

高圧蒸気源デジタル制御装置

黒須 頭二*・村山雄二郎*・小林道幸*・
和田利政*・玉木恕乎**

Direct Digital Control System of High Pressure Steam Source

By

Kenji KUROSU, Yujiro MURAYAMA, Michiyuki KOBAYASHI,
Toshimasa WADA and Hiroya TAMAKI

Abstract

A high pressure steam source system has been constructed in Ship Research Institute. A once-through super-charged, direct digital controlled boiler is used for this system.

A digital control system of the boiler is designed to perform following functions:

- (1) Automatic control of outlet steam pressure, temperature and/or steam rate of the boiler with a good accuracy for wide range of power demand (10~100% power rate).
- (2) Automatic monitoring of the whole system.
- (3) Automatic start and stop operations of the boiler system.
- (4) Evaluation of modern control logics applied to the boiler operation (fault diagnosis, security control, efficiency control etc.).

This report shows a hardware system and a fundamental software system of the direct digital control system of the boiler.

目 次

1. ま え が き	18	6. ソフト・ウェア	40
2. 高圧蒸気源デジタル制御装置製作の諸背景	19	6.1 モニタ(PCPS)プログラム	40
3. 高圧蒸気源デジタル制御装置の設計仕様	20	6.2 プロセス制御用プログラム	43
4. デジタル制御装置の概要	21	7. む す び	53
4.1 ハード・ウェア概要	21	謝 辞	54
4.2 ソフト・ウェア概要	22	参 考 文 献	54
5. ハード・ウェア	25	付録I 起動準備プログラム	
5.1 中央処理装置	25	フローチャート詳細	55
5.2 プロセス入出力装置	28	付録II プログラム・シート	69
5.3 検出端および操作端	33	1) サブルーチン	70
5.4 操 作 盤	39	2) 自動データ処理プログラム	77
5.5 現 場 盤	40	3) 起動準備プログラム	89

* 原子力船部 原稿受付 昭和47年1月7日

** 機関性能部

1. ま え が き

蒸気タービンプラントのボイラの制御系としては、従来から、ACC(自動燃焼制御系)、ABC(自動ボイラ制御系)等のアナログ制御系がある。これらは、ボイラの燃焼、水位、蒸気の状態、蒸発量を調整し、タービン、その他の蒸気需要に応じた蒸気を供給するようにボイラを制御する。これらのアナログ制御系は、制御装置の定数や、目標値の設定が手動のため、ボイラの運転状態のすべてにわたって良い制御をすることができず、制御可能な範囲は通常運転時の制御量が線型の範囲に止まっていた。一方、ボイラ運転に最も人手を要し、かつ、誤操作による危険の大きい起動、停止操作は、リレー、タイマー等のシーケンス制御の発達で、起動シーケンス回路や、燃焼を停止する各種安全回路が備わるようになったので、容易かつ安全なものになってきた。しかし、近年制御用の計算機の低廉化、高信頼性に伴って、ボイラの自動化もデジタル化する事が考えられ、これまでのアナログ制御系にない新しい制御法が可能になってきた。

現在の船用蒸気タービンプラントにおいては、その複雑さや、信頼性等の理由で、まだ全デジタル制御化した例はないが、コンピューティングロガー、補機類の起動シーケンス制御、自動監視等、部分的なデジタル制御化を経て、現在、ボイラが、研究対象になっている。

本報告は、船用蒸気プラントの全デジタル制御の実用化を目的として、蒸発量 15t/h の船研式過給貫流ボイラを用いた高圧蒸気源に装備されたデジタル制御装置が完成された機会にそのハードウェア、および、それに使用される基本的なソフトウェアについて述べ、今後の研究の資料として、広く役立てたいと思う。

はじめに、制御用計算機を使用したデジタル制御系は、従来のアナログ制御系と比較して、どのような特徴を持っているかを述べよう。

制御範囲 デジタル系では、制御装置の定数は計算機のメモリの内容として設定されるために広範囲に可変であり、制御対象の特性が非線型の範囲にまで広く(例えば 10%~100% 出力)制御するよう定数を調整する事ができる。リレーやタイマで組んだ論理回路は、ハードウェアとして固定されているため、あらかじめ決められた状態遷移経路の上でしかボイラを起動運転できない。そのため、例えば機器の不都合でシー

ケンス制御に失敗して、状態遷移経路からはずれる場合は、初めの状態からやり直さねばならぬ。制御用計算機による論理回路はフレキシビリティに富むため、蒸気源の起動過程に起こる種々の場合をあらかじめ想定して、状態遷移経路からはずれた場合も経路上にもどす手段を取ったり、また、新しく遭遇した現象に対処するよう論理を変更したりして制御範囲を広げることができる。

制御方式 デジタル制御系では記憶、判断機能に加えて、非線型の制御演算も自由であるため、最適化制御、適応制御、多変数制御理論等で代表される現代制御理論の実行が可能である。

安全性と信頼性 デジタル制御系の欠点の一つであった信頼性の低さも、その主因である制御用計算機の信頼性が向上し、その入出力装置も含めて平均無故障時間が 5000 時間にも及ぶものが出現したため、アナログ制御系と同等に論じられるようになってきた。しかも、故障診断や安全制御等、アナログ制御系に較べて高度の論理が可能なデジタル制御系の方が、制御系全体の信頼性を高められる可能性をもっている。

また、操作端について言えば、制御系の故障時に、操作端が暴走するのを防ぐためには、積分性の操作端を持つことが望ましいが、アナログ制御系に較べてデジタル制御系の方が積分型操作端を使用するのが容易である。この事も系の安全性を論ずる上で見落とせないだろう。

操作の容易さ 制御用計算機のソフトウェアの発達でデジタル制御系は、その機能は複雑であるが操作はし易くなってきた。アナログ制御系では、プラントの状態に応じて各制御系を個々に操作、調整しなければならなかったが、デジタル制御系では、集中管理が容易なため、パネルでの押釦で任意に制御プログラムの選択、変更、定数設定等の操作を集中して行なえる。プラントの状態のディスプレイも、デジタル制御系では、プラントの状態のみならず、その関数値や将来値の予測も可能なため、よりプラントの運転を容易にする。

価 格 デジタル制御系の最大の難点は、高価格なことであるが、その評価は、制御系からうける利益(例えば、運転員の少数化、事故率の低減化、プラントの高効率化等)との比較で決まる。これは今後の制御用ソフトウェアの開発によって、大きく左右される所で、現時点では一概に決められないが、一般的にプラントが複雑になり、被制御点数が増す程、ディ

タル制御系の方が有利になってくる。

2. 高圧蒸気源デジタル制御装置 製作の諸背景

過給ボイラ制御装置の開発経過

高圧蒸気源装置は、小型で高性能の船用ボイラ形式として、船舶技術研究所で開発されてきた過給ボイラを中心とする蒸気発生装置で、将来の船用蒸気プラントを開発するため、蒸気関係の基礎実験から実用試験にわたる広い範囲の試験研究を行なう目的で作られたものである¹⁾。本報告で述べるデジタル制御装置は、この高圧蒸気源の自動運転を直接の目標として製作されたものである。

船研式過給ボイラは、1号機から3号機までであり、1号機は、1961年に設置された。その制御装置は、空気式調節計を主体としたものであったが、加算、比率等の簡単な空気式論理回路をもっており、これらの組み合わせで、温度、圧力間の干渉を低減することができた。更に、1962年には、リレー式卓上計算機を改造し、これにデカトロン式の計数器、パルス発振式 D-A 変換器、パルスモータを連結した手造りのシステムを付加して、ボイラの効率制御を実施した。このシステムは、長時間の連続運転には耐えられなかったが、かなりの成果を得ることができた。

この実験を契機として、制御用計算機 HOC-300G が設置され、山登り法による効率制御システム²⁾と、自動発停システム⁴⁾が、1965年にほぼ完成された。

さらに、1966年より直接制御 (DDC) の実験が始まり、基礎実験を1968年に終了した⁵⁾。

このような一連のオン・ラインの計算機制御方式のテストの結果、次のような事実が確かめられた。

(1) 制御計算機により、ボイラを安全に自動発停させ、その運転監視ができる。

(2) 直接制御は、制御装置の定数を選べば、アナログ制御系と変わらぬ制御性が得られる。

(3) 効率制御等の長時間の連続使用に耐え得る。

しかし、上記の実験は、個々に行なわれたものであり、計算機によるボイラの総合的自動化を行なうためには、まだまだ、安全性、性能向上に関して問題があることが、同時に指摘された⁶⁾。

船舶の自動化の動向

一方、造船界の船舶の自動化の研究開発も大いに進み、1962年の末に、自動化船「金華山丸」が竣工し、商船で初めて主機(ディーゼル)のブリッジ・コントロ

ール方式を採用し、機関室にコントロール・ルームを設け、主機等の遠隔操縦、機器類の集中監視を可能ならしめたが、計算機の搭載には到らなかった。監視、データの記録、表示を目的として「ロガー」が搭載され始めたのが、1964年代である。船舶の自動化技術は、輸出船にも採用され、ディーゼル・タンカー「セルマダン」号では、機関室の夜間勤務が廃止されるにいたった。その後、わが国の自動化が停滞している間に、外国では、フランスが1966年に到って、「ドラベル号」に計算機を搭載し、ボイラの効率計等、推進機関の全体効率等を15分毎に演算し、自動的に記録することを実行した。更に、イギリスでは、1967年に進水させた客船クィーン・エリザベス2世号に計算機 ARGUS-400 を搭載し、(1) 主機蒸気タービンの最適制御、(2) 波浪予報と最適航路の計算、(3) 機関部諸装置の警報とスキミング、自動記録、(4) 造水プラントの管理、(5) 船内倉庫の貯品管理を行なうソフトウェアの開発を開始した。日本でも、1967年頃から、あらためて計算機搭載の認識が高まり、海洋研究船「白鳳丸」、鉱石兼油送船「鋼福山丸」、練習船「青雲丸」に、研究的に計算機が搭載され、主として、船位の計算、船体強度計算、航法計算等に用いられた。

自動化の必要性は、第1に、船内労働環境を改善し、人手不足の深刻化の傾向に対処する手段として、第2に、船型の巨大化に伴って、増大する傾向にある人為的事故をなくし、船舶の安全性を向上する手段として、高まってきた。1968年に、運輸省は重要政策の1つとして、「船舶の高度集中制御方式の研究開発」を取り上げ、4年に渡る研究開発を、造船、海運会社を中心に開始した。

火力発電所における自動化の動向

わが国では、1962年に、滝川、三重、新小倉火力発電所にデータ・ロガーが導入されたのが最初で、ボイラ効率、タービン効率で代表されるパフォーマンス・モニタが実行された。その後、計算機の導入台数は増加し、1967年には、シーケンスモニタが富山、大阪、唐津の各発電所で、試験的に実施されている。シーケンス・モニタシステムとは、起動停止の運転操作シーケンスを、プログラミングして計算機に記憶させ、現在行なうべき操作項目を、シーケンス盤に逐次運転員に示すようにしたシステムである。更に、1968年に、八戸、横浜、唐津火力発電所などで、タービン部分の自動起動が実施された。

将来の船舶の自動化の課題

以上、述べた諸背景から考えると、船舶への計算機の搭載は、機関の自動化のためだけというより、航法、荷役システムを含めた船舶システムの運営の省力化と安全向上のために要望される傾向にある。

このことは、1970年に、竣工した自動化船「星光丸」の計算機システムの主力が、航法計算、航位推定、衝突予防、最適積付けであることをみても明瞭である。

このように、将来の制御システムは、多種多様な目的を同時に処理することが要求されるようになる。したがって、計算機を機能的に分けて利用するための手段の開発が、今後の課題となるであろう。階級的制御システム (heirarchy control system) が、それに対する一つの解答である。

階級的制御システムは、複数台の計算機を設置し、情報、またはタスクのレベルによって、階層的に仕事を分担させるやり方である。まず、レベル-1 は、プラントと直結し、直接、プロセスを制御しようとするもので、このレベルでは、高速・高信頼度・小形の計算機が用いられ、フィードバック制御や、シーケンス制御を行なうとともに、より高いレベルとプロセスの間の情報の伝達を司る。直接制御は、このレベル-1 において活用されることになる。レベル-2 では、汎用性のある制御用計算機が用いられ、プラントの最適制御や、指針決定などに用いられる。そして、プラントの情報を、中央の計算機に送るとともに、レベル-1 の計算機には指令を送る。レベル-3 では、汎用の大型計算機が使われ、システム全体を、総合的に制御する役割を果たす。しかし、このようなシステムは、まだ、研究の段階にあり、これを実現させるためには、システムの分解と総合に関するシステム理論と同時に、サブシステムに関するより一層広範囲の研究が必要とされると思われる。

3. 高圧蒸気源デジタル制御装置の設計仕様

高圧蒸気源の制御装置に要求された機能は次の項目であった。

(1) 高圧蒸気源装置の広範囲の負荷状態(10~100% 定格) に対して、設定された出口蒸気圧力、蒸気温度、および蒸気流量を精度よく保持し、安定な自動運転を行なう。

(2) 自動監視機能によって、集中的にプラントの監視を行ない、安全な運転を可能にすると同時に、デ

ータの自動収集を行なう。

(3) 自動発停機能により、起動および停止の時間、労力を節減するとともに、安全性を確保する。

(4) 大型の電算機と連結して、プラントの高度な管理を可能にする。

以上の要求を、整理して示すと Fig. 3.1 のような、システム構成となる。簡単に説明を行えば、最終的目標はプラントの自動化にあるが、それは自動定常運転、自動発停、自動監視の3つの目標に集約される。その3つを実現するための有力な手段が、それぞれ DDC (直接デジタル制御)、シーケンス制御、自動データ処理であり、これらの機能間を有機的に結びつ

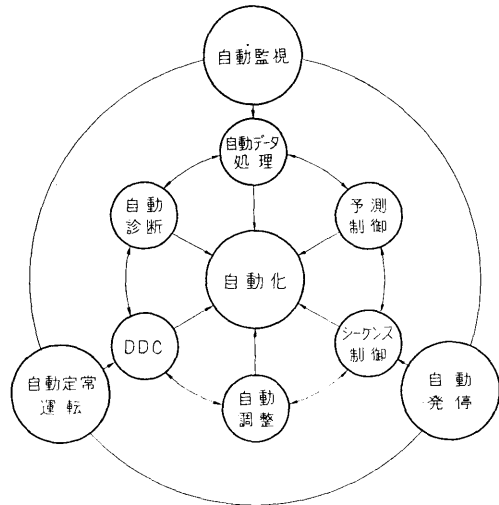


Fig. 3.1 システムの構成

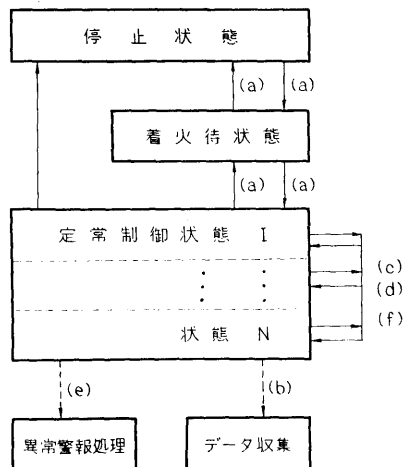


Fig. 3.2 制御装置機能図

け、有効に機能を発揮させるものが、自動診断、自動調整、予測の諸システムである。階級的に表現すると後の3者が、レベル-2に相当する。

また、Fig. 3.1 を制御装置機能図に書き表わすと Fig. 3.2 のようになる。この図で、実線の矢印はプラントの状態の変化を表わし、点線の矢印は、信号の伝達を表わす。また、矢印の傍に添えたアルファベットは下記の諸機能を示す。

- 自動起動停止機能
- 自動データ処理機能
- DDC
- 自動調整機能
- 自動診断機能
- 予測推定機能

4. デジタル制御装置の概要

4.1 ハードウェア概要

制御装置の概要の説明に先立って、高圧蒸気源系統図を Fig. 4.1 に、ボイラ主要目表を Table 4.1 に示しておく。

この高圧蒸気源装置は、初年度に蒸気源のみがまず設置され、手動運転可能なことが必要とされる特殊事情があった。このため、さきに設置された高圧蒸気源は、単独手動運転用の操作器、指示計、記録計等を持った現場盤、さらに安全運転上必要な最小限ではある

が、警報、インターロック、緊急停止回路、および、着火時のプレバージ、プロパン点火、消火時のポストバージ等のシーケンスを自動的に行なうワイヤードロジック回路を備えていた。しかし、一方このような予備の計装は、一種のバック・アップ機器として、重要な役割を果たすことにもなった。

運転員が起動時に行なうべきことは、目標値設定ダイヤルから運転条件を設定することと、スタンバイ、スタートの2つの押釦を押すことがすべてであるように計画された。しかし、実際は、次に述べる種々の理由で、完全停止状態から着火前までの、いわゆるスタンバイ状態までは、運転員の手動操作とし、計算機は手動シーケンスのモニタを行ない、オペレーションガイドをタイプライタに印字することになった。

未自動化の部分はその内容から分類すると、次のようになる。

- 人間の判断の介入が必要なもの
例：手動自動切換、蒸気吹込弁等
- 安全上、手動にしておいた方がよいと思われるもの
例：燃料元弁、プロパン弁、冷却水弁、各種電源等
- 非常用であり、自動化の意味がないと思われるもの
例：各種止め弁

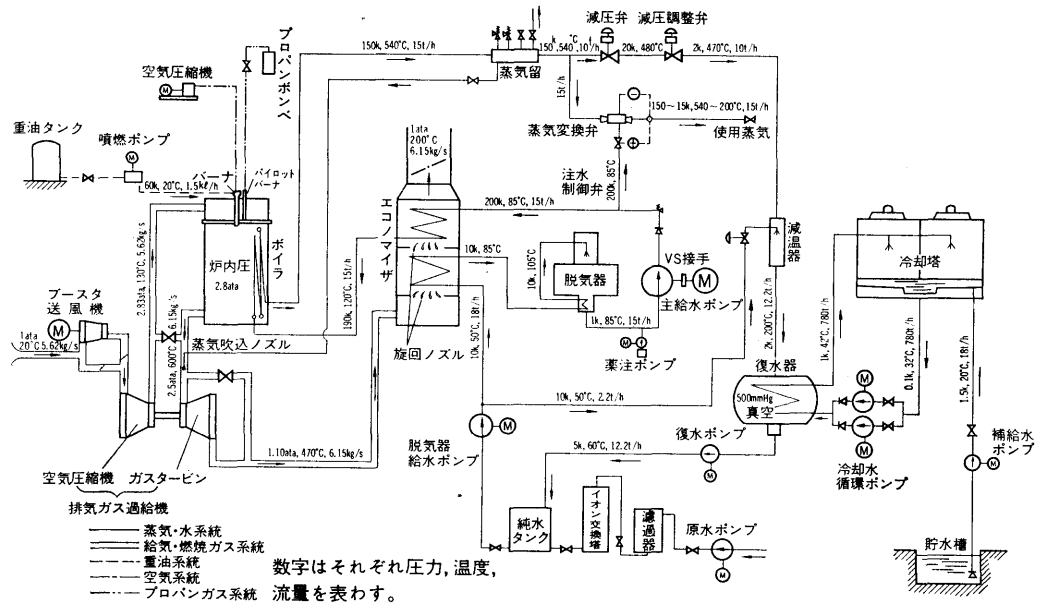


Fig. 4.1 高圧蒸気源系統図

Table 4.1 ボイラ主要目

設置年月日	44.6.30	主ボ 給 水 ブ	形 式	3連プランジャ型
形 式	4管並列貫流船研式過給ボイラ		吐出圧力	200 kg/cm ²
蒸 発 量	15 t/h	ガ過 ス タ 給 ビ ン 機	最高流量	16.5 t/h
蒸気出口圧力	150 kg/cm ²		駆動方式	VS 接手 200 kW 電動機
蒸気出口温度	540°C	プ ー ス タ 送 風 機 入 力	形 式	VTR-400
炉内ガス圧力	2.8 ata		入口ガス温度	600°C
負荷調節範囲	1.5~15 t/h		定格時回転数	17.200 rpm
バーナ×本数	圧力噴霧空気補助×1		圧 力 比	2.75 : 1
制御方式	計算機制御		定格時流量	5.65 kg/s
燃 焼 室 容 積	3.76 m ³	燃 焼 ガ ス 側 制 御 法	37 kW	
燃焼室熱発生率	3.93 (10 ⁶ kcal/m ³ h)		(I) 可変ピッチ旋回ガスノズル (II) ダンパ (III) ガスタービン蒸気吹込 (IV) 圧縮機バイパス (V) ガスタービンバイパス	
ボイラ管材料	高圧部} STBA24S-H, 低圧部} STB35S-H/STB35S-H			
ボイラ管寸法	高圧部} 45×7, 45×6, 低圧部} 45×6/45×3.5 (mm)			
ボイラ管長さ	1120 m			
伝 熱 面 積	133.9 m ²			

(4) コストが高い

例：大気放出弁

(5) 技術的に難しい

例：計算機の始動

これらの未自動化部に対しては、オン・オフ検出点を設置し、起動条件の一部として、すべて監視し、状態表示をすると同時に、確認するようプログラムされている。なお、Table 4.2 には自動化の程度を示した。

次に、制御の系統図を Fig. 4.2 に示す。

これらを形づくる制御機器は、中央処理装置、プロセス入出力装置、操作盤、DDC用現場盤、既設盤よりなり、その配置図を Fig. 4.3 に、制御室内のプロセス入出力装置、操作パネル、演算部の様子を写真 4.1 に示す。

このシステムに採用した富士通のミニコンピュータ FACOM-R の割込み機能は、ハード的には 1 レベルなので、オペレーティング・システム (モニタ) でソフト的に多レベル (15 レベル) にしている。端子数は、プロセス入出力装置のインタラプトデバイスで 24 端子あり、さらにデジタル・インプットを外部割込み端子として使用し、これをいくつかまとめて OR をとり、インタラプト・デバイスの 1 端子に接続することにより、さらに増設を行なっている。現在の割込み入力構成を Fig. 4.4 に示す。

4.2 ソフト・ウェア概要

FACOM-R は前述のようにハード的には 1 レベル

Table 4.2 自動化の程度

プログラム	自動操作	手動操作	その理由
起 動 準 備 状 態	空気圧縮機起動	電源主開閉器 {制御用電源主開 閉器 スタンバイ釦 on	安全上 安全上 {運転員 判断 断
	原水ポンプ起動	冷却水系弁開 {(自動)↔(中央) 一切換スイッチ	安全上 {運転員 判断 断
	脱気器給水ポン プ起動	給水系弁開 {燃料元弁開 送油ポンプ on	コスト高 安全上
	ドレン弁開		
着 火	給水サーボ設定 主給水ポンプ起 動		
	燃料サーボ設定		
	燃料弁開	設定値セット スタート釦 on	
昇 温 昇 圧	送風機起動		
	空気量増加		
火	噴燃ポンプ起動		
	燃料流量増加		
昇 温 昇 圧	着火		
	ドレン弁閉		
昇 温 昇 圧	給水流量増減		
	燃料流量増減	大気放出弁閉	
昇 温 昇 圧	変換弁		

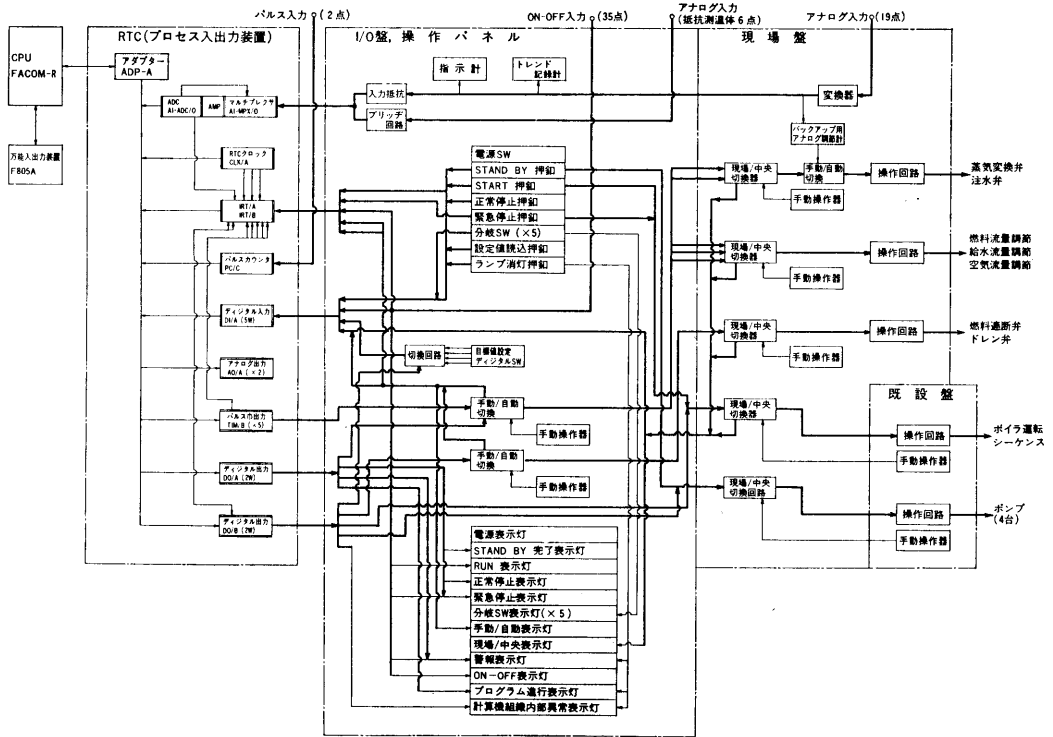


Fig. 4.2 高压蒸汽源デジタル制御装置系統図

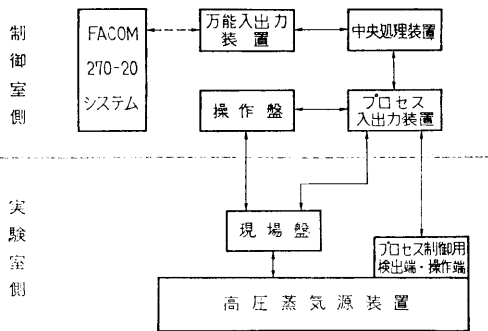


Fig. 4.3 制御装置構成図



写真 4.1 制御室内主要機器

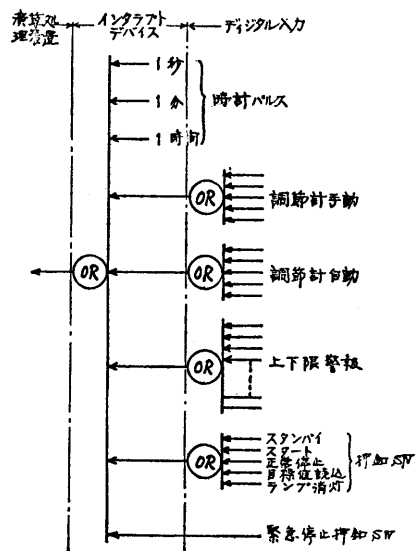


Fig. 4.4 割込み入力

Table 4.3 プログラム名およびレベル割付け表

番号 レベル	00	01	02	03
1	1 秒 処 理	モ ニ タ バ ッ ク		
2	*緊 急 停 止			
3	*上 下 限 警 報	ア ナ ログ デ ー タ 読 込	Full Key Read	押 釦 処 理
4	*正 常 停 止	1 分 処 理		
5	*A/M 切 換 処 理	設 定 値 読 込		
6	TIM 1~5 処 理	1 時 間 処 理	*TWIRT	*TWIRT
7	ラ ン プ 消 灯	電 源 喪 失	*PTPIRT	*PTPIRT
8	*ス タ ー ト		*PTRIRT	
9	*ス タ ン バ イ			
A	MODE-1'	MODE-1'	*ERROR MES	
B	*MODE-2	MODE-2'	TWWO	
C	*MODE-3	MODE-3'	PTPWO	
D	*MODE-4	MODE-4'	PTRWO	
E	*MODE-5			
F	*			

* WAIT (Table 6.1 参照) 可能なプログラム

の割込機能しか持たないので、ソフト的に多レベル割込機能を持たせている。現在のシステムでは15(レベル)×3(個/レベル)の約45個のプログラムが割りつけ可能であり、そのレベル構成を Table 4.3 に示す。各レベルの中で0番目が主として制御プログラムである。制御プログラムは3. に述べたように、次のようなプログラムから成立っている。

4.2.1 自動起動停止

自動起動停止機能は起動準備プログラム、着火プログラム、昇温昇圧プログラム、通常停止プログラム、緊急停止プログラムよりなり、運転員が出口蒸気圧力、出口蒸気温度、蒸気流量を設定して与えれば、自動的に設定値までボイラを運転する。理想的に云えば、ボタン1つで、冷態から目標値まで、自動起動できれば良いが、ハード的な制約があって、冷態から着火までの起動準備プログラムは、半自動であることは、すでに述べた。

4.2.2 自動データ処理

実験に必要なデータを種々の形で走査変換し、プリントあるいはテープのパンチの形で出力するもので、次のモードがある。

モード1	全アナログ入力プリント	周期1分
モード2	アナログ入力10点プリント	10秒
モード3	急速データ格納	1秒
モード4	アナログ入力5点パンチ	5秒
モード5	データ掃出し	

これらは分岐スイッチによって、任意に選択できる。

4.2.3 D C C

本蒸気源は実験用蒸気を指定された条件で正確に供給可能にするため、出口に過熱蒸気の減圧減温を同時に行なうことのできる蒸気変換弁を備えている。したがって、制御ループとしては、変換弁出口の圧力と温度によって、減圧弁と注水弁を操作し、設定値に一致するようフィードバック・ループを作っている。制御式としては、PID アルゴリズムを用いている。また、ACC としては、本ボイラの動特性にむだ時間が大きいことを考えて、むだ時間を考慮した有限時間整定応答系を採用している^{7),8)}。

4.2.4 自動調整

制御式として PID アルゴリズムを用いたとき、問題となるのは、そのパラメータ調整であるが、本システムでは限界感度法の手順を自動化し、最適値を自動的に表から算出し、パラメータの初期調整を容易にした。

4.2.5 自動診断

プラントの異常時における自動診断法にはまだ確立された方法がなく、本システムに採用した方法も実験段階に過ぎない。本方法の特長は検出器の信頼度を事前確率として用いて、検出器の故障かプラントの故障かを判別可能にしたこと、検出器群をグループ化し、多数決の論理を用いて、グループ・パターンを作り、これと故障パターンの比較から診断を容易にしたこと、故

障ボタンとして異常の起きた過渡時のボタンを用いれば、早期診断が可能である等である^{9),10)}。

5. ハード・ウェア

5.1 中央処理装置

本中央処理装置は、超小型の電子計算機（ミニ・コンピュータ FACOM-R）で基本ユニット、電源ユニットから構成され、演算制御機能、割込制御機能、各種

入出力装置の制御機能を備えている。本装置の要目を Table 5.1 に、また基本命令語を Table 5.2 に示す。また、操作パネル外形図を Fig. 5.1 に同じく写真 5.1 に示す。プログラムは、2パス方式のアセンブラ FASP が用意されている。割込み制御は次のようになっている¹¹⁾。ここで割込みとはプログラムによって順序づけられた命令の遂行順序を何らかの条件で中断し別のプログラムを優先して挿入遂行することを意味す

Table 5.1 FACOM-R 基本ユニット要目

方 式	プログラム記憶式 並列2進法 固定小数点 単アドレス
記憶装置 素 子 語 長 サイクルタイム 容 量	磁気コア 16ビット+1パリティ 計 17ビット 1.5 μ s 8K 語
演算制御 演算方式 命令数 演算速度 アドレス方式 インデックスレジスタ 割 込	並列 2進法 2の補数表示 固定小数点 28種（基本） 加減算 6 μ s（アドレス修飾なし） 7.5 μ s（アドレス修飾あり） 5種（直接、間接、相対、相対間接、インデックス） 4個（記憶装置上） 可能（2個の命令カウンタを使用）
入出力制御 制御モード 情報転送速度 制御可能入出力装置数 入出力インターフェイス	2種（プログラム制御モード、インタレースモード） 最高 800Kバイト/秒（インタレースモードの場合） 最大 225 台 プログラム制御、インタレースの両モードに共通
基本ユニット設置条件 温 度 湿 度 電 源 寸 法	0°C~40°C 10%~80%（相対湿度） AC 100V, 1 ϕ , 0.5 KVA, 50/60 Hz 幅 432×高さ 280×奥行 585 mm
万能入出力装置 形 式 コ ー ド 打 鍵 速 度 読 取 速 度 せ ん 孔 速 度 印 字 速 度 印 字 間 隔 最 大 印 字 数 用 紙 幅 最 大	FACOM 805 ISO/CCITT 7ビット・コード パリティ1ビット 824字/分 最大 1100字/分 1200字/分 1200字/分 10字/25.4 mm 120字/行 381 mm

Table 5.2 基本命令一覽表

Operation				Mnemonic	Instruction name
0	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>		
1	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	L	Load A-Register
2	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	A	Add
3	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	S	Subtract
4	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	AND	And
5	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	EOR	Exclusive=Or
6	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>		
7	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	ST	Store A-Register
8	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	BL	Branch and Link
9	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	B	Branch
A	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>		
B	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>		
C	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	TMI	Test Memory Zero and Increment
D	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	AMD	Test Memory Zero and Increment
E		0		RAD	Read to A-Register
E		1		WRA	Write from A-Register
E		2		SNS	Sense
E		3		CTL	Control
E		4		SNI	Sense Interrupt
E		5		SIO	Start I/O
E		6		AKI	Acknowledge Interrupt
E		7			
E		8		TAP	Test A-Register Positive
E		9		TAZ	Test A-Register Zero
E		A		TAO	Test A-Register Overflow
E		B		TCR	Test Carry
E		C			
E		D			
E		E			
E		F			
F		0		SRL	Shift Right Logical
F		1		SLL	Shift Left Logical
F		2		SRA	Shift Right Arithmetic
F		3		SLC	Shift Left Circular
F		4			
F		5			
F		6			
F		7			
F		8		LCA	Load CA into A-Register
F		9			
F		A			
F		B			
F		C		CM	Change Mode
F		D			
F		E		HLT	Halt
F		F			

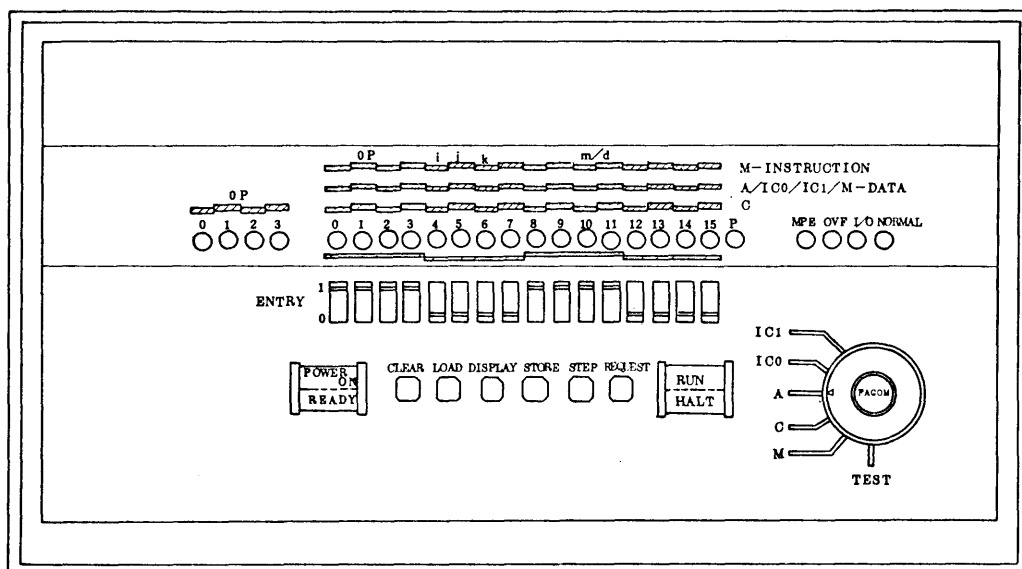


Fig. 5.1 FACOM-R 操作盤

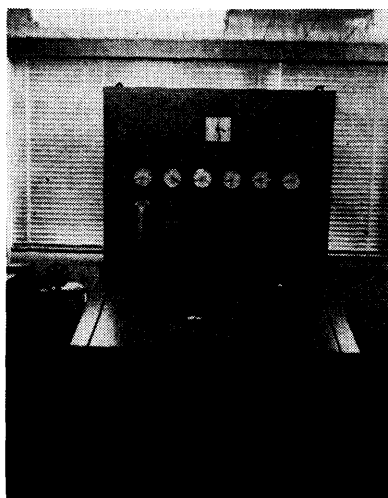


写真 5.1 操作盤

る。本計算機の処理装置は2個の命令カウンタ (Instruction Counter-IC)を持っており、これらは常時記憶装置上の0番地および1番地に置かれている。

プログラム・モードにおいては、0番地のIC (IC0)によりプログラム・シーケンス制御が行われるが、割込みが発生すると自動的にモードの切換えが起り、以後1番地のIC1が使用される。この状態を割込みモードと呼ぶ。処理装置の状態がプログラム・モードにあるか割込みモードにあるかはモード表示フリップ・

フロップのOFF, ONにより表示される。モードの切換えは、割込み発生時に自動的に起るだけでなく、CM (Change Mode) 命令により強制的に行うこともできる。割込み発生の場合のモード切替えは常にプログラム・モードから、割込みモードへの一方向に限られているのに対して、CM命令による場合はこの逆、すなわち割込みモードからプログラム・モードへの切替えも可能である。割込みを処理するには割込処理プログラムが必要である。これは次のような内容を持つ。Fig. 5.2に示すように、メインプログラムが m 番地の命令遂行中に何等かの割込み原因が発生すると、 m 番地の命令終了後ただちに割込みが起り、メインプログラムは中断される。すなわち、モード表示フリップ・フロップが自動的にONになり、次の命令はIC1から取り出される。今、かりに、IC1の内容が n であったとすれば、 n 番地の命令がまず遂行される。したがって n 番地にあらかじめ割込処理プログラムの入口を置いておくと、必要な割込み処理が開始される。通常、割込み処理プログラムの頭の部分では、メインプログラムで使用されていたレジスタ類の待避が行なわれ、次いで割込み原因の調査が行なわれる。割込み要求の発生源が判別すると、装置別または原因別にあらかじめ定められたルーチンに従って処理が行なわれる。以上の処理が完了すると、プログラム・シーケンスを中断されているメインプログラムにもどさねばならないが、これに先立ち、前に待避しておいたレジ

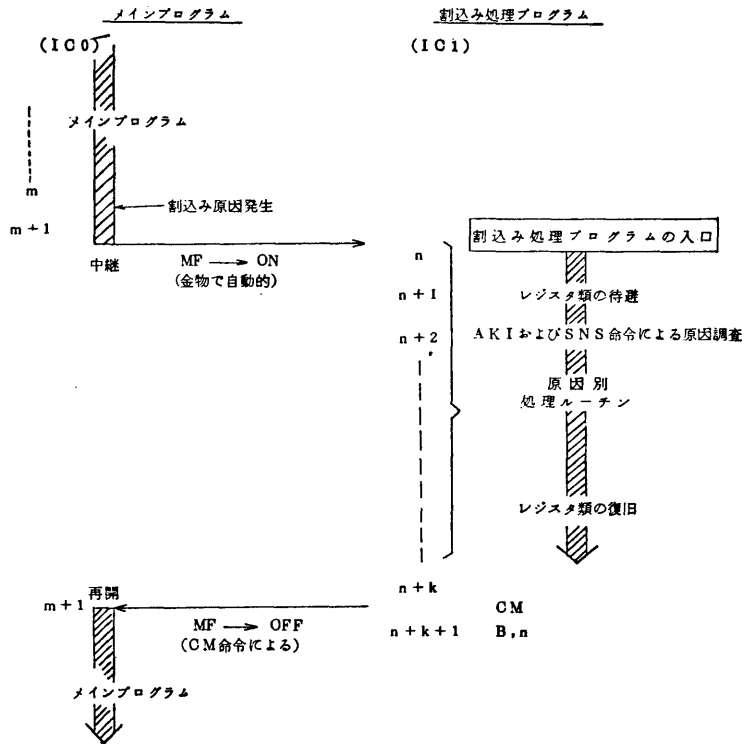


Fig. 5.2 割り込み処理プログラム

タ類の内容の復旧が行なわれる。メイン・プログラムへシーケンスをもどすためには CM 命令が用いられる。CM 命令を遂行すると次の命令は ICO が示すアドレスから取り出される。ICO は割り込み直前に $m+1$ になり、そのまま $m+1$ を保持しているから、 $m+1$ 番地の命令が遂行され中断されたプログラムは再開される。

5.2 プロセス入出力装置

プロセスには多種多様な入出力情報形態がある。これらの情報を中央処理装置が直接取扱い得るように情報形態を変換し、また中央処理装置からの情報をプロセス側が直接に受け入れられるように、変換する部分がこの装置で RTC (Real Time Controller) とも呼ばれる。つまり、中央処理装置の A レジスタとの間でプログラム制御モードにより 1 語単位で情報の授受を行なうものである。構成を Fig. 5.3 に示す。ここで、アダプタ (ADP) は信号の整合、変換およびタイミングの制御を行ない、RTC を中央処理装置の入出力インタフェースと結合するものである。エキスパンダ (EXP) はアダプタとデバイス間の信号の解釈と中継増

幅を行なう機能を有しその 1 個あたり 16 個のデバイスを接続できる。

デバイスは情報の処理単位を構成するもので、各デバイスは固有のアドレスを有し、1 回の入出力動作で 1 語 (16 ビット) 単位で中央処理装置と情報の授受を行なう。各デバイスは端子盤、リレー盤などのアプリケーションに応じて構成される周辺機器を経てプロセスと結合する。

割り込みデバイスには IRT-A、IRT-B の 2 種あり、論理「0」→論理「1」の立上りを検出し、インタラプト信号をランプ・ステータス・ワード (LSW) として記憶し、同時にインタラプト・リクエスト信号をアダプタへ送る。前者はエキスパンダと結合するインタフェースを有するが、後者はその機能が欠けており、同一シェルフ内の IRT-A の後に従続接続される。前者の LSW は 4 ビット、後者は 8 ビットである。LSW の読みこみは、Sense Interrupt 命令により行なわれる。Table 5.3 に各デバイスの要目を示す。また、割込入力のテーブルを Table 5.4 に、デジタル入力のデバイス割付表を Table 5.5 に示す。

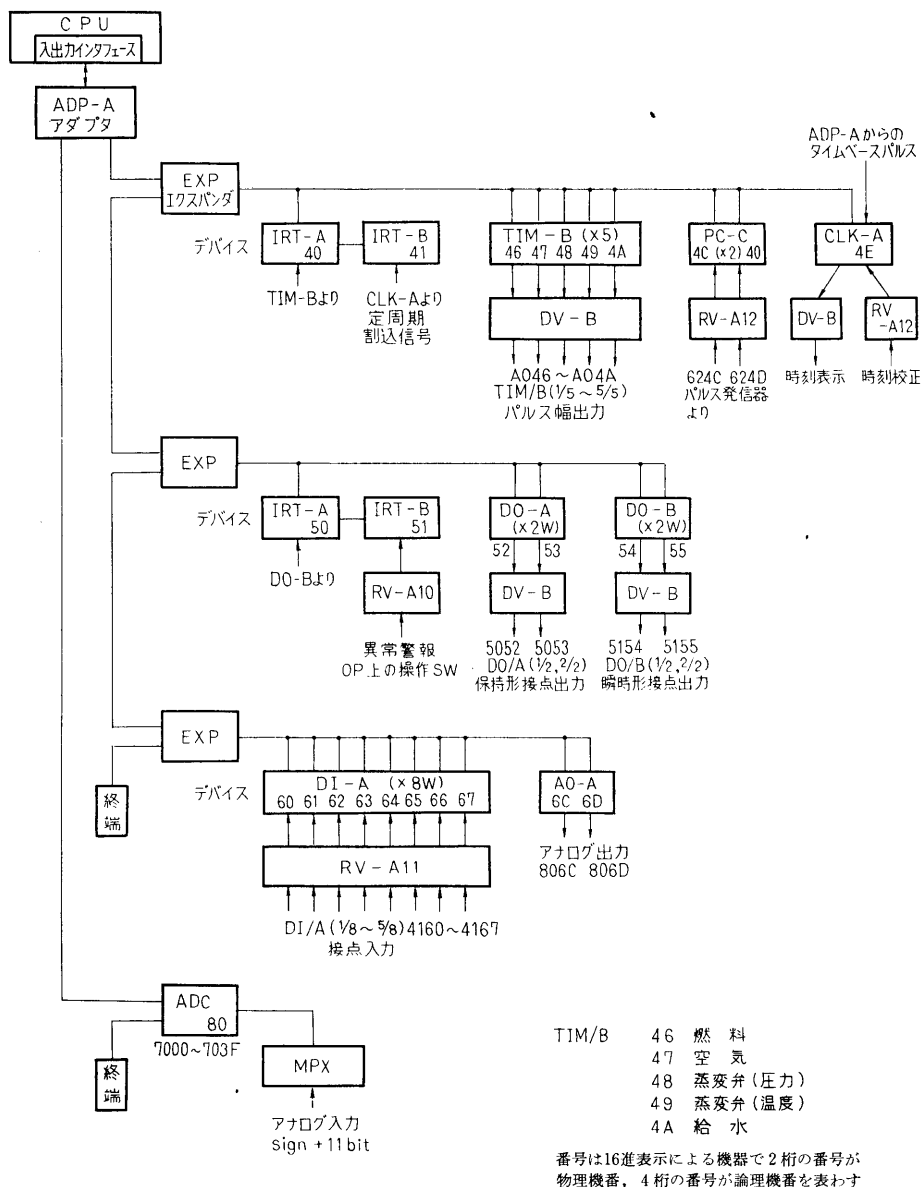


Fig. 5.3 入出力装置構成図

Table 5.3 デバイス要目表

ユニット名称	略号	点数	仕 様																												
リアルタイム・クロック	CLK-A	1	1/16, 1/8, 1秒, 1分, 60分のタイム・ベース・パルスを発生																												
デジタル入力	DI-A	128	<p>デジタル信号 (接点) を受信 接点入力 大地に対し浮いたメータ接点 接点印加電圧 48V DC (RTC より供給) 接点閉時抵抗 200Ω 以下 " " 開時抵抗 500Ω 以上 接点のチャタリング 5ms 以下 許容ノイズ 20V PP 以下 (50Hz 以上成分) レンーバ (RV-A) 経由で受信する レンーバ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>RV-A10</th> <th>RV-11A</th> <th>RV-12A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>論理“1”</td> <td>+8~30V</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>論理“0”</td> <td>-23~+3V</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>入力抵抗</td> <td>9.1kΩ</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>おくれ時間</td> <td>20ms±50%</td> <td>10ms±50%</td> <td>27μs±50%</td> </tr> <tr> <td>許容入力</td> <td>-20~+30V</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>用 途</td> <td>接点信号用 電圧信号用</td> <td>接点信号用 電圧信号用</td> <td>電圧信号用</td> </tr> </tbody> </table>		RV-A10	RV-11A	RV-12A	論理“1”	+8~30V	同左	同左	論理“0”	-23~+3V	同左	同左	入力抵抗	9.1kΩ	同左	同左	おくれ時間	20ms±50%	10ms±50%	27μs±50%	許容入力	-20~+30V			用 途	接点信号用 電圧信号用	接点信号用 電圧信号用	電圧信号用
	RV-A10	RV-11A	RV-12A																												
論理“1”	+8~30V	同左	同左																												
論理“0”	-23~+3V	同左	同左																												
入力抵抗	9.1kΩ	同左	同左																												
おくれ時間	20ms±50%	10ms±50%	27μs±50%																												
許容入力	-20~+30V																														
用 途	接点信号用 電圧信号用	接点信号用 電圧信号用	電圧信号用																												
パルスカウンタ	PC-C	2	オーバル流量計からの +12V の電圧パルスを RV-12 で受信し論理“0”→“1”の立上りを12ビットカウンタ(PC-C)で計数する。																												
パルス幅出力	TIM-B	5	符号付き8ビットのプリセットカウンタでRTC内のタイムベースパルスまたは外部からのパルスをカウンタ内容が0になるまで減算方向に計数する。数値データ書き込みで論理が“0”→“1”となり、出力を出し、カウンタ内容が0となるまでその出力を保持する。この出力を積分形の操作端に供給して、プラントを制御する。本装置では1/8秒のタイムベースパルスを使用して、蒸気変換弁(負荷供給蒸気の圧力、温度の制御)給水、燃料、空気流量を制御している。																												
デジタル出力	DO-A DO-B	32 32	<p>保持形接点出力 限時形接点出力 ドライバ(DV-B) RTC 論理レベルのデジタル信号, パルス信号を絶縁, 増幅して外部負荷に供給する。 絶縁トランジスタスイッチ形 印加電圧 +5~55V 負荷電流 100mA 以内 応答おくれ時間 15μs 以内</p>																												
マルチプレクサ	AI-MPX/C	1	<p>半導体スイッチ, トランス絶縁方式, 中間増幅器付 入力電圧 200mV 等価入力抵抗 10MΩ と 140/NMΩ の並列抵抗値 N: 同一入力点の測定頻度 (回/秒) 許 容 差 ±0.05% (10~30°C/8H) 精 度 0.02% チャンネル間偏差 0.05%</p>																												
A-D 変換器	AI-ADC/C	1	<p>逐次比較 出 力 純2進, 符号+11bit 精 度 0.02%±1/2LSB 許 容 差 ±0.02%±1/2LSB (10~30°C/8H) マルチプレクサ接続点数 最大 1024 点 マルチプレクサの切換周期は 250μs であるが, 同一絶縁トランスに接続される入力群の選択頻度は 16点/16ms 以内とする必要があるため, 同一絶縁トランスの入力を繰返し測定する場合には走査周期は 1ms/点 とする。</p>																												

5.3 検出端および操作端

検出端は接点入力とアナログ入力の二種類に分けられるが、一覧表を Table 5.6, Table 5.7 に示す。前

述したように、既設盤には、すでに現場指示を目的としたかなりの検出端がある。これらの関連を明確にするため、計装線図を Fig. 5.4 に示す。アナログ入力

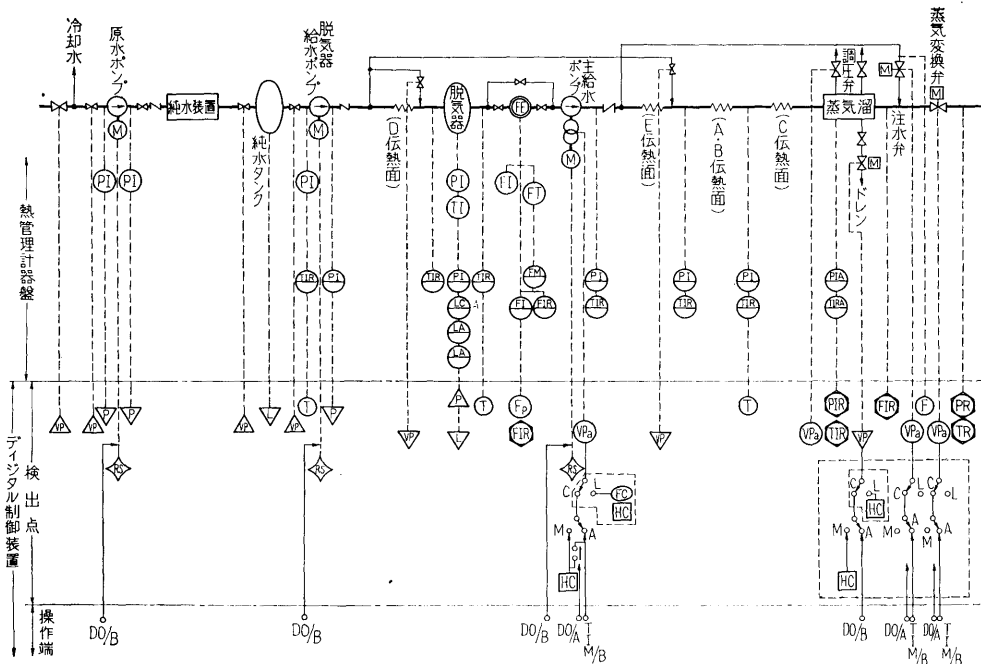


Fig. 5.4(a) 給水・蒸気系統計装線図

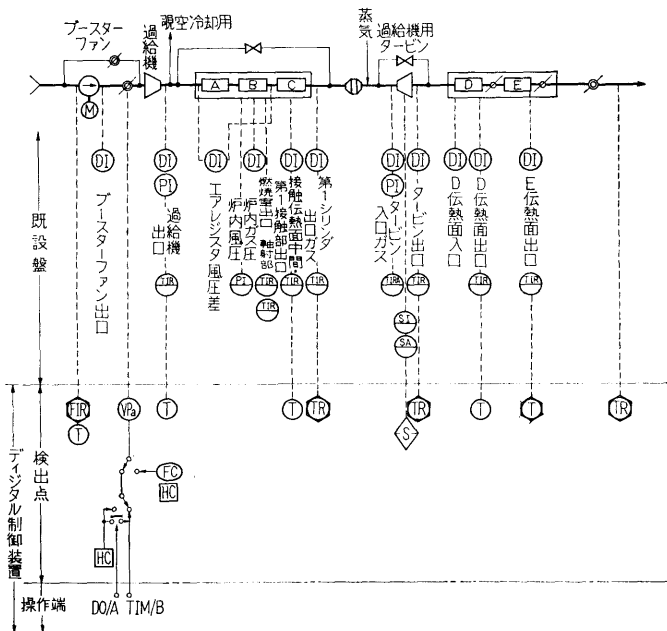
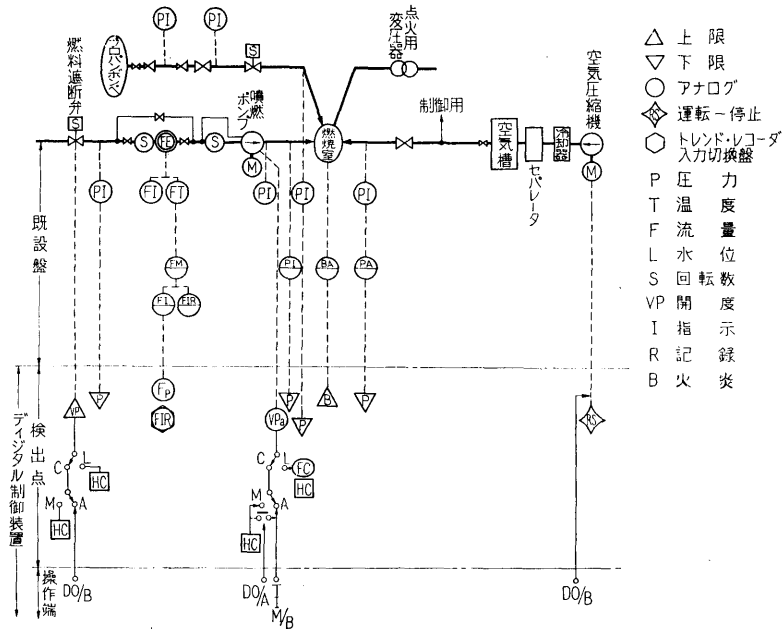


Fig. 5.4(b) 給気・燃焼ガス系統計装線図



- △ 上限
- ▽ 下限
- アナログ
- ◇ 運転-停止
- ⬢ トレンド-レコーダ
- ⬢ 入力切換盤
- P 圧力
- T 温度
- F 流量
- L 水量
- S 回転数
- VP 開度
- I 指示
- R 記録
- B 炎

Fig. 5.4(c) 燃料・点火系統計装線図

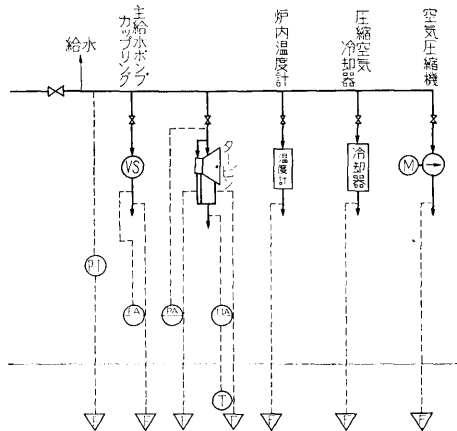


Fig. 5.4(d) 補機冷却水系統計装線図

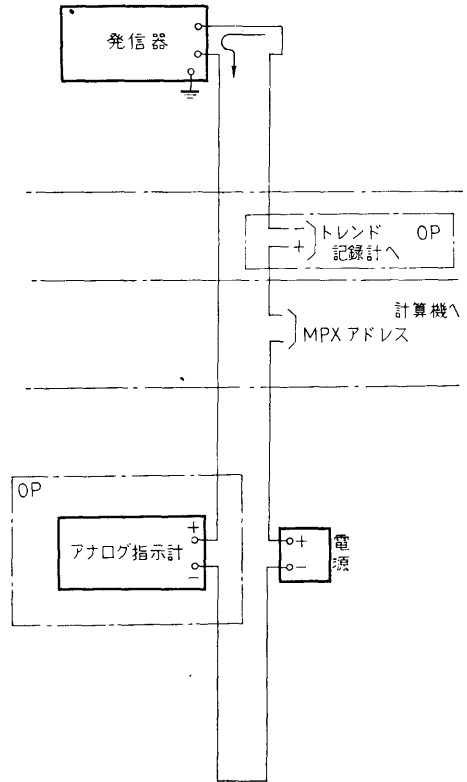


Fig. 5.5 結線説明図

Table 5.6 接点入力一覧表

検 出 端 名	検 出 量	割込原因	検 出 器
原水ポンプ入口圧力	下 限	○	ブルドン管式圧力スイッチ
原水ポンプ出口圧力	下 限	○	"
脱気器給水ポンプ出口圧力	下 限	○	"
脱 気 器 圧 力	上 限	○	"
送 油 管 圧 力	下 限	○	"
バーナ入口重油圧力	下 限	○	"
噴霧用空気圧力	下 限	○	"
点火用プロパンガス圧力	下 限	○	"
冷 却 水 圧 力	下 限	○	"
純水タンク水位	下 限	○	電極式液位検出器
脱 気 器 水 位	下 限	○	浮
過給機タービン回転数	上下限	○	発 電 機
空気圧縮機冷却水	下 限	○	フ ロー ス イ ッ チ
圧縮空気冷却水	下 限	○	"
過給機タービン冷却水	下 限	○	"
主給水ポンプ電磁接手冷却水	下 限	○	"
炉内温度計冷却水	下 限	○	"
原水ポンプ入口弁	開		マイクロ・スイッチ
純水タンク入口弁	開		"
純水タンク出口弁	開		"
原 水 元 弁	開		"
ド レ ン 弁	閉		リミット・スイッチ
燃 料 遮 断 弁	開		電磁開閉器補助接点
空気圧縮機モータ	ON		電 圧 継 電 器
原水ポンプモータ	ON		"
脱気器給水ポンプモータ	ON		"
主給水ポンプモータ	ON		"
燃 燒	燃 燒		Cds
電源 1 (動力用 3300V, 200V, 100V)	ON		電 圧 継 電 器
電源 2 (計算機用 200V, 100V)	ON		"
蒸気変換弁操作回路切換器	自動—中央	○	
注水弁操作回路切換器	自動—中央	○	
燃料流量制御回路切換器	自動—中央	○	
給水流量制御回路切換器	自動—中央	○	
空気流量制御回路切換器	自動—中央	○	
ドレン弁操作回路切換器	自動—中央	○	
燃料遮断弁操作回路切換器	自動—中央	○	
ボイラ起動操作回路切換器	中 央		
ボイラ起動シーケンス	自 動		
スタンバイ押釦 SW	ON	○	
スタート押釦 SW	ON	○	
正常停止押釦 SW	ON	○	
目標値読み込み押釦 SW	ON	○	
ランプ消灯押釦 SW	ON	○	
分岐スイッチ (5個)	ON	○	

Table 5.7 アナログ入力一覧表

検出端名	検出器	測定範囲	トレンド記録	操作盤指示計
蒸気変換弁出口蒸気温度	C A 熱電対	600°C	○	
ボイラ出口蒸気温度	"	"	○	○
過熱器入口付近蒸気温度	"	"		
D伝熱面出口ガス温度	"	"		
第一接触部出口ガス温度	"	1,200°C		
第一シリンダ出口ガス温度	"	800°C	○	
過給機タービン出口ガス温度	"	"	○	
過給機出口空気気温度	Pt抵抗測温体	200°C		
E伝熱面出口ガス温度	"	600°C	○	
脱気器出口給水温度	"	200°C		
過給機タービン冷却水出口温度	"	100°C		
脱気器給水ポンプ入口給水温度	"	"		
ブースタ送風機入口空気温度	"	250 kg/cm ²		
ボイラ出口蒸気圧力	ヘリカルブルドン管	"	○	○
蒸気変換弁出口蒸気圧力	"	20 t/h	○	
ボイラ出口蒸気流量	オリフィス	2×10 ⁴ Nm ³ /h	○	○
ブースタ送風機入口空気流量	"	"	○	○
煙道ガス流量	ピトー管	5 t/h	○	
注水流量	オリフィス			
大気放出弁開度	ポテンシオメータ			
給水制御サーボ位置	"			
蒸気変換弁開度	"			
注水弁開度	"			
燃料制御サーボ位置	"			
空気量調節弁開度	"			
給水流量 (計算機へは別にバ 燃料流量) (ルスで入れている)	オーバル流量計	20 t/h	○	○
	"	2 m ³ /h	○	○

Table 5.8 操作端一覧表

操作端名	操作場所			アナログ バックアップ	制御信号
	計算機	操作盤	現場盤		
燃料遮断弁	○	○	○		瞬時形号
ドレン弁	○	○	○		
空気圧縮機	○		○		
原水ポンプ	○		○		
脱気器給水ポンプ	○		○		
主給水ポンプ	○		○		
点火		○	○		パルス幅号
ボイラ停止	○	○	○	○	
蒸気変換弁	○	○	○	○	
注水弁	○	○	○	○	
燃料流量制御器	○	○	○		
給水流量制御器	○	○	○		
空気流量制御器	○	○	○		

すべて、0~200mV 入力に変換され、MPX に到っている。このうちトレンド・レコーダおよび操作盤の指示計に指示されるアナログ量は、同一の発信器からの電流信号によって指示される。その一例を Fig. 5.5 に示す。操作端は、接点信号とパルス幅信号の二種類に分けられる。一覧表を Table 5.8 に示す。パルス幅信号は、操作量に比例した時間だけ接点が閉じる形のものであるから、操作端としては、電動弁のようにパワーリレーの閉じている間だけ動作する積分形のもが用いられている。この形のもは、手動→自動切換がスムーズに行なえるばかりでなく、自己保持性があるので、安全に対し、有利である。

パルス幅出力の操作回路の概念図を Fig. 5.6 に示す。現場盤に中央↔現場の切換器があり、運転員のみがこれを最優先で選択できる。現場側なら現場からの手動操作のみが可能である。中央側なら、コントロール・ルームの操作卓の自動→手動切換器によって、手

動か、計算機からの操作かを選択できる。点線で示されたラインは、計算機が自らの判断によって手動に切換える場合で、この時、中央からでも現場からでも手動動作が可能となる。この詳細の回路図を Fig. 5.7 に示す。ポンプ起動等の接点出力の操作回路は Table 5.5 の右下端に示してあるように、既設盤の押釦と並列に接点信号が入っている(停止信号は直列)。尚、ボイラ起動回路中央の切りかえによって、この回路は生きる。

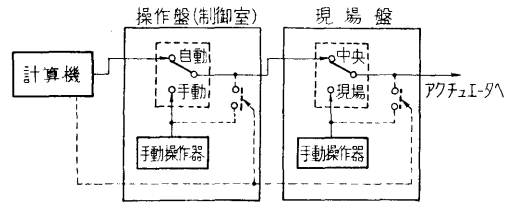


Fig. 5.6 操作回路概略図

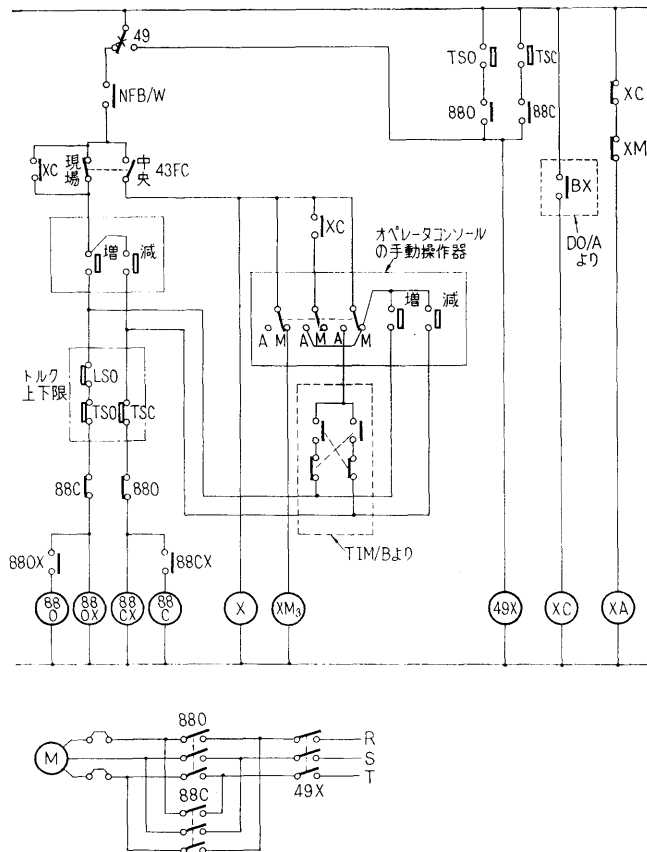


Fig. 5.7 操作端回路図

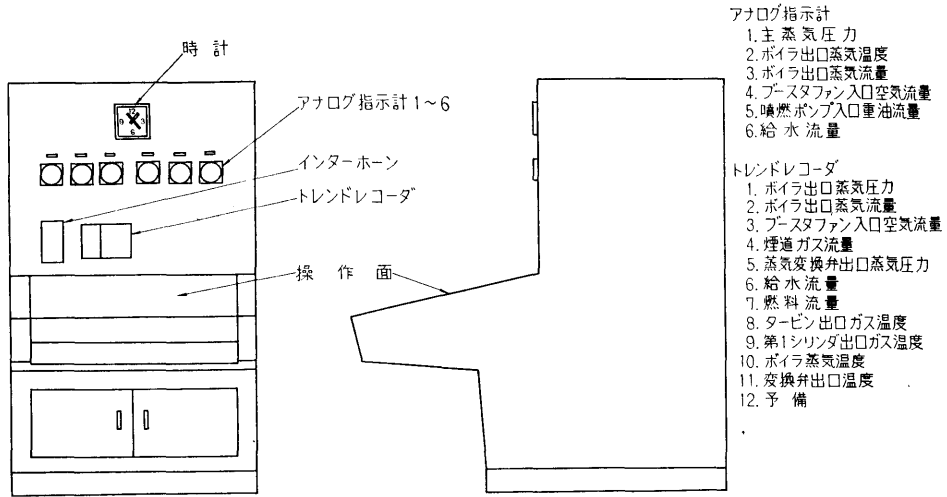


Fig. 5.8(a) 操作盤機器配置図

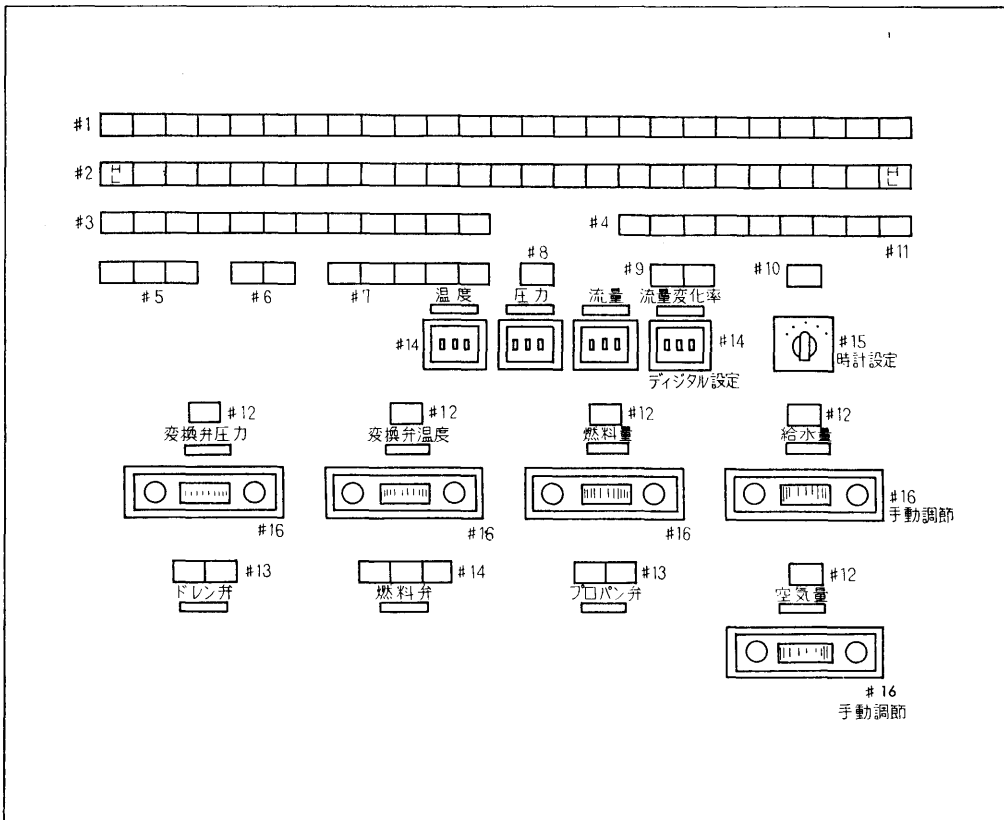


Fig. 5.8(b) 操作盤・操作面

5.4 操作盤

操作盤の概要は前述したので、機器配置図を Fig. 5.8 に示す。各機器の機能は下記の通りである。

名称	個数	機能
上下限警報	25	プロセス量が上下限を越した時点灯する。半数はプロセス直結，半数は計算機の出力で点灯する。
ON-OFF 表示灯	25	ボイラ起動時の各部の状態を赤緑のランプ表示する。全部緑ならば着火準備完了を表す。
プログラム進行表示灯	12	プログラムの進行状態を示すのに用いる。計算機により点灯
中央処理装置警報	8	中央処理装置の異常を報せる。

押 釦 10	電源：電源 on-off スタンバイ：起動準備プログラムの始動用 スタート：着火プログラムの始動用 正常停止：通常停止用 緊急停止：緊急停止用，燃料遮断弁を閉じる。 目標値設定：デジタル・スイッチに設定された蒸気圧力，温度，流量，流量変化率の読みこみ用 ランプ消灯：ランプ消灯プログラム始動用
その他 3	
分岐スイッチ 5	on-off の組合わせで制御モードの選択を行なう

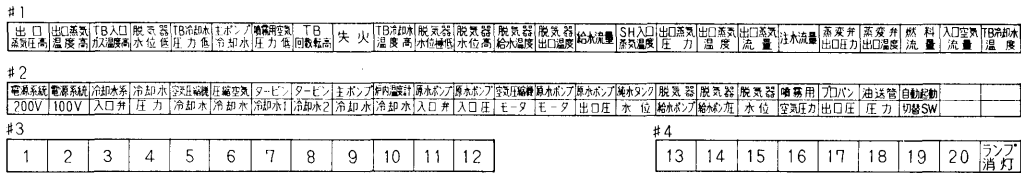


Fig. 5.8(c) 操作盤・操作面アナウンシェータ

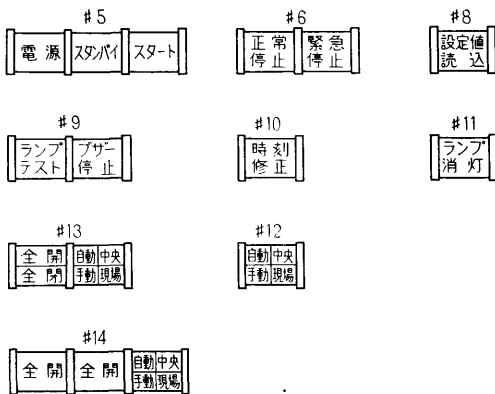


Fig. 5.8(d) 操作盤・操作面スイッチ

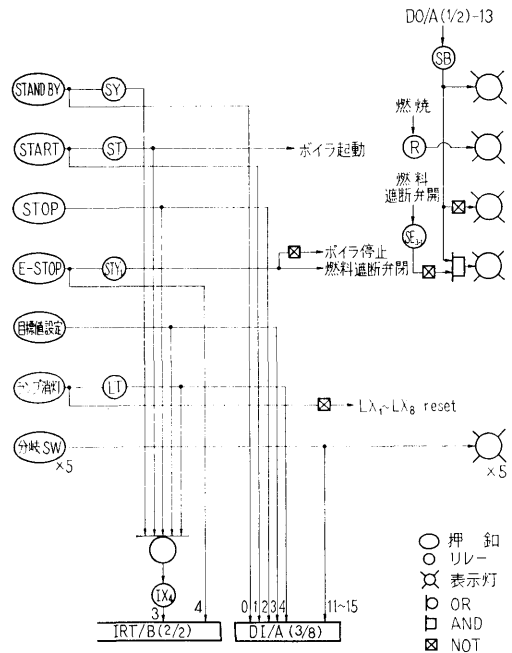


Fig. 5.9 オペレータ・コンソール押釦スイッチの機能

電源系統 200V	電源系統 100V	冷却水系 入口弁	冷却水 圧力	空気圧縮機 冷却水	圧縮空気 冷却水	タービン 冷却水1	タービン 冷却水2	主ポンプ 冷却水	炉内温度計 冷却水	原水ポンプ 入口弁	原水ポンプ 入口圧	空気圧縮機 モータ
--------------	--------------	-------------	-----------	--------------	-------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

原水ポンプ モータ	原水ポンプ 出口圧	純水タンク 水位	脱気器給水 ポンプ	脱気器給水 ポンプ圧	脱気器 水位	噴霧用 空気圧力	ブロバン 出口圧	油送管 圧力	自動起動 切替SW			
--------------	--------------	-------------	--------------	---------------	-----------	-------------	-------------	-----------	--------------	--	--	--

変換弁 (圧力)	変換弁 (温度)	燃料弁	空気量弁	ドレン弁
-------------	-------------	-----	------	------

Fig. 5.10(a) 現場盤アナウンシェータ

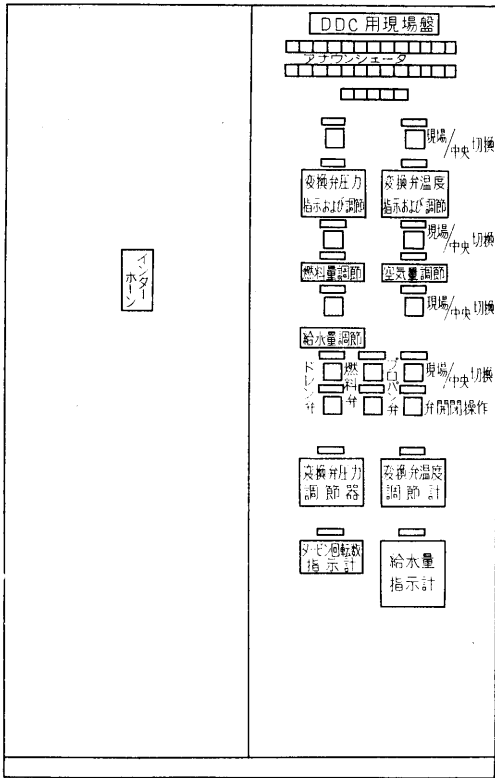


Fig. 5.10(b) 現場盤機器配置図

Fig. 5.9 に押釦スイッチ機能とインタラプト・デバイス割付との関係を示した。その他には、図に示す通り、遠隔操作器があり、手動—自動の切り換えを行なえる他、モニタ用のアナログ指示器、トレンド・レコーダ選択器がある。

5.5 現場盤

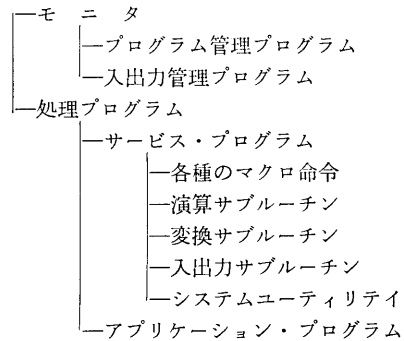
現場盤は手動動作を現場から行なうためのものであるが、Fig. 5.10 に示すように、操作卓と同じ、on-

off 表示灯を備えていて、運転員の起動動作に対して1種のガイドの役をなしている。その他、2個のアナログ調節計を備え、デジタル制御装置の故障時に、圧力、温度の制御を行ない、バックアップをする。中央現場の切替器のあるのもこの盤である。

6. ソフト・ウェア

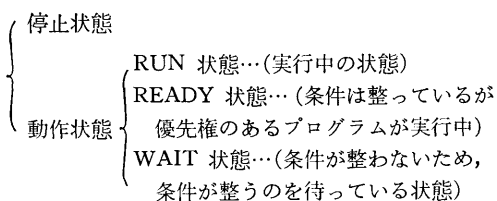
6.1 モニタ (PCPS) プログラム

本デジタル制御装置のソフト・ウェアとしてPCPS (Process Control Program System) がある。PCPS はリアル・タイムでプロセスを制御するためのもので、下記の構成よりなる。



次に各項について概要を述べる。

プログラム管理プログラムは、実行可能なプログラムのうち、優先順の最も高いものを選び出して実行に移したり、実行不可能になったプログラムを待たせたりするものである。PCPS では、プログラムはすべてプログラム番号により管理されており、プログラム番号により、そのレベルとかプログラムの先頭番地の位置を知ることが出来る。プログラムには次のような状態がある。



停止状態のプログラムに起動要求があると、プログラムは動作状態となる。動作状態のプログラムが実行完了すると、そのプログラムは停止状態となる。

起動要求は他のプログラムが ENTER ルーチンによって行なうか、外部割込によりモニターが行なう。

RUN 状態および READY 状態のプログラム群は優先順位によって各レベル毎に待行列を作り、その最前にあるプログラムが RUN 状態になっている。RUN 状態のプログラムは終了以外に、WAIT ルーチンによって WAIT 状態になり、割込がかかると READY 状態になる。WAIT 状態にあるプログラムは、他のプログラム間で同期して動作している時は、POST ルーチンにより、また入出力機器の動作完了割込みなどによりモニター自身によって READY 状態に移行する。

入出力管理プログラム

入出力装置の速度は一般に、計算機本体と比較して遅いので、システム全体を効率よく動かすよう管理すると同時に、障害発生時には、その状況を通知する。

処理プログラム

サービスプログラムは、計算機システムの利用に役立つもので、一覧表を Table 6.1 に示す。

アプリケーションプログラムは、次の6個よりなる。

1 押釦処理	PBMIS
2 アナログ入力読込み	ANDTP
3 目標設定値読込み	SETRD
4 ランプ消灯	LMPOF
5 TIM/B 割込解析	TIMAN
6 フルキーリード	FKR

各プログラムの内容は次の通りである。

1. 押釦 (スタンバイ, スタート, 正常停止, 目標値, ランプ消灯)—PBMIS

本プログラムはオペレーターコンソール上の「スタンバイ」、「スタート」、「正常停止」、「目標値」、「ランプ消灯」押釦のうちどれかが押されていると実行される。

上記の5種の押釦のどれが押されたかを判定した後、該当プログラムを ENTER* する。この時、

押釦操作が異常 (2以上の押釦を押した場合) であるかを判定し、異常ならばアラームブザーおよびランプ「押釦操作異常」を ON とし、正常ならば該当プログラムを取出し、ENTER して READY 状態にするものである。READY 状態では、当プログラムは該当レベルの待行列の最後にリンクされ、次にモニタに制御を戻し多重処理を行なうものである。

2. アナログ入力読込み—ANDTP

本プログラムは、アナログ入力 (56点) を読込み所定記憶場所に格納するものである。この時 A/D コンバーターの基準電圧 (フルスケールの約 80% とする) が $\pm 3\%$ 以内であることを判定し、この範囲外の時はアラームブザーおよびランプ「A/DC 異常」を ON とし範囲内の時は 56 点のアナログ入力を順次選択して A/D 変換しそれらの値を ¥ 1FC0~¥ 1FFC** 番地へ格納する。格納した後、モニタに制御を戻し次の処理を行なう。

3. 目標設定値読込み—SETRD

本プログラムは、オペレータコンソール上の「目標値」釦を押すと起動される。本プログラムは、オペレータコンソール上のデジタルスイッチにより設定された目標値を読込み、パリティエラーかどうかを判定し、パリティエラーならばアラームブザーおよびランプ「スイッチパリティエラー」を ON 状態とし、パリティエラーでなければ各目標値を 2 進数に変換し所定場所に格納するものである。目標値は、温度、圧力、流量、流量変化率に対してそれぞれ設定される。

4. ランプ消灯—LMPOF

本プログラムは、オペレータコンソール上「ランプ消灯」釦を押すと起動される。本プログラムは、オペレータコンソール上の警報ランプ (13~25まで) とプログラム進行表示ランプ (1~12まで) を消灯するものである。

5. TIM/B 割込解析—TIMAN

本プログラムは、TIM/B の動作完了の割込がかければ起動するプログラムである。5 デバイスの TIM/B からそれぞれ電動弁の開閉の制御信号が出されるが、発信し終ると割込みがかかる。本プログラムの処理はこの TIM/B デバイスから割込みがかかったか、即ちこの電動弁の制御が終ったかを解析する。

* Table 6.1 参照

** ¥ は 16 進数を意味する。

Table 6.1 サービス・プログラム一覧表

	ルーチン名	先頭番地	機能概要
マクロ命令	ENTER	¥ 532	停止状態のプログラムを READY 状態とし、該当レベルの待行列の最後にリンクさせる
	RETRN	¥ 53C	それまで実行中であった自身のプログラムを停止状態とする
	ENTRT	¥ 548	任意のプログラムを起動 (ENTER) すると同時に、自身のプログラムを終了する
	WAIT	¥ 55D	ある事象が発生するまで、自身のプログラムの実行を中止し、WAIT 状態に入ることを宣言する
	POST	¥ 56C	ある事象が発生したことを、それを待っていたプログラムに通知する
	WAITL	¥ 576	自身のプログラムを WAIT 状態にすると同時に、自身のプログラムを指定の待行列に加える
	DPOST	¥ 58C	指定した待行列の先頭にあるプログラムを待ち行列から外し、POST する
	MOF	¥ 59D	MON の状態を解除する
	MON	¥ 59A	自身のプログラム以外のすべてのプログラムの実行を保留する
演算	DPAT	¥ C 8	固定小数点 2 語データの加減乗除演算
変換	IBDC	¥ 6 E 8	2 進→10 進変換
入出力 サブルーチン	TW	¥ 735	A レジスタに格納されている 1 文字の ISO コードのデータをタイプライタに印字する
	PP	¥ 740	A レジスタに格納されている ISO コードの 1 文字分を紙テープに 1 桁パンチする
	PR	¥ 8 D 3	紙テープ 1 桁を読み込み、A レジスタに ISO コードで格納する
	DI 1	¥ C 1	直結形デジタル入力を 1 語読みこみ A レジスタに格納する
	AI 1	¥ A 40	高速度アナログ入力を 1 点読みこみ、A レジスタに格納する
	DOA	¥ C 2	指定されたデータを、指定された外部保持形デジタル出力の指定されたビット位置に指定されたビット数だけ出す
	DOB	¥ C 3	A レジスタの出力データを B 型出力デバイスに出力する
	AO	¥ C 5	A レジスタの内容をアナログ出力 1 点に出力する
	PC	¥ C 4	カウンタを 1 点読み込み、指定のアドレスに格納する
	PO	¥ C 6	A レジスタに格納されたデータを指定の機番に出力する

6. フルキー・リード—FKR

本プログラムはエントリ・スイッチにセットされたプログラム番号を読み取って、それに相当するプログラムを ENTER させる。

6.2 プロセス制御用プログラム

概要は 4.2 にすでに述べたが、本報告では、自動データ処理プログラムと自動起動プログラムの中、起動準備プログラムの 2 つについて述べる。

6.2.1 自動データ処理

6.2.1.1 自動データ処理プログラム概要

分岐スイッチ監視プログラムが、1 秒ごとに走り、5 個ある分岐スイッチの機番を読み、押されているスイッチの組み合わせによって、対応したプログラムを ENTER させる。MODE 1'~MODE 4' は予備であり、使われていない。Fig. 6.1 にフロー・チャートの概要を示す。

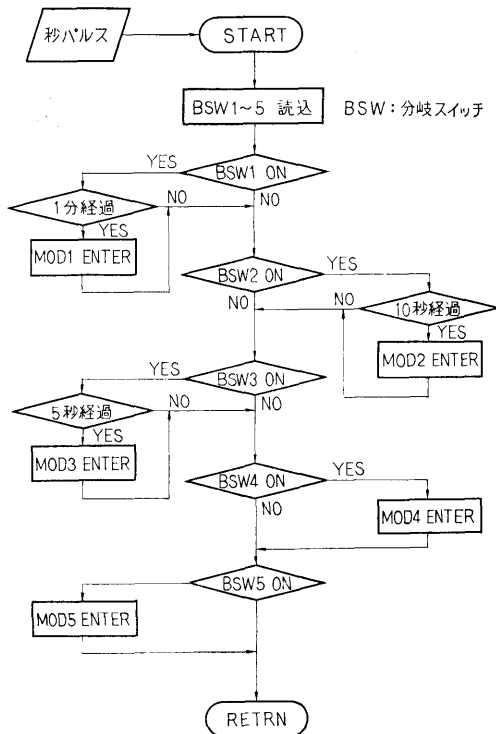


Fig. 6.1 自動データ処理のフロー・チャート概要

6.2.1.2 モード 1

分岐スイッチ 1 を押すことにより始動し、回数、時刻、パルス入力 2 点、アナログ入力 25 点を読み、スケール変換し、タイプ・アウトする。なお、サンプリング周期は 1 分である。

6.2.1.3 モード 2

分岐スイッチ 2 を押すことにより始動し、回数、時刻、パルス入力 2 点、アナログ 8 点を読み、タイプアウトする。なお、サンプリング周期は 10 秒である。アナログ入力 8 点の項目は自由に選択できる。

6.2.1.4 モード 3

分岐スイッチ 3 を押すことにより始動し、回数、時刻、パルス入力 2 点、アナログ入力 8 点、計 10 点を記憶装置に格納する。なお、サンプリング周期は 5 秒である。格納されたデータは、モード 5 により掃き出すことができる。データ項目は任意に選択できる。

6.2.1.5 モード 4

分岐スイッチ 4 を押すことにより、5 秒周期で、パルス入力 2 点、アナログ入力 3 点、計 5 点を紙テープにパンチアウトする。なお、パンチアウトの最初にスタート・コード、実験番号、サンプリング周期、最後に、待ち時間とストップ・コードをパンチする。このテープは、FACOM 270~20 にそのままホトリダを通して読み取られ、X-Y プロッタによって、グラフ化される。内容はボイラ出口蒸気圧力、温度、給水流量、燃料流量、空気流量である。プロットが終れば、データの最後に指定された待ち時間だけ待って、データの読みを再開する。

6.2.1.6 モード 5

分岐スイッチ 5 を押すことにより始動し、モード 3 により読み、格納しておいたデータを、任意の時刻に打ち出すことができる。

以上のプログラムのフロー・チャートを Fig. 6.2~6.6 に示す。

それぞれ必要とした語数は

モード 1	76語
モード 2	63語
モード 3	55語
モード 4	137語
モード 5	51語

分岐スイッチ読込み

および時計カウント 205語

である。ただし、次のような共通のサブルーチンを用いた。

TW 1:	ISO コード 1 文字をタイプ
TW 2:	2 進数 1 語を 10 進数でタイプ
ATIME:	時刻読込み
TIME:	時刻タイプ
PULS:	給水、燃料の流量パルス読込み

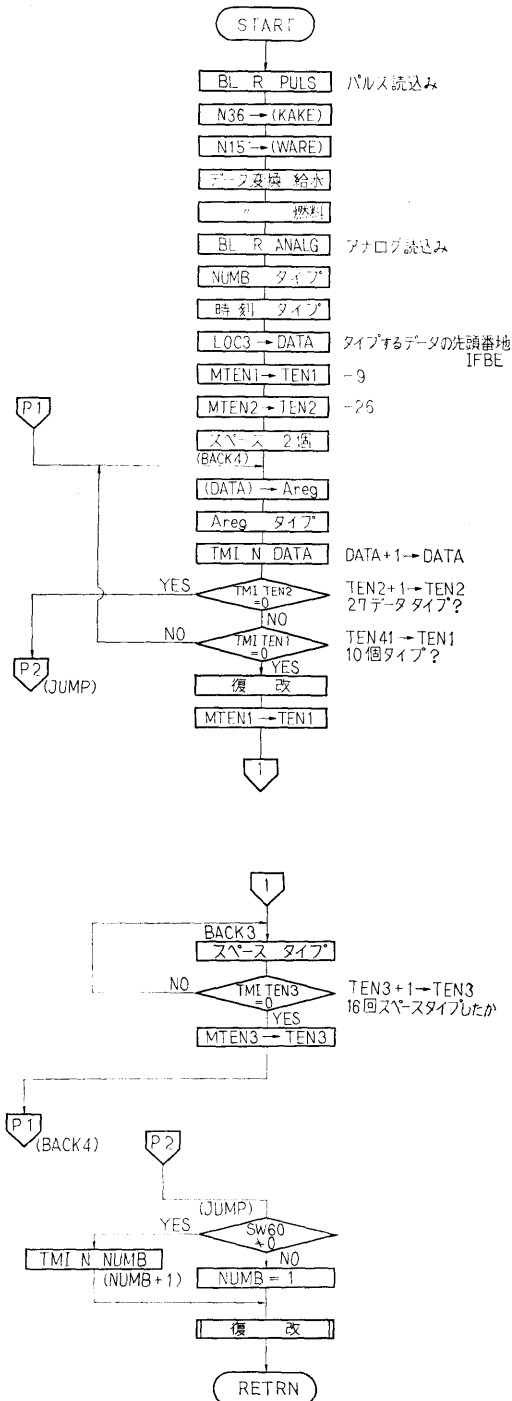


Fig. 6.2 MOD 1 フロー・チャート

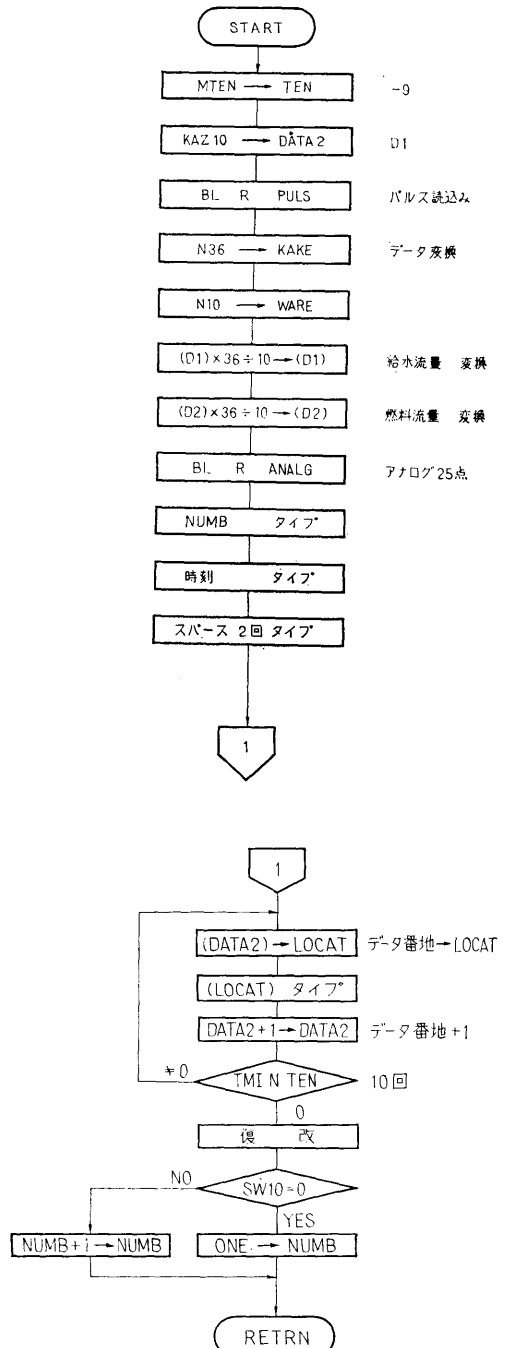


Fig. 6.3 MOD 2 フロー・チャート

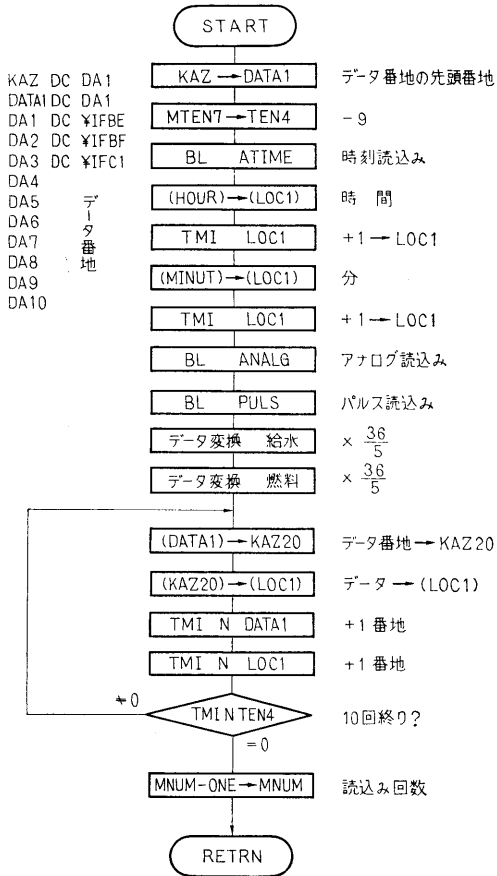


Fig. 6.4 MOD 3 フロー・チャート

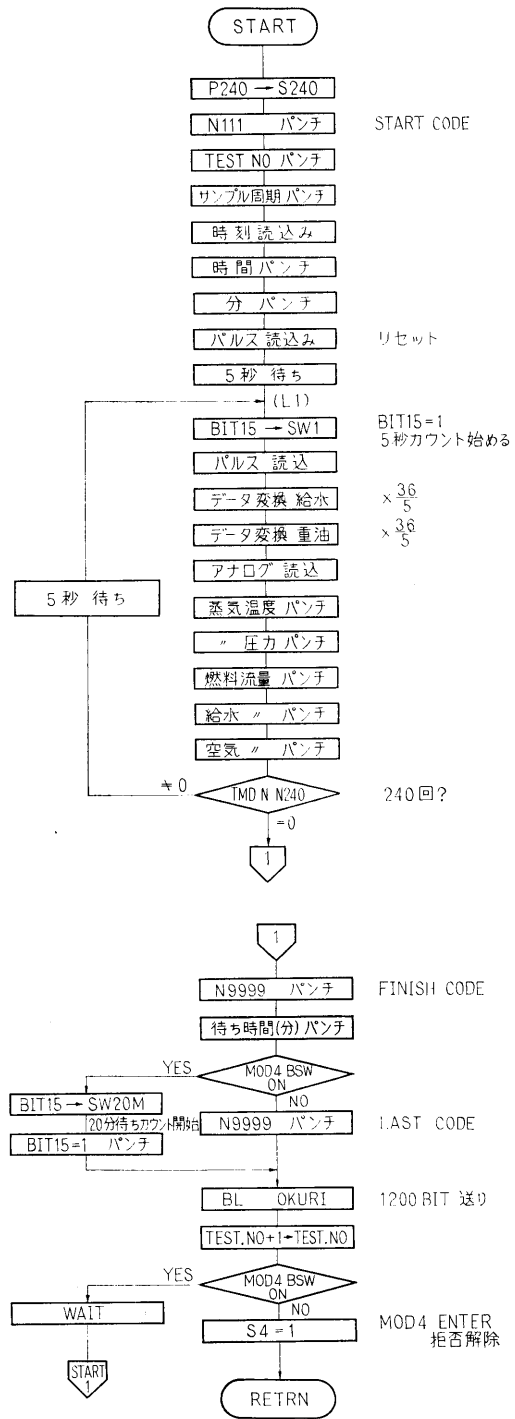


Fig. 6.5 MOD 4 フロー・チャート

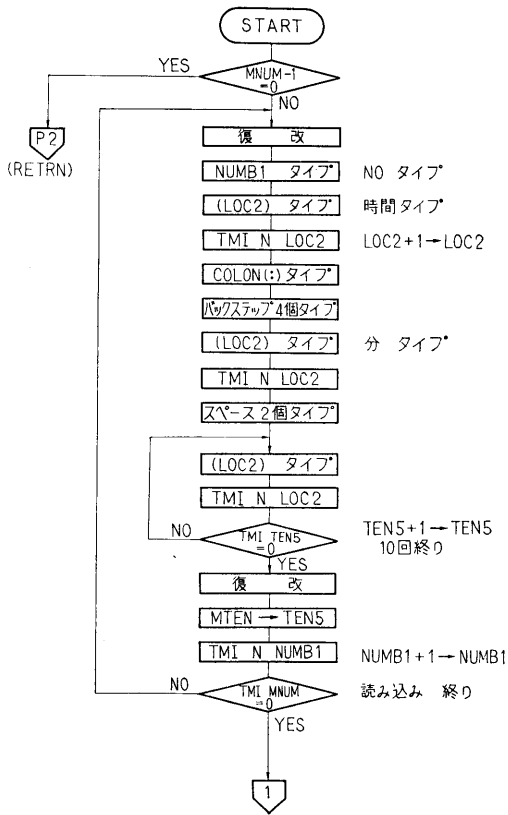


Fig. 6.6 MOD 5 フロー・チャート

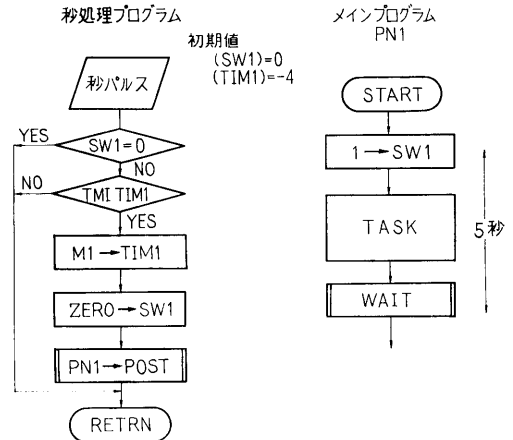
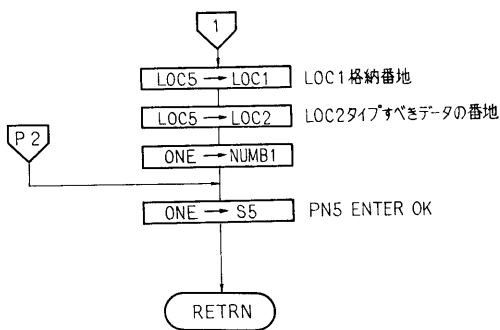


Fig. 6.7 時間待ちのフロー・チャート

ANALG: アナログ入力25点読み込みと変換

DPAT: 比例計算ルーチン

DGTAL: デジタル入力読み込み

次に、上述の各モードに用いられている時間待ちのプログラムの仕方について若干説明を加えておく。Fig. 6.7 に示した右側のメインプログラムで、5秒待ちを行なう場合を考える。ただし、その5秒の間に、或るタスクを実行するものとする。それには、先ず、左側のような、秒処理プログラムが必要である。これは秒パルス毎に起動するプログラムであり、初め、スイッチング用のメモリ SW1 の内容は0にセットされている。したがって、秒パルスが来てこのプログラムを始動しても、すぐ、RETRN になり、結果として何もしない。ところが、メインプログラムが走り出して、SW1 の内容を1にすると、次の秒パルスから、秒処理プログラムの中の流れが変わって、メモリ TIM1 の内容が、零かどうかを判定をするブロックに行く。TIM1 の初期内容は、-4 であるから、この場合も直ちに RETRN になる。ただし、この時、TIM1 の内容は1だけ加算されて、-3 になる。

同様に、次の秒パルスでは -2 になる。一方、メイン・プログラムは、この間にタスクを終了し、WAIT ルーチンによって、WAIT 状態になっている。SW1 の内容が1 になってから、5秒経過すると、TIME1 の内容が0 になり、秒処理プログラム中の流れが変わって、メイン・プログラムを POST する。この時 SW1 の内容を0 の状態にするから、次の秒パルスからは、一番はじめのように、“do nothing” の状態になる。

最後に、MOD 4 によるデータのプロットの例を