

第106研究部会
船舶の高度集中制御方式の研究
報告書

(その4 ディーゼルプラント)

昭和46年3月

社団法人

日本造船研究協会

本報告書に記載されている研究成果は、第106研究部会による「船舶の高度集中制御方式の研究の実施に伴い完成された発明等およびノウ・ハウの取扱いに関する取決め」に基づき取扱われることになっておりますので、本報告書の内容の一部または全部の外部発表・転載等については、本会事務局にご連絡の上、本会の事前の承認が必要です。

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和45年度補助事業「船舶の高度集中制御方式の研究」として日本造船研究協会第106研究部会ディーゼルプラント分科会においてとりまとめたものである。

第106研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	山下 勇（三井造船）		
副部会長	八島 信男（三井造船）		
委員	青山 三郎（大阪商船三井船舶）	芥川 輝孝（日本船舶振興会）	
	安積 健次郎（電子航法研究所）	甘利 昂一（日本船用機器開発協会）	
	井伊 謙三（川崎汽船）	伊吹 秀雄（大阪商船三井船舶）	
	岡田 正三（大阪商船三井船舶）	木下 共武（佐世保重工業）	
	木堂 弘雄（船舶技術研究所）	黒川 正典（日本郵船）	
	佐藤 茂（日立造船）	真田 良（日本船主協会）	
	佐野 桂（航海訓練所）	関谷 元弥（日本海事協会）	
	高田 正夫（日本船長協会）	高橋 百千（日本船舶機関士協会）	
	竹沢 五十衛（三菱重工業）	田坂 鋭一（運輸省）	
	土屋 正雄（電子機械工業会）	土井 正三（住友重機械工業）	
	土井 由之（昭和海運）	中尾 正光（ジャパンライン）	
	名越 亨（日本航海士会）	長谷川 健二（川崎重工業）	
	埴田 清勝（日本鋼管）	林 清（山下新日本汽船）	
	丸尾 卓志（日本船主協会）	元良 誠三（東京大学）	
	矢野 鎮雄（石川島播磨重工業）	山田 泰造（日本造船工業会）	
	横田 利雄（東京商船大学）	吉 謙 雅夫（日本学術振興会）	

第106研究部会幹事会委員名簿（敬称略、順不同）

委員	浅野 修一（日立造船）	荒瀬 晃二（三井造船）	
	大川 喜伴（住友重機械工業）	大日方 得二（日本鋼管）	
	唐沢 康人（石川島播磨重工業）	佐々田 喜正（大阪商船三井船舶）	
	菅沼 潜（川崎重工業）	高柳 武男（三井造船）	
	堀之北 克朗（運輸省）	丸尾 卓志（日本郵船）	
	本戸 幸雄（佐世保重工業）	米原 令敏（三菱重工業）	

ディーゼルプラント分科会委員名簿（敬称略、五十音順）

分科会長	荒瀬 晃二（三井造船）		
委員	赤堀 昇（東京商船大学）	安藤 静雄（山下新日本汽船）	
	氏田 一彦（三菱重工業）	大槻 昭（住友重機械工業）	
	柿原 実（三井造船）	河津 威信（住友重機械工業）	
	桑子 秀治（北辰電機製作所）	小泉 磐夫（東京大学）	
	佐伯 庄吾（三井造船）	佐山 昭彦（川崎汽船）	

坂本安三(ジャパンライン)	沢山武(三菱重工業)
杉山興三(昭和海運)	鈴木敏夫(富士電機製造)
清野部(日本鋼管)	高田良夫(船舶技術研究所)
田中兵衛(昭和海運)	力石昭次(東京計器)
富永隆弘(三菱電機)	徳屋章彦(日本鋼管)
永井将(日立造船)	鍋島健次郎(舞鶴重工業)
野田重昭(佐世保重工業)	浜田裕昭(大阪商船三井船舶)
平林健一(川崎重工業)	福留理夫(石川島播磨重工業)
松尾圭司(日本郵船)	松延寿人(三菱重工業)
三神章(運輸省)	三木毅(日立造船)
南正己(神戸商船大学)	本岡隆雄(三菱重工業)
森川卓(日本船主協会)	森下芳男(日立造船)
山下和三(日本海事協会)	渡辺幸生(運輸省)

目 次

(4. デイ ーゼ ル プ ラ ン ト)

1. デイ ーゼ ル プ ラ ン ト の 制 御 シ ス テ ム の 開 発 に 関 す る 研 究	1
1.1 目 的	1
1.2 研 究 条 件	1
1.3 デイ ーゼ ル プ ラ ン ト の 制 御 シ ス テ ム に 関 す る 実 用 ソ フ ト ウ ェ ア の 開 発	2
1.3.1 シ ス テ ム 構 成 (ソ フ ト ウ ェ ア)	2
1.3.2 オ ペ レ ー シ ョ ン コ ン ト ロ ー ル シ ス テ ム	5
1.3.3 監 視 シ ス テ ム	1 2
1.3.4 保 守 整 備 シ ス テ ム	1 8
1.3.5 記 録 シ ス テ ム	2 1
1.3.6 コ ン ピ ュ ー タ 構 成	2 4
1.4 陸 上 模 擬 実 験	2 6
1.5 実 船 試 験	2 7
2. 燃 焼 室 内 圧 力 検 出 方 式 の 実 験 的 研 究	2 9
2.1 緒 言	2 9
2.2 圧 力 検 出 装 置	2 9
2.2.1 装 置 の 構 成	2 9
2.2.2 装 置 の 作 動	3 0
2.3 最 高 圧 力 お よ び 圧 縮 圧 力 検 知 器 の 作 動 特 性	3 2
2.3.1 保 持 回 路 の 応 答 性	3 3
2.3.2 最 高 圧 力、圧 縮 圧 力 検 出 器 の 入 出 力 特 性	3 4
2.3.3 最 高 圧 力 の 記 録	3 5
2.3.4 サ ン プ リ ン グ 信 号 に よ る 圧 力 の 記 録	3 7
2.4 実 船 に お け る 試 験	4 0
2.4.1 装 置 の 較 正	4 0
2.4.2 装 置 の 作 動 と 圧 力 の 記 録	4 0
2.4.3 装 置 の 経 時 変 化	4 2
2.4.4 今 後 の 問 題 点	4 3
2.5 結 言	4 4

1. ディーゼルプラントの制御システムの開発に関する研究

1.1 目 的

ディーゼルプラントのスタンバイシーケンス制御および主機異常検知システムに関して昭和43年度は、机上ワークを行なつてその制御方式を開発検討し、昭和44年度には、陸上模擬実験を行ない、ペーパーワークの実証を行なつた。

本年度はこれらの研究結果に基づいて、実船におけるディーゼルプラントを対象として、その範囲をプラント全体に拡大した効率的な制御システムを形成するという観点から制御項目を選定し、

- (1) ディーゼルプラントの実船用プログラムの開発
- (2) 陸上模擬試験
- (3) 実船試験

の3点について作業を進め、超自動化船としてのディーゼルプラントの高度集中制御方式の確立と将来予想されるより高度な制御の足固めとしての問題点の検討を行なうことを目的とした。

1.2 研究条件

(1) 対象船舶

本研究の対象船舶としてディーゼルタンカー(22万トン)を選定する。本船は、マラッカ海峡経由で日本～ベルンジャ湾間に就航するもので、概略の要目をつぎに示す。

a. 船 種	単螺旋ディーゼルタンカー		
b. 主要航路	日本～(マラッカ海峡)～ベルンジャ湾		
c. 主要貨物	原油		
d. 屯 数	D/W 224,500KT		
e. 満載航海速力	15.45ノット(15%シマージン)		
f. 主 機 関	三井B&W 10K98FF型ディーゼル機関		1台
	MCR 38,000ps × 103 r.p.m.		
	normal 32,300ps × 97.5 r.p.m.		
g. ターボ発電機	横型多段蒸気タービン駆動	1,000 KW	1台
h. ディーゼル発電機	三井B&W 626MTBH40	660 KW	2台
i. 補助ボイラ	2胴水管式		1基
	蒸気条件 16 atg 飽和		
	蒸発量 最大115,000 Kg/h		
j. 排ガスエコノマイザ	曲管、強制循環式過熱形		1基
	蒸気条件 8.5/6.5 atg 飽和/270℃		
	蒸発量 9,500/7,500 Kg/h		

なお、発電機は航海中、荷役中いずれもターボ発電機を運転する。

- (2) 本システムに使用したコンピュータは、HOC-700M(北辰電機製)である。
- (3) 陸上模擬テストには、IBM-1800およびHOC-700を使用した。
- (4) 本システムは日本海事協会鋼船規則“MO”を満足するものとした。

1.3 ディーゼルプラントの制御システムに関する実用ソフトウェアの開発

1.3.1 システム構成 (ソフトウェア)

ディーゼルプラントの制御システムをつぎの4項目に分類し、これらが相互に関連した総合システムを作成した。

- ① オペレーションコントロールシステム
- ② 監視システム
- ③ 保守・整備システム
- ④ 記録システム

すなわち、監視システムは荷役時および航海時を通して監視を続け、種々のデータ収集、異常診断等を行なつて、警報を発生したり、必要に応じてオペレーションコントロールシステムをコールして、適当な処置を行なわせめたり、記録システムをコールして、適宜記録を行なわせしめる。またオペレーションコントロールシステムは、監視システムからコールされて制御する他、押ボタンにより単独に制御を行なうとともに、荷役システムよりコールされて制御をすることもある。保守・整備システムは長期にわたるデータを保存し、乗組員の要求によりデータのグラフ表示を行なうものである。記録システムは、他の3つのシステムと関係して適宜、必要なデータおよびインフォメーションを打ち出すものである。

以上のごとく本システムは監視システムを中心としたトータルシステムであり、1つのセントラルコンピュータのもとにプラント全体の有機的な結合を計つたものである。コンピュータは制御室と隣接した室に配置し中央集権的制御を狙つた。

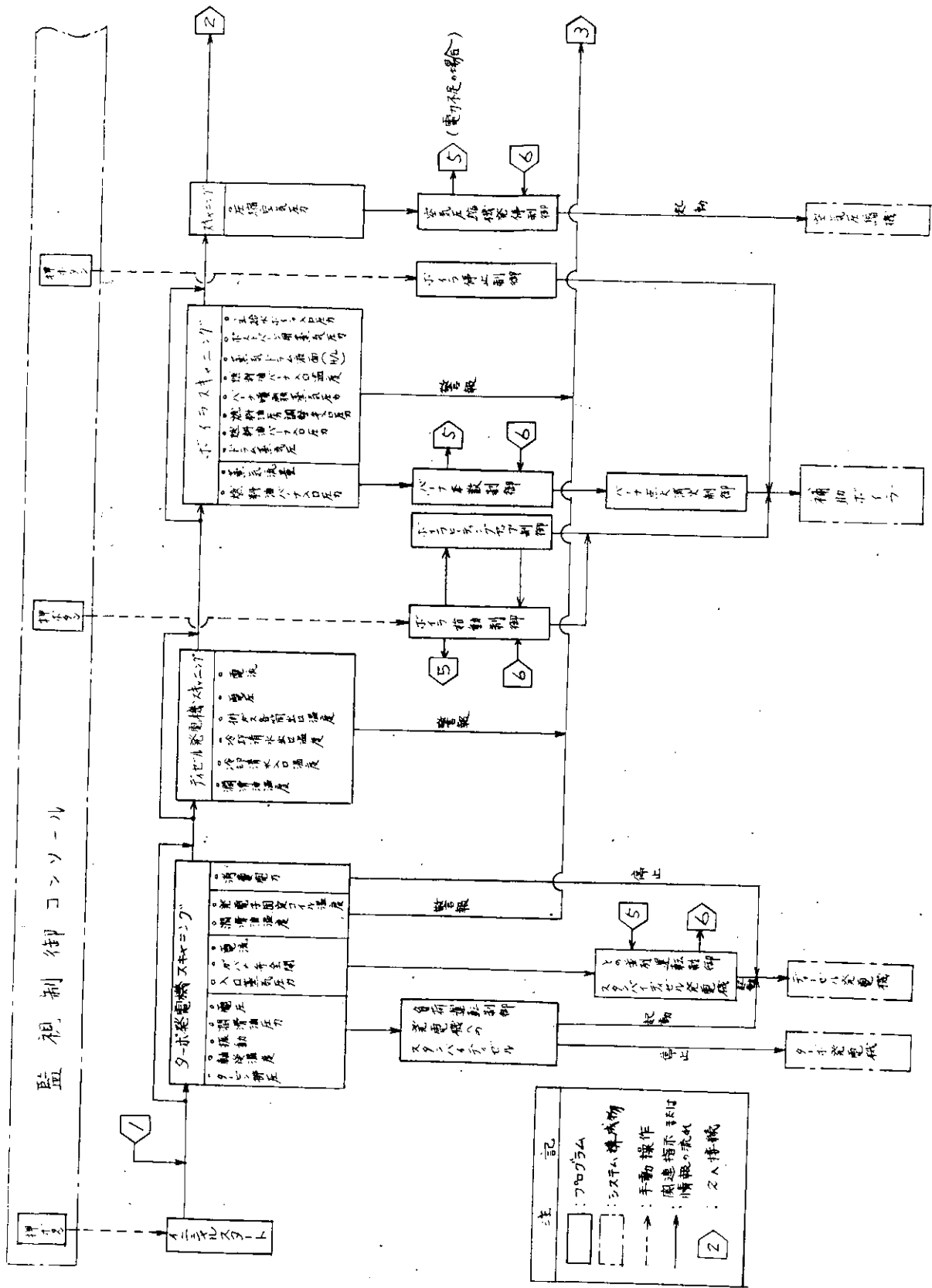
本研究では、上記各システムの実用ソフトウェアの開発を行なうことを目的とした。

第1.1表に本システムのソフトウェア構成を第1.1.a図、第1.1.b図に機関部制御システムブロックダイアグラムを示す。さらに第1.2図～第1.15図に各ソフトウェアのフローチャートを示し、以下に本システムの概要を述べる。

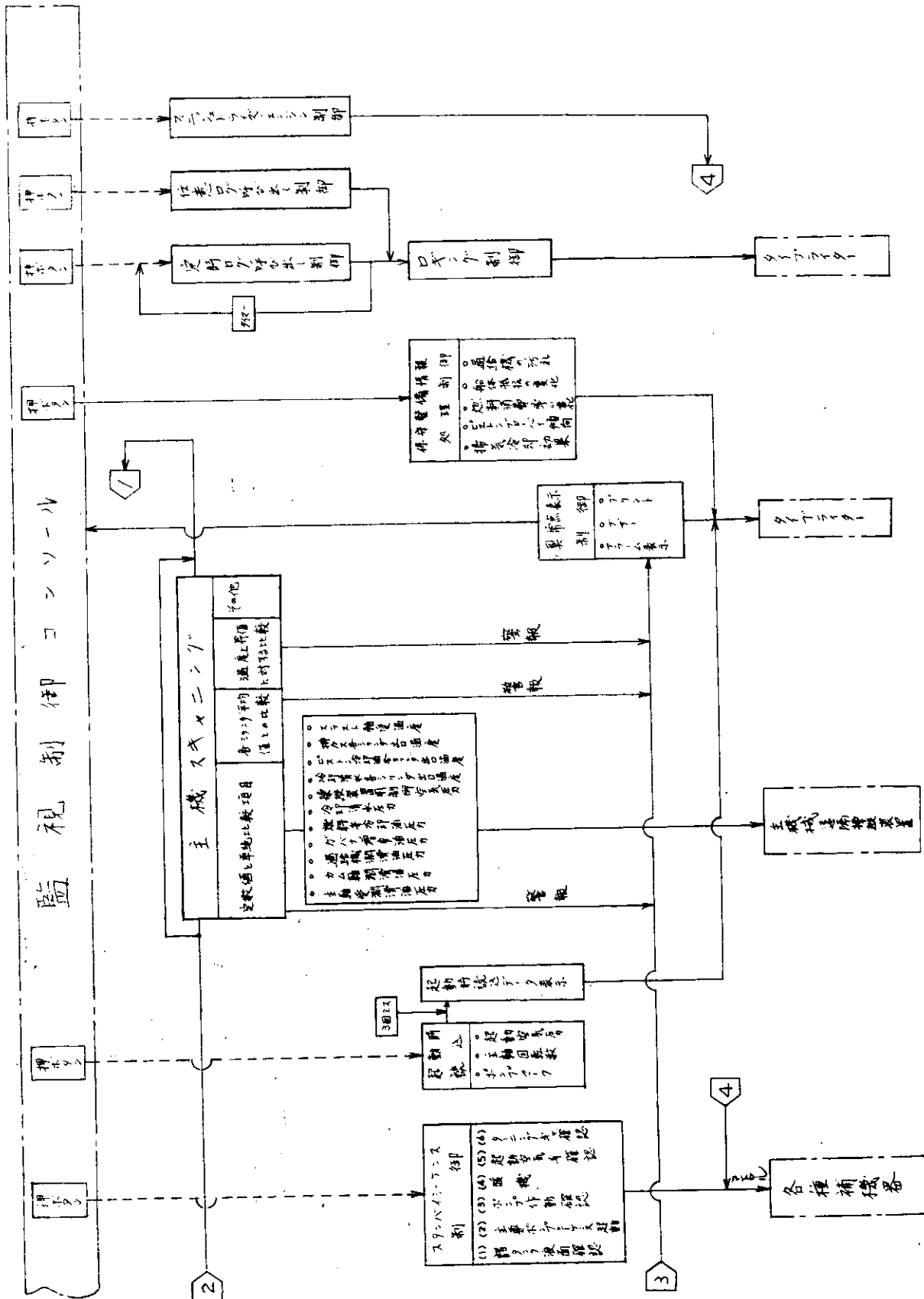
第1.1表 ソフトウェア構成

プログラム名	ブロック数	メモリサイズ	処理時間
スタンバイシーケンス制御	3	1.0 K	
フィニツシユトウイズエンジン制御	1	0.4 K	
主機減速制御	1	0.1 K	
発電機切換制御	3	2.5 K	
発電機並列運転制御			
ボイラ始動制御(含ヒーテングアップ)	2	1.4 K	
ボイラバーナ本数制御	1	1.0 K	
ボイラ停止制御	2	0.8 K	
空気圧縮機制御	1	0.6 K	
6秒周期スキヤニング	1	2.0 K	**
5分周期スキヤニング	1	1.2 K	**
起動時データプロット	2	0.8 K	約5分
性能変化情報プロット	2	1.5 K	約1.5時間
ログシートプリント	2	1.5 K	約5分
合計	22	14.8 K	

** 周期的に動作するプログラムはスキヤニングプログラムのみである。



第 1.1.a 図 機関部制御システムブロックダイヤグラム-1

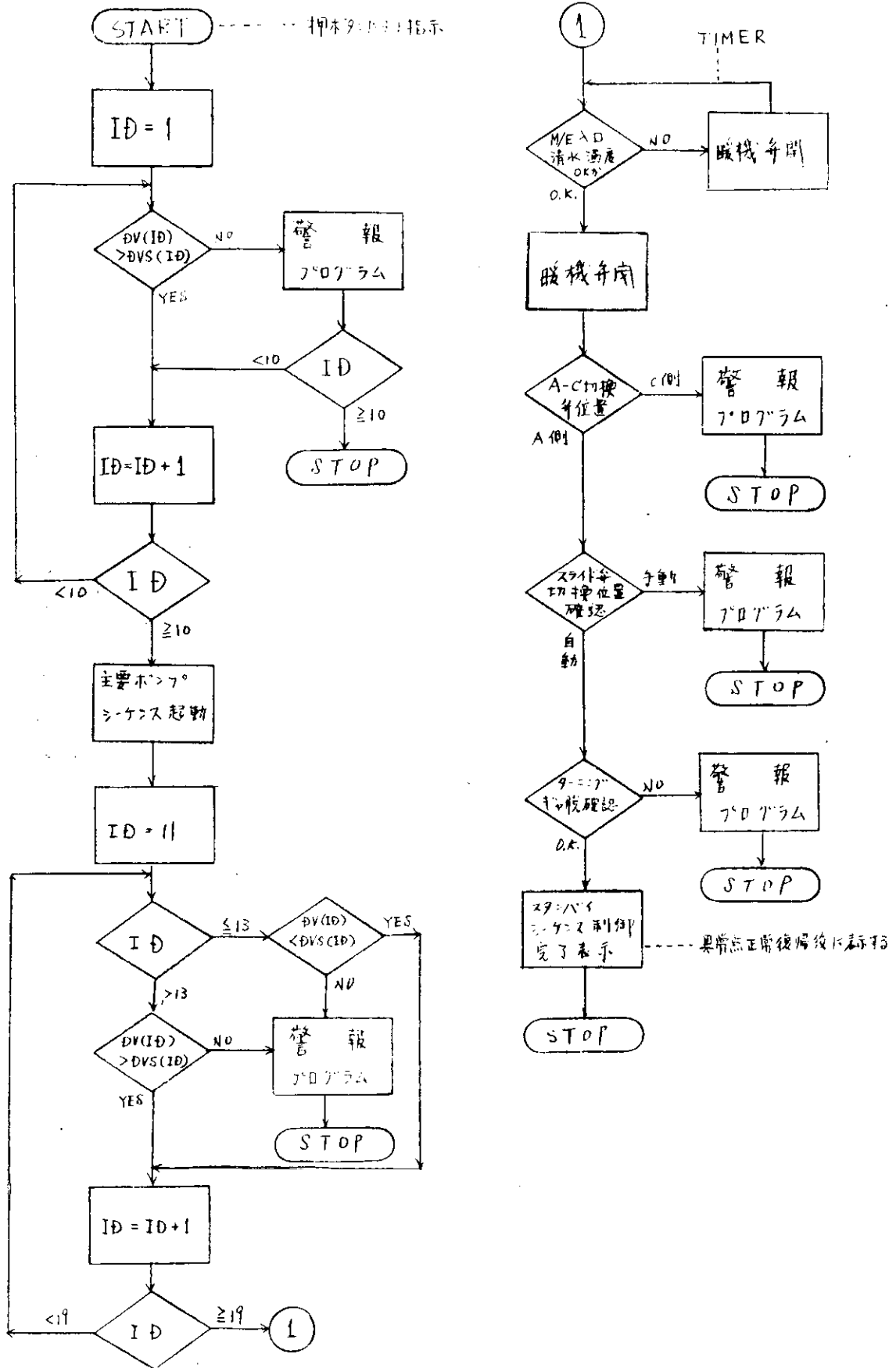


第 1.1. b 図 機関部制御システムプログラムームー 2

1.3.2 オペレーションコントロールシステム

つきに個々のオペレーションコントロールについて概要を述べる。

(1) スタンバイシーケンス制御 (第 1.2 図)



第 1.2 図 スタンバイシーケンス制御

主機起動に必要なタンクのレベルをチェックの上燃料供給ポンプ、燃料弁冷却ポンプを除いた主機関係の補機および船尾管潤滑油ポンプを起動する。起動指令されたポンプは出口圧力により起動を確認する。つぎに冷却清水温度を検知し、必要なら加熱蒸気弁を閉閉して、温度調整を行なう。(主機暖機)暖機が完了すればあるいは緊急の場合は、暖機未完了の状態でも燃料油供給ポンプおよび燃料弁冷却ポンプを起動して、起動空気槽圧力、起動空気元弁開閉、ターニングギア嵌脱等の確認を行ない、異常なければスタンバイ完了のランプ表示を行なう。

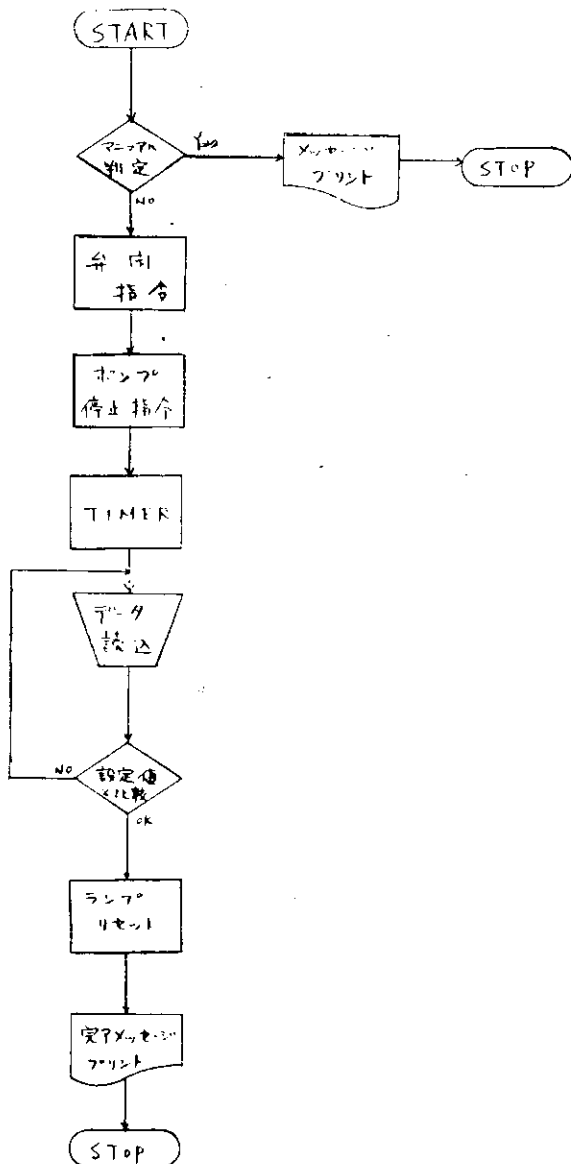
(2) ファイニッシュドワイズエンジン制御(第1.3図)

スタンバイシーケンスを途中で中止した場合、または、「ファイニッシュドワイズエンジン」の状態になったとき、この制御のボタンを押し主機関係補機および船尾管潤滑油ポンプを停止させる。

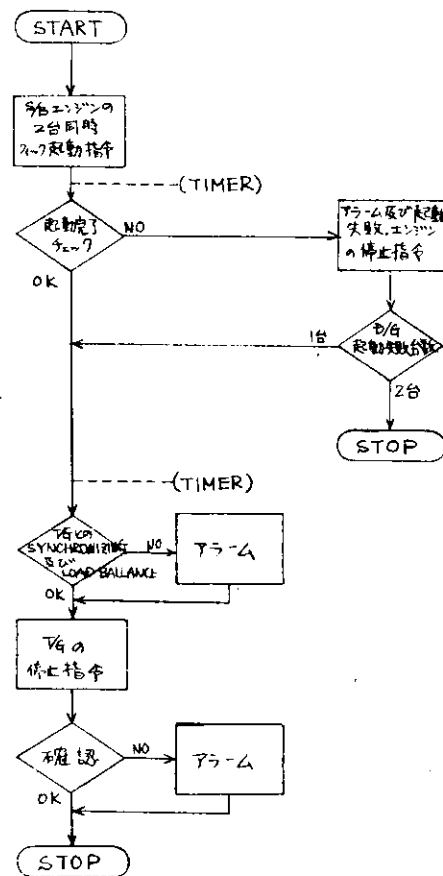
(3) 主機危急減速制御

主機の危急減速は、監視システムによりつぎの異常項目を検出した場合、主機減速プログラムをコールし、主機の回転数40RPM以上を確認して保護装置に減速指令を出す。

- a. 冷却潜水各シリンダ出口温度上昇
- b. ピストン冷却油各シリンダ出口温度上昇



第1.3図 ファイニッシュドワイズエンジン制御



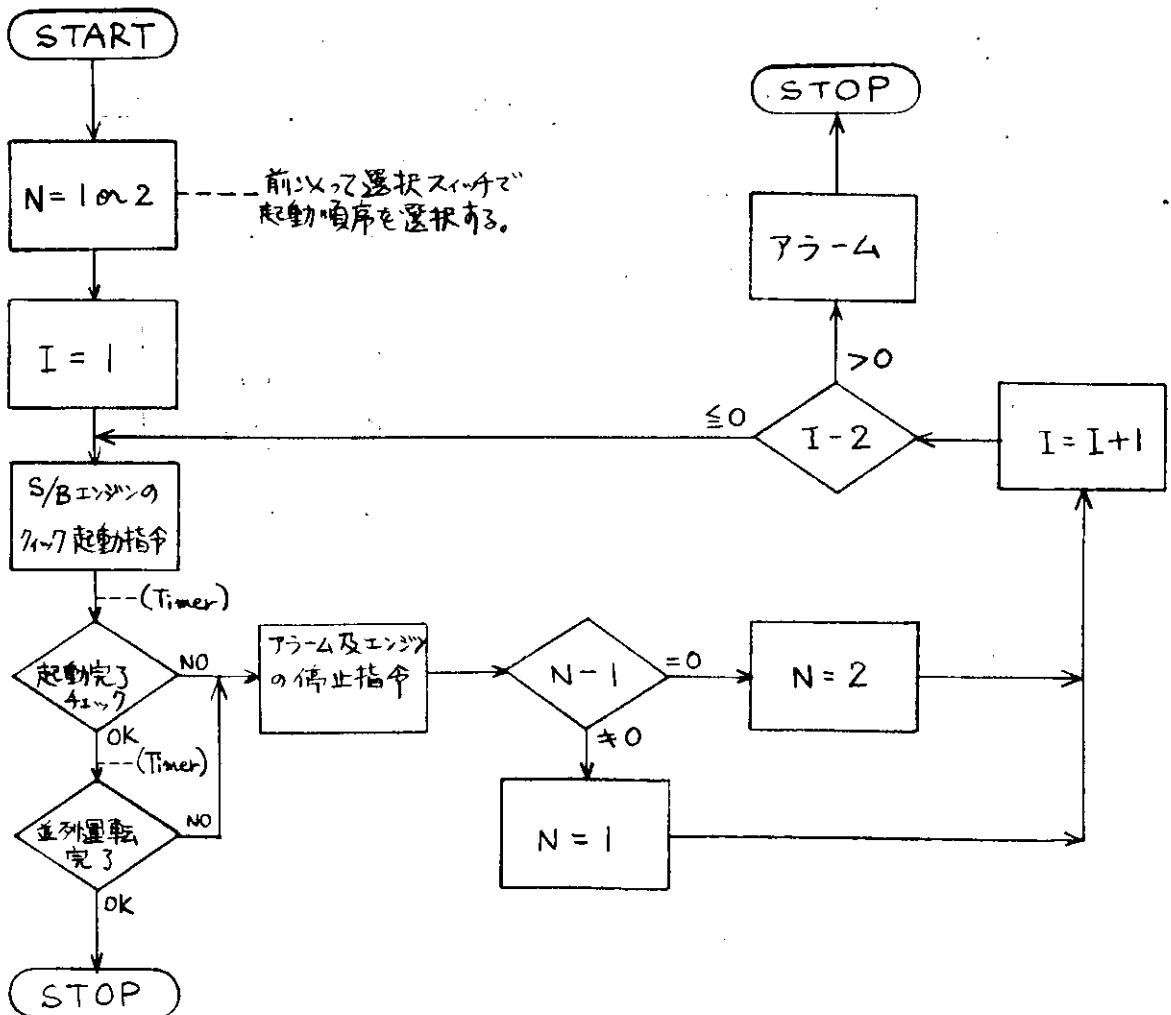
第1.4図 発電装置の異常処理制御 D/G への自動切換え

- c. 排ガス各シリンダ出口温度上昇
- d. 推力軸受温度上昇
- e. 主軸受潤滑油圧力低下
- f. カム軸潤滑油圧力低下
- g. 過給機潤滑油圧力低下
- h. 燃料弁冷却油圧力低下
- i. 冷却清水圧力低下
- j. ガバナ増幅油圧力低下
- k. 操縦装置用制御空気圧力低下

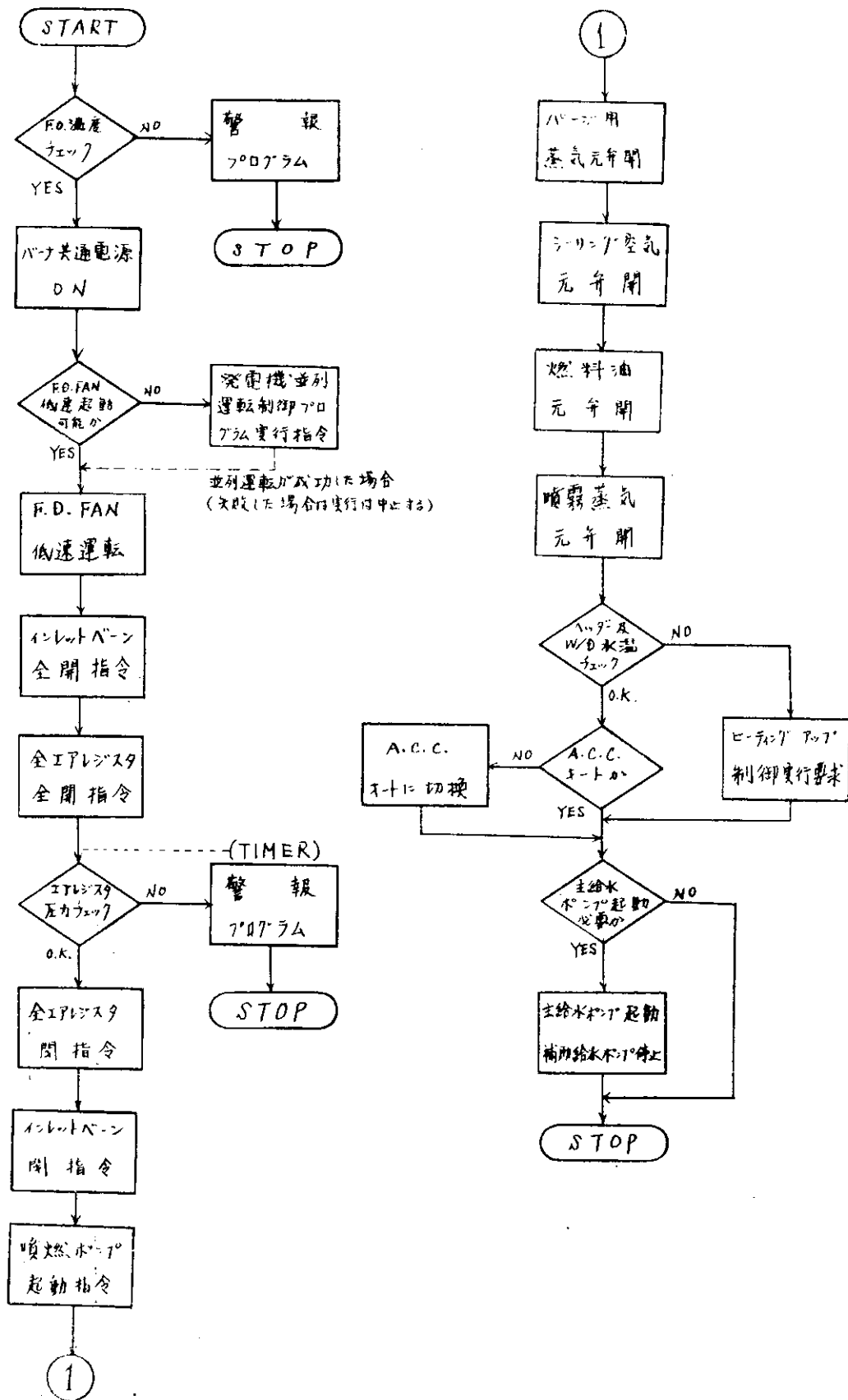
(4) 発電機切換制御 (第 1.4 図)

ターボ発電機のつぎの項目に異常が検知された場合は、異常発生がタービンの損傷につながる可能性のあるものとして速やかにディーゼル発電機の起動を行ない、ターボ発電機を停止させる。ディーゼル発電機の起動シーケンス、停止シーケンス、同期調整および負荷分担は、従来のリレー装置により行ない、コンピュータからは、起動、停止の指令のみである。

- a. タービン排圧
- b. 軸受温度
- c. 潤滑油圧力



第 1.5 図 発電装置の異常処理制御、D/G との並列運転制御



第 1.6 図 ボイラ始動制御

d. 電 圧

e. タービンケーシング振動

(5) 発電機並列運転制御(第 1.5 図)

異常発生がつきのような発電機の過負荷またはタービン駆動蒸気の不足による項目である場合、あるいは主空気圧縮機、ボイラ送風機等起動時、予め電力チェックを行なつて、電力不足が予想される場合は、スタンバイディーゼル発電機の並列運転を行なわしめる。

a. 入口蒸気圧力

b. 蒸気加減弁全開

c. 電 流

なお、ディーゼル発電機が並列運転の状態、空気圧縮機などの自動停止により電力に余裕が生じたときは、ディーゼル発電機の停止を行なう。

(6) ボイラ始動制御(第 1.6 図)

コンソールの押ボタンによりスタートし、噴然ポンプ起動、燃料油温チェック、送風機起動、プリパージ等の後、ベースバーナに点火し、水ドラム、ヘツダ水温を検知して、規定値に達していないときはヒータイングアップ制御をコールする。ヒータイングが完了している場合は、A C C 弁に与えていた擬似信号は解除され A C C マスターコントローラからの信号に切換え始動制御完了とする。

(7) ボイラ停止制御(第 1.7 図)

コンソールの押ボタンによりスタートし、各バーナの消火を行なうとともに給水ポンプから補助給水ポンプへの切換え、燃料遮断弁の閉、ポストパージ、送風機停止および補助蒸気弁の閉等の一連の停止操作を行なう。

(8) ボイラバーナ本数制御(第 1.8.a 図、第 1.8.b 図)

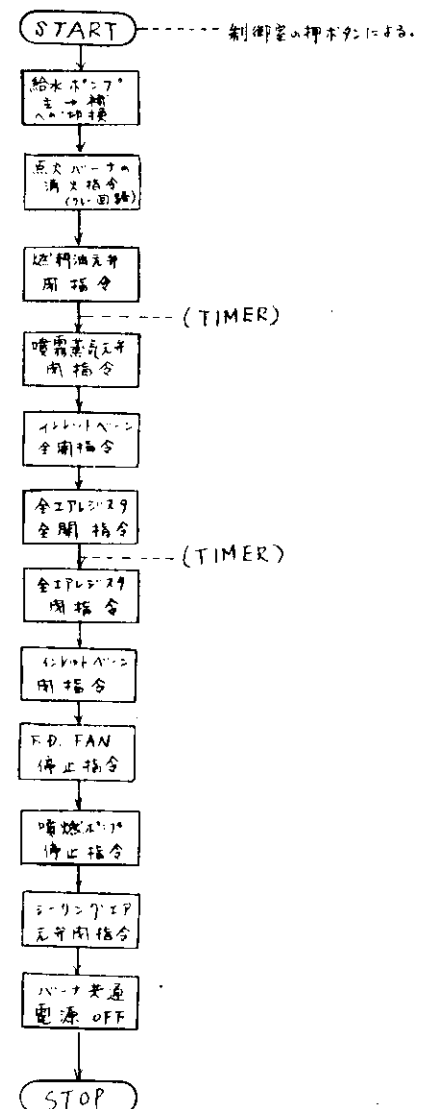
監視システムによるスキヤニングでバーナ前燃料油圧力および使用蒸気流量を検出し、ボイラの負荷に応じたバーナ本数の選択を自動的に行ない点滅制御をする。このプログラムはスキヤニングから要求されたバーナ増減の指令に基づき送風路のバイパスダンプの開閉、送風機の高速、低速の切換、およびバーナの点火、消火を行なう。

(9) ヒータイングアップ制御(第 1.9 図)

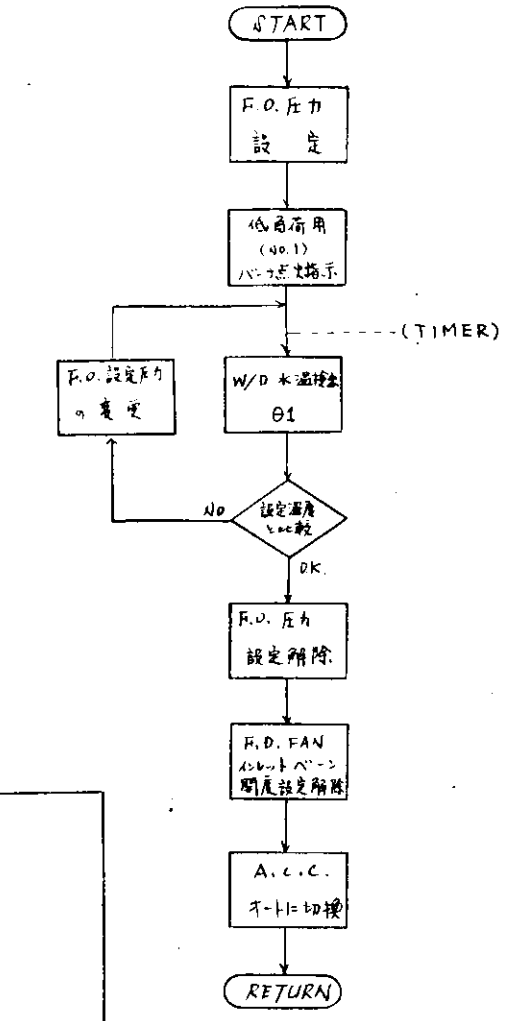
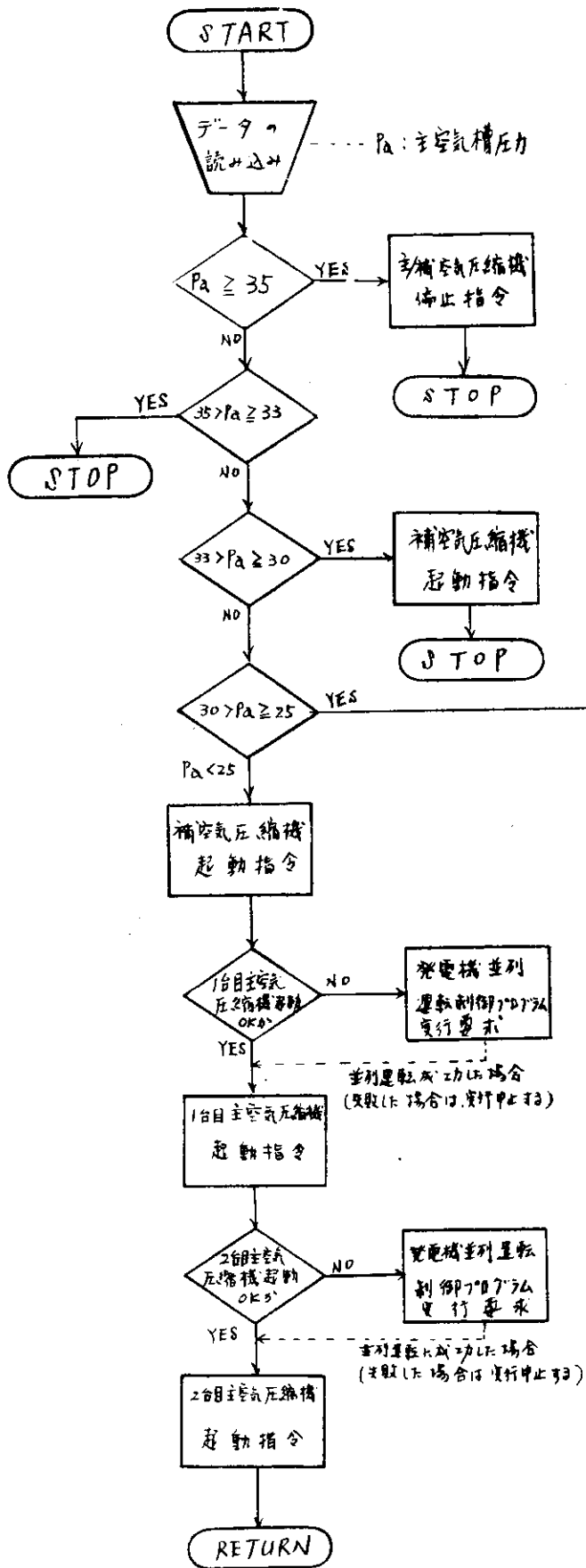
ベースバーナに点火された後、水ドラム水温、ヘツダ水温を検知して規定値に達していない場合は、5種類の減圧空気信号を A C C 弁に与えて、バーナ燃焼の強弱を変更しながら、水ドラム、ヘツダの水温が規定値になるまで行なう。規定値に達すると A C C 弁に与えていた擬似信号は解除され、A C C マスターコントローラからの信号に切換える。

(10) 圧縮空気制御(第 1.10 図)

監視システムによつて監視されている圧縮空気槽の圧力の変動により補助空気圧縮機のみ起動するか、さらに主空気圧縮機も起動するかあるいは起動した圧縮機を停止させるか等の制御を行なう。主空気圧縮機を起動するに際しては予め電力チェックを行ない起動するに十分な余裕がない場合は、発電機並列運転プログラムをコールし、必要な電力を獲得した後、主空気圧縮機の起動を行なう。



第 1.7 図 ボイラ停止制御



第 1.9 図 ヒーティングアップ制御プログラム

第 1.10 図 空気圧縮機発停制御

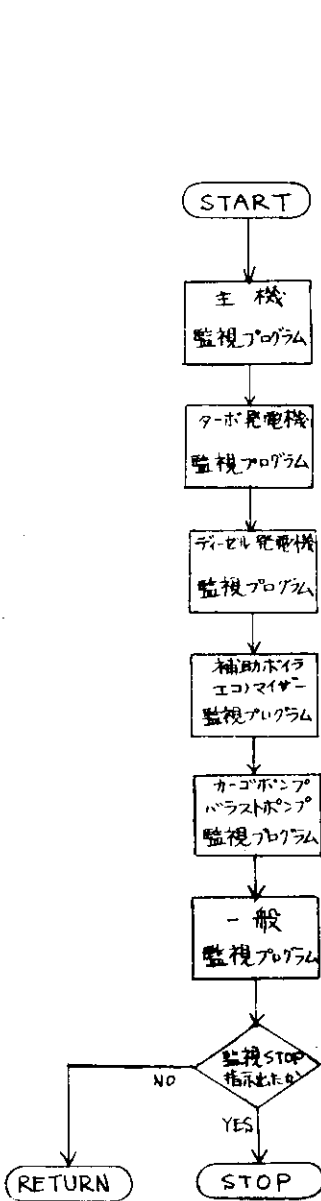
1.3.3 監視システム

(I) スキャニング制御 (第 1.1.1.a 図)

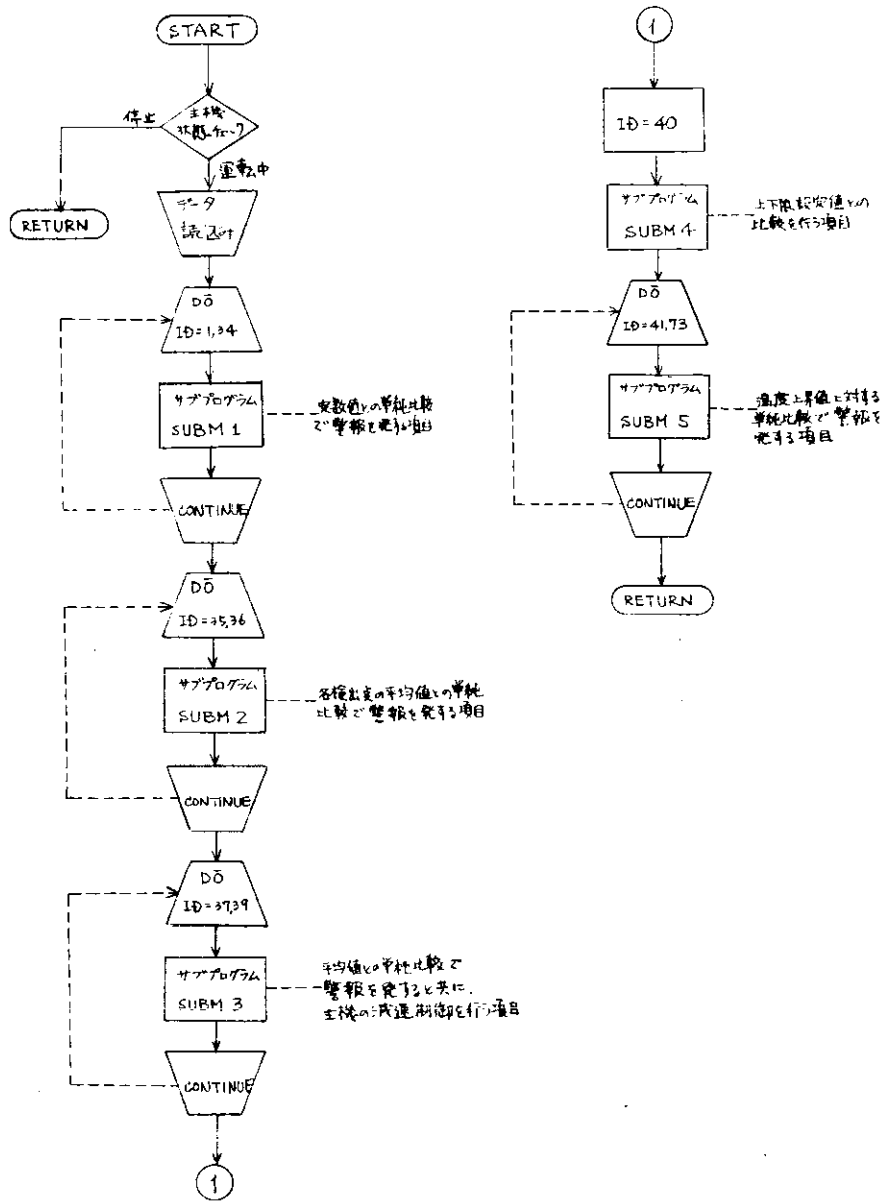
スキャニングは、つぎの6グループに分けて行ない、運転していない場合は、グループごとにレストを行なう。

- a. 主機グループ (第 1.1.1.b 図、第 1.1.1.c 図、第 1.1.1.d 図)
- b. ターボ発電機グループ (第 1.1.1.e 図、第 1.1.1.f 図、第 1.1.1.g 図、第 1.1.1.h 図)
- c. ディーゼル発電機グループ (第 1.1.1.i 図)
- d. 補助ボイラグループ (第 1.1.1.j 図、第 1.1.1.k 図)
- e. 荷役制御グループ
- f. 一般監視グループ (圧縮空気、復水系統、その他) (第 1.1.1.l 図)

スキャニング周期は、6秒間隔および5分間隔の2種類に分け、主として圧力関係を6秒周期に温度関係を5分周期に割り当てる。

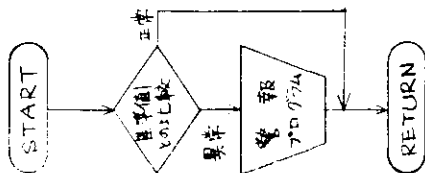


第 1.1.1.a 図 機関部監視主プログラム

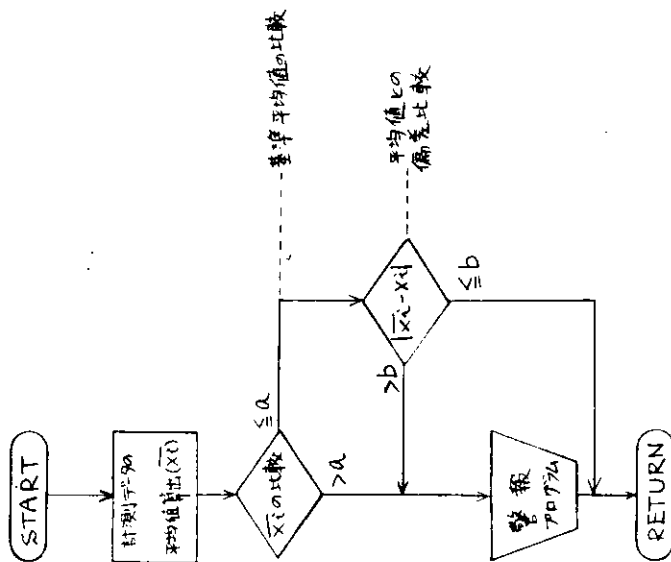


第 1.1.1.b 図 主機監視プログラム

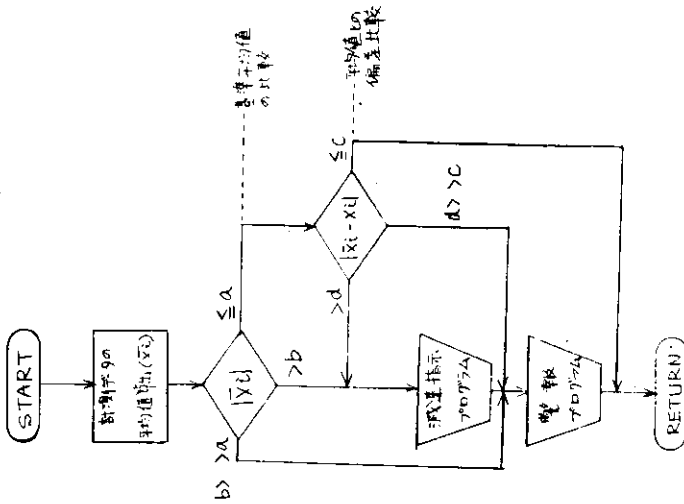
サブプログラム
SUBM 1



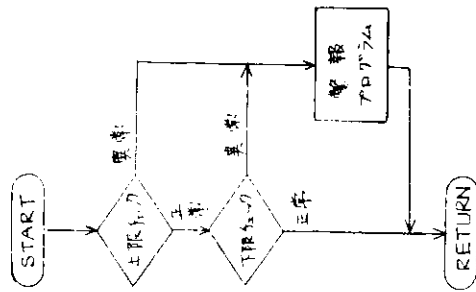
サブプログラム
SUBM 2



サブプログラム
SUBM 3



サブプログラム
SUBM 4

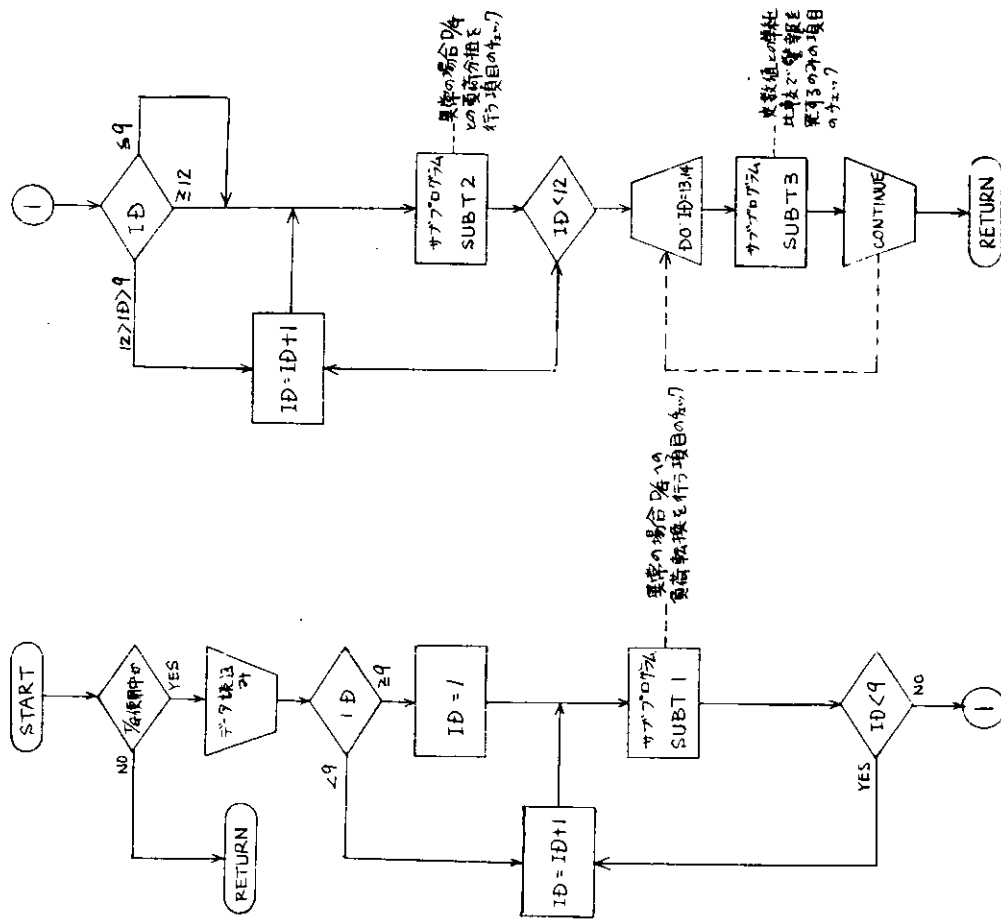


サブプログラム
SUBM 5

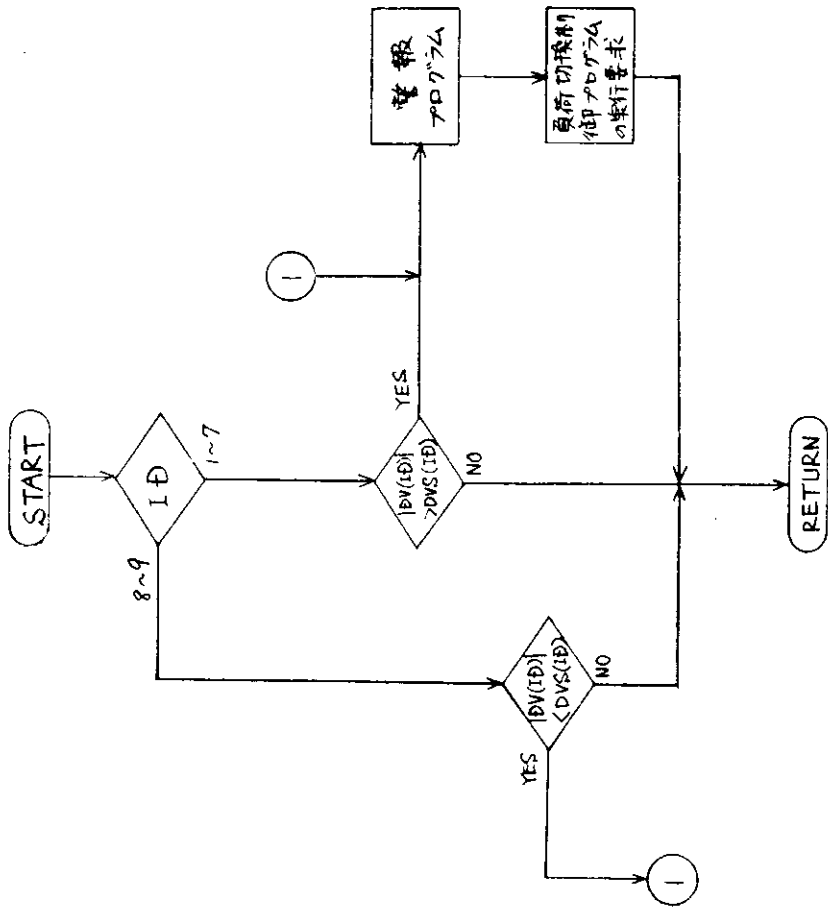


第 1.1 1.c 図 主機監視プログラム
サブプログラム SUBM 1、2

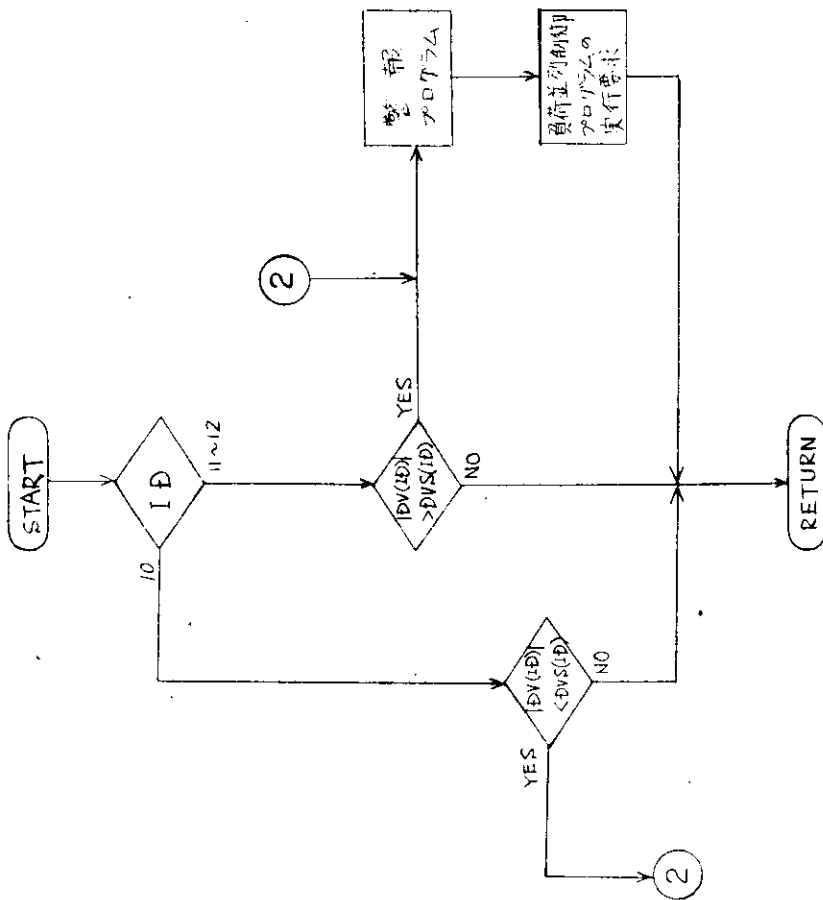
第 1.1 1.d 図 主機監視プログラム
サブプログラム SUBM 3、4、5



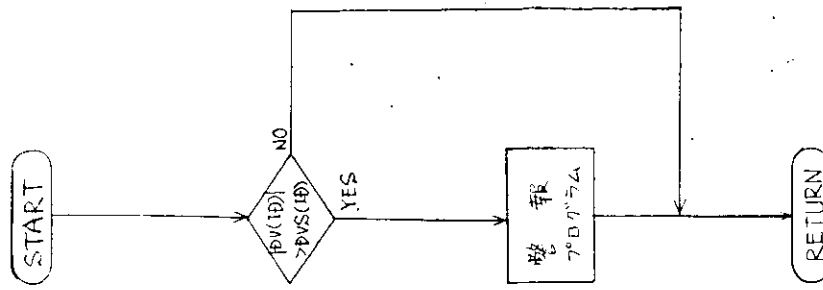
第 1.1.1.e 図 ターボ発電機監視プログラム



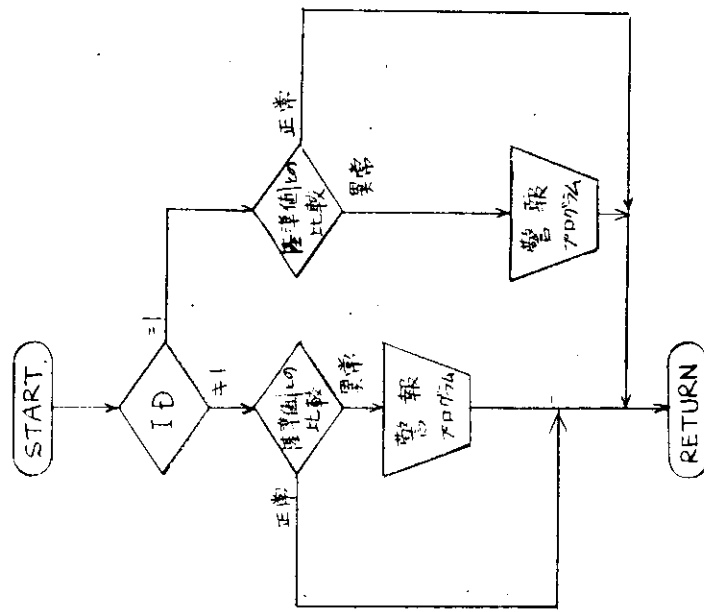
第 1.1.1.f 図 サブプログラム SUBT 1



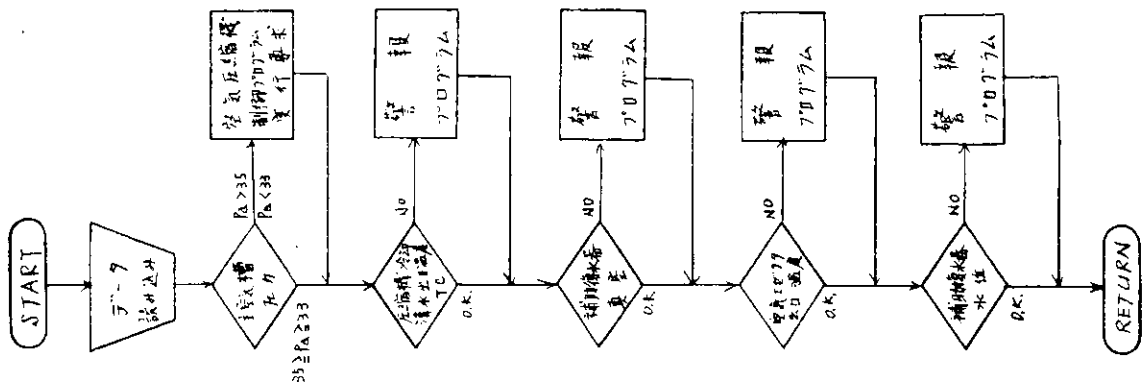
第 1.1.1.8 図 サブプログラム SUBT 2



第 1.1.1.9 図 サブプログラム SUBT 3



第 1.1.1.1.1 図 補助ボイラ監視プログラム
SUB B1



第 1.1.1.1.2 図 一般監視プログラム

(2) 主機起動時スキャニング(第 1.1 2 図)

主機リモート・コントロール装置には、自動再起動装置が付いているがこれが作動した上で、なおかつ起動に失敗した場合、その原因追求の要に供するため、機関回転数、ポンプマークおよび起動空気圧力の時間的な変化の様相をプリント・アウトするために行なうもので、着火ミス 3 回まで、1 回の着火ミスに対しては約 6 秒間の範囲内で所定項目の監視を行ない、メモリさせる。

(3) 異常処理

スキャニングによつて検知された異常項目に対して、つぎのような処理を行なう。

a. ブラントを安全に保つための処置

これは、異常診断の結果スキャニングプログラムで必要な処置を決定し、オペレーション・コントロールシステムに要求を出すものでつぎのものを含む。

- (a) 主機減速制御
- (b) 発電機切換制御
- (c) 発電機並列運転制御
- (d) 起動空気圧縮機制御
- (e) 荷油ポンプ、バラストポンプの減速、停止制御
- (f) ボイラ・バーナ本数制御

b. 警報表示

スキャニングにより検知された異常項目は、警報ブザーにより警報を発し、グラフィックパネル上の警報ランプに表示するとともに記録システムをコールし、異常のインフォメーションを行なう。異常点の正常復帰は、グラフィックパネル上の警報ランプ消灯およびタイプライタ印字により確認する。

1.3.4 保守・整備システム

(1) 性能変化情報(第 1.1 3 図)

機関の性能低下や熱交換器の効率低下等、その変化が急激に起らず徐々に進行するものは、それに対する処置としては応急的に行なわれるものでなく、あらかじめスケジュールに組み込んで比較的時間をかけて収集した保守整備データが必要である。本制御はスキャニングによつて得られた関連データをもとに性能変化の判別に適した数値に計算し、その数値を記憶装置にメモリさせる。データのメモリは少なくとも 1 日に最小 1 回とし、その指示は、オペレータコンソールの押ボタンにより行なう。このときオペレータコンソールにより、風向、風速、船速、ドラフトおよび波の高さを入力する。

メモリされたデータの取り出しは、押ボタンによりタイプライタから時間的な変化が読みとれるように打ち出させる。

処理項目はつぎの諸項目である。

a. 掃気冷却器の冷却効果

$$\text{温度効率} = \frac{(\text{掃気冷却器入口空気温度}) - (\text{出口空気温度})}{(\text{掃気冷却器入口空気温度}) - (\text{入口海水温度})}$$

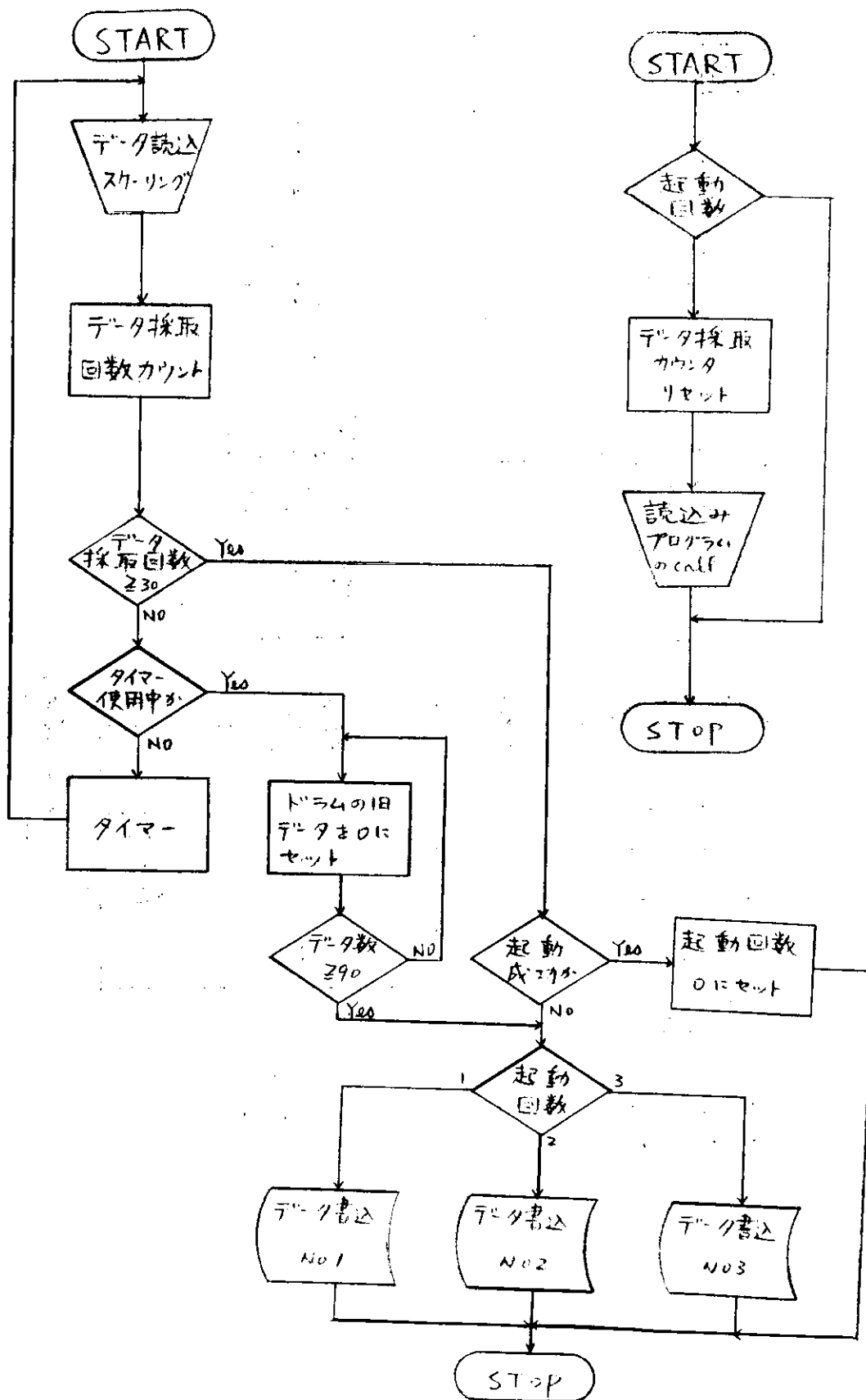
b. 船体抵抗の増加傾向

$$\text{増加率} = \frac{(\text{計測軸馬力})}{(\text{同一回転数で第 1 次往航時にて計測した軸馬力})}$$

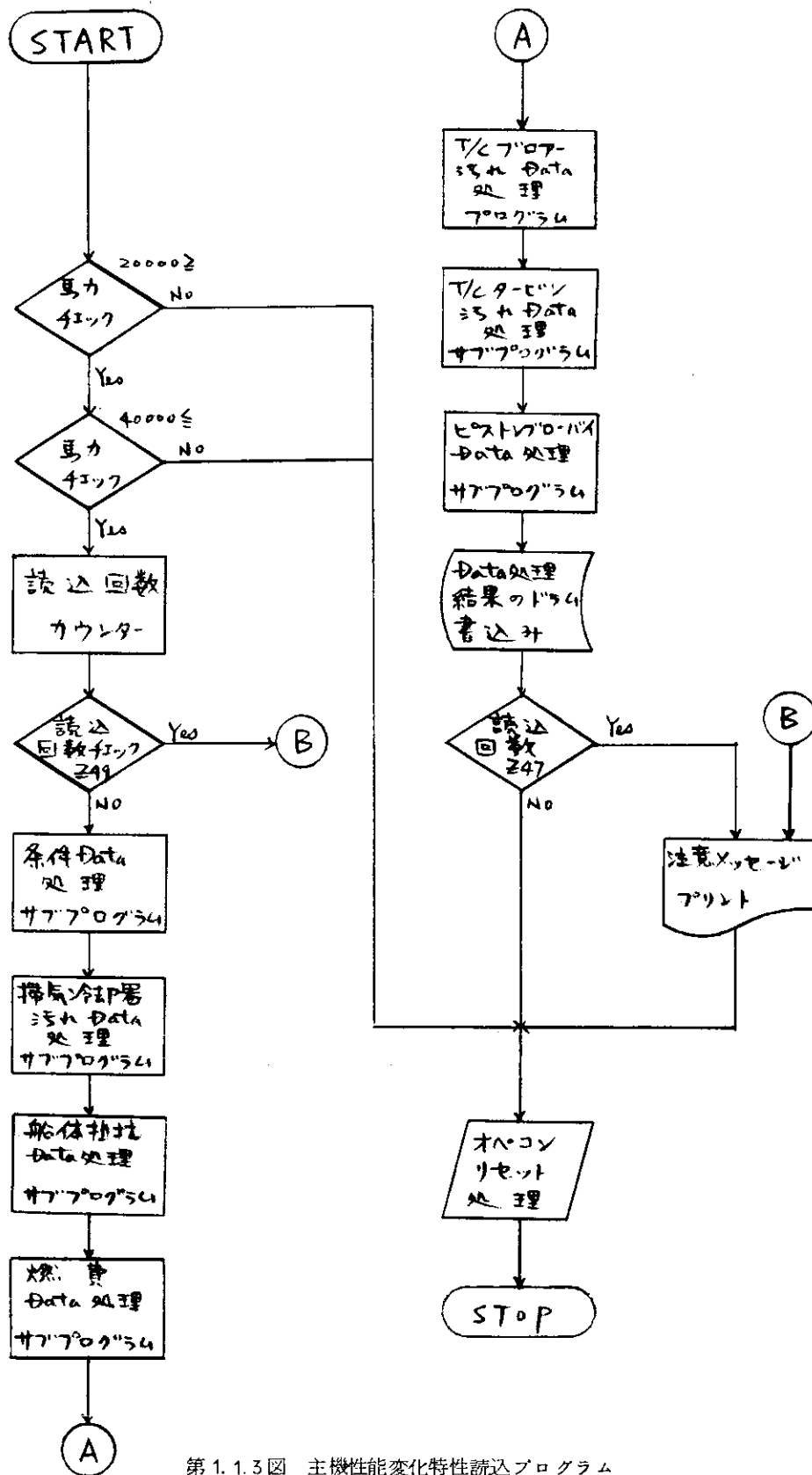
ただし、負荷状態、気象、海象等の諸条件を考慮する。

c. 燃料消費率の増加傾向

d. 過給機プロア側とタービン側の汚れの傾向



第 1.1 2 図 主機起動特性読込プログラム



第 1.1.3 図 主機性能変化特性読込プログラム

(a) 同一過給機回転数に対する掃気圧力の新造時との比較

$$\frac{\text{掃気圧力}}{\text{同一過給機回転数における新造時の掃気圧力}}$$

(b) 軸馬力に対する掃気圧力の変化

$$\frac{\text{掃気圧力}}{\text{軸馬力}}$$

(c) 同一軸馬力に対する過給機回転数および排気温度（大気温度、海水温度または掃気温度による補正を含む）の新造時との比較

$$\frac{\text{過給機回転数}}{\text{同一軸馬力における新造時の過給機回転数}}$$

$$\frac{\text{計測排気温度}}{\text{同一軸馬力における新造時の排気温度}}$$

6. ピストンのプロバイ傾向

同一軸馬力に対するシリンダライナ周囲温度の新造時の比較

$$\frac{\text{計測シリンダライナ周囲温度}}{\text{同一軸馬力における新造時のシリンダライナ周囲温度}}$$

1.3.6 記録システム

本システムには、2台のタイプライタを使用し、プリントアウトを行なう。No.1タイプライタは定時ロギング、任意ロギング性能変化情報のプリントに、No.2タイプライタは、スキヤニングより検知された異常項目、オペレーションコントロールシステムの各制御中に異常が発生したときのメッセージ印字項目あるいは、起動ミス時の3データの時間的な変化のプロットに使用する。

(1) 定時記録

スキヤニングによつて得られた監視項目のデータを定められた時間ごとにタイプライタによりログシートに記録する。記録時間の設定は、制御室内の時間設定切換スイッチにより3.0分ごと、1時間ごと、4時間ごとのいずれかに設定する。異常点は赤色記録、正常点は黒色記録となる。

(2) 任意記録

オペレータ・コントロール上に設けられた呼び出しボタンにより任意の時間に、定時記録と全く同じプリントアウトを行なう。

(3) 異常記録

スキヤニングで検知された異常点およびオペレーションコントロールシステムの各制御中に発生した異常は、それぞれつぎの項目についてプリントアウトする。

a. スキヤニングで検知された異常点

シンボル、日時、チャネルNO、メッセージ、異常値等

b. オペレーションコントロール中に検知した異常

シンボル、日時、コントロールプログラム名、メッセージ等

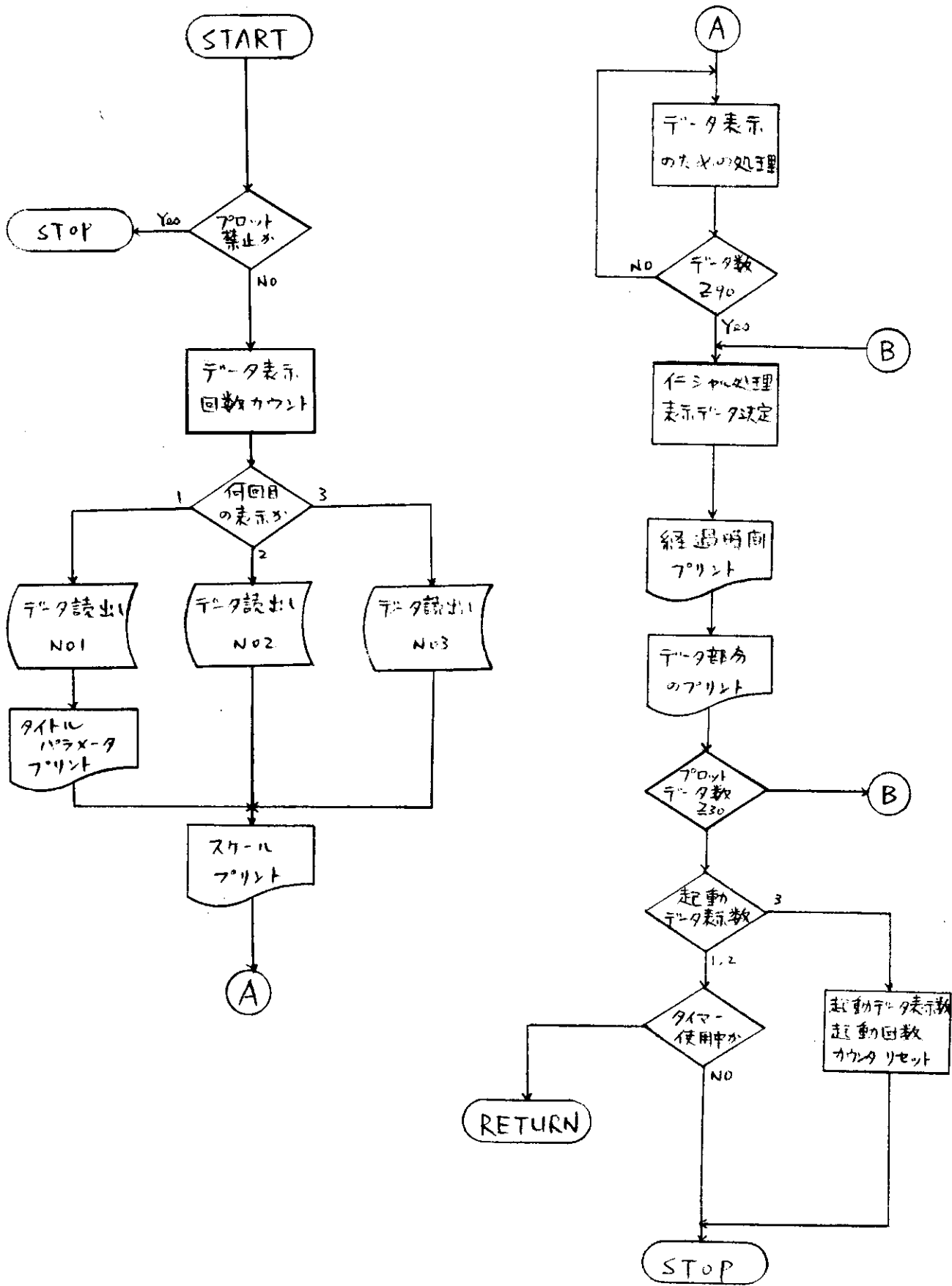
なお、プリントアウトは赤字印字とし、前者に関しては正常復帰時黒字印字を行なう。

(4) 主機起動ミス時データ表示（第1.1.4図）

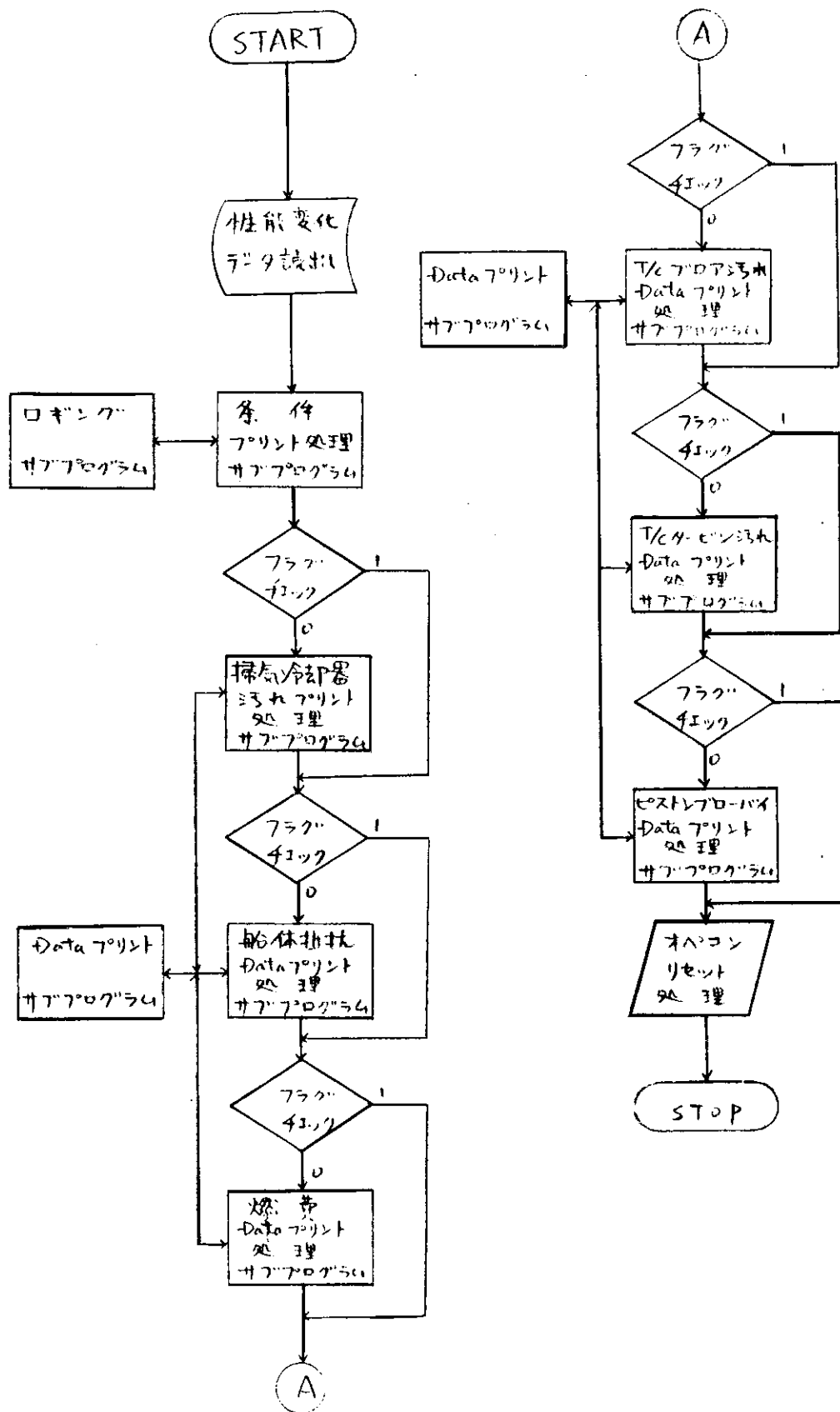
監視システムにより主機起動時収集した主機間回転数、ポンプマーク起動空気圧の3データを、起動ミスを3回くり返すと自動的にタイプライタによりプロットする。

(5) 性能変化情報表示（第1.1.5図）

メモリされた性能変化情報はオペレータが押しボタンにより要求すると、定時記録用タイプライタで時間的な変化をグラフ表示する。



第 1.1 4 図 主機起動特性プロットプログラム



第 1.1 5 図 主機性能変化特性プロットプログラム

1.3.6 コンピュータ構成

本システムは、コンピュータ・ルームに配置された1台のコンピュータにより集中コントロールされる。以下コンピュータシステムの仕様と構成図およびプロセス入出力点を示す。

(1) 中央演算処理装置

記憶容量 : 約 16,000 語

(2) 補助記憶装置

記憶容量 : 約 130,000 語

(3) 周辺装置

a. 入出力タイプライタ 1台

紙テープ使用

動作速度 10字/秒

b. ロギングタイプライタ 2台

印字速度 15字/秒

(4) プロセス入出力装置

a. アナログ入力

測温抵抗体 0~200℃、0~600℃

電圧入力 0~25mV、-5~5V、0~5V

電流入力 0~10mA、2~10mA、4~20mA

b. デジタル入力

割込入力 接点

パルス入力 接点

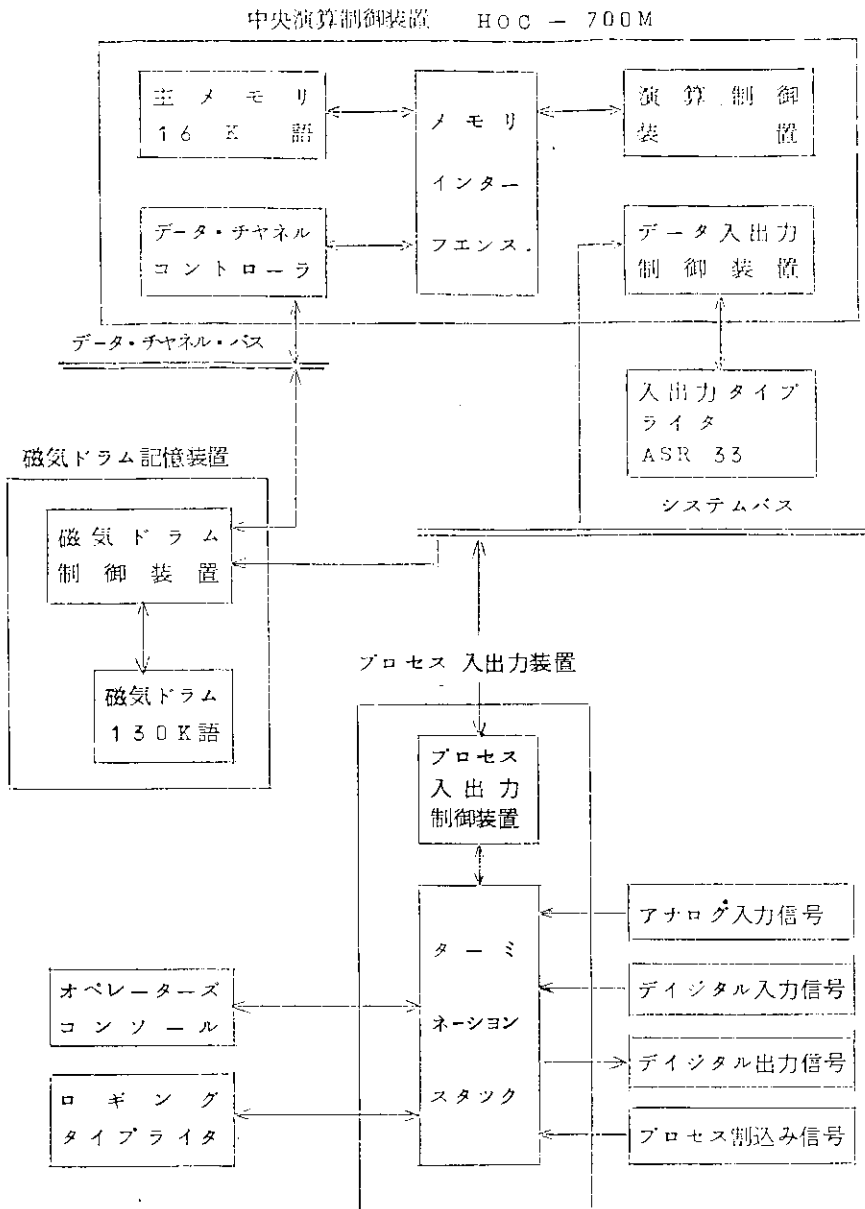
状態入力 接点

c. デジタル出力

デジタル出力 接点(ホールド)

接点(シングル)

(5) コンピュータシステム構成図



(6) プロセス入出力点

a. 検出項目

主 機

- 圧 力 軸受カム軸過給機等潤滑油、燃料油、燃料弁冷却油、冷却清水、冷却海水、潤滑油海水とし器差圧、起動空気、ガバナ増幅油圧、スピードコントロール空気圧等
- 温 度 各種潤滑油、冷却清水海水、掃気、燃料油、燃料弁冷却油、空気冷却器空気海水、排ガス、シリンダライナ、推力軸受、中間軸受等
- 流 量 ピストン冷却油、シリンダ注油等
- 回転数 主軸、過給機等
- その他 燃料ポンプマーク、軸馬力、クランクケースオイルミスト、ファイアディテクタ、過給機振動等

ディーゼル発電機

- 圧 力 潤滑油、冷却水等

温度	潤滑油、冷却水、排ガス等
その他	回転数、電圧、周波数等
ターボ発電機	
圧力	蒸気、排気、潤滑油等
温度	蒸気、軸受、潤滑油等
その他	回転数等
ボイラ	
圧力	主給水、補給水、蒸気、燃料油等
温度	排ガス、燃料油、主給水、水ドラム、ヘツダ等
その他	ドラム液面、蒸気流量等
その他	
復水給水系統、	圧力、温度、液面等
圧縮空気	圧力、温度等
海水温度、	機関室温度等

b. アナログ入力

2～10 mA	40点
4～20 mA	5点
-5～5 V	10点
0～5 V	130点
合計	185点

c. デジタル入力

デジタル状態接点入力	140点
デジタル接点割込入力	30点
合計	170点

d. デジタル出力

デジタルホールド出力	130点
デジタルシングルショット出力	170点

e. スキャニング周期

6秒周期	85点 (アナログのみ)
5分周期	100点 (アナログのみ)

1.4 陸上模擬試験

1.3項にて開発した実用ソフトウェアは、実船搭載に先だつてつぎの要領で陸上テストを行なつた。

- (1) 模擬入出力パネル(ポテンシオメータ、スイッチ、ランプ等を含む)を製作した。(詳細(6)項参照)
- (2) 上記パネルを使用して、コーディングしたプログラムをオンラインでテストし、ロジックの確認を行なつた。
- (3) テストはアナログ入力、デジタル入力をそれぞれポテンシオメータ、スイッチで与え、デジタル出力をランプにて表示するとともにタイプライタにて適宜プリントアウトを行なつた。
- (4) 各入力人間が与えるため、実際のプラントの動作と違ってくる。すなわちダイナミックな特性はこの入出力パネルによつては、確認できないため、船内テストでのデバッグによつて確認した。
- (5) テストは、個々のプログラムのロジックならびにできる範囲内で相互プラントの関連性についても確認を行なつた。

(6) 入出力模擬パネル

a. アナログ入力

- (a) High level 16点 0～+5V
- (b) Low level 16点 0～+50mV

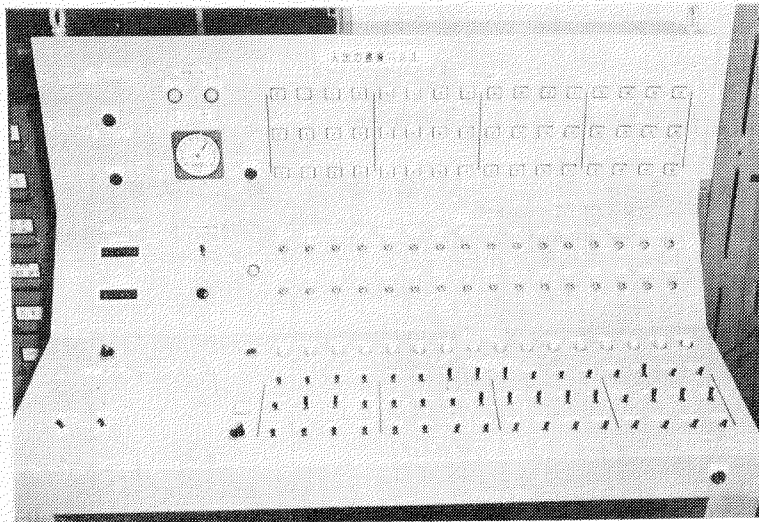
b. デジタル入力

- (a) 設定釦 16×3 トグルスイッチ接点
- (b) 設定ダイヤル 10進 6桁×2
BCD 型式でデジタル入力(接点渡し)

c. プロセスインタラプト 設定盤 16点

d. デジタル出力 ECO 出力表示灯 16×3

e. 直流電圧計 切替スイッチにより任意のアナログ入力の電圧測定可能



1.5 実船試験

陸上でのデバッグを終了したプログラムはつぎの要領にて実船試験を行なった。実船条件のもとで個々のプログラムの確実な作動ならびに各プログラム間の有機的な結合をテストし、本プラントの全制御システムの満足なコントロールを確認した。

- (1) オペレーションコントロールシステムについては、各プログラムを押ボタンによりコールして実行させた。機器が所定の動作をし、所定のプリントあるいはランプ表示をして制御が完了するのを確認した。
- (2) 監視システムに関しては、個々の監視項目について故意に異常を発生させたいが、実際に困難な場合は、オペレータコンソールより異常の模擬値を入力してやり、これをスキヤニングに検知させて異常表示(ランプ、プリント)の確認を行なうとともに、ある項目については、オペレーションコントロール・システムの各プログラムをコールして、必要な異常処理を行ない、プラントを正常に安全に保持することを確認した。
- (3) 保守整備システムに関しては、陸上で十分テストすれば問題ないが船内にて、少ないデータで再度プロットを行なった。
- (4) 記録システムについても定時記録、任意記録あるいは各制御におけるプリントアウトをチェックした。

以上、各制御システムのテストを通してつぎの諸項目を中心に各機器の動作とプログラムのマッチングについて検討した。

a. 各検出端、操作端の動作特性の把握

- b. タイマ間隔、設定値等の良否
- c. 各ブランドの動特性の確認
- d. コンピュータモードからバックアップモードおよびマニュアルモードへの正確な切替あるいはその逆切替
- e. 人間工学的見地より見たコンピュータシステムのオペレーション方式の良否

これらのテストは艤装工事中、各機器の完成時点において実施し、さらに艤装工事完了後も本船係留時、回航時、海上公試時、港湾内投錨時等できるだけ機会を捉えて繰り返し、テストを実施した。たとえば、回航時海上公試時においては航海時および出入港時に使用されるソフトウェアのすべてに関する多量処理が設計どおり行なわれること、ならびに機器の動作も円滑に行なわれることを確認した。

特に海上公試においてはコンピュータ制御モードでの“M0”試験をスケジュールに組み入れ実施し、良好な結果を得た。また本船はコンピュータ制御モードでの荷役作業の自動化もとり入れており、45年12月から46年1月にかけて、千葉沖にて荷役システムの総合テストを行なつたが、これと同時に碇泊時に使用されるディーゼル・ブランドリフトウェアの総合テストを実施し、制御動作がほぼ完全に行なわれることを確認した。

第1.2表に実船テスト実施経過を示す。

第1.2表 実船テスト実施経過

実船テスト実施区分 ソフトウェア種別	係留時 10/下~12/上 12/下~1/中	回航時 12/中	海上公試時 12/下	港内投錨時 12/中、12/下、1/中
1.オペレーション・コントロール・システム				
a. スタンバイ・シーケンス制御	○	○	○	
b. ファイニッシュ・ウイズ・エンジン制御	○	○	○	
c. 主機減速制御		○	○	
d. 発電機切替制御	○	○	○	○
e. 発電機並列運転制御	○	○	○	○
f. ボイラ始動制御	○	○	○	○
g. ボイラバーナ本数制御	○	○	○	○
h. ボイラ・ヒーティングアップ制御	○	○	○	○
i. ボイラ停止制御	○	○	○	
j. 圧縮空気制御	○	○	○	○
2.監視システム				
a. 6秒周期スキヤニング	○	○	○	○
b. 5分周期スキヤニング	○	○	○	○
c. 主機起動時データ読込		○	○	
3.保守整備システム		○	○	
4.記録システム				
a. 異常メッセージ	○	○	○	○
b. 異常点プリント		○	○	○
c. 起動時データ・プロット		○	○	
d. 性能変化情報プロット		○	○	
e. ログシートプリント	○	○	○	○

2. 燃焼室内圧力検出方式の実験的研究

2.1 緒言

ディーゼル船機関部の高度集中制御システムにおける主機関の監視および異常診断において、燃焼状態の異常を判定するためには、燃焼室内最高圧力および圧縮圧力を監視しなければならない。すなわち、ディーゼル機関においては負荷条件が一定であると燃焼による爆発圧力すなわち最高圧力と圧縮圧力との差がほぼ一定であるから、その差により異常燃焼を検知することができるが、そのためには最高圧力と同時に圧縮圧力も検知しなければならない。このような圧縮圧力を掃気圧力との関係から圧縮ポルトロープ指数を計算することによりピストンリングからのガス漏れを検知することができ、ピストンリングの折損あるいは摩耗を早期に発見することが可能である。さらに、このような圧力検出装置により任意のクランク角における圧力を検知することができれば、検出端をシリンダ注油孔付近に取り付け、2本のピストンリング間の圧力を検出することができ、これによつてもピストンリングの折損を検知することができる。

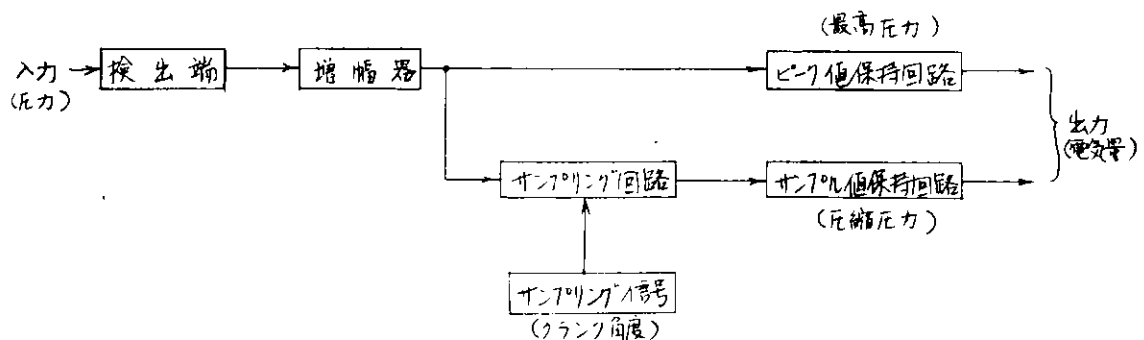
従来、このような任意のクランク角に対する圧力を検出するためには、オシログラムから圧力値を読み取るかまたは高速データ処理装置によるしかなく、多くの手間と大規模な装置が必要であつた。しかし、異常監視の立場から考えると、簡単な装置でこのような最高圧力、圧縮圧力および任意のクランク角に対する圧力が常時監視、記録または指示でき、必要に応じてそれらの圧力に相当する電気信号を計算機に供給できるようなものが必要である。

そこで、本研究では、それらの要求を満足するような圧力検出装置を試作し、その作動特性、性能および信頼性の確認試験を実験室および実船において実施し、船用機器として要求される性能、仕様の設定を行なう。また、船用機器においては、とくに耐久性が重要であるが、本研究においては短期間の経時変化についてのみ検討し、長期にわたる耐久試験については、46年度に引き続いて実施する。

2.2 圧力検出装置

2.2.1 装置の構成

試作した圧力検出装置は、機関の燃焼室内最高圧力および圧縮圧力の記録を目的とするもので、その構成は第2.1図



第2.1図 圧力検出装置の構成

に示すとおりである。すなわち検出端から送られる圧力信号は、増幅器により増幅されてピーク値保持回路およびサンプリング回路に導入される。ピーク値保持回路によつて最高圧力に相当する電気量が得られサンプリング回路に導かれた信号は、機関の上死点付近のクランク角度により与えられるサンプリング信号によつて上死点付近の圧力すなわち圧縮圧力をサンプリングし、これがサンプル値保持回路によつて保持され圧縮圧力に相当する電気出力が得られる。これらの出力を適当な記録器に導入することにより、最高圧力および圧縮圧力を記録することができる。また、これらの出力を計算機の入力としてそのまま用いることもできる。

2.2.2 装置の作動

試作した圧力検出装置の配置、配線、配管などの系統を第2.2図に、また、使用した機器を第2.1表に示す。本装置は、機関の3シリンダの最高圧力、圧縮圧力を計測記録するように製作されており、各シリンダ（たとえば1～3シリンダ）の圧力は、第2.2図に示すように、インジケータコックC、空気圧作動式遠隔操作弁RVを介して指圧計PGに伝えられ、これが電気量に変換されて動歪計SMに導びかれ、これが増幅されて最高圧力検知器MAXおよび圧縮圧力検知器COMPに導びかれる。最高圧力検知器MAXは前述のピーク値保持回路により構成されており、圧縮圧力検知

第2.1表 使用する機器一覧表

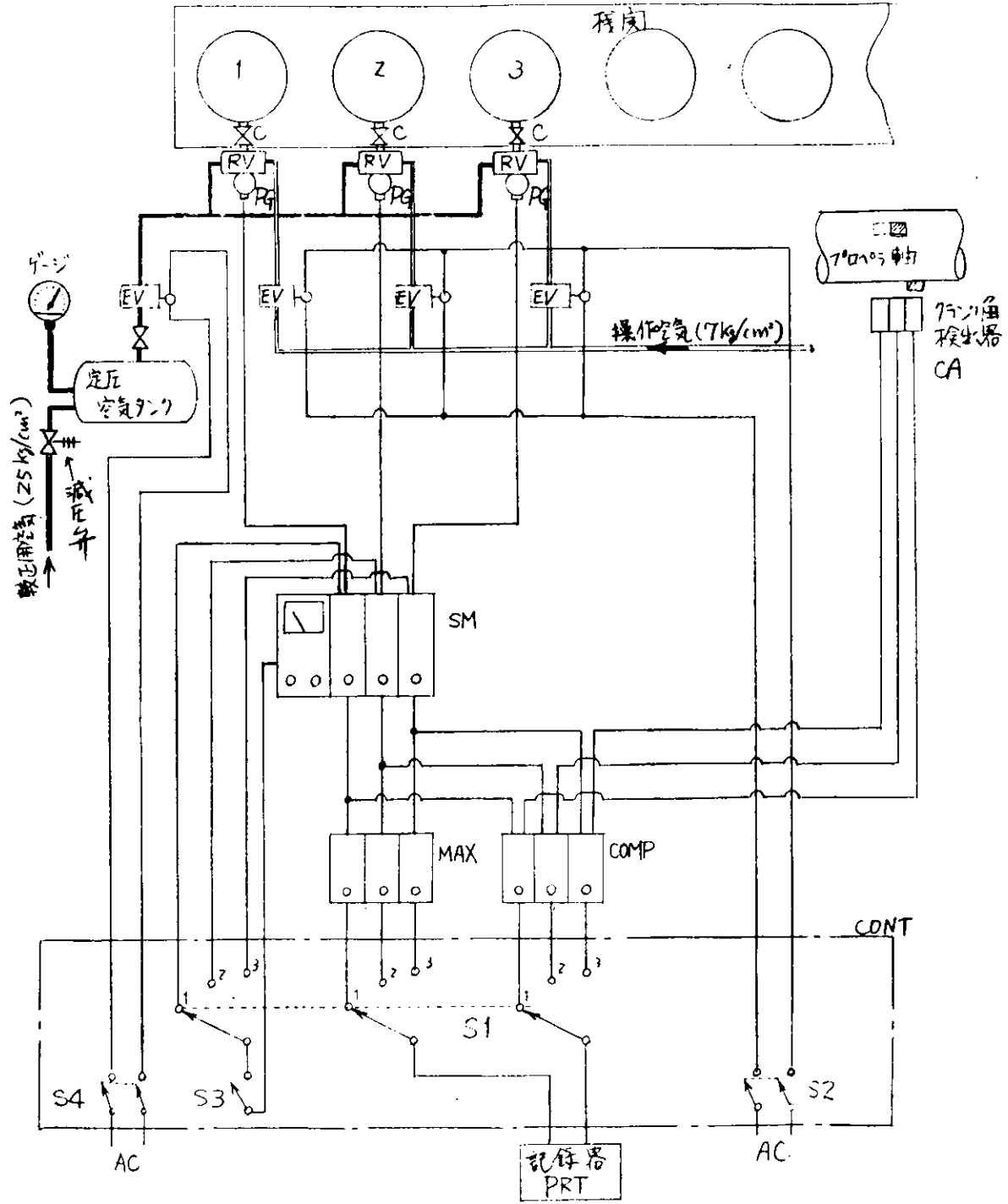
記号	名称	備考
PG	指圧計	共和電業製、抵抗線歪計式、PE200XJ型
RV	遠隔操作弁	長野計器製、空気圧作動式
EV	電磁弁	遠隔操作弁開閉、較正圧力導入用
SM	増幅器	共和電業製、動歪計、DPM-G型
MAX	最高圧力検知器	試作ピーク値保持回路
COMP	圧縮圧力検知器	試作サンプリング回路およびサンプル値保持回路
CA	クランク角検出器	サンプル信号発信器、フォトランジスタ式
S1	切換スイッチ	1～3シリンダ選択用
S2	スイッチ	遠隔操作弁開閉用電磁弁の開閉
S3	“	較正信号投入
S4	“	較正圧力導入用電磁弁の開閉
CONT	計測制御装置	計測較正の自動切換制御
PRT	記録器	打点記録計

器COMPはサンプリング回路およびサンプル値保持回路から構成されている。そして、サンプリング信号は、フォトランジスタの光軸をプロベラ軸に設けられた遮光板を横断させることによつて得られ、遮光板またはフォトランジスタの設置位置によりサンプリング時期を変更することができる。圧縮圧力を検出するためには、サンプリング時期として上死点前数度のクランク角度を選べばよい。大形機関の場合、上死点付近での圧力上昇率が小さいから、サンプリング時期として上死点前2～5度のクランク角度を選べばかなり精度よく圧縮圧力を検出することができる。なお、圧縮圧力検知器はそのサンプリング回路を切断（スイッチ操作による）すると最高圧力検知器と同じ作動をし、最高圧力を検知する。

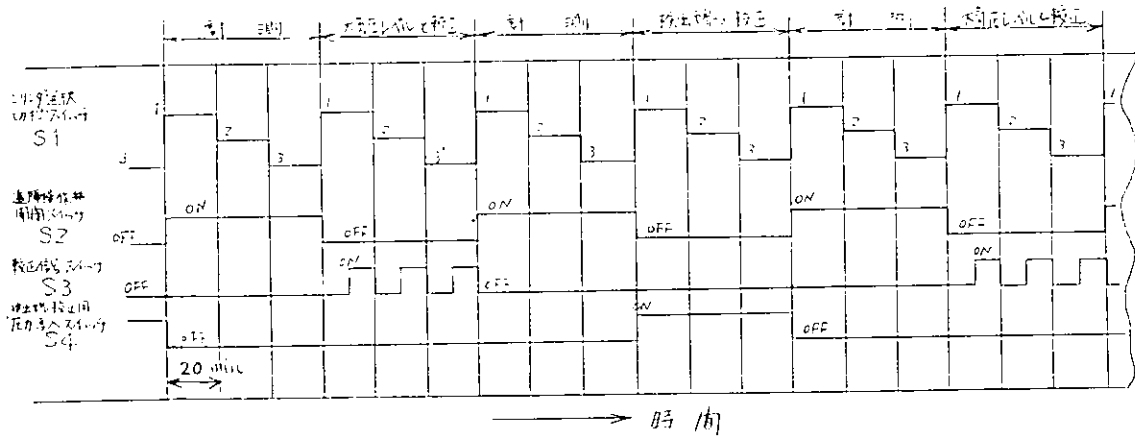
以上によつて最高圧力、圧縮圧力が検出されるが、その圧力値の記録、検出端および機器の較正を自動的に行なうよう制御するのが計測制御装置CONTであり、これによつてスイッチS1～S4などの開閉および切り換えが自動的に行なわれる。そこで、各スイッチの役割について述べると、まずスイッチS2を閉にすると電磁弁EVが開き遠隔操作弁RVに操作空気が加えられて、開弁し、指圧計PGに燃焼室内圧力が加えられる。このとき、切り換えスイッチS1を切り換えると各シリンダの最高圧力、圧縮圧力を選択記録することができる。ついで、スイッチS2を開にすると遠隔操作弁RVが閉じ、大気圧レベルが記録される。このとき、さらにスイッチS3を閉じると動歪計の較正信号が記録され、これによつて検出端を除いた装置全体の感度変化、時日の経過に伴う基線の移動状態が記録される。また、スイッチS2に開にしてスイッチS4を閉じると指圧計に較正用一定圧力が加えられ検出端の較正を行なうことができ、検出端の精度を監視することができる。

以上のようなスイッチS1～S4の操作を予め定められたたとえば第2.3図のようなタイムスケジュールによつて

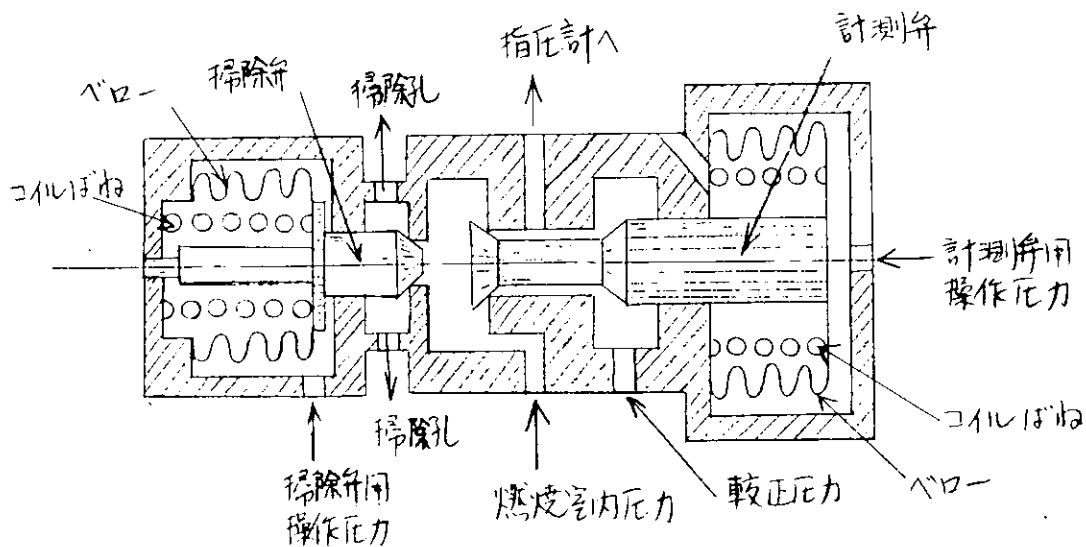
PG 指圧計	SM 動歪計
C インジケータ・コック	MAX 最高圧力検知器
RV 遠隔操作弁	COMP 圧縮圧力検知器
EV 電磁弁	CONT 計測制御装置



第 2.2 図 圧力検出装置の系統図



第 2.3 図 圧力計測のタイムスケジュールの一例



第 2.4 図 遠隔操作弁の構造

制御すると、計測、校正の記録を自動的に反復することができ、試作した最高圧力および圧縮圧力検知器の精度、検出端の精度および時間経過に伴う検出端および装置全体の精度の変化を記録することができ、これによつて試作した圧力検出装置の信頼性、耐久性を確認することができる。

なお、本装置に使用した遠隔操作弁の構造の概略を第 2.4 図に示す。この操作弁は掃除弁を持っており、圧力計測の前にこの弁を開くことにより燃焼室内から指圧計までの通路に溜つているスラッジを吹き飛ばし、スラッジの堆積を防ぐことができるようになっている。第 2.2 図においては掃除弁開閉用空気系統を記入していないが、計測用弁開閉の操作空気ラインから分け、さらにもう 1 台の電磁弁を用い、第 2.2 図におけるスイッチ S 2 1 により通電し、まず掃除弁を開き遅延リレーを介して一定時間（約 2 秒）後に計測用弁開閉の電磁弁に通電し掃除弁を閉じる。ここで、遅延リレーの回路を遮断しておけば掃除を行わずに計測を続けることもできる。

また、計測しようとする機関の燃焼室内圧力は最高 7.5 kg/cm^2 程度であるが、指圧計としてはその耐久性を考慮して最高 200 kg/cm^2 の容量のものを使用する。さらに、動歪計についても長期安定性が保証されている DPM-G 型を使用する。

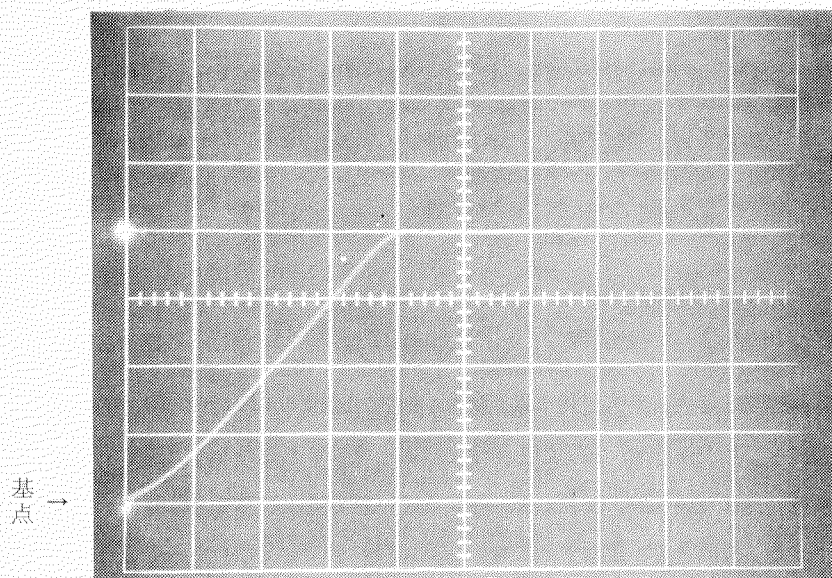
2.3 最高圧力および圧縮圧力検知器の作動特性

実験に搭載するに先立つて、試作した装置の作動確認試験を行なつた。

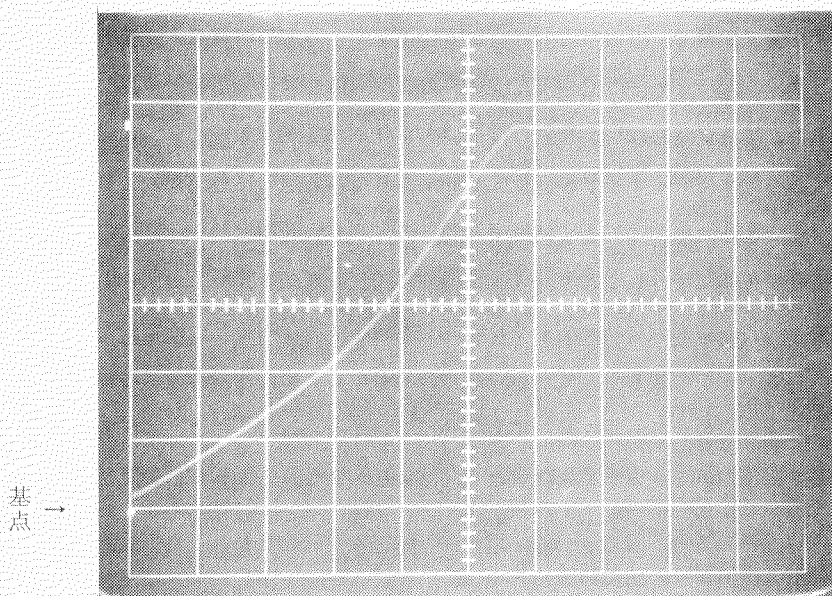
2.3.1 保持回路の応答性

最高値および圧縮圧力の保持回路はコンデンサと抵抗の組み合わせによって構成されており、したがってコンデンサの容量によって応答性が大きく変化する。機関の最高圧力および圧縮圧力を検知する場合、定常状態ならば問題ないが、異常値を早期に発見するには圧力の上昇および降下に対して速やかにその状態を検知しなければならず、したがって保持回路に対してかなり応答性の良いことが要求される。

そこで、まず圧力の上昇に対する応答性について調べるために、シンクロスコープを用い、パルス状入力信号を入れたと同時にその入力信号によってトリガーして出力を記録した。記録の例を第2.5図に示す。第2.5図の場合入力信号が入ってから40～60 μ sにて飽和に達しており、入力信号の上昇に対する応答はきわめて良いことがわかる。第2.5図の(a)、(b)の記録を時間と出力比の関係で描きなおしたのが第2.6図の(a)、(b)曲線である。これらの図より、たとえば(a)の場合には、パルス状入力信号の幅が、4.2 μ sより大であれば1回のパルスで完全に飽和状態となり、1回のパルスだけの最高値を忠実に保持してることがわかる。実際に機関の最高圧力について考えると、たとえば回転数120



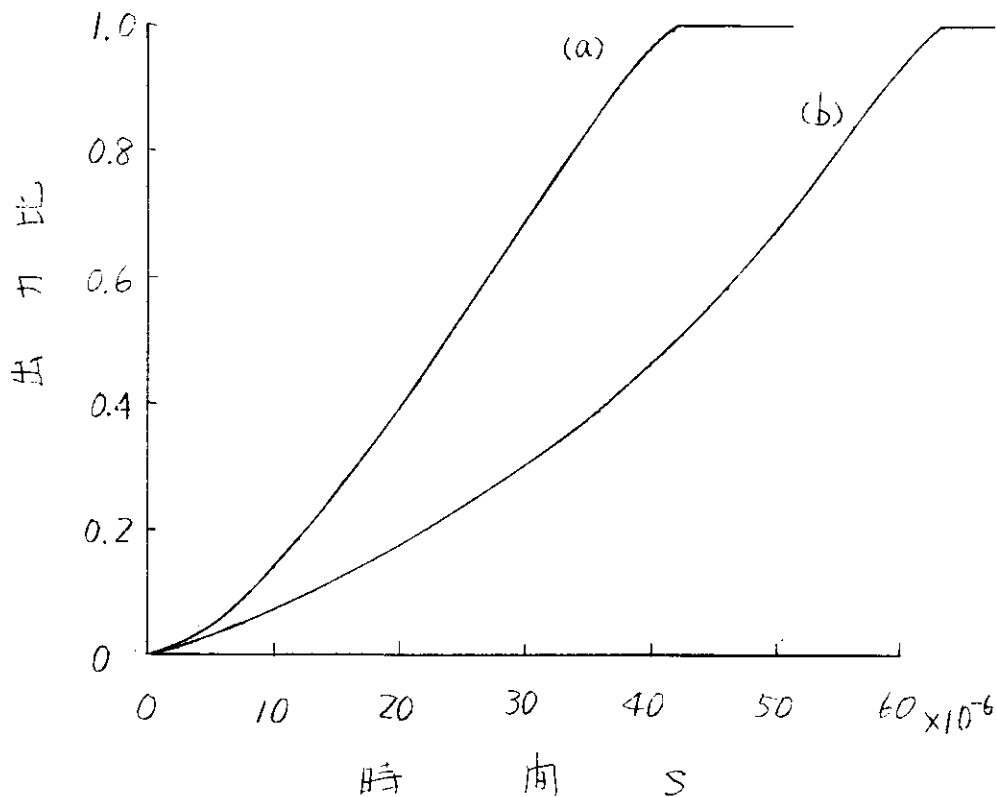
(a)



(b)

横軸 10 μ s/div

第2.5図 保持回路の応答性



第 2.6 図 保持回路の応答性

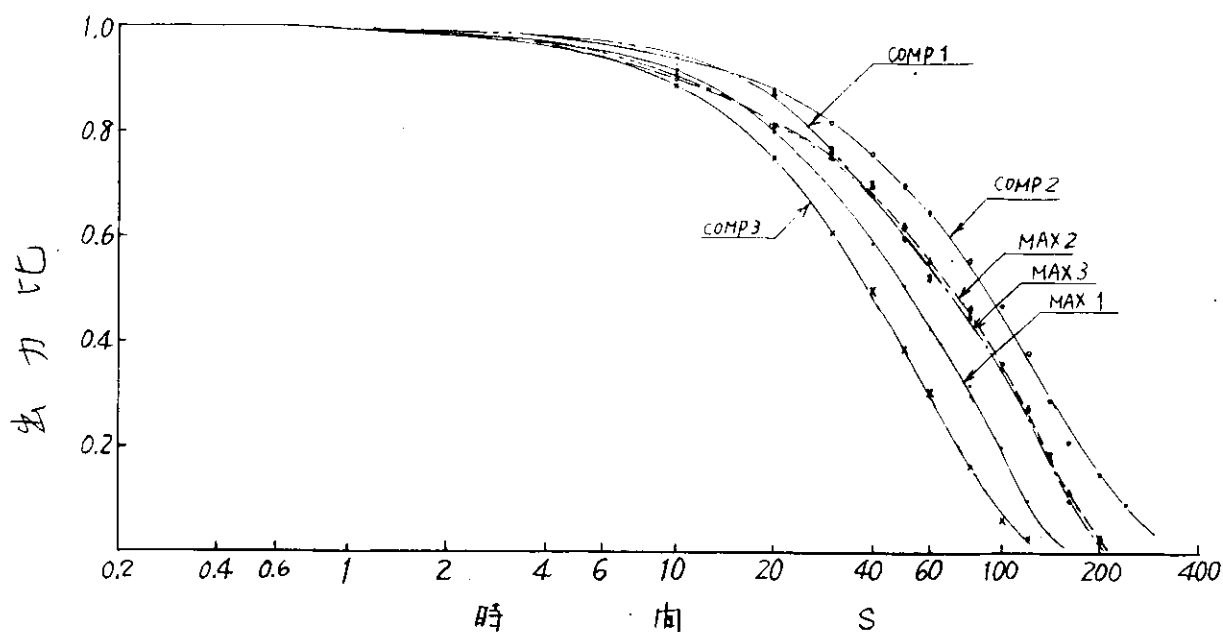
rpm の場合 $42 \mu\text{s}$ の時間はクランク角度にすると約 0.03 度に相当するから 1 回の圧力波形によつて最高圧力を忠実に捕えてくれることがわかる。したがつて、圧力の上昇する経過をそのまま遅れなく記録することができる。

一方、保持回路の減衰特性については、減衰が遅いとたとえば圧力降下に対する応答が悪く、減衰が速過ぎると圧力降下に対する応答は良くなるけれども、定常状態においても 1 回の信号を受けてからつぎの信号を受けるまでの間の減衰が大きくなるため大きい出力変動が発生することがある。したがつて適当な妥協点を見つけて減衰特性を決定しなければならない。そこで、一定の入力信号を入れて後、入力をカットしたときの保持回路のコンデンサの放電による出力の減衰特性をオシログラフで記録し、出力の時間に対する変化をまとめたのが第 2.7 図である。図において、MAX 1~3 は最高圧力検知器の、COMP 1~3 は圧縮圧力検知器の保持回路の減衰特性を示す。

第 2.7 図からわかるように減衰特性にはかなりのばらつきが見られるが、このばらつきは保持回路に使われているダイオードの抵抗（抵抗器の代わりにダイオードの逆抵抗が利用されている）のばらつきによるもので、このばらつきを無くすることはきわめて困難であるため、このまま使用することにする。大形機関の場合常用回転数はおよそ 2 c/s 程度で、したがつて圧力信号の周期は 0.5 S であり、 0.5 S の間の減衰は第 2.7 図からわかるようにほとんどなく、また、低回転数の場合として 1 c/s の場合を考えても 1 S の間の減衰は 1% 以内できわめて少ない。したがつて、第 2.7 図のような減衰特性であれば、一つの信号がきてからつぎの信号がくるまでの間の減衰は考慮しなくてもよいことがわかる。さらに、機関の圧力がなんらかの原因で降下する場合について考えると、たとえば圧力が 50% 程急降下した場合第 2.7 図からわかるように出力が 50% まで減衰する時間は $40 \sim 90 \text{ S}$ となるが、最高圧力を監視する立場から考えるならば、この程度の遅れは許容することができるだろう。

2.3.2 最高圧力、圧縮圧力検出器の入出力特性

本検出器の入力に対する出力の特性を求めた結果の 1 例を第 2.8 図に示す。本検出器は記録計との関係から入力 $0 \sim$ 約 0.7 V に対して出力を約 $2 \sim 12 \text{ mA}$ にしているが、第 2.8 図からわかるように良い直線性を示している。なお、第 2.8 図に示した以外の検出器についてもこれと同様に良い直線性を示している。



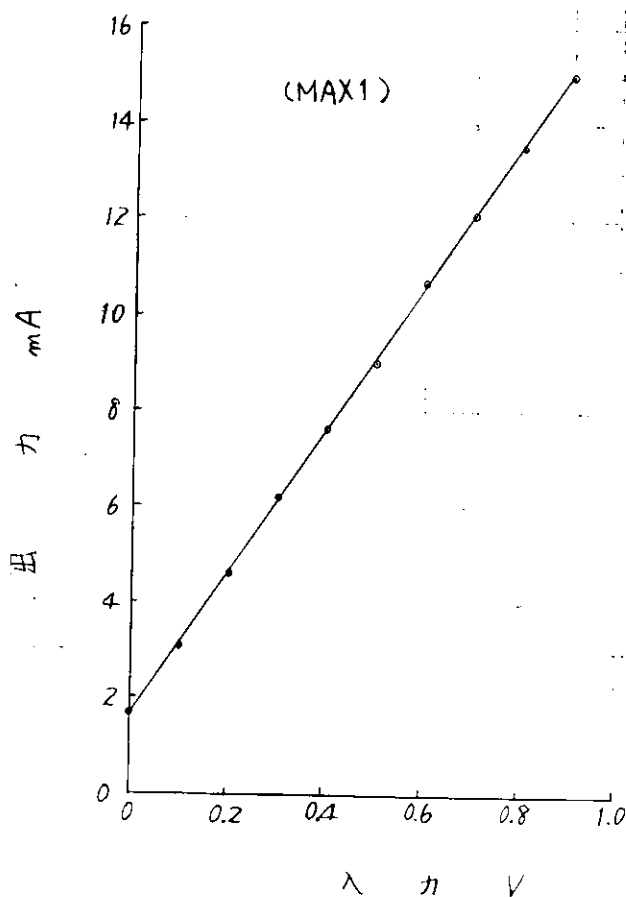
第 2.7 図 保持回路の減衰特性

なお、本検出器の製作途上、初期に製作したものは、整流器を含む回路の不良あるいは動歪計とのマッチング不良のために直線が悪かったり、また素子相互の干渉があつて大きな計測誤差を発生する可能性があつたが、その後検出器内の増幅器および動歪計の大幅な改造によつて相互干渉もなくなり、第 2.8 図に示すような良い特性が得られた。

2.3.3 最高圧力の記録

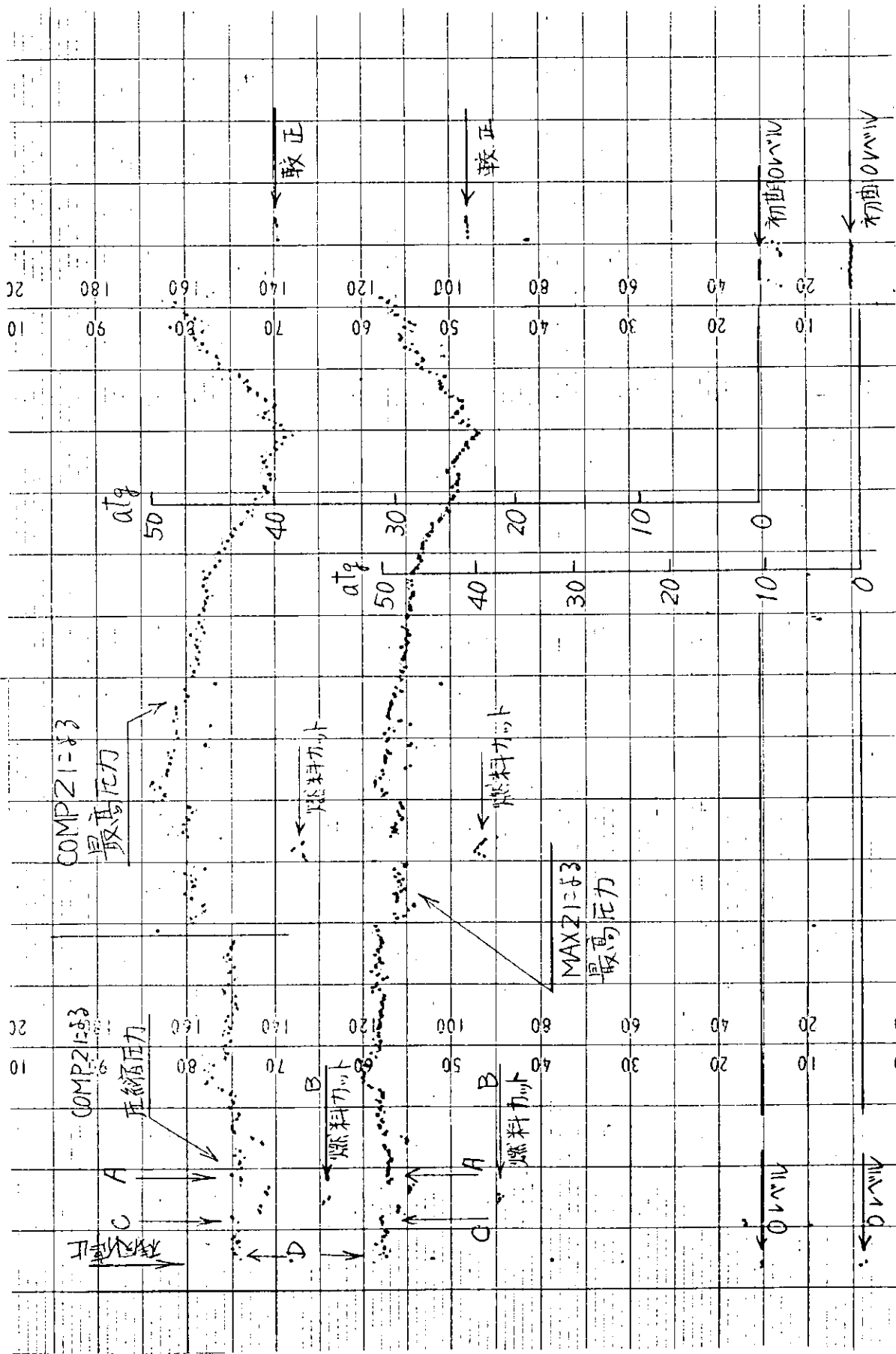
以上述べたように、最高圧力検知器および圧縮圧力検知器の静的特性がわかつたので、ついで指圧計を実機に取り付け、最高、圧縮圧力検知器を用いて圧力値を打点記録計に記録すると同時に、圧力波形をオシログラムにも記録させ、オシログラムによる圧力の計測値と打点記録計の指示する圧力値とを比較することにより本検出器の精度を確認した。ここに、使用した機関は定格回転数 540 rpm の中形ディーゼル機関である。

まず、最高圧力検知器および圧縮圧力検知器の代表として、それぞれ 6 素子 (MAX 2 および COMP 2 と略称する) を選び圧縮圧力検知器のサンプリング回路を切断して両者によつて同時に最高圧力を検知し打点記録計に記録させた。打点記録計は 12 打点で、5 秒に 1 打点であるが、偶数番、奇数番をそれぞれ MAX 2、COMP 2 に割り当て、打点間隔を 10 秒にして両者による圧力値を記録した。その記録例を第 2.9 図に示すが、図の右半分が MAX 2 および COMP 2 による最高圧力の記録である。図中、燃料カットと記入したところは、最高圧力の急変に対する応答性を見るために、機関の燃料投入を一時的に断つたときの圧力変化の記録である。図において、たとえば燃料カ



第 2.8 図 検出器の入出力特性

また、燃料カットと記入したところは、最高圧力の急変に対する応答性を見るために、機関の燃料投入を一時的に断つたときの圧力変化の記録である。図において、たとえば燃料カ



第2.9図 打点記録計による記録例

ットおよびその前後の圧力記録と別に採取したオンログラムの記録とから圧力値を比較すると第2.2表のようになり、MAX2、COMP2による指示値とオンログラムによる計測値とがよく一致しており、したがってMAX2、COMP2の両者が同程度の精度を持つて圧力値を検知していることがわかる。

第2.2表 圧力指示値の比較

採取点	オンログラムの圧力	記録計の指示	
		MAX 2	COMP 2
燃料カット直前	48.2 atg	48.2 atg	48.1 atg
燃料カット時	38.3 atg	38.2~39.2 atg	37.8~39.0 atg

燃料カット時の圧力変化の様子を見ると、MAX2のほうは打点間隔10秒の間に完全にカット後の圧力を指示するが、COMP2のほうは第2.7図からもわかるように減衰特性がMAX2に比べて悪いために2打点目、すなわち約20秒後にはじめて燃料カット後の圧力を指示している。しかし、この程度の遅れならば許容できるものと考えられ、満足に作動していることが確認された。なお、燃料カットによる圧力の降下速度については後述する。

2.3.4 サンプルング信号による圧力の記録

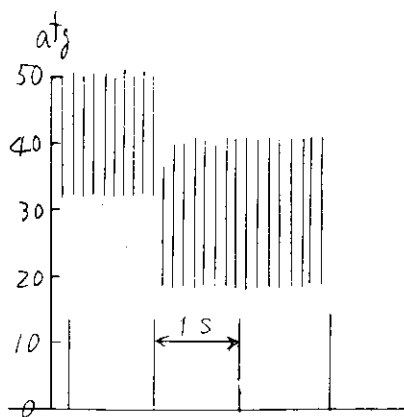
先と同様にして、MAX2、COMP2を用い、MAX2で最高圧力をCOMP2にサンプルング信号を導入して圧縮圧力を記録させた。第2.9図の左半分がそれらの記録例である。

図の燃料カットおよびその前後第2.9図のA、B、C、D矢示の点について打点記録計の指示とオンログラムの圧力値とを比較すると、MAX2については第2.3表に示すように圧力指示値はオンログラムの結果と1 Kg/cm²以内の差でよく合っている。

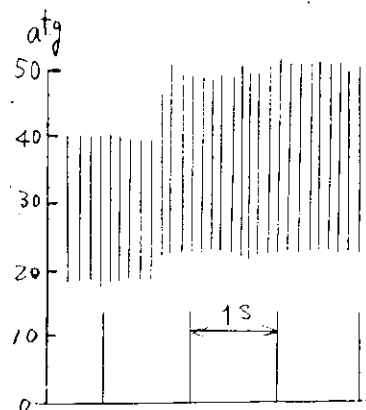
第2.3表 最高圧力指示値の比較

燃料カット時の最高圧力の変化を取ったオンログラムの例を第2.10図に示す。第2.10図の(a)は燃料カット時、(b)は復旧時の例を示す。図からわかるように燃料カット、復旧による圧力の変化はほとんど瞬間的(0.1秒程度)であるが、打点記録計ではこの経過に追従することができず、先述したように10秒程度の遅れを持つて降下後の圧力が指示されることになる。なお、第2.9図に

記号	採取点	オンログラムの圧力	記録計の指示
A	燃料カット前	49.6 atg	49.4 atg
B	燃料カット時	38.3	37.9
C	燃料復旧後	48.5	49.0
D	機関停止前	49.3	49.7



(a) 燃料カット時



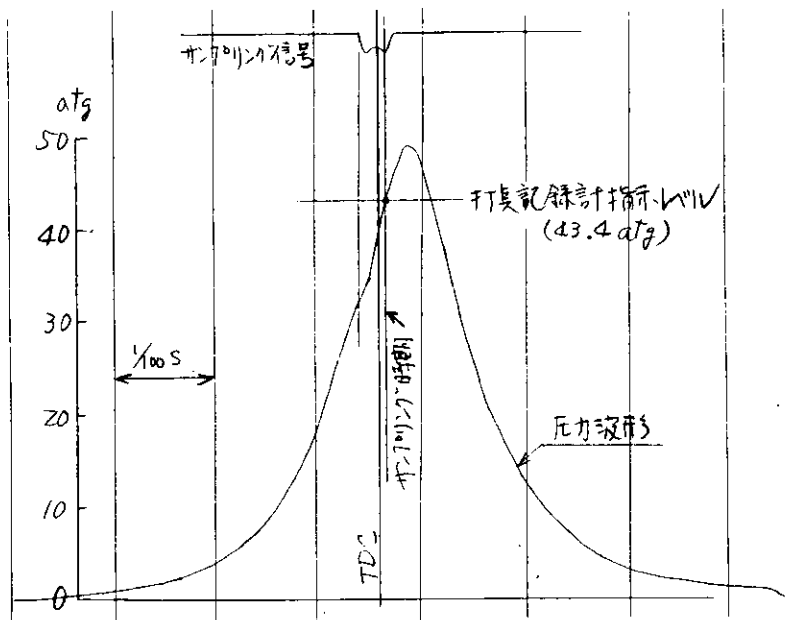
(b) 燃料復旧時

第2.10図 最高圧力急変時のオンログラムの例

において、燃料カット時にCOMP2による圧縮圧力のレベルまで低下しているが、この理由については後述する。

つぎに、圧縮圧力はサンプルング信号によつてサンプル値を保持することにより検知されるが、サンプルング信号が入つてから終るまでの期間すなわちサンプルング期間中のどのような時期の圧力をサンプルングするかを考へてサン

プリング信号発生器の設定を行わなければならない。そこで、COMP2の精度が先に確認されたので、適当な時期にサンプリング信号を入れ、そのときに得られる打点記録計の指示値に等しい圧力のレベルをオシログラム上の圧力波形上に求め、そのレベルがサンプリング期間中のどのような時期に位置しているかを求めてサンプリング時期とサンプリング圧力との関係を求めた。第2.3表の記号Aに対して、この圧力とサンプリング時期を求めたオシログラムの例を第2.11図に示す。



第2.11図 オシログラムの例

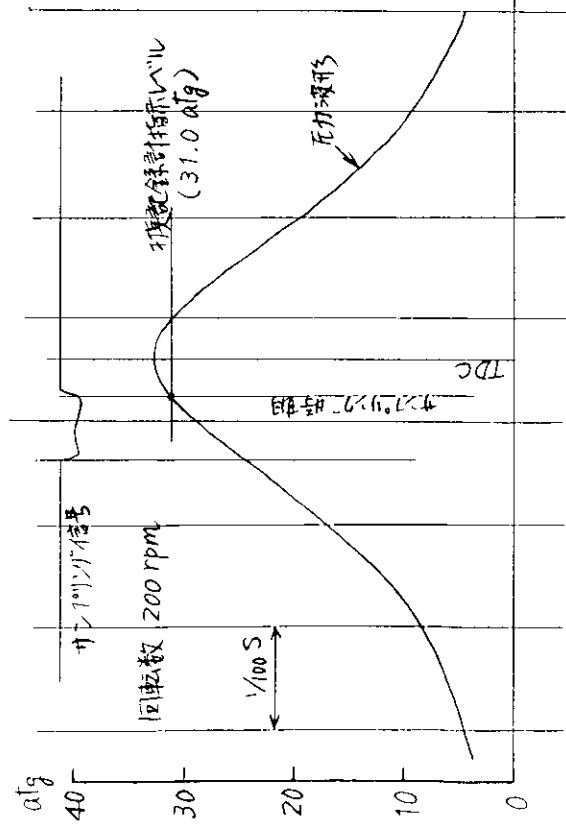
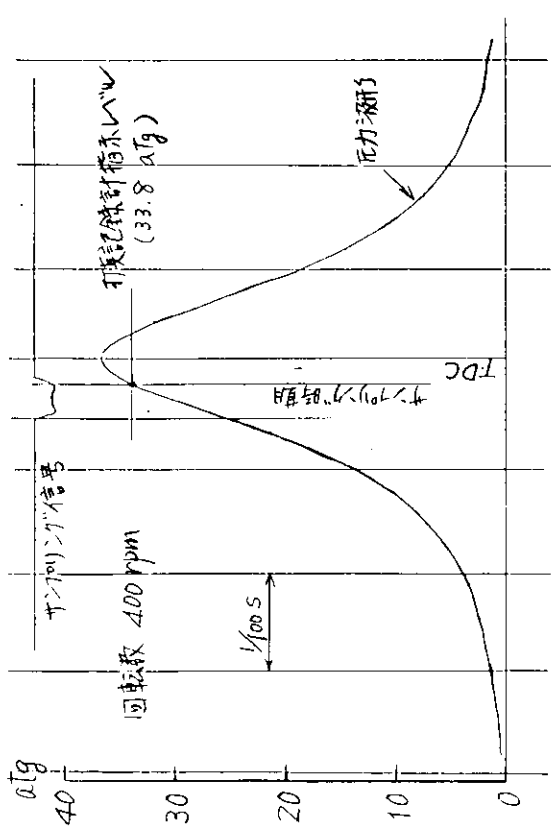
これよりサンプリング時期はサンプリング信号が入り始めて約2.2 mS 後のサンプリング

信号が終りはじめる時期に相当し、サンプリング圧力はサンプリング期間中の最高値に相当することがわかる。このようなサンプリング時期がサンプリング信号を入れ始めてからの時期に関係するのかまたはサンプリング信号の終る時期に関係するのかを確認するために、さらに実験を行なった。

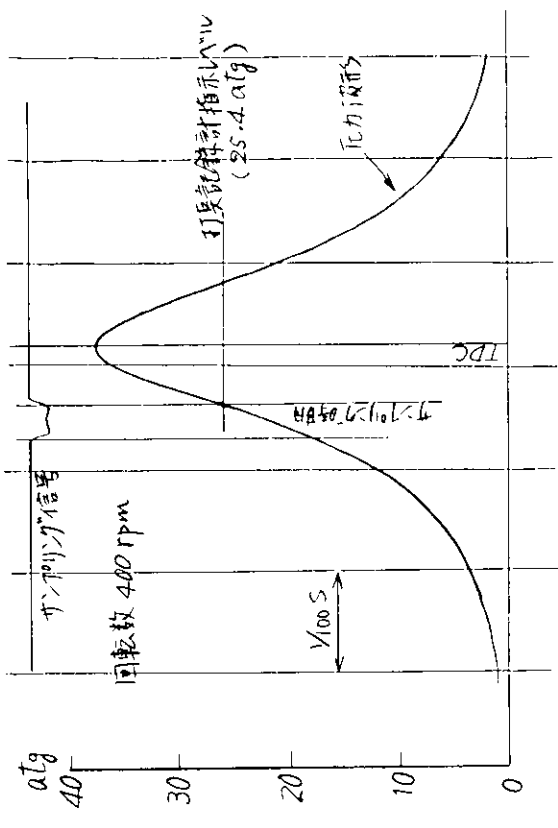
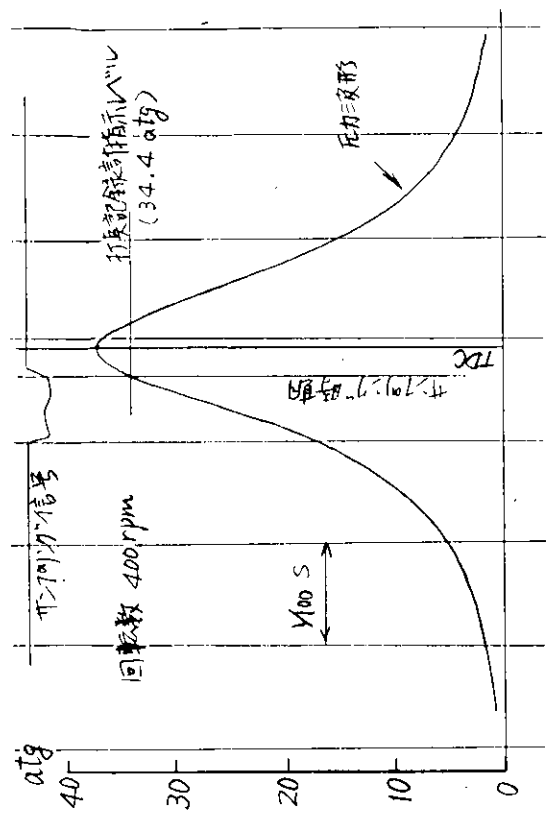
すなわち、第2.11図のような圧力上昇率の大きい点でのサンプリングでは計測誤差が大きくなるので燃料をカットして圧縮圧力波形により機関の回転数を変更して圧力レベルを変え、さらにサンプリング信号の設定位置およびサンプリング期間(信号が入ってから終るまでの期間)を変更して前と同様にしてサンプリング時期を求めた。第2.12図は機関回転数を変更したときの例で、打点記録計のサンプリング圧力の指示レベルとサンプリング時期との関係求めると、第2.12図からわかるように機関の回転数を変更してサンプリングの時間を長くしてもサンプリング圧力はサンプリング信号の終る時期の圧力すなわちサンプリング期間中の最高値を示している。また、第2.13図はサンプリング信号の入り始めを同じにしてサンプリング期間を変更したときの例であるが、この場合のサンプリング圧力も信号の終る時期の圧力を示している。以上のことから、サンプリング信号によつてサンプリングされる圧力は、信号の長短にかかわらず、サンプリング期間中の最高値に相当することがわかり、したがつて圧縮圧力を検知するためのサンプリング信号の設定は、上死点前数度のクランク角度が信号の終りに一致するようにしなければならない。

なお、前述したようにサンプリング信号発生器はフォトランジスタとその光軸を横断する遮光板とから成るがサンプリング回路のほうの応答性からサンプリング信号の幅すなわち遮光板がフォトランジスタの光軸を通過するのに必要な最小時間は2 mS と公称されているので、これにより取り付けの機関の回転数を考えて遮光板の幅を決定しなければならない。

以上のようにして、サンプル値保持回路によつて、サンプリング期間中の最高値が検知されることがわかったが、先述した第2.9図において燃料カット時に圧縮圧力のレベルまで低下したのは、この場合のサンプリング期間が第2.11図からもわかるように燃焼期間にまで及んだためで、真の圧縮圧力レベルをサンプリングしていないためである。



第 2.1 2 図 サンプリング時期を定めるオシログラムの例(1)
(機関回転数の変更)



第 2.1 3 図 サンプリング時期を定めるオシログラムの例(2)
(サンプリング信号発生期間の変更)

2.4 実船における試験

以上に述べた装置を実船（南米および豪州航路）に搭載し、最高圧力、圧縮圧力および較正などの自動記録を行なった。以下その経過について述べる。

2.4.1 装置の較正

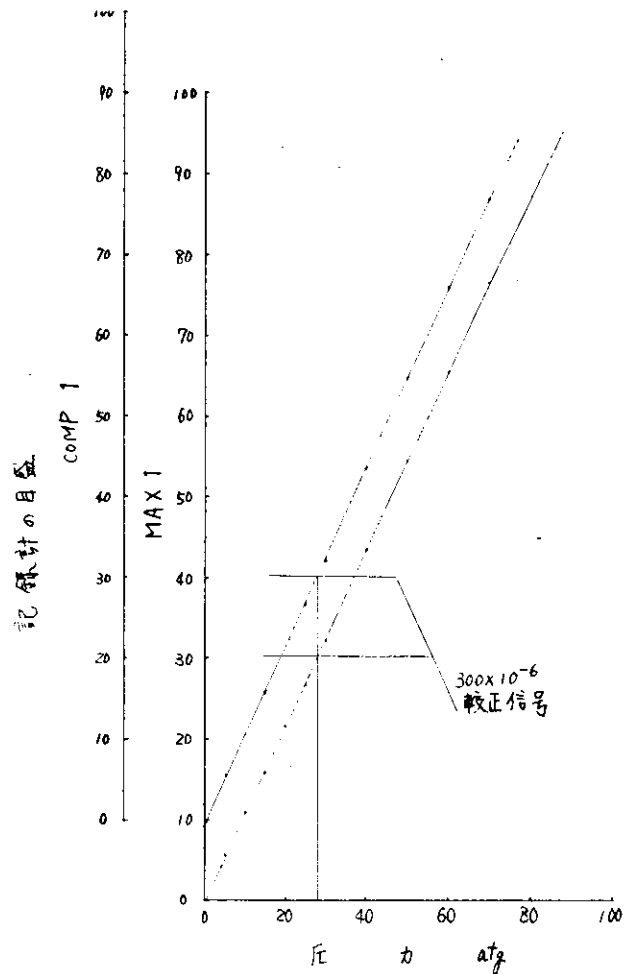
計測記録に先立つて全機器を設置後、分銅式圧力基準器を用いて指圧計に圧力を加え、そのときの打点記録計の指針の読みを記録して全装置の較正を行なった。その結果の一例を第2.14図に示す。第2.14図は基準器の圧力に対する記録計指示の移動量を描いているが良い直線性を示している。また図には動歪計の較正信号（ 300×10^{-6} 歪相当）に対する記録計指針の移動量を併記しているが、この歪量に相当する圧力値は指圧計メーカーの検定曲線とよく一致している。

2.4.2 装置の作動と圧力の記録

実船における種々の計測記録の中から最高圧力、圧縮圧力および較正などの記録部分を抜粋したのが第2.15図である。図において、①、②、③はそれぞれ1、2、3シリンダに対する記録を示しており、較正信号の投入期間では動歪計の歪信号 300×10^{-6} のレベルが記録されている。つぎに、圧力計測の期間において最高圧力および圧縮圧力が記録されるが、圧力値はこの期間の記録レベルと較正信号期間に記録されている大気圧レベルとの差と前述の較正信号レベルとを第2.14図によつて比較することにより得られる。第2.15図には第2.14図のような較正曲線から得られる圧力スケールを記入しているが、70 atg まであるほうが最高圧力の60 atg までのものが圧縮圧力用のスケールである。このようにして得られた最高圧力、圧縮圧力はオシログラムあるいは機械式インジケータの線図から求めた値とよく一致し本装置が満足に作動していることがわかる。さらに、較正圧力投入期間には、指圧計に較正用一定圧力（10 atg）が加えられ、そのレベルが記録されているがそのレベルも先に示した第2.14図の較正曲線とよく一致しており、指圧計の精度が確かであることがわかる。

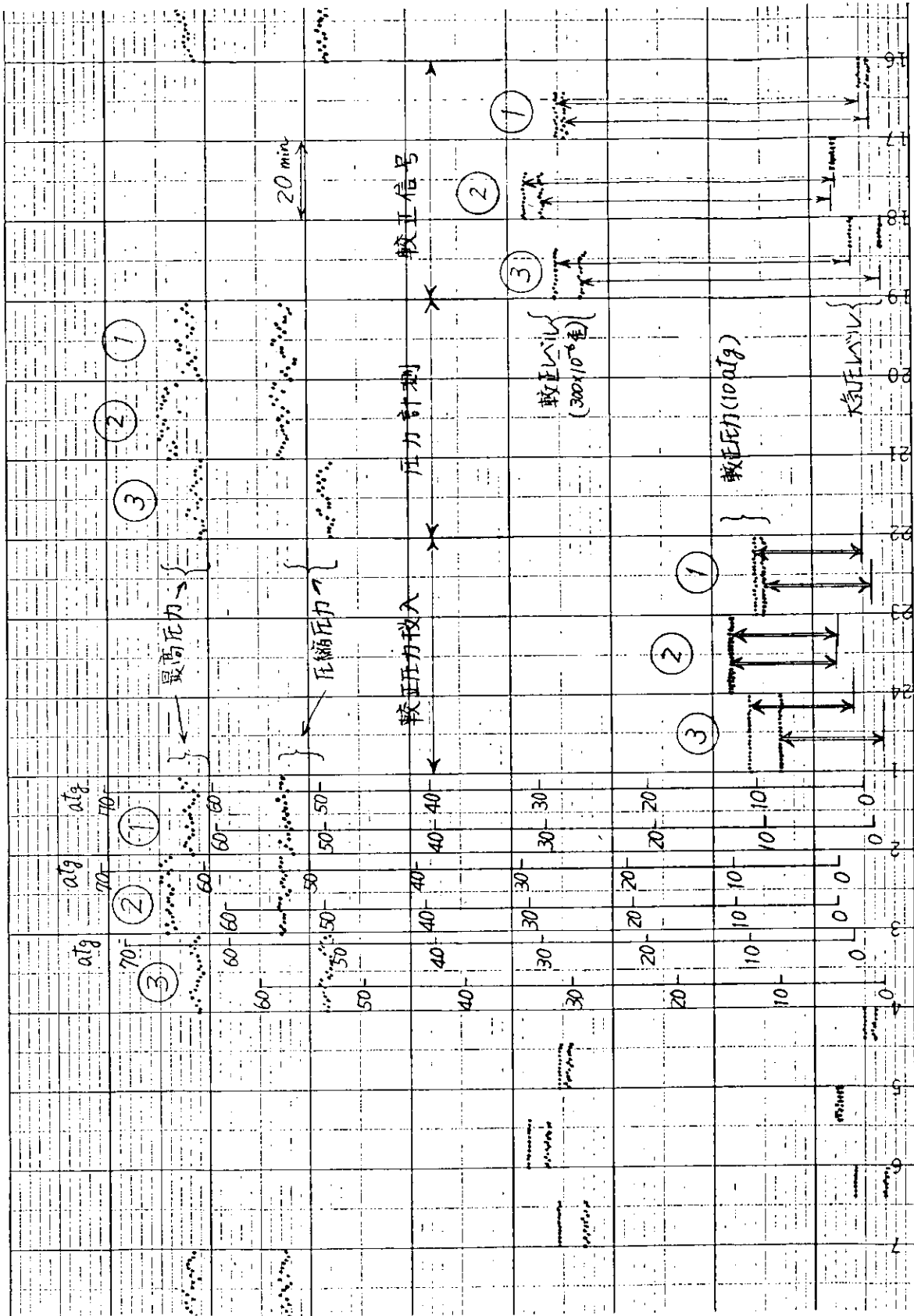
以上の計測、記録の順序は前述の第2.3図に示したタイムスケジュールにしたがつたもので、計測制御装置が計画どおり作動することが確認された。そこでこのような記録を長期連続して行なうことにより装置の精度の変化、感度の変化を監視することができる。

なお、大気圧レベル、較正圧力レベルなどの記録点は完全に一線に並ばなければならないのに第2.15図においては多小のばらつきが現われている。これは、本研究に用いた指圧計がその背面に冷却水圧力が加わるような構造であり、その圧力がときに 0.3 Kg/cm^2 くらい不規則に変動することがあるためその変動が現われたものと考えられる。なお、 0.3 Kg/cm^2 の圧力は第2.15図の目盛にして0.3目盛ほどに相当するが圧力計測の上での誤差としては小さい。



第2.14図 装置較正の一例

第2.14図 装置較正の一例
このようにして得られた最高圧力、圧縮圧力はオシログラムあるいは機械式インジケータの線図から求めた値とよく一致し本装置が満足に作動していることがわかる。さらに、較正圧力投入期間には、指圧計に較正用一定圧力（10 atg）が加えられ、そのレベルが記録されているがそのレベルも先に示した第2.14図の較正曲線とよく一致しており、指圧計の精度が確かであることがわかる。



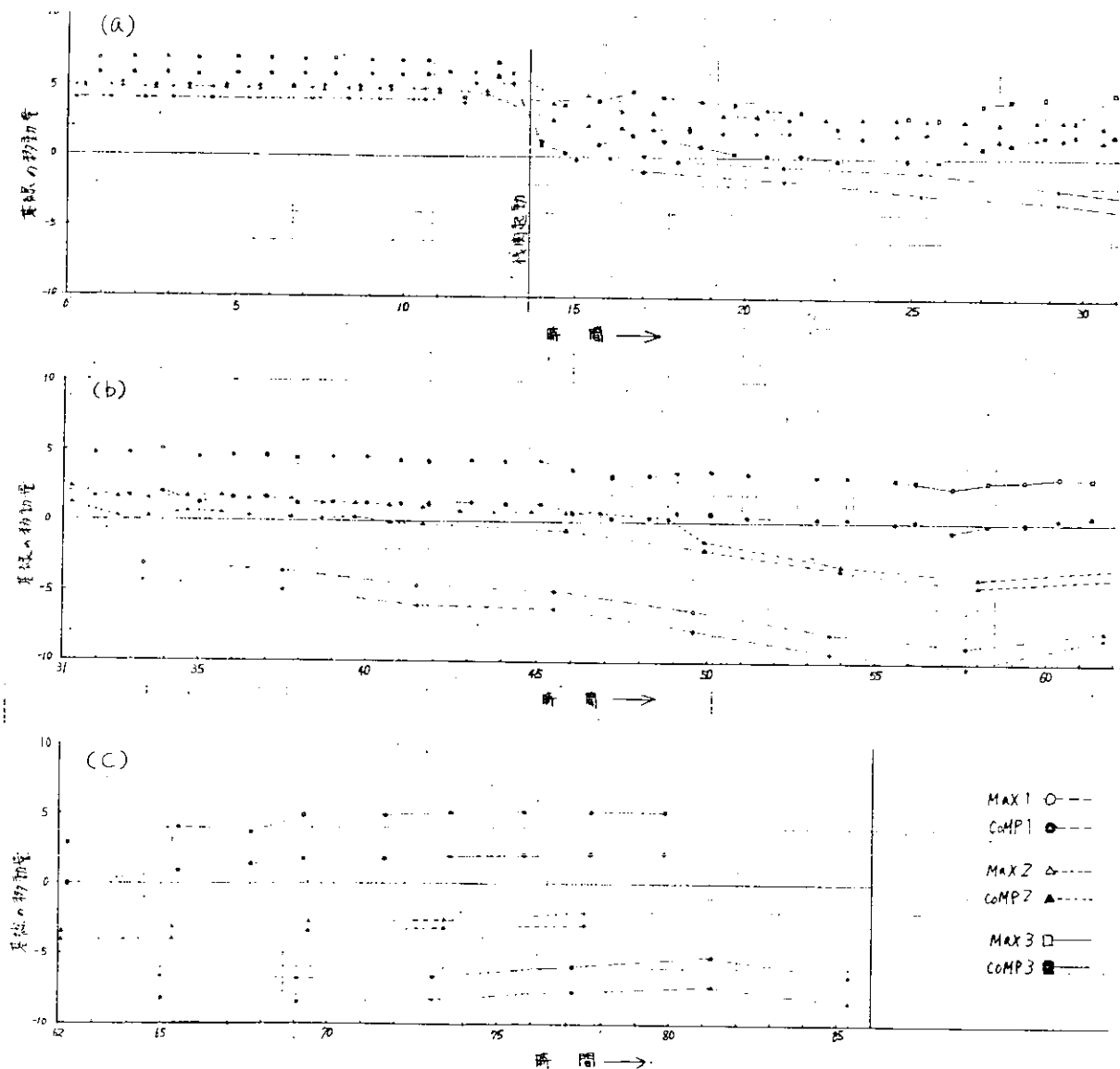
第 2.15 図 打点記録計による圧力値、校正値の記録例

2.4.3 装置の経時変化

きわめて長期の経時変化については、まだ計測記録を開始してからの時間が短かくて述べられないので、ここでは比較的短期間に認められた変化について述べる。

(1) 基線の移動

機関のスタンバイ時から全装置を計測記録できる状態にして第2.15図に示すようなタイムスケジュールにて記録を行ない、機関の起動から定常運転に到る間の基線の移動、すなわち第2.15図における大気圧レベルの移動を調べた。時間経過に伴う基線の移動状態を第2.16図(a)、(b)、(c)に示す。第2.16図における縦軸の基線移動量は第2.15図に示した大気圧レベルの目盛の読みをそのまま表わしている。したがって第2.15図からわかるように負の目盛はなく基線が0以下に移動しても基線の位置は変わらなくなるが、校正信号のレベルは記録でき、先に第2.8図および第2.14図に示したように入出力の関係が直線であるから、校正信号レベルの計測記録の初期値を基準にしてその移動量がそのまま基線の移動量に等しいと考えてもよい。このようにして求めたのが第2.16図の基線移動量である。なお、第2.16図の(a)、(b)、(c)は連続した記録であり、したがって横軸の時間は(a)、(b)、(c)の順に続いている。第2.16図からわかるように、基線の移動は、機関の起動前には見られないが、機関が起動すると3~5目盛急に負側に移動し、その後機関が定常状態に到るまで徐々に移動していく。この移動の原因を考えると、機関運転前には移動が現われないことと、さらに第2.16図からわかるように同じ指圧計の入力を導入している最高圧力検知



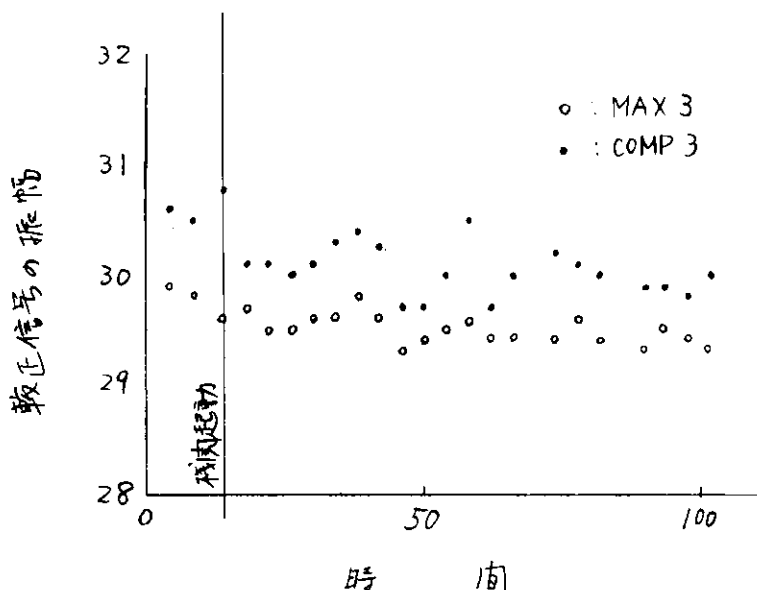
第2.16図 時間経過にともなう基線の移動状態

器と圧縮圧力検知器とのレベルが平行に移動していることから、主として指圧計の温度による移動が原因しているものと思われる。第2.16図から、機関が起動してからおよそ15時間位でだいたい定常になり、この付近で温度的に整定するものと思われる。なお、MAX 1、COMP 1に接続される指圧計は不安定であるが較正信号を入れてからつぎの較正信号を入れるまでの4時間間の移動量は最大2目盛、圧力にし約2 kg/cmに相当するがこの値はサイクル変動と同程度であるから計測記録中の移動は無視でき、したがって基線の移動が計測誤差に及ぼす影響は小さいと考えてよい。

(2) 感度変化

1例としてMAX 3、COMP 3について、較正信号の振幅(第2.15図の較正信号期間の矢線長さ)が時間経過とともにどのように変化するかを調べた。この結果を第2.17図に示す。第2.17図の縦軸は第2.15図の目盛の読みで表わしているが、MAX 3、COMP 3のいずれもその振幅はかなりばらついている。第2.17図ではかなりばらつきが大きいように見えるが、較正信号の振幅変動はおよそ1目盛であり、これは約3%の誤差に相当する。しかし、この誤差も圧力計測ごとに較正信号と比較するようにすれば大きな誤差にはならない。また、この較正信号振幅の変動すなわち感度変化の原因であるが、

第2.17図からわかるようにMAX 3、COMP 3に対する振幅の変動状態がおよそ並行していることから、最高圧縮圧力検知器の増幅器の感度変化が原因しているのではなく動歪計および指圧計のほうのブリッジ電圧の変動などに起因するものと思われる。この問題については各機器について単独に試験しないと結論が出せないで、今後機会をみて試験を実施したい。



第2.17図 時間経過に伴う感度の変化

2.4.4 今後の問題点

以上のようにして、試作した圧力検出装置は問題なく満足に作動し、最高圧力、圧縮圧力、較正圧力および較正信号のレベルを自動反復記録することができた。また、当初から問題視されていた検出端およびその取り付け部分については、問題点が明らかになった。

すなわち、短期間の計測実績ではあるが、その間に指圧計の受圧部前にシリンダ潤滑油の燃料により生成されるスラッジが堆積してこれが固着し、放置すると圧力導入管は完全に閉塞してしまうことがしばしば起こった。時期を考慮して定期的に掃除すればよいが、超自動化の思想からすれば、スラッジの堆積を未然に防ぐようにしなければならない。そこで、本研究においては第2.4図に示したような掃除弁付の遠隔操作弁を用い、定期的に掃除を行なうことによりスラッジを吹き飛ばすようにして現在試験を行なっているが、本操作弁の使用を始めてからまだ間がないので掃除による効果は確認されていない。今後試験を続けてその効果を明らかにすると同時に、さらに有効にスラッジの堆積を防止する手段についても考えていきたい。

また、上述のスラッジの堆積に関連するが、C重油に含まれる硫黄分から生成される硫酸分が指圧計付近で冷却されて付着し、そのために指圧計を取り付けるための真鍮製の金具が腐食し、指圧計が吹き飛ぶような事故も計測初期には経験した。その後この金具の材質を硫酸に強いモネールメタルに変更することにより短期間の腐食はなくなった。しかし、さらに長期間使用後の腐食についてはこれからの問題として検討しなければならない。また、一般にステンレス鋼は硫酸腐食に対して弱いので、現在使用している指圧計の受圧面も早晚腐食される可能性を持っており、先述した掃除

によつて燃焼スラッジの受圧部への到達頻度を少なくすると同時に、根本的に指圧計の受圧部材料の選定を考える必要がある。船用の指圧計に要求される仕様の一つとして今後研究されなければならない課題である。

また、本装置において、指圧計および動歪計に起因すると思われる基線の移動、感度変化が見られたが、超自動化システムにおいても現在使用していると同種のものを使用するものとするれば、それらによる誤差の補正を考えなければならない。基線の移動については、たとえば最高圧力に対して最高値と最低値との差すなわち圧力振幅として検出することにより解決されるものと考えられ、これと同様の方法を圧縮圧力の検出に適用することを検討している。

2.5 結 言

以上述べたように燃焼室内圧力検出装置を試作したが、装置は満足に作動し、最高圧力および圧縮圧力の監視、記録を行なうことができ、船用の監視装置として十分使用できることが確認された。そして本装置において圧縮圧力を検出したとまったく同じ方法によつて任意のクランク角に対する圧力を検出することももちろん可能である。

なお、本研究においては短期間の経時変化についての検討しかできなかつたが、長期の耐久試験については46年度に引き続いて実施する予定である。