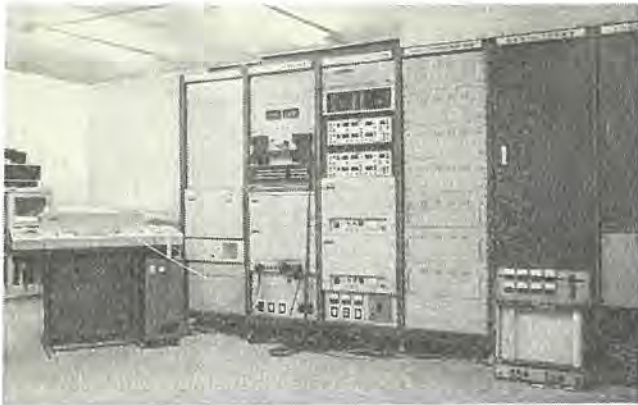


図 2. 計測センタの内部
MELCOM 70 central data acquisition and analysis system.



図 3. トランジェントレコーダの外観
8100 type transient recorder.

3.2 システムの主要構成機器

次に、図 1. で示した構成装置の中で、今回のシステムの特長となる装置について、その概要を紹介する。

3.2.1 TR (Transient Recorder) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

トランジェントレコーダ (商品名) は、米国 Biomation 社製の波形記憶装置で、100 MHz の A/D 変換器と 2,048 語の半導体メモリおよび D/A 変換器などを内蔵している。図 3. にその外観を示す。トランジェントレコーダ (以下 TR と略す) は多くの特長をもち、代表的な機能を以下にまとめて列記する。

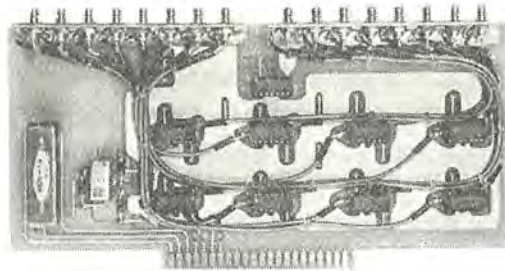
- (1) 現象発生前を記録する機能 (Pre-Trigger 機能)
- (2) データサンプリング間隔を途中でかえられる機能 (Dual-Timebase 機能)
- (3) 周回エンドレス MOS メモリ (2,048 語) 内蔵
- (4) 超高速 A/D 変換 (100 MHz, 8 bit 分解能)
- (5) メモリ内容のディスプレイアウト機能
- (6) 高速度のメモリ内容デジタルダンプ機能
- (7) 計算機とのユニバーサルインタフェース機能
- (8) デジタルセッティング機能

ここで、(1)～(3)の機能により、現象の発生前にさかのぼっての記録が確実におこなえ、(3)～(5)の機能により、高帯域パツァメモリ付サンプリングシンクロスコープとしての利用ができ、(6)～(8)の機能によって、Full digital computer control が可能である。

波形記憶装置としては、国内・外ですでに 10 種類以上のものが発売されているが、今回のシステムには、上記(4)、(7)、(8)などの機能をもっていることで、前記の Biomation 社製 8100 形 TR を導入することにした。なお、(4)の A/D 変換速度において、さらにすぐれたものが今後開発された場合でも、それが(6)～(8)の機能をあわせ持つものであれば、このシステムに導入することは可能である。



(a) ケーブル切替器の外観



(b) 基板上の切替ユニット

図 4. ケーブル切替器の外観とその内部
High speed wide band coaxial cable changer.

3.2.2 ケーブル切替器 (Cable changer)

上記のように、TR が 100 MHz の A/D 変換能力をもち、25～30 MHz のアナログ信号の観測を可能にするものであることから、この機能をそこなわないために、各実験室からくる信号ケーブルもまた、30 MHz 以上の帯域を必要とする。これらの帯域は同軸ケーブルで容易に得られるが、ユーザグループごとに TR への入力を切替えるケーブル切替器にも、同じ帯域が要求される。このため、120 MHz の伝送帯域をもつ水銀リレーをプリント基板上に、高周波特性インピーダンスマッチングがとれるよう配列し、計算機からのコードをデコードによって判読して該当ケーブル路を TR に結合するようにしている。

ケーブル切替器の仕様は、

- | | |
|--------------|-------------------------|
| (1) 周波数帯域: | 100 MHz |
| (2) 接点: | ロゲル水銀リレー接点 接点間耐電圧 500 V |
| (3) 切替ケーブル数: | 32 本 (1 グループ 当り) |
| (4) 切替時間: | 最大 1 ミリ秒 |
| (5) デコード時間: | 約 2 マイクロ秒 |

である。これについては、標準品がなく筆者らの開発品である。図 4. にケーブル切替器の外観と、基板上に配列された切替ユニットを示す。

3.2.3 端末機 (Operator's console)

端末機は、TR を用いて計測するグループ用に A 形端末機を、低速 A/D 変換器 (DPM) を用いて計測するグループ用として B 形端末機を用意している。図 5. に両端末機の外観図を示す。

A 形端末機は

- (1) TR の入力レンジ、サンプリングレート、レコードモードなど、計測条件のデジタル情報の送信
- (2) ユーザコード、実験日付・回数などラベル情報の送信
- (3) 端末から起動する各種 Function (演算指令など) の指定
- (4) ケーブル切替え要求
- (5) 手動デジタルデータ入力 (テスト回路条件など)
- (6) システムのか動状況の表示 (Lamp 表示)

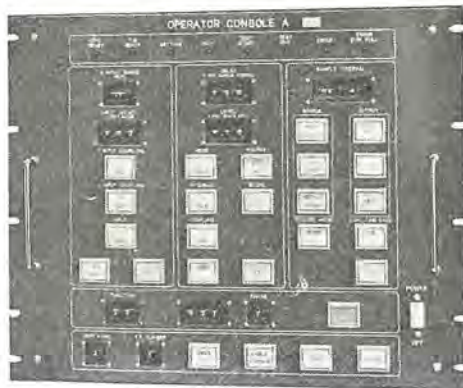
などの機能をもっている。B形端末機は上記機能のうち(2)～(6)までを有している。

図6はA形端末機を組込んだ端末装置を示しており、TRの状態表示装置と、TRで収集された波形を直ちにオンラインでモニターできる安価なオシロスコープで構成されている。

3.2.4 ミニコンピュータと周辺機器

MELCOM 70 形計算機システムの構成を下記に示す。

- (1) 中央処理装置：主メモリ 32 kW 語長 16 bit
- (2) 補助記憶装置：カートリッジディスク 2.5 MW
- (3) 周辺機器：プロセス入出力装置、システムタイプライタ、ラインプリン



(a) A形端末機



(b) B形端末機

図5 各端末機の外観

Type A (above) and type B (below) operator's consoles.



図6 端末装置の外観
Operator's console installed at each test station.

タ、高速紙テープリータ、カードリータ、グラフィカルディスプレイ、X-Yレコーダ、遠隔タイプライタ etc.

などである。

カートリッジディスクには、オンラインシステムに必要なすべてのプログラムと解析プログラムおよび処理しなければならない計測データと解析の結果などが記憶される。計算機と端末機、ケーブル切換器、TR、DPMなどとのインタフェースとして、MELCOM 70用プロセス入出力装置を用いている。プロセス入出力装置には、割込み点数が約80点、デジタル出力が約200点、デジタル入力が約400点収納されている。システムタイプライタ、カードリータ、高速紙テープリータなどの装置はプログラムのローディング・デバッグ用に、またラインプリンタ、グラフィカルディスプレイ(CRT)、X-Yレコーダ、FCTなどの装置は解析結果の出力機器として用意されている。

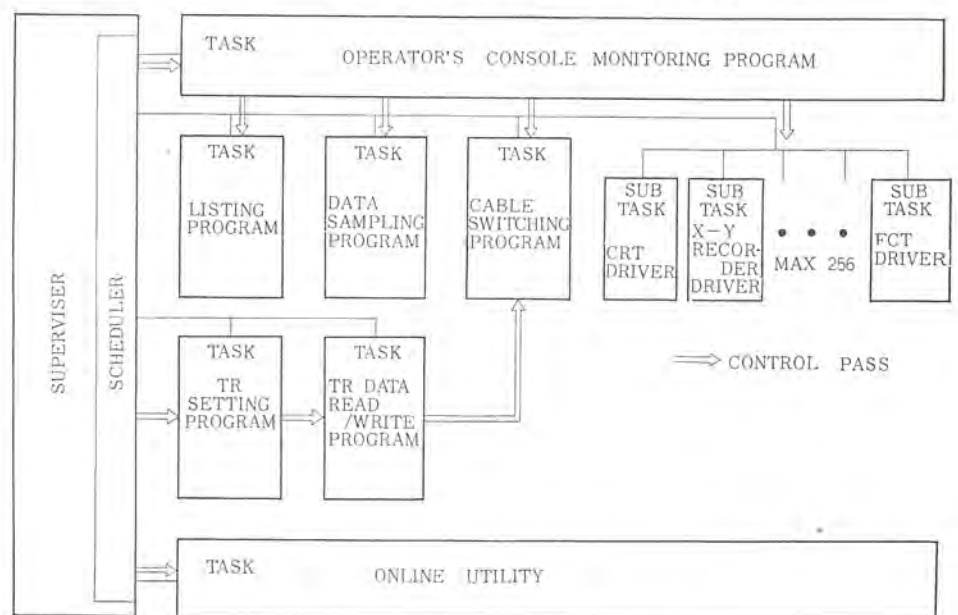
4. ソフトウェアの構成

4.1 ソフトウェア構成の概要

システムのソフトウェアはオンラインリアルタイムでのデジタル計測と処理のため、多様なリクエストに答えて多様なタスクを処理できるように構成されている。ソフトウェアの全体構成は図7.のとおりであり、図7.のプログラムをタスク群ごとにまとめて示すと図8.のようになる。図8.のスーパーバイザは、アプリケーションプログラムの実行管理、割込応答、割込処理、プロセス入出力装置の制御などを主な機能としてもつものである。また、端末監視プログラムは、実時間に発生する各端末機からの割込み要因を分析し、その結果、割込み要因に応じてデータ収集用プログラムなり、データ処理用プログラムに起動をかけ、実行制御を移すものである。これらのプログラム群は、あらかじめディスクに格納されており、システムのか動に際して主メモリ上にロードする方式を採用している。以下、図7.の各プログラムについて説明する。

4.2 データ収集用プログラム

データ収集用プログラムは、次のようなプログラム群によって構成されている。おのおののプログラムについて説明する。



SOFTWARE COMPONENTS OF ON-LINE DIGITAL MEASUREMENT SYSTEM FOR TRANSIENT PHENOMENA

図7 ソフトウェア構成
Real time software system.

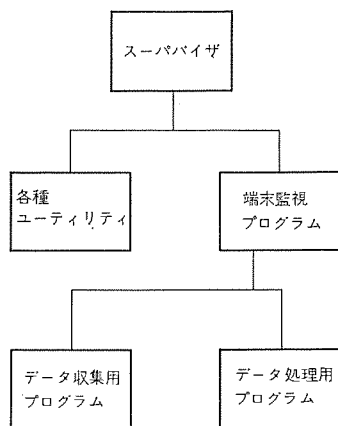
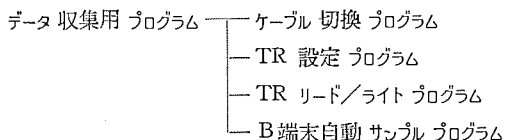


図 8. プログラムブロック
Functional diagram of the software



4. 2. 1 ケーブル切替プログラム

ユーザからのケーブル切替要求に対して、システムが現在使用中か否かをサーチし、使用中でなければ該当するケーブル切替器に、デバイスアドレスと切換えコマンドを出力するプログラムである。

このプログラムの実行後、TR 設定プログラム、または、B 端末自動サンプルプログラムに起動をかけ、実行制御を移す。

4. 2. 2 TR 設定プログラム

A 形端末機からの情報によって、ユーザが要求する測定条件に、TR の設定をおこなうプログラムである。TR の設定に要するインストラクション数は約 20 個で、およそ 500 μ s の時間で TR の設定は完了する。このプログラムの実行後、計測系はアナログ信号の入力待ちの状態になるが、端末機からの情報はこれとは無関係に随時送り込むことができる。

4. 2. 3 TR リード/ライトプログラム

実験がおこなわれ、TR にデジタルデータがたくわえられたとき、そのデータを CPU を介してカートリッジディスクに書き込むプログラムである。端末機の種類・番号、実験日付・回数などによって、データはカートリッジディスク上の該当するエリアに自動的に記録される。プログラムの起動は TR のステータス情報によりおこなわれる。

4. 2. 4 B 端末自動サンプルプログラム

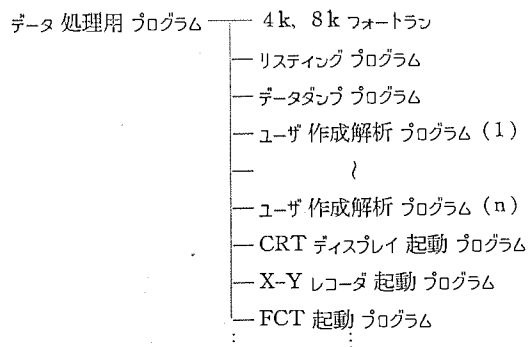
このプログラムは、B 形端末機からのシステム使用要求により、該当ケーブル路が切換えられたとき、プログラム起動がかけられる。

サンプリング繰返し時間、使用計測ライン数およびスキャン順序などを B 形端末機からの情報によって設定したのち、低速 A/D 変換器 (DPM) に起動をかけ、自動的にデータの取り込みをおこなうプログラムで、実験完了割込みによってプログラムの実行は終了する。

以上が、データ収集用プログラムに属する各プログラムの機能である。これらのプログラムが実行されることにより、計測データはディスクに記録される。

4. 3 データ処理用プログラム

データ処理用プログラムは次のようなプログラム群で構成されている。



これらのプログラムの機能について以下に説明する。

4. 3. 1 ユーザ作成解析プログラム

各ユーザがデータ解析用に作成したプログラムで、フォートラン言語またはアセンブラ言語で書かれた数 10 種類のプログラムがディスクに登録されている。各プログラムの内容は当然異なり、各ユーザは必要に応じて任意にどのプログラムでも使用して解析できるようになっている。このプログラムは、端末機からの指令 (Function で指定) によって起動され、解析終了で実行は終る。なおオフラインでの使用も可能になっており、この場合、起動は STW の KEY 入力でおこなわれる。

4. 3. 2 リスティングプログラム

ユーザの要求に応じて、TR 設定条件のリストを出力するプログラムである。端末機からの指令で起動され、リスト出力完了で実行は終る。

4. 3. 3 データダンププログラム

ユーザの要求に応じて、ディスクにファイルされている生データまたは解析結果のダンプをおこなうプログラムで、ユーザ名、実験日付・実験回数など各データにつけられたラベルを指定することで、任意のデータを選択的に出力することが可能である。このプログラムも端末機からの指令で起動がかけられ、出力完了で実行は終了する。

4. 3. 4 CRT・X-Y レコーダ・FCT etc. 起動プログラム

各機器のハンドラーで、ユーザから指定のあった機器だけが起動される。各機器に対してそれぞれ独立したプログラムになっており、機器の追加・削除などによるシステムハードウェアの変更があっても、ソフトウェアとしてなんら不都合が生じないようになっている。

以上がこの計測システムのソフトウェアの概要である。いずれのプログラムも筆者らが開発したアプリケーションプログラムであるが、以上のソフトウェア構成が、すでに MELCOM 70 用に完備されている各種のベースソフトのサポートによって、はじめて可能であることはいうまでもない。

最後に、計測の概略フローチャートを図 9. に示す。図からも明らかなように、すべての流れは端末機からの割込み指令ではじまる。そして各タスクは実行終了後、ただちにスーパーバイザに実行管理を移す。また、各タスクにはタスクレベル (F~O) が割当てられており、タスクの実行優先順位を設けて、リアルタイム処理を円滑におこなえるようになっている。

5. システムの適用

この計測システムは、現在、超々高圧の変圧器の絶縁や、SF₆ ガス中の絶縁などの基礎研究、真空中アークや SF₆ ガス中アークなど大電力アークの研究、および高密度プラズマ現象の基礎研究に活用が開始され、新しい知見が多く得られはじめている。

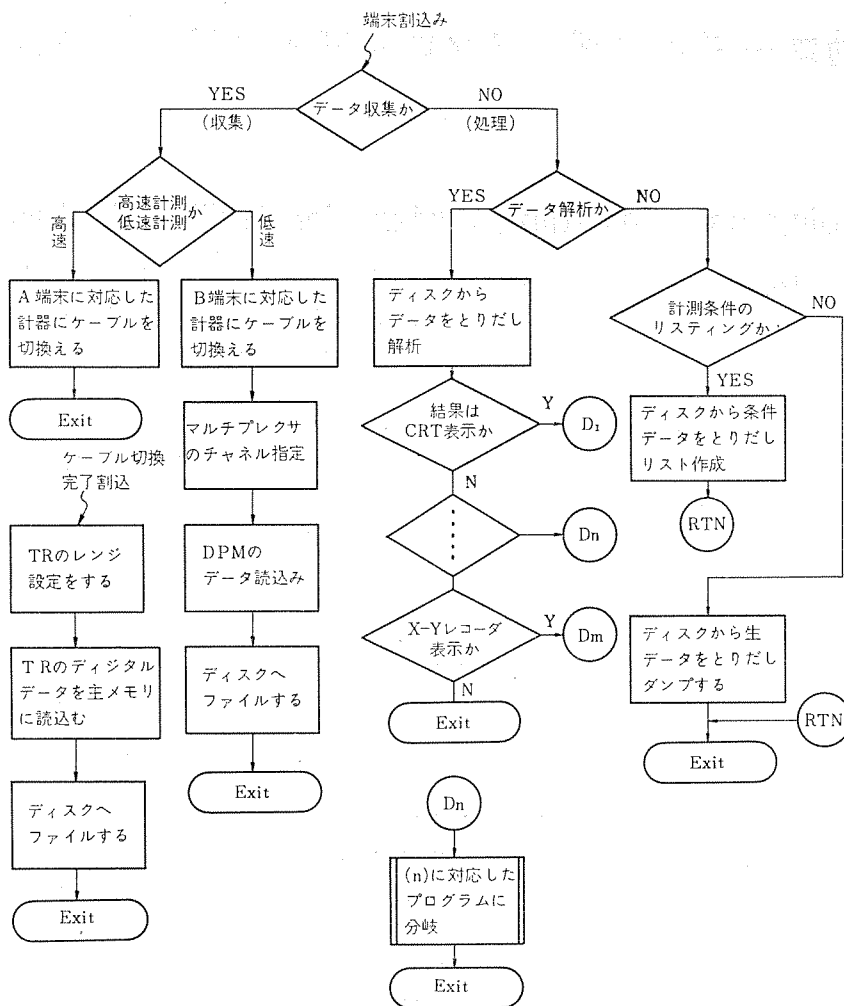


図 9. 計測 フローチャート
Flow diagram of the program

このシステムを活用して得られた成果は、それぞれの専門分野においてより詳細に発表される予定であるので本文では省略する。

さて、上で述べたように、このシステムは放電関係の研究分野で現在か動中であるが、2章で述べたシステムの機能から考えて、このシステムは単に放電分野にとどまらず、機械・化学・物理などの分野における過渡現象の計測にも応用することが可能で、これらの計測分野で今後、かかるシステムが必需品となることが予測される。

また、システムの適用上特筆すべきことは、強電界、強磁場中などか酷なノイズ環境のもとで、ICレベルの信号の伝送と処理の可能性が確認できたことであって、今後この種の環境で運用されるシステムの参考になるはずである。たとえば、耐ノイズ性が高いことで、電力・電気関係の系統や、トランス・モータなどの耐雷設計や絶縁設計、検査や自動監視など製品試験部門におけるオンラインシステムとしての活用が考えられる。

今回開発したシステムを参考に、当社鎌倉製作所において標準システム化が計画され⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾、すでに一部生産が始まっている。すなわ

ち、トランジェントレコーダを採用したこのシステムに類似のシステムが、核融合プラズマ研究用として、電子技術総合研究所向けに、また、シンクロトロンビーム計測用として、高エネルギー研究所向けに受注し、当社で製作中であることを付記する。

6. む す び

放電現象の研究を対象に、高度なデータ収集と解析処理が可能なオンラインデジタル計測システムについて紹介した。

計測の質が飛躍的に向上したこと、か酷な環境条件を克服できたこと、計測における実質マンパワーの増大がはかれたなど、この計測システムの開発で、高電圧・大電力の計測の分野にもミニコンピュータが導入できることが実証され、その意義は大きい。今後、同様なシステムが基礎研究部門から製品試験部門まで広範囲の分野に導入されることが期待される。

また、この計測システムは、大形計算機を中核としたラボラトリオートメーションのためのサテライトステーションとしての機能ももっており、今後この方面での発展も考えられる。

なお、データレコーダをデータ転送媒体としたオフラインのはん(汎)用計測システムは、当社伊丹製作所がか動中であり、引用文献⁽¹⁰⁾に詳しく紹介されているので参照ねがいたい。

最後に、この計測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) トランジェントレコーダ 東陽通商 リーフレット No. 224/8
- (2) W. P. Cargile, B. J. Moore: "Transient Recorder" Presentation at Instrumentation Fair, Washington, D. C. Sept. (1971)
- (3) IEEE Spectrum, p. 82, Jan. (1974)
- (4) Proc. IEEE Special Issue on Minicomputers: Nov. (1973)
- (5) F. F. Coury: A Practical Guide to Minicomputer Applications. (IEEE Press 087942-006-5)
- (6) J. D. Schoeffler, R. H. Tempel: Minicomputer; Hardware, Software and Applications. (IEEE Press. 087942-016-2)
- (7) 日経産業新聞 48年 10月 22日付紙面
- (8) 日経エレクトロニクス 48年 10月 22日号 p. 44 (広告) "過渡現象 オンライン計測システム"
- (9) 高見, 野村, 田中, 宮本: 電学会 関西支部連大 シンポジウム S 4-12
- (10) 桑原ほか: 三菱電機技報, 47, No. 8, 847 (昭 48)

複数台の旋盤に対する自動ローディング・アンローディングシステム

壺井 芳昭*・津田 栄一*・正田 茂雄*・東 健一*
酒田 泰博**

Automatic Loading and Unloading System for Multiple Lathes

Manufacturing Development Laboratory Yoshiaki Tsuboi・Eiichi Tsuda
Shigeo Masada・Kenichi Azuma
Inazawa Works Yasuhiro Sakata

An automatic loading and unloading system has been developed to handle work pieces with NC lathes. It is used on the automatic machining line of various shafts for use with elevators and escalators. A unique feature of this system is that one device is capable of serving three NC lathes in manipulating the work pieces. A minicomputer has been used to control the complex sequence and to check the state of the system to assure safety operation.

1. ま え が き

NC 工作機械の出現により、加工および段とり換えの省力化、自動化が達成され、多種少量生産の合理化に大きな進歩をもたらした。しかし、品種の多様化により、ワークのハンドリングは人手にたよるを得ない場合も多い。ここでは、多種少量生産であるエレベータ、エスカレータの軸の加工を行なうための、3台のNC旋盤による旋削ラインにおけるワークハンドリングを自動化するために開発したローディング・アンローディングシステムについて述べる。

このシステムは、複数台の旋盤に対し、1台のローダ・アンローダでサービスすることが特長である。システム全体の制御には、ミニコンピュータを使用し、複雑なシーケンス制御およびシステムの安全を期すためのチェック機能をソフトウェア的に処理するとともに、将来、NC旋盤の群管理や生産管理機能の追加などの拡張性をもたせている。

2. システムの概要と機能

2.1 システムに要求される機能

自動ローディング・アンローディングシステムを計画するにあたっては、まず

- (1) 効率のよいワークのストック法
 - (2) ワークの授受がおこないやすいハンドリング装置、およびつかみ機構
 - (3) 床占有面積の少ないレイアウト法
 - (4) 安全性が高く、操作性のよいライン構成
- などについて検討しなければならない。

とくに、重量物をハンドリングする場合には、大事故を防ぐ意味で(4)の項目については注意する必要がある。さらに、(2)の項目については、ワークを傷つけることなく、旋盤のチャックへ正確に受渡すことができる、簡単でしかも安価な機構を開発しなければならない。

さて、このシステムで要求されるワークハンドリングは

- (1) ロットごとの前加工された素材の受入れと、ストック
- (2) 旋盤からの要求に応じ、ストックされた素材の取出し、搬送、旋盤への取付け
- (3) 旋盤からの要求に応じ、半仕上材の旋盤からの取りはずし、

反転、旋盤への再取付け

(4) 旋盤からの要求に応じ、仕上材の旋盤からの取りはずし、搬送、ストック

を実施する必要がある。このうち(2)と(4)はほとんどの場合、旋盤から同時に要求が出てくる。

2.2 ハンドリングされるワークの形状

ハンドリングの対象となるのは、エレベータ、エスカレータなどの駆動軸類である。

旋盤に供給すべき素材は、棒鋼および段付き鍛造材である。これらの端面は、いずれも前加工において、旋盤でチャッキングすべき部分の捨て削り加工と、センタ穴加工が施されている。

種類は大小21種類におよび、重量は10～150 kg、長さは500～1,200 mm、直径は50～150 mm というように非常に大きく変化している。また、ロットの大きさは30～150であり、まずは典型的な多品種少量生産におけるハンドリングといえる。

2.3 構成の概要

要求されるワークハンドリングの流れを実行するためには、機械装置としては

- (1) 素材と仕上材のストック
- (2) キャリア
- (3) ハンドリングアーム

が最低限必要となる。これらと3台の旋盤群に対して、許容される工場の床面積から、ワークの搬送方式は天井走行式が最も適したものとなる。この方式は作業者に対しても、旋盤に容易に近づくことができ、操作性も良好である。

さらに、各旋盤とハンドリングシステムを作業者が容易に監視できるようにするためには、図1のレイアウト図に示すように、各旋盤を直列に配置し、それらのセンタラインを直線で結ぶ形が妥当なものとなる。これより、

- (4) 架台
- (5) 制御盤
- (6) 個別操作盤

の配置がおのずから決定される。

このようなレイアウトにより、旋盤の増設に容易に対処することができ、将来への拡張性を持たせることができる。

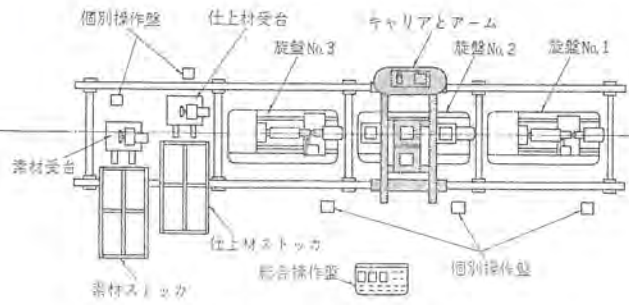


図 1. レイアウト図
Layout of system.

表 1. 装置の概略仕様
Specifications of system.

1. ストッカ 外形寸法 格納数 送り速度 駆動方式	1,700(W)×2,700(L)×1,500(H) mm 15本×3段 3s/1本 空圧
2. キャリア 外形寸法 走行ストローク 走行速度 停止精度 駆動方式 架台外形寸法	1,300(W)×1,950(L)×1,850(H) mm 14,500 mm 0.5 m/s(H) 0.03 m/s(L) ±1 mm 電動・空圧 1,500(W)×16,075(L)×3,300(H) mm
3. アーム 外形寸法 ストローク 昇降速度 旋回速度 旋回角度 つかみストローク 許容荷重 駆動方式	195(W)×180(L)×1,150(H) mm 1,200 mm 0.15 m/s 10 s/rev 180° 50~150 mm 200 kg 空圧
4. 制御 ミニコンメモリ 入出力点数	4 k 入力: 95 出力: 64

表 1. に各構成機器の概略仕様を示す。

2.4 機械干渉

ここで、このシステムの機械干渉と、経済的機械受持台数について検討してみる。

数台の自動旋盤に1台のローダ・アンローダでワークハンドリングをおこなう場合、それがあある旋盤に占有されると、他の旋盤からのサービス要求には応じられなくなる。そこで、1台のローダ・アンローダで何台の旋盤を受持つことができるかを決定するのは重要な問題となる。しかし、旋盤によって取扱うワークが異なると、サービス要求がランダムに発生するので、めんどろな問題でもある。

池永の紹介する Wright 法、Gluxon 法⁽¹⁾ は、この偶然事象に確率法則を適用して、機械干渉率、機械干渉時間および経済的機械受持台数を決定するものである。

Wright 法によると、機械干渉率 I は、

$$I = 50[\sqrt{(1+X-N)^2 + 2N} - (1+X-N)] \quad (1)$$

$$i = \frac{t \times I}{100} \quad (2)$$

$$\frac{M}{L} = \frac{2(1+X) + \sqrt{(1+X-N)^2 + 2N} - (1+X-N)}{N^2 \left[\frac{N-X}{(1+X-N)^2 + 2N} + 1 \right]} \quad (3)$$

で与えられる。

ここで、 i : 機械干渉時間

N : 機械台数

T : 平均機械運転時間

t : 平均サービス時間

X : T/t

M : 単位時間当りの機械費用

L : 単位時間当りのローダ費用

である。式(1)、(2)に、対象とした代表的なワークの標準時間の平均値 $T=12.1$ min、 $t=2.0$ min を代入してやると、機械干渉率、機械干渉時間を求めることができる。しかし、この式による計算結果は、機械台数が5台以下の場合には、大きい値の解が出る。よって、このシステムを診断するには、この式をもとにして Wright が誘導した経験的曲線図を用いた。図によると、このシステムの機械干渉率は、 $I=18\%$ となり、これより、機械干渉時間は、 $i=0.36$ min となる。

また、機械台数は、Wright 経済的受持台数決定線図より求めると $N \approx 3.5$ となる。このほか、Gluxon 法を基礎にした簡易決定法によっても、 $N \approx 3$ となる。

すなわち、このハンドリングシステムの妥当性は十分あるものと考えてよい。

2.5 安全性

安全性と操作性は、自動化の程度が進めば進むほど、強く要求される。このシステムで取扱うワークの重量は、最大 150 kg であり、ハンドリング中のワーク保持の確実性は、操作者に対しても種々の機械装置に対しても強く要望される。制御システムの不具合やノイズによる外乱に対し、二重にも三重にも安全性を確保しておく必要がある。また、自動運転ばかりでなく、手動運転に際しても誤動作によって、ワークを運転中に放り出すことがないように対処しなければならない。

また、システムは全自動で運転されることを前提としているが、全く無人で運転されるというわけにはいかない。したがって、作業者も含めて、このハンドリングシステムが確実に動作するために、作業者に適確な状況の指示を与えることと、あらゆる誤操作を防止する手だてが必要である。たとえば、トンクの開閉に関しては、ワークの有無を判別する検出器をトンク内に取付け、ワーク有のときには、トンクが開閉できる位置を5カ所(素材および仕上材ストック上で、アームが1/2ストローク下ったところと、旋盤上でトンクが旋盤のセンタ上にあるとき)に限定するよう、ハードウェア的にもソフトウェア的にもインタロックをかけている。

3. 機械装置

このシステムの全景図を図2に示す。

3.1 ストッカ

ワークのハンドリングパスを単一にするため、ストッカには、素材ストックと仕上材ストックが設けてある。ストッカはともに、ワークが安定した状態で規則正しく1ピッチ送りができるように、V形のパレットコンベアを備えている。また、ストッカは3段重ね構造で、制御を簡単にするため、各旋盤とストッカの各段とは1対1で対応させてある。1段の格納数は、ロットの大きさの関係上15本とした。

ワークの搬出入は、フォークリフトで行なって、作業時間の短縮を計っている。このため、素材ストックのワーク搬入側および仕上材スト

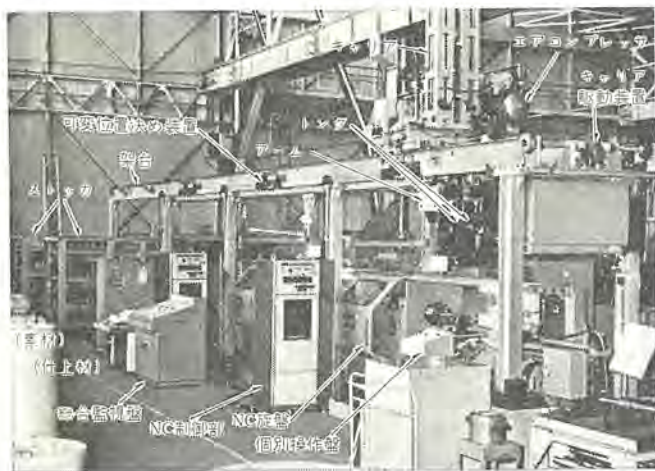


図 2 システム全景
General view of automatic loading and unloading system.

ッカのワーク搬出側のコンパフレームは、片持はり(梁)構造にして、フォークがストッカ内で上下に動けるようにしている。

また、素材ストッカのワーク取出し側には、トングが軸長手方向中心位置を基準にしてチャッキングできるように、中心位置割出し装置が取り付けられている。

3.2 受台

素材受台はストッカからワークを取出し、アームに受渡す補助装置で、一對のフォークを持っている。このフォークには、段付き材の軸心を水平に近づけ、トングがワークを正しくチャッキングできるように、軸心補正機構が設けられている。フォークは、ストッカの各段に対応して、3カ所で停止する。

仕上材受台も素材受台と同一の構造である。

3.3 キャリア

キャリアは2本のアームを保持して、ストッカと各旋盤との間を往復する天井走行台車で、動力用のコンプレッサを積んでいる。

アームⅠは、レイアウト上、常に旋盤の軸心を移動する。このため、キャリアにはアームⅡを旋盤の軸心と合わせる機構が設けられている。また、旋盤へワークを取付けたり、旋盤からワークを取りはずすために、軸方向移動機構が設けられている。

キャリアの駆動源には、電動モータを用い、エンドレスに張ったローチェーンで引張っている。電動モータは、高速-低速の2段の速度制御を行ない、キャリア停止時には電磁ブレーキを併用することによって、停止精度を±1mm以内に収めている。

3.4 ハンドリングアーム

仕上材の収納と素材の供給は、ほとんどの場合同時に行なう必要があるため、このシステムは2本のアームを備えている。

アームの上下動には、空圧-油圧変換により、アームの動きをスムーズにするとともに、上下ストロークの任意の点で停止できるようにされている。

アームの先端部にはトングが取付けてあり、アームⅠのトング部は、半仕上材を反転させるために、旋回機能を持たせている。

トングは、“く”の字形のブロックを対向させ、ラックとピニオンで平行開閉するようにしている。アームはこのトングを2組持っており、トングはおのおの独立に動くので、段付き材を取扱っても、それぞれ径の異なった部分を確実につかみ、軸心を常に水平に保つことができる。この2組のトングの取付けピッチは、段付き材を取扱うとき、段付き部分を傷つけることがないように、対象とするすべてのワーク

を詳細に検討して決定した。

4. 制御装置

簡易形の工業用ロボットあるいはオートハンドなどが、ローダ・アンローダとして、ワークのハンドリングに用いられているが、大部分は、軽量ワークを対象としており、制御シーケンスも簡素化され、その制御はリレー回路か、せいぜい半導体ロジック回路で処理されるのが普通である。しかし、今回対象としたローダ・アンローダでは、すでに述べたように、重量物を取り扱うため、制御シーケンスの誤動作が非常に危険な事故を招くおそれがある。また、複数台のNC旋盤とともに、一つの加工ラインを形成していることから、ローダ・アンローダのサービスが、軸の旋削ラインのか(稼)動状況を左右し、他の工程、他のラインとの間に密接な関係をもつことを意味する。これらの点と、将来の工場におけるラインの集中制御と管理への発展性を考え、このローディング・アンローディングシステムの制御にミニコンピュータを使用することにした。

4.1 制御系に対する要求

このローディング・アンローディングシステムの制御に要求される事項を、次にまとめて示す。

(1) システム全般の安全チェック

システムの動作に必要な動力源(電気、圧縮空気圧など)が規定値内にあるかどうかのチェック、電源装置、リミットスイッチ、バルブなどの動作の確認、および停止位置の確認、誤操作、誤動作の検出などの安全性チェックを行なう。

(2) 機械の状態の記録と表示

旋盤からのサービス要求を受付け記憶する。またシステムの動作状況を集中制御盤で表示する。異常時には警報を出し、表示を行なう。

(3) 判断

機械の状態と動作モード(自動、半自動、手動)、加工指令数などによる制御の切り換え、各旋盤からのサービス要求とその内容によるサービスの優先順位を決定する。

(4) 機械装置のシーケンス制御

素材供給、仕上材格納、半仕上材の反転などに必要な、各機械装置の動作を制御するためシーケンスの制御を行なう。また、システム全体の起動、停止に必要なシーケンスの制御を行なう。

(5) 生産管理

加工数の計数制御と出来高管理、加工寸法の自動検測とそのフィードバック、バイトの交換時期の表示などを行なうとともに、生産状況、か動状況の情報を出す。

(6) 他のラインとの情報の授受

他の工程、他のラインの制御システムとの接続と情報交換を行なえるようにする。

(7) 将来の拡張への対処

加工工程の追加、変更、機械装置の仕様変更などによって制御シーケンスが変化した場合にも容易に対処できるようにする。

4.2 制御モード

ミニコンピュータの制御のもとに運転される自動および半自動モードと、ミニコンピュータと切りはなし運転する手動モードの3種に大別される。

自動モードは、素材の取出しから加工終了後の仕上材の収納までの一連の動作を、人の介入なしにすべて自動的に連続して行なうものであり、平常時はこのモードで連続運転する。なお、この場合、

任意の旋盤を、ローダ・アンローダのサービスから切りはなし、残りの旋盤に対し自動モードで運転することができる。これは、特定の旋盤の段どりがえ、バイトの交換などに必要となる。

半自動モードは、指定の位置までのキャリアの移動、アームの移動、ストックの移動など、制御盤の押ボタンスイッチで指令された動作を行なう。この動作モードは、旋削ラインの段どりがえ、システムの調整など、機械装置の動作を一区切りずつ行なわせるときに必要である。

一方、手動モードは、ミニコンピュータの制御プログラムによることなく、制御盤の操作スイッチから、機械装置の最終アクチュエータを直接動作させるものである。押ボタンスイッチが押されている期間だけ動作が継続し、位置決め（停止位置の決定）はすべて目視で行なう。したがって、この手動モードでの運転は電動ホイスと類似したものとなる。この手動モードは、ミニコンピュータを含めたエレクトロニクス系が故障した場合でも、重量物のローディング・アンローディングシステムとしての最小限の動作を確保するためと、機械装置の調整に必要なものである。

4.3 制御系の構成

機械装置の基本動作および手動モードにおける制御に必要な制御回路は、従来どおりリレー回路で構成されている。一方、自動および半自動モードにおける制御は、すべて入出力インタフェースを通じ、ミニコンピュータの制御プログラムによって達成される。以下、ここでは、ミニコンピュータを中心とした制御系について述べる。

自動および半自動モードに対する制御系の構成を、図3.にブロック図で示す。入出力インタフェースは、ミニコンピュータと外部機器との間の制御信号の授受に必要な電圧レベルの変換やタイミングの調整を行なうものであり、IC、リードリレー、ノイズフィルタなどで構成されている。

制御盤は、システム全体の動きを表示するための表示盤、起動、停止など、人手を要する入力情報のインプット用スイッチなどを備えている。また、ミニコンピュータおよび入出力インタフェースを含めたエレクトロニクス系は、すべてこの制御盤に収容されている。図4.に制御盤の外観を示す。

個別制御盤は、3台の旋盤および2台のストックに備えられており、前述の制御モードの選択、手動モードにおける装置の運転指令を行なうものである。

ストック、キャリア、アームなどの機械装置の制御回路は、その動作の性質から、四つのグループにわけてインタフェースに接続されている。

システムタイプライタは、異常情報、管理情報の出力装置として使用される。また、長期にわたるデータを、自動的に紙テープにパンチアウトしたり、調整時に制御プログラムを紙テープから読み込ませるためにも使用される。平常動作時で、管理情報などの出力情報が不用の場合は、システムタイプライタを接続する必要はない。

4.4 制御内容

制御の流れの概略を図5.のフローチャートに示す。人手により起動ボタンが押されると、ハードウェア化された起動シーケンス回路が動作し、まずミニコンピュータの電源がオンになり、所定のアドレスからプログラムの実行が開始される。最初にインシャライズルーチンが実行され、各機械装置の動作がすべて停止された状態に制御プログラムの内部状態が設定される。さらに一定時間後に、起動シーケンス回路により、インタフェースの電源がオンとなる。この電源が正常であることを入力信号の一つとして読み込み確認したのち実際の制御プログラムの実行に移る。この電源の状態は、他の安全チェック項目とともに、数msご

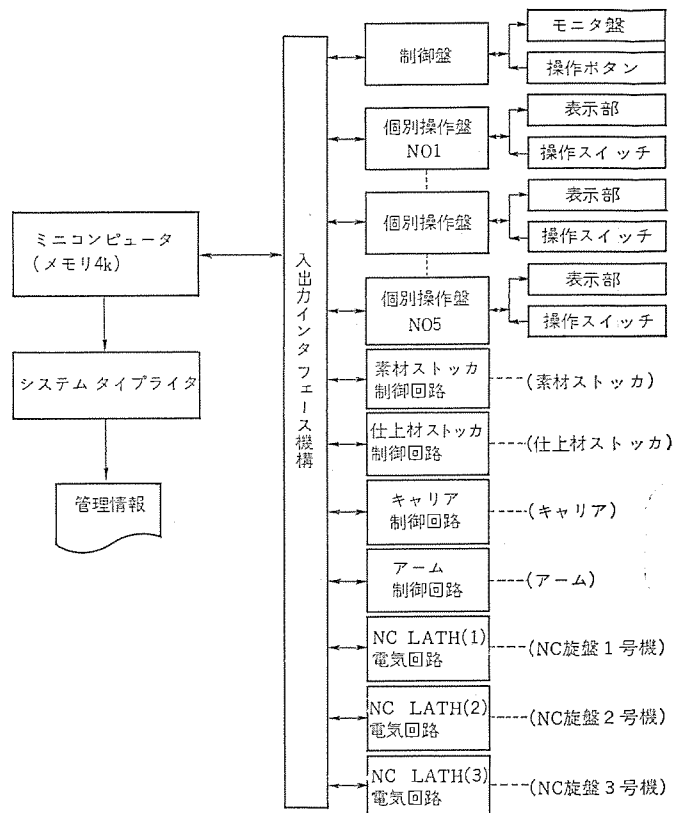


図3. 制御系構成図
Block diagram of control system.



(ミニコンピュータとエレクトロニクス関係が下部に収容されている)

図4. 制御盤
Control panel.

とにプログラムにより繰返しチェックされる。

制御プログラムによって実行されるサービスの内容を表2.にまとめて示す。旋盤からは、サービス要求として次の3種の信号が自動的に送り出される。

- (1) 前加工終了 1.5 分前
- (2) 後加工終了 1.5 分前
- (3) 加工終了

この情報と個別操作盤および制御盤のスイッチにより指令された情報をもとに、旋盤の要求するサービスを決定し、実行の優先順位をつけて登録するのが、メモルーチンである。サービス要求が登録されたのちも、実行直前までは取消しが可能であり、ほかに登録されたものがあれば優先順位がくり上げられる。

旋盤へのサービスに必要な制御プログラムは、各旋盤ごとにサブルーチンの形でわけて独立して作成されている。これは、旋盤ごとに制御

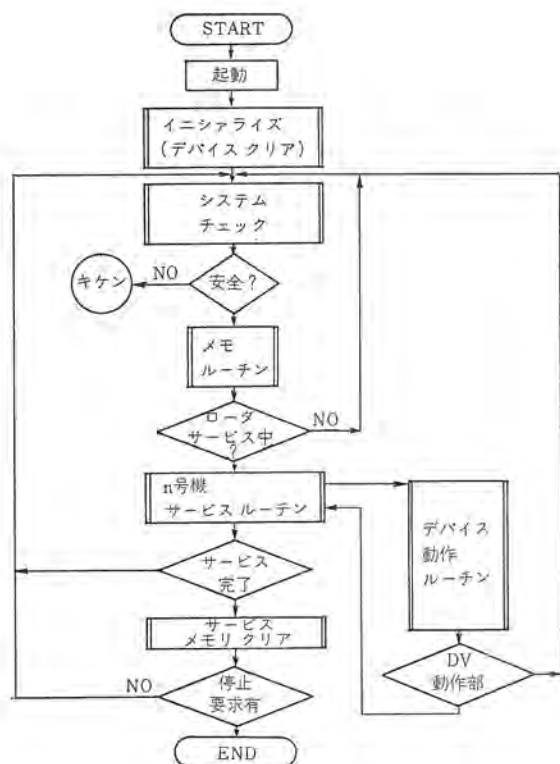


図 5. 制御プログラムのフローチャート
Flow chart of control programs.

表 2. サービス内容
List of services.

- 1) 素材ローディング
- 2) 半仕上材, 反転ローディング
- 3) 仕上材アンローディングと素材ローディング
- 4) 始業終業時のイレギュラーサービス
リクエストなしの素材ローディング
リクエストなしの仕上材アンローディング
リクエストなしの半仕上材反転ローディング
リクエスト有の仕上材アンローディング
- 5) リクエスト有, サービス不要

シーケンスを変える必要が生じた場合に制御プログラムの変更を容易にするためである。ノイズなどによる誤動作を防ぐため, 制御シーケンス

の進行は, 動作指令信号と動作完了信号およびその動作に関連したいくつかの信号を含めた1語(16ビット)単位のパターンが一定時間一致したときのみ次に移るようにプログラムされている。なお, 安全対策としては, アームの移動, トングの開放など重大な事故につながる可能性のある動作には, 上述のソフトウェア的な保護以外に, ハードウェア的に独立した検出器とリレー回路によるインタロック回路をもっている。

一方, サービス時間を最小にするため, キャリアの移動中にストッカを同時に移動するなど, 安全上問題の起こらない機械装置は, 並列動作が可能となるようプログラムされている。

制御系にミニコンピュータを導入した場合は, 上述のシーケンス制御以外に, 適当な検出器と組合せ, 加工寸法(軸径)の自動検測を行ない, 計測データの収集を行なうことが可能となる。さらに, 磁気ディスクなどの補助メモリをもち, NC旋盤のパートプログラムをミニコンピュータ側から自動的に送り込む群管理システムへと発展させることも可能である。

現在のシステムにおいても, 単にプログラムを追加するだけで, 旋盤を含めた各機械装置の稼働率あるいは加工時間などの管理データを収集することができる。

5. む す び

自動化ラインを計画するにあたっては, すべての機能を機械化するよりも, 人間と機械のマッチングがうまくとれたマンマシンシステムにするほうが, 安価で確実なラインを構成することができる。

このシステムは, 工場に設置して約2年間, 順調にか動しており, システム導入による省力人員も約5名である。また, 省力効果だけでなく, 作業者を重量物運物作業から解放した効果も見逃すことはできない。

今後の課題としては, より単純でフレキシブルな機能を持つハンドリング機構の開発, 段取り換えや仕掛りを極力少なくする生産管理システムの開発, あるいは, 群制御や工場のシステム制御との結合などがあげられる。

(昭和49-4-3受付)

参 考 文 献

- (1) 池永: 日本機械学会誌, 74, 632号, p. 1,191 (昭46)

ミニコンピュータによる工作機械の制御

弘中 一光*・丸山 寿一*
服部 俊*・松本 康司*

Computerized Numerical Control

Manufacturing Development Laboratory

Kazumitsu Hironaka・Hisaiichi Maruyama
Takashi Hattori・Yasuji Matsumoto

Minicomputers have been rapidly developed of late, and are applied to the controller of automated equipment of various kinds. In the case of the NC controller, CNC in which includes a minicomputer is now in practical use. This is because that the minicomputer is now able to compete with the conventional NC technically and economically through the achievement of higher performance and lower price.

The CNC developed now is the one with the following features: various control functions of machine tool of the conventional type are realized with software as much as possible, simultaneous multi-machine control is made possible and full consideration is taken to provide for future system expansion. This article is a report of the composition and function of the system developed.

1. ま え が き

ミニコンピュータの急速な発展は、その応用分野をますます拡大している。一方高度成長をめざす社会情勢の中で、自動化・省力化の要求は強く、NC 機械をはじめ各種の自動機が普及してきた。この傾向はさらに強く、要求される機能も多様化し、従来の半導体、リレーなどによる hard-wired な制御装置からもっと融通性をもったはん(汎)用的なものが要求され、ミニコンピュータが各方面で使用されるようになった。NC 機においても、ミニコンピュータを内蔵した NC、すなわち CNC (Computerized NC) が開発され、実用化されてきたが、これは、ミニコンピュータの価格低下、性能の向上あるいは信頼性の向上などにより、技術的にも経済的にも従来の NC 装置に十分対抗できるようになったためである。CNC の特長は、従来の個別 NC 装置のもつ機械制御機能を、ミニコンピュータのソフトウェアで実現することにより、より複雑で高度な機能をもたせることができ、機能の変更・追加などの融通性に富んでいるとともに、複数台の機械を同時に制御するようなシステム構成とすることも可能である。

この報告では今回開発した CNC システム の方式、機能について述べる。

2. NC 機能の計算機化

従来の hard-wired logic で構成された NC 装置の機能は、図 1. に示すようなブロック図で表わすことができる。これらの機能をどこまで計算機に持ち込むかによって種々の方式が考えられる。ソフトウェアで実行する機能とハードウェアで実行する機能の分担の仕方により、図 2. のような四つの方式に分けることができる。(A) の方式は、NC 機能の大部分をソフトウェアに持たせるとともにサーボ系のフィードバックループをミニコンピュータ内で閉じる場合である。したがってミニコンピュータと機械のインタフェースである MCU (Machine Control Unit) は従来の NC 装置から経路計算の論理回路やサーボ系の前段回路を除去し、パワー増幅部だけとなり、各機械に付随する制御装置としては最も安価になる。しかしミニコンピュータの負担は大きく、接続可能な機械台数は 2~3 台である。(B) の方式は補間計算までを

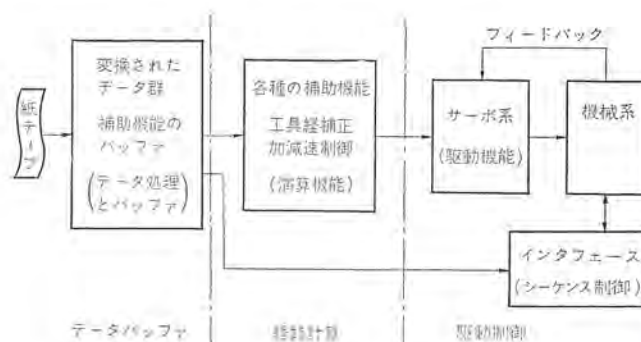


図 1. NC 機能のブロック図
Block diagram of NC function.

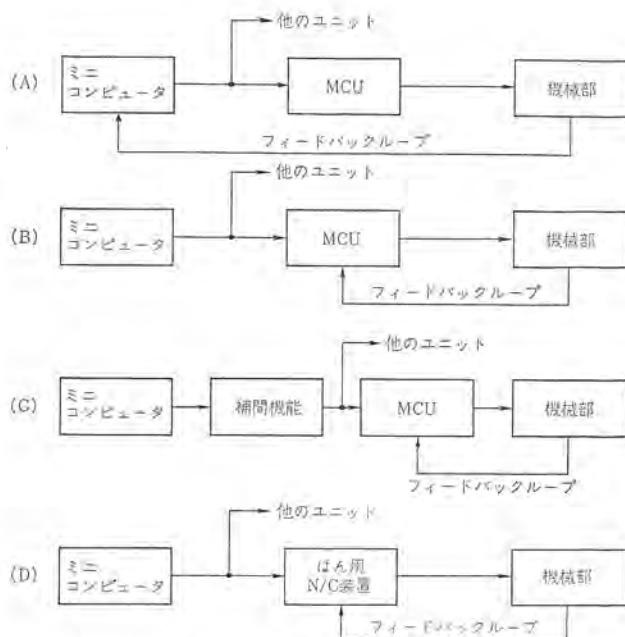


図 2. ミニコンピュータ NC の方式
Various types of NC.

ミニコンピュータで行ない、サーボ系をMCUで閉じる場合で、この方式では10台くらいの機械が接続可能である。方式(C)は、さらに補間機能もハードウェアで実行する場合で、数十台の機械が接続可能である。方式(D)は、従来の個別NCのテープリーダの代りにミニコンピュータを用いてデータの分配を行なう場合で、能力的にはさらに多くの機械を接続することができる。一般に(A)、(B)のように補間機能を含む機械制御機能をミニコンピュータで実行するシステムをCNCと呼んでおり、今回開発したシステムの方式は(B)に属するものである。

3. ハードウェア構成

3.1 システムの概要

今回開発したものは、実用化のための試作システムである。構成はミニコンピュータを含む中央制御部と、機械対応のMCUからなる。MCUは従来の個別NCに対応するもので、機械の操作表示パネル、紙テープリーダおよびサーボ回路などを含んでいるが、機械制御機能はほとんど中央制御部のミニコンピュータで実行されるため、回路的には非常に簡単な構成となっている。

現在このシステムには3台の機械が接続され、当社生産技術研究所で稼働中である。図3.は中央制御部、図4., 5.はこのシステムで稼働中の旋盤およびフライス盤を示す。

3.2 構成

(1) 中央制御部

中央制御部はミニコンピュータとプログラム制御チャネルに接続された各機械対応のNCインタフェースから成り、図6.にその構成を示す。CPUの入出力バスラインはバスドライバを介して、コモンI/Fと各機械対応のMCU-I/Fに接続される。コモンI/Fは、複数台制御の共通部分をまとめたもので、割込制御およびタイミング回路などを含んでいる。MCU-I/Fは、CPUとMCUの間のデータ授受のための入出力バッファとマルチプレクサおよびパルス分配回路から成る。MCU-I/FとMCUの間はCPUの入出力タイミングと独立なタイミングで入出力バッファのデータがマルチプレクサされて伝送されるため、この間の距離に無関係に、CPUは自由にMCU-I/Fと入出力を行なうことができ、入出力の待時間によるCPUの処理効率の低下がなく、プログラミングも容易である。

位置指令パルスは、次章で述べるような方式で生成され、軸選択

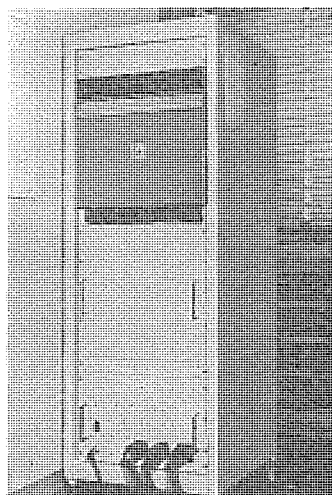


図3. 中央制御部
Central controller.

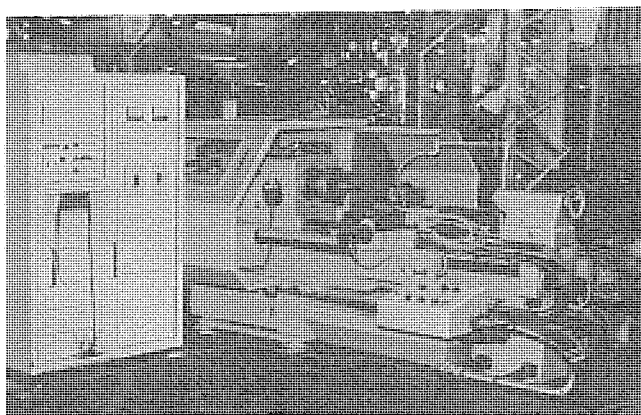


図4. 旋盤の制御
Lathe with CNC.

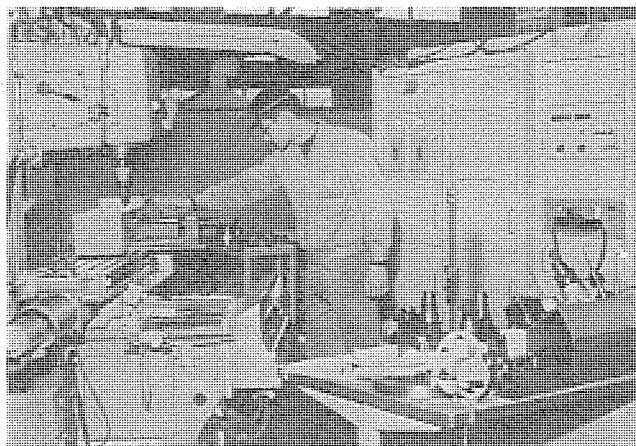


図5. フライス盤の制御
Milling machine with CNC.

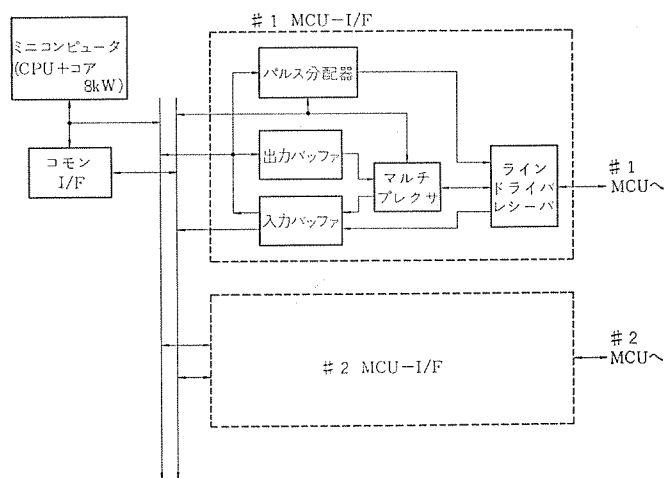


図6. 中央制御部ブロック図
Block diagram of central controller.

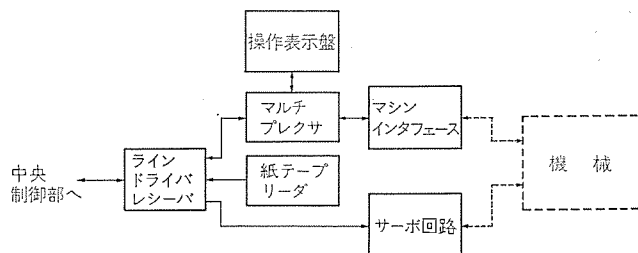


図7. MCUブロック図
Block diagram of MCU.

データとともに別ラインでMCUに伝送される。MCU-I/Fの入出力点数は機械の機能によって異なるが最大262点である。

(2) MCU

MCUは図7.に示すように、操作表示盤・紙テープリーダ・サーボ回路、MCU-I/Fとのデータ伝送部、およびマシンインタフェースから構成される。操作盤あるいは機械の状態を示す接点情報、紙テープ情報などの入力データや表示、補助機能などの出力データは、データ伝送部を介してMCU-I/Fと授受を行なう。

サーボ系は、DCモータ駆動、レゾバ検出のセミクローズドループ構成で、従来の個別NCで採用されている方式を、そのまま置き換えることができる。

機械の制御機能がほとんどソフトウェアに持ち込まれた結果、MCUの回路素子は大幅に減少し、MCU-I/Fを含めて、ICの使用数は約300個で、従来の個別NCと比較して1/3~1/5となっている。このため、信頼性、保守性の向上および価格的にも大きな期待がもたれる。

4. システムの機能

このシステムでは、最大16台までの工作機械を接続することが可能で、各機械の制御は、同時2軸で最大4軸までの位置ざめ、直線、輪郭制御を含む標準的なNC機能をもっている。これは大きく分けて、機械制御機能と設定・表示機能とに分けられる。機械制御機能は、種々の工作機械に共通な基本機能と機械ごとに選定できる選択機能があり、いずれも基本制御プログラムの中に組み込まれている。設定・表示機能は、MCUの操作パネル上のデータスイッチからの補正

表 1. CNC 機能仕様
Specifications of CNC.

項 目	仕 様
1 接続可能機械台数	最大 16 台
2 テープフォーマット	ISO RS 1058
3 位置指令方式	増分、絶対値併用(ワード切換、Gコード切換)
4 制御軸数	各機械4軸まで、同時2軸
5 補間方式	直線、円弧
6 送り速度指定	直接指定 (F mm/分, E mm/rev)
7 設定単位	(0.01 mm, 0.005 mm, 0.01 mm 直径指定)
8 入力方式	紙テープリーダ(補助リーダ設置可)
9 最大指令値	10進8けた
10 補助機能	M 2 けた
11 工具選択	(T 2 けた, 4 けた)
12 主軸速度選択	(S 2 けた, 4 けた)
13 工具位置補正	(TOΔ方式, Gコード指定方式)
14 工具径補正	Gコード指定による
15 加減速制御	定加減速加減速, 早送りは各軸独立設定
16 ねじ切り	直線ねじ切り
17 手動ハンドル送り	あり
18 ドウェル	0.1秒単位 0.1~3276.7秒
19 ステップ送り	1パルス, 10パルス
20 手動送り	あり
21 手動データ入力	あり
22 シーケンスナンバサーチ	あり
23 ミラ イメージ	4軸, 各軸独立
24 原点復帰	4軸, ストレート方式
25 表示機能	現在位置, テープ指令値, 手動データ入力値, 補正值
26 マシンロック	あり
27 ディスプレイロック	あり

() 内選択仕様

値、手動データなどの設定や、指令データ、補正值、現在位置などの表示を行なう機能で、従来のNC装置に比べ、操作上便利な機能である。このほか拡張機能として、任意の固定サイクルの組み込みが可能であり、また外部条件によって送り速度を連続的に変える適応制御機能を組み込むことができる。表1.に機能の一覧表を示す。

5. 位置制御方式

5.1 位置指令とインタフェース

位置制御のインタフェースの機能構成図を図8.に示す。図のように、一定周波数 f のパルス発振器の出力パルスは割込カウンタ(2進 n ビット)でカウントされ、

$$\Delta T = \frac{2^n}{f} \dots \dots \dots (1)$$

ごとに発生するオーパフローによってCPUに割込みをかける。CPUは、移動速度指令値 F から ΔT の間に移動すべき距離 $\Delta L (= F \cdot \Delta T)$ を求め、その軸方向成分 ΔX , ΔY を計算して、インタフェースの移動量レジスタに出力する。移動量レジスタの出力は、それぞれ n ビットの2進レイト乗算器に接続され、割込カウンタ入力と同一パルスによってパルス分配が行なわれる。パルスレイト乗算器の動作原理から、上記の ΔT の周期の間にX軸、Y軸にそれぞれ ΔX , ΔY の指令パルスが発生する。この動作を ΔT の割込周期ごとに連続して行なう。

この方法では、回路構成が簡単で、移動量を微小分割して出力するため、レジスタ類のビット数が小さくすみ、加減速制御、適応制御などオンラインで速度を変化させる機能が容易に実現することができる。

5.2 補間演算

CNCの特長の一つは、従来ハードウェアで構成していた演算機能のソフトウェア化がある。前節で述べた制御方式では一定時間 ΔT ごとに各軸の移動量を計算する必要があり、この計算時間が制御可能台数を支配する重要なファクタとなっているため、ミニコンピュータに適した簡単な演算アルゴリズムが必要である。このシステムでは次のような補間演算を行なっている。

(1) 直線補間

図9.に示すように増分移動指令値(X_0 , Y_0)、速度指令値 F とすれば、

$$M = \begin{cases} X_0; & |X_0| \geq |Y_0| \\ Y_0; & |X_0| < |Y_0| \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

$$N = \begin{cases} Y_0; & |X_0| \geq |Y_0| \\ X_0; & |X_0| < |Y_0| \end{cases} \dots \dots \dots (3)$$

とおいて、直線の傾斜 S を次の式で求める。

$$S = \frac{N}{M} \quad (0 \leq S \leq 1) \dots \dots \dots (4)$$

ΔT の間に直線上を進む距離 ΔL のM軸方向成分 ΔM は

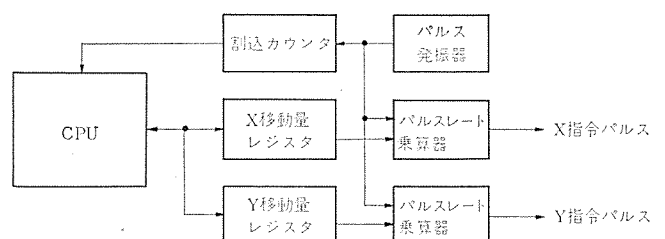
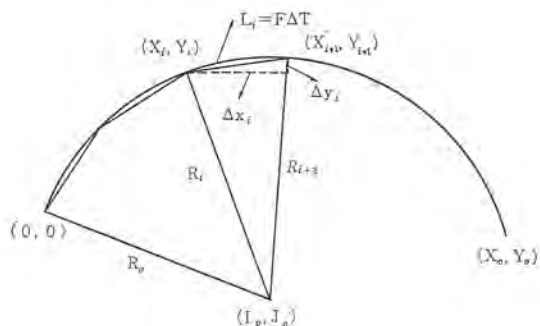
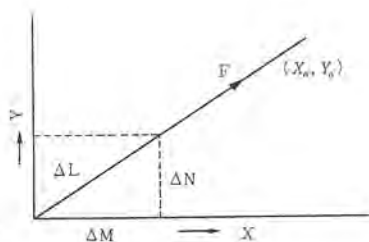


図 8. 位置制御 インタフェース
Position control interface.



$$\Delta M = \frac{\Delta L}{\sqrt{1+S^2}} \Delta L (1-0.293S) \quad (5)$$

のような近似式で求めることができる。これから ΔL の N 軸方向成分は、

$$\Delta N_t = S \times i \times \Delta M - \sum_{k=0}^{t-1} \Delta N_k, \quad i=0, 1, \dots, \infty \quad (6)$$

ただし $\Delta N_0 = 0$

のような循環式を用いて求めることができる。

(2) 凹弧補間

図 10. に示すように始点を原点として終端座標 (X_0, Y_0) 、中心座標 (I_0, J_0) が与えられたとき、この円弧を図のように ΔL を弦とする微小な直線素子に分割補間を行なう。いま i 番目の弦の始端の座標 (X_i, Y_i) がわかっていると他端までの距離の各軸成分は、 ΔA に関してテーラー展開し、二次項までとって近似すると、

$$\Delta X_t = \omega \Delta \theta (Y_t - J_0) - \frac{1}{2} \Delta \theta^2 (X_t - I_0) \dots \dots \dots (7)$$

$$\Delta Y_i = -\omega \Delta \theta (X_i - I_0) - \frac{1}{2} \Delta \theta^2 (Y_i - J_0) \dots\dots\dots (8)$$

ただし

$$\Delta\theta = \frac{F}{\sqrt{I_0^2 + J_0^2}} \cdot \Delta T, \quad \omega = \begin{cases} 1; c\omega \\ -1; cc\omega \end{cases}$$

がえられる。この両式と

$$X_{t+1} = X_t + \Delta X_t \cdot (1 - f_1(t)) \cdot (1 - f_2(t)) \cdot (1 - f_3(t)) \cdot (1 - f_4(t)) \cdot (1 - f_5(t)) \quad (9)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i \quad (10)$$

により順次四弧上の点が計算できる。

この計算による誤差としては

- (i) ΔT の 3 次以上の項の切捨誤差
- (ii) 直線近似による誤差
- (iii) Round off error

があり、(i), (ii) の誤差は、円弧の弦長に依存し、 $\Delta T=50\text{ms}$, $R_0=10\text{mm}$ を 1μ 以上の精度で補間するためには、 $F\leq 330\text{mm/分}$ と

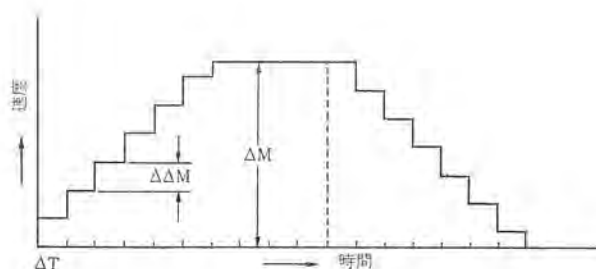


図 11. 加減速制御
Acceleration-deceleration control.

なり、通常の切削速度からみればほとんど問題ない。(iii)は計算単位を小さくして演算することによりさけることができるが、このためには長語長の演算が簡単に行なえるミニコンピュータが必要である。田弧補間で1回の演算時間は約2ms かかっている。

5.3 加減速制御

加減速制御は、従来の NC においてかなり大きなハードウェア量を占める回路の一つである。この制御方式では一定時間ごとに出力する移動量を増減させることにより、ソフトウェアで簡単に等加速度の加減速制御ができる。図 11. は直線補間の加減速制御を示す。すなわち、式 (5) で求めた ΔM を図のように一定ステップ ($\Delta\Delta M$) で増減させることにより加減速を指令する。 $\Delta\Delta M$ の大きさに加減速の加速度を決めることができる。割込ごとに常時残距離を計算しておき、これが図のような減速パターンで停止するまでに必要な距離より小さくなったときから減速を開始する。

減速開始から停止までの間に移動する距離 L は

$$L = \frac{n(n-1)}{2} \Delta \Delta M + n[\Delta M - (n-1) \Delta \Delta M] \dots \dots \dots (11)$$

ただし

$$n = \left[\frac{\Delta M}{\Delta \Delta M} \right]$$

によって前もって求めることができる。

6. ソフトウェアの構成

6.1 機械制御プログラム

機械制御プログラムは図12.に示すように機能の優先順位に基づいた4レベルのプログラムから構成されており、優先順位の高いプログラムは、低いプログラムに割込んで実行される。それぞれのプログラムの機能は次のとおりである。

(1) MOTION プログラム

インタフェースから一定時間間隔 ΔT で入ってくる割込みで起動され、補間計算を行ない、各軸の移動量を求めて出力したり、手動駆動、原点復帰、補助機能出力などすべての機械動作を指令する。

(2) MAIN プログラム

MOTION プログラムからの内部割込みや、操作パネルからの割込みで起動され、MOTION プログラムで実行される処理の前準備を行なう。

(3) READ プログラム

MAIN プログラム からの内部割込みで起動され、MCU のテープリードから加工プログラムをブロック単位に読込む。

(4) DISPLAY プログラム

INTERRUPT レベルのプログラム処理の合間に実行され、各軸の
現在位置、テーパ指令値、補正值などの表示を行なう。

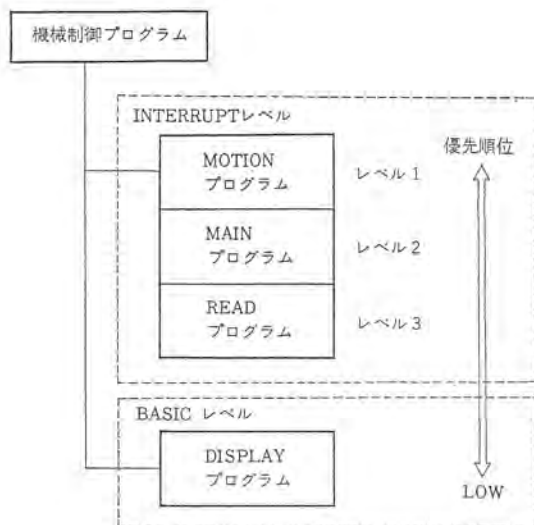


図 12. プログラム構成
Program construction.

各プログラムは、マシンデータテーブルとよぶ機械対応のテーブル内の制御データやフラグを用いて処理を行なう。制御機能はすべて基本プログラムの中に組み込まれており、接続機械の増設はマシンデータテーブルを追加するだけで簡単に行なうことができる。

制御プログラムの大きさは、接続機械台数を N として、 $(5.2+0.5N)$ kWである。

6.2 ミニコンピュータの処理能力

1台のミニコンピュータで制御可能な機械台数は、機械のもつ機能によって異なるが次のように見積ることができる。1台の機械が計算機を占有する割合 F は

$$F = \frac{T_m}{\Delta T} + \frac{T_p}{T_b} + \frac{T_r}{T_b} + \frac{T_d}{\Delta T}$$

ここに ΔT : MOTION プログラム 割込み周期

T_m : MOTION プログラム 平均実行時間

T_b : ブロック 指令の平均実行時間

T_p : ブロック 指令値の前処理時間

T_r : ブロック 指令値の読み込み処理時間

T_d : 機械 1 台の表示処理時間

とあらわすことができる。旋盤を対象として実際の数値をあてはめて計算すると $F=0.06$ が得られ、この方式で約16台の機械を同時に制御することが可能であることがわかった。

7. む す び

以上今回開発した CNC システムについて述べた。すでにこの分野では種々のタイプのシステムが開発され実用されているが、今後はさらに適応制御の導入、簡易自動プログラミングなどのより高度な機能の開発が課題である。

参 考 文 献

- (1) P. G. Mesniaeff: Technical Ins and Outs of CNC, Control Engineering 3, 65, (1971)
- (2) K. Kasper: Computerized Numerical Control Machinery, 9, 78, (1972)
- (3) 弘中ほか: ミニコンピュータによる旋盤の制御, 昭47精機学会秋期予稿, 120 (昭47)
- (4) 丸山ほか: ミニコンピュータによる複数台機械制御, 第12回 SICE 予稿, 2802 (昭48)

小形モータ生産ラインの自動化へのミニコンピュータの応用

蘆原 智*・早瀬 弘*・峯 平*

壺井 芳昭**・渡辺 光人**・正田 茂雄**・淡野 光章**

Minicomputer Application to Small Motor Production Line

Manufacturing Development Laboratory

Satoru Hagihara・Yoshiaki Tsuboi・Mitsuto Watanabe

Sigeo Masada・Mitsuaki Danno

Nakatsugawa Works

Hiroshi Hayase・Taira Mine

Described herein are the outlines of a small motor production line of Iida plant newly built as a branch of Nakatsugawa works and a computer application system introduced there. Automated machines have been introduced to the machining, assembling and handling of materials for the purpose of labor saving of automation of direct work. In addition, a minicomputer has been set up for indirect work such as monitoring of the state of machine operation and control of parts for assembling with the object of saving labor.

The description covers a machine control system to have sequence control of a group of automated machines with a minicomputer, a line control system to supervise the working condition and to collect the information of production control, and a control system of the parts to have exact information of stock.

1. ま え が き

当社中津川製作所では、扇風機から住宅関連機器へのプロダクトミックス化が進められており、その一環として換気扇の新工場が長野県の飯田市に誕生した。この工場は、比較的少ない種類の標準機種の量産を第一の目的としており、素材の投入から加工、組立、試験を経て完成品となる一貫したライン生産としての活動に重点が置かれている。このため、各種自動機の導入、機械間のマテリアルハンドリングの自動化など、直接作業の自動化、省力化が積極的にとり入れられている。

週間あるいは月間の生産計画、必要資材の発注手配など、生産に関係した事務的な処理は大部分、中津川製作所で一括して行なわれ、飯田工場での間接作業の必要量を減らしている。また、生産ラインのか(稼)動状況の監視と保守、素材や部品の受け入れ、払い出しの管理などの間接作業にもミニコンピュータを導入したモニタリングシステムや、部品管理システムを採用し省力化がはかられている。

このように、自動機を入れ直接作業に必要な人員を減少させるとともに、ミニコンピュータを導入し間接作業の量を少なくした、合理化モデル工場の完成をめざして努力が続けられている。

以下、ここでは、この新工場の一部分を占める小形モータの製造ラインにおいて、自動機のシーケンス制御、生産ラインの制御とモニタリングシステムおよび部品管理システムに用いられているミニコンピュータの応用を中心に述べる。

2. 新工場の概略と小形モータの製造ライン

新工場は中津川から恵那山を越えた飯田市にあり、中央道完成の暁には車で30分余りの距離となり、中津川製作所の分工場としてはかっこうの位置にある。図1.に新工場の外観を示す。

新工場は第一次計画として換気扇、ことに民生用換気扇の移管をはかり、量産モデル工場としてスタートした。本工場、第二工場、および倉庫から成り、プレス等の大形機械は第二工場に集められ本工場との境は防音壁で仕切られている。以下、図2.に示す工程にそっ



図1. 飯田工場の外観
Front view of Iida factory.

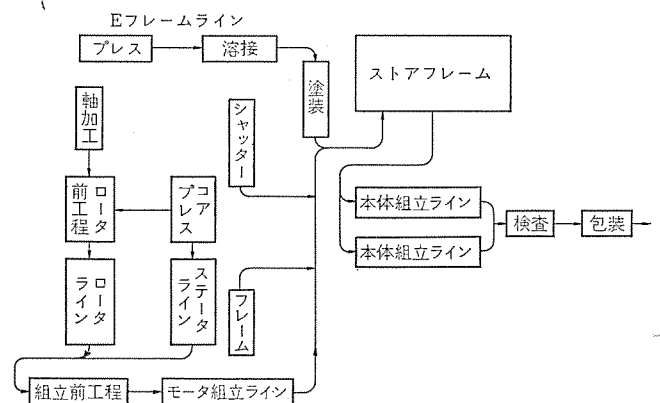


図2. 換気扇製造ラインのフロー
Production flow of ventilating fans.

て説明する。

第二工場はモータのロータ前半の工程と、ロータおよびステータのコアをうち抜く高速プレスのほか、換気扇のわく(枠)組であるEフレームのライン、シャッターライン等がある。

Eフレームはプレス加工後溶接され、塗装ラインを経て換気扇組立ラ

インへ供給される。シャッタはフレーム同様プレス加工後、あと処理を施し組立ラインへ供給される。

ロータ前半工程は棒材からロータ軸を加工し、プレスで抜かれたコアに軸を圧入、アルミダイカストを施して本工場へフィードされる。

本工場はロータライン、ステータライン、組立前工程およびモータ組立ラインで構成されるモータ製造ラインのほか、換気扇本体の組立ラインがある。

ロータラインは軸加工、外径切削、研磨の工程を含み組立前工程へ接続される。この工程で部品を装荷し、組立ラインへ供給される。一方、ステータは第二工場のプレスからフィードされたコアにカシメ、巻線、絶縁処理が施され、組立ラインでロータと合流し、モータ完成まで組み上げられる。ロータおよびステータのラインは大部分自動化されており、非常に小人数で作業が進められる。また、モータ組立ラインは第一次計画では人手による方式であるが、ひき続き進行している第二次計画以後に自動化が決定済みである。

モータを始めとする内作部品を含め、すべての換気扇組立部品はストアルームを経て本組立ラインへ供給される。外注・購買品は検収後ストアルームへ格納、払出指示に基づいてラインサイドへ払い出される。加工ラインおよび組立ラインの進捗(抄)状況はモニタリングシステムにより監視され、包装ラインを経て倉入段階まで計算機の管理下に置かれる。

工場には上記組立部品の管理をつかさどるミニコンピュータのほか、モータ製造ラインを監視、制御するラインコントロール、および工程途中の自動機群を制御するマシンコントロールに用いられる2組のミニコンピュータシステムがあり、ライン情報の収集、部品情報の合理化に活躍している。これらのミニコンピュータシステムは、すべてMELCOM 70を使用しており各ミニコンピュータ相互間および、中津川製作所の上位計算機システムとの間にオンラインのデータ伝送システムも現在検討中である。

3. マシンコントロールシステム

小形モータ製造ラインは多くの自動化された加工機と、ハンドリング機械および組立て機械などで構成されている。マシンコントロールシステムは、これらのうち、ハンドリング機械および組立て機械群を制御している。機械の制御には計算機能を単能化し、それ自体の信頼性の向上と価格の低下をはかったシーケンスコントローラが知られている。しかしライン化された機械装置群では個々の機械の信頼性が累乗されることから、総合効率を向上させるには単に機械を動作させるシーケンス制御のほかに、機械の動作状態を監視する強力なモニタリングの機能が要求される。このためここではミニコンピュータを用いて両機能を実現している。とくに複数台の機械を1台のミニコンピュータで制御することにより専用の制御装置を多く使用するのに比べ、経済的にも十分成り立つものとなっている。

制御内容は

- (1) 機械本体のシーケンス制御
- (2) 機械動作のモニタリング
- (3) ワークの検査

である。ここでは(1)のシーケンス制御について述べる。

3.1 シーケンス制御用インタフェース

ミニコンピュータの情報処理速度が制御対象機械の動作速度に比べて格段に速いことから、複数台の機械を1台の計算機で制御することが可能である。複数台制御では計算機と機械の設置場所が相当の距

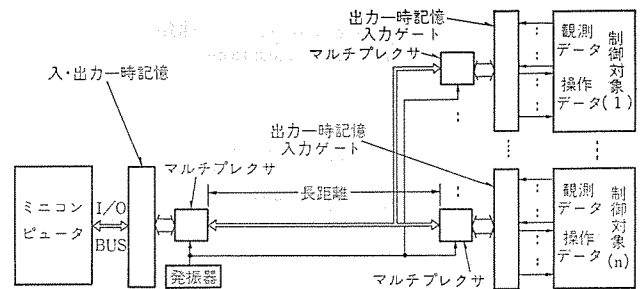


図 3. シーケンス制御用計算機インタフェース
Computer interface for sequence control.

離となるので、構成が簡単で保安容易な信号伝送方式が要求される。組立て機械のように個々のアクチュエータの動作速度がそれほど速くなく、多量の入出力点数が必要な機械をシーケンス制御の対象とするものについては、計算機側から見ると、

(1) ワード単位よりもビット単位の情報を扱う場合が多い。

(2) 入出力(I/O)点数(単位時間当りのI/O点数)は多いが出力サイクルは少なくよい。

(3) 操作データは制御対象の観測データが変化してから定まる、などの特長を有する。これらはCPUと信号伝送ラインが非同期であってもI/O情報の読み落しがないこと、したがって単位時間当りのI/O点数を多く、伝送ラインの本数を少なくするため一時記憶レジスタを送受端に設置し、計算機のI/O動作と非同期で信号を伝送する図3.のようなインタフェースがこの目的に適していることを示している。この方式ではスキャナ駆動発振器の周波数と入出力点数とによって定まる信号伝送周期が遅延時間に加わるが、これは従来のリレーの動作時間と等価のものとして許容される。

3.2 論理式記述によるシーケンス制御

計算機でシーケンス制御をおこなう場合、計算機自体の内部状態がばくちであることからすべての組合せ禁止状態に対して、異常状態を定義し、完全仕様機械として設計することも可能である。しかし、ここではメモリの使用効率を上げるために従来のリレー回路、あるいはシーケンスコントローラによる場合と同様に、制御対象を不完全仕様機械として取り扱い、重大な事故につながる組合せ禁止状態に対してはインタロックを定義した方式を用いた。この場合、論理式記述によって簡単に制御プログラムを作成することができる。

ここで述べる論理式で記述されたシーケンス制御プログラムは

(1) シーケンス制御ソース言語をオブジェクト言語に変換するトランスレータ

(2) オブジェクト言語を実行するインタプリタ

によって実行される。(1)は表1.に示す演算機能に対応してシンボリックコードを16進コードに変換するものであり、(2)はそれを実行する論理演算シミュレータである。

図4.はシーケンス制御オブジェクトプログラムの実行を示すものである。プログラムはリアルタイムクロック(RTC)の割込みによって1サイクル起動する。この1サイクルの最初に登録されたタイマの残余時間が減ぜられ、次に制御対象の状態が読み取られてメモリ内の入力テーブルに書き込まれる。論理演算シミュレータはオブジェクトプログラムを解釈しながら入力テーブルの情報にもとづきメモリ内に出力テーブルを作成し続ける。オブジェクトプログラムの解釈が終了したのち、出力テーブルの内容を入出力一時記憶(バッファメモリ)を通し、制御対象に出力する。オブジェクトプログラムはバイト単位の一連の可変長コントロールワードテーブルである。図5.にコントロールワードテーブルの一例を示す。3入力ANDゲ

表 1. 論理演算 オペレーションの種類
List of logical operations.

16進コード	シンボリックコード	パラメータ	機能
F 0	AND	$a_1, a_2 \dots a_n$	$(a_{PA}+a_1), \dots (a_{PA}+a_n)$ の論理積 (変数 n 制限なし)
1	OR	$a_1, a_2 \dots a_n$	$(a_{PA}+a_1), \dots (a_{PA}+a_n)$ の論理和 (変数 n 制限なし)
2	NOT	a	$(a_{PA}+a)$ の否定
3	STA	$a_1, a_2 \dots a_n$	前のステップの論理演算結果を $(a_{PA}+a_1) \dots (a_{PA}+a_n)$ にセット
4	STB	$a_1, a_2 \dots a_n$	前のステップの論理演算結果を $(a_{PB}+a_1) \dots (a_{PB}+a_n)$ にセット
5	MS	$a_1, a_2 \dots a_n$	前のステップの論理演算結果で $(a_{PA}+a_1) \dots (a_{PA}+a_n)$ をセット
6	MR	$a_1, a_2 \dots a_n$	前のステップの論理演算結果で $(a_{PA}+a_1) \dots (a_{PA}+a_n)$ をリセット
7	JPT	l	前のステップの論理演算結果が真ならば l (ラベル) へジャンプ
8	JPU	l	l (ラベル) へジャンプ
9	DLY	n_1, n_2	前のステップの論理演算結果で n 番目のタイマを RCT 周期 $\times n_2$ にセット
A	PGA	a_{PA}	ページレジスタ A を a_{PA} にセット
B	PGB	a_{PB}	ページレジスタ B を a_{PB} にセット
C	ROP	—	次のアドレスに書かれたアセンブラオブジェクトプログラムを実行
D	NOP	—	NO-OPERATION
E	END	—	プログラム終了

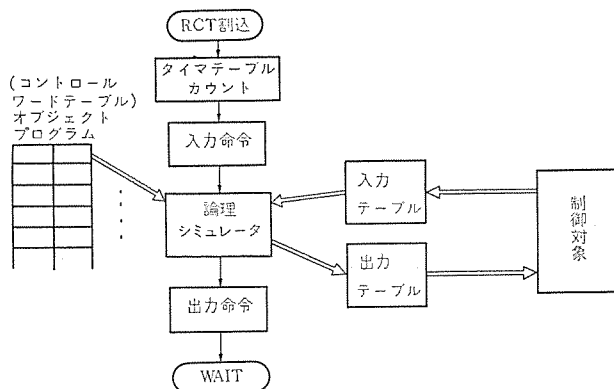


図 4. シーケンス制御プログラムの実行
Execution of sequence control program.

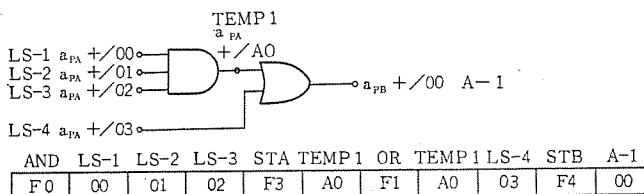


図 5. AND, OR 論理
AND, OR operations.

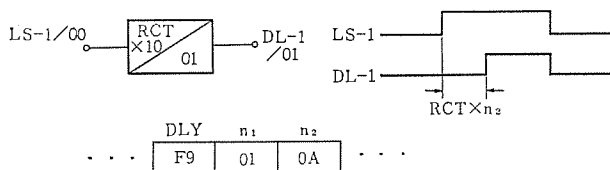


図 6. 遅延素子
Delay element.

トおよび2入力 OR ゲートより構成される論理回路は、まず3入力の AND 演算結果を一次記憶し、その結果と他の入力との OR 演算をすることによってシミュレートされる。

論理回路で用いられる遅延素子は図 6. に示されるように入力信号 LS-1 に対して DL-1 のように応答する。すなわち“0”→“1”に対して遅延し、“1”→“0”に対しては瞬時応答する。動作中のタイムおよび残余時間、操作アドレスは3ワードから成るテーブルに記録されている。残余時間は2の補数で表わされ、前述のように RTC 割り込みごとに1が加算される。プログラムの流れをコントロールするのに2種のジャンプ命令がある。無条件ジャンプと、条件ジャンプである。後者は前の論理演算結果が真の時にジャンプが起きる。

3.3 計算機バックアップシステム

量産工場におけるマシンコントロールシステムは万一の計算機の故障に対して、その機能が保障されなければならない。ここではマシンコントロール用のミニコンピュータの故障に対してラインコントロール用のミニコンピュータが機械群のシーケンス制御を優先して遂行するようにバックアップシステムが構成されている。

4. ラインコントロールシステム

NC に代表されるように、工作機の自動化は急速な発展を遂げ、省力化、合理化に貢献している。しかし、バイト等の工具交換、素材供給、ワークのハンドリング不良、機械の異常など、その処理に人手を要する作業もかなり残されている。このため、製造ラインの機械群のか動状況を常時監視し、必要な処置を早くとることは、自動化されたラインを円滑に運用するうえで重要な問題の一つである。

新工場の換気扇用小形モータ製造ラインの設定に際しては、上述の保守を含めた作業およびラインの生産管理情報の収集など、間接作業の合理化を目的に、製造ラインにモニタリングシステムを導入した。マシンコントロールシステムは工程途中の自動機群を制御することが主目的であるのに対して、ここで述べるシステムは製造ライン全体のモニタリングと制御を目的としており、ラインコントロールシステムと称している。

4.1 ラインコントロールシステムの機能

このシステムの目標とするものを列記すると、次のように表わすことができる。

- (1) 機械設備の異常診断。
- (2) 診断に基づくデータ収集。
- (3) ライン情報の収集。(か動状況、生産統計など)
- (4) 上記データの統計分析と情報出力。
- (5) 日程計画に基づく各機械あるいはライン全体の起動・停止の制御。
- (6) 必要に応じデータを出力。(インクワイアリ)

これらの情報は工場管理者へのマネージメントインフォメーションとして、また、工程管理の担当者への管理情報として活用できるほか、仕掛管理、原価管理面での原始データとして活用される。また、工具を含めたメンテナンス計画への適用も可能である。

4.1.1 機械のか動状況のモニタリング

機械設備の異常は、作業員がついているか、いないかにかかわらず発生する。しかし、人が付けば早期に発見でき応急処置を施すことができる場合があり、これがラインのか動率を上げ、むだ(材料・時間等)を省くことになる。設備の異常には機械構造物自身の消耗、疲労もあるが、実際のデータによれば、機械設備に近い“外部装置”たとえばリミットスイッチ、バルブ、ソレノイド等、に多いことが知ら

れている。

これらの装置の異常はリミットスイッチの溶着、断線のように、“1”か“0”かで結果が表われる場合と、可動機構部の動作時間あるいは加工時間のように時間（サイクル タイミング）が問題になる場合がある。

このシステムでは“時間”と“数”を異常診断の基本とした。機械の動作シーケンスに伴う動作所要時間、設備の動作サイクル（タクトタイム）の測定、ワークの投入（入力）から加工完了（出力）までの所要時間等である。

4. 1. 2 異常発生結果のフィードバック

診断された結果は報告としてあとでまとめて出力すればよいものと、ただちに処理を要するものとがある。異常の結果を自動的にフィードバックし、処置も自動的に行なわれるのが理想であるが、実現が不可能なものが多い。このシステムでは、ゴミの付着にたとえられるような一時的、間接的な異常については、設備（機械）を停止させず、再実行を行なわせる。一方、時間測定による連続的な異常に対しては設備を停止させるとともに、サービス作業員に異常の発生を表示板と警報で知らせ、人手で対応した処置をとる方式をとっている。

異常診断の過程で得られた異常の内容、発生箇所は集中表示板と個々の機械設備の表示装置に表わす。作業員はどの設備が異常かを集中表示盤で知り、該当設備へ行ったのち、その機械の表示装置を見ることにより詳細内容を知る仕組みである。

たくさんの機械設備へのサービスを受け持つ作業員の行動範囲は広い。そこで、異常設備を知らせる集中表示盤は天井からのつり下げ構造とし、空港、駅等で見られるフラップ表示の方式とした。これは機械設備の高さ、見る距離、角度等を検討し、実験した結果、他の表示装置よりメリットの多いことがわかったからである。

4. 1. 3 起動、停止の制御

ラインの各機械の起動、停止の制御のほとんどは、ラインコントロールの計算機の指令のもとに自動的に行なわれる。冬期における出勤前の予備運転、日程計画にしたがった機械の運転制御など、また、これらの制御の段階で得られるシーケンスの異常、外部装置の異常、機械制御回路の異常、インタフェースの異常等のモニタリング効果も大きい。

4. 1. 4 ライン情報

工場における生産ラインの工程進ちょく状況を収集することが、ライン情報収集の目的である。生産高・か動率・歩どまり等の一般的情報のほかに、工程のネックを見だし、対応する措置がとれるよう、機械の停止時間を原因別に細かく分析し、必要な分野へ報告する。

情報出力の形態は、その要求の時間的な関係、すなわち、即刻必要とするもの、1日単位でよいもの、ロット単位のものなどにより異なる。即時的な要求に対し、タイプライタによるプリント出力はあまり合理的でない。このシステムではCRTカラーディスプレイ、プラズマディスプレイなどのディスプレイ装置を使用している。1日単位の情報は、後日集計のために、紙テープへのパンチアウトと、データ保管のため、磁気ディスクへ書き込む。また、工程管理者が翌日措置を施してもよいものはプリント出力とした。長期的なものに対しては、プリント出力を用いている。

4. 2 システム構成

4. 2. 1 ハードウェア

ハードウェアの主たる構成要素を図7.に示す。また、図8.にミニコンピュータ、制御装置、ディスプレイなどが設置された計算機室の内部を

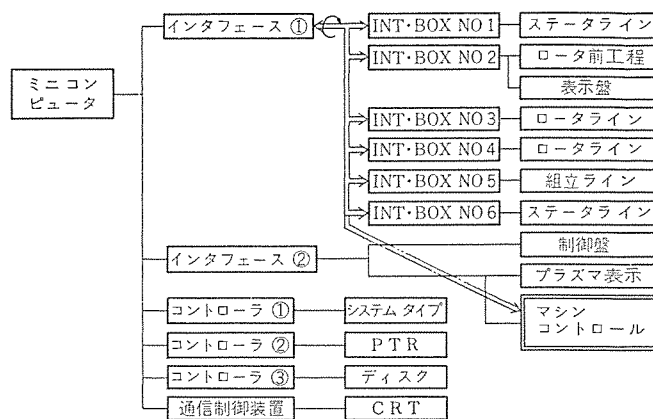


図7. ライン・コントロールのハードウェア構成
Block diagram of line-control system.



図8. 計算機室
Computer room.

表2. ライン・コントロールのミニコンピュータ仕様
Minicomputer system for line-control.

C P U	MELCOM 70	16 BIT, サイクル タイム 0.8 μs メモリガード付 イニシャル プログラム ロード付 コアメモリ 16 kW
システム タイプ	M-271	ISO 8 単位 印字 128 種 120 字/行 印字速度 1,200 字/分
紙 テー プ リ ー ダ	M-474	ISO or EIA 8 単位 240 キャラクタ/秒以上
固定ヘッドディスク	M-855-2	65 kW 3,600 rpm/60 Hz 平均待時間 8.7 ms/60 Hz 書き込み保護付
C R T ディスプレイ	M-340	カラーキャラクタ 40 字×16 行

示す。制御の中心はミニコンピュータ、MELCOM 70であり、その構成、仕様を表2.に示す。

インタフェースは、各機械設備が担当広い範囲に分散していることと、信号の点数など考慮し、3.1節で説明したマシンコントロールと同一の方式を採用した。機械側インタフェースは入力、出力とも各最高256点を収納できるインタフェース箱（INT・BOX）に分割している。合計7個のINT・BOXの信号を50msごとにスキャンする。出力信号は、すべて無電圧接点渡し、入力信号はフォトカプラまたは接点信号である。

ただし使用ひん度が低く、また決められた時間帯しか使用されない機器、たとえば、制御盤関係のインタフェースは、通常のバス方式に幾分か変化を加え、プログラムでスキャンを行なう方式をとっている。

制御盤は、生産計画・日程計画などを入力したり、システムとオペ

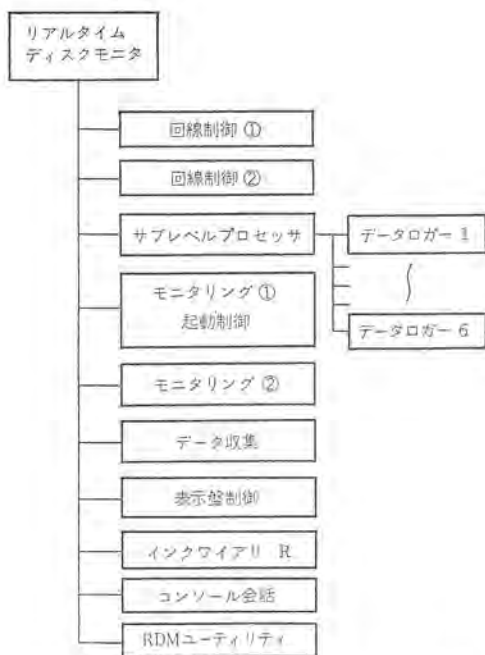


図 9. ライン・コントロールシステムのソフトウェア構成
Software system for line-control.

レータがコミュニケーションを行なうデバイスである。また、スケジュール外の制御パターンの読みとりと制御も制御盤を通じて行なう。

集中表示盤は第二工場に一面、ロータラインおよびステータラインに各一面を割り当て、一面は三段の構成としサービス要求の緊急度の順に表示される。

4.2.2 ソフトウェア

ラインコントロールのソフトウェアの構成を図 9. に示す。モニタは従来のリアルタイムモニタにディスク制御機能が加わったリアルタイムディスクモニタである。

夜間ルーチンとは通常の就業時間以降の制御プログラムであり、コンピュータ制御下の自動機群は自動ホールドが解除され、手動での操作を可能にする。日程計画・生産計画は早期に読み込まれ、その計画どおりに制御とモニタリングが行なわれる。インクワイアリの処理プログラムは磁気ディスクに常駐し、リクエストのあった場合に、そのつど、こまごめのサブタスクの形で呼び出され実行され、さらに次のサブタスクを呼び出す。データ領域およびワーキングエリア以外は、すべて記憶保護されている。

5. 部品管理システム

部品管理システムの主目的は部品の在庫状況を正確には（把）握し、製造ラインに必要な部品を必要な時期に供給することにより、ラインのか動率を上げることにある。このためには、入着時から払い出し、使用実績までを正確に読みとる必要がある。組立部品は、内、外作を問わず、すべてストアームを経由して動く方式とし、このストアームの管理にミニコンピュータを導入した。

5.1 部品管理システムの機能

5.1.1 入着処理

入着時のミス、不正確さをなくすることは大切である。生産計画段階で行なわれる発注情報・加工日程・組立日程は予報、計画として役立つ。これらの情報を計算機のファイルとして記憶し、内作部品については加工ラインの情報を直接計算機に読み込み、加工日程に対する進捗チェックにも役立つ。同様に外注、購買部品については、

発注情報に基づく納期管理面に役立てるため、入着検収は、すべて計算機との会話を通じて行なう方法を取り入れた。検収卓と呼ばれる装置を計算機の外部機器として接続し、検収員が計算機へリクエストして入着予報から呼び出す方法であり、マッチングする品目以外は修正データのキーインを検収員に要求する。

5.1.2 払出処理

組立ラインに要する部品はラインの進ちょく状況に依存するため、組立ラインの情報を計算機が監視し、払い出しのタイミングを知らせる。払い出しの指示は作業員の見やすい位置に表示盤形式で行ない、あわせて音による指示が組みこまれている。

払い出された部品は払出作業終了によって、ラインサイドの在庫ファイルに登録され、組立完成品の数によって、このファイルを修正する。

5.1.3 在庫管理

在庫状況は、計算機を通じ納入検収されたものと、逆に計算機の指示によって払い出されたものが登録される。このため、すべての部品はストアームを経由するシステムとした。同様なことはラインサイドの部品ストック状況についても適用され、ラインの出来高情報が払出に相当する。

5.1.4 インクワイアリ

予定された部品入着のない場合のスケジュールを容易にするため、在庫状況はもとより、仮想ロットに対する組立の可否、不足部品等を表示する。表示装置は CRT カラーディスプレイを主体とし、必要に応じてタイプライタよりプリント出力も行なわれる。ライン情報収集の副産物である部品加工の進ちょく状況なども同様に処理される。

5.1.5 情報交換システム

この部品管理システムの上位計算機は、中津川製作所の管理に使用されているものである。発注情報を始めとする中津川と飯田間の情報伝送システムは重要であるが、当面は紙テープによるオフラインの情報交換しかできない。二次計画では電話回線によるデータ伝送が計画されている。情報としては入着状況・生産状況・計上データ等の情報が送られる。

5.2 システムの構成

5.2.1 ハードウェア

このシステムのハードウェア構成を図 10. に示し、ミニコンピュータシステムの構成を表 3. に示す。

インタフェースに接続されるデバイスは検収卓、払出表示盤、ライン情報等であり、今後の追加の容易さなどを加味して、MELCOM 70 の標準プロセス入出力インタフェースを使用している。

検収卓および払出表示盤は個々の装置にデバイスアドレスを持つ方式とし、今後の増設を容易にしている。

表 3. 部品管理システムのミニコンピュータ仕様
Minicomputer system for storage room control

C P U	MELCOM 70	ファイルセーフ付 コアメモリ 20kW
システムタイプ	M-271	表 2. = 同じ
紙テープリーダ	M-474	表 2. = 同じ
固定ヘッドディスク	M-856	131 kW 1,800 rpm/60 Hz 平均待時間 17 ms 16 kW/ブロック
C R T ディスプレイ	M-345	カラーキャラクタ 80 字×25 行

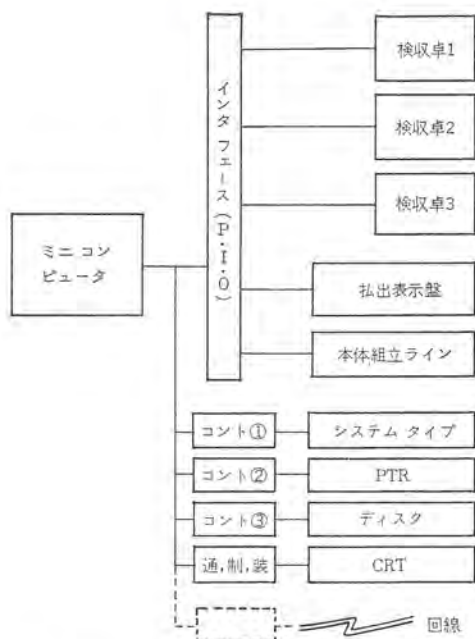


図 10. 部品管理システムのハードウェア構成
Block diagram of storage room control system.

5. 2. 2 ソフトウェア

図 11. にソフトウェア構成を示す。モニタはラインコントロールと同様にリアルタイムディスクモニタである。タスクとしては検収卓制御を含めた検収処理プログラム、払出表示盤制御を含めた払出処理プログラムおよび台帳整理プログラムが基本となり、インクワイアリ処理、ライン情報収集などが加わる。

これらの、いわゆる制御プログラムのほかにマスタファイルの類がある。このデータエリアは基本データであるためチェック、メインテナンスを要し、ソフトウェア構成を複雑化する。おもなファイルは機種対応ファイル、部品マスタ、入着予定ファイル、在庫ファイル等である。データ伝送システム（二年度計画）が実現する折には、これらのファイルは上位計算機に移し、このシステムは簡単化する予定である。

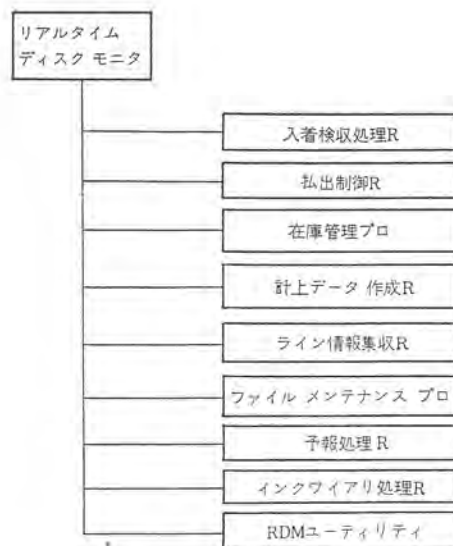


図 11. 部品管理システムのソフトウェア構成
Software system for storage room control.

6. む す び

48年春に着工された飯田工場は現在すでに一部が操業に入っており、素材投入から換気扇組立までのラインはか動している。ミニコンピュータによる、マシンコントロールおよびラインコントロールの二つのシステムがか動に入り、部品管理システムの完成も間近である。

中津川製作所からの指令で生産を行なう分工場としての性格から、両者間の情報交換は重要であり、現存、通信回線によるデータ伝送システムの導入が進められている。このシステムの完成により、上位計算機と結合した階層構成の、より能率のよい制御、管理システムが実現される予定である。

今後は、長期にわたる実際の使用を通じ、これらのシステムの具体的な効果を評価していくことが重要であると考えている。

(昭和 49-4-15 受付)

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
675838	系統連係装置	馬場準一・林 重雄	682328	行列運転ホイス装置	武谷勝次
675839	サーボモータ異常差圧検出装置	岡本孝治・山田 勉	682330	船舶用機関操縦装置	小西寛次
675840	粒子取出窓冷却装置	林 敏和・徳永俊二	682331	船舶用機関操縦装置	小西寛次
675841	コンデンサ型計器用変圧器	{三浦良和・玉置栄一 塩見 実	682332	船舶用機関操縦装置	小西寛次
675842	サーボモータ異常差圧検出装置	山田 勉	682333	船舶用機関操縦装置	小西寛次
675843	ターネーブル装置	山本光雄・広木 勉	682334	水分散性ポリエステル製造方法	柴山恭一・地大英毅
675844	照明器具用反射板の製造方法	佐々木武敏	683408	光電装置	大野才三
675845	内燃機関	{野口英男・三木隆雄 野間口有・伊藤利朗	683409	形状検出装置	山崎英蔵・淡野光章
675846	内燃機関	野間口有・三木隆雄	683410	遅延装置読出方式	石坂充弘
675847	内燃機関	三木隆雄・野間口有	683411	遅延装置読出方式	石坂充弘
675848	ポリアミドイミド重合体の製造法	西崎俊一郎・江藤昌平	683412	直流電力制御装置	赤松昌彦
675850	冷媒制御装置	谷本嘉裕	683413	周波数自動追尾系のロックオン方式	加藤亮一
680453	電光サイン等の点灯箇所移行装置	鷹野 泰	683414	色相インジケータ	中沢啓二
680454	電圧あるいは無効電力の制御方式	長町恒資	683415	色相インジケータ	中沢啓二
680455	シリコン窒素および酸素の三成分系半導体用保護膜の製造方法	植松滋幸・中尾院治	683416	圧力制御弁	吉田和彦・伊賀尚志
680456	信号発信装置	神本明輝	683417	半導体装置	中田仗祐
680457	電気的絶縁膜の製造方法	杉岡八十一・河津 哲	683418	自動列車停止装置	{鳥居健太・金子弘美 石本正明
680458	イメージ炉	{荒井 徹・井上猛夫 山田幸慶	683419	無接触端子装置	岡田和夫
680459	蒸気アイロン	{小川 昇・荒木 勲 石井寛夫	683420	変調移相調整方式	安東 滋
680460	交流系統連系系の限流制御装置	三上一郎・山田郁夫	683421	色相インジケータ	中沢啓二
680461	宇宙飛行しょう体用太陽センサ	小勝国弘	683422	色相インジケータ	中沢啓二
680462	燃料タンクの製法	{野並志郎・大久保賢一 小此本秀雄・北尾武造	683423	膨張気筒	猪熊 章
680463	電圧無効電力制御装置	宮田泰之	683424	異方性磁石の製造方法	伊藤喜代之
680464	加工装置	久保修造	683425	近接無接点スイッチ	大西良一・山田敏夫
681022	多相位相回路	岸本 健・熊野昌義	688227	高周波焼入れコイルの保護装置	上田時芳
681023	自動車用積載重量計測装置	林 正之・高橋賢治	688228	電子レンジにおけるオープンインピーダンス調整装置	水室昌美・高瀬明生
681024	スイッチ装置	神本明輝	688229	搬送保護継電装置	高田信治
681025	水中電動機の防砂機械	佐藤公夫・稻尾 博	688230	交流電気車の制御方式	相田茂夫
681026	磁界強度調整方式	前田良雄・石坂充弘	687672	半導体装置	山本 勇
681027	ディスプレイ装置	佐本 実・溝口俊雄	687671	パルス発生装置	{上 富 勇・美濃和芳文 今井誠一
681028	半導体装置	{山本 勇・上田 守 米田良忠	687673	中性子回折装置	柳下和夫・岩岸 聡
681029	異方性磁石の製造方法	福家 章・伊藤喜代之	687674	中性子モノクロメーラ	柳下和夫・金野隆範
691030	半導体装置	山本 勇・山下信三	687675	パルス幅変換装置	佐藤安俊・山根満徳
681135	2進並列加算回路	壺井芳昭	687676	中性子チョッパ装置	岡本 朴・藤原 智
681136	水銀電流計の目盛設定方法	岡 久雄・山本 勇	687699	洗濯機におけるプラスチック製外箱	八角修夫
682329	燃料噴射制御装置	坂本敏之	687677	電気開閉装置	神本明輝・元木義明
682326	形状検出装置	山崎英蔵・淡野光章	687678	エレベータの調速装置	{小島敏男・森田清司 和田吉彦・堀内勝彦
682327	形状検出装置	{山崎英蔵・大川清人 淡野光章	687679	真空開閉装置	勝田久登
			687680	半導体素子の保護装置	中田仗祐
			687681	腐食試験方法およびその装置	今村 孝・横山一男
			687682	空気ブレーキ制御装置	三橋英一
			687683	光磁気共鳴磁力計	久保高啓・渡辺勢夫



特許と新案

車両用衝撃時回路しゃ断装置 (特許第 672423 号)

発明者 片山 紘二

この発明は車両が衝突あるいは転落等の事故を発生し、衝撃を受けた際、自動的に電源回路をしゃ断して火災の予防を計る車両用衝撃時回路しゃ断装置に関するものである。

すなわち、図 1 はその構成図、図 2 は図 1 の衝撃検出スイッチ(4)の断面図で、正常時は電源(1)より主スイッチ(2)、負荷(3)、電磁スイッチ(5)を通る閉回路が構成され、負荷(3)には電源(1)より電力が供給され、また衝撃検出スイッチ(4)の重すい(錘)(7)は可動接点(10)とスプリング(9)のばね力により図 2 実線位置にある。次に車両が衝突あるいは転落等の事故を起こした場合、車両には衝撃すなわち異常な加速度が作用する。このため、衝撃検出スイッチの重すい(7)は慣性力によりスプリング(9)の支持力にうちかかって図 2 の鎖線で示す位置に移動する。したがって、その可動接点(10)と固定接点(11)が閉じて電磁スイッチ(5)の電磁コイル(15)を付勢し、可動接点(18)と固定接点(19)との接触を断ち、負荷(3)の回路をしゃ断するものである。

以上のように、この発明によれば、車両に衝突あるいは転落等の事故により、衝撃が加わった場合、その衝撃すなわち加速度を感知する衝撃検出スイッチにより検出するようにしたので、たとえば衝突あるいは転落等の事故の際、自動的に電源回路をしゃ断して、車両火災を未然に防止し、被害を最小限にいとめることができる。

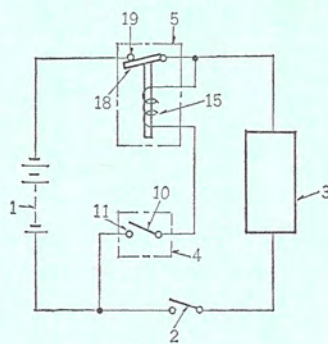


図1

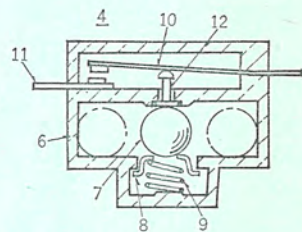


図2

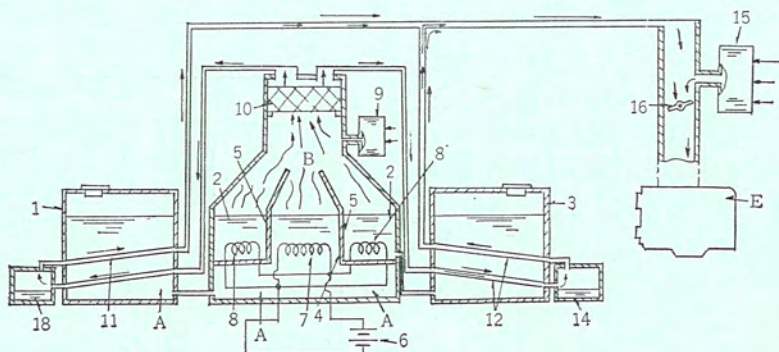
内 燃 機 関 (特許第 675845 号)

発明者 野口 英男・三木 隆雄・伊藤 利朗・野間 口 有

この発明は内燃機関の改良に関し、特に常温常圧下において液体状を保つ燃料(石油)を蒸気化し、これをさらに常温常圧下で気状を保つガス(軽質ガス)に変更し、それを空気と混合して燃焼させるようにしたものである。

図において、燃料タンク(1)に貯蔵された液体燃料Aは所定量燃料加熱室(4)に供給されヒータ(7)により加熱されて燃料蒸気Bとなる。また、水タンク(3)に貯蔵された水(2)は所定量水加熱室(5)に供給され、ヒータ(8)により加熱されて水蒸気となり、この水蒸気

と空気供給器(9)から供給される空気とにより、上記燃料蒸気Bは酸化されてガス化する。すなわち、石油燃料では重質炭化水素が主成分であるので、 $C_mH_n + KO_2 + 1 H_2O \rightarrow pCO + rH_2 + \text{その他}(\times \text{タン等})$ のように変化し、この反応は燃料蒸気Bに水蒸気が加わっているため、燃料蒸気Bは一酸化炭素CO、水素 H_2 等の軽質ガスCに変換される。上記反応は水蒸気、燃料蒸気Bの有する熱と空気供給器(9)からの酸素の添付によって有効に起こり、この反応速度は触媒層(10)によって促進される。このようにしてできた軽質ガスの



特許と新案

一部には燃料蒸気、水蒸気等が残るため、このガスは液体燃料A、水(2)を利用して冷却部(11)(12)で冷却される。さらに軽質ガスCは空気供給器(15)からの空気と適度に混合され、機関の運転状態に応じて制御されるスロットル弁(16)の開度に応じて燃焼室Eに供給されて燃焼され、機関は作動する。

以上のようにこの発明によれば、安価な燃料を使用することができ、また従来のプロパンガスボンベ等の高圧タンクは不要となり、さらに燃料ガス化して燃焼室に供給するので、排気ガス中の有害成分を減少させることができ、かつ始動性能を向上させることができる。

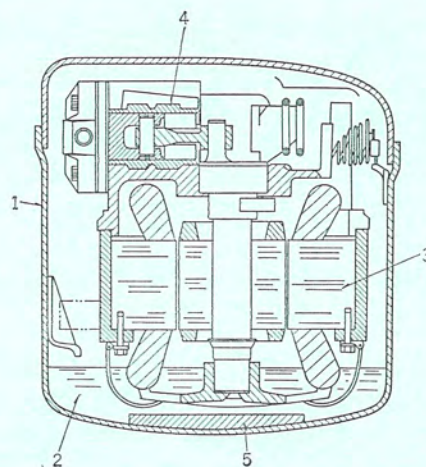
密閉形圧縮機 (実用新案第1000286号)

考案者 吉田幸太郎

この考案は、密閉ケース内に封入された潤滑油中に混入する摩耗鉄粉等を磁力により吸着除去するようにした密閉形圧縮機に関するものである。

図において、(1)は密閉ケース、(2)はこのケースの内底部に貯溜された潤滑油、(3)は電動要素、(4)は圧縮要素、(5)は潤滑油(2)中に常時浸漬するよう密閉ケース(1)の内底部に溶接された炭素鋼などの鋼片である。

そして、この鋼片は、溶接されて高温となったところで、水あるいは油などにより焼入れされ、それにより鋼片の組織を変化させて磁力を帯びさせることをその特長としている。



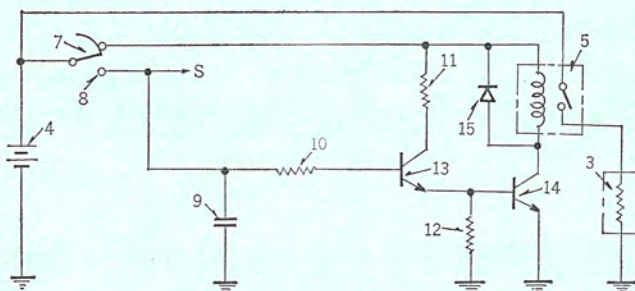
機関の吸気加熱装置 (実用新案第1002629号)

考案者 浅山嘉明

この考案は機関の始動時、定められた時間のみ電熱器を作動し機関の始動容易、あるいはウォーミングアップ時間の短縮を計るようにし、そして必要以上に電熱器の作動、すなわちバッテリー電力の消費を防止する装置を提供するものである。

図において、(3)はエアクリン本体の空気取入口に装着された電熱器で、まず機関の始動時には、始動電動機の始動と同時に端子(8)はバッテリー(4)に接続され、コンデンサ(9)は充電されトランジスタ(13)(14)が導通して電磁スイッチ(5)が閉成し、電熱器(3)に電力が供給されてエアクリンに入る空気が暖められる。次に機関が始動すると始動電動機は停止されるので、端子(8)は開放される。しかしコンデンサ(9)に蓄積された電荷が抵抗(10)を通じて放電されるのでトランジスタ(13)(14)は導通状態を保持し、したがって電熱器(3)には電力の供給が持続される。このコンデンサ(9)の放電時間は抵抗(10)

とコンデンサ(9)の容量により任意に選定され、そのコンデンサ(9)の放電により定まる時間電熱器(3)の作動が保持されるので、必要以上の電力消費がなく、比較的小容量のバッテリーでよいので、より実用的な装置となる。



マイクロコンピュータ用 ROM の作図・検査データの自動作成

田中 禎一*・金田 一*

Automatic Generation of ROM Artwork and Test Data for Microcomputers

Kitaitami Works Teiichi Tanaka・Hajime Kanada

In developing the design automation system of microcomputers, consideration should be taken to adding such design automation technique for computers as simulators and a cross assembler to the technique for LSI which has been in practice. In this article is described an example of design automation systems of microcomputers from the viewpoint of automation of ROM design. The microcomputer exemplified here is a 16-digit series processing system. Source programs are debugged by a simulator, and artwork instructions and test programs are automatically generated from the debugged source programs.

1. ま え が き

MOS-LSI の製造および設計技術の進歩によって、コンピュータの CPU (Central Processor Unit) 全体を 1 チップに収納した 1 チップ CPU をはじめとして、ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory) などの MOS 製品が発表されている。一般に、1 チップ CPU およびその他の MOS-LSI 製品を積極的に利用したコンピュータは、ミニコンピュータと対比させてマイクロコンピュータ(注)と呼ばれている。マイクロコンピュータの応用分野は広く、現在のミニコンピュータのかなりの部分を置き換えることが可能と思われる。しかし、マイクロコンピュータの真の応用分野はミニコンピュータの置き換えではなく、マイクロコンピュータ独自の分野であり、新しいマーケットを形成していくものと予想される。

マイクロコンピュータを自動設計の立場からみれば、従来から行なわれている LSI の自動設計技術⁽¹⁾にさらにコンピュータの自動設計技術^{(2),(3)}を付加して考えていかなければならない。すなわち、ミニコンピュータの開発時には、他のコンピュータによるクロスアセンブラやシミュレータが並行して開発され、これらのソフトウェアを利用してミニコンピュータの OS (Operating System) の開発が、ハードウェアの開発とほとんど時間的遅れがなく進められている。このように他の高度の性能をもったコンピュータによるクロスアセンブラ、シミュレータなどはマイクロコンピュータの開発にも必要不可欠なものとなっている。一方、ROM 設計には、作図命令やテストプログラムの自動作成など独自の自動設計システムが要求される。この論文では、マイクロコンピュータの自動設計システムの内容を ROM 設計自動化の観点から述べる。また、このシステムを中心とするシミュレータについては特に別章をもうけて詳しく述べる。例示したマイクロコンピュータは、16 けたの直列処理方式をとる ECR (Electronic Cash Register) で、PC & KI (Program Counter and Keyboard Interface) と ALU (Arithmetic Logic Unit) がおのおの 1 チップの MOS-LSI で構成されている。1 チップ 512 ワード×12 ビット構成の ROM を 4 個まで接続可能である。

2. ROM 自動設計システム

2.1 マイクロコンピュータと ROM 設計

マイクロコンピュータの主メモリとしては ROM、半導体 RAM、コアメモリなど多種類のものが利用されている。特に ROM を利用する場合は、ROM の書き換えが困難なことから ROM のマスク作図データは設計ミス を完全に除いたものが要求される。このため、ROM 自動設計システムの開発が必要不可欠となっている。また、マイクロコンピュータはミニコンピュータに比較して性能が劣る場合が多いため、マイクロコンピュータ用のソフトウェア (たとえば、モニタ、ローダ、アセンブラなど) を他のコンピュータ (このコンピュータをホストマシンという) を使って開発しなければならない場合が多い。このほか、ソフトウェアの開発がマイクロコンピュータのハードウェアが完成されない時点から開始できるという利点をもっている。このような理由により、次のような自動設計プログラムが開発された。

(1) クロスアセンブラ

(2) システムの動作をシミュレートするシミュレータ (これは、従来から電子計算機の自動設計でいわれている Register Transfer Level のシミュレータ⁽³⁾に相当している。)

(3) ROM のマスク作図命令自動作成プログラム

(4) ROM テストプログラムの自動作成プログラム

この自動設計システムのブロック図を図 1. に示す。この自動設計システムを次のように用いて ROM のマスクを完全自動で設計できる。

すなわち、アセンブラおよびシミュレータによってソースプログラムの誤りをチェックすることができる。誤りがなくなったことが確認されたソースプログラムのアセンブル結果は磁気テープにソースプログラムとともに記憶される。この結果を紙テープにパンチすればハードウェアシミュレータにかけるとも可能となる。また編集プログラムによってソースプログラムを ROM コードとともに磁気テープに記憶保存しておくようになっている。作図命令発生プログラムによって、ROM の作図命令が作成される。同時に ROM のビット数が計算され、この数が実際のカラーオーバーレイ (照査用原図) 上のビット数と一致するかどうかをチェックし、自動作図機の動作誤りを照査できる。さらに、ROM の論理機能テストのためのデータが ROM テストプログラムジェネレータによって作成される。

(注) マイクロプログラム制御方式のコンピュータをマイクロコンピュータと呼ぶ場合もある。

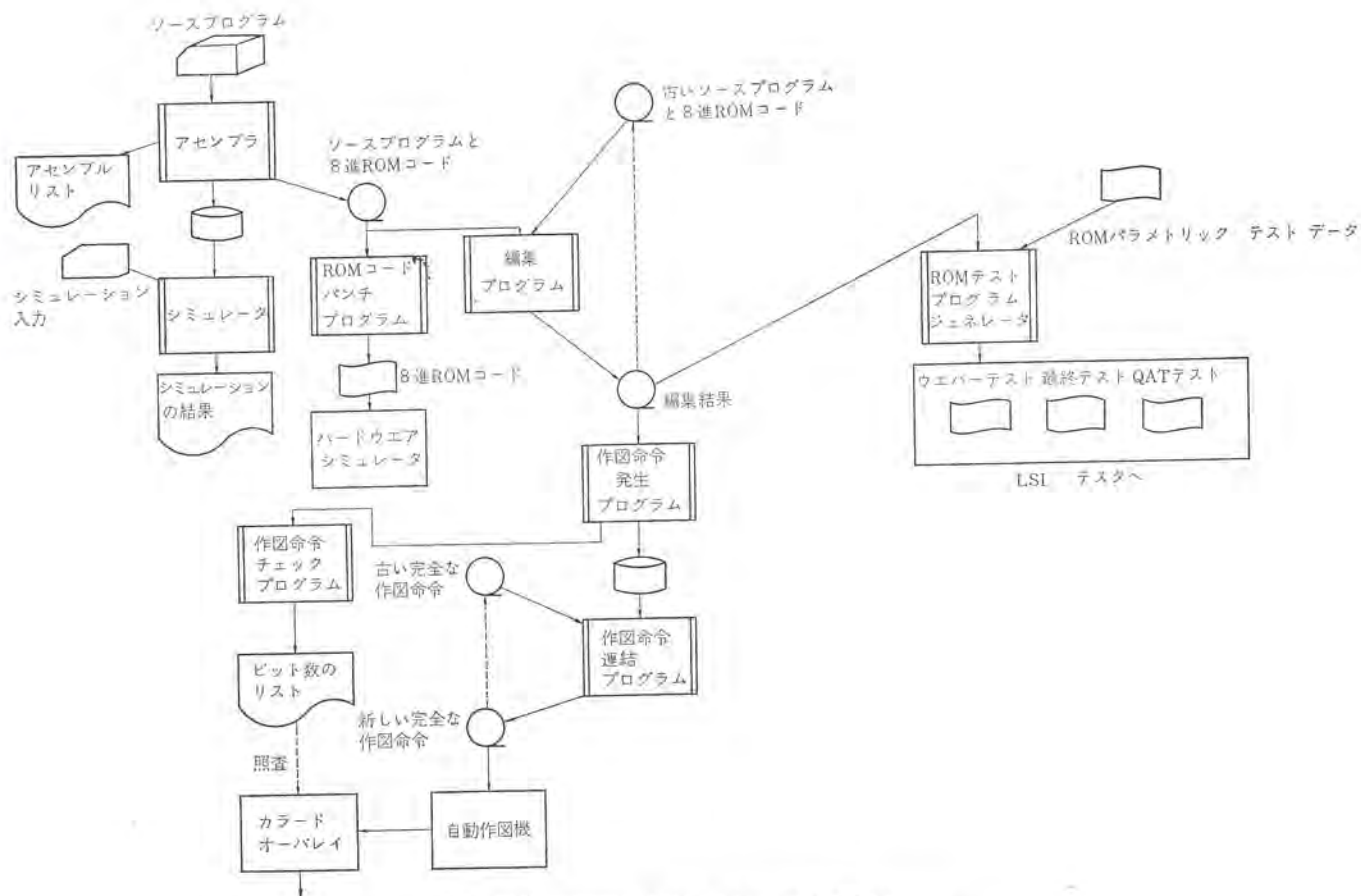


図 1. ROM の作図および検査データの自動作成システム。
Automatic generation system of ROM artwork and test data.

2.2 各プログラムの機能

図 1. のブロック図にしたがって、各プログラムの機能を説明する。

(1) アセンブラ

ユーザ (ROM にストアするプログラムの作成者) が作成したソースプログラムをオブジェクトコードすなわち ROM コードに変換する。同時にソースプログラムをシミュレーション可能な形に変換する。これは、ROM コードをシミュレータが読解容易なデータ構造に変換するためである。

(2) シミュレータ

システムをシミュレートし、その動作状態をプリントアウトする。シミュレータについては次の章で詳しく述べる。

(3) ROM コードパンチプログラム

磁気テープに書き込まれている ROM コードを紙テープにパンチアウトする。この紙テープは、ハードウェアシミュレータにかけて、ハードウェアシミュレーションを行なうために用いる。

(4) 編集プログラム

ソースプログラムを ROM コードとともに磁気テープに記憶し、他の磁気テープに記憶されている古いソースプログラムおよびその ROM コードも同時にコピーし、一つの磁気テープファイルを作る。

(5) 作図命令発生プログラム

ROM コードから ROM の内容の作図命令を作成する。

(6) 作図命令チェックプログラム

ROM の縦方向および横方向のビット数を計算する。これにより自動作図機の動作誤りを照査する。

(7) 作図命令連結プログラム

ここで、ROM チップ全体の中で、ROM の内容以外の部分の作図命令を追加し、完全な ROM 用作図命令を作成する。そして、古

い作図命令データとともに磁気テープに記憶保存する。

(8) ROM テストプログラムジェネレータ

LSI テスタにかけるためのテストプログラムを紙テープにパンチアウトする。

3. シミュレータ

デジタルシステムのシミュレーションを行なう場合、一般に次の問題を解決しなければならない。

- (i) 対象システムのモデル化
- (ii) シミュレーションの方式
- (iii) シミュレータ使用者との対話機能
- (iv) シミュレーションを実行するための入力系列

うえの (i) は 3.1 節で、(ii) は 3.2 節で詳しく説明する。(iii) はシミュレータを利用しやすくするため使用者とシミュレータとの対話機能を付加していく問題であり、(iv) はどのような入力系列についてシミュレーションを行えば完全かというシミュレーションの完全性の問題になる。後者の問題には、対象システムの仕様の定式化とシミュレーションの完全性という抽象的な概念の定式化が必要になるなど困難な問題を含んでいる。本文では、これ以上 (iii)、(iv) の問題には言及しない。

3.1 対象システムのモデル化

マイクロコンピュータをシミュレーションする場合、その対象システムが高級電卓、ECR などによってシミュレーション用モデルは異なるであろう。ここでは ECR の例で考える。

ECR のシミュレーション用モデルが図 2. に示されている。ただし、図 2. の各記号は下記のことを示している。

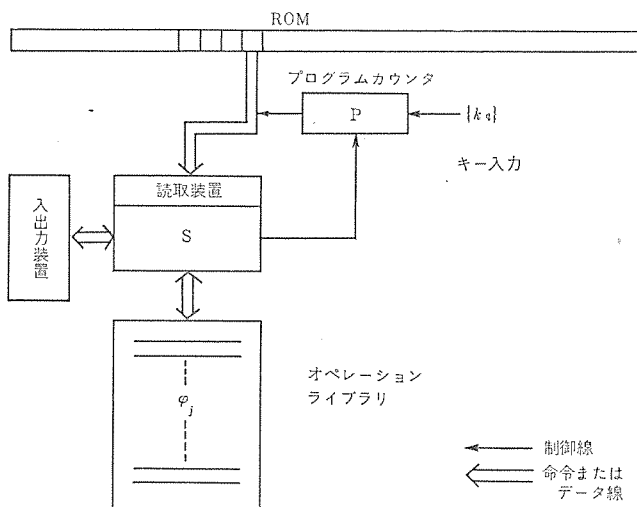


図 2. マイクロコンピュータのシミュレーション用モデル
Simulation model for microcomputer.

P : プログラムカウンタ

S : レジスタやフリップフロップなど ECR の内部状態を表わす。

ϕ_j : 各命令の演算を表わす

$\{k_q\}$: キー入力の集合

ここで各命令の演算 ϕ_j は ECR の状態 (S_i, P_i) を (S'_i, P'_i) に写す写像の役割を果たす。また、キー入力は、キーの読み込み命令が実行されたときだけ読み込まれ、 P が適当な値にセットされる。このモデルの動作は、ROM から P が示す番地の命令が一つ読み込まれその命令に対応した演算 ϕ_j をオペレーションライブラリから引き出し ϕ_j が実行される。 ϕ_j の実行によって新しくプログラムカウンタがセットされ、それが示す番地の命令がまた一つ読まれ演算を実行するという操作がくり返される。

このモデルは、キー入力をマイクロプログラム制御方式の電子計算機の機械命令に対応させるなどの考慮をすれば、一般のデジタル電子計算機のモデルとして用いることも可能である。

3.2 シミュレーションの方式

シミュレーションの方式には大きく分けて次の二つの方法がある。

(1) コンパイル方式

(2) インタプリティブ方式

コンパイル方式は、ROM に記憶されている各命令をホストマシン (シミュレーションのために利用する計算機) で実行可能な言語 (FORTRAN-IV, ALGOL, アセンブラなど) に変換し、実行プログラムを生成する方法である。インタプリティブ方式では、ROM に記憶されている各命令を ROM コードのままデータとして表現し、そのデータを解釈しながらシミュレーションを実行する。この方法は、シミュレーションすべきプログラムをデータ表現しているため、ホストマシンのメモリが少なくても済むなどの利点があり、ミニコンピュータを用いてシミュレーションする場合に適した方法である。すなわち、次の点を考慮してインタプリティブ方式が採用された。

(i) ROM にストアするプログラムの量が増大している。

(ii) インタプリティブ方式のほうがより実際のマシンに近いデータ構造になっている。

(iii) コンパイル方式の実行プログラムを生成する部分が複雑なプログラムになる。

(iv) インタプリティブ方式のほうが機能拡張 (改良) が容易である。二つの方式の比較を表 1. に示す。表 1. から、ROM にストアする

表 1. シミュレーション方式の比較
Comparison of compiling and interpretive simulation method.

コンパイル方式	インタプリティブ方式
ホストマシンのメモリを多く必要とする	メモリが少なく済む
ROM にストアするプログラムの増大に耐えられない	ROM にストアするプログラムが増加してもデータ量が大きくなるだけである
実行プログラムを生成するプログラムが複雑になる	クロスアセンブラとシミュレータに分割でき、プログラムシステム全体がスマートになる
実行時間が速い	実行時間が遅い

プログラムの量が少ないものについて高速のシミュレーションを実行するにはコンパイル方式が適しているといえることができる。

前節で説明したモデルについて、インタプリティブ方式でシミュレータを作成したが、その実行例については次の章で述べる。

4. プログラムの実行例

2 章で述べたように、このシステムは ECR の ROM 設計用として開発された。この ECR は 16 けた直列処理方式をとり、PC & KI (Program Counter and Keyboard Interface) と ALU (Arithmetic Logic Unit) がおのおの 1 チップの MOS-LSI で構成されている。また、ROM は 1 チップ 512 ワード \times 12 ビット構成である。

プログラムの処理結果の代表的プリントアウトを図 3.~5. に示す。すなわち、アセンブラは 2 パス処理方式をとり、1 パス目でソースプログラムのラベルがリストアップされ、2 パス目で ROM コードが作成される。アセンブルリストの例が図 3. に示されている。シミュレータは 3 章で述べたように、インタプリティブ方式をとり、キー入力に対する ECR の内部状態 (レジスタ、フリップフロップなど) や入出力装置の内容の変化がプリントアウトされる。この例が図 4. に示されている。編集プログラムは、一つのソースプログラムを 1 ファイルとして、多数のソースプログラムを 1 本

LABEL	ADDRESS			
ACL	0			
PIN	33			
ABC	150			
JOP2	162			
A112	174			
A112	177			
A113	179			
A114	185			
LABEL ERRORS	0			
(a) パス 1				
シーケンス番号 (10進)	アセンブラ	ROM	カードの番号	
18	INZ 15 KEY CHECK	0002 0157	2003 1444180	
19	INZ 15 KEY CHECK	0003 0157	2003 1444180	
20	INZ 15 KEY CHECK	0004 0157	2003 1444180	
21	INZ 15 KEY CHECK	0005 0157	2003 1444180	
22	INZ 15 KEY CHECK	0006 0157	2003 1444180	
23	INZ 15 KEY CHECK	0007 0157	2003 1444180	
24	INZ 15 KEY CHECK	0008 0157	2003 1444180	
25	INZ 15 KEY CHECK	0009 0157	2003 1444180	
26	INZ 15 KEY CHECK	0010 0157	2003 1444180	
27	INZ 15 KEY CHECK	0011 0157	2003 1444180	
28	INZ 15 KEY CHECK	0012 0157	2003 1444180	
29	INZ 15 KEY CHECK	0013 0157	2003 1444180	
30	INZ 15 KEY CHECK	0014 0157	2003 1444180	
31	RG	0015 0157	2003 1444180	
32	CLZ 15	0016 0157	2003 1444180	
33	PIN	0017 0157	2003 1444180	
34	LOIC 06 DISPLAY CHECK	0018 0157	2003 1444180	
35	LOIC 08	0019 0157	2003 1444180	
36	LOIC 7,15	0020 0157	2003 1444180	
37	LOIC 06	0021 0157	2003 1444180	
38	LOIC 09	0022 0157	2003 1444180	
39	CM	0023 0157	2003 1444180	
40	CLZ 15	0024 0157	2003 1444180	
41	LOIC 01	0025 0157	2003 1444180	
42	LOIC Y	0026 0157	2003 1444180	
43	LOIC 03	0027 0157	2003 1444180	
44	LOIC 05	0028 0157	2003 1444180	
45	LOIC Y	0029 0157	2003 1444180	
46	LOIC 03	0030 0157	2003 1444180	
47	LOIC 05	0031 0157	2003 1444180	
48	LOIC Y	0032 0157	2003 1444180	
49	LOIC 03	0033 0157	2003 1444180	
50	LOIC 30	0034 0157	2003 1444180	
51	LOIC Y	0035 0157	2003 1444180	
52	LOIC 03	0036 0157	2003 1444180	
53	LOIC 30	0037 0157	2003 1444180	
54	LOIC Y	0038 0157	2003 1444180	
55	LOIC 03	0039 0157	2003 1444180	
56	LOIC 30	0040 0157	2003 1444180	
(b) パス 2				

図 3. アセンブルリストの例
Example of assemble list.

自動高周波焼入装置

君塚 齊*・嶋田 収*

Mitsubishi Automatic High Frequency Induction Hardening Equipment

Itami Works Hitoshi Kimizuka・Osamu Shimada

High frequency induction hardening equipment, having been used for a long time in manufacturing automobiles, construction machines and machinery in general, has made a remarkable progress. The hardening equipment is now being adopted in the automatic apparatus and plays a vital role in raising productivity by being set up in the manufacturing line side by side with machine tools.

This article describes essential principles in the design of automatic induction hardening equipment, referring several relevant apparatus built by Mitsubishi.

1. ま え が き

自動車工業・建設機械・機械工業界などを中心に、急速に高度化している高周波焼入装置は、省力化の一環をになって自動化された装置として、機械工場のラインに入り、活躍している。

本文では、自動化についての問題点を装置メーカーの立場を中心に解説し、当社で製作した自動高周波焼入装置を紹介する。

焼入製品の品質管理の自動化については、幾多の問題を残しているが、焼入作業条件の均一化を保つために焼入装置のモニタ制度を採用して必要精度を維持することは完成の段階に達している。

加熱・冷却のプロセスにおいて、管理できるものは、電力と水と機械精度との3点になる。

制御技術の進歩は、電力のコントロールを安定なものにしたが、加工部品の焼入前工程における品質管理の問題から、加工部品に付着する切粉の処理など、機構と水処理とは課題が残っているといえる。

メーカーの行なう装置本体の自動化もきわめて重要なことであるが、作業工程の自動化も大きなポイントであるため、メーカー・ユーザの一致協力が、高周波焼入装置自動化の要点になる。

2. 自動化の考え方

高周波焼入作業を自動化するためには、作業の特性、加工部品や焼入条件についての細かいデータ（処理量・焼入パターン・素材形状等）についての十分な検討が必要である。

ここに高周波焼入装置の種類を簡単に述べ、自動高周波焼入装置製造上の基本的考え方をまとめる。

2.1 高周波焼入装置の種類

高周波焼入装置の分類法は、種々であるが、第一に焼き入れられる加工部品の形状によって分類すると、

- (1) 円筒形外面を焼入れする装置
- (2) 円筒形内面を焼入れする装置
- (3) 円筒形端面を焼入れする装置
- (4) フランジ端面を焼入れする装置
- (5) 平面を焼入れする装置
- (6) 歯車・ねじを焼入れする装置
- (7) 曲面を焼入れする装置

第二に焼入装置を形態から分類すると、

- (1) はん用焼入装置
- (2) 万能焼入装置
- (3) 専用焼入装置

第三に焼入装置を操作性の面から分類すると、

- (1) 手動焼入装置
- (2) 自動焼入装置

になる。

手動焼入装置では、焼入作業だけが自動化されてワークの取付け・取りはずしだけを人手で行なう装置と、焼入作業も手動で行なう装置とがある。

2.1.1 はん用焼入装置

はん用であることから融通性に富んでいるが、この焼入装置の特長はワークごとにコイル・取付具・センタなどを交換し、焼入条件を変更することである。

したがって、非能率的であり、交換を行なうことによる誤差が考えられるので、作業者の程度によって焼入精度が左右されることがある。

しかし、多種少量生産の工具工場のような場合には、融通性が長所になり、威力を発揮する。

交換および条件変更を行ないやすくすることが、この種の焼入装置では重要なことであり、限られた生産量をこなすためには、なくてはならない装置である。

2.1.2 万能焼入装置

1台の焼入装置で種々の焼入れが、ジグを交換せずに行なえるというところに特長を有する。

はん用装置の一部を自動化して組み込んだものといえる。

分業の発達した今日の生産工場では不向きであるが、焼入条件決定のための試験用として役立っている。

2.1.3 専用焼入装置

工程上の普遍性は全然なく、特定のワークの形状寸法に合致した焼入れを行なうことが目的の装置である。特定のワークを焼入れするために専用に設計・製作した焼入装置であり、融通性はない。

現在、自動焼入装置は、ほとんどが専用焼入装置である。自動ジグ交換、コイル交換、設定選択の装置も出現しつつあるが、未完成の域を脱していない。

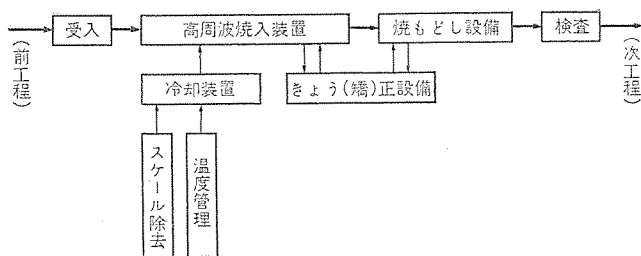


図 1. 高周波焼入工程
High frequency hardening process.

2. 1. 4 自動焼入装置

図 1. に高周波焼入工程のブロック図を示す。ここにいう自動焼入装置とは、受入れから高周波焼入装置の出口までを人手を要さないで連続処理されていく焼入装置ということになる。

自動焼入装置では、焼入装置へのローディング、ワークとコイルの相互運動、焼入順序、電力変段、送り速度変段、焼入液噴射、補助冷却、コイルの選択、焼入装置からのアンローディング等をすべて自動的に行なうので、このような動作を焼入装置に行なわせるための準備に相当の手間と時間とを要する。

したがって、1種で多量の生産をあげることが肝要であり、レイアウトの組み方によって自動焼入装置の効果が大いに左右される。

自動焼入装置は、以上の理由からも専用焼入装置になることが多い。

また、自動焼入装置の実現は、検査作業との間に重要な関連があり、人的誤差の入り込む余地がほとんどないうえ、寸法の異なるワークは焼入れできないので、自動焼入装置にモータを組み込んでチェック作業を少なくすることができる。

このように人間の熟練に頼ることなく、設備の威力によって生産を有効に進めうるものが、自動焼入装置の大きな力である。

製品のコスト上昇を抑えるための生産性の向上をめざして、人件費高騰に対するための省力化、品質の安定化のために自動高周波焼入装置の重要度は大きい。

次に、高周波焼入装置の自動化について、当社での事例を含めて述べる。

2. 2 自動高周波焼入装置の基本事項

2. 2. 1 焼入装置の構造とワーク搬送方式の十分な計画

ワークを十分に検討し、これに合った焼入装置の構造を各要素ごとに分析し、実現しなければならない仕様を判断し、これを整理してワークに最も適合した構造にしなければならない。

この場合、いろいろな搬送方式や構造が考えられるが、おのこの長所・短所を完全には握して決定することが望ましい。

ワークの搬送にはミスが許されないものであるから、見た目の動作のあざやかさよりは確実・堅ろうな搬送機構になることは当然である。

ワークの搬送には、部品供給機にチャージしてローダで焼入装置に投入していく場合と、前工程・後工程とライン化されてチャージ量なしで行なう場合とで形式が大きく異なる。

前者の場合には、チャージされた部品供給機内のワークの姿勢の問題、チャージ量の問題、位置の問題などと種々の問題を含んでいるが、後者の場合には、前工程の出口を焼入装置のローダと結ばよく、ハンドリング機構の統一が図りやすい。

しかし、ライン化された場合、ライン中の1カ所の故障・停止で全機械が停止してしまうという短所がある。

図 2. は、パーツフィーダ式の自動焼入装置の構想配置の一例を示す。

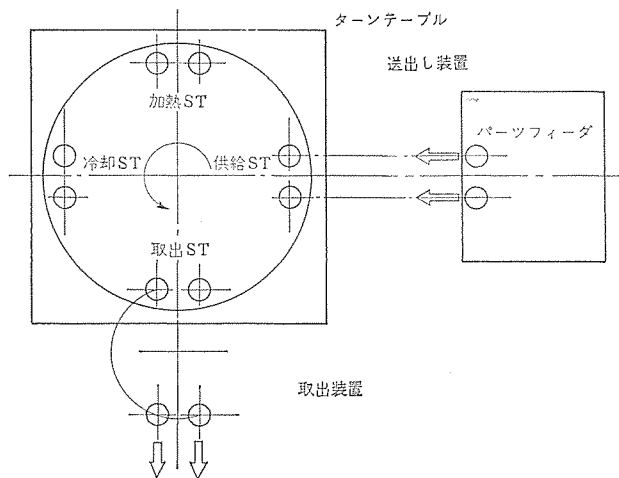


図 2. ベアリング焼入装置
Bearing race hardening equipment.

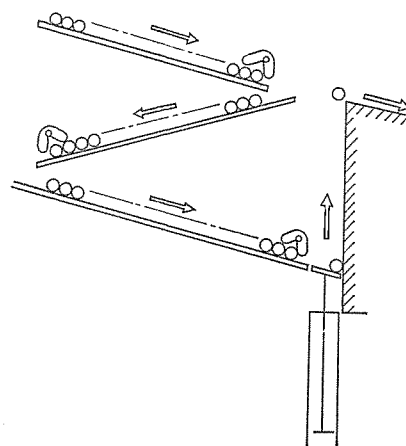


図 3. 部品供給機
Parts feeder.

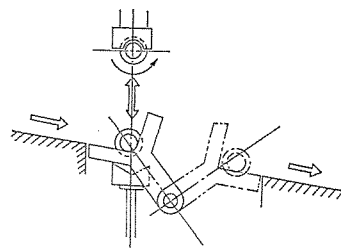


図 4. 搬送
Loading and unloading.

図 3. は、部品供給機の一例を示す。図 4. は、ライン化された場合のワークの授受の簡単な例を示す。

2. 2. 2 動作シーケンスの決定

個々の要素が満足な動作をしても、全体として一連のシーケンスを構成したときに行き違いが出てくる場合が見受けられる。全体の動きをダイヤグラムにまとめ、各部分の動作を時間軸との兼ね合いで十分に検討しておかなければならない。

2. 2. 3 処理量・サイクルタイムの検討

自動焼入装置は、通常、製造ラインの一環として組み込まれることが多い。したがって、処理量の計画と実際とに差があると、前後工程に大きく影響を及ぼすので、焼入れに必要な加熱時間、冷却時間、可動部分の動作いっさいを含めて十分に検討し、確実な処理量とサイクルタイムを算定しておかなければならない。

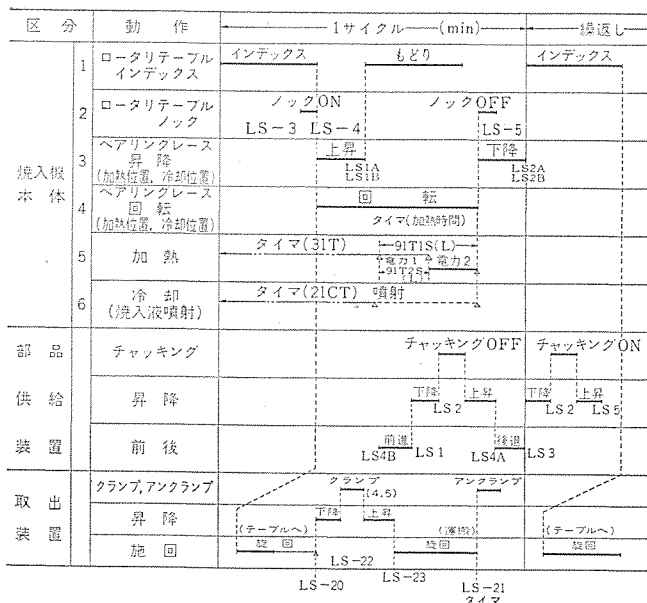


図 5. シーケンスタイムチャート
Sequence time-chart.

図 5. にシーケンスタイムチャートの一例を示す。このチャートは、図 2. に示すレイアウトの供給から取り出しまでのサイクルである。

2. 2. 4 高い信頼度をもつ市販機器の選定

焼入装置は、すべての部分にわたって市販の機器が多く用いられている。これらの信頼度が、装置全体の信頼度を決定するといっても過言ではない。そのため、専門メカが多くの実験と実際の経歴とを経て標準化した機器を選定する。この場合には、品質・性能ともに安定したものと考えられ、また、価格・納期ともに有利な場合が多いので、万一故障・破損した場合でも入手や修理が容易である。

コストと品質安定との関連を詳細にチェックする必要がある。また、スペースや構造上の制約から特殊仕様の機器を使用する場合でも、必ず試験データに基づいて選択する必要がある。部品の集まりによる総合信頼度を低下させないように市販機器の他の応用状態をよく調査し、環境対策についてよく知らなければならない。

2. 2. 5 焼入の問題

自動焼入装置で焼入れするワークは、焼入れが単純に行なえることが、第一の条件である。使用するコイルが複雑で、位置決めがむずかしいものの焼入れには、自動化は不利である。一発焼入れか、単純円筒形の連続焼入れの場合が多い。一発焼入れの場合の例として図 6., 7. に加熱と冷却とを異なった位置で行なう場合を示し、図 8. に同一位置で加熱・冷却を行なう場合を示す。

第二は、コイルの変形を起こさない構造であること。高周波焼入れで焼き具合の大きな要因はギャップである。コイルの寿命を正確に定めることが必要である。

第三は、焼割れに対する配慮である。単純に焼入れが行なえるという要素の一つは、焼割れの問題から生ずる。

第四は、焼入液の温度管理である。焼割れを防ぐ対策として温度管理を徹底することである。

第五は、焼入液の濃度管理である。焼割れを防ぐ対策として濃度管理を徹底することである。

第六は、焼入液のスケール除去を考え、焼きむらをなくすることである。さきにも述べたように、温度管理を行なう電力コントロールは、制御技術が急速に進歩しているので不安は少ない。赤めて冷やす焼

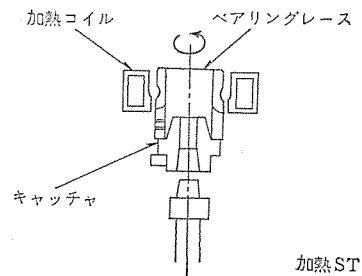


図 6. 加熱位置
Heating position.

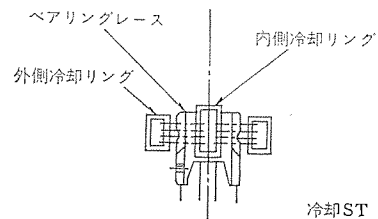


図 7. 冷却位置
Quenching position.

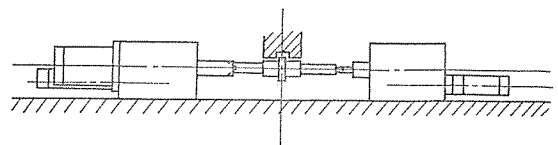


図 8. 一発焼入
One-shot hardening.

入作業では、冷却について未解決の点が多く、焼入液の管理に力を入れる必要がある。

第七は、装置メカがユーザに期待しなければならないのは、材料管理の徹底である。

2. 2. 6 装置全体の安全性の確保

装置のどこかに故障が生じたとき、これが原因で装置や作業者が危険な状態に陥ることや、不良品がそのまま流れることは絶対に避けなければならない。突発的な機能の喪失、破壊、停電、非常停止など、考えられるあらゆる状態を想定して安全性を確保しなければならない。高周波焼入装置では、1台の高周波電源で複数台の焼入装置を並列運転することも多く、この場合にどれか1台の焼入機の機能が失われたとき、他の焼入装置に影響を与えないような対策が必要である。

2. 2. 7 故障および保守点検についての対策

故障の少ないことは大切なことであるが、万一、起こったときの保守や通常の点検の容易さも、これにもまして重要である。焼入装置では、焼入液を使用するので、これが機構部に大量に飛散すること、ワークからの熱や、誘導加熱による熱など、直接・間接に熱を受ける要素が多いこと、焼入れによるスケールの発生と蓄積とがあることなどから他の機械と比較して故障を起こすチャンスは多い。

また、自動機であるので、構成要素がきわめて多く、機構部分だけでなく、焼入コイルや冷却リング、導体やその接触部、電装品、焼入液、冷却水、油圧、空圧系統の故障もある。そこで、そのような故障の場合に最小限度の運転休止時間で修理・回復ができるように装置を作り、機器を選定し、配置を決めることであり、同時に保守点検を少なくすることである。

具体的には、焼入液による発せい(錆)に対しては、液の飛散する範囲をできるだけ少なくするように冷却リングの形状を考慮し、カバ

ーやじゃばら等を設けて液をしゃ断し、これと合わせて材質の選定、防せい用めっきや塗料によってさび(錆)を防ぐこと等が基本である。

熱に対しては、誘導加熱を受ける部分の材質の検討、導体・焼入コイル等を十分に水冷すること、熱に強い材質を用い、または熱に強い表面処理や塗装を行なう。焼入液中のスケールは、百害あって一利なしで、焼入液の性能劣化や焼入機能不良を起こすので、スケールを除去しやすい焼入装置や焼入液タンクの構造、ドレン穴やフィルタの設置を考えなくてはならない。

当社では、ユニット化したスケール除去装置を焼入液循環系統に組み込んだ焼入装置の実績があり、効果が大きいとのユーザの報告を得ている。これによって焼入液ポンプ等の循環機器の寿命増大にもつながる。

電装品は、信頼度の高い入手の容易なものを選択する。回路は、できるだけ単純にし、リレー類の数を減らして点検を容易にする。油圧・空圧機器には、保守点検上から互換性のある機器を用い、取り付け・取りはずしを簡単に行なえるようにし、不良個所の発見が容易であるように回路を検討する必要がある。また、機械の組立・調整や、不良個所発見に必要な点検ポートとか、部分的な取付け・取りはずしに必要なスペース配置などに十分に気をつけなければならない。また、ユーザとしては必要な予備品の常備とか、予防保全の徹底を図り、万一の故障に備えておくことが望ましい。

2. 2. 8 経済性についての考察

どんな形式を採用するかは、常に経済性の観点から深く検討しなければならない。機構の取捨・選択を行なうにも、軽量化・小形化を図る際にも、経済的な面を念頭に入れておかなければならない。

2. 2. 9 運転・操作・セッティングの容易さのチェック

2. 2. 10 高い稼働率の維持の配慮

2. 2. 11 外観およびスタイルの決定

2. 2. 12 使用経費・維持費の軽減対策

直接の使用者から見ての装置全体の評価は、2. 2. 9～2. 2. 12 項で決められることが多いので、これらの考慮は詳細なチェックが必要である。

3. 三菱高周波焼入装置

3. 1 大形立形焼入装置

はん用焼入装置の例として大形立形焼入装置を図9. に示す。概略仕様は次のとおりである。

- (i) 最大取付長さ: 4,000 mm
- (ii) 最小取付長さ: 100 mm
- (iii) 最大取付重量: 100 kg
- (iv) 最大取付直径: 100 mm
- (v) 形式: コイル移動形
- (vi) コイルストローク: 4,000 mm
- (vii) 軸数: 2軸
- (viii) コイル送り速度: 2～15 mm/s, 30 mm/s
- (ix) 回転数: 90 rpm
- (x) コイル位置調整: 前後・左右各 100 mm

3. 2 ベアリング焼入装置

この装置は、パイプレータ式のパーツフィーダをもつ、典型的なストックヤード方式の自動焼入装置である。特殊ベアリングのピローブロックの内輪を焼入れる装置である。

図10. にこの装置の外観を示す。概略仕様は次のとおりである。



図9. 大形立形焼入装置
Vertical hardening equipment for long shaft.

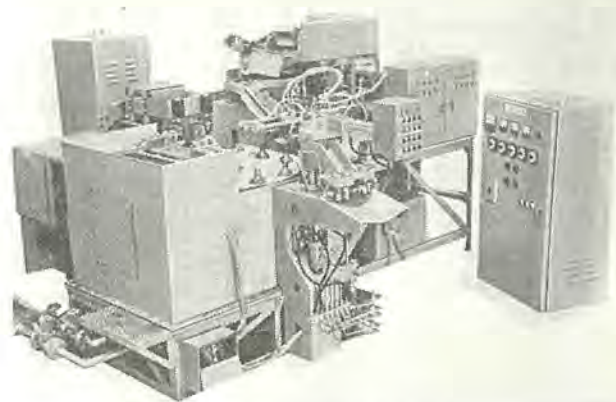


図10. ベアリング焼入装置
Bearing race hardening equipment.

- (i) 適用レース最大寸法: 112 mmφ×96 mm
- (ii) 適用レース最小寸法: 29 mmφ×31 mm
- (iii) ストッカチャージ: 600個, 53 mmφ×49 mm レース
- (iv) 形式: ターンテーブル式
- (v) 処理量: 600個/時
- (vi) 軸数: 2軸浮上防止装置付
- (vii) 回転数: 60 rpm
- (viii) 電源: 3 kHz 150 kW

3. 3 ローラシャフト焼入装置

この装置は、ブルドーザのトラックローラシャフトを焼入れる一発焼入装置である。コイルには半円形のコア入りコイルを使用し、フランジの両端を一度に焼入れる。後工程がライン化されていて、前工程には60本の供給機がある。この供給機には3個のゲートがあり、ワークピースがスムーズに流れるように考慮されている。

図11. に外観を示す。概略仕様は次のとおりである。

- (i) 最大取付長さ: 250 mm
- (ii) 最大取付フランジ径: 70 mm
- (iii) ストッカチャージ量: 60本
- (iv) 形式: 横形両センタ方式

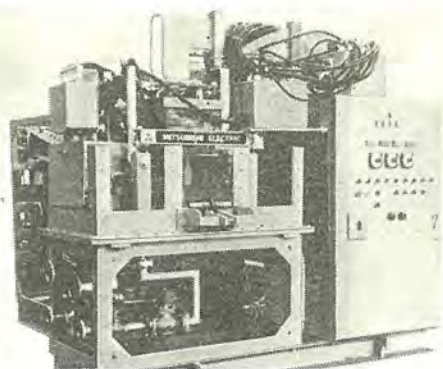


図 11. ローシャフト 焼入装置
Roller shaft hardening equipment.

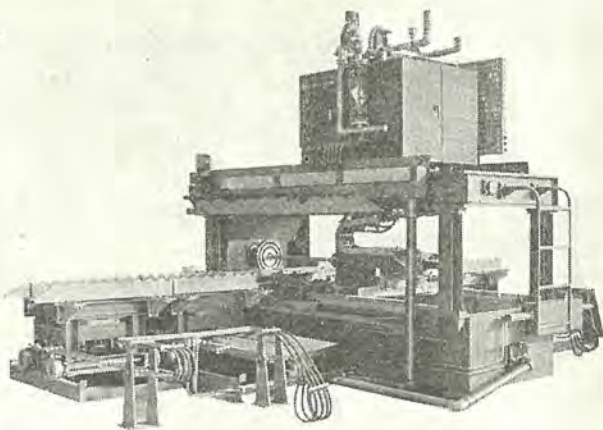


図 12. ピストンロッド 低歪(歪)焼入装置
Piston rod low distortion hardening equipment.

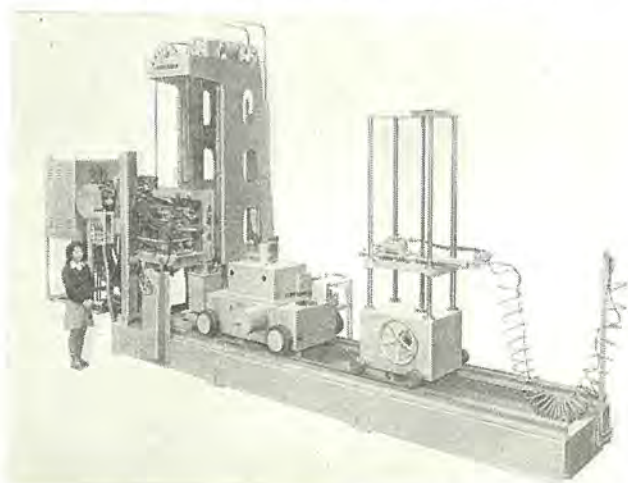


図 13. 大形ギヤ 焼入装置
Large gear hardening equipment.

- (v) 軸 数: 1 軸
- (vi) 処理量: 90 本/時
- (vii) 回転数: 150 rpm
- (viii) 電 源: 10 kHz 150 kW

3.4 ピストンロッド低歪(歪)焼入装置

この装置は前後工程と接続され、特別なストックヤードをもたない

インにはいった焼入装置の代表例である。外観を図 12. に示す。フォークリフト、パワーショベル等の油圧シリンダのピストンロッドを焼入れるもので、焼入ひずみ(歪)を抑制する機構を備えた、大径用の長軸横形焼入装置である。概略仕様は、次のとおりである。

- (i) 最大取付長さ: 1,800 mm
- (ii) 最小取付長さ: 400 mm
- (iii) 適用ワーク径: 30~100 mm
- (iv) ワーク最大重量: 100 kg
- (v) コイル 送り ストローク: 1,950 mm
- (vi) コイル 送り速度: 35 mm/s 最大
- (vii) 回転数: 75 rpm
- (viii) ひずみ抑制ローラ: 5 列
- (ix) 形 式: 横形貫通式
- (x) 電 源: 10 kHz 150 kW

3.5 大形ギヤ焼入装置

万能焼入装置の例として大形ギヤ焼入装置を図 13. に示す。この焼入装置には、ギヤの一歯一発焼入れが行なえるようにターンテーブルとインデックス装置が設けられているとともに、送り焼入れができるように別にワーク用受台もついている。概略仕様は次のとおりである。

- (i) 最大取付ギヤ寸法: 4,000 mm ϕ ×500 mm
- (ii) 最大取付ギヤ重量: 15 t
- (iii) 形 式: インデックステーブル式、コイル昇降形
- (iv) コイルストローク: 1,500 mm
- (v) 軸 数: 1 軸
- (vi) インデックス角度: 0~30° (無段階可変)
- (vii) コイル 送り速度: 2~30 mm/s
- (viii) コイル 位置調整: 前後・左右各 100 mm
- (ix) 併設機能: ロール焼入れ
- (x) ロール焼入範囲: 400 mm ϕ ×1,500 mm 最大

4. む す び

以上、高周波焼入装置の自動化について三菱焼入装置を中心に述べた。高周波焼入装置は、産業界の各分野で活躍しており、自動化も進んでいるが、技術の進歩に伴ってますます高度なものが要求されている。当社は、この意味で研究・開発に力を注ぎ、新しい課題に挑戦している。終わりに、この文が、関係者の参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- (1) 酒井, 上田, 君塚: 三菱電機技報, 45, No. 7, (昭 46)
- (2) 大和久: 熱処理の自動化, 日刊工業新聞社, (昭 44)
- (3) 安井: 油圧化設計, 5, No. 4, 日刊工業新聞社, (昭 42)
- (4) 一瀬, 村木: 専用工作機械及び パワーユニット, 誠文堂新光社, (昭 39)
- (5) 磯部ほか: 自動機械と自動製造装置, 共立出版(株), (昭 36)
- (6) H. Arthur: NC Induction Hardening Machine Heats and Quenches Gears

コークス炉用作業機械のデジタル制御

今堀 信彦*・水野 公元*

Digital Control of Coke Oven Machines

Nagoya Works Nobuhiko Imahori・Kimimoto Mizuno

Work for coke ovens in steel mills and gas companies is rapidly mechanized of late. At the same time operation programs are becoming more and more complicated as the equipments for public hazard prevention and other facilities are augmented. Furthermore, demand for automatic operation of travelling devices with control apparatus is in the trend of increasing for the sake of labor saving. In the place of relay sequence or transistor type logic application to the controller, diode matrix type digital controller equipped with IC logic has been employed. The advantage of it is the device becomes smaller than old one with easier handling for program changes.

1. ま え が き

製鉄所、ガス会社などにおけるコークス炉の作業機械は、近年各地の自治体から公害防止設備の設置が義務づけられ、それに伴う作業者の負担を軽減させるために各種作業が機械化され、さらに運転手の操作が複雑化する問題に対しては自動化や省力化が行なわれる。

電気品についても機械化、自動化によって制御装置はますます膨大になる傾向にあり、この種の設備に適した制御装置が必要になる。さらに省力化のために作業機械の走行装置の自動化の要求も増加の傾向にあり、ここで紹介するコークス炉作業機械の制御装置は、従来のリレー・ケネス、あるいはトランジスタ式ロジックに代わってICを使ったリードオンリメモリ(ROM)式のデジタルコントローラで、走行の自動運転を主に複雑なシーケンス回路やその都度変化する仕様に対しても即応できる装置である。

2. コークス炉作業機械の概要

コークス炉は一般に100門前後ならんだ多数の乾留室からなり、石炭塔・消化塔・コークワークなどの付帯設備とともに、おもにコークス押出機・石炭装入車・コークガイド車と消火車の4台の作業機械(車両)により作業が行なわれる。コークス炉の作業は1,100℃前後の高温で石炭を乾留し、乾留の終了した赤熱コークスは押出機によって炉外へ押し出され、コークガイド車のガイドを通して消火車へ積込まれる、赤熱コークスを積載した消火車は消火塔で散水、消火した後、コークワークへ排出される。一方、石炭装入車は石炭塔で微粉炭を積み込み、赤熱コークスを押し出したあとの炉室へこの石炭を装入し、同時に押出機のならし棒により炉室内の石炭を均一の高さにならす。コークス炉の作業は以上を1サイクルとしてすべての乾留室について決められた順序でもって順次行なわれている。図1. は各機械のおもな運転プログラムである。走行以外のプログラムについては従来から、機械化されると同時にリレー・ケネスにより自動運転が実施されているが、走行については機械の停止位置が100個所以上もあり、その都度異なるほか停止精度は±5~10mm程度を要求されるため、自動化するにはかなりの高級な制御装置が必要である。当社においては昭和41年ごろより走行の自動化に取組み、すでにいくつかの実績をもって現在にいたっているが、今回紹介する方式は従来のトランジスタによるワイヤードロジックでもってシーケンスを組んでいた方式から、装置の小形化、プログラム変更の容易さ、などの目的でICを全面的に採用

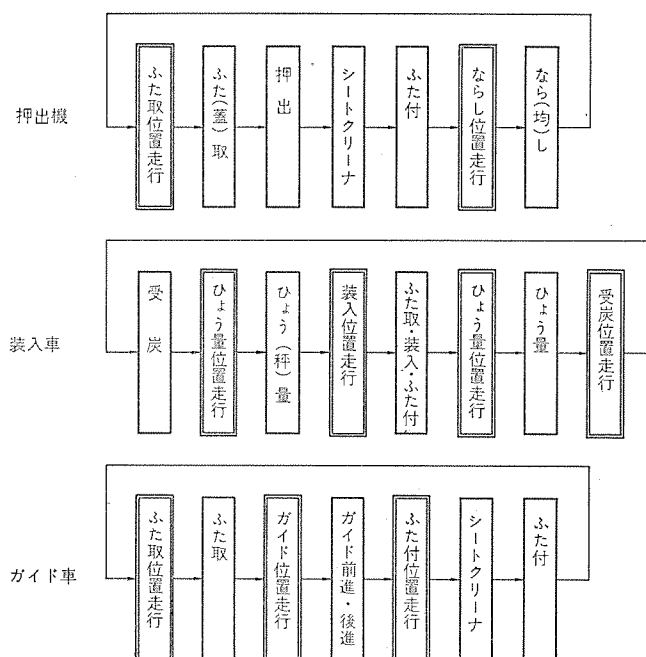


図1. 作業機械の運転プログラム
Operation program of working machine.

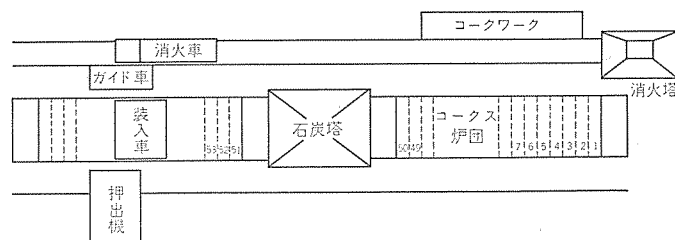


図2. コークス炉設備配置の一例
Example of coke oven installation.

表1. 作業機械の走行仕様
Specification of working machine travelling.

機 械 名	走行電動機 (kW)	最高速度 (m/min)	重 (t) 量	停 止 精 度 (mm)
押 出 機	(30~45) × 2 台	60~100	150~200	±5
装 入 車	(15~30) × 2 台	60~100	75~150	±10
ガ イ ド 車	15~30	40~80	50~100	±5
消 火 車	55~110	100~200	—	±150

し、最近注目されている プログラマブル なソフトウェアによる シーケンス 制御と若干のハードウェアによる バックアップを付加した方式に変更した。以下その詳細について述べる。図 2. は コークス 炉設備配置の一例、表 1. は各作業機械の走行の仕様を示す。

3. 制御装置の構成

コークス 炉の作業機械の動力は押出機の出用、ならし用、各車両の走行用などの主機には巻線形三相誘導電動機が、そのほか補機にはかご形三相誘導電動機と油圧あるいはエアシリンダが用いられる。一般に運転室に設置された操作盤の押ボタン、操作スイッチによって各用途ごとにまとめられた電磁制御盤内のモータスタータ、バルブ開閉器を動作させ電動機あるいはシリンダ用電磁弁が駆動される。

IC デジタル コントローラを使用する場合には、これらを収納したロジック盤と電磁制御盤を分離するためのインタフェース盤を設け、各種シーケンス用リミットスイッチや操作盤の押ボタンスイッチなどの端末機器はすべてインタフェース盤を経由してロジック盤へ信号が入り、ロジック盤からの出力はインタフェース盤を経由して操作盤の表示灯を点灯させ、各電磁制御盤内のモータスタータやバルブ開閉器を動作させる。

このように IC ロジック盤を外来ノイズから保護するために、一般にインタフェース盤を設けるほか、ロジック盤からのケーブルはシールド線を使用するか、他の制御ケーブルや動力ケーブルとは分離して布線するなどの方法がとられる。また周囲温度は最大 40℃ に保たれる。制御機器の構成を図 3. に示す。

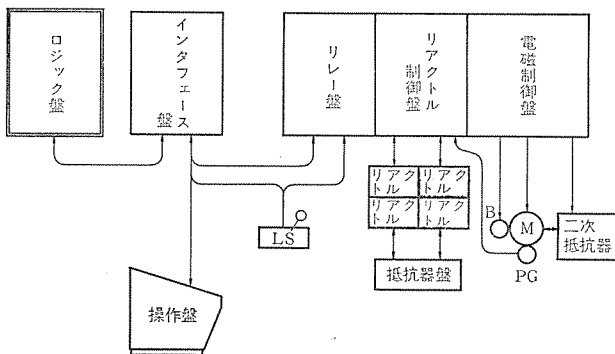


図 3. 制御機器の構成
Composition of control equipment.

4. コークス炉用 ROM (ダイオードマトリックス) 式デジタルコントローラ

4.1 設計の方針

コークス 炉のデジタル制御には、従来トランジスタカード 50 から 100 枚程度の機能の割には大形な制御装置を使用していたが、IC の制御装置分野への浸透ははげしく、コークス 炉分野にも小形化、高信頼性、保守のしやすさが要求されてきた。一方コークス 炉電機品をデジタル制御の分野から見ると下記の特長があった。

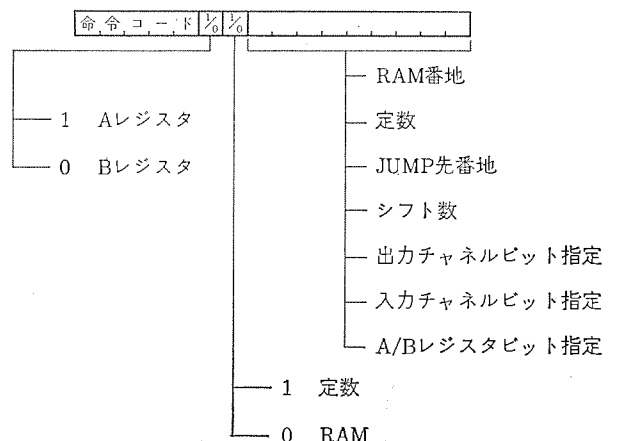
- (1) 1 軸絶対値位置決めである。番地は最大 256 程度あれば十分である。
- (2) 応答周波数は非常に遅い。機械が大形で低速であるため、位置決めフィードバック速度最大 2 Hz 程度である。
- (3) 比較的簡単な演算がある。指令値は炉番で与えられるが、実際のロジック番地とは異なるので補正する必要がある。
- (4) 簡単な順序シーケンスがある。順序シーケンスは機械ごとに異なる。

- (5) 手動時も現在値カウンタは動作すること。
- (6) 現在値は電源断時保護のこと。
- (7) 制御装置の環境が悪い。
- (8) 入出力点数は少ない。最大入力 64 点、出力 64 点あれば十分満足する。
- (9) 位置決めは手動だけであることがある。演算要素、カウンタ類は不必要なことがある。
- (10) シーケンスは現地改造することがある。

以上の特長とさらに保守のしやすさ、設計の省力化 (異なった機械、仕様に対して簡単に応答できる) を考えあわせ電子計算機ほどのむずかしいソフトウェアを必要とせず、ソフトウェア的考えではプログラムがむずかしい場合 (記憶容量が増大) にハードウェアで簡単にバックアップできるように考慮を払い設計を行なった。

4.2 仕様

- (1) 回路素子: TTL, DTL 集積回路主体一部シリコントランジスタ
- (2) 制御方式: 読出専用内部プログラム記憶方式 (ダイオードマトリックス)
- (3) 基本命令: 基本 19 種、ハード命令 4 種
- (4) 語長: 1 W=16 ビット
- (5) ステップ数: 最大 512 W, 1 ROM ユニット=128 W
- (6) 演算方式: 直列加減算、減算は絶対値演算符号なし
- (7) ワード構成:

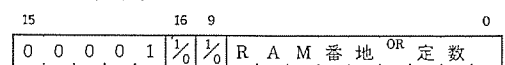


- (8) レジスタ: (a) ROM 最大 512 W, (b) 番地レジスタ 10 ビット, (c) インデックスレジスタ 10 ビット, (d) 演算レジスタ (A, B レジスタ), 12 ビット×2, (e) RAM 10 ビット×2, ただし、ハードウェアにて種々のカウンタ、数値入力を RAM 番地として割り付け A, B レジスタにロードし処理する。
- (9) 入力点数: 最大 64 点 (1 カード 32 点)
- (10) 出力点数: 最大 64 点 (1 カード 32 点)
- (11) 周囲条件: 温度 0~40℃, 相対湿度 95% 以下
- (12) 電源: AC 200/220 V, 100/110 V

4.3 命令の説明

[演算]

- (1) ADD (加算)



(動作) 10 ビット目の 1, 0 により RAM データまたは ROM の定数を B または A レジスタに読出し、A または B レジスタの情報を加算し、結果を A または B レジスタに読出す。

スタに帰り先番地（次の番地）をセットする。

(18) SUBE (サブルーチン完了)



(動作) サブルーチン完了CALS命令でインデックスレジスタに記憶されている帰り先番地へ。

[BIT判定]

(19) BJUG (A, Bレジスタビット判定) 2ワード命令

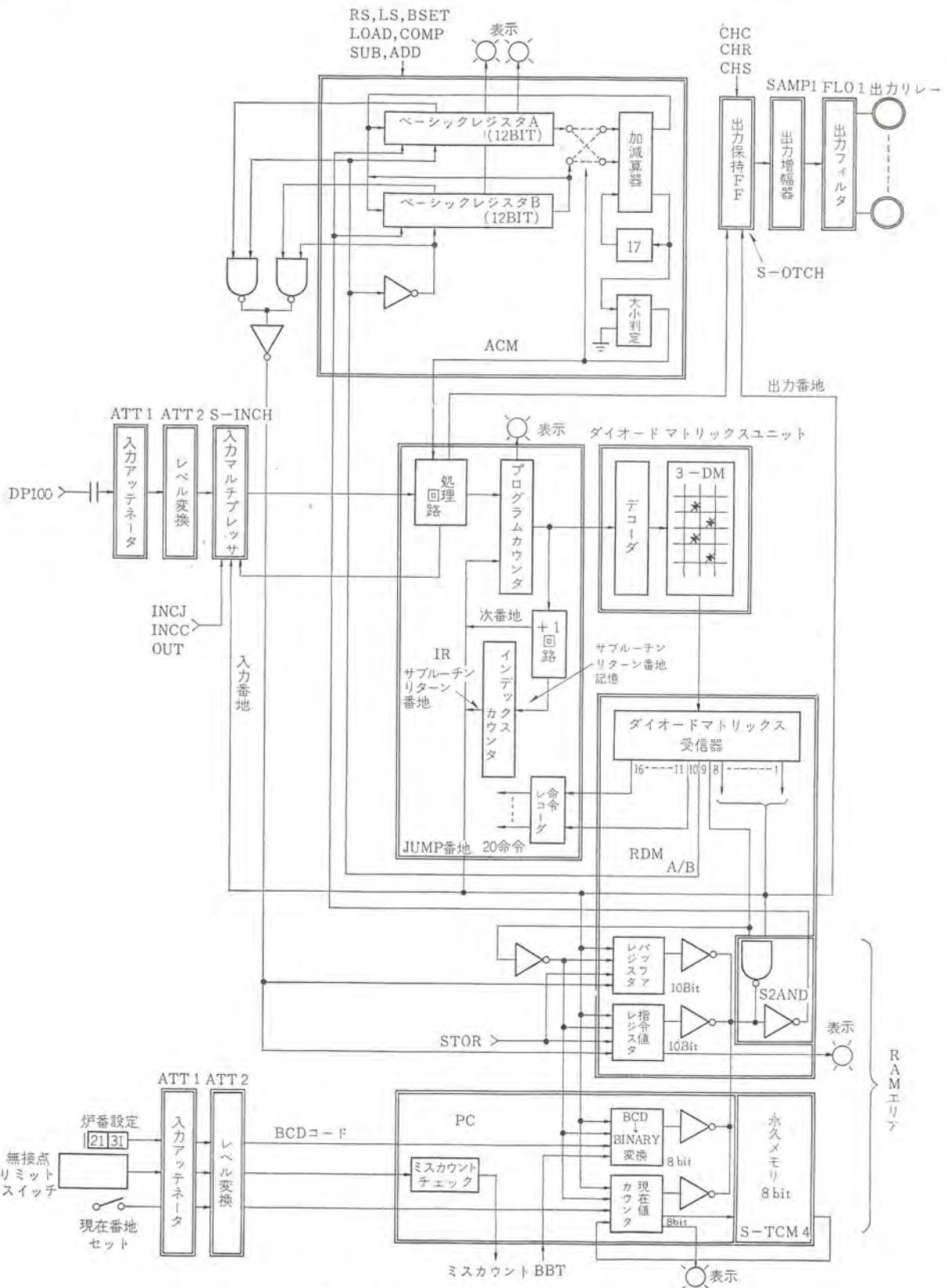
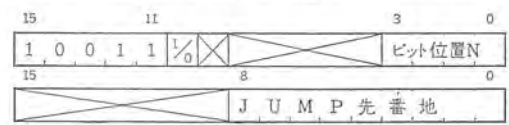
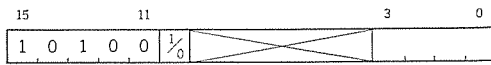


図 5. デジタルコントローラ 制御ブロック図
Control block diagram of digital controller.

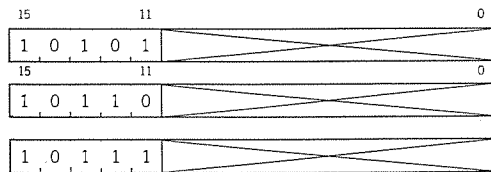
(動作) A または B レジスタの LSD から N ビット目が 1 ならば、次番地で指定された JUMP 先番地へ、0 ならば次の次の番地へ。

(20) BSET (A, B レジスタビットセット)



(動作) A または B レジスタの N ビット目だけを 1 にセットする。

(21) OP 1, 2, 3 (ハード起動命令)



(動作) ソフトウェアでプログラムすると複雑になると考えた場合、ハードウェアで組んだ機能カード（たとえば乗算など）を追加することによりこのシステムの機能 UP をはかりたい場合に使用する。

4.4 ROM エリア・RAM エリア

A, B レジスタ間で演算を行なう場合、そのレジスタに数値をロードしなければならないが、ロードする数値が定数の場合は ROM から、可変データの場合 RAM からロードしなければならない。ROM エリアとは読出し専用メモリ領域のことでこの制御装置ではダイオードマトリックスの番地であり、0 番地から最大 512 番地のことである。また RAM エリアとは可変データをあつかう領域のことで、ハードウェアでもうけたカウンタ、データの一時的待避レジスタ、ダイヤル入力等の数値データ入力のことをいう。図 4. にその概念を示したブロック図を示す。RAM エリアから AB レジスタにロードする場合、9 ビット目を 0 にしておくと 0 ~ 8 ビット目は RAM エリアの呼出し番地になり LOAD 命令にてデータが A, B レジスタのいずれか (A または B レジスタを指定するのは 10 ビット目) に呼出される。また ROM エリアから AB レジスタにロードする場合、9 ビット目を 1 にしておくと 0 ~ 8 ビット目は数値データとなり ROM で設定されたデータが A または B レジスタに読出される。

4.5 構成例

図 5. にこの制御装置の基本構成ブロック図を示す。初め電源が投入された状態ではブロック図の中程に書かれている IR カード内のプログラムカウンタは 0 であり、ダイオードマトリックスの 0 番地の命令を読出しており、RDM カード内のダイオードマトリックス受信器を通して命令デコーダに信号は行き命令の説明の項で述べた命令に分解され、それぞれの動作を行なって動作が完了すればプログラムカウンタは +1 されるかまたは JUMP 先番地にセットされるかして次のダイオードマトリックスの番地を指示し次の命令を呼出すのである。図 5. においてうへのほかに示した ACM カードは演算用の A, B レジスタが入っている。もし制御に演算が不必要ならばこのカードは抹消してもよい。ATT 1, ATT 2 カードは接点信号をロジックレベルに変換するためのアッテネータであり、入力判定や外部トリガのための信号を選択するためのマルチプレクサ S-INCH カードに導びかれている。右上部の S-OTCH カードは出力を記憶するためのフリップフロップ群であり、S-AMP 1 カード、FL-01 カードを通して出力リレーが吸引される。また下部の位置決めカウンタ専用ハード部は位置決めをロジックにて行なう機械の場合に必要であり、現在値カウンタや 10 進 2 進から純 2 進コードへのハードウェアでの変換回路を持つ PC カードである。

以上がハードウェアの概略構成の説明であるが、ソフトウェアはどのようなものか知るためにガイド車で行なわれたフローチャートの一例を図

6. ~ 9. に示した。この例では図からわかるように一つのメインプログラムと運転サブルーチン、補正サブルーチン、位置決めサブルーチンの三つのサブルーチンから構成されている。メインプログラムはガイド車の動きそのものである。コース炉の作業機械は押出機・装入車・ガイド車・消火電車の 4 車両が一体となって動作しているが、ここではプログラム例としてガイド車の動きだけを図 6. のメインプログラムに沿って述べてみる。ガイド車は始めはコース炉のふたを取りに指定の炉に走行して (#2) 位置決め完了すれば、コース炉の指定の炉のふたを取る (#6) そしてふた取りが完了すれば炉にガイドをあわせるため走行する。ガイド位置走行 (#9)。位置決め完了すればガイドを前進させ押出機よりのコース押出しを待ち、押出機からコースが消火車にむかって押し出され、押し出しが完了すればガイドを後進させ (以上 #15) ふたを炉に装着するために位置決めを行なう (#18)。位置決め完了すればシートクリナを行なって (#22) ふたを炉に取り付け (#25) 一つの作業が完了する。

運転サブルーチンは前述した各作業だけ行なう単独自動か、一連の作業を行なう全自動運転に操作盤のモードになっているかをチェックするためのものである。補正サブルーチンは実際の炉番と走行番地は異なるのでそれを補正するためのものである。指令は炉番で指定される。また位置決めサブルーチンは指令値と現在値を比較して走行方向を決定したり、減速点を設定したりする役目をしている。

以上プログラムの概要を簡単に述べてみたが、三つのサブルーチンは

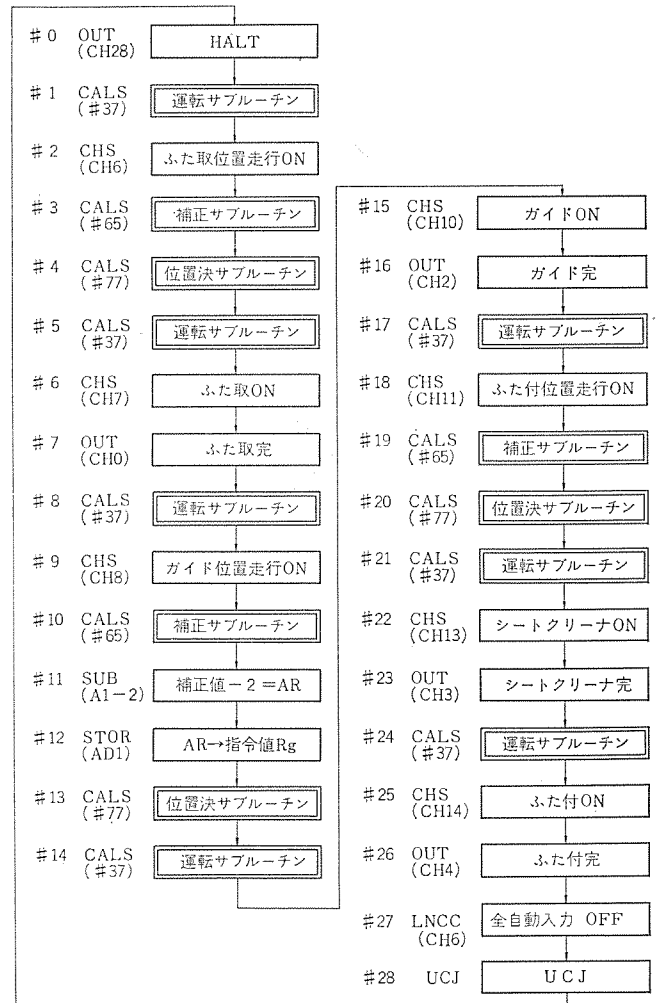
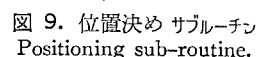
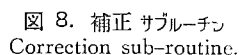
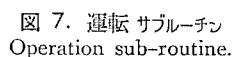


図 6. メインプログラム
Main block diagram.



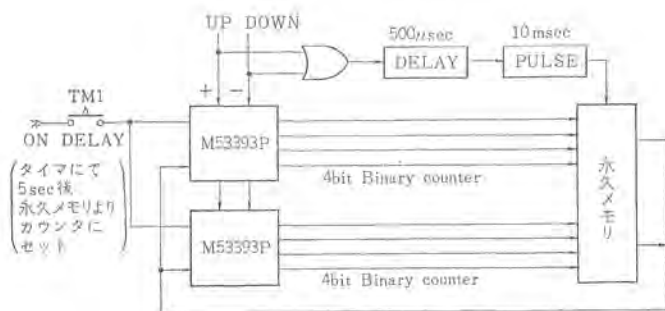


図 10. 現在値記憶方式
Present value memory system.

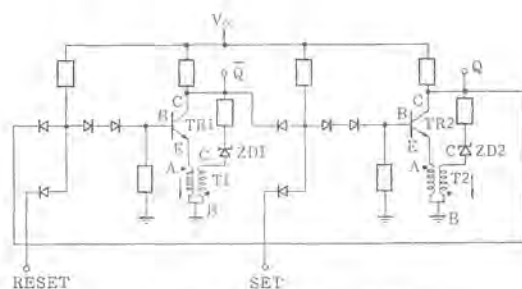


図 11. 1 BIT 永久記憶メモリ回路 (当社特許)
1 BIT permanent memory circuit.

他の機械でも使用できるので一度作成しておけばメインプログラムだけを書けばよいので、設計がきわめて簡単化されるという大きなメリットが出てくる。

4.6 現在番地永久記憶方式

コークス炉ではおのおのの機械は原点からスタートすることはきわめて少ないので、電源が断になった場合でも電源を再投入したとき、電源断時の現在値を記憶している必要がある。情報を永久記憶しておくには計算機用のコアメモリ装置があるが、それは主として 30ミル以下のコアを利用し大容量のものが多く数ビットの記憶には不適である。

当社では図 11. のとき回路を図 10. の構成で使用している。すなわち現在値カウンタ 8 ビットは三菱モレクトロン IC, M53393 P 4 ビット 2 進可逆カウンタを 2 個使用して作っている。カウンタに加算または減算パルスがくるとカウンタは加算または減算された後、ある時間遅らせて永久メモリのほうに現在値は転送される。電源が落ちて再び電源が投入されたとき、IC カウンタの中身はでたらめになるがタイマ TM1 により電源断時の現在値が永久メモリから IC カウンタにセットされるのである。

5. 位置決めカウント方式・カウントチェック方式

コークス炉関係では走行距離がきわめて長く、絶対値エンコーダなどの特殊な検出器を使用することはきわめてむずかしいため、当社では最も簡単な方法でコークス炉の鉄片 (検出ドグ) を無接点リミットスイッチによりカウントして位置決めを行なっている。そのカウント方式を図 12. に示す。無接点リミットスイッチ 4 個は図 12. に示すような配置になっているので、電車が移動すると LS0 から LS5 の波形は図 12. の中程に示したごとくなる。加算パルスは $\overline{LS0} \cdot \delta LS2$, 減算パルスは $\overline{LS0} \cdot \delta LS2$ をカウントするのでカウント位置で電車が震動し

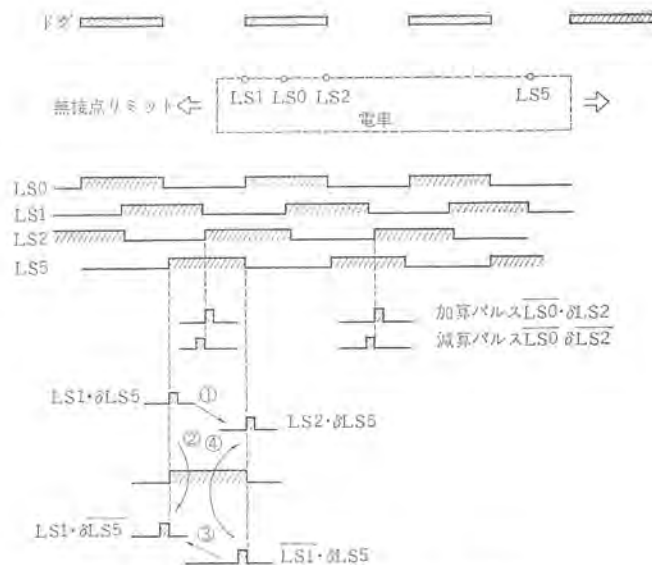


図 12. カウント方式, カウントチェック方式
Count system, count check system.

ても補正が行なえるようになっている。また無接点リミットスイッチが破損したり、鉄片との距離が大きくなりすぎたところがあったりした場合ミスカウントするので、下記の五つの条件をチェックしミスカウント検出を行なっている。

- (a) 正転時: LS5 を通過したとき、すなわち $\overline{LS1} \cdot \delta LS5$ の信号がきて $LS2 \cdot \delta LS5$ の信号がくるまでの間に、カウンタ入力が +1 以外ならばカウントミス
- (b) 正転時: LS5 に進入し ($\overline{LS1} \cdot \delta LS5$) LS5 を通過し終わらないうちに逆転し、LS5 を通過したとき ($\overline{LS1} \cdot \delta LS5$) +1 -1=0 以外カウントミス
- (c) 逆転時: LS5 を通過したとき、すなわち $\overline{LS1} \cdot \delta LS5$ の信号がきて $LS1 \cdot \delta LS5$ の信号がくるまでの間に、カウンタ入力が -1 以外ならばカウントミス
- (d) 逆転時: LS5 に進入し ($\overline{LS1} \cdot \delta LS5$) LS5 を通過し終わらないうちに逆転し、LS5 を通過したとき ($\overline{LS1} \cdot \delta LS5$) -1 +1=0 以外カウントミス
- (e) $\overline{LS5}$ のとき、カウンタ入力 0 以外カウントミス

6. む す び

以上コークス炉作業機械のデジタル制御装置について述べたが従来のトランジスタ式のワイヤードロジックに比べて IC の採用と、ダイオードマトリックスによる ROM 方式により装置が大幅に小形化され、同時にハードウェアがほとんど固定化されたため、工場ごとに回路を組む必要がなくなった。そのためハードウェアの内部の詳細を理解できなくともソフトウェアを理解することによって、だれでも容易にプログラムを組むことができ、プログラム変更などにも容易に応ずることができるようになった。デジタル制御分野における進歩は日進月歩であり、すでにここで紹介した装置にも前述したように新しい方式が市場に出ており、われわれメカとしてはこれらの研究開発をも続けてゆく所存である。

水処理設備へのマイクロコントローラ MELMIC の適用

盛 口 全 太*

Application of Micro-Controllers MELMIC 100 to Water Treatment Facilities

Head Office Zenta Moriguchi

With the recent upgrade of public welfare and development of cities, city water service and sewage treatment facilities are becoming larger in scale and complicated. Of the facilities, electric equipment plays a important role to control the whole installations. This makes it necessary to lay emphasis specially on the reliability and the ease in operation. This article introduces micro-controllers MELMIC 100 which has been developed and manufactured as a static sequence controller with arithmetic counting facilities and is now rapidly prevailing in the application. MELMIC 100 promotes the serviceability, the reliability and works for labor saving. Some examples of application are shown for the information to those who are concerned with the electric equipment of water treatment systems.

1. ま え が き

最近の都市の拡大発展、人口の集中化、生活水準の向上に伴い上下水道設備はますます大規模化、複雑化していく傾向にある。

しかし環境の急激な発展に伴って水処理設備が順調に増強されているとは、いいがたい。毎年夏になると新聞紙上ににぎわす異常渇水の問題や、何年も待たなければならない家庭の水洗化等は、まだまだわが国の上下水道設備の貧弱さを物語っている。

したがって国や各自治体の上下水道整備計画は、年々著しく増加し、当社も総力をあげてこれに協力している。

当社の水処理設備電機品の製作についての経験と実績は古く、豊富な人材と技術力により全国各地へ多数納入し市民生活向上へと貢献してきている。

これまでにも本誌などに各種電気設備の紹介や説明をしているが、ここでは主として上水取水ポンプや、下水送水ポンプに適用される回転数自動制御装置に、超小形コンピュータとして三菱マイクロコントローラ MELMIC を採用した例を紹介する。

はじめに MELMIC の概要を記し、回転数制御装置としてどのような機能を果しているか、今後どのような分野に適用すれば、設備の省力化などに役立つかを述べる。

2. MELMIC の概要

2.1 MELMIC の性格

MELMIC は、従来のリレーや半導体素子の組みあわせ回路で構成されるワイヤードロジック装置と、計装も含めた演算装置と、計算機のもつプログラム制御機能を兼ねそなえたシステムコンポーネントコントローラといえることができ、その特長は下記のごとくである。

(a) 加減乗除演算機能があるので、アログ計装回路に比してより精度の高い演算制御が可能である。

(b) 制御シーケンスをロジックプログラムを組むことにより簡単に作成できる。

(c) プラント試運転完了までは、RAM (ランダムアクセスメモリ) 装置を使い、制御シーケンスが固まった後は、それを

ROM (リードオンリーメモリ) に切換えて信頼性を高めることができる。

(d) 上位計算機との接続も可能であり、種々の用途に使われる可能である。

(e) システムコンポーネント式であるため、プラントごとに経済的な構成が可能である。

(f) 将来、システムの増設、変更が生じた場合プログラムの変更はROMのプリント基板を交換するだけでよい。

2.2 MELMIC の構成と機能

MELMIC は、演算制御ユニットを中心として、その周辺に各種の周辺装置を接続するビルディングブロック方式がとられており、構成および各ユニットの主要性能を図1. および表1. に示す。

演算制御ユニットは、各種の周辺装置を介して読み取った入力信号

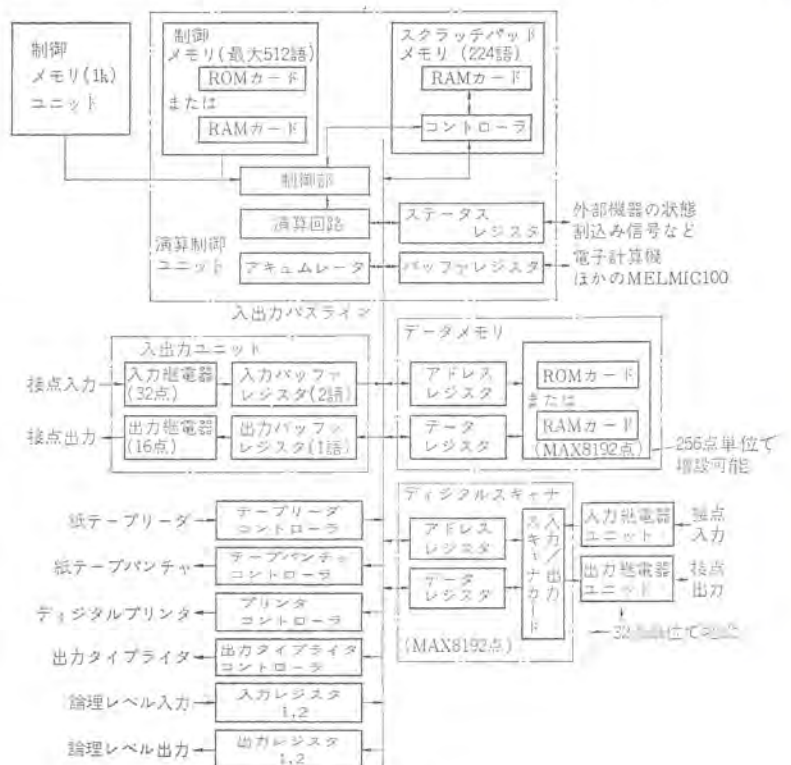


図 1. MELMIC 総合系統図
System configuration of MELMIC.

表 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1k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：4μs/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8,192点 接点または，論理レベルインターフェース
データメモリ	256語単位で最大8,192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 論理レベルインターフェース
紙テープリーダー	読取り速度 1,000字/分
紙テーププリンタ	穿孔速度 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書き込み装置	読出し専用メモリへのプログラム書き込み
RAM書き込み装置	リードライトメモリへのプログラム書き込み，またはシステムメインテナンス用

表 2. MELMIC 命令一覧表
Instructions 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. RAM 書込装置
RAM entry device.

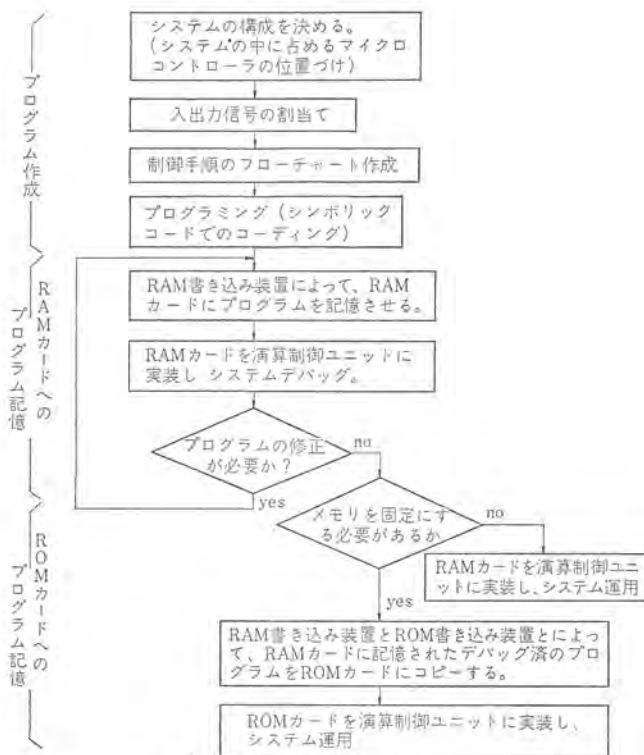


図 3. MELMIC 100 システムプログラム手順
How to use MELMIC.

をもとにして判断・演算処理・照会等を行ない，その結果を周辺装置を介して被制御系に与える。シーケンスの制御手順は順序づけられた“命令”の形でプログラムされて制御メモリ（RAM または ROM）に記憶され，そのプログラムを順次実行することによって必要な制御を行なう。

MELMIC の命令体系を表 2. に示す。

また図 2. は RAM 書込装置であり，ここから RAM へのプログラム書込やプログラムデバッグを行なう。

2.3 MELMIC の使用法

MELMIC を制御系に組み込む場合の手順を図 3. に示す。

接点信号・数値データなどの外部状態はいったん，各周辺装置のレジスタに記憶されて入出力が行なわれる。

シーケンス制御は，もちろん基本27種の命令の組み合わせによってプログラムすることができるが，入出力条件の関係をブール代数の形にまとめ，これをシーケンスリストとしてデータメモリに記憶させ，シーケンスリストを順次解釈するプログラムパッケージを制御メモリに実装して実行させることにより，多量のシーケンスをより簡単にプログラミングすることができる。

このとき，スクラッチパッドメモリ（演算制御ユニットに内蔵）を使用

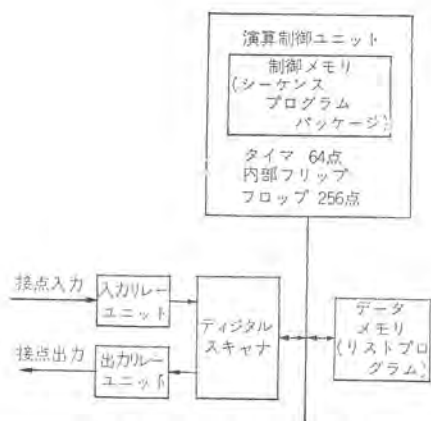


図 4. シーケンス制御系の構成
Sequence control system of MELMIC.

すれば、内部フリップフロップ256点、タイマ64点が内蔵される。

またリストの命令は11種類でその形式は基本27命令と同一であるが、機能はまったく新しいものである。

図4. にシーケンス制御の場合のシステム構成図を示す。

このように MELMIC を導入するプラントに演算制御機能と、シーケンス制御機能の必要度の割合に応じて、シーケンスパッケージを装備するかしないか決めればよい。

3. 上水設備への応用

3.1 概要

上水設備の分野を大きく分けるとつぎのように分類される。

- (a) 取水設備……………流入ゲート、取水ポンプ
- (b) 沈殿池設備……………掻寄機、排泥汙バルブ
- (c) ろ(汙)過池設備……………洗浄ポンプ、バルブ
- (d) 薬注設備……………凝集剤・殺菌剤・中和剤注入機
- (e) 送配水設備……………送水ポンプ、配水ポンプ

これらのうちで、シーケンス制御が主になるものと、演算制御が主になるものを分類すると下記のごとくなる。

(a) シーケンス制御

沈殿池設備……………排泥汙のタイマプログラムによる自動引抜制御

ろ過池設備……………汙過池洗浄プログラム制御

(b) 演算制御

取水設備……………水位・流量・圧力制御

薬注設備……………原水流量・濁度・アルカリ度等に対する比率薬品注入制御

送配水設備……………水位・流量・圧力制御

このような制御に対し現在では、リレーやアナログ工業計器を適用しているケースが一般的であるが、これらすべての制御に MELMIC を適用することができ、その効果は大きいと思われるが、ここでは、取水設備の流量制御に採用した例について述べる。

3.2 取水ポンプ流量制御(回転数制御)

この取水ポンプ場は、河川から水路を設けて引き入れた水を浄水場へ加圧送水するものであるが、ポンプの容量に比してポンプ井および吐出井の容量が極端に小さいため、従来の吐出井水位一定とするフィードバック制御だけでは池の水位の変動が大きすぎ、場合によってはあふれたり、底をついたりする恐れがある。

また、種々の理由によりポンプ吐出流量を計測する装置を設置することができない。

このようなときは、浄水場取水流量と、吐出井の現在水位を目標水位に近づけるべき演算した修正流量とを、ポンプP-Q特性曲線から直接ポンプ回転数に変換してやるようなフィードフォワード的制御が必要となってくる。

また、河川水位と取水流量の間には、取水ポンプを運転させなくともバイパス水路を通させることにより、自然流下で取水することのできる関係が存在する。これを演算させることにより自然流下可能な表示を外部に出し、ポンプのむだな運転をさけることもできる。

このような理由で MELMIC を採用したが、図5. にそのスケルトンフローチャートを示す。

このうち図5. は割込処理フローとイニシャルオペレーションフローを示し、図6. はポンプ演算制御フローを示す。

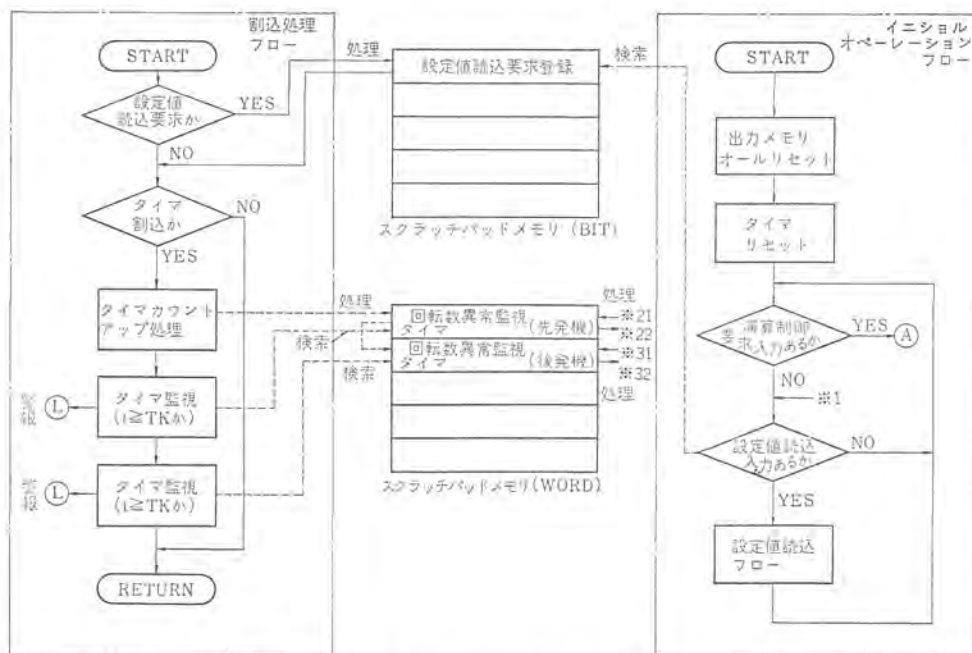


図 5. スケルトンフローチャート1
Skeleton flow chart-1.

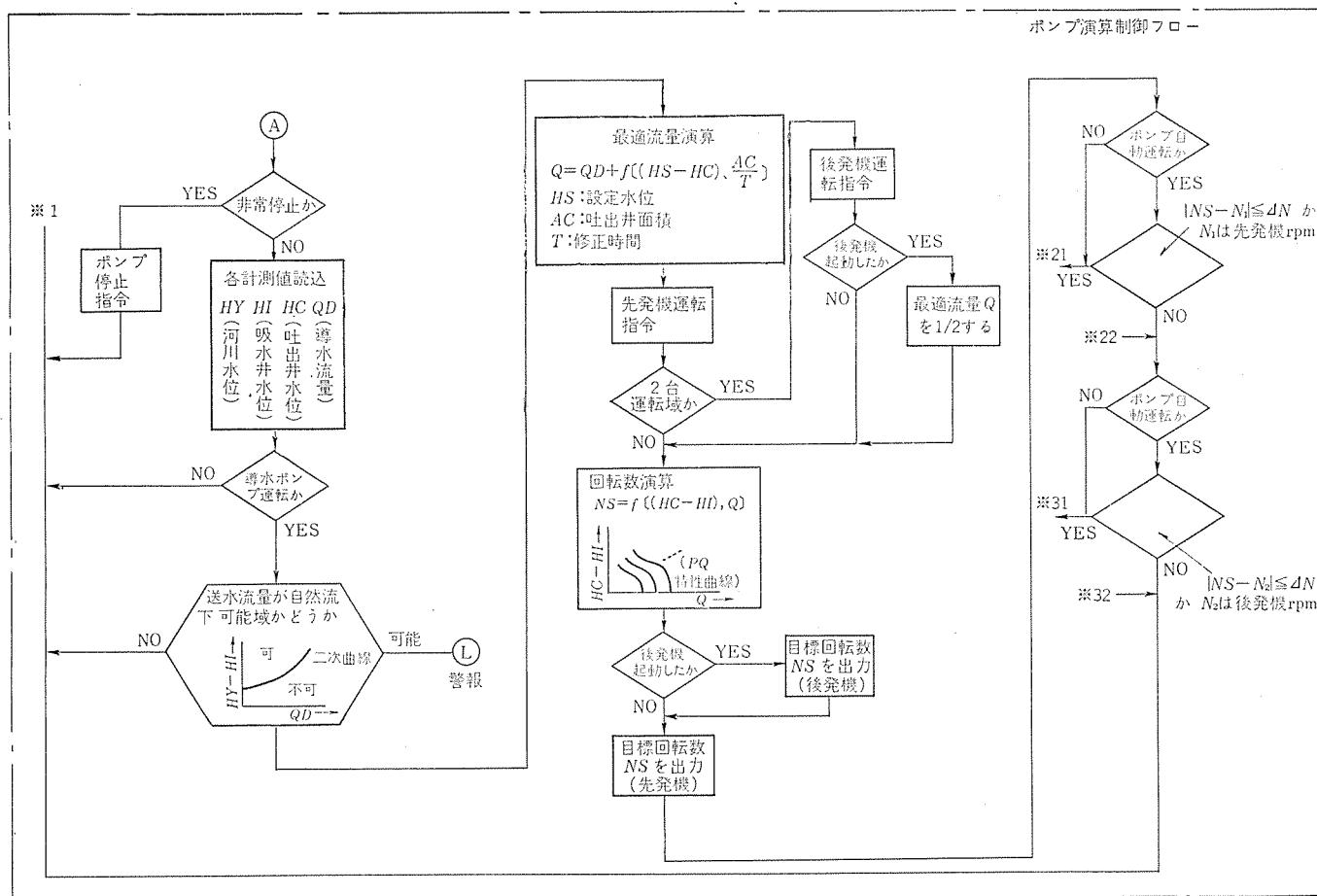


図 6. スケルトン フローチャート 2
Skeleton flow chart-2.

MELMIC の動作としては、電源スイッチを入れプログラムスタートスイッチを ON することにより、まずイニシャルオペレーションフローがスタートし、フローのごとくプログラム走査しながら待機している。そして以下に示す条件にて割込処理フローへ飛んで処理が終了すると再びイニシャルオペレーションフローへ戻ってくる。

(a) タイマとして利用するためにある時間ごと(普通1秒位)に外部より割込をかけ、スクラッチパッドメモリにカウントする。

(b) 自然流下可能曲線の係数や、ポンプ特性曲線係数等を外部ディジタルスイッチより設定値読込として押しボタンによる割込をかけスクラッチパッドメモリのレジスタに記憶させる。

ポンプ演算制御フローは、イニシャルオペレーションフローの一部とも考えられ、外部切換スイッチを演算制御としたときにこのフローを走査することとなる。

このフローで目的とする流量演算制御を行なうわけであるが、その内容は大きくわけて下記ようになる。

- (a) 自然流下送水可能、不可能を判断するフロー
- (b) 送水最適流量を計算するフロー
- (c) ポンプ揚程と流量から回転数を決定するフロー
- (d) 出力した設定回転数と実際の回転数の誤差を監視するフロー

(a) のフローは、横軸を流量に縦軸を水位差にしたグラフ上の特性曲線(この場合は二次曲線となる)の上下で自然流下可能・不可能の判断を行なっている。もちろんハンチングを防止させるためのヒステリシスも考慮してある。

(b) のフローは、浄水場取水流量と、吐出水位を目標値に近づけるべき補正流量との和を求める演算を行なっている。

(c) のフローは、横軸を流量に縦軸を水位差にしたグラフ上にポンプ P-Q 曲線を想定する。この場合、回転数をパラメータとして各ステップごとに何本か作り、ある瞬間の流量と水位差の交わる点がどの回転数の曲線の間にあるかを検索し、たとえば下側の回転数が N_1 、上側の回転数が N_2 とすれば、その間は比例配分することとして回転数決定し、出力している。

(d) のフローは、自動運転時のみのフローであるが、設定回転数と実際回転数の差がある値以上となり、それが一定時間以上継続すると回転数異常として外部へアラームすることとしている。

またこのシステムでは、同じ構成のものを2セット常時運転させておき、片方のセットがパリティエラー等で故障した場合は、出力側を自動的に切り換えるフェイルセーフとしている。この方式は2台の出力側をリレー接点で自動切換えを行なうという簡単なものであるが、運転指令などの瞬断に対してはシーケンサが応答しないことと、D/A 変換後のアナログ出力をいったんサーボメモリで中継していることから、MELMIC 出力の切替時の瞬断は制御系にほとんど影響を与えていない。

ここで1セット分の構成を次に記し、その構成図を図7.に示す。

- (1) 演算制御ユニット (MELMIC 101) 1台
- (2) 制御メモリユニット (MELMIC 183 (1kW)) 1台
- (3) 入出力ユニット (MELMIC 124) 1台
- (4) 入出力インタフェースユニット (MELMIC 150) 1台
- (5) デジタルスキャナユニット (MELMIC 103) 1台
- (6) デジタルスキャナ電源ユニット (MELMIC 194) 1台
- (7) インタフェース補助箱 1台

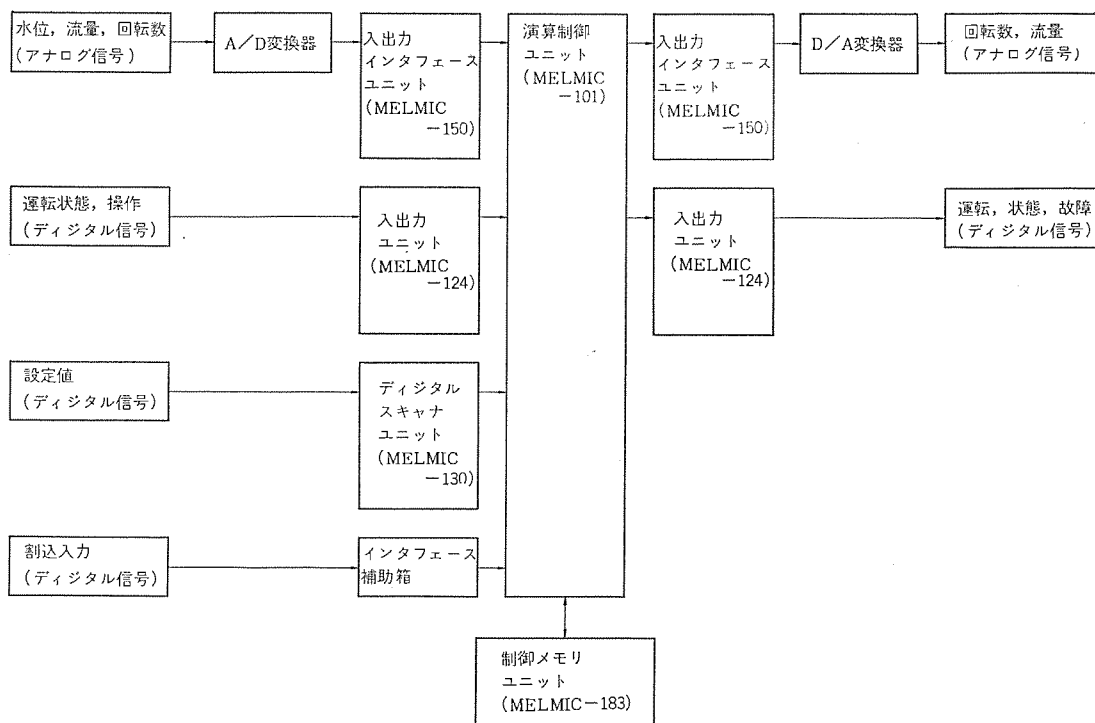


図 7. 取水ポンプ流量制御構成
Configuration of pump flow control.

- (8) A/D変換器..... 6台
(9) D/A変換器..... 3台
(10) デジタル設定器..... 1式

4. 下水設備への応用

4.1 概要

下水設備と一口にいってもその範囲は広いが、常識的な範囲でその分類をしてみるとつぎのようになる。

- (a) 沈砂池設備.....ゲート、除じん(塵)機、コンベア
(b) ポンプ設備.....雨水ポンプ、汚水ポンプ、バルブ
(c) 最初沈殿池設備.....引抜バルブ、掻寄機、汚泥ポンプ
(d) ばつ(曝)気そう(槽)設備.....ブロー、タンパ
(e) 最終沈殿池設備.....引抜バルブ、掻寄機、汚泥ポンプ
(f) 汚泥濃縮設備.....バルブ、汚泥ポンプ
(g) 汚泥脱水設備.....真空脱水機、加圧脱水機、ポンプ
(h) 薬注設備.....凝集剤注入機
(i) 汚泥焼却設備.....バルブ、ポンプ、ファン、バーナコンベア

この中でシーケンス制御が主になるものと、演算制御が主になるものを分類すると下記のごとくである。

(a) シーケンス制御

沈砂池設備.....除じん機、コンベア、バケットエレベータ等の一連の連動運転、タイマによる自動間けつ運転

最初沈殿池設備.....生汚泥引抜バルブのタイマプログラムによる自動引抜制御

汚泥濃縮設備.....各その液位による自動運転

汚泥脱水設備.....真空脱水機の連動運転、加圧脱水機のプログラム運転

汚泥焼却設備.....焼却炉周辺機器の連動運転、バーナのプログラム運転

(b) 演算制御

ポンプ設備.....ランダムに変化する流入量に対して最適なるポンプ井水位を保つポンプの回転数制御

ばつ気そう設備.....汚水流入量に比率演算した空気量、またはばつ気そう溶存酸素濃度を一定にする空気量制御

最終沈殿池設備.....汚水流入量に比率演算した返送汚泥量または汚泥濃度に演算した返送汚泥量制御

薬注設備.....処理水水質に演算した薬品注入量または汚泥流量および濃度に演算した薬品注入量制御

これらの制御に対して3項の上水設備のところでも述べた同じ理由によりMELMICを適用することが可能であり、またその効果も大きいものがあるが、ここでもポンプ設備の水位制御に採用した例について述べる。

4.2 下水ポンプ流入井水位制御 (ポンプ回転数制御)

一般的に下水ポンプ場に流入してくる下水流量の変化は、上水の配水流量などと比べるとランダムであり、ポンプ井の水位変動に対処したポンプ吐出流量制御が必要である。またポンプ井の形状は沈砂池も含めて普通図8.のごとくになっており、適当な流入流量測定の方法がない。

このようなポンプ場で、流入流量が変化したり、ポンプ吐出量に変化した場合どのようなかを検討してみる。

ある流入量に対してポンプ吐出量が多くなるとポンプ井水位は図8.においてWL2(点線)のごとくなり、みかけのポンプ揚程は高くなって不経済となるし、さらに水位が下がれば、ポンプを停止しなければならなくなる。

一方流入量に対して吐出量が少なくなるとポンプ井水位はWL3(一点鎖線)のようになり、流入してくる水を止める形になり流入管路などに泥や砂等が沈殿してしまいやすくなる。ただしこの場合でも流入量が多いときは、流速も速いので前述のような恐れは比較的少ないといえる。

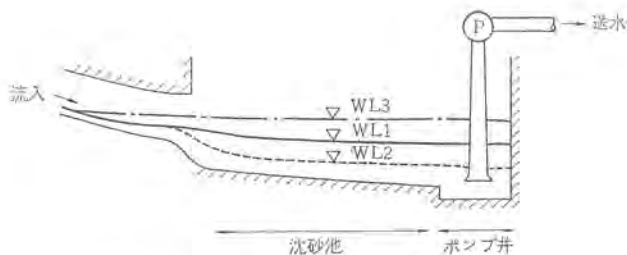


図 8. 流入量とポンプ井水位
Income flow and level of pump water storage.

そこでポンプ井水位と流入量との間には、おのずと最適な関係が生じ、その水位 WL1 (実線) にて運転すべくポンプ回転数制御する必要がある。

このような制御を具体的にどうすれば解決できるか次に述べる。ポンプ井への流入量に変化するとそれが水位の変動として現われるが、現在水位 H_N とたとえば β 分前に測定した水位 H_{N-1} とをくらべることにによりその変動幅 $(H_N - H_{N-1})$ をとらえる。

一方現在の水位と設定水位 H_C との偏差をも求める。そして求められた二つの水位偏差から変化すべきポンプ吐出流量を求め、その変化流量に対するポンプ回転数変化分を求め、最適回転数になるようにポンプの制御を行なう。

いま H_N = 現在水位 Q_N = 現在のポンプ井滞水量
 H_{N-1} = β 分前の水位 Q_{N-1} = β 分前ポンプ井滞水量
とすると

$$Q_N = K_1 \cdot H_N + K_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{N-1} = K_1 \cdot H_{N-1} + K_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\therefore Q_N - Q_{N-1} = K_1 \cdot (H_N - H_{N-1}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで K_2 は定数で K_1 はある水位における単位水深あたりの滞水量であることがわかる。また K_1 は図 9. のごとく使用範囲ではほぼリニアとなるような特性をもっている。

$$\therefore K_1 = AH_N + B \quad \dots\dots\dots (4)$$

A, B は定数

とおくと式 (3) は

$$Q_N - Q_{N-1} = \Delta Q_{NP} = (AH_N + B) \cdot (H_N - H_{N-1}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

となる。

つまり式 (5) からある時間 T_{N-1} から T_N までの水位変動分 $(H_N - H_{N-1})$ に対する滞水量の変化がわかる。

したがってポンプ吐出量一定とした場合の流入流量の変化分は、 $T_{N-1} - T_N = \Delta t$ とすると

$$\frac{\Delta Q_{NP}}{\Delta t} = \frac{(AH_N + B) \cdot (H_N - H_{N-1})}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots (6)$$

次に H_C = 設定水位 とすると H_C 時の滞水量は

$$Q_C = K_1 \cdot H_C + K_2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる。

$$\therefore Q_N - Q_C = \Delta Q_{NC} = (AH_N + B) \cdot (H_N - H_{N-1}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

いま α 時間後に H_C になるようにするには、単位時間あたりに、 $\frac{(Q_N - Q_C)}{\alpha}$ だけ滞水量を変えらるにすればよい。

$$\therefore \frac{\Delta Q_{NC}}{\alpha} = \frac{(AH_N + B) \cdot (H_N - H_C)}{\alpha} \quad \dots\dots\dots (9)$$

したがって変化させるべきポンプ吐出量は式 (6) と式 (9) によ

$$\Delta Q = f \left(\frac{\Delta Q_{NP}}{\Delta t}, \frac{\Delta Q_{NC}}{\alpha} \right) \quad \dots\dots\dots (10)$$

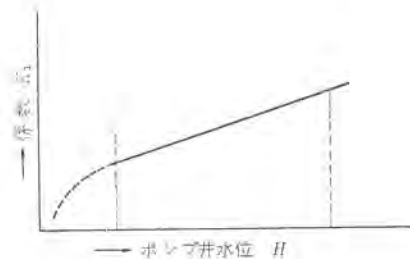


図 9. K_1 - H 特性
Characteristic curve of K_1 - H .

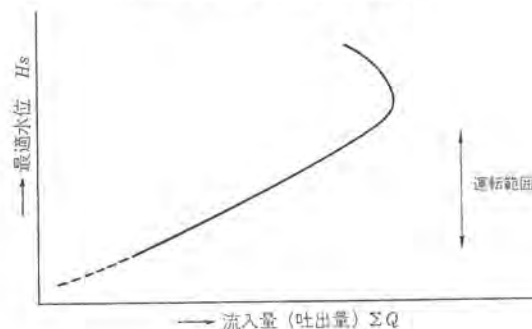


図 10. H_s -流入量特性
Characteristic curve of H_s -income flow.

として求められる。

次に現在回転数 S_N で回っているポンプが単位回転数変化したときの吐出量変化はポンプ特性より

$$\frac{\Delta Q_N}{\Delta N} = E \cdot S_N + F \quad \dots\dots\dots (11)$$

E, F は定数

となる。したがって目標回転数は式 (10), (11) より

$$S = S_N + \frac{\Delta Q}{\Delta N} \quad \dots\dots\dots (12)$$

となる。

また本項の初めにも述べたように流入量に対する最適なるポンプ井水位 H_s の関係式があるが、一般に図 10. のようになり運転範囲内では次式のように近似できる。

$$H_s = M \times \Sigma Q + N \quad \dots\dots\dots (13)$$

M, N は定数

ここで流入量を ΣQ (全ポンプ吐出量) としているのは、安定運転にはいった状態では、流入量と全ポンプ吐出量とは近似的に等しいとみて実用上差しつかえないからである。

そしてこの H_s を刻々変化する最適水位として式 (8), 式 (9) の設定水位 H_C のかわりに用いることにより、最適水位を考慮した目標回転数を求めることができる。

以上の制御方式について述べたが、実際に MELMIC の演算制御フローを図 11. に示す。この装置でも 3 項の場合と同じように、このほかにイニシャルオペーションや設定値読込フローはあるが、同様の方式なので省略する。

また本装置の構成を次に記す。

- (1) 演算制御ユニット (MELMIC 101) (0.5 kW) 1 台
- (2) 入出力ユニット (MELMIC 124) 1 台
- (3) 入出力インタフェースユニット (MELMIC 150) 1 台
- (4) デジタルスキャナユニット (MELMIC 103) 1 台
- (5) デジタルスキャナ電源ユニット (MELMIC 194) 1 台

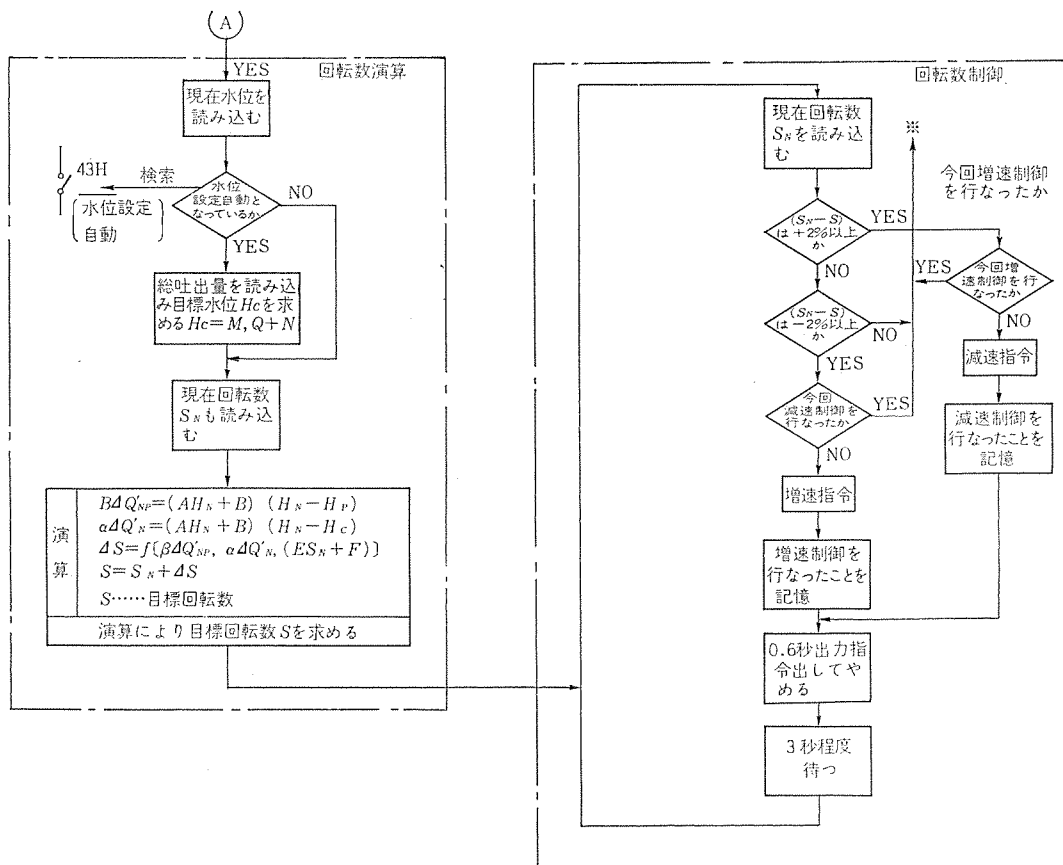


図 11. 回転数制御 スケルトン フローチャート
Skeleton flow chart of speed control.

- (6) インタフェース 補助箱..... 1 台
- (7) A/D変換器..... 4 台
- (8) デジタル 設定器..... 1 式

5. む す び

水処理設備用電気品の分野ほど急激な発展をし、また自動化に向かって進んでいるものは最近では他に例をみないほどである。とくに自動化については、主に設備の増加と、人手不足との二つの理由からどうしても今後のさけられない問題となってきている。

そしてその信頼性はますます高いものを要求されるだろう。このようなことを考慮すると、シーケンス制御にしるアナログ制御にしる従来のリレーや工業計器のみを使って設備の増設に対処していったのでは、いたずらに部品がふえ、配線が複雑になるのみでせいかくの自動化も毎日の点検に人手をとられてしまう結果になる。

要するにメーカ側にとってもユーザ側にとっても

- (1) 製作・調整・変更の容易なこと

- (2) か(稼)動後は信頼性や操作および保守の面で専用コンポーネントとみなせること

が主要な要求事項となっている。

マイクロコントローラ MELMIC 100 はこれらの現状に適応する装置として「コンピュータのはん(汎)用性」と「ワイヤードロジックの専用性」のもつそれぞれの長所を生かして開発・製作されたものであり、今後のプラント制御装置の一つの方向を示唆するものであると思われる。

幸いにも、採用されたプラントではすべて順調にか動しており、今後の適用計画は確実に増加してきている。

最後に、MELMIC 採用にあたっては各関係ユーザのかたがたの特別のご配慮とご理解を賜ったのでここに深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 服部, 増田, 渡辺: 下水道研究発表会講演集, (昭 48)
- (2) 松村: 電子科学, 21, No. 9 (昭 46)
- (3) 山下, 山本: 三菱電機技報, 47, No. 8 (昭 48)

ハイレベル データ リンク制御システム

磯崎 真*・首藤 勝**・松永 宏*
水野 忠則*・森 伯郎*・中塚 茂雄*

High-Level Data Link Control System

Kamakura Works Shin Isozaki・Masaru Sudo・Hiroshi Matsunaga
Tadanori Mizuno・Hakuro Mori・Shigeo Nakatsuka

High-level data link control procedure raises the conventional data transmission level as far as the level required by a future data processing system so as to be a nucleus of transmission control system of high level. All the information system are anticipated to be increasingly higher level and more multifarious. In this information system and its network, this new system is expected to operate to effect the transmission control of high speed, high efficiency and high reliability and to be standardized internationally.

In this paper are described the outlines of the high-level data link control system completed recently through the utilization of minicomputer and the technical background of it.

1. ま え が き

計算機や端末装置が回線あるいはそのネットワークを通じて互いにデータおよび他の制御情報のやりとりを行なうためには、一定のルールに従わなければならない。

それは、本来、計算機・回線網・端末などがおのおの全く異なった機能・特性をもっているにもかかわらず、相互のステータスに依存しながら、一つのシステムとして有機的、かつ効率よく結合され、運用されなければならないからである。

このようなシステムにおけるルールを、データリンク制御方式、伝送制御手順、またはTSSなど計算機システム側ではプロトコルなどと呼ばれ、いろいろなレベルのものが存在する。

すなわち、人と人との会話をデータ通信と対比すれば、情報交換用コードやそれらの組み合わせは、単語であり、データリンク制御方式、手順とよばれるものは文法と考えることができる。

このような単語や文法については、国際的にもISO/TC 97/SC 6において標準化がとりあげられ、これまでにISO/R-646で定義される7ビットコード、ISO/DR-1745のベシックモード制御手順などで一応の成果がみられる。

一方、近年におけるデータ通信システムの適用分野、規模の拡大に伴って、前記ベシックモード制御手順よりも、信頼性、パフォーマンス、トランスパレンシーにおいて一段とすぐれた方式が、とくに計算機側から要望されるようになった。

1970年の国際会議におけるIBMの提案を契機として、ISOでも積極的にこのテーマが取りあげられ、その後ハイレベルデータリンク制御手順と称した画期的な方式の開発と標準化が推進されることになった。

現在このハイレベルデータリンク制御手順は、ISO/TC 97/SC 6における最重要課題の一つとして、技術的討議と標準化への具体的作業が進められている。

また国内でも情報処理学会において、標準化をめざした方式の検討が進められている。

ここでは、計算機システムと、高性能通信制御装置開発の一環として研究を進め、このたび試作完了した、ミニコンピュータ利用によるハ

イレベルデータリンク制御システムについて、その概要を報告する。

2. ハイレベル データ リンク制御方式の特長

2.1 ベシックモード伝送制御手順との相異

従来広く適用されてきたベシックモード制御手順との対比によって、ハイレベルデータリンク制御手順の特長を述べる。

ベシックモード制御手順における基本思想・原則は次のようなものであった。

(1) 伝送される情報は原則としてISO/CCITT-7ビットコードで構成される。

(2) すべての伝送制御機能は設定された10個の伝送制御キャラクタ(TC₁~TC₁₀まで定義)の範囲で遂行される。

(3) ソフトウェア、ハードウェアの機能と、そのインタフェース、またデータ情報および、監視シーケンスの発生、検知はとくに規定されない。

(4) 伝送は速度および同期方式に関して自由である。

(5) 片方向伝送を基本としたシーケンス、応答方式である。

このようなベシックモード制御手順における特性は、やがて計算機システムや、他のデータネットワークの高度化、多様化が進展するにたがって、本質的ないくつかの欠点が指摘され問題となった。

それは高速度・高信頼性・高効率が要求される伝送制御において伝送方向の反転、シーケンス応答では効率が悪いこと、適用できるコードが自由でなく、誤り制御をふくむシーケンス応答形式を矛盾なく高度化できないこと、などによるものである。

これらの問題点を計算機システム側からみて整理すると、つぎのとおりである。

(a) 計算機相互間などにおけるバイナリ伝送や、異なったコード体系をもつシステム間の結合、制御が困難である。

(b) システムおよび適用機種種の制御レベルごとに手順のとりきめが必要で、ソフトウェアとハードウェアの体系化および標準化が必要である。たとえばベシックモードをインタラクティブ/バッチの両システムに適合させたり、トランスパレントモードへの拡張をはかろうとする場合、コードの取り扱いや、シーケンス制御上矛盾・冗長が生じるためである。このことは一般にシステム、装置のコストアップにつながる。

(c) シーケンス制御上の制約が多く、システム効率をあげるような

表 1. 基本目標
Basic target.

コ ー ド	コードインデペンデント(ビットオリエンテッド)
制 御 方 式	シーケンス応答方式でなく、遅れ応答方式
通 信 方 式	全二重通信がベース
信 頼 性	計算機周辺装置と同等の信頼度
誤 り 制 御	すべてのデータ、応答の誤り制御
パ フ ォ ー マ ン ス	高い伝送効率、高速伝送、最小遅延

プログラムが組めない。

(d) 広域 TSS,あるいはコンピュータネットワークのようにトラヒックが大で、かつインタラクティブな制御を行なうシステムにおいては、伝送上を含むシステム全体の効率をあげることができない。

一方ハイレベルデータリンク制御手順は、ベーシックモードにおける諸問題の解決を目指すもので、基本的に表 1. のような目標が設定されている。

2.2 ハイレベルデータリンク制御方式

ハイレベルデータリンク制御手順の特長を従来のベーシックモード制御手順と対比して述べたが、ここではこの制御方式の技術的経緯と特性について整理する。

この方式は ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedure) として ISO において審議が重ねられ、第 9 回 ハーグ会議以来、ビットオリエンテッドの方向で、その大わく(枠)が固まりつつある。

フレーム構成は確定し、コマンド/レスポンスに関しても、あとわずかな追加・修正が予測されるのみであり、最終勧告案も近々のことと思われる。

この制御方式の規定で最も特長的なものは、フレーム構成であり、フレームの構成要素である各フィールド(アドレス、制御、情報)の定義と、ビット割当て、誤り検出制御のための 16 ビットチェックシーケンス、それに、フレームの境界を定める 8 ビットフラグシーケンスが定義されている。

2.3 適用範囲

従来のベーシックモード伝送制御手順が、低、中速伝送をおもな適用対象としていたのに対して、この方式は、中、高速伝送をおもな適用対象としている。しかし、ベーシックモードにおける適用上の諸機能、要素は、すべてハイレベルデータリンク制御方式でカバーできるので、従来の適用分野にまでこの方式の適用範囲がのびていくと予想される。まず

- (1) 計算機相互間の大容量データ通信(ミニコンピュータを含む)
- (2) 計算機と高性能端末装置とのデータ通信(グラフィックディスプレイ、漢字ディスプレイなど)
- (3) インタラクティブ/バッチ混在のデータネットワーク
- (4) コンピュータネットワーク
- (5) データハイウェイ
- (6) オンラインテレメトリシステム

などの分野で、その特長・効果を期待しうるであろう。

表 2. は、この方式における具体的な適用条件を示す。

3. ハイレベルデータリンク制御手順

3.1 概 要

ハイレベルデータリンク制御方式は、2 章で述べたように数々の特長を有したデータリンク制御方式である。ここでは、フレーム構成および制御手順それぞれについて特長を述べる。

表 2. 適用条件
Condition of application.

適用回線と構成	専用回線、交換回線(未定)、ポイントツーポイント、マルチポイント
伝送速度(当面の目安)	2,400~48,000 ビット/秒
周 期 方 式	フレーム周期式
通 信 方 式	全二重または半二重方式
使 用 コ ー ド	バイナリ含む任意コード
情 報 ブ ロ ッ ク 長	任意、可変
誤 り 検 出 制 御	サイクリックリダンダンシィチェック
適用システム、装置	インタラクティブ/バッチ制御システム、装置
伝 送 フ ォ ー マ ッ ト	フレーム内のフィールド構成を指定

3.1.1 フレーム構成における特長

(1) フレームはフラグシーケンスで始まり、フラグシーケンスで終了する。

(2) どのようなビットパターンも転送可能である。

(3) 1 フレームのデータの長さの制限がない。

(4) データの長さは、8 ビット単位だけでなく、7 ビット単位、6 ビット単位でも転送可能である。

3.1.2 制御手順

(1) シーケンシャル番号を採用している。

(2) 二次局で一定数のフレームの再送が可能である。

(3) 一次局からのある種のコマンドに対しては、二次局では遅れ応答が可能である。

(4) 全二重コンテンツン方式、半二重ポーリング方式などがハイレベルデータリンク制御手順のサブセットとして組み立てられる。

3.2 フレーム構造

ハイレベルデータリンク制御手順では、図 1. に示すようにフラグシーケンスで閉じられたフレーム構成となっている。この中で情報フィールドは、監視制御情報だけの場合は不要となり、図 2. のようなフレーム構成となる。

各構成要素の内容は次のとおりである。

(1) フラグシーケンス

すべてのフレームはフラグシーケンスによって同期がとられる。フラグシーケンスは 8 ビットから成り、(01111110) のビットパターンを持つ。

(2) アドレスフィールド

二次局側のアドレスを指定する。アドレスフィールドの長さは基本的には 8 ビットであるが、8 の倍数で拡張可能である。

(3) 制御フィールド

コマンド(一次局から二次局に対する動作の指令)およびレスポンス(二次局から一次局に対する応答)の種類を指定するために使用され、通常シーケンシャル番号が付加される。制御フィールドの長さは基本的には 8 ビットであるが、8 の倍数で拡張可能である。

フラグ シーケンス	アドレス フィールド	制御フィールド	情報フィールド	フレーム チェック シーケンス	フラグ シーケンス
--------------	---------------	---------	---------	-----------------------	--------------

図 1. フレーム構成 (1)
Frame structure. (1)

フラグ シーケンス	アドレス フィールド	制御フィールド	フレーム チェック シーケンス	フラグ シーケンス
--------------	---------------	---------	-----------------------	--------------

図 2. フレーム構成 (2)
Frame structure. (2)

(4) 情報フィールド

情報はどのようなビットシーケンスから構成されてもよい。情報フィールドの長さは規定されていないが、通常は8または6の倍数が使用される。

(5) フレームチェックシーケンス

フレームの伝送誤りをチェックするためのシーケンスで16ビットで構成される。このフレームチェックシーケンスはアドレスフィールドから次のフレームチェックシーケンスの前のフィールド(制御または情報)の間の内容に X^{16} を乗じた後、生成多項式 $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ (モジュロ2)で割算することによって得られる剰余である。

これらのアドレスフィールド、制御フィールドおよび情報フィールドにおいては、いかなるビットパターンの組み合わせも有効にするため、トランスパレンシの考え方が取り入れられている。

このトランスパレンシは送信部において、1のビットが5個連続した場合には、その次に0のビットをそう入し、受信部においては、1のビットを5個連続した次の0のビットを削除することによって実現される。

なお、フレームチェックシーケンスはこのトランスパレンシによる0のそう(挿)入を加えない状態で行なう。

3.3 コマンドとレスポンス

3.3.1 制御フィールドの構成

コマンドとレスポンスの指定は制御フィールドを利用する。制御フィールドは図3.に示すように基本的には8ビットから成り、前後半4ビットでそれぞれの意味を持つ。前半4ビットがシーケンシャル番号を示すか、モディファイアであるかはコマンドおよびレスポンスの種類によって決まる。また制御フィールドを拡張する場合は後半4ビットを特定のパターンにすることによって行なう。

3.3.2 パラメータ

ハイレベルデータリンク制御においては、表3.に示す6個のパラメータを利用して一次局、二次局の制御を行なう。

図4.に各パラメータの関連の例を示す。

3.3.3 コマンドとレスポンス

コマンドとレスポンスは表4.に示すようにおのおの三つに分類でき、11個のコマンドと13個のレスポンスがある。

(1) シーケンシャルナンバードコマンド

このコマンドの共通な特性としては次の項目がある。

(i) N と R が等しく、フレームチェックシーケンスが正常な場合には受信動作が行なわれる。

(ii) R の値を1進める。

(iii) Z の値が $R-M$ であれば、シーケンシャル番号 $N-M$ のレスポンスを一次局が正しく受信したことを示し、 Z の値を1進める。

(iv) SR, XR および PR コマンドならすぐにレスポンスを返し、 Y の値を $N+1$ に進める。

(v) SD, XD および PD コマンドなら、レスポンスはERコマンドを受信するか、SR, XR および PR を受信するまで延期される。

各コマンドは次のように定義される。

(a) SR (Select and Respond) フレーム中の情報を受信し、二次局の状態に合った監視レスポンスを返すように指令する。監視レスポンスとは、情報フィールドを含まないレスポンスをいう。

(b) PR (Poll and Respond) 二次局が正常な状態で、有効な情報があれば、情報を含むレスポンスAIを、その他の場合は二次局の状態に合った監視レスポンスを返すように指令する。



図3. 制御フィールド
Control field.

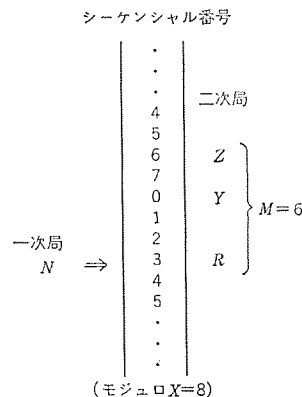


図4. パラメータの例
Example of parameters.

表3. パラメータ
Parameters.

パラメータ	内 容
X	シーケンシャル番号のモジュロ数である ($1 \leq X \leq 16$)
M	二次局のストレージパラメータで、エラーリカバリ動作のため再送、SD, XD および PD コマンドに対して二次局で記憶できる最大数などに利用する ($1 \leq M \leq X$)
Z	再送可能な最小のシーケンシャル番号を示す。 ($R-M < Z < R$)
Y	SD, XD および PD コマンドに対するレスポンスが可能な最小のシーケンス番号である ($Z < Y < R$)
R	二次局が次に期待するシーケンシャルナンバードコマンドのシーケンシャル番号である ($0 < R < X$)
N	フレーム中のシーケンシャル番号で、一次局ではコマンドのシーケンシャル番号、二次局ではレスポンスのシーケンシャル番号となる ($0 < N < X$)

表4. コマンドとレスポンスの種類
Commands and responses.

コマン ド	シーケンシャルナンバードコマンド	SR, SD, PR, PD, XR, XD
	ノンシーケンシャルナンバードコマンド	ER, PA
	アンナンバードコマンド	RS, SS, DC
レスポンス	ナンバードアクセプトレスポンス	AC, AI, AE, AW
	ナンバードリトレーシングレスポンス	NF, NS, NL, NT, NH
	アンナンバードレスポンス	NN, TN, NR, TR

(c) XR (eXchange and Respond) フレーム中の情報を受信し、二次局が正常な状態であり、かつ有効な情報があれば、情報を含むレスポンスAIを、その他の場合は二次局の状態に合った監視レスポンスを返すように指令する。

(d) SD (Select and Defer response)

(e) PD (Poll and Defer response)

(f) ED (Exchange and Defer response)

SD, PD および ED は、コマンドに対するレスポンス動作が後で要求されるか、取り消されるまで延期される点を除けば、それぞれSR, PR および ER と同一である。

(2) ノンシーケンシャルナンバードコマンド

このコマンドはフレームチェックシーケンスが正常な場合に受信動作が行なわれ、 N と R は等しくなくてもよい。

表 5. ER コマンドと PA コマンド
ER commands and PA commands.

N の値	ER	PA
$Z \leq N < Y$	Z の値を N に進め、N から Y-1 の番号を持ったフレームを再送する	Z の値を N に進める
$Y \leq N < R$	Y の値を R に進め、N から R-1 の番号を持ったフレームの応答を返す	無 視
$Y = R$	Z と Y の値を R に進め、レスポンス AE を返す	無 視
そ の 他	レスポンス NS (シーケンス番号 R) を返す	無 視

このコマンドには、2種類あり、次のように定義される。

(a) ER (EnqutRe) SD, XD または PD によって準備されたレスポンスを返すこと、および二次局における以前のレスポンスを再送するように指令する。

(b) PA (Primary Acknowledge) 一次局から情報を送らないにもかかわらず、何らかのレスポンスが返った場合に送信するもので、二次局はそれに対するレスポンスは必要ない。

これらは N の値によってレスポンスの方法が異なり、表 5. に示すようになる。

(3) アンナンバードコマンド

このコマンドには3種類あり、次のように定義される。

(a) RS (ReSet) 二次局を初期状態に戻し、その時点の二次局の状態に応じて監視レスポンスを返す。そのときのシーケンス番号は X-1 を用いる。

(b) SS (Send Status) ステータスレスポンスを送信するように指令する。

(c) DC (DisConnect) 二次局に送信の解除を指令し、初期状態に戻す。このコマンドに対するレスポンスは必要ない。

(4) ナンバードアクセプトレスポンス

このレスポンスは、二次局が正常な状態で、正しいシーケンス (N と R の値が等しいとき) で受信したナンバードコマンドに対するレスポンスとして使用され、次の4種類のレスポンスがある。

(a) AC (ACcept) シーケンスナリナンバードコマンド (シーケンス番号 N まで) を受信したことを示す。

(b) AI (Accept with Information) フレーム中に情報フィールドが存在する。他は AC と同一である。

(c) AE (Accept Enquire) 一次局から ER コマンドを受信したことを示す。

(d) AW (Accept Wait) 次のフレームがデータを含む場合、そのフレームを拒否する以外は AC と同一である。

(5) ナンバードリトレーシングレスポンス

このレスポンスはナンバードコマンドに対して異常な状態で受信 (N の値が R と等しくないときも含む) したときのレスポンスとして使用される。そのときの一次局の情報はすべて無視される。

(a) NF (Frame check error) フレームチェックシーケンスが正しくないフレームを受信したときのレスポンスである。

(b) NS (invalid Sequence number) シーケンス番号を正しく受信しなかった (N の値が R と等しくない場合) ときのレスポンスである。

(c) NT (short Term high level exception) パーファオーパフロー等、ハイレベルデータリンク方式を組み込むシステムによって検出されるエラーが生じたときのレスポンスである。

(d) NL (Long term high level exception) 再送によってリカ

表 6. アンナンバードレスポンス
Unnumbered responses.

		情 報 受 信	
		可	不 可
送信用情報	有	NN	NR
	無	TN	TR

バリができないデータリンク上のエラーが生じたときのレスポンスである。

(e) NH (long term High level exception) 再送によってリカバリができないシステム上のエラーが生じたときのレスポンスである。

(6) アンナンバードレスポンス

このレスポンスはアンナンバードコマンド SS に対するレスポンスとして用いられ、表 6. に示す内容のレスポンスを意味する。

3. 4 システム構成例

ハイレベルデータリンク制御は前節で述べたように幅広い機能を有しており、また総括的な取り決めを行なっている。この制御手順を実際のシステムに適用する場合、その中から適切な機能を取り出してサブセットとして利用する方法をとる。

このサブセットの中で代表的な例を紹介する。

(1) バランスドポイントツーポイント (コマンド SR, パラメータ M=1) : ベーシックモードにおけるコンテンツ方式とほぼ同一の制御方式である (図 5.)。

(2) バランスドポイントツーポイント (コマンド SR, SD, パラメータ M=8) : (1) の拡張形であり、八つのフレームまでは二次局の応答を遅らすことによって連続転送可能である。

(3) アンバランスマルチポイント (コマンド SR, PR, パラメータ M=1) : ベーシックモードにおけるポーリング方式とほぼ同一の制御方式である (図 6.)。

4. ハイレベルデータリンク制御装置

4. 1 機 能

ハイレベルデータリンク制御手順は、伝送フォーマットが従来の伝送方式と大幅に異なっている。伝送がビットオリエンテッドであるために、誤り制御方式は必然的にサイクリックリダンダンシーチェック (CRC) 方式を採用する。また数十キロビット/秒程度以上の通信制御装置をプログラム制御チャネルで制御することは、転送処理に要するオーバーヘッドの点で

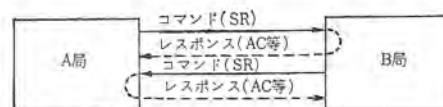


図 5. バランスドポイントツーポイント
Balanced point to point.

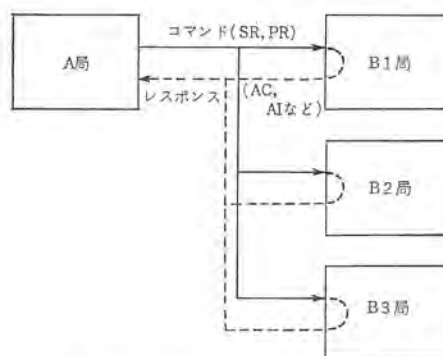


図 6. アンバランスドポイントツーポイント
Unbalanced multi-point.

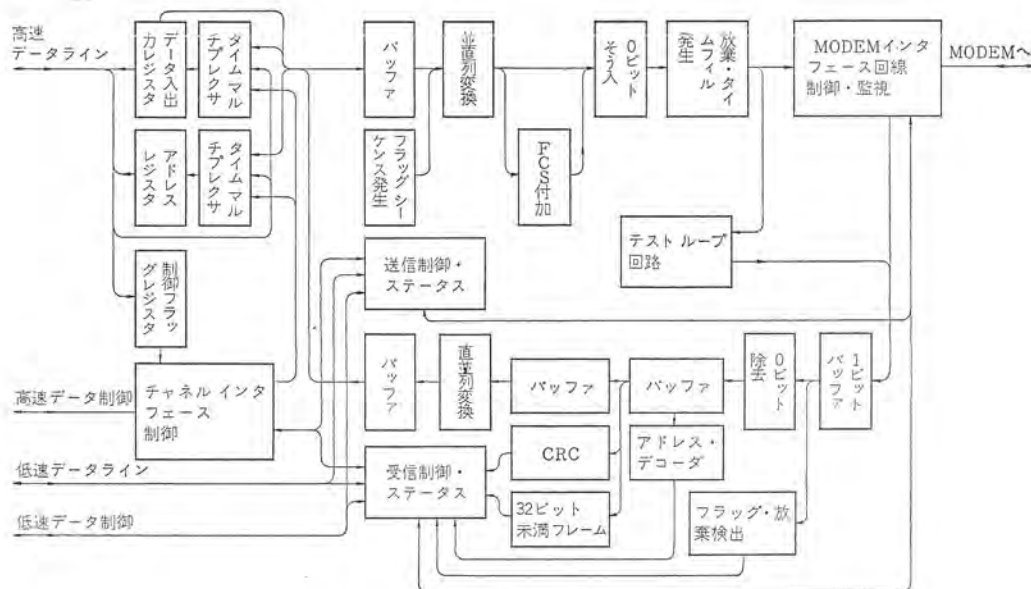
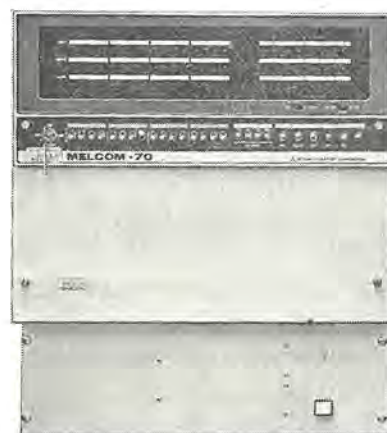


図 7. ハイレベルデータリンク制御装置ブロック図
Block chart of high-level data link controller.

効率を十分あげることができない。MELCOM 70 のダイレクトメモリアクセス (DMA) チャンネルのサイクルスチールによる高速度転送を利用することにより、転送処理のためのオーバーヘッドが減少し、システムの効率が向上する。以下、ハイレベルデータリンク制御装置の機能を列挙し、表 7. にその仕様を、図 7. にブロック図を、図 8. に装置外観を、図 9. に使用印刷配線盤を示す。

- (1) チャンネルインタフェース部 (CHI) 機能
 - (a) 通信制御装置のアドレスのデコード
 - (b) チャンネルに対するデータ転送要求制御
 - (c) チャンネルコントロールブロック (CCB) アドレスの発生とその制御
 - (d) 転送形態の選択制御
 - (e) 転送カウンタ数制御
 - (f) 入出力レジスタ制御
 - (g) 転送データのメモリアドレス制御
 - (h) プログラム制御割込み、データチェイニング動作制御
 - (i) チャンネルエラー検出
 - (j) 割込制御
- (2) 送信部機能
 - (a) アドレスフィールド、コマンドフィールドおよび情報フィールドの直・並列変換
 - (b) フラッグシーケンスおよび CRC によるフレームチェックシーケンス (FCS) の付加
 - (c) フラッグシーケンスを除く連続する 5 個の 1 のビットの次に 0 のビットをそう入
 - (d) 放棄パターンの発生
 - (e) 回線監視
 - (f) 回線制御 (RS の ON/OFF)
 - (g) 割込制御
- (3) 受信部機能
 - (a) フラッグシーケンス検出による同期確立
 - (b) アドレスフィールド、コマンドフィールドおよび情報フィールドの直・並列変換
 - (c) フラッグシーケンスを除く連続する 5 個の 1 のビットに続く 0 の



(上段: MELCOM 70 中段: ハイレベルデータリンク制御装置)
(下段: 回線接続装置)

図 8. ハイレベルデータリンク制御装置
High-level data link controller.



(左: チャンネルインタフェース部 中: 受信部 右: 送信部)

図 9. 制御装置印刷配線盤
Controller printed circuit boards.

表 7. ハイレベルデータリンク制御装置仕様
Specification of high-level data link controller.

伝送速度	2,400~48,000 ビット/秒
回線接続数	1 回線
同期方式	同期式
通信方式	全二重 (半二重も可)
誤り制御方式	生成多項式 $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ を用いたサイクリックリダンダンシィチェック (CRC) によるプログラム自動再送方式
回線側インタフェース	CCITT 規格に準拠
計算機接続インタフェース	MELCOM 70 ダイレクトメモリアクセス (DMA) チャンネル
接続形式	ポイントツーポイントまたはマルチポイント

ビットの除去

- (d) CRC によるフレームチェックシーケンスの検査
- (e) 放棄パターン検出
- (f) アドレスフィールドのデコード機能
- (g) 回線監視
- (h) 回線制御 (NEW SYNC. の ON/OFF)
- (i) 割込制御
- (4) その他、プログラムによる内部ルーチンテスト機能

4.2 動作概要

この装置は、起動時、受信開始および終了割込みの処理をプログラムで行なう必要があるが、この装置とメモリとの間のデータ転送には、プログラムの介入なしに高速転送が可能になっている。表 8、9、10. に、プログラムインタフェースを示す。

(1) チャンネルインタフェース部 (CHI)

CHI は MELCOM 70 主記憶装置内の半固定化されたアドレス位置に 4ワードからなるチャンネルコントロールブロック (CCB) を持っている。CCB は、データの入出力指定、転送形態指定、データチェイニング指定およびプログラム割込み指定などを示すフラグ1ワード、転送データ数を指定する1ワード、データ転送メモリアドレスを指定する1ワードおよび、ソフトウェアが利用する1ワードから構成されている。CCB アドレスの指定は送・受信部に対してハードウェア的に固定する構造となっている。1バイトの転送は DMA チャンネルクロック 16 サイクルを必要とするため、最大転送速度は 55キロバイト/秒である。チャンネルからの終了指令は転送データ数のカウントが指定されたカウント数をこえると DMA チャンネルからオーバフロー信号が出される。CHI はこの信号を変換し転送終了信号として送・受信部に与える。

(2) 送信部

まずプログラムにより CCB をセットする。次に送信命令を与えると、送信部はフラグシーケンスの送出を始めるとともに、DMA チャンネルに対しデータを要求する。CHI の動作により、MELCOM 70 からバイト単位でデータが送信部に与えられる。このデータはいったんバッファに保持され、直・並列変換レジスタにより直列信号となる。この DMA チャンネルからのデータすなわちアドレス・制御・情報の各フィールドは全ビットとも CRC 演算の対象となり、16ビットの FCS がつくられる。これらアドレス・制御・情報の各フィールドおよび FCS は、フラグシーケンスとの区別をするために、連続する5個の“1”のビットの次に“0”のビットがそう入される。DMA からのデータはこのようにして回線に出され、データがなくなると CHI から送信部へ転送終了信号が与えられる。それによって情報フィールドの最後のビットの次に FCS およびフラグシーケンスが付加され、回線へ送出され送信終了としプログラム制御チャンネルに対し割込みを行なう。

(3) 受信部

送信のときと同様に CCB をセットする。受信命令を与えると、受信部は受信待ちとなる。フラグシーケンスを検出すると同期が確立し、シーケンスカウンタが動作を始める。フラグシーケンスを除く受信データは連続する5個の“1”のビットの次の“0”のビットが除去され CRC が行なわれる。受信データは2バイトのバッファを通過後、直・並列変換レジスタに入り8ビットの並列信号となりバッファに転送され、さらに CHI の働きにより DMA チャンネルへ転送される。データがはじめて DMA チャンネルへ転送されるときに、プログラム制御チャンネルに対し受信開始の割込みを行なう。このタイミングは、受信時間監視に役立てることができる。アドレス・制御・情報の各フィールドおよび FCS を

表 8. 命令一覧
Table of commands.

命	令
割込確認	
マスク書込	
マスク読取	
ラインナンバ指定* (受信時)	
ラインナンバ指定* (送信時)	
受信センス	
送信センス	
受信リセット	
送信リセット	
送信放棄	
受信ステータス読取	
送信ステータス読取	
受信命令	
送信命令	
デコードアドレスセット命令	

* 試作機では未使用

表 9. 命令情報
Command information.

	内	容
受 信	受 信 命 令	
	テ ス ト モ ー ド	
	NS* を 制 御	
	転 送 単 位 (2 ビット)	8 ビット×n 7 ビット×n 6 ビット×n 5 ビット×n
送 信	送 信 命 令	
	テ ス ト モ ー ド	
	終 了 後 RS* OFF	
	転 送 単 位 (2 ビット)	8 ビット×n 7 ビット×n 6 ビット×n 5 ビット×n

* NS: New Synchronous
RS: Request to Send

表 10. ステータス一覧
Table of status.

入 力 ス テ ー タ ス	出 力 ス テ ー タ ス
受信ビジー	送信ビジー
回線異常	回線異常
オーバラン	オーバラン
終 了	終 了
CCW* の状態	CCW* の状態
メモリパリティエラー	メモリパリティエラー
FCS エラー	
放棄パターン検出	
32 ビット未満	
受信開始	
インコレクト レンダス	

* Channel Control Word

受信しさらにフラグシーケンスを受信すると、CRC が終り、受信フレーム長が 32 ビット以上であるか調べられ、プログラム制御チャンネルに対し受信終了割込みを生じる。CRC 演算の結果、剰余が 0 でなければ伝送上の誤りが生じたのみならず。

5. MELCOM 70 対向システム

ハイレベルデータリンク制御の一つの適用システムとして、計算機間のデータ転送を目的とした MELCOM 70 対向システムを試作した (図 10.)。

この対向システムにおける制御手順は、3.4 節で示したパラシ

ポイントツーポイントを採用し、二次局のパラメータ M の値は1とした。この結果、全二重通信において、60 キロバイトのデータを約5秒間に転送することができた。この値はベーシックモードに比較するとバイナリ転送が可能であり、かつ全二重動作が可能のため、約4倍の伝送量となっている。この場合、パラメータ M の値を増やすことによってさらに多くのデータ伝送量が期待できる。

この対向システムで利用したソフトウェアは、ハイレベルデータリンク制御を目的とした専用のコントロールプログラムである。このプログラムは図11.に示すような三つのモジュールから構成され、伝送制御プログラムは送信部と受信部が独立して動作し、全二重的な処理が可能となっている。



図10. MELCOM 70 対向システム
MELCOM 70 point to point system.

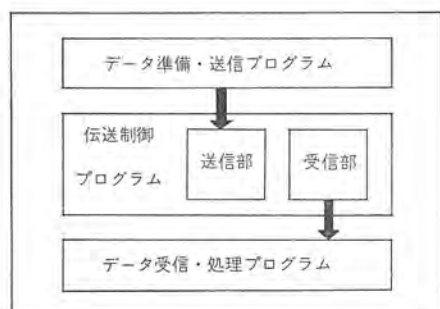


図11. プログラム構成
Structure of program.

6. む す び

この制御システム開発における当面の目標は第一に基本方式のシミュレーション、ソフトウェア、ハードウェアのインタフェース、およびシステム設計上の諸問題解決であり、第二は、ミニコンピュータ利用による計算機相互間データリンク装置の開発であった。

この結果、前者は、さらに今後の検討にまつところが多いが、基本的な特性、問題点は一応明らかになった。

後者については MELCOM 70 と新しく開発したハイレベルデータリンク制御装置との結合により、高速度・高能率・高信頼度データ通信を実現できることがわかった。

またこのようなシステムは、大形計算機 (HOST) の前置プロセッサとしても有機的に動作しうる見通しも得られた。

今後の課題としては、適用システムと対応したプロトコルの開発と、評価が重要である。またソフトウェアからながめてみると、データチェイニングなど、ハードウェアの特色を生かし、かつ、伝送制御手順をすべて含むような伝送制御プログラムのサブセット開発が必要となる。それによって個々のシステム要求に対してはパラメータを指定することにより、目的とするサブセットが得られるようにすることが望ましい。

ハードウェアとしては制御装置における回線および装置側インタフェースのモジュール化 (信頼性、経済性) および、二重系の問題を含むネットワークマネジメントに対応するハードウェア機能の検討などが重要課題となろう。

参 考 文 献

- (1) International Organization for Standardization : High-level Data Link Control Procedures Proposed Draft International Standard on Frame Structure, ISO/TC 97/SC 6 (Geneva-3), 731 (1973)
- (2) International Organization for Standardization : High-level Data Link Control Procedures Proposed Draft International Standard on Command and Responses, ISO/TC 97/SC 6 (Stockholm-9), 794 (1973)
- (3) W. W. Peterson : Error correcting codes, MIT (1961)

酸無水物硬化エポキシ樹脂の放射線照射効果

鈴木 康弘*・角田 誠*・柴山 恭一**

Irradiation Effects of Epoxy Resin Cured with Acid Anhydride

Central Research Laboratory

Yasuhiro Suzuki・Sei Tsunoda・Kyoichi Shibayama

In this paper is described an attempt, by dynamic mechanical and dielectric measurement, to characterize irradiation effects of epoxy networks cured with various kinds of acid anhydrides. In the case of epoxy resin cured with phthalic anhydride, little irradiation effect has been found. This is attributable to excellent radiation stability of phenyl ring. With hexahydrophthalic anhydride, it can be concluded that the radiation damage is simple chain scissions; in the case of tetrahydrophthalic anhydride, it has been tentatively assumed that unsaturated bonds of the cyclohexene rings can be changed to the crosslink points.

1. ま え が き

放射線の化学効果に関する研究は、放射線源（原子炉の建設、各種加速器の開発）が容易に使えるようになった1945年以降急速に活発化した。当初の研究は原子炉に使用される各種材料に対する影響を検討することが中心となっていた。しかし、放射線を防御するという立場でなく、積極的にこれを利用し、新しい分野を開拓しようとする動きが出てきた。現在、放射線エネルギーは医療、殺菌、農作物の保存、原子力発電などの分野で大規模な利用が行なわれている。また化学の分野では特に放射線合成ならびに放射線加工の技術は直接工業化に結びついており、それがクローズドシステムとして適用できる有利性を持っていることから、繊維の改質、塗料の乾燥硬化、各種新建材の開発などの方面で研究が活況を呈している。

このように放射線の工業利用は今後ますます増大する傾向にある。この場合、そこで使用される各種装置、設備などの耐放射線性が重要な問題となる。とりわけ電気機器の製造メカとしては、各種絶縁材料の放射線照射効果について詳細な知見を得ておくとともに、耐放射線性のすぐれた材料を分子設計する必要があるとくるものと考えられる。

この報告では絶縁ワニスとして広く用いられているエポキシ樹脂を中心とした放射線照射効果について述べる。

エポキシ樹脂の中でもビスフェノール A 形のものを酸無水物で硬化する無溶剤形ワニスは加工作業性および硬化組織の性能がすぐれており、高性能を必要とする電気絶縁に広く適用されている。

これまでにエポキシ樹脂の放射線照射効果についての研究はかなり報告されているが^{(1)~(3)}、それらの多くは大線量照射下での実用性質の劣化挙動を調べたものであり、放射線の化学効果が高分子網目にどのように反映されるかという点に関し詳細に調べた報告は比較的少ない⁽⁴⁾。また、放射線関連装置・設備に使用される電気機器の多くは特別な場合を除き、直接過酷な放射線場におかれることの少ないものであり、耐用寿命までに暴露される線量は比較的小さい。このような照射環境下での構造変化を追求する必要がある。

ここでは上述した観点に立ち、ビスフェノール A 形エポキシ樹脂を異なった化学構造を有する酸無水物で硬化した高分子網目系に対する放射線照射効果を粘弾性質および誘電性質の測定より調べた結果を報告する。

2. 実 験

2.1 試料の作成

エポキシ樹脂はビスフェノール A のジグリシジルエーテル（シェル化学；Epon 828）を用いた。酸無水物系硬化剤としては無水フタル酸（PA）、無水テトラヒドロフタル酸（THPA）、無水ヘキサヒドロフタル酸（HHPA）および無水安息香酸（BA）を用いた。図1にそれぞれの化学構造式を示した。

これらの酸無水物は室温で固体であり、エポキシ樹脂では加熱し均質混合した。硬化樹脂板は厚さ0.2mmになるように予熱したガラス板にはさみ込んで加熱硬化して得た。表1に硬化剤の種類と配合および硬化条件をまとめて示した。図2に硬化エポキシ樹脂の網目構造の概略を示した。

一般に有機物質に対する放射線照射効果には分子鎖の「架橋」と「切断」がある。無水安息香酸（BA）は無水フタル酸（PA）と併用 Bis-phenol-A diglycidyl ether (Epon 828)

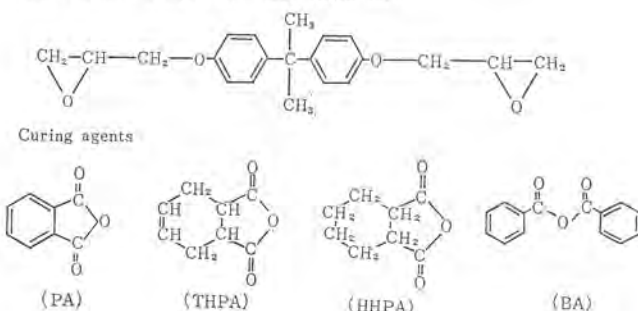
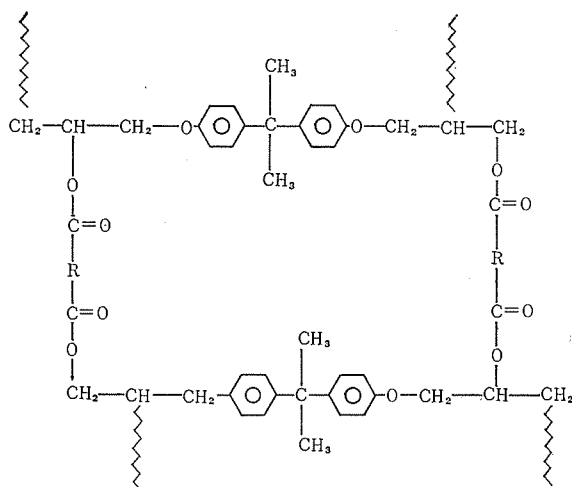


図1. 試料 Samples.

表1. 組成と配合および硬化条件
Composition and cure conditions for epoxy networks.

硬 化 剤	配 合 (当量)	混 合 方 法	硬 化 条 件
PA	0.9	130°C で混合	150°C で 10h 促進剤には BDMA を 0.5 ph 使用
THPA	0.9	100°C で混合	
HHPA	0.9		
PA/BA-1	0.9/0.0	110°C で混合	
PA/BA-2	0.675/0.225		
PA/BA-3	0.45/0.45		



R: PA, HHPA, THPA

図 2. 二塩基性酸無水物硬化エポキシ樹脂の網目構造
Schematic representation of epoxy network cured by bibasic acid anhydride.

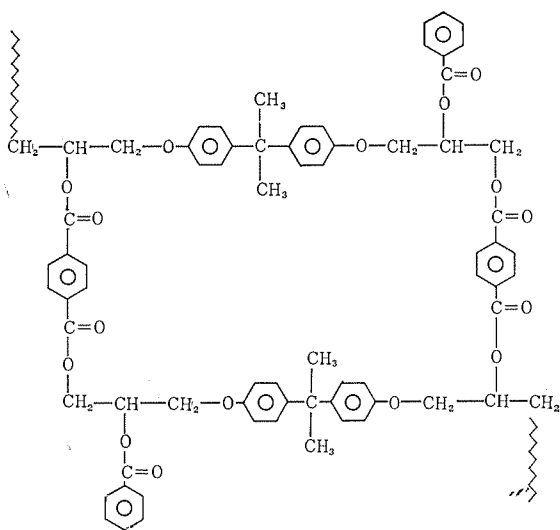


図 3. PA/BA 系の網目構造
Schematic representation of PA/BA networks.

し、非照射試料として意識的に架橋密度を変化させた系を用意するために用いた。すなわち図 3. に示したように、この試料系はエポキシ樹脂の網目構造体の中で BA がチェーンストップとして作用しており、分子切断を模擬した高分子網目の性質を調べることが期待される。

2.2 放射線照射方法

放射線照射は大阪府立放射線研究所の ^{60}Co ガンマ (γ) 線照射装置を用い、室温・空気中で行なった。照射線量は 2 Mrad/h の線量率で照射時間を変え、0 (未照射)、16, 32, 64 および 128 Mrad 照射した。

2.3 測定方法

動的粘弾性の測定は直読式粘弾性測定装置 (東洋 ボルドウィン 社製パイプロン DDV-II) を用い、周波数 11 Hz で室温からゴム域の温度範囲で行なった。

誘電性質は安藤電気製 TR-10 C 形変換ブリッジによって、周波数 300~3 MHz の範囲で室温から 200°C の温度域で測定した。

3. 結果と考察

3.1 一般事項

有機の高分子を照射したとき、初期過程の変化は複雑であるが、最終の変化は放射線の化学作用の足跡として見掛け上単純化され、分子鎖の架橋と切断に大別される。このような照射効果は線状高分子に対しては多くのデータが蓄積され、かなりの知見が得られている。

放射線架橋形の無定形線状高分子を照射したとき形成される架橋の数は照射線量とともに増大することが知られている。ゴム弾性論によればゴム状高分子の弾性率 (E) は分子末端やからみ合い結合の効果を無視すれば

$$E = 3d\rho RT \dots\dots\dots (1)$$

で与えられる。ここで d : 密度, R : 気体定数, T : 絶対温度, ρ : 架橋密度である。未加硫ゴムのように一次分子鎖が十分に大きい高分子に対しては、照射線量とともにゴム弾性率 (E) は直線的に増加し式 (1) がよく成立することが知られている⁽⁴⁾。

エポキシ樹脂のように多官能プレポリマーの分子成長によって形成される高分子網目の場合には式 (1) が厳密な意味で成立するという保証はない。しかし図 4. に示したように無水安息香酸と無水フタル酸の配合を変えて得られる架橋密度の異なった同族高分子網目⁽⁹⁾においては、後述する図 8. で示されるように、 E の値はチェーンストップとしての BA の配合量とともに系統的に変化しており式 (1) の関係は高度架橋系に対しても網目構造の変化 (照射による新たな架橋の形成あるいは分子切断による架橋の減少など) を評価しうる尺度として適応できるものと考えられる。

放射線照射による高分子網目のミクロな構造変化の検出には分子構造および分子運動の状態を反映する粘弾性および誘電性の測定を組合せる手段が有効である。粘弾性の測定からはゴム弾性率の値を直接求めることができる。

粘弾性および誘電性は測定の便利さから温度分散の形で示されることが多い。測定温度範囲が十分に広い場合には無定形三次元高分子においても、主鎖セグメントのミクロブラウン運動を反映する主分散 (α 分散) のほかに低温側で副分散が観測される場合がある⁽⁶⁾。エポキシ樹脂の場合にも副分散 (β 分散) が観測され、主鎖の局所的な分子運動によるものと考えられているが、詳しい緩和機構については統一的な解釈はなされていない。一方、主分散についてはかなりまとまった知見が得られている⁽⁶⁾。架橋高分子に対しては主分散の温度位置 (T_α) は系の架橋密度 (ρ) と式 (2) の関係にあることが知られており、この関係は多くの架橋系に対しよく成立っている⁽⁶⁾。

$$T_g = K_1 \ln K_2 \rho \dots\dots\dots (2)$$

ここで K_1, K_2 は同族高分子に個々の定数である。 T_g はガラス温度であり、現在の場合、 T_α は T_g の相対的尺度となる。また ρ は式 (1) と関係づけられる。したがって、 T_α の変化度を調べることにより、照射効果の分子機構をあていど推定しうる。

周知のように誘電性質は物質構造と深い関係をもつので、照射により起生する内部構造の変化が敏感に反映される。有極性高分子の誘電性質は式 (3) で示される Cole-Cole の式で整理される場合が多い⁽⁷⁾。

$$\epsilon' - j\epsilon'' = \epsilon_\infty + \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)}{1 + (j\omega\tau_0)^\beta} \dots\dots\dots (3)$$

ただし ϵ' : 誘電率, ϵ'' : 誘電損率, ϵ_0 : 低周波側での極限値,

ε_∞ : 高周波側での漸近値, j : 複素記号, τ_0 : 平均緩和時間, β : 緩和時間の分布の幅を示すパラメータである。

異常分散の大きさを表わす量 ($\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty$) は物質構造と関係する量との間に次の関係がある。

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty) = \frac{3\varepsilon_0}{2\varepsilon_0 + \varepsilon_\infty} \left(\frac{\varepsilon_\infty + 2}{3} \right)^2 \frac{4\pi N g \mu^2}{3kT} \dots\dots\dots (4)$$

ここで N : 単位体積当りの極性基の数, μ : 双極子能率, g : 周囲の双極子との相互作用により定まる定数, k : ボルツマン定数, T : 絶対温度である。

誘電性の測定が温度分散の形で与えられる場合には立ち入った結果の解析は行なわれない。この場合には $\Delta\varepsilon$ の代りに ε'' の極大値 (ε''_{\max}) の比較から、照射効果の足跡として未照射および照射試料の内部構造の相対変化度を推定することになる。

以上の観点から、酸無水物硬化エポキシ樹脂の γ 線照射効果を調べる。

3.2 エポキシ高分子網目の γ 線照射効果

PA, HHPA および THPA 系の γ 線照射による動的粘弾性と誘電性温度分散曲線をそれぞれ図4～6に示した。各図には比較を容易にするために未照射試料と128 Mrad照射試料のみを示した。

粘弾性温度分散曲線(測定周波数11 Hz)は室温近辺のガラス域から測定されており、主分散(α 分散)を示す一つのピークが観測さ

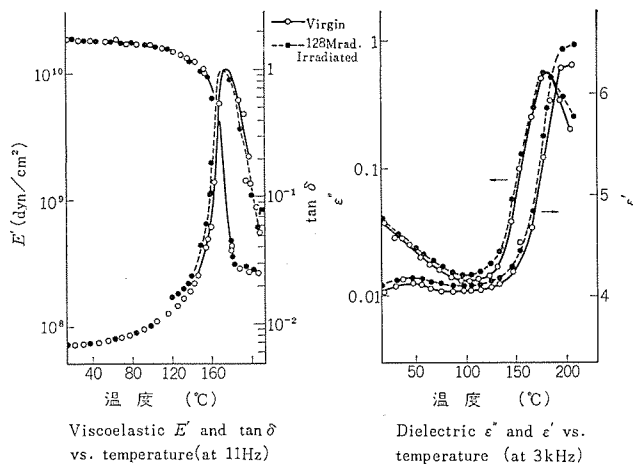


図4. PA系の γ 線照射による動的粘弾性・誘電性温度分散
Temperature dependence of viscoelastic and dielectric properties of γ -irradiated PA series.

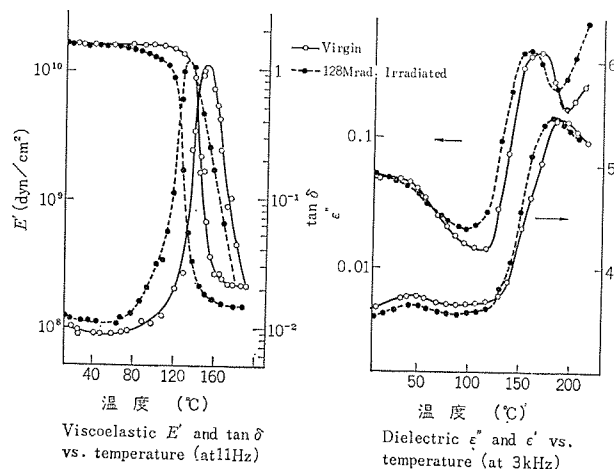


図5. HHPA系の γ 線照射による動的粘弾性・誘電性温度分散
Temperature dependence of viscoelastic and dielectric properties of γ -irradiated HHPA series.

れている。誘電性温度分散曲線(測定周波数3 kHz)には α 分散のほか室温近辺に副分散(β 分散)の存在が認められる。放射線照射による内部構造の変化を β 分散の挙動から調べることは興味のある問題であるが、測定データは β 分散のピークを与えておらず立ち入った考察はできない。したがってここでは α 分散側の挙動から照射効果をしらべる。

図4に示したようにPA系については、照射と未照射試料の間にはほとんど変化が認められない。このことは無水フタル酸で硬化したエポキシ樹脂はすぐれた耐放射線性を有していることを意味する。ここで用いたエポキシ樹脂はビスフェノールA形のものであり、その分子鎖中には放射線安定性の良好なベンゼン環や比較的安定なエーテル結合を有しており、樹脂骨格としては耐放射線性を有したものである。無水フタル酸で硬化した場合には、さらにベンゼン環濃度が増加し保護作用⁽⁸⁾の向上から系の耐放射線性はより大きくなったものと考えられる。

図5に示したHHPA系では、照射と未照射試料を比較するとき、照射試料は ε'' および $\tan \delta$ の極大を示す温度(T_α)が明らかに低温側に移行している。また $\tan \delta$ の値も小さくなっている。

一方、THPA系は図6に示したようにHHPA系とは対照的に T_α は照射試料のほうが明らかに高温側に移行し、また $\tan \delta$ の値も大きくなっている。

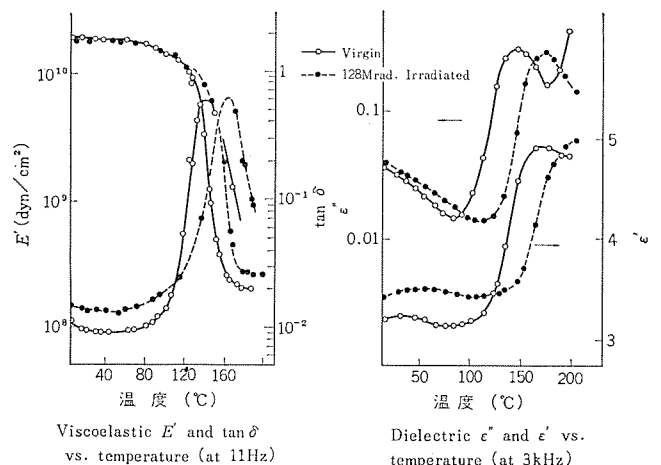


図6. THPA系の γ 線照射による動的粘弾性・誘電性温度分散
Temperature dependence of viscoelastic and dielectric properties of γ -irradiated THPA series.

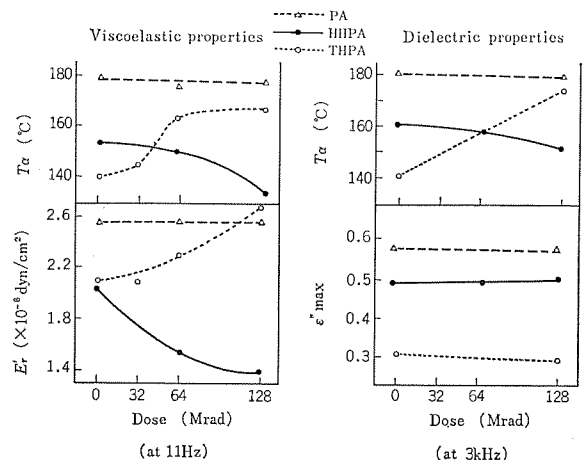


図7. 諸パラメータと照射線量の関係
Irradiation dose dependence of viscoelastic and dielectric properties.

無水ヘキサヒドロフタル酸 (HHPA) および無水テトラヒドロフタル酸 (THPA) で硬化したエポキシ樹脂の場合には、放射線照射により特長的な内部構造の変化が生じているものと考えられる。

各試料系に対する照射線量と誘電性および粘弾性測定結果より得られた情報 (T_g : α 分散温度位置, E_r' : ゴム弾性率, ϵ''_{max} : 誘電損失最大値) の関係をまとめると図 7. のようになる。ここで、 ϵ''_{max} については 3 系列のいずれも、ここで実験した範囲内の γ 線照射によっては大きな変化を受けていない。この研究で対象としたエポキシ高分子網目は図 2. に示したように硬化剤の R 部分のみが異なったものであり、これ以外は共通の網目鎖員となったものである。3 系列とも γ 線照射により ϵ''_{max} にほとんど変化が認められないことから新たな極性基の生成はなく、全体の高分子網目には大規模な網目分子鎖の破壊はもたらされていないことが想像される。しかしながら、HHPA 系および THPA 系には図 7. から明らかなように γ 線照射により、 T_g および E_r' にはそれぞれ特長的な変化が認められている。HHPA および THPA 系の場合には、網目構造体の内の特定部分が照射により影響を受けていることが考えられる。それは図 2. における R 部分の構造の変化によるものと推定される。たとえば HHPA 系の場合にはシクロヘキサン環の分子崩壊が、THPA 系の場合にはシクロヘキセン環の新たな重合架橋が可能性として想像される。

上述した観点をさらに調べるために、非照射試料系で系の架橋密度を意識的に変化⁽⁹⁾させた PA/BA 系の粘弾性および誘電性温度分散曲線を図 8. に示した。この試料系は硬化剤 (架橋剤) である PA の一部を一塩基性酸である BA で置き換えたものであり、PA 部の分子切断を模擬した高分子網目構造体となっている。図 8. から明らかなように BA の配合量の増加とともにゴム弾性率が低下し、分散の温度位置も低温側に移行する傾向が認められ、BA のチェンストップとしての効果が明確に現われている。この試料では有極性基濃度はほぼ一定に保たれたものであり、BA 量の増加による ϵ''_{max} の変化度は非常に小さい。

今、BA 量が中間にある PA/BA-2 を、HHPA 系および THPA 系の未照射試料に相当するものと仮に考えれば、PA/BA-2→PA/BA-3 への変化挙動は図 7. における HHPA 系の未照射→照射試料におけるそれと非常に類似性が大きい。一方、鍵谷ら⁽¹⁰⁾によれば環状構造を持つ低分子炭化水素の放射線分解における水素の収率として、シクロヘキサン、シクロヘキセンおよびベンゼンについて $G(H_2)$ 値をそれぞれ 5.7, 1.2 および 0.036 と求めている。これらの観点から HHPA 系の場合には網目構造の中で主として硬化剤から由来する架橋鎖 (ジェーデルブリッジ) のシクロヘキサン環が崩壊を起こし、結果的には分子切断されたものと考えられる。

他方、PA/BA-2→PA/BA-1 への変化挙動は図 7. における THPA 系の未照射→照射試料における挙動と一致した傾向を示している。すなわち THPA 系の場合には γ 線照射により系の架橋密度が増加することになる。この原因としては、推論の域を出ないが、たとえば架橋剤 (ジェーデルブリッジ) 中のシクロヘキセン環は不飽和基を有しており、シクロヘキセン環の崩壊とともに非環式不飽和脂肪族分子鎖と

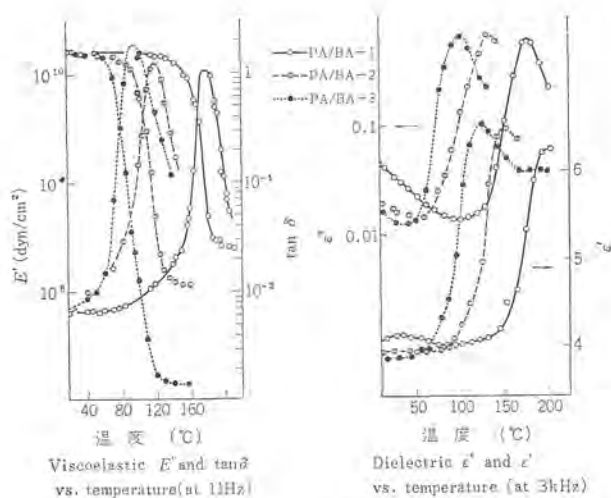


図 8. PA/BA 系の動的粘弾性・誘電性温度分散
Temperature dependence of viscoelastic and dielectric properties of PA/BA series.

なり、これらが重合架橋し新しい架橋点を結果的にはより多く生み出す可能性が考えられる。

4. む す び

環状二塩基性酸無水物で硬化したエポキシ樹脂について、小～中程度の線量下での γ 線照射効果を粘弾性および誘電性測定から主分散域を対象として調べた。

その結果、硬化剤の化学構造 (ベンゼン環、シクロヘキサン環、シクロヘキセン環) の違いにより照射効果に特長的な差が示され、 γ 線照射効果はエポキシ分子鎖よりはむしろ硬化剤の分子鎖部分にもたらされることを推論した。

今後、低温分散域での情報を得るとともに、それと相関のある実用的性質との関連を求めていきたい。

参 考 文 献

- (1) E. L. Colichman and J. D. Strong : Mod. Plast., 35, 180 (1957)
- (2) 池尻 : 材料, 21, 45 (昭 47)
- (3) A. D. Aitken and J. A. Sauer : SPE Trans., 21 (1962)
- (4) たとえば、チャルスピー (国野、斎藤、渡辺、小池、井口訳) : 放射線と高分子 (昭 36) 朝倉書店
- (5) たとえば E. Cuddihy and J. Moacanin : J. Polymer Sci., A-2, 8, 1,627 (1970)
- (6) 柴山 : 高分子, 17, No. 193, 272 (昭 43)
- (7) K. S. Cole and R. H. Cole : J. Chem. Phys., 9, 341 (1941)
- (8) P. Alexander and A. Charlaby : Proc. Roy. Soc. London, A 230, 136 (1955)
- (9) K. Shibayama and Y. Suzuki : J. Polymer Sci., A, 3, 2,637 (1965)
- (10) 鍵谷、三井、萩原 : 化学, 25, 600 (昭 47)

計算機制御におけるディジタルフィルタの応用

立花 康夫*・紀本 賢一*

Application of Digital Filters to the Computer Control

Kamakura Works Yasuo Tachibana・Kenichi Kimoto

The signal has to be treated as sampled values in the computer control. But in the computer system, arithmetic operations are carried out easily and by virtue of using memory elements delay operation is also realized without special hardware provision. Thus the signal processing with the Digital Filter is able to be carried out easily. The Characteristic of a Digital Filter is studied not only in the frequency domain but also in the time domain.

For the purpose of showing the usefulness of a Digital Filter in the computer control, in this paper the authors give a design method of a Digital Filter and show several examples of its application to the computer control, such as the identification of a system of turbine generators installed at the thermal power plant, the temperature raise control of super critical boiler, the basis weight control of the paper industrys, and an approximate calculation of a correlation function in the Fourier analysis.

1. ま え が き

ディジタル 計算機で信号を処理する場合には サンプル 値として処理しなければならない。そのために信号の持つ情報の一部のみしか使用できないだけでなく、サンプリングに伴う別名誤差などが混入し、信号が変形されてしまう。すなわち信号を サンプル 周期 T_s でサンプリングすると信号定理により折り返し、周波数 $\omega_s \triangleq \pi/T_s$ 以上の成分は折り返されて ω_s 以下の低周波成分と見なされてしまう。そこでアナログフィルタにより ω_s 以上の成分を取り除いた後にサンプリングすることになるが、アナログフィルタの値域をおさえるためには T_s はあまり大きくすることはできない。また、計算機の処理能力からは T_s はあまり小さくできない。そして対象としている制御系に対して必要な制御のできるために、必要な周波数帯域を含むような範囲で T_s は決定されることになる。制御の目的に使用する成分が、 ω_s の成分にまでわたる場合には得られた信号はそのまま制御系への入力となし得るが、場合によっては制御の目的に使用する成分はさらにずっと低域の成分である場合もあるし、また波形の低域成分そのものではなくそれを加工したもの、たとえば変化率などの場合もある。この種の場合には得られた サンプル 信号をさらにフィルタリングしなければならない。幸いディジタル 計算機では算術演算が簡単にでき、遅延要素も構造上記憶素子を使用しているから簡単に実現できるので、ディジタルフィルタによる処理が容易に達成できるわけである。通常ディジタルフィルタという場合は周波数特性によって議論され設計されるものを指すけれども、制御系そのものも実は サンプル 値制御系であり、構造上は全くディジタルフィルタと同じであるが、これらはむしろ時間領域の特性で議論され設計される。

したがって信号のフィルタリング、制御系等に使用される アルゴリズム は実は同一に議論できるものと考えられよう。

この論文では、ディジタルフィルタの計算機制御への応用を示す目的で、著者らの提案したフィルタの設計法について述べた後に、実際の応用の例として、火力発電所でのタービン・発電機系の同定の例、テスト用超臨界圧ボイラで行なった昇温制御への適用例、抄紙坪量制御などに現われるむだ時間の長い系の制御シミュレーションの例、そして相関関数の近似計算への適用例等について示した。

2. ディジタルフィルタ

信号 $x(t)$ の T_s ごとの サンプル 値を $x_n \triangleq x(n \cdot T_s)$ として、 サンプル 値信号 y_n を生成する過程

$$y_n = \sum_{k=0}^K a_k \cdot x_{n-k} - \sum_{l=1}^L b_l \cdot y_{n-l} \quad (1)$$

$$y_n = \sum_{k=1}^N a_k \cdot x_{n-k+1} \quad (2)$$

をそれぞれ回帰形 (IIR : Infinite Impulse Response)、有限インパルス応答形 (FIR : Finite Impulse Response) ディジタルフィルタとよぶ。大ざっぱに言えば、IIR 形は微分方程式で書かれた系を差分方程式化したものであり、FIR 形は入出力の関係をインパルス応答の形を用いて積分表示し、有限和で近似したものと考えられる。

これらはパルス伝達関数の形で表わすとそれぞれ

$$G(z) = \frac{\sum_{k=0}^K a_k \cdot z^{-k}}{1 + \sum_{l=1}^L b_l \cdot z^{-l}} \quad (3)$$

$$H(z) = \sum_{k=1}^N a_k \cdot z^{1-k} \quad (4)$$

となる。

IIR 形はアナログフィルタからの変換で容易に得られる。その典型的な方法としてはインパルス応答不変法と双一次変換法とがある。前者はアナログフィルタのインパルス応答の T_s ごとの サンプル 値と、作ろうとするディジタルフィルタの単位パルス応答が一致するようにしたもので、具体的にはアナログフィルタの伝達関数の z 変換をディジタルフィルタのパルス伝達関数とする方法である。双一次変換法とは伝達関数に双一次変換

$$S = \frac{2}{T_s} \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \quad (5)$$

を行なうことによりパルス伝達関数を得る方法である。この変換の目的は $\omega T_s/2$ が小さな範囲で

$$i\omega \approx \frac{2}{T_s} \cdot \frac{1-e^{-i\omega \cdot T_s}}{1+e^{-i\omega \cdot T_s}} \quad (6)$$

が成立し、その範囲でアナログディジタルの両フィルタの周波数特性が

一致するからである。ところで IIR 形では特性方程式

$$1 + \sum_{l=1}^L b_l \cdot z^{-l} = 0 \quad (7)$$

の根が $|z| < 1$ では安定であるが、 $|z| > 1$ では不安定となる。したがって得られたパルス伝達関数のフィルタの安定性を確かめる必要があるが、元のアナログフィルタが安定なら得られたデジタルフィルタも安定である。インパルス応答不変形ではその作り方からあきらかであるが、双一次変換法の場合には s 領域の左半平面が z 領域の単位円内に写像されることから保障される。

FIR 形はデジタルフィルタに特有の形式で、アナログ系だけでの実現は困難なものである。この形では安定性の判別は全く不必要であり、しかも完全に理想的な位相遅れ特性を持たせることが可能である。FIR 形についてもいくつかの設計法が得られているが、次節で著者の提案した手法について述べる。

3. FIR フィルタの設計法

定常信号 $x(t)$ のスペクトルが $|\omega| \leq \omega_s$ に制限されているとして、その自己相関関数 $R_x(t)$ がスペクトル分解 (A. Khintchine)

$$R_x(t) \triangleq E\{x(t+\tau) \cdot \overline{x(\tau)}\} = \int_{-\omega_s}^{\omega_s} e^{i\omega t} dS_x(\omega) \quad (8)$$

できれば、 $x(t)$ そのものもスペクトル分解 (A. Kolmogorov)

$$x(t) = \int_{-\omega_s}^{\omega_s} e^{i\omega t} d\zeta_x(\omega) \quad (9)$$

ができる。 $S_x(\omega)$ は $R_x(t)$ のスペクトル測度、 $\zeta_x(\omega)$ は $x(t)$ の直交測度である⁽¹⁾。

周波数特性 $g(\omega)$ のフィルタを FIR フィルタで作ろうとする⁽¹⁾。 $g(\omega)$ を通した理想的な信号を $\eta(t)$ とすると式 (9) を用いて

$$\eta(t) = \int_{-\omega_s}^{\omega_s} e^{i\omega t} \cdot g(\omega) \cdot d\zeta_x(\omega) \quad (10)$$

と表わされる。 $\eta(t)$ のサンプル値 $\eta_n \triangleq \eta(n \cdot T_s)$ を y_n で近似するようにフィルタを定めることにする。評価指標

$$C_R \triangleq E\{|y_n - \eta_n|^2\} = \int_{-\omega_s}^{\omega_s} \left| \sum_{k=1}^N a_k \cdot e^{i\omega T_s(1-k)} - g(\omega) \right|^2 dS_x(\omega) \quad (11)$$

は時間に依存しない。そこで C_R を最小にする係数 $\{a_k\}_{k=1}^N$ を定めることができる。

ところでこの種の周波数領域の性質に、さらに時間域での性質を満たさなければならないことがよくある。この性質は係数列に対する一つの拘束条件として影響する。係数をベクトル

$$\mathbf{a} \triangleq (a_1, a_2, \dots, a_N)^T \quad (12)$$

で表わす。肩の T は転置を表わす。 \mathbf{a} に対する拘束条件を

$$\mathbf{M}\mathbf{a} = \mathbf{b} \quad (13)$$

で表わす。 \mathbf{M} は $(P+1) \times N$ 行列で $\mathbf{M} \cdot \mathbf{M}^T$ が正則とし、 \mathbf{b} は $(P+1) \times 1$ ベクトルである。すなわち式 (13) の拘束条件で \mathbf{a} に関する 2 次形式 C_R を最小にする問題となる。いま信号が絶対連続な白色信号

$$\frac{dS_x(\omega)}{d\omega} \triangleq \begin{cases} \frac{\sigma_x^2}{2\omega_s}, & |\omega| \leq \omega_s \\ 0, & \text{他} \end{cases} \quad (14)$$

の場合には

$$C_R = \sigma_x^2 \left\{ \|\mathbf{a} - \mathbf{g}\|^2 + \frac{1}{2\omega_s} \int_{-\omega_s}^{\omega_s} |g(\omega)|^2 d\omega \right\} \quad (15)$$

となる。ここで $\|\cdot\|$ は Euclid ノルムを表わし、 \mathbf{g} は

$$\mathbf{g} = (g_1, g_2, \dots, g_N)^T \quad (16)$$

$$g_k = \frac{1}{2\omega_s} \int_{-\omega_s}^{\omega_s} \mathcal{R}\{g(\omega) e^{-i\omega T_s(1-k)}\} d\omega \quad (17)$$

$$(k=1, 2, \dots, N)$$

を表わす。また $\mathcal{R}(\cdot)$ は実数部分を示す。

式 (13) は解を持ち任意の $N \times 1$ ベクトル \mathbf{r} を用いて

$$\mathbf{a} = \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{b} + (\mathbf{I} - \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{M}) \cdot \mathbf{r} \quad (18)$$

と表わされる。右肩の $+$ は一般化逆行列を表わしている。

そこで C_R は \mathbf{r} に関する 2 次形式となり $\mathbf{I} - \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{M}$ が Hermitian idempotent だから $(\mathbf{I} - \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{M})^+ = \mathbf{I} - \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{M}$ となることを用いて

$$\mathbf{a} = \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{b} + (\mathbf{I} - \mathbf{M}^+ \cdot \mathbf{M}) \mathbf{g} \quad (19)$$

を得る。この結果を用いて後に使用する 2 種類のフィルタを与えておく。はじめに変化率フィルタ⁽⁵⁾ ($0 \leq d \leq 1$)

$$g(\omega) \triangleq \begin{cases} i\omega e^{-i\omega \frac{N-1}{2} \cdot T_s}, & |\omega| \leq \alpha \cdot \omega_s \\ 0, & \text{他} \end{cases} \quad (20)$$

を考える。拘束条件として入力信号 $x(t) = t$ に対する出力は 1 となるという条件を果たす。この場合には

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 1, & 1, & \dots, & 1 \\ 1, & 2, & \dots, & N \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{T_s} \end{bmatrix} \quad (21)$$

となる。とくに $N=2m+1$ の場合には式 (19) で得られる \mathbf{a} を

$$\mathbf{d} \triangleq (d_1, d_2, \dots, d_N)^T \quad \text{とすると}$$

$$d_{m+1-k} \triangleq \frac{1}{T_s} \left[\frac{3k}{m(m+1)(2m+1)} \cdot \left\{ 1 - 2 \sum_{l=1}^m \left(-\alpha \cos \pi l \alpha + \frac{\sin \pi l \alpha}{\pi l} \right) \right\} - \cos \pi k \alpha + \frac{\sin \pi k \alpha}{\pi k \alpha} (1 - \delta_{k,0}) \right] \quad (22)$$

$$(k=m, m-1, \dots, 1, 0, -1, \dots, -m)$$

と表わされる。また、このフィルタの周波数特性は

$$D_m(\omega) = i\omega \cdot Q_m^{(1)}(\omega T_s) e^{-i\omega m T_s} \quad (23)$$

と表わされる。 $Q_m^{(1)}(\theta)$ は実数で

$$Q_m^{(1)}(\theta) \triangleq \frac{3}{(2m+1)(1-\cos \theta)} \left\{ \frac{\sin m\theta}{m\theta} - \frac{\sin(m+1)\theta}{(m+1)\theta} \right\} \times \left\{ 1 - 2 \sum_{l=1}^m \left(-\alpha \cos \pi l \alpha + \frac{\sin \pi l \alpha}{\pi l} \right) \right\} + 2 \sum_{l=1}^m \left(-\alpha \cos \pi l \alpha + \frac{\sin \pi l \alpha}{\pi l} \right) \frac{\sin l\theta}{l\theta} \quad (24)$$

と表わされる。図 1. は $m=50$, $\alpha=0, 0.1, \dots, 0.9$ の場合について、 $|\theta \cdot Q_m^{(1)}(\theta)|^2$ を図示したものである。

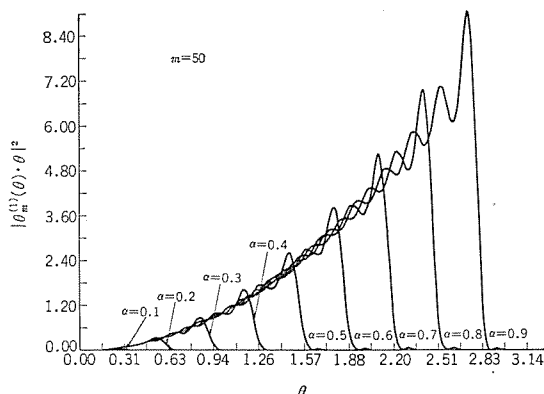


図 1. $Q_m^{(1)}(\theta)$ の周波数特性
Frequency characteristic of $Q_m^{(1)}(\theta)$.

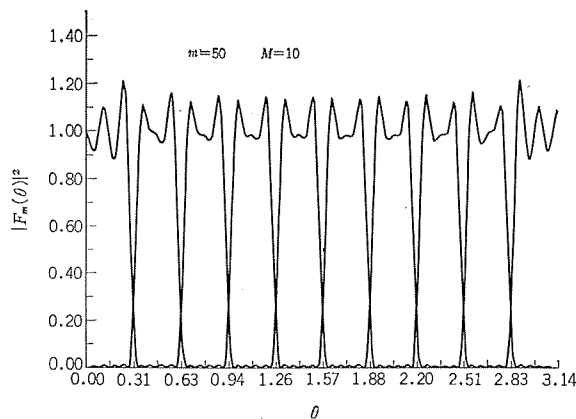


図 2. $F_m(\theta)$ の周波数特性
Frequency characteristic of $F_m(\theta)$.

式 (22) でとくに $\alpha=0$ とした場合を式 (2) の形で表わすと⁽³⁾

$$y_n = \frac{12}{(N-1) \cdot N \cdot (N+1)} \sum_{k=1}^N \left(\frac{N+1}{2} - k \right) \cdot x_{n+1-k} \dots (25)$$

が得られる。これは係数を容易に発生できるので係数を記憶する必要がない。

2 番目の例として帯域フィルタ ($0 \leq \alpha \leq \beta \leq 1$)

$$g(\omega) \triangleq \begin{cases} e^{-i\omega \frac{N-1}{2} \cdot T_s}, & \alpha\omega_s \leq |\omega| \leq \beta\omega_s \\ 0, & \text{他} \end{cases} \dots (26)$$

を考える。拘束条件として直流成分が κ 倍されるものとする

$$\mathbf{M} = (\underbrace{1, 1, \dots, 1}_N), \quad \mathbf{b} = (\kappa) \dots (27)$$

となる。とくに $N=2m+1$ の場合には式 (19) で得られる \mathbf{a} を

$\mathbf{h} \triangleq (h_1, h_2, \dots, h_N)^T$ とすると

$$h_{m+1-k} = \frac{1}{2m+1} \left\{ \kappa + \alpha - \beta + 2 \cdot \sum_{l=1}^m \frac{\sin \pi l \alpha - \sin \pi l \beta}{\pi l} \right. \\ \left. - \frac{\sin \pi k \alpha - \sin \pi k \beta}{\pi k} \cdot (1 - \delta_{k,0}) \right\} \dots (28)$$

$$(k=m, m-1, \dots, 1, 0, -1, \dots, -m)$$

と表わされる。また、このフィルタの周波数特性は

$$G_m(\omega) = F_m(\omega \cdot T_s) \cdot e^{-i\omega \cdot m \cdot T_s} \dots (29)$$

$F_m(\theta)$ は実数で

$$F_m(\theta) \triangleq \frac{1}{2m+1} \left(\kappa + \alpha - \beta + 2 \cdot \sum_{l=1}^m \frac{\sin \pi l \alpha - \sin \pi l \beta}{\pi l} \right) \\ - (\alpha - \beta) - 2 \cdot \sum_{l=1}^m \frac{(\sin \pi l \alpha - \sin \pi l \beta) \cos l \theta}{\pi l} \dots (30)$$

である。図 2. は $m=50$, $\kappa=1$, $\alpha=(l-1)/10$, $\beta=l/10$ ($l=1, 2, \dots, 10$) とした場合を図示したものである。

ここで考えた変化率フィルタ、帯域フィルタは全く同一の理想的位相遅れ特性を示している。

4. タービン発電機系の伝達関数の推定の例

図 3. (a), (b) は関西電力 (株) 大阪発電所の定格 156 MW の 2 号タービン発電機への蒸気流量を、ガバナフリー状態で操作したときの出力電力の変化を同ユニットに設置された制御用計算機 MELCOM 330 によりサンプル周期をそれぞれ $T_s=5$ 秒, $T_s=10$ 秒として記録し図示したものである⁽¹⁾。火力発電所での平常時では蒸気条件はボイラ制御系により流量に無関係に一定に保たれること、系統周波数を通してのガバナの周波数の設定値の変化が無視できる程度の範囲の変動のみを考えていること等から、図 4. のようなブロック線図

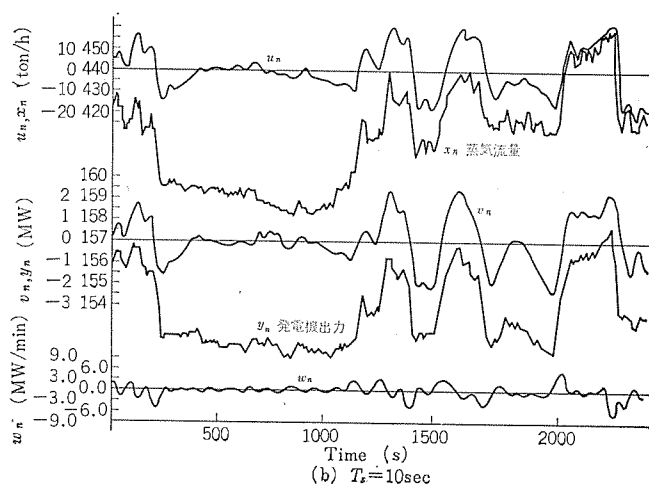
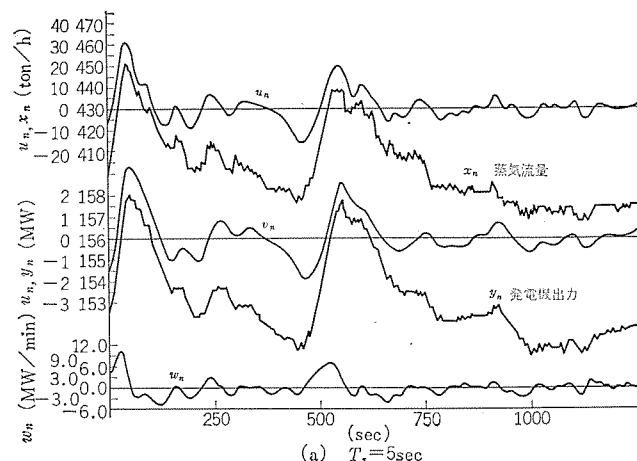


図 3. タービン発電機系よりのサンプリングデータ
Sampling data from turbine generator system.

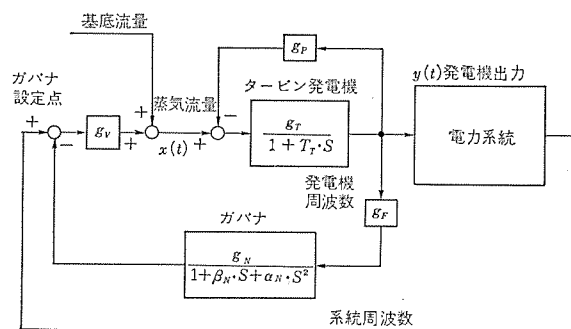


図 4. タービン発電機のブロック線図
Block diagram of turbine generator system.

を考慮することができる。蒸気流量 $x(t)$ と発電機出力 $y(t)$ の間には 1 次遅れ特性

$$T_G \cdot \dot{y}(t) + y(t) = g_G \cdot x(t) \dots (31)$$

があることがわかる。ここで

$$T_G \triangleq T_T / (1 + g_T \cdot g_P), \quad g_G \triangleq g_T \cdot (1 + g_T \cdot g_P) \dots (32)$$

である。フィルタ $G_m(\omega)$ で $\alpha=0$, $\beta=0.3$, $\kappa=0$ に対する x_n , y_n の出力波形を u_n , v_n とし、フィルタ $D_m(\omega)$ ($\alpha=0.3$) に対する y_n の出力波形を w_n とすると、やはり式 (31) と同じ

$$T_G \cdot w_n + v_n = g_G \cdot u_n \dots (33)$$

が成立する。そこで式誤差

$$\sum_{k=0}^n (T \cdot w_n + v_n - g \cdot u_n)^2 \dots (34)$$

を最小にする T , g を \hat{T}_G , \hat{g}_G として T_G , g_G の推定値とする。

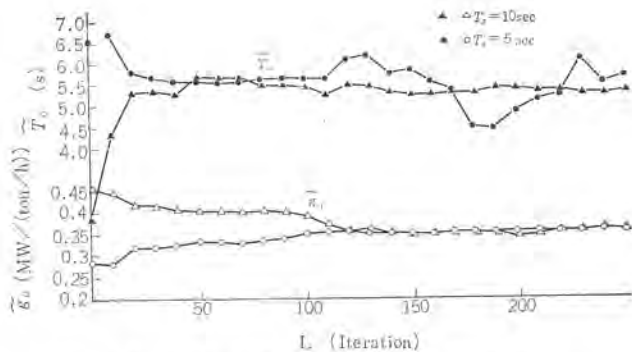


図 5. タービン発電機系の推定パラメータ
Estimated Parameters (T_G , g_G) of turbine generator system.

$m=20$ とした場合の \tilde{T}_G , \tilde{g}_G が n とともに変化する様子を図 5. に示した。図 3. には u_n , v_n および w_n の変化をも示した。図 5. より

$$T_G \approx 5.4 \text{ s}, \quad g_G \approx 0.35 \text{ MW/(ton/h)} \quad (35)$$

となる。この二つの値だけからは T_r , g_r などは求められないけれども、実測できる蒸気流量と発電機出力の間の関係は明確になる。

5. テスト用超臨界圧ボイラ昇温制御への適用例

超臨界圧ボイラの起動時の昇温制御、とくに水冷壁出口流体温度の制御は、従来慣用的な PID 制御器等の組み合わせだけからなるアナログワイロジック制御系だけでは困難視され、手動での昇温を行なう場合が多かった。この部分を計算機制御に置き換えれば PID 等にとらわれない昇温制御系を構成できる。ここで述べる手法は三菱重工業(株)と当社で行なわれたテストボイラを用いた自動化の研究の一つとして著者らが提案し、実験を行なわせてもらった結果である。

テストボイラは種々の試験研究のために設置されたもので

形 式	コンバインド サーキュレーション ボイラ
蒸気容量	2 ton/h
蒸気圧力	246 kg/cm ²
蒸気温度	538°C

の仕様を持っている。

超臨界圧ボイラは通常点火前に水冷壁出口圧力を超臨界圧 (246 kg/cm² の近傍) にし、以後昇温過程の間 BE 弁 (Boiler Extraction valve) の制御により一定に保たれる。点火後 350°C の近傍までは最大 220°C/h 程度で昇温し、遷移域ではずっと昇温率を落とすついに 415°C の近傍までもっていき、以後 PID による定温制御に切り換える。図 6. は昇温過程の典型例を図示したものである。昇温時に働く協調制御系の主要部は図 7. のようになる。すなわち給水、燃料、および空気の設定値 S_{FW} , S_{FUL} , S_{AIR} はフィードフォワード成分として負荷要求信号 R_0 から構成されるが S_{FUL} , S_{AIR} には更に昇温制御からの燃料修正信号 T_{CREC} が加わる。給水、燃料、および空気の各流量 F_{FW} , F_{FUL} , F_{AIR} は PID 制御器により S_{FW} , S_{FUL} , S_{AIR} となるように制御される。しかし昇温過程の間は R_0 は 5% 程度の一定値に保たれるから実際には S_{FW} は一定、 S_{FUL} , S_{AIR} は T_{CREC} のみにより変化させられるわけである。行なった実験では昇温制御系はもとより図 7. に描かれたすべての制御要素は DDC 化されている。

昇温制御系の制御周期を T_G , 水冷壁出口流体温度を T_{WBO} とし

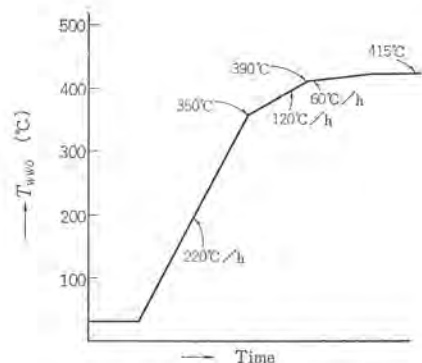


図 6. T_{WBO} 昇温曲線の例
Example of T_{WBO} temperature rise curve.

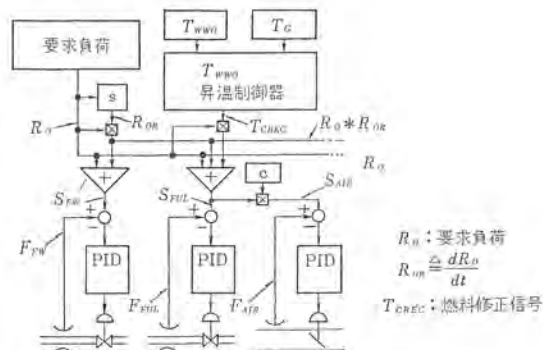


図 7. 協調制御系と T_{WBO} 昇温制御器との関係
Relation between the coordinated control and T_{WBO} temperature rise controller.

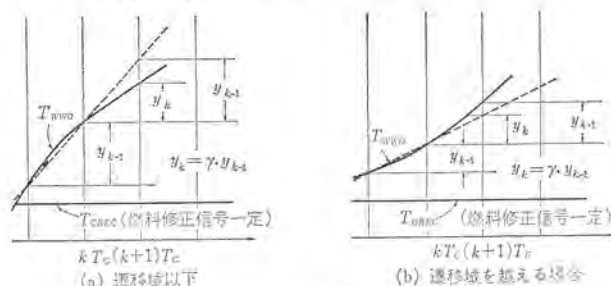


図 8. T_{WBO} と T_{CREC} との関係
Relation between T_{WBO} and T_{CREC} .

て

$$x_k \triangleq T_{CREC}((k+1) \cdot T_G) - T_{CREC}(k \cdot T_G) \quad (36)$$

$$y_k \triangleq T_{WBO}((k+1) \cdot T_G) - T_{WBO}(k \cdot T_G) \quad (37)$$

と置く。ボイラは基本的には蓄熱要素すなわち一定熱量を加えるかぎりほぼ一定の割合で昇温する性質を持っている。ところで水は超臨界圧において定圧比熱が遷移域 (374.15°C の近傍) まで徐々に増大し、遷移域では急激な増加を示し、それをこえると気体となり比熱は急に減少する。そこで遷移域までは x_k を一定に保つとすると、 y_k は y_{k-1} より小さくなる。すなわち図 8. の (a) のように

$$y_k = \gamma \cdot y_{k-1} \quad (38)$$

$$0 < \gamma < 1 \quad (39)$$

となる。 γ は T_{WBO} に依存するが、式 (39) の条件は満たしている。また遷移域をこえると x_k が一定でも y_k は y_{k-1} より大となる。そこで図 8. の (b) のように

$$\gamma > 1 \quad (40)$$

となる。この場合も γ は T_{WBO} に依存する。

今は x_k を一定としたけれども、ここで x_{k-1} の y_k に及ぼす影響を一次の項 $\delta \cdot x_k$ で近似すると式 (38) は

$$y_k = \gamma \cdot y_{k-1} + \delta \cdot x_{k-1} \quad (41)$$

と表わされる。当然 $\delta > 0$ と考えられる。

ところで希望昇温率は R_T とすると T_C 時間内の変化は $R_T \cdot T_C$ である。時刻 $(k-1) \cdot T_C$ で y_{k-1} が観測されたとき x_{k-1} を調整して、 $y_k = R_T \cdot T_C$ とすることを考える。ただし y_{k-1} としては T_C よりさらに短い周期で観測した T_{WFO} の値を式 (25) の変化率フィルタの出力を U_{k-1} として $y_{k-1} = U_{k-1} \cdot T_C$ と置くことにする。

とくに $T_C = N \cdot T_S$ としてそれぞれのサンプル時刻を同期させると

$$U_{k-1} = \frac{12}{(N^2-1) \cdot T_C} \cdot \sum_{l=1}^N \left(\frac{N+1}{2} - l \right) \cdot T_{WFO}((k-1)T_C + (l-1)T_S) \quad (42)$$

となる。こうすると

$$x_k = A \cdot R_T + B \cdot (R_T - U_{k-1}) \quad (43)$$

となる。ここで

$$A \triangleq \frac{1-\gamma}{\delta} \cdot T_C, \quad B \triangleq \frac{\gamma}{\delta} \cdot T_C \quad (44)$$

である。これで制御アルゴリズムができ上がった。A, B は T_{WFO} に依存する。式 (43) の第1項はフィードフォワード成分、第2項は変化率を観測値としたフィードバック成分である。すなわち、変化率フィルタの使用により質のよい変化率が得られることがこのアルゴリズムに導いた。

昇温時には過熱器、再熱器に流体の流れがないから、その保護の目的でガス温度 T_G に制限を加える。制限温度 T_{GLM} に対して

$$D_{GL} \triangleq \begin{cases} 0, & (T_G < T_{GLM}) \\ -g_L, & (T_G \geq T_{GLM}) \end{cases} \quad (45)$$

を作り式 (43) をさらに修飾した値

$$x_k = A \cdot R_T + B \cdot (R_T - U_{k-1}) + D_{GL} \quad (46)$$

を実際には用いる。図9は昇温制御系全体のブロック図を示したも

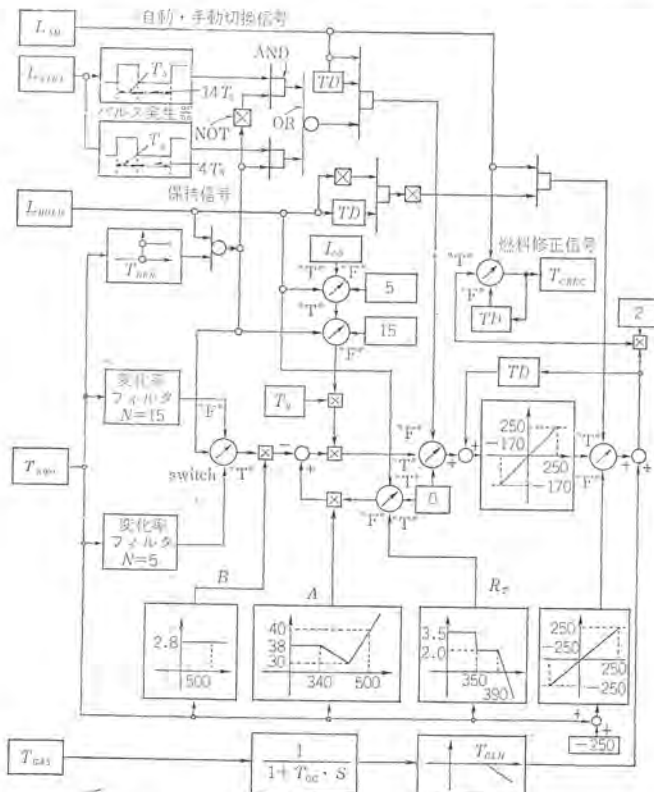


図9. T_{WFO} 昇温制御器のブロック線図
Block diagram of T_{WFO} temperature rise controller.

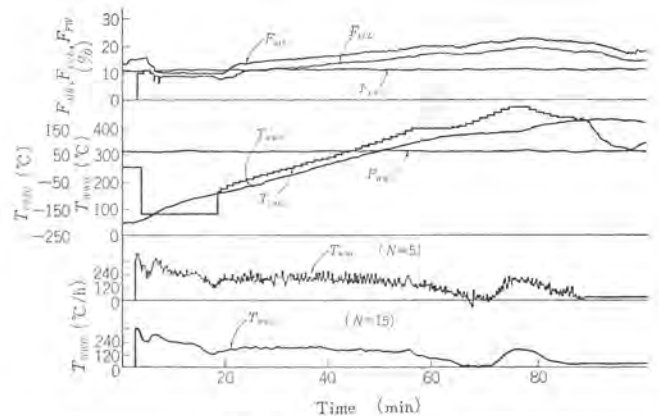


図10. T_{WFO} 昇温試験の例-1
 T_{WFO} temperature rise test-1.

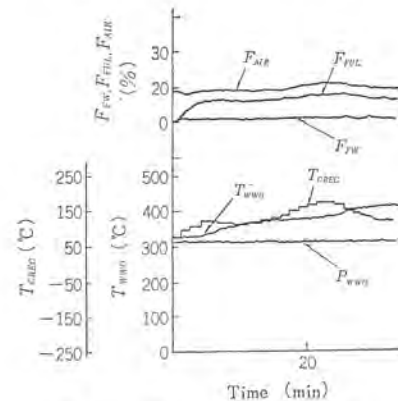


図11. T_{WFO} 昇温試験の例-2
 T_{WFO} temperature rise test-2.

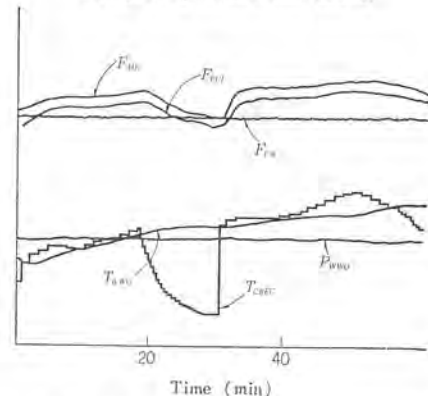


図12. T_{WFO} 昇温試験の例-3 (T_{WFO} 保持を含む場合)
 T_{WFO} temperature rise test-3 including the T_{WFO} holding.

のである。

実験は $T_S = 8$ s, $T_C = 120$ s ($N = 15$) を主体としたが、温度保持の期間では $T_C = 40$ s ($N = 5$) に変更してある。他のパラメータの値は図9の中に記してある。図10は冷起動の例で 400°C 以上で $A = 1.5$ とした場合、図11は $A = 0.2$ とした場合である。図12は温度保持の部分を含む昇温例である。燃料の変化、 T_{WFO} の変化もきわめてなめらかである。

6. 抄紙坪量系制御のシミュレーション例

製紙抄紙工程とは繊維等分の固成分と水分との混合液をギャップより噴出させ、移動する金網の上に一様に広げ水分を乾燥して紙を巻き取る工程である⁽⁴⁾。紙の質は単位面積当りの固成分の重さ、すなわち坪量により評価される。混合液はストックインレットと呼ばれる

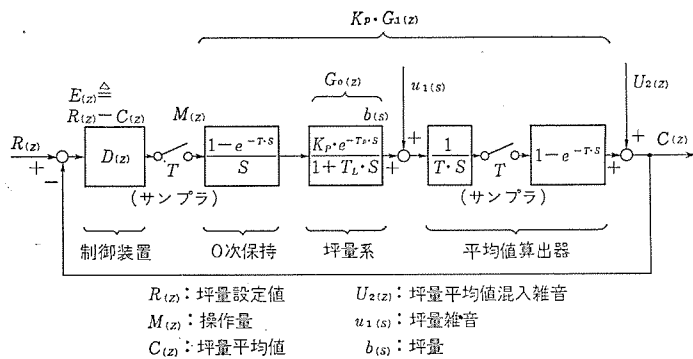


図 13. 坪量制御系のブロック線図
Block diagram of a control system of basis weight.

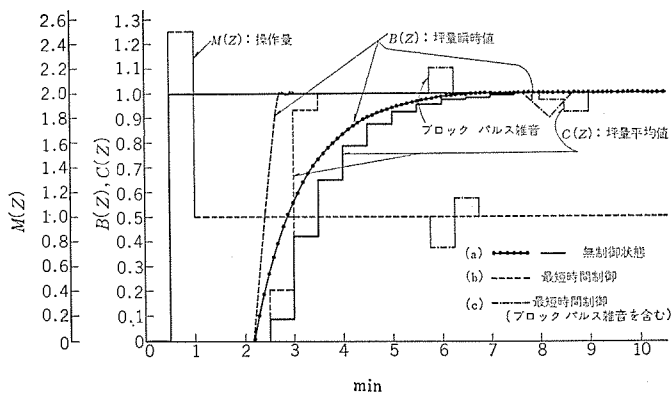


図 14. 坪量の最短時間制御のシミュレーション例
Simulation example of time optimal control of basis weight.

容器内にポンプにより供給され、その流量は種口弁により調整される。したがってギャップを通過する流量は種口弁で決定される。乾燥中には固形分は変化しないから坪量は種口弁で制御されることになる。種口弁より坪量の検出端までの特性は、伝達関数

$$G_0(z) = \frac{K_P \cdot e^{-Td \cdot s}}{1 + T_L \cdot s} \quad (47)$$

で与えられる。ギャップより検出端までの走行時間がむだ時間 T_D としてはいつている。設定した坪量に最短時間でもっていくための制御系として J. J. Miller⁽⁴⁾ の提案した手法について BACS を用いてシミュレーションを行なった結果を与え、制御系が IIR デジタルフィルタとなっていることを示した。

坪量は周期 T で平均値がとられ、実際にはこの値が計測される。いま制御系そのものも周期 T で働かせ、操作量は 0 次保持されるものとする。制御系のパルス伝達関数を $D(z)$ とし、坪量設定値、操作量、坪量平均値、および坪量平均値に加わる雑音の z 変換をそれぞれ、 $R(z)$ 、 $M(z)$ 、 $C(z)$ 、 $U_2(z)$ とする。また坪量瞬時値 $b(s)$ には雑音 $u_1(s)$ が付加されているものとする。制御系を含めた全体のブロック図を図 13. に示した。図 13. から $u_1(s) = 0$ とすると

$$C(z) = \frac{K_P \cdot G_1(z) \cdot D(z)}{1 + K_P \cdot G_1(z) \cdot D(z)} \cdot R(z) + \frac{1}{1 + K_P \cdot G_1(z) \cdot D(z)} \cdot U_2(z) \quad (48)$$

となる。ただし

$$G_1(z) \triangleq \mathcal{Z} \left\{ \frac{1 - e^{-T \cdot s}}{s} \cdot \frac{e^{-L_D \cdot s}}{1 + T_L \cdot s} \cdot \frac{1 - e^{-T \cdot s}}{T \cdot s} \right\} \quad (49)$$

である。 $\mathcal{Z}(\cdot)$ は z 変換を示す。ここで q を整数として

$$L_D = (q + 1 - \Delta) \cdot T \quad (50)$$

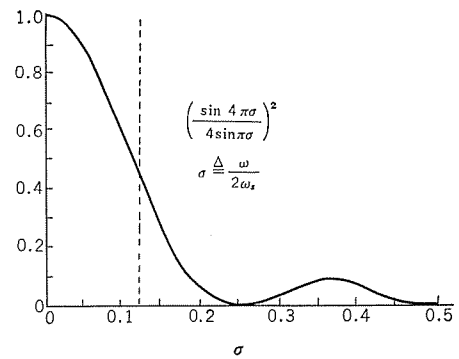


図 15. FIR 低域フィルタの周波数特性
Frequency characteristic of FIR low pass filter.

$$0 \leq \Delta < 1 \quad (51)$$

と選ぶと

$$G_1(z) = C \cdot \frac{z^{-(q+1)} (1 + m \cdot z^{-1} + n \cdot z^{-2})}{1 - b \cdot z^{-1}} \quad (52)$$

ここで

$$C \triangleq \frac{e^{-\frac{\Delta \cdot T}{T_L}} + \frac{\Delta \cdot T}{T_L} - 1}{\frac{T}{T_L}}, \quad b \triangleq e^{-\frac{T}{T_L}} \quad (53)$$

$$m \triangleq \frac{\frac{T}{T_L} - \left(\frac{\Delta \cdot T}{T_L} - 1 \right) \left(e^{-\frac{T}{T_L}} + 1 \right) - 2 \cdot e^{-\frac{\Delta \cdot T}{T_L}}}{e^{-\frac{\Delta \cdot T}{T_L}} + \frac{\Delta \cdot T}{T_L} - 1} \quad (54)$$

$$n \triangleq \frac{\left\{ (\Delta - 1) \frac{T}{T_L} - 1 \right\} \cdot e^{-\frac{T}{T_L}} + e^{-\frac{\Delta \cdot T}{T_L}}}{e^{-\frac{\Delta \cdot T}{T_L}} + \frac{\Delta \cdot T}{T_L} - 1} \quad (55)$$

である。式 (52) を式 (58) に代入すると

$$C(z) = \frac{\gamma \cdot z^{-(q+1)} \cdot (1 + m \cdot z^{-1} + n \cdot z^{-2})}{\gamma (1 - b \cdot z^{-1}) / K_P \cdot C \cdot D(z) + \gamma \cdot z^{-(q+1)} (1 + m \cdot z^{-1} + n \cdot z^{-2})} \cdot R(z) \quad (56)$$

となるから

$$D(z) = \frac{\gamma \cdot (1 - b \cdot z^{-1})}{K_P \cdot C \cdot \{ 1 - \gamma \cdot z^{-(q+1)} (1 + m \cdot z^{-1} + n \cdot z^{-2}) \}} \quad (57)$$

と選べば $C(z)$ は

$$C(z) = \gamma \cdot z^{-(q+1)} (1 + m \cdot z^{-1} + n \cdot z^{-2}) \cdot R(z) \quad (58)$$

となり最短時間有限整定特性が得られる。制御系式 (57) は IIR デジタルフィルタであることを示している。ただし、この場合には周波数領域でなく時間領域で設計されている。図 14. の結果は $T = 0.5$ min, $T_D = 1.7$ min, $K_P = 1$, $T_L = 1$ min とし、シミュレーションの刻み幅は $h = 0.05$ min として制御特性を調べたものである。(a) は無制御ステップ応答、(b) は雑音のない場合、(c) は $U_2(z)$ としてブロックパルスを与えた場合の結果である。

7. 相関関数の近似計算への適用例

相関法およびスペクトル分解の手法は理工学の各分野で広く利用されている。最近 Cooley and Tukey が有限 Fourier 変換 (DFT: Discrete Fourier Transform) において高速演算アルゴリズム (FFT: Fast Fourier Transform) を発見し、Fourier 解析の利用分野が飛躍的に広がった。ただしこのアルゴリズムは複素演算を必要とするためデータ数 N の 2 倍の領域を少なくとも必要とする。しかし比較的的低域成分による相関関数を必要とするような場合にはデータ数を圧

縮してやれば特殊な アルゴリズム を使用しなくても領域・演算時間を縮小できると考えられる⁽⁴⁾。

信号 $x(t)$ のスペクトルは $|\omega| \leq \omega_s$ に制限されているものとして、 $T_s = \pi/\omega_s$ ごとの サンプル 値を x_n ($n=0, 1, \dots, N-1$) とする。任意の整数 n に対して $n \equiv n_0 \pmod{N}$, $0 \leq n_0 < N-1$ とし $x_n \triangleq x_{n_0}$ と定義して、自己相関関数を

$$y_n \triangleq \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_{n+k} \cdot x_k \quad (59)$$

で与える。 y_n の近似値を次のように求める。整数 M, L で

$$N \triangleq M \cdot L \quad (60)$$

とする。信号を FIR フィルタ

$$z_n = \frac{1}{L} \cdot \sum_{k=1}^L x_{n \cdot L + 1 - k} \quad (61)$$

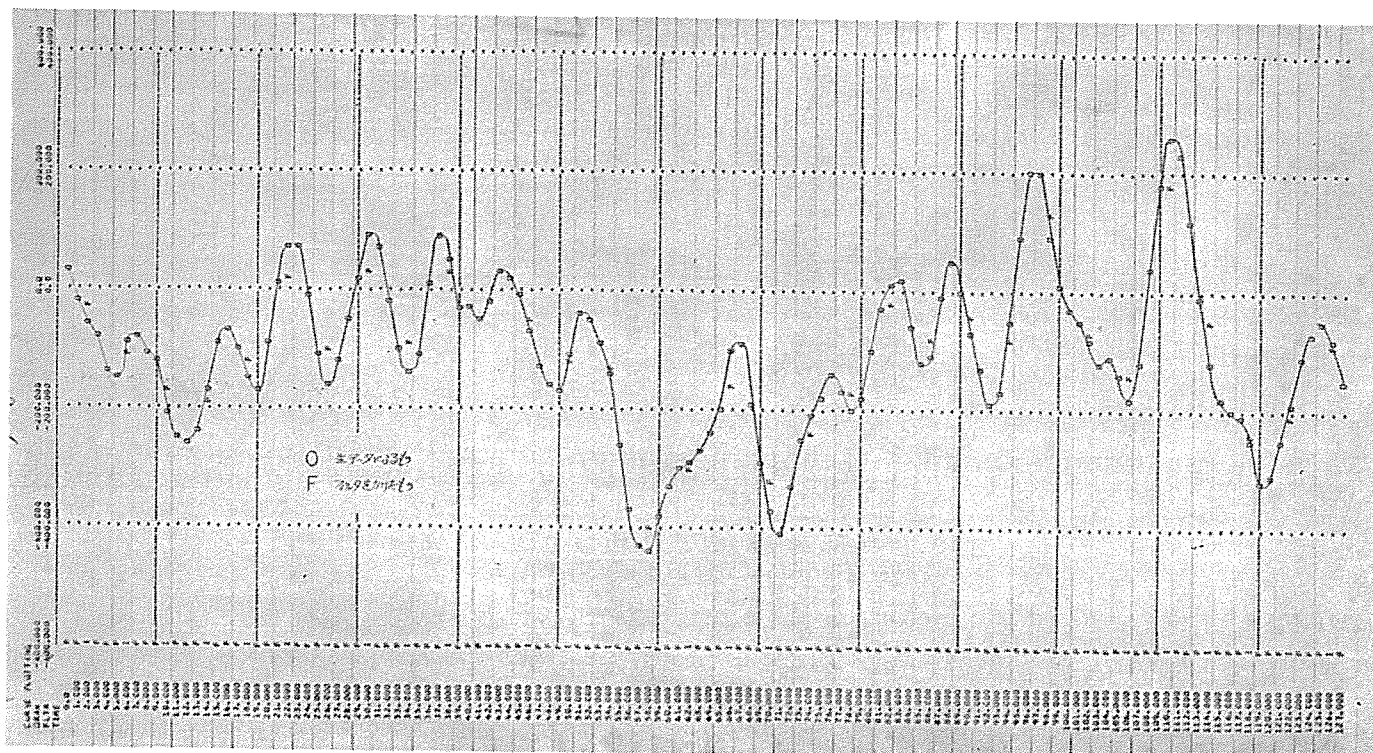


図 16. 相関関数計算のためのデータ例 ($N=128$)
Example data for the calculation of correlation functions.

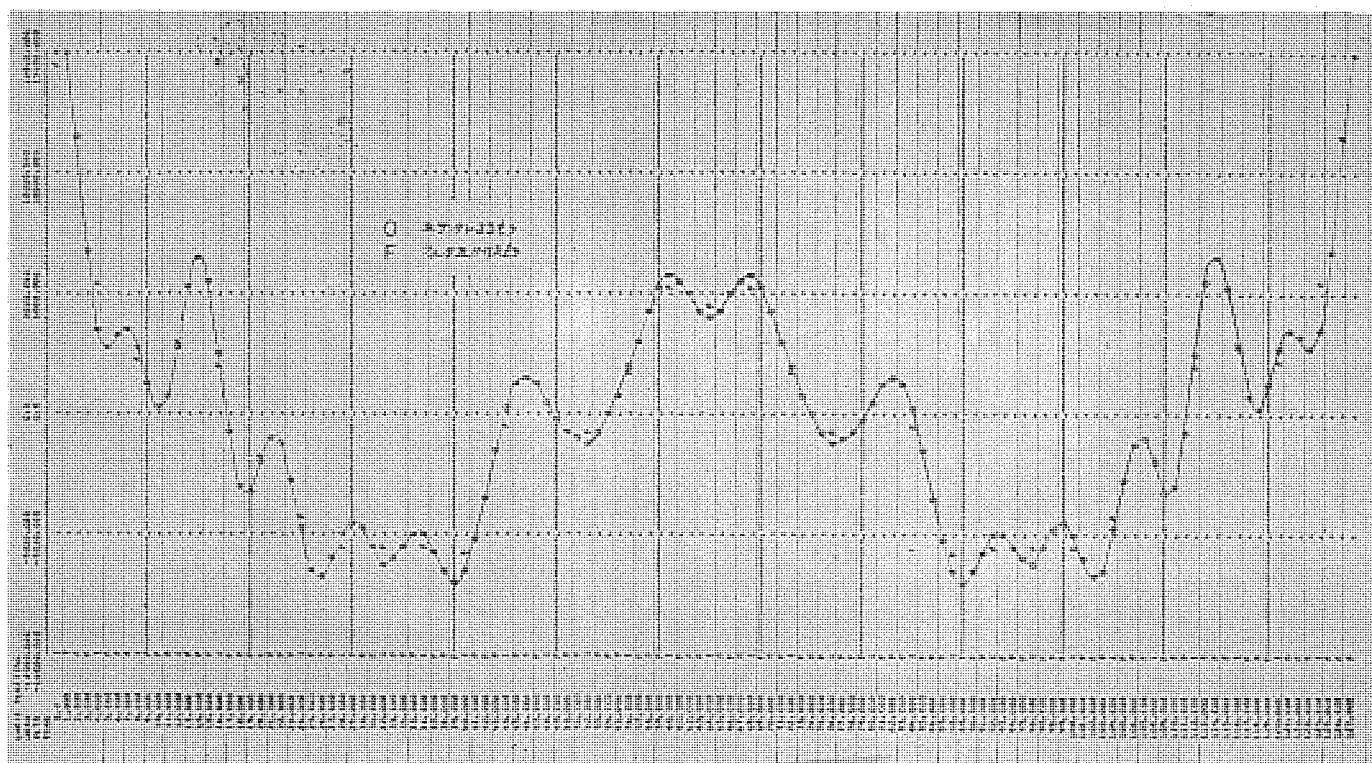


図 17. 図 16. のデータに対する自己相関関数 ($N=128, L=4$)
Auto-correlation function of fig. 16 data ($N=128, L=4$).

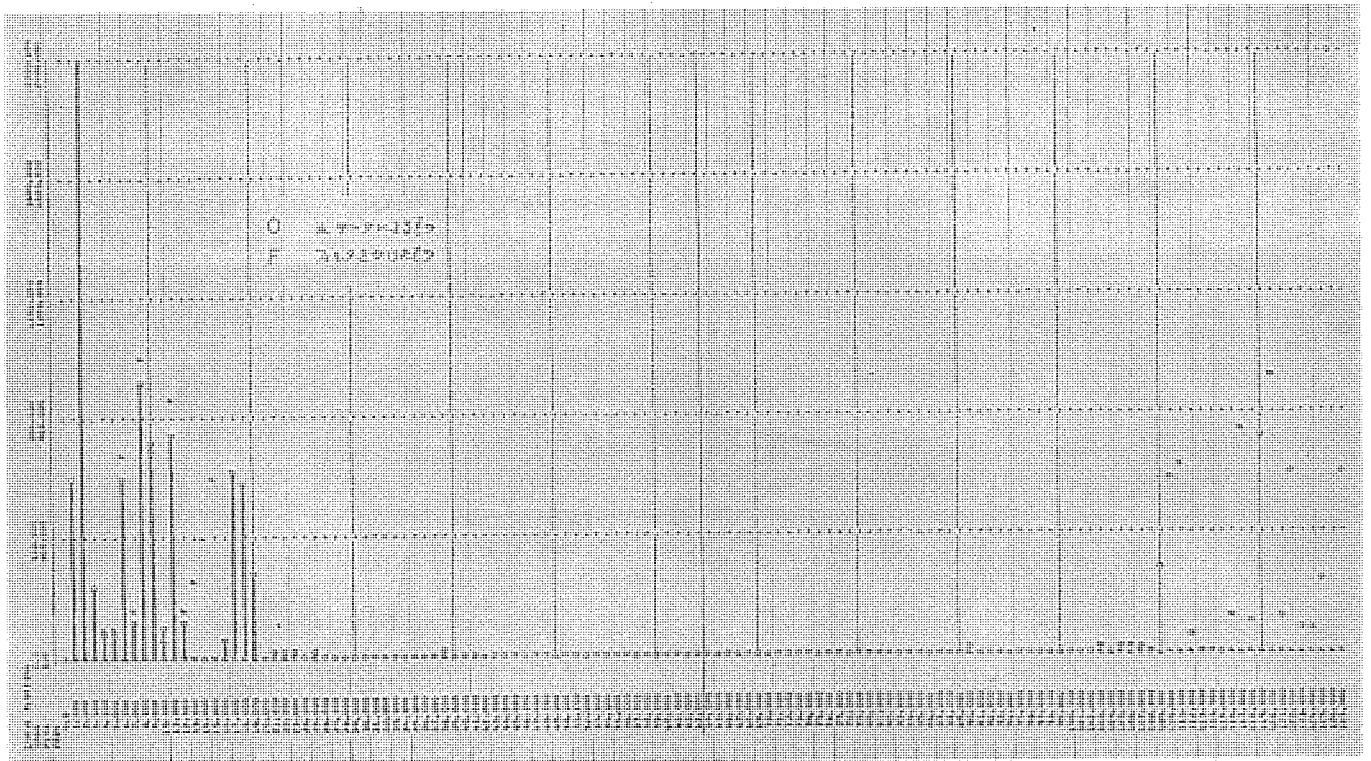


図 18. 図 16. のデータに対するパワー スペクトル ($N=128$, $L=4$)
Power spectrum of fig. 16 data ($N=128$, $L=4$).

に通した後に

$$w_n \triangleq \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} z_{n+l} \cdot \bar{z}_l \quad (62)$$

を作ると

$$w_n \triangleq y_L \cdot n \quad (63)$$

となる。フィルタ式 (61) の特性は図 15. のようになり、 z_n の周波数成分は $|\omega| \leq \omega_s/L$ に封じ込まれるから $L \cdot T_s$ ごとにフィルタを働かせた出力で w_n を計算しても別名誤差は生じない。しかし $|\omega| \leq \omega_s/L$ の成分についてだけの相関関数となる。したがって w_n より $|\omega| \leq \omega_s/L$ の範囲のスペクトルしか求められない。しかし元の成分が比較的 low 周波成分に限られている場合は式 (63) が成立する。

この近似法を用いるとデータ数以上のメモリを必要としない。式 (59) を単純に計算すると N^2 回の演算を必要とするが、この近似法では、 N^2/L^2 回の演算回数でよい。FFT ではさらに $N \cdot \log N$ に比例する演算回数でよい。図 16. は電車の振動試験で得られた $N=128$ のデータ例である。図 17., 18. には $L=1$, $L=4$ の場合に対する自己相関関数およびパワー スペクトルを描いたものである。 $N=2,048$ の場合、式 (59) の単純計算、FFT による計算、および $L=4$ とした提案手法による IBM 360-195 による計算で、それぞれ 20.8 秒、2.2 秒、1.148 秒⁽⁶⁾ を要した。

8. む す び

ディジタルフィルタの一設計法を提案し、FIR フィルタの応用としてタービン・発電機系の同定、超臨界圧ボイラの昇温制御、および相関関数の近似計算について、IIR フィルタの応用として製紙抄紙坪量制御

等について実験例およびシミュレーション例とともに示した。

これらによりディジタルフィルタとしての信号処理の形態が制御用計算機システムで重要な意味を持つことを示した。

4 章に関しては大阪大学 工学部 鈴木胖教授、関西電力(株)の内田義久氏に、5 章に関しては三菱重工業(株)の長崎・神戸の両研究所の関係諸氏に種々のご指摘を受け、実験データの掲載を心よくお許しいただいた。また、すべての実験およびシミュレーション等に関してご協力をいただいた当社の関係各位に感謝の意を表するものである。(昭和 48-12-14 日受付)

参 考 文 献

- (1) 立花：ディジタルフィルタを用いた同定，計測自動制御学会論文集，9，No. 4，438 (昭 48)
- (2) Y. Tachibana, T. Kamei : Temperature Raise Control of Super Critical Boiler using Derivative Digital Filter, IFAC/IFIP, 4th Intn. Conf. Zürich, Switzerland (March, 1974)
- (3) 立花：同定を含む超臨界圧ボイラ水冷壁出口流体温度の起動時昇温制御，計測自動制御学会論文集，8，No. 2，147 (昭 47)
- (4) J. J. Miller : Time-Optional Control of Basis Weight, Instrumentation Technology, March, 41 (1972)
- (5) 立花・半場：信号の変化率を描出するアルゴリズムについて，電気学会情報処理研究会資料，IP-71-24 (昭 46)
- (6) 半場，立花，北村：ディジタルフィルタを用いた相関関数の近似的計算法，電気学会情報処理研究会資料，IP-73-7 (昭 48)

技術講座

数値制御装置シリーズ (3)

—数値制御装置のサーボ機構について (その 2)—

桑 田 博*

1. ま え が き

前回で「NC 装置のサーボ機構について」種々の分類を行ない、これについてのべたが、今回は具体的に MELDAS シリーズのサーボ機構について解説する。

2. MELDAS シリーズのサーボ機構

MELDAS のサーボ機構は、本質的にはクローズドループ、アナログ (位相)、連続、リフトサーボであり、検出器としては、レゾルバ (セミクローズドループ) および インダクション (完全クローズドループ) が主体となっている。またレゾルバ/インダクション併用のデュアルフィードバック方式もある。動力源からは電気サーボ (DC モータサーボ) が主流となってきている。MELDAS 5100 (旋盤用) や MELDAS 4000/5000 (フライス系) を中心に、MELDAS シリーズのサーボ機構についてのべる。

2.1 MELDAS サーボの特長

MELDAS サーボの特長は次のとおりである。

(1) 豊富なサーボ方式

サーボ方式としてはセミクローズド方式、クローズド方式、さらにデュアルフィードバック方式の3種類が標準化されており、要求される性能、機械要素の特性に応じた最適なシステムが選択できる。また各方式とも標準化されているのでサーボ調整がきわめて単純化されている。

(2) ファインスケール方式の採用

加工面精度が企画的に改善され、バックラッシュ・ピッチ誤差・工具径・工具位置などの補正が微小単位で可能となった。

(3) 駆動増幅器の小形・軽量化

高効率の三相サイリスタ増幅器を開発し、大幅な小形・軽量化を計り、3kW 3軸まで本体架に内蔵可能になり、フロアスペースが減少した。

(4) 電気駆動方式を標準に採用

騒音や油公害からの解放を試み、電気駆動を主体とし、速応性タイプにはミルモータを、低価格・高トルクタイプにはカップモータの2系列を標準化し、機械の用途に応じて選択できる。

2.2 サーボ方式の種類と仕様

サーボ方式としてはすでにのべたように、セミクローズドループ、クローズドループおよびデュアルフィードバックの3方式があり、前二者は「NC装置のサーボ機構について (その1)」でのべたので省略し、ここでは後者のデュアルフィードバック方式 (特許出願中) についてのべる。図 1. にそのブロック図を示す。この方式はセミクローズドループ方式の安定性と、クローズドループ方式の制御精度のよい点を併用した方式であり、レゾルバをモータ軸の反負荷側に、インダクションを機械の最終位置に取り付け、レゾルバにより閉ループ系を、インダクションにより補正系を構成し、主として大形機で高性能が要求される場合に適用される。図

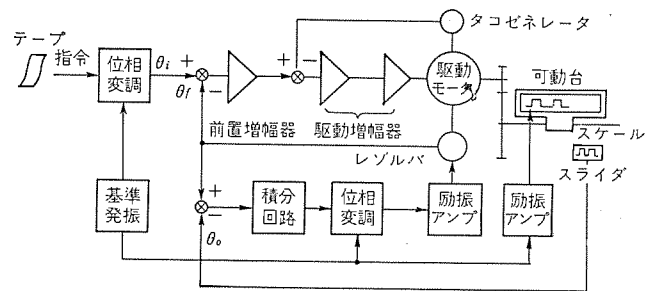


図 1. デュアルフィードバック方式

表 1. MELDAS シリーズサーボの3方式仕様

仕様項目	セミクローズドループ方式	クローズドループ方式	デュアルフィードバック方式
適用工作機械	一般の工作機械	小中形高性能機	大形高性能機
位置ループゲイン K_p (標準値)	25 s^{-1}	12.5 s^{-1}	25 s^{-1}
検出器	レゾルバ (モータ反負荷側)	インダクション (最終位置)	レゾルバ+インダクション
負荷 GD_L^2 (モータ軸換算)	駆動モータ仕様参照 (表7, 8)	同 左	同 左
最大静摩擦トルク	モータ定格トルク以下	同 左	同 左
最大動摩擦トルク	モータ定格トルク以下	同 左	同 左
最大切削トルク (動摩擦トルク込み)	モータ定格トルク以下	同 左	同 左
バックラッシュ量	最大補正量 64パルス (M 5100) 127パルス (M 4000, M 5000)	指令単位の5倍以下	最大補正量 $\pm 4 \text{ mm}$
機械剛性	とくに制限なし	共振周波数 20 Hz 以上	とくに制限なし、ただし値が小さいと補正系のゲインが低くなり補正速度が遅くなる

において入力指令 θ_i とレゾルバ出力 θ_f とを位相弁別し、その誤差を増幅し、駆動モータを回転させることにより閉ループ系を構成する。一方レゾルバ出力 θ_f とインダクション出力 θ_0 を位相弁別し、得られた誤差に比例するパルス列をつくり、これを位相変調してレゾルバの励振位相をずらすことにより、このループの誤差を零にするよう補正系が動作する。

これら3方式のおもな仕様を表 1. に示した。

2.3 駆動モータの仕様と寸法

表 2. にミルモータの仕様、図 2. にミルモータのトルク-スピード特性、図 3. にミルモータの組立外形図を、表 3. にカップモータの仕様、図 4. にカップモータのトルク-スピード特性、図 5. にカップモータの組立外形図を示した。

表 2. ミルスモータ仕様

項 目	単 位	FKR-6P	FKR-13P	FKR-25P	FKR-50P	FKR-100P	FKR-200P
定 格 出 力	kW	0.18	0.39	0.75	1.5	3.0	6.0
定 格 回 転 数	rpm	3,200	3,200	3,200	3,200	3,000	3,200
最 大 回 転 数	rpm	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
定 格 ト ル ク	kg・cm	5.5	11.5	22.5	45	90	180
瞬 時 最 大 ト ル ク	kg・cm	55	115	225	450	900	1,800
モ ー タ GD^2	kg・cm ²	2.4	6.3	13.5	56	100.8	290
負 荷 許 容 GD^2	kg・cm ²	モータ $GD^2 \times 4$ 倍以下					
トルクスピード特性	—	図 2. 参照					
トルクゲイン特性	—	2.6 節 参照					
モータ回転角 (ステップ角度)	度/パルス	0.9° シリーズ, 1.2° シリーズ, 1.5° シリーズ (詳細は, 表 5. 参照)					
界 磁 定 格	—	永 久 磁 石					5.0 A, 19 Ω
冷 却 方 式	—	全 閉 自 冷					他冷
重 量	kg	14	19	29	51	77	109
駆 動 ア ン プ	—	三相半波サイリスタアンプ					
電 源 容 量	kVA	0.6	1.2	2.3	4.5	9.0	18
電 源 電 圧	—	200/220 V $\pm 10\%$, 50/60 ± 1 Hz					

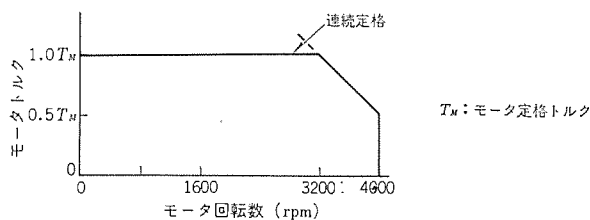
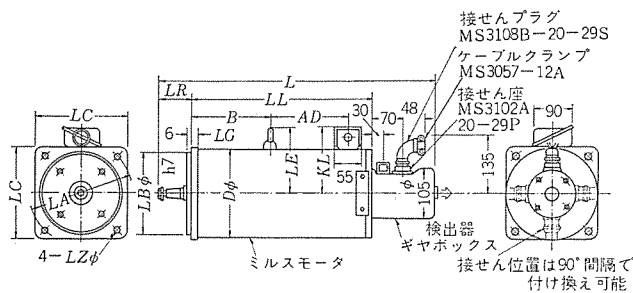


図 2. ミルスモータのトルクスピード特性



出 力	モ ー タ 形 番	モ ー タ							
		B	D	LE	AD	KL	L	LL	LR
180 W	FKR-6 P	—	120	—	—	101	399.5	205.5	44
390 W	FKR-13 P	—	132	—	—	107	446.2	248.5	58
750 W	FKR-25 P	122	160	121	120	121	476.5	278.5	58
1.5 kW	FKR-50 P	175	200	142	153	142	596.5	336.5	70
3.0 kW	FKR-100 P	182.5	214	160	153	212	628.5	407.5	80

出 力	モ ー タ 形 番	フ ラ ン ジ 面					
		LA	LB	LC	LG	LW	LZ
180 W	FKR-6 P	145	120	130	9	14	11
390 W	FKR-13 P	165	130	145	10	18	11
750 W	FKR-25 P	185	150	162	16	18	11
1.5 kW	FKR-50 P	215	180	200	16	20	14
3.0 kW	FKR-100 P	235	200	210	20	20	14

図 3. ミルスモータ組立外形図

表 3. カップモータ仕様

項 目	単 位	04 DB MB 11	08 DB MB 11	15 DB MB 11	22 DB MB 11	37 DB MB 11
定 格 出 力	kW	0.4	0.8	1.5	2.2	3.7
定 格 回 転 数	rpm	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
最 大 回 転 数	rpm	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
定 格 ト ル ク	kg・cm	20.1	37.5	75.2	110.7	161.2
瞬 時 最 大 ト ル ク	kg・cm	130.5	244.8	376.2	720	927
モ ー タ GD^2	kg・cm ²	109.6	180	325.2	720	1,500
許 容 負 荷 GD^2	kg・cm ²	モータ GD^2 以下				
トルクスピード特性	—	図 2. 参照				
トルクゲイン特性	—	2.6 節 参照				
モータ回転角 (ステップ角度)	度/パルス	0.9° シリーズ, 1.2° シリーズ, 1.5° シリーズ (詳細は表 10. 参照)				
界 磁 定 格	—	永 久 磁 石				
冷 却 方 式	—	全 閉 自 冷				
重 量	kg	15	22	27	40	67
駆 動 ア ン プ	—	三相半波サイリスタアンプ				
電 源 容 量	kVA	1.2	2.3	4.5	6.6	11.1
電 源 電 圧	—	200/220 V $\pm 10\%$, 50/60 ± 1 Hz				

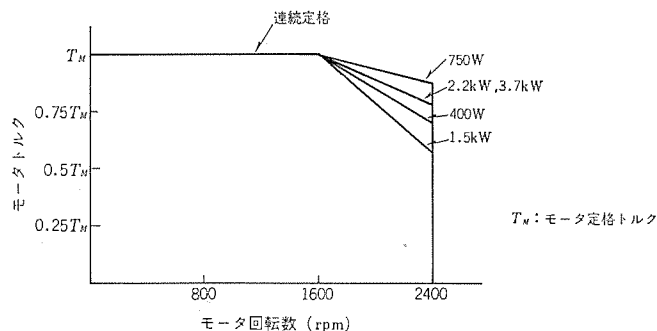


図 4. カップモータのトルクスピード特性

2.4 駆動増幅器の実装法

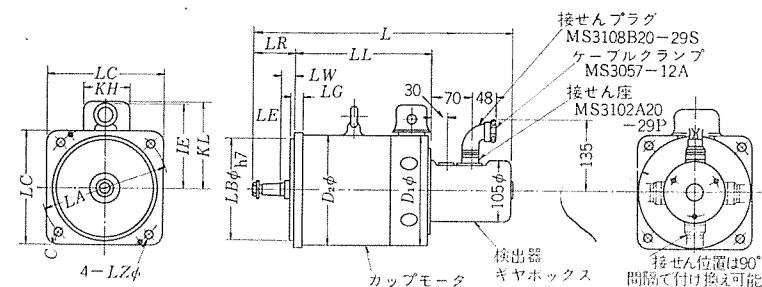
ミルスモータ 3 kW 以下, カップモータ 3.7 kW 以下用の駆動増幅器 3 台までは本体架に実装できる。ミルスモータ 6 kW 用および 4 軸目・5 軸目用の駆動増幅器がある場合は, 別きょう (筐) 体のアンプ架が付加される。図 6. に本体架に駆動増幅器が 3 台実装されている写真を示した。

2.5 送り角とモータ回転角 (ステップ角)

一般にサーボ系において早送り速度をモータの定格回転数に対応させて設計する。たとえばミルスモータでは 3,200 rpm, カップモータでは 2,400 rpm である。送り速度に関係するものは指令パルス速度であり, これは pps (pulse per sec) の単位で表わされ, 1 パルスあたりのモータ回転角はこの pps で決定される。

モータの回転角 θ_M は

$$\theta_M = \frac{N \times 360}{F \times \frac{1}{a}} = \frac{N \times 360}{60 \times \text{pps}} \quad (^\circ/\text{パルス}) \quad \dots\dots\dots (1)$$



出力 (kW)	モータ形式	C	D1	D2	KH	KL	IE	L	LA	LB
0.4	UGCMEM-04 DB1	10	165	155	65	122	—	334.5	185	150
0.75	UGCMEM-08 DB1	25	185	178	65	130	—	405.5	215	180
1.5	UGCMEM-15 DB1	25	185	178	65	130	135	456.5	215	180
2.2	UGCMEM-22 DB1	32	210	190	78	145	146	530.5	235	200
3.7	UGCMEM-37 DB1	48	245	230	78	164	175	604.5	265	230

出力 (kW)	モータ形式	LC	LE	LG	LL	LO	LR	LW	LZ
0.4	UGCMEM-04 DB1	162	6	11	186.5	35	58	18	11
0.75	UGCMEM-08 DB1	190	6	11	208.5	45	58	18	14
1.5	UGCMEM-15 DB1	190	6	11	258.5	45	58	18	14
2.2	UGCMEM-22 DB1	210	6	14	310.5	60	80	20	14
3.7	UGCMEM-37 DB1	240	6	14	384.5	60	80	20	14

図 5. カップモータ組立外形図

表 4. ミルスモータの場合の送り速度とモータ回転角の一例 (3,200 rpm とし)

早送り速度 (m/min)	指令単位 (mm)	指令 pps	モータ回転角 (°/パルス)	モータ1回転パルス
19.2	0.01	32,000	0.6	600
9.6	0.01	16,000	1.2	300
4.8	0.01	8,000	2.4	150
2.4	0.01	4,000	4.8	75

表 5. 送り速度とモータ回転角の関係

シリーズ	指令単位 (mm)	モータ回転角 (°/パルス)	早送り速度 (m/min) とモータ回転数 (rpm)										
			19.2	14.4	9.6	7.2	4.8	3.6	2.4	1.8	1.2	0.9	0.6
0.9°	0.01	0.45	2,400	1,800						ミルスモータ: 3,600, 2,400 rpm カップモータ: 2,400, 1,800 rpm			
		0.9		3,600	2,400	1,800							
		1.8				3,600	2,400	1,800					
		3.6						3,600	2,400	1,800			
	0.005	0.45			2,400	1,800							
		0.9				3,900	2,400	1,800					
		1.8						3,600	2,400	1,800			
		3.6							3,600	2,400	1,800		
1.2°	0.01	0.6	3,200	2,400	1,600					ミルスモータ: 3,200, 2,400 rpm カップモータ: 2,400, 1,600 rpm			
		1.2			3,200	2,400	1,600						
		2.4					3,200	2,400	1,600				
		4.8							3,200	2,400	1,600		
	0.005	0.6			3,200	2,400	1,600						
		1.2					3,200	2,400	1,600				
		2.4							3,200	2,400	1,600		
		4.8								3,200	2,400	1,600	
1.5°	0.01	0.75	4,000	3,000	2,000					ミルスモータ: 4,000, 3,000 rpm カップモータ: 2,000 rpm			
		1.5			4,000	3,000	2,000						
		3.0					4,000	3,000	2,000				
		6.0							4,000	3,000	2,000		
	0.005	0.75			4,000	3,000	2,000						
		1.5					4,000	3,000	2,000				
		3.0							4,000	3,000	2,000		
		6.0								4,000	3,000	2,000	

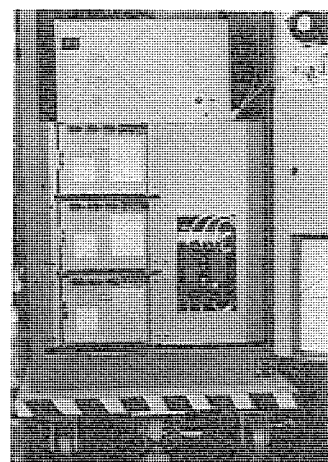


図 6. 駆動増幅器の本体実装図 (左側は増幅器ユニット、右側はトランスユニット)

ただし、 N : モータ定格回転数 (rpm)

F : 早送り速度 (mm/min)

a : 入力指令単位 (mm)

で表わされる。ミルスモータの送り速度とモータ回転角などの関係の一例を表 4. に示す。

一方レゾルバの最高回転数は、2,400 rpm にとるのが普通であり、レゾルバ 1 回転の検出量 (分割数) は、NC 装置のシステムクロック周波数と励振周波数の比で決定される。セミクロズドループ方式のサーボ系ではレゾルバからのフィードバック信号、すなわちフィードバック DPM 速度と指令 DPM 速度とを合わせる必要がある。このためモータレゾルバ

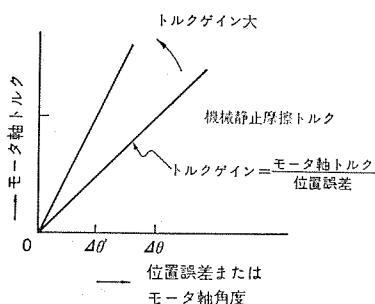


図 7. サーボ系のトルクゲイン (サーボ剛性)

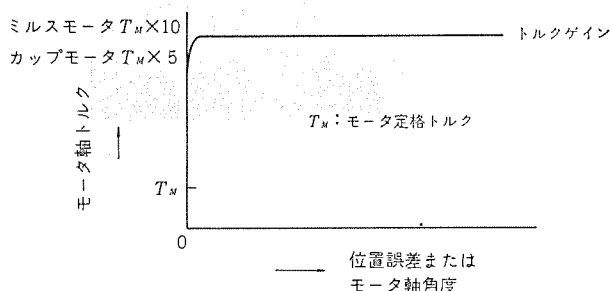


図 8. MELDAS サーボのトルクゲイン

間のギヤでこれを調整している。

MELDAS サーボでは、このモータの回転角を表 5. に示すように 0.9°, 1.2°, 1.5° シリーズの 3 種が標準として準備されている。

2.6 トルクゲイン

モータが静止状態にあるときの、サーボ系の位置誤差に対するモータ軸の出力トルクの大きさをトルクゲイン、またはサーボ剛性という。これはモータ軸に外力を与えて位置誤差を測定することによって求められる。

図 7. に示すように、位置決め誤差、位置決め再現性のばらつきなどは、おもに機械の静止摩擦トルクによって生じるもので、トルクゲインの大きさは位置決め精度、位置決め再現精度、1 パルス精度などの良さを表わす尺度となる。図 8. は MELDAS 4000/5000 のトルクゲイン特性を示す。トルクゲインは非常に大きくほとんど無限大で、0.002/0.001 mm 指令単位の場合でも、位置決め精度、再現精度、1 パルス送りなど非常に良好な結果が得られる。

2.7 ファインスケール

入力指令単位が 0.01 mm または 0.005 mm であっても NC 装置の内部演算を 0.002 mm, 0.001 mm 単位で行ない、駆動部のギヤ比を変更することなしに精密な位置決め、なめらかな切削を行なうことができる機能である。図 9. に、0.01 mm 指令を 0.001 mm 単位のファインスケールを行なった場合のパルス分配の様子を示す。

ファインスケールの仕様があるときは、テープ指令だけでなく、オフセット・手動送り・ハンドル送り・バックラッシュ・ピッチ誤差補正などすべて表 6. の出力設定単位になる。

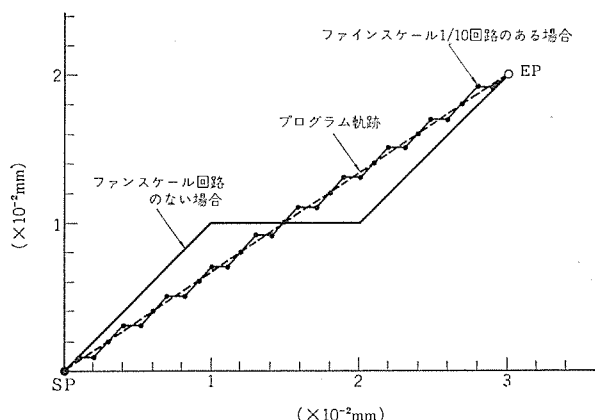


図 9. ファインスケールの有無とパルス分配

表 6. ファインスケールのときの出力設定単位

入力設定単位 (mm)	出力設定単位			ファインスケール時の最高送り速度 (m/min)
	ファインスケールなしの場合 (mm)	ファインスケール付きの場合 (mm)		
0.01	0.01	1/5 回路	0.002	9.6
		1/10 回路	0.001	4.8
0.005	0.005	1/5 回路	0.001	4.8

表 7. レゾルバの性能

項目	性能	項目	性能
許容回転数	2,500 rpm	重量	500 g
軸摩擦トルク	20 g-cm 以下	周囲温度	-5°~50°C
ロータイナーシャ	30 g-cm ²	相対湿度	80 % 以下
シャフト許容荷重	200 g (ラジアル)	耐振動 (一方向)	5 g (20~100 Hz)
検出精度	27' 以下 (角度換算)	耐振周波数	4.5 kHz
		極数	2 極

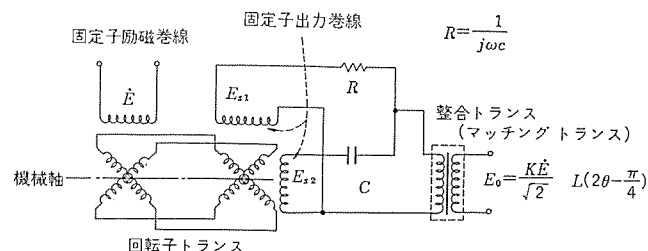


図 10. レゾルバ位相器回路図

2.8 検出器

検出器としては、セミクロードの場合にブラシュレス レゾルバを使用する。その性能を表 7. に、その回路図を図 10. に示した。

クロードループの場合はリニアインダクションを使用する。これは Farrand 社の開発した高精度の機械-電気変換機構であり、割り出し精度は励磁方式・励磁波形により多少異なるが、2~5 ミクロン以下が期待できる。励磁方式には単相励磁・2 相励磁があり、スケール励磁とスライダ励磁に対応する。励磁波形としては正弦波・く(矩)形波・

表 8. リニアインダクトシンの性能

項 目	性 能	項 目	性 能
スケールの長さ	250 mm/本	精 度	絶対精度 ±2.5 ミクロン
スライダの長さ	100 mm	繰返し精度	±0.25 ミクロン
所 要 本 数	移動量+100 mm 250 m (小数点以下切上げ)	検 出 精 度	5 ミクロン/2 mm (上記に加算)
プリアンプの設置位置	スライダより 1.5 m 以内	励 振 周 波 数	4.5 kHz
		スケール スライダ間の取付ギャップ	$0.2\text{mm} < d < 0.3\text{mm}$ d の偏差 ±0.015mm

表 9. DC モータサーボとパルスモータサーボの比較

項 目	DCモータサーボ	電気パルスモータサーボ	電気油圧パルスモータサーボ
1. 精 度 測 出 精 度	レゾルバと伝達ギヤあるいはインダクトシンの測出し精度に依存する ・レゾルバ検出の場合 累積ステップ角精度 ±0.4 ステップ 単一ステップ角精度 ±0.1 ステップ ・インダクトシン検出の場合 累積ステップ精度 ±0.25 ステップ 単一ステップ精度 ±0.1 ステップ	パルスモータの測出し精度に依存する 累積ステップ角精度 ±0.2 ステップ 単一ステップ角精度 負荷によりばらつく	パルスモータの測出し精度に依存する 累積ステップ角精度 ±0.4 ステップ 単一ステップ角精度 ±0.3 ステップ
繰 返 し 精 度	トルクゲイン大のため精度が良い	トルクゲイン小のため精度がよくない	トルクゲイン大のため精度がよい
2. 最大速度と最小指令単位	最大速度を落すことなく指令単位を小さくできる (1μまで)	最大速度と相関関係があり、指令単位を小さくすると速度が落ちる。バーニア回路付加により実現できるが性能・価格・信頼性に問題あり	同 左
3. 応 答 性	大：モータのピークトルクが定格トルクの 5~10 倍まででる	小：加速トルクはモータの停動トルクしかとれない	小：高速回転では応答はあまりよくない
4. モータ共振	共振点が高く実用範囲にない	パルスモータの固有の共振点が指令パルス周波数内にある	実用範囲に共振点はない
5. 振 動 騒 音	ほとんど無視しうる	磁気振音、磁気音を発生する	かなり大きな音をだす 油圧源の騒音大
6. 寸 法 重 量	モータ寸法 大 駆動増幅器 小 重量/パワー 大	モータ寸法 やや大 駆動増幅器 大 重量/パワー やや大	モータ寸法 小 駆動増幅器 やや大 重量/パワー 小
7. 安 定 性	補償回路により解決調整時間は非常に短い	オープンループのため不安定要素がないが、パルスミスの可能性あり	同 左
8. 信 頼 性	サイリスタ駆動のため信頼性が高い	トランジスタ駆動のため信頼性は劣る	トランジスタ駆動であるが小容量のため電気パルスモータの場合より信頼性はやや高くなる
9. 据 付, 保 守	容 易	容 易	油圧配管・作動油管が必要 フラッシングが必要
10. フロアスペース	小	小	油圧源あり 大
11. ランニングコスト	電気消費量 小	電気消費量 大	電気消費量 大 作動油の交換あり

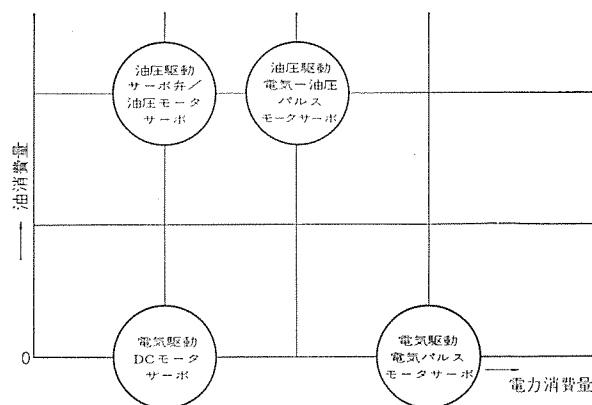


図 11. サーボ方式と電力消費量/油消費量

三角波があり、いずれにしても直流—交流をいかに効率よく変換するかにかかっている。表 8. にその性能表を示す。

3. DC モータサーボとパルスモータサーボの比較

MELDAS サーボが DC モータサーボを主流としているので、往々にしてパルスモータサーボと比較される。最近、省エネルギー化・公害防止という点で DC モータサーボが脚光をあびている。すなわち DC モータサーボの特長として

- (1) 電力消費量が少ない (油圧駆動の約 1/2~1/3 である)。とくにモータが停止しているときは、電力消費がほとんどゼロであるが、電気パルスモータは作動時よりも電力消費量が多くなる。
- (2) 油消費量がゼロである。
- (3) 騒音・発熱がきわめて小さく、油公害がない。
- (4) ランニングコストが小である。
- (5) 高精度・高速応性である。

などがあり、図 11. に電力消費量/油消費量の関係を、表 14. に性能の比較表を示した。

4. む す び

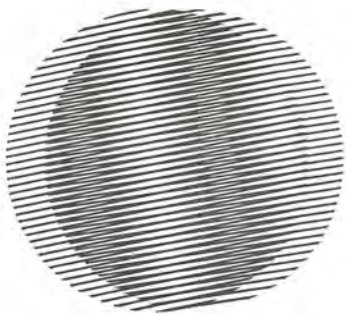
この技術講座では 2 回にわたり、NC 装置のサーボ機構として概説し、引続いて MELDAS サーボについて説明したが、紙面の関係で十分な記述ができなかった。

さらに詳細については、各種の文献や MELDAS 仕様書・取扱説明書・技術資料などでおぎなっていたきたい。

NC 装置のサーボ機構こそは NC 装置の特長をだすキポイントになるところで、今後高速度・高精度に向かってますます技術的進歩がある分野と確信している。(昭和 49-3-11 受付)

参 考 文 献

- (1) 浜岡：数値制御の設計，大河出版 (昭 45)
- (2) 大島：数値制御 (1)，コロナ社 (昭 47)



新製品紹介

監視用画像検索カラー表示装置

従来、大気・河川の公害・汚染監視、交通状況監視、プラント運転状況監視、ビルの防災監視などには大形のグラフィックパネルがおもに利用されていた。今回開発した本装置はこのグラフィックの画像情報をあらかじめフィルム形式でファイルしておき、外部からの検索信号によりこのファイルをアクセスし、フィルムをCRT画面に写し出し、更にこの画面上に関連情報をカラースポットで重ね合わせて表示できる。オプションとして文字・記号表示・ライトペン入力も可能である。

特長および性能

- (1) 最大1,000コマ分の画像収容が可能で、外部からのフィルム番号指定のみで所定の画像をCRT画面上に写し出せる。画面記憶のためのメモリは不要である。
- (2) 画像検索スピードが速い。1,000コマで約7秒以内。
- (3) スポットは画面を4,032に区分した任意個所に7色カラーで、また文字・記号については1,008区分で3色カラーでそれぞれ表示可能。
- (4) スポット、文字・記号の位置、色、フリッカ等は外部より1点単位で消去、写し出し指定する。一画面内同時消去も可能。
- (5) 計算機の端末装置としても使える。
- (6) 従来のグラフィックパネルにくらべコンパクトであり、所要スペースが小さくてすむ。
- (7) 必要電源はAC 100V、所要電力はスタンバイ時約220W、動作時約525W。

[京都製作所]

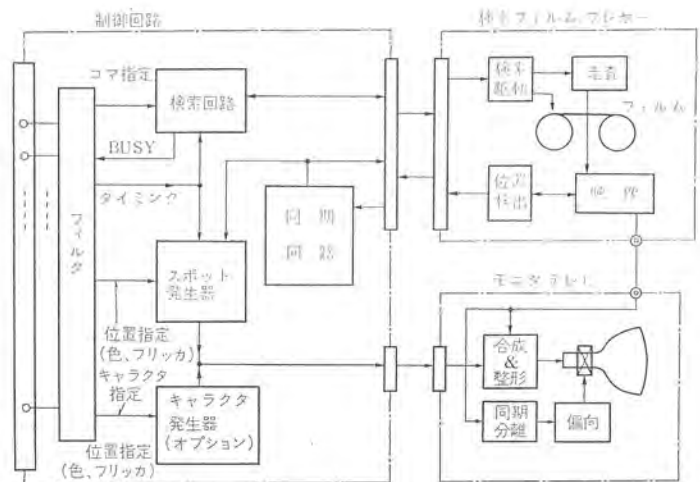


図1 装置の構成

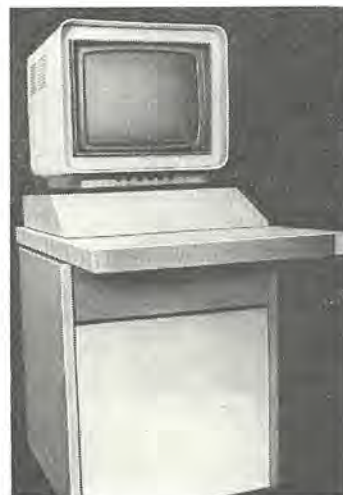


図2 監視用画像検索カラー表示装置

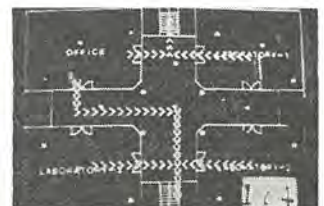
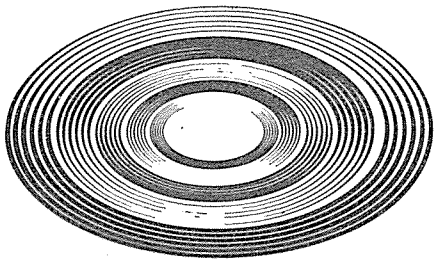


図3 画像、スポット、記号の重ね合わせ表示例

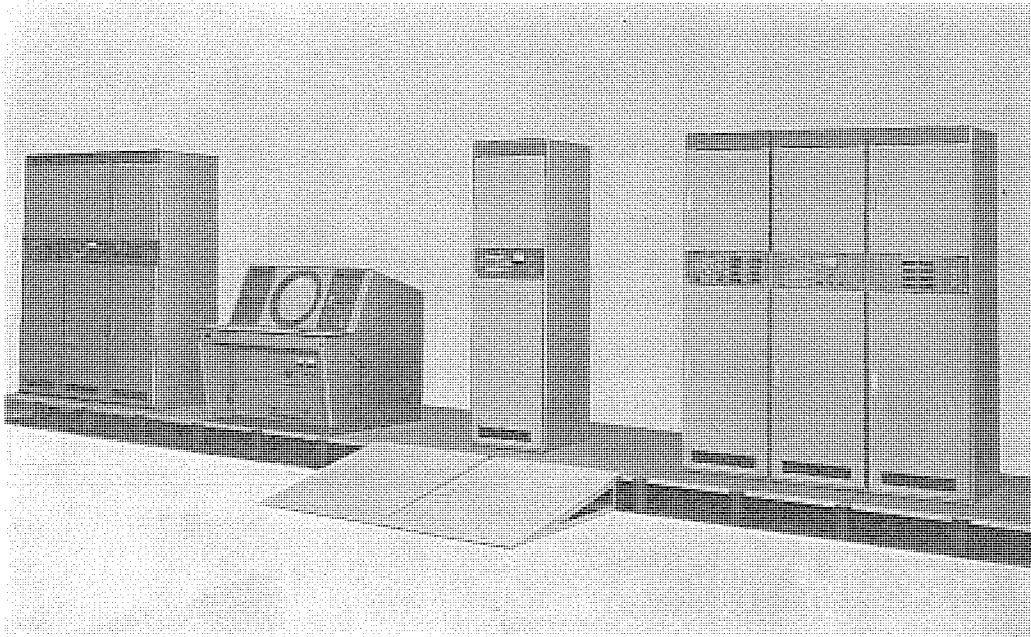


図4 画像、文字の重ね合わせ表示例



NEWS FLASH

レーダ目標検出装置を完成、納入



レーダ 目標検出装置全景

航空交通管制の自動化に威力を発揮するレーダ 目標検出装置が当社、通信機製作所で完成、納入された。

航空交通の増大と高まる安全への要求にともない、これまでおもに無線通信に頼っていた航空交通管制 (Air Traffic Control, ATC) 業務の近代化の必要がさげばれ、全国各地に ATC 用レーダの建設が進められているが、これを一歩進めてレーダの情報を管制官が目視で確認するだけでなく、コンピュータ技術を活用してデジタル的に処理・表示して、管制官の判断を助けるためのシステムが「ATC 自動化」の一環として欧米諸国では実用化されつつある。わが国でも運輸省航空局の委託により、日本電信電話公社が航空路レーダ情報処理システムを設計・設置することになり、昭和 48 年度から着手されたが、そのうちレーダ目標検出装置については三次元レーダをはじめとする当社のレーダ情報処理技術の経験が認められて受注が決まり、このほど第 1 号機の納入にいったものである。

この装置は、全国をカバーすべく目下建設中の航空路監視レーダ (Air Route Surveillance Radar, ARSR) に接続され、レーダの情報を受けてこれを量子化し、デジタル的相関演算を行って不要なクラッタ (地表、雲などからの反射) を抑圧し、航空機の位置をデジタル的に検出してこれらのデータを追尾計算機へ送る一方、本装置中のモニタスクリーン上にビデオとシンボルでの表示およびプリンタでの数字表示を行なうもので、レーダとコンピュータとを結合した近代的 ATC 自動化システムにはなくてはならぬ重要な位置を占めるものである。

この規模の装置を受注内示から納入まで 9 カ月の短納期で完成した点、および当社として通研以外の電電公社へ納入した電子回路機器の中では本格的規模のものであった点でも、1 号機は特筆すべきものであった。

この装置は今後、所要の台数が順次納入される見通しで、全国の ARSR レーダに接続されて ATC 自動化に威力を発揮するものと期待されている。

[通信機製作所]

保護リレー万能自動点検装置 (SART) の完成

最近保護リレー装置に自動点検、常時監視機能を付加させることが各電力会社で考えられている。現在までに当社は自動点検、常時監視を組み込んだ保護装置を100端子以上製作納入しているが、各装置ごとに精度の高い自動点検機能を置くことは、経済的でないため、1:n形の新しい自動点検装置の開発を中部電力(株)より要請され、1年間にわたる共同研究の結果、今般頭記装置を完成し中部電力154kV 志太S/S納めの母線保護リレー、回線選択保護リレー、変圧器保護リレー、搬送保護リレー(合計12面)との組合せを良好なうちに完了した。

■ 特 長

- (1) 変電所にSART 1セットを設置すれば数10セットの各種リレー盤を自動的に点検できる。
- (2) 各装置の点検条件はダイオードピンのさし換えだけで自由に選択することができる。
- (3) リレーセット1セット分のテスト2～3分で終了し、自動的に点検電圧、電流、動作時間がラインプリンタに打ち出される。
- (4) 事故対応が可能である。(200 ms)

■ 構 成

図2のように1セットは記憶部、制御部、模擬入力発生装置、計4面および1回線に1箱(横形ケース1コ分に収納)のCPD切換架より構成されている。なお試験電源はAC 200V 3相 1A(常時点検時最大20A程度)である。

なお第1号機は中部電力北部SW/Sに49年5月から約1年間フィールドテストを行ない、結果をみて前記志太S/Sにて実用化試験にはいる予定である。

[制御製作所]

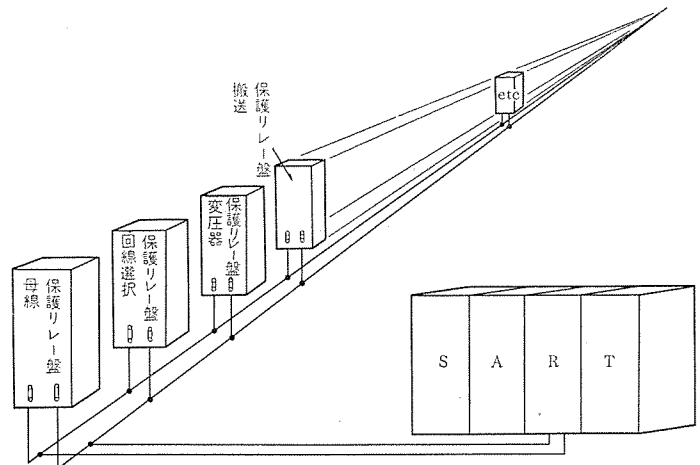


図 1

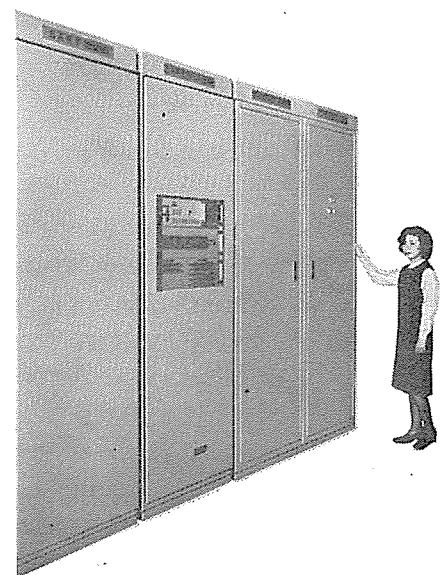


図 2

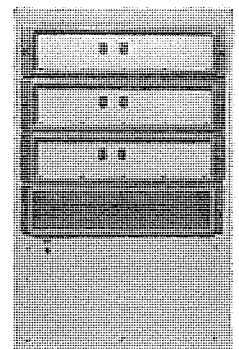


図 3

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) 347局2991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
静岡営業所	静岡市伝馬町16の3番地 (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) 721局2111番
長崎営業所	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(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) 64局5611番
富山営業所	富山市桜木町1番29号(明治生命館) (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
岡山営業所	岡山市駅前町1丁目9番地15号(明治生命ビル) (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2丁目4番地10号(日本生命ビル) (電) 950	(電) 新潟 (0252) 41局7212番
東京商品営業所	東京都港区赤坂2丁目5番1号(東邦ビル) (電) 107	(電) 東京 (03) 588局6811番
関東商品営業所	大宮市大成町4丁目298番地 (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) 721局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目(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) 64局5611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	三田市三輪字父々部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
時津工場	長崎県西彼杵郡時津町浜田郷字神崎浦517 (電) 851-21	(電) 時津 (09588) 2局2461番
製御製作所	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
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
計算機製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局1111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
熊本工場	熊本市竜田町弓削720番地 (電) 862	(電) 熊本 (0936) 38局7211番
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電) 461	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町字下井 (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	京都府長岡京市馬場園所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(新川ビル) (電) 060	(電) 札幌 (011) 231局5544番

次 号 予 定

三菱電機技報 Vol. 48 No. 7

ア ン テ ナ 特 集

《特集論文》

- 巻頭言 アンテナ特集号によせて
- マイクロ波中継用アンテナ 20 年の歩み
- 国際衛星通信地球局アンテナ 10 年の歩み
- 最近のアンテナ技術
- 20 GHz 帯 PCM 伝送実験用カセグレンアンテナ
- 横須賀衛星通信実験所用アンテナ系
- 通信衛星とう載用 4 周波数帯共同整形ビームアンテナ電気モデルの設計と特性
- 全国新幹線網漏洩同軸通信方式用 400 MHz 帯列車アンテナの試作
- SHF 放送受信装置用オフセットパラボラアンテナ

- N ロケット第 1, 3 段とう載テレメータ送信装置用アンテナ

- 大形電波望遠鏡の構造解析 (国有値略算)
- まゆ形導波管

《普通論文》

- 精密光波測距装置
- 高出力発光ダイオード
- 小形化 X 帯 Pin ダイオード移相器
- 新形列車ダイヤ自動記録装置
- HC 形 高圧コンビネーションパネル
- 平等電界形加速管における電子線軌道

《技術講座》

- 数値制御装置シリーズ (4) 数値制御装置のプログラミング

三 菱 電 機 技 報 編 集 委 員 会

委員長	正 木 茂 雄	常任委員	久 松 章 三
副委員長	神 崎 邇	"	本 間 吉 夫
常任委員	伊 藤 一 夫	"	武 藤 正
"	上 田 重 夫	"	吉 松 誠 一
"	宇 佐 見 重 夫	委 員	粕 谷 一 雄
"	大 田 重 吉	"	坂 田 邦 寿
"	北 川 和 人	"	橋 爪 基
"	外 野 範 吾	"	待 鳥 正
"	祖 父 江 晴 秋	"	吉 武 正 彦
"	塚 本 信 雄	"	若 宮 佐 三

(以上 50 音順)

三菱電機技報 48 巻 6 号

昭和 49 年 6 月 22 日印刷 昭和 49 年 6 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 2327 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 100)

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