

社 団 法 人

日本造船研究協会報告

第 47 号

昭 和 39 年 11 月

多基一軸機関を有するディーゼル船の機関部無人運転に関する研究
..... 第70研究部会

An Experiment for No-man Operation of Propulsion Engines
..... The 70th Research Committee

The Report
of the
Shipbuilding Research Association
of Japan
Tokyo, Japan
NO. 47
November 1964

第70研究部会委員名簿

部会長	門脇徳一郎				
幹事	栗野 茂樹	米原 令敏			
委員	荒瀬 晃二	安藤 省吾	石原 三雄	一ノ瀬義信	内山 忠夫
	遠藤 隆	大原 信義	岡野 洋	岡本 武夫	岡本 連
	奥村 克二	表原 功	神谷 茂	久米 孝男	佐藤 義一
	塩見 輝雄	下原日出治	田井 虎一	孝橋 謙一	武田 勝
	富田 幸雄	成 富義	西岡 正美	橋野 弘貞	平部 正博
	福永 靖夫	松井 武夫	村越 重光	村田 正之	森田 信蔵
	宗木 和美	諸井 宣清	山下 和三	山田 光雄	横井 元昭
	渡辺 靖夫				

Membership of the 70th Research Committee

Chairman	Tokuichirō KADOWAKI		
Secretaries	Shigeki AWANO	Noritoshi YONEHARA	
Members	Koji ARASE	Shyogo ANDO	Mituo ISHIHARA
	Yoshinobu ICHINOSE	Tadao UCHIYAMA	Takashi ENDO
	Nobuyoshi ŌHARA	Hiroshi OKANO	Takeo OKAMOTO
	Muraji OKAMOTO	Katsuji OKUMURA	Isao OMOTEHARA
	Shigeru KAMIYA	Takao KUME	Giichi SATO
	Teruo SHIOMI	Hideji SHIMOHARA	Toraichi TAI
	Kenichi TAKAHASHI	Masaru TAKEDA	Yukio TOMITA
	Tomiyoshi NARI	Masayoshi NISHIOKA	Hirosada HASHINO
	Masahiro HIRABE	Yasuo HUKUNAGA	Takeo MATSUI
	Shigemitsu MURAKOSHI	Masayuki MURATA	Shinzō MORITA
	Kazuyoshi MUNEKI	Nobukiyo MOROI	Kazuo YAMASHITA
	Mitsuo YAMADA	Motoaki YOKOI	Yasuo WATANABE

An Experiment for No-man Operation of Propulsion Engines

Summary

With the intention of making a possible approach to the "no-man operation" of the marine propulsion power plant, a multiple engine propulsion power system was shop-tested by the Mitsubishi Yokohama Shipyard & Engine Works and was installed on board the M/S No. 5 Fuyou-maru for actual operation as a part of joint research projects by the Shipbuilding Research Association of Japan. Use of industrial television was also investigated for remote observation of operating condition in the engine room.

1. General

As one of the means to achieve the goal of efficient ship operation with less cost, various attempts have been made in Japan for mechanization, automatic and remote control of the engine room machinery on board ship so that the operation of machinery requires less number of crews and their labour becomes lighter. The results of the investigation are being widely used for the actual application and proved successful for the purpose intended.

In case that the main engine is remotely controlled from the wheel house in the bridge, it is no longer necessary that an engineer is on duty at the engine's control handle at all times at sea. However, this does not mean that the engine room can be left without any engineer or crew on duty as long as the machinery is operated with limited reliability and require frequent maintenance.

To secure reliability of operation in the engine room, the major auxiliary machinery needed for propulsion is generally installed in duplicate or provided with an alternative means of service. Therefore, the propulsion engine can be operated satisfactorily even with an auxiliary machinery out of order. The main propulsion engine, on the other hand, has not an alternative in most cases. Further, the complicated mechanism of the engine generally requires engineers in the engine room on duty for proper care and operation.

Looking forward the development of ship operation in the future, a further decrease in the number of crew will be necessary and the need for a simpler generalized control of navigation and propulsion machinery will be stressed more and more.

The multiple engine propulsion power system is selected as one of the possible solution for "no-man operation" of the engine room machinery for experimental investigation. Among many factors which the multiple engine system has advantages in a certain appli-

cation, the expected increase in reliability of the plant^x should be considered important. In case of damage of one or more engines, the ship can be navigated at a reduced speed with this system with the damaged engines clutched off.

2. Test Set-up

The test plant consists of the followings:

- | | |
|-------------------|---|
| 1) Main Engine | 2 sets of Yokohama M.A.N. four stroke cycle, single acting.
trunk piston type diesel engine
Type G6V23.5/33 AL
Rating 600 PS at 600 rpm each |
| 2) Clutch | 2 sets of gear clutch
Alternatively:
2 sets of pneumatic friction clutch(Airflex) |
| 3) Reduction Gear | Input: Two shafts of 600 PS each at 600 rpm
Output: One shaft at 250 rpm |

Two engines are arranged to transmit power to one shaft through the clutches and the reduction gear. The clutches are provided to enable one engine to disengage automatically at emergency stop of the engine under any of the following conditions:

- a. Low pressure of lubricating oil
- b. Low pressure of cooling fresh water
- c. High temperature of exhaust gas at cylinder outlet
- d. Excessive temperature difference of exhaust gas at each cylinder outlet
- e. Excessive gas pressure in crank case

As the function of the clutches is limited to automatic emergency clutch-off, the gear clutch is selected. The pneumatic friction clutch (Airflex) is also tested alternatively.

The magnetic clutch and hydraulic clutch are extensively utilized for various applications, however, these are considered unsuitable in this case because of their relatively high cost and large space requirement.

The industrial televisions (ITV) are introduced. One television camera travels on the rail arranged over the engines to observe the operating condition and possible mal-functioning of the propulsion machinery such as valve spring failure, oil leakage, smoke generation, etc. Another fixed camera is arranged to observe the gauge board.

A television receiver is provided in a remote location and is used for both cameras. Horizontal and vertical rotation of the cameras and zooming of the lenses are all controlled remotely. Travelling of the moving camera is also handled remotely.

3. Shop Test

With the test set-up as described above, the shop test was conducted to confirm follow-

ing items.

1) Engine Output Control

Fully automatic load distribution between the engines was confirmed at a wide range of load changes.

2) Automatic Clutch-off

Automatic clutch-off was tested for both types of clutch selected.

3) Overload protection of Engine

The overload protection was tested for automatic power and speed regulation at automatic clutch-off of an engine.

4) Remote Observation

ITV were used for visible observation at a remote spot.

4. On-Board Test

On-board tests were conducted for about 700 running hours from middle of December 1963 to end of February 1964.

In the actual coastal service between Kamaishi and Muroran, only one engineer was on duty in the bridge control room together with one officer, the former being in charge of engine control, the latter being in charge of navigation. No man was in engine room at sea. Engine room machinery and instruments were observed clearly by ITV at all sea conditions. The television pictures were quite stable.

5. Conclusion

The multiple engine propulsion power system tested at the shop and on-board is only a simple plant. It is expected that the same principle can be applied to "no-man operation" of a marine propulsion power plant of a larger output of an advanced design in the future. Remote observation of the engine room machinery will be possible from a centralized control room in the bridge using televisions.

多基一軸機関を有するディーゼル船の 機関部無人運転に関する研究

目 次

第1章 総 説	1
第2章 試験の目的	2
第3章 試験装置	3
3.1 製作した装置の基本的構想	3
3.2 装置の主要目	3
3.3 装置の説明	4
3.3.1 軸接手およびクラッチ	4
3.3.2 負荷分担装置	4
3.3.3 主機遠隔操縦装置	4
3.3.4 連結クラッチ自動離脱装置	8
3.3.5 排気温度偏差警報装置	9
3.3.6 機関室遠隔監視装置	10
第4章 試験結果	15
4.1 始動試験	15
4.2 負荷試験	15
4.3 連結クラッチ自動離脱試験	15
4.4 排気温度偏差警報試験	16
4.5 振運動計測	16
4.6 エアフレックス試験	16
第5章 成 果	20
5.1 遠隔始動	20
5.2 負荷分担装置	20
5.3 連結クラッチ自動離脱装置	20
5.4 排気温度偏差警報装置	20
5.5 実船搭載運航状況	21
5.5.1 ブリッジ・リモート・コントロール	21
5.5.2 機関保護装置	21
5.5.3 テレビ監視装置	22
第6章 結 論	24

多基一軸機関を有するディーゼル船の 機関部無人運転に関する研究

第1章 総 説

日本造船研究協会においては昭和38年度試験研究のため第70研究部会を設置し「多基1軸機関を有するディーゼル船の機関部無人運転に関する研究」を運輸省の試験研究補助金の交付を受けて採り上げ三菱重工業（株）横浜造船所および三洋海運（株）第5富洋丸を試験場所として試験研究を実施した。本研究においてはディーゼル船の機関部を航行中^② 無人運転させるための各種自動操縦、自動制御装置ならびに遠隔監視装置の研究開発を行ない、2基のディーゼル機関を歯車によって推進軸系に直結する装置を作製してこれに取付け、工場試験を行なうと共に実船に搭載して実船における性能および実用性の確認を行なった。

第2章 試験の目的

船舶の自動化は既に相当数実施され今後はほとんどの船が可成りの自動化を行なう機運にある。

本試験では主機の遠隔操縦、保護装置の自動化さらに機関室の遠隔監視を行ない、航行中機関部の無人運転迄進めることを目的として下記の諸研究を行なうものである。

- (1) 多基機関の簡単確実な出力制御方式の研究
- (2) 小型で簡単確実な自動離脱式連結クラッチの研究
- (3) 機関室内各部の適確な遠隔監視装置の研究
- (4) 無人運転を行なう機関室内計装の簡素化に関する研究

多基1軸機関を有する船舶は碇泊中、航行中いずれの状態においても機関の1部を解放点検修理しつつ稼動できる長所を有しており、また場合によっては故障機関を入港迄手入れすることなく航行を続行することが可能であるから、主機関の監視保守作業の緩和が可能となる。しかしながら機関部を無人運転するためにはブリッジにおいて完全な遠隔操縦ならびに監視を行なうと共に、航行中万一そのいずれかの機関に故障を生じた場合、故障機関を自動的に推進軸系から切離し、他の健全な機関によりそのまま航行を続行させる方式が船の稼動率を高め安全性を向上させるためにも非常に有効である。

第3章 試験装置

3.1 製作した機関の基本的構想

- (1) 主機関は2台とし歯車接手および減速歯車を介してプロペラ軸につなぐ。
- (2) 主機関は船橋より遠隔制御される。
- (3) 2基の主機関の中、いずれかの機関に故障を生じ引き続き連続運転を行なうことが好ましくない状態になった場合には、機関と減速小歯車間に設けた機械式接手を自動的に離脱させる。
- (4) 計器類は機関室内に集中配列し、固定テレビカメラによって船橋で監視する。
- (5) 別に1台のテレビカメラを機関室中央に設け、それによって機関室内の監視を船橋より遠隔にて行なう。このテレビカメラは船橋より走行、左右首振および上下首振を遠隔操作しうるものとする。

3.2 装置の主要目

本試験に供された機器ならびに主たる要目は表3.1に示す。

表 3.1 試験装置主要目表

機器名称		仕様	
主機関	型式	4サイクル単動、堅型、可逆転、空気冷却器付過給ディーゼル機関	
	シリンドル数	横浜 M.A.N G6V 23.5/33AL	
	シリンドラ径×行程	6	
	最大出力	235mm × 330mm	
	回転数	600 PS	
	台数	600rpm	
		2	
減速装置	型式	はすば歯車一段減速	
	減速比	600/251=2.39	
軸接手	ヒルセンカップリング(筒型バネ式)		
	エヤフレックスカップリング(空気圧摩擦式)		
クラッチ	クロウクラッチ(減速装置内蔵型)		
出力制御装置	電気油圧式遠隔操縦盤		
	操縦ダイヤル、回転計、運転ランプ、警報ランプ、エンジンテレグラフロガーネット装置(操縦ダイヤルと連動式)を盤面に組込		

油圧ポンプユニット

可変吐出量型油圧ポンプ、サーボバルブ、ソレノイドバルブ等装備

油圧シリング

ガバナ（ウッドワード PSG 型）

回転計発信器

ポテンショメータ

遠隔監視装置	テレビ受像機（16時）および遠隔操作盤
	テレビカメラ 2台（固定用・移動用各1）
	25-100mm ズームレンズ
	±160°施向 ±45°俯仰装置付
	機関室監視盤
	主要圧力計、温度計組込

3.3 各装置の説明

3.3.1 軸接手およびクラッチ

トルク変動の大きいディーゼル機関から減速歯車を保護するために、従来は化磁接手あるいは液体接手が使用されていたが、検討の結果ヒルセンカップリング（筒型バネ式接手）で十分であるとの実績よりこれを採用した。

クラッチは航行中主機関を停止させずいずれかの機関を離脱させる方法として構造の簡単で堅牢なクロウクラッチを採用し、脱操作は油圧シリンダによって行なうこととした。嵌操作は誤操作によりクロウクラッチを運転中“嵌”とする危険防止および振動系より2基間のタイミングを合せること等を考慮して手動とした。

上記装置は実船に搭載し試験を行なったが、最近注目されている摩擦式クラッチ（エアフレックス）についても工場で試験を実施し、ヒルセン接手およびクロウクラッチとの性能の比較、調査を行なった。

これらの装置を図3.1に示す。

3.3.2 負荷分担装置

多基1軸機関で最も重要な各機関に対する負荷の均等分担は機関本体より切離された1台のガバナにより2基の機関を同時に制御する方式を採用した。すなわち減速歯車装置にウッドワードPSG型ガバナ1台を取付け、大歯車軸端より歯車增速してガバナに連結し、プロペラ軸回転数を検出する。ガバナ出力軸の動きは図3.2に示すごとくガバナ出力軸運動の発信ポテンショメータ（左右舷機用各1個）と2基の機関の燃料調整桿の動きを検出している追従ポテンショメータとの間に電位差を生じさせ、その電位差を増幅器を通してサーボバルブを作動させ、機関付の燃料調整桿に連結している油圧シリンダを調整する。従って2基の機関への燃料配分は常に同じ状態に保たれ負荷を均等に分担するので、個々の機関には速度制御ガバナは設けず、オーバースピードトリップ（機関過速度停止装置）を設けるだけで良く、簡単確実な方法である。

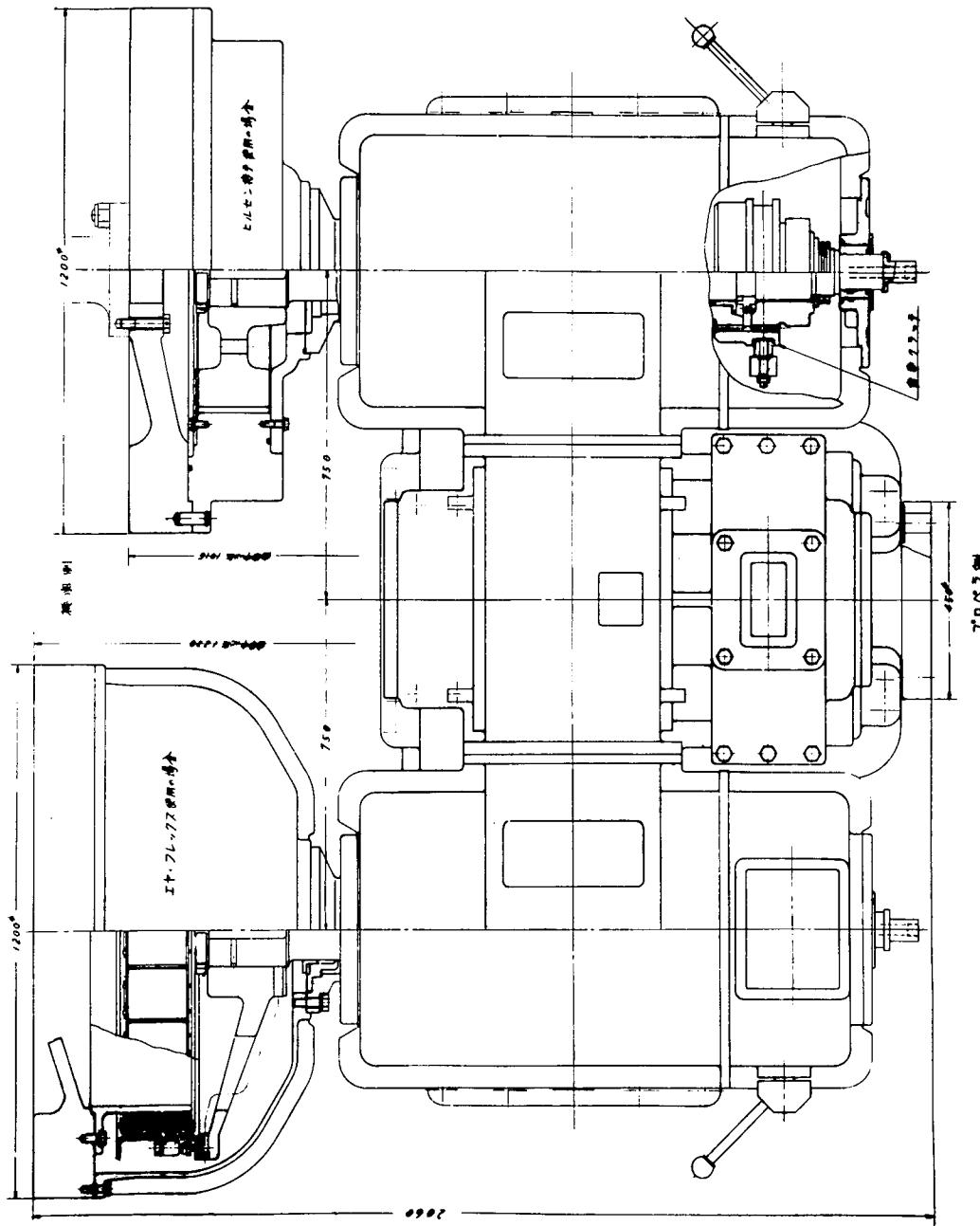


図 3.1 減速機およびクラッチ

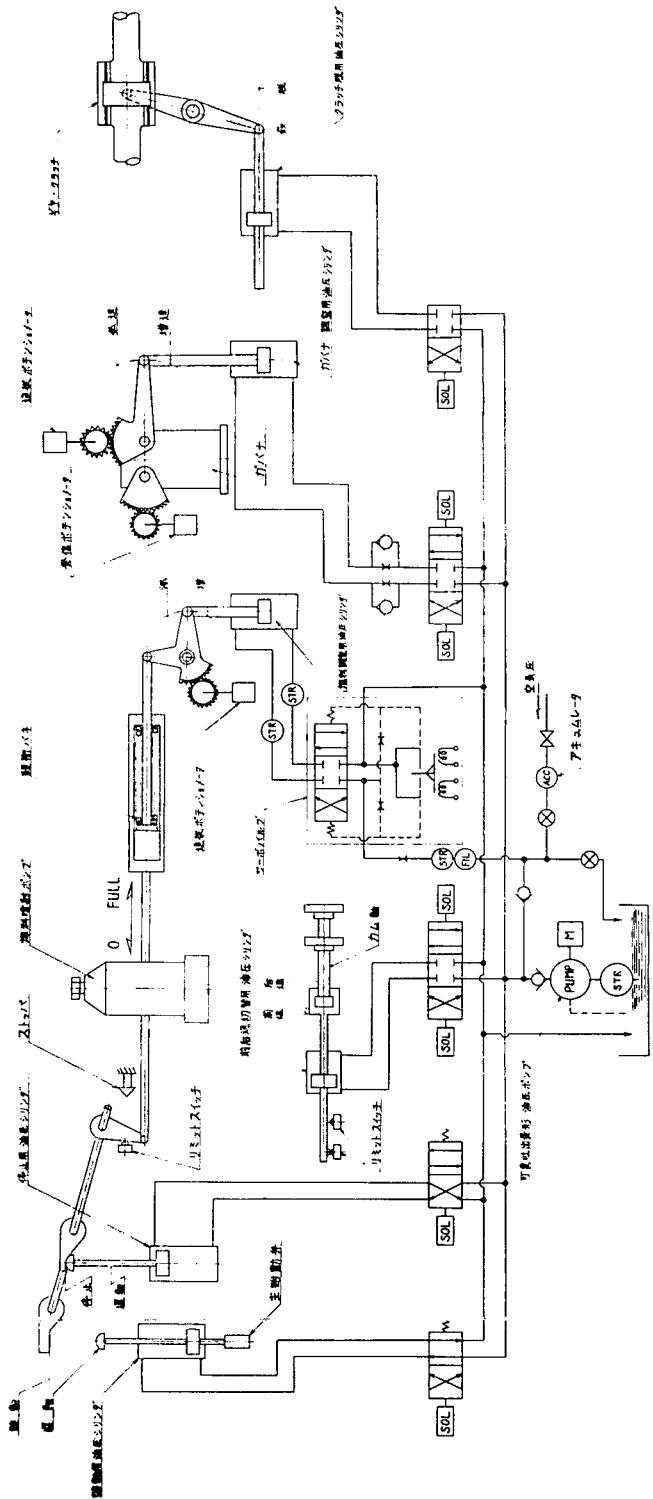


図 3.2 主機遠隔操縦装置作動図

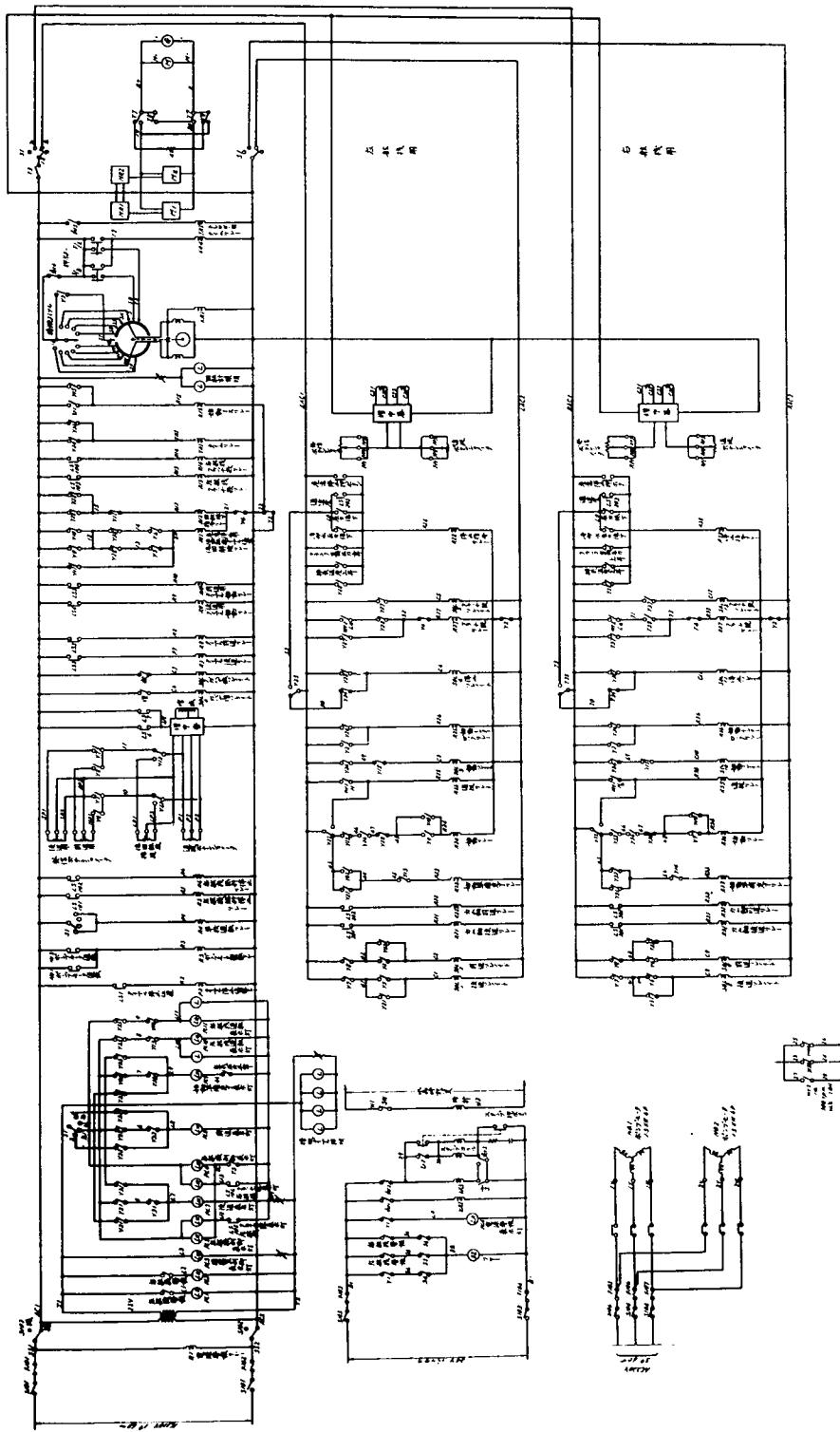


圖 3.3 主機驅動制御裝置電路系統圖

3.3.3 主機遠隔操縦装置

主機の遠隔操縦は図3.2および図3.3に示すごとき電気油圧式とし、船橋に主機遠隔操縦盤を設けて、これに主機操縦ダイアル、機関選択スイッチ、回転計、エンジンテレグラクロガーおよび各種運転、警報ランプ等を組込み、主機の発停、速度制御および前後進切換の各操作は操縦ダイアルによりワンタッチで簡単に行なえる方式とした。一方機関室には油圧ポンプユニットを装備し船橋遠隔操縦盤よりの指令をサーボバルブ、ソレノイドバルブ等により機関或は減速機付の各種油圧シリンダに伝える。

(1) 始動

主機および関連装置の準備が完了すると機関室装備の機側遠隔切換スイッチにより遠隔操縦装置に電源を入れる。

始動は図3.4のごとき順序で行なわれる。危険防止のため始動インターロックを設け、始動条件（連結クラッチ嵌、カム軸切換完全）を満足すれば始動準備完了ランプが点灯し、始動条件が満足されていない場合には始動操作を行なっても始動しない。

一般に遠隔にて機関の始動を行なう場合、始動空気の消費が多いので節約のため設定値可変の速度リレーにより始動後の空気遮断回転数を温暖、寒冷期等の外因条件により適切に選択できるものとした。

(2) 速度調整

速度調整は船橋から減速機に取付けた全速度範囲調整ガバナを制御することにより行なう。すなわち、操縦ダイアルを操作することにより操縦ダイアル運動の発信ポテンショメータとガバナ入力軸運動の追従ポテンショメータとの間に電位差を生じ、負荷分担装置と同様に増巾器、ソレノイドバルブを介してガバナ速度調整軸直結の油圧シリンダを制御する。

(3) 機関選択

2基の機関のうちいずれかの単基運転を行なう場合には、遠隔操縦盤組込みの機関選択スイッチにより一方の操作回路を切り、クラッチを離脱させることにより行なう。

3.3.4 連結クラッチ自動離脱装置

多基1軸機関の利点の1つは万一1基に故障を生じた場合でも、その機関のみをクラッチで切離すことにより航行を続行できることである。

本機関ではこれを自動的に行なうために、検討の結果次の要因を生じた場合、その機関を推進軸系から切離し停止させることにした。括弧内は検出接点を示す。

- (1) 潤滑油圧力低下（接点付圧力計）
- (2) 冷却水圧力低下（接点付圧力計）
- (3) クランク室ガス圧上昇（接点付微圧計）
- (4) シリンダ出口排気温度上昇（接点付熱電温度計）
- (5) 機関過速度
- (6) 遠隔操縦盤危急停止押釦操作

上記要因のいずれかが生じた場合、船橋、機関室および機関部員室で警報すると同時に、異常を

生じた機関の停止用油圧シリンダを作動させ、他方健全機関が過負荷とならぬよう操縦ダイアル連動の発信ポテンショメータからの指令を低回転指令に自動的に切換えて、ガバナを介して健全機関の回転数を下げる。

機関回転数が最低回転数まで低下すると、故障機関のみ油圧シリンダでクラッチを離脱させ停止させるが、健全機関は操縦ダイアル目盛に無関係に最低回転数で運転を続行する。

クラッチ離脱回転数を最低回転としたのは

- (1) 運転を続ける健全機関が過負荷とならないこと
- (2) クラッチの保護

を考慮したものである。

健全機関単基で回転数を上げる場合は、まづ操縦ダイアルを始動位置まで戻した後、単基運転に相当するダイアル目盛まで回せば機関は再び操縦ダイアルに追従する。

なお単基運転中異常発生の場合はクラッチは離脱されないまま停止する。

3.3.5 排気温度偏差警報装置

警報装置としては機関を停止させる要因として前項の 5 つの要因を 1 級警報とし、次の 4 つの要因を 2 級警報として警報のみ行なうこととした。

- (1) 潤滑油温度上昇（接点付温度計）
- (2) 冷却水温度上昇（接点付温度計）
- (3) 始動空気圧力低下（接点付圧力計）
- (4) 排気温度偏差異常増大

(1)～(3)は一般に行なわれている警報であるが、機関部無人運転の研究の 1 つとしてディーゼル機関に比的較起りやすい各シリンダの燃料噴射系の故障（燃料噴射ポンプのステイック、シリンダ間の燃料の不均一等）をブリッジにおいて早期に発見する方法として、各シリンダ出口排気温度相互差（全シリンダ平均温度差に対する温度差）を検出し、偏差増大の場合警報を発生させる排気温度偏差警報装置を開発し装備した。偏差の検出方法は 2 個のエレメント組込みの熱電対を使用し、図 3.5 のごとく一方のエレメントをシリーズに接続し、これに抵抗 R を入れて回路をつくりこの抵抗

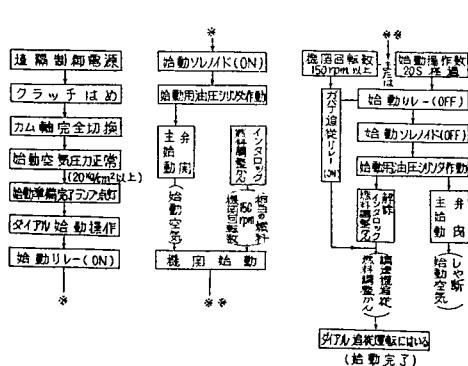


図3.4 遠隔始動シーケンス

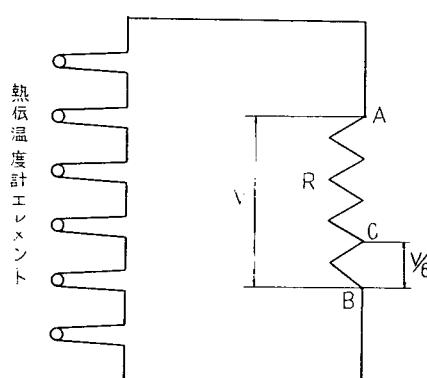


図3.5 排気温度平均値検出方法

の $\frac{1}{6}$ の点で分圧を取出せば発生電圧は全部BC間の抵抗Rにかかり、この抵抗の $\frac{1}{6}$ であるBC間の電圧は $\frac{1}{6}$ に分圧される。

全発生電圧をVとすればBC間は $V/6$ となり、これと他方のエレメントから記録温度計に導かれて検出された各シリンダの排気温度とを比較回路に入れて異常偏差を見出すものである。

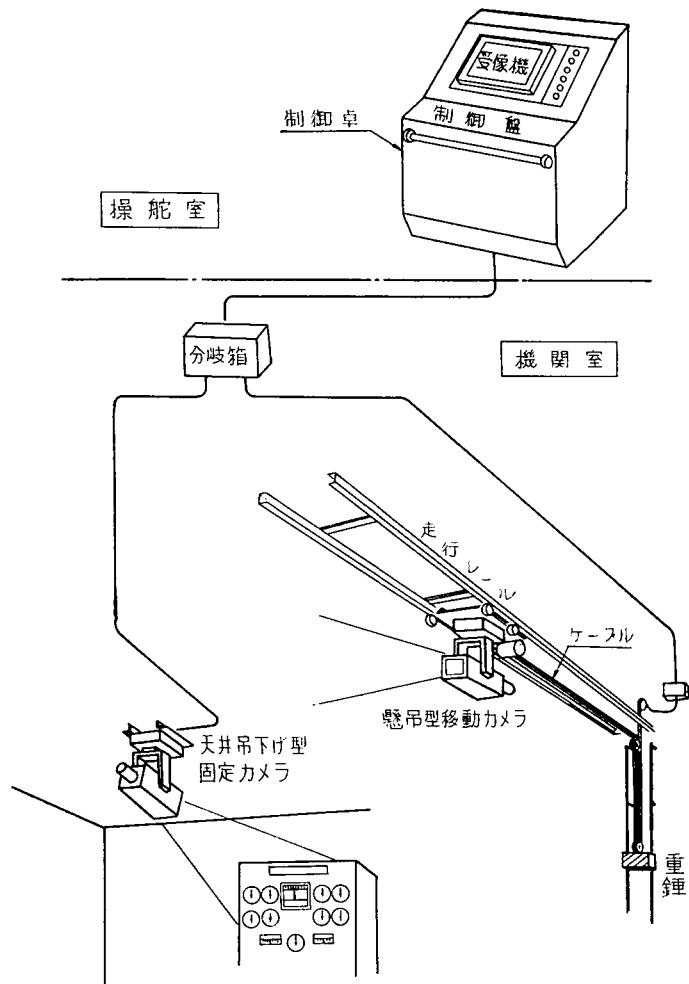


図3.6 工業用テレビジョンによる遠隔監視装置系統図

3.3.6 機関室遠隔監視用工業用テレビジョン装置

「機関室の無人運転」を行なうために、工業用テレビジョン装置（ITV）を使用する場合の問題点について基礎的調査および実験を行なった。

ITVを機関室内の監視に使用する方法として2つの方法を採用することとした。

- i) 計器類を機関室内に集中配列し、これを固定ITVカメラによつて船橋で遠隔監視する。
- ii) 機関室内を移動するITVカメラによって主機関、補機類等の移動遠隔監視を船橋にて行ない、異常を発見する一助とする。これらに使用するITVの操作はいずれも船橋より遠隔操縦を行なうものとした。装置系統図を図3.6に示す。

(1) 実現化の問題点と対策

i) 外因条件に対する事項

(7) 船内の温湿度に対する考慮

カメラは小型軽量で、しかも電力消費の少ないトランジスタ化テレビカメラを採用した。

温度変化、塩害等から保護するために密閉ケースに収めることとした。

一般にトランジスタは温度に弱いので密閉ケースに入れることは不利であるが、ケース外の気温0 °～40 °C の使用範囲においてトランジスタ周囲温度を-5 °C～+58 °C に保つことにした（この範囲では映像のコントラストはほとんど落ちないことおよび高温による動作停止などの異常も生じないこと等よりこの範囲を決定した）。本装置では密閉ケース内にファンを挿入し、カメラ・ケース内の空気とカメラ内の空気を循環させてトランジスタの周囲温度をカメラ内の気温と一致させる方法を取った。この方法で特に冷却形としないものでも目的を達し得た。

なおトランジスタ周囲温度が +50 °C を越えた場合はカメラの電源を自動的に切る回路を設けて保護することとした。また -10 °C 以下となった場合も同様の保護をしてある。

次に湿度の変化に対してはケース前面のガラスに曇りを生ずると「物を写す」ことができなくなるので、これを防止するため前面ガラスには導電性ガラスを採用することとした。

（導電性ガラスとは常時電流を流して暖めておけるガラスであって、その温度はガラスに流す電流によって制御され、常時気温より 5 °～10 °C 高くなるようにしておけば急激に気温低下をきたしてもガラスに曇りを生じない）。

(i) 振動に対する考慮

トランジスタは振動に強いので回路素子についてはそれ程問題はないが、一般にビジコン管は振動に弱いものとされている。

ビジコン管に対してはなるべく高い周波数の振動を除くこと、共振を除くこと、映像ぼけに対する振幅を小さくすることが必要である。高い周波数の振動を吸収してその障害を防ぐためには硬度の高い防振ゴムを使用することとした。すなわち、カメラは防振ゴム台に取付けた状態でケース内に収めることとした。振動対策の効果については実船に装着後の試験によって確認した。

(ii) 動搖に対する考慮

動搖に対しては旋回装置と走行移動装置が問題となる。カメラは実船には 2 台共天井吊下げ形式となる場合が多いので、傾斜した状態では回転部のモータが過負荷となるおそれがある。30 °～45 °の傾斜に対しても十分動作するような機構とし、また 90 °傾けても破壊しないように注意して装置の設計を行なった。

走行移動装置に対してはカメラがレールから脱線しないよう 2 本レール形式を採用し、両方のレールをゴムローラで上下からしっかりとはさみながら走行させる方法を探った。

なお傾斜が 30 °の状態でも十分走行ができるように設計した。

ii) 機関室内監視に関する事項

(ア) 走行移動に対する考慮

機関室内の監視を必要とする場所や監視の角度などを検討し、カメラの走行位置としては2基の機関の直上を選び、かつカメラを任意の位置で停止、発進させ同時に自由に旋回、俯仰を行なわせることによってほぼ機関室内全域の監視が可能となることが判明した。

当初U字形コースやローラ・コースタ型ジグザグコースも検討したのであるが、装備上のスペースの問題、振動、動揺の影響などによる移動機構の複雑さなどのために実施は極めて困難であったので、これらの方は採用しなかった。

さらにカメラの移動の方法として次の2種について検討した。

(a) 数ヶ所の定点で自動停止させること（6ヶ所ぐらいを考慮した）。

(b) 任意の点で映像を見つつ押ボタンで自由に停止発進させること。

(a)の方法では監視点を予め数ヶ所に決めてしまうので、その間の移動速度をあげる利点があるが、停止点をかなり多くとらない限り死角が多くなるので、監視範囲を最大限とするためには(b)の方法が良い。この場合目的物を画面でとらえるまでカメラの移動を続ける必要があるから、やや手間がかかること、および移動中に画像が流れるのを防ぐために移動速度もあまり早くできないという欠点がある（2段速度の切換方法等もあるが機構が複雑となる）。本装置は(b)の方法を採用して移動速度は8m/minとした。

(イ) 照明に対する考慮

機関室内が暗くては明確な映像は得られず遠隔監視不能となる。従って十分な明るさを持つことが必要であるが、さらに

(a) 監視に必要な個所に影を生じないこと。

(b) 照明が直接レンズに入らないこと。

を考慮する必要がある。

今回使用されるビジョン管に対しては最低照度は約100Lx、最適照度は約500Lxである。

参考のために本船と同程度の船の機関室の明るさを実測した結果、昼間の平均で80～160Lx程度しかなかった。従って機関室内のわずかな発煙の発見、異常振動の発見等を人間に目に相当する視力で撮像しようとすれば約500Lxの照明が必要と考える。

照明と映像との関係は実船において十分確認する必要がある。

また照明が直接カメラレンズに入ると照明の明るさとカメラレンズに当っている時間によっては、カメラの機能を損傷することがあるから機関室内の照明灯の位置と照度について予め十分検討しておく必要がある。

iii) 計器盤監視に関する事項

計器盤監視については実物大の計器盤模型を製作して実験を行なった。

(ア) 撮像に対する考慮

まず計器盤の計器を全部映し出して常時監視することとし、この場合計器目盛を詳しく読むことはせず、むしろ大まかに異常の有無を直感的に判断することがITV監視の主目的であるとの考えで、計器盤面にはZone目盛をほどこすこととした。同時に針の方向を正常状

態ですべて上向きになるように全部揃えることとした。

さらに詳しく細かい目盛を読取るために1ヶの計器を画面一杯に Cross up することも必要となる。

本装置では1:4のズームレンズ(25mm-100mm)を採用し、実写試験で直径15cmの計器が大体画面一杯となるための盤とカメラの距離等を研究した。

これらの条件を総合して計器盤の大きさは受像機の画面の縦横の比率にあわせて3:4とし、1,800mmのところで撮影することとして計器の取付けられる部分の盤の大きさを830mm×640mmに決定した。

(イ) 計器照明に対する考慮

計器の前面ガラスに光の反射があると針が見苦しいこと、一方からの照明では針の影ができる2本の針となって映ってしまうこと、また目盛板が深いものが多く(リミット採点付のものが多いため)縁の影が目盛板に映つることなどの問題を解決する必要がある。

計器盤の上下より螢光灯照明を行なって実験を行なったができるだけ照明が間接照明であることが望ましい。

その結果反射光の妨害を防ぐことはできたが計器の目盛板が深いため、影ができて見難いことが判明した。

自照形のメータとして実験した。

その結果は非常に良好だったので盤の全般照明は止め大部分の計器を自照形とし、自照形構造に改良できない記録計については単独に上側より螢光灯照明を行なうこととした。

計器盤の塗装はすべて艶消とし、ハレーションを起きないよう考慮した。

盤面はマンセル記号 2.5G—7/2

計器縁はマンセル記号 10G—5/2

文字板は白の艶消、文字は黒の艶消を採用した。

iV) 受像部および制御部に関する事項

(ア) 受像機に対する考慮

受像機は10, 14および16型について映像を比較し受像面の角型のもの程視野が広く四隅まで見えるので、16型を採用した。また夜間航海中光の漏れを防ぐためフードを取付けられるようにした。

このフードは昼間でも細い像の判別をするのに役立つものである。

(イ) 制御卓に対する考慮

受像機と制御盤をまとめてITV装置用の制御卓とした。本卓は操縦卓、主機管制卓と同一の外形と塗色のもので、実船では操舵室の前面に位置する。受像機は監視に便利なよう取付角度を定め、制御盤を受像機の映像を監視しつつ操作できる位置に設けた。

制御卓で行なう操作は

(a) 電源の接続

(b) 撮像管のビーム電流制御

- (c) 撮像管のフォーカス電圧制御
- (d) 撮像管のターゲット電圧制御
- (e) レバー・スイッチによるカメラレンズのズーミング制御（2個）
- (f) ハンドル 絞り制御（2個）
- (g) ハンドル 焦点制御（2個）
- (h) レバー・スイッチによるカメラの水平旋回制御（2個）
- (i) ハンドル カメラの垂直旋回制御（2個）
- (j) ハンドル カメラの走行移動制御

カメラの水平旋回は ±160°以上、垂直旋回は ±45°以上、カメラの回転速度は水平垂直共約10°/sec、移動速度は 8 m/min と決めた。

カメラレンズは 2 台共下記要目とした。

- (a) 焦点距離：25～100mm のズーム
 - (b) 絞り：1.8～22
 - (c) ズーム比：1 : 4
 - (d) 焦点範囲：2.2m
- （従って計器盤監視用のものにはアタッチメントが付けられる）
- (e) 画角：水平 28°30' (25mm)
7°15' (100mm)
 - 垂直 21°34' (25mm)
5°25' (100mm)

第4章 試験

本試験は多基1軸機関の機関部無人運転を目標に、機関部の自動化、遠隔操縦ならびに遠隔監視の問題点のいくつかを取り上げ、独自の低廉で操作の簡単なしかも信頼性の高い制御方式を研究し諸装置を作製したが、その実用性ならびに機関部無人運転に対する効果を確認するために工場および実船において次の諸試験を行なったものである。

4.1 始動試験

遠隔始動装置の作動確認、手動による始動と比較した場合の始動の難易の調査、多基1軸機関の特殊な使い方である一方の機関のみに始動空気を入れ他の機関をも同時に始動する方法と2機関同時に空気を入れ始動する方法の始動回数の比較について調査した結果表4.1のとおりであった。

4.2 負荷試験

供試機関の運転成績表を表

4.2. 性能曲線を図4.1に示す。

2基の機関の調整すなわち負荷均等分担確認のため、まずそれぞれ単基運転で負荷試験を行ない、燃料ラック目盛、排気温度ならびにシリンダ内最高圧力等の調整および記録採取を行ない、両基のデータをそろえた後、2基直結負荷試験を行なった。

2基間の調整は実船における常用出力すなわち85%において行なったので、低負荷において若干差異を生じたが、常用範囲においては負荷分担は非常に良好であった。

4.3 連結クラッチ自動離脱試験

実船で2基運転中、1基機関の危急停止押ボタンを押し

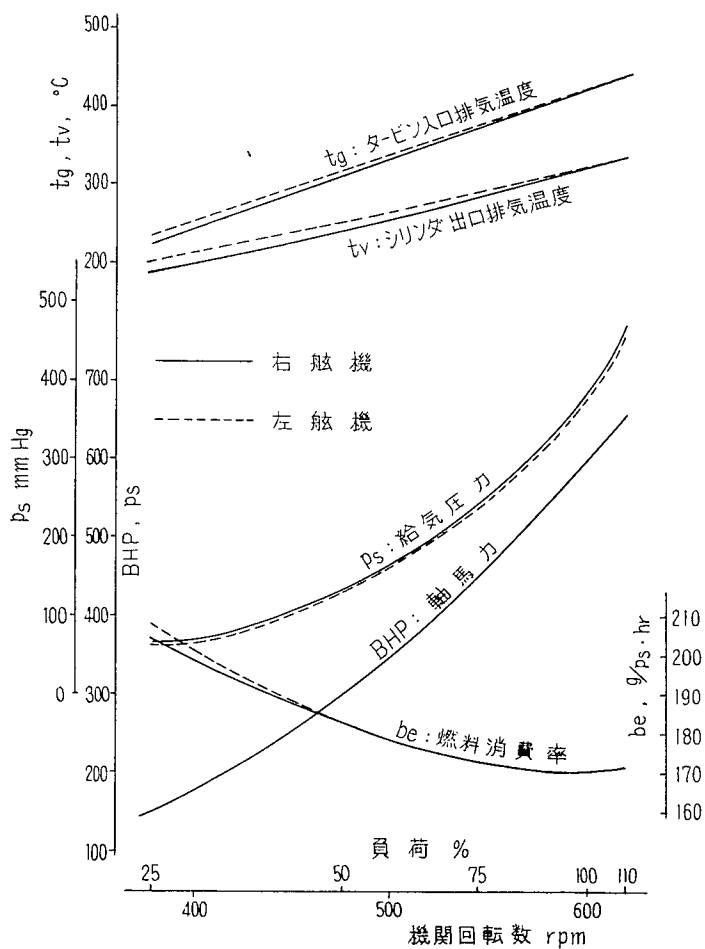


図4.1 2機直結運転性能曲線

その機関の停止用油圧シリンダが作動する迄、最低回転数（170rpmに設定）迄、回転数低下の後連結クラッチ自動離脱開始および離脱完了迄の各々の時間を計測し停止されない機関は最低回転数で運転が続行されることを確認する試験を行なった。結果は図4.2に示す。

なお比較参考のため行なった1基運転中の危急停止試験結果を図4.3に示す。

4.4 排気温度偏差警報装置

試験は2基運転中任意の機関の1シリンドラの燃料噴射ポンプをカットオフし、そのシリンドラの排気温度および他のシリンドラの平均温度の時間的変化を計測した。

平均温度からの偏差が $\pm 50^{\circ}\text{C}$ になると警報するよう設定し、75%負荷を工場試験で、また85%負荷を負荷変動の大きい実船試験で行ない、燃料カットオフにより警報迄の所要時間を計測した。75%負荷時の試験結果を図4.4、85%負荷時の試験結果を図4.5に示す。

4.5 振振動計測

ヒルセン接手の振振動におよぼす影響について調べるため振振動の計測を行なった。実船の軸系および振振動計測結果をそれぞれ図4.6および図4.7に示す。

4.6 エアフレックス試験

無負荷最低回転（機関回転数150rpmに設定）において燃料を一定（ガバナ追従としない）として嵌脱試験を行ない、機関回転数変化、減速機回転数変化およびエアフレックスの空気室に作用する空気圧の変化をオツシログラフにて計測したもので、その結果を図4.8に示す。1回の嵌脱に必要な所要空気量は計算値30.8N lit.に対して実際は33.8N lit.であった。

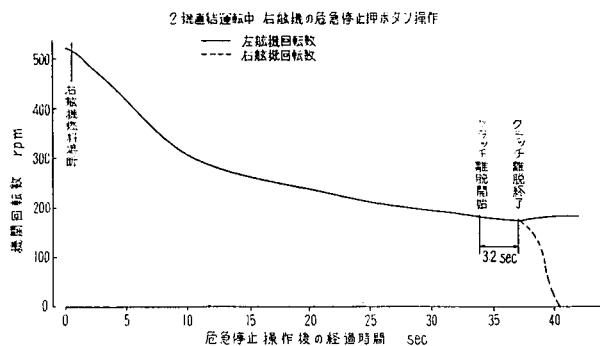


図4.2 クラッチ自動離脱試験結果(1)

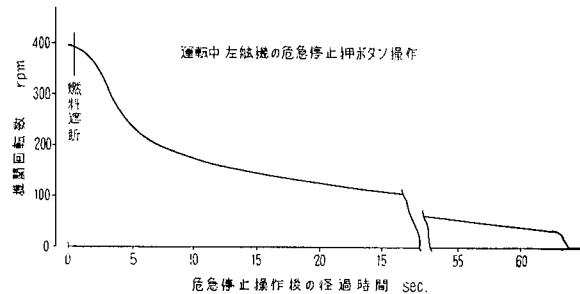


図4.3 クラッチ自動離脱試験結果(2)

表4.1 始動試験結果

始動条件	空気槽圧力, kg/cm ²		始動回数
	初期圧力	最低始動圧力	
遠隔始動 { 片舷始動 両舷〃	29.0	10.3	7
	30.0	8.2	8
手動始動 { 片舷〃 両舷〃	21.5	8.4	7
	22.5	7.6	6
周囲条件		空気槽容量: 338 ℥ 室温: 20°C 冷却水温度: 19°C 潤滑油温度: 20°C	

表4.2 負荷試験計測結果

計測年月日および場所	右舷機						左舷機										
	昭和38年10月8日 当所組立工場																
使用燃料油の種類	A重油																
試験継続時間 分	30	30	30	120	60	30	30	30	120	60	30						
負荷 %	25	50	75	85	100	110	25	50	75	85	100	110					
回転速度 rpm	378	476	545	568	600	619											
出力 PS	150	300	450	510	600	660											
平均有効圧力 kg/cm ²	4.16	6.60	8.65	9.41	10.5	11.3											
燃料指標	5.7	7.3	8.7	9.5	10	11	5.8	7.3	8.7	9.4	10	10.6					
燃料消費率 kg/h	30.3	54.3	77.0	86.7	101.4	112.3	30.8	54.3	77.0	86.4	101.2	112.1					
〃 g/PS·h	204	183	173	172	171	172	208	183	173	171	170	172					
冷却水圧力 kg/cm ²	1.0	0.7	0.7	0.7	0.78	0.85	0.9	0.8	0.8	0.85	0.88	0.9					
潤滑油圧力 〃	2.9	3.5	3.5	3.6	3.5	3.5	2.8	3.3	3.3	3.6	3.45	3.5					
燃料油圧力 〃	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1					
給気圧力 mmHg	65	140	245	300	386	470	61	130	242	290	380	463					
ラック目盛	12.6	16.3	19.8	20.5	22.0	23.3	12.8	16.3	19.8	20.8	21.8	22.8					
シリンダ内圧縮圧力 kg/cm ²	23	33	38	43	48	52	23	33	37	42	45	50					
シリンダ内最大圧力 〃	57	60	63.5	65	67	68	56	60	61	63	65	66					
冷却水温度機関入口 °C	42	37	38	39	38	39	42	38	40	40	39	39					
〃 機関出口 〃	48	41	43	42	41	42	48	42	44	43	43	43.5					
潤滑油温度機関入口 〃	24	27	30	34.5	34.5	36	25	28	31	33	35	36					
〃 機関出口 〃	32	37	40	44.5	46	47	31.5	36	39	43	45	46					
シリンダ排出ガス温度 〃	190	240	283	304	326	339	203	251	294	305	327	341					
シリンダ冷却水出口温度 〃	49.5	44	47	48	48	48	47	44.5	48	48	49	49					
タービン入口排気温度 〃	225	313	373	398	425	445	233	318	380	400	426	445					
タービン出口 〃	200	260	320	400	415	455	205	280	365	402	435	445					
タービン入口排気圧力 mmHg	28	262	274	251	308	380	—	—	—	—	—	—					
試験場内温度 °C	20	21	22	23.5	24	24											

(注) ラック目盛、圧縮圧力、最大圧力、排出ガス温度、冷却水出口温度は各シリンダの平均値を示す

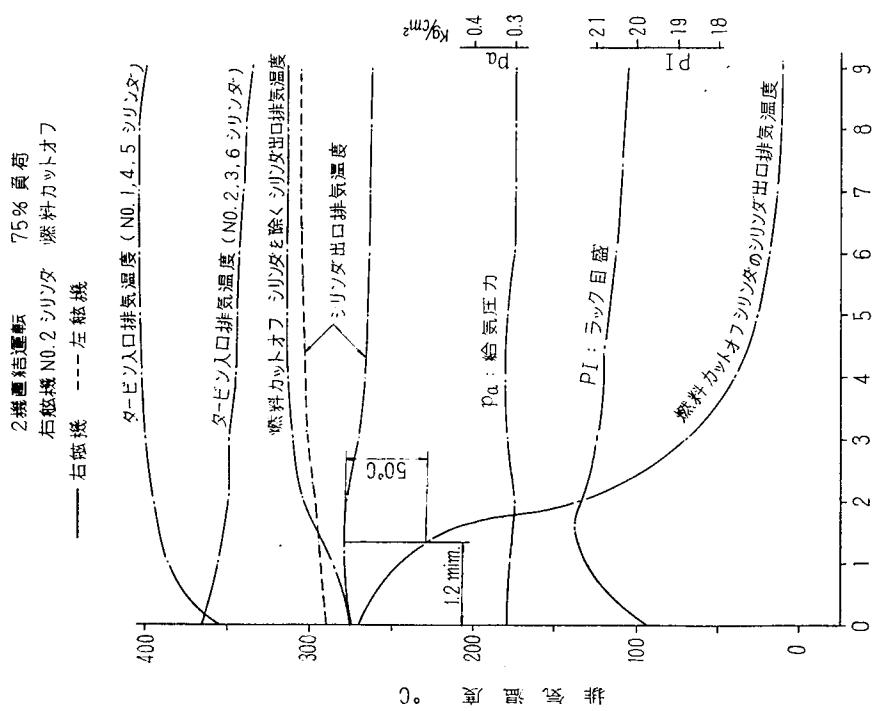


図4.4 排気温度偏差試験結果(1) 工場運転

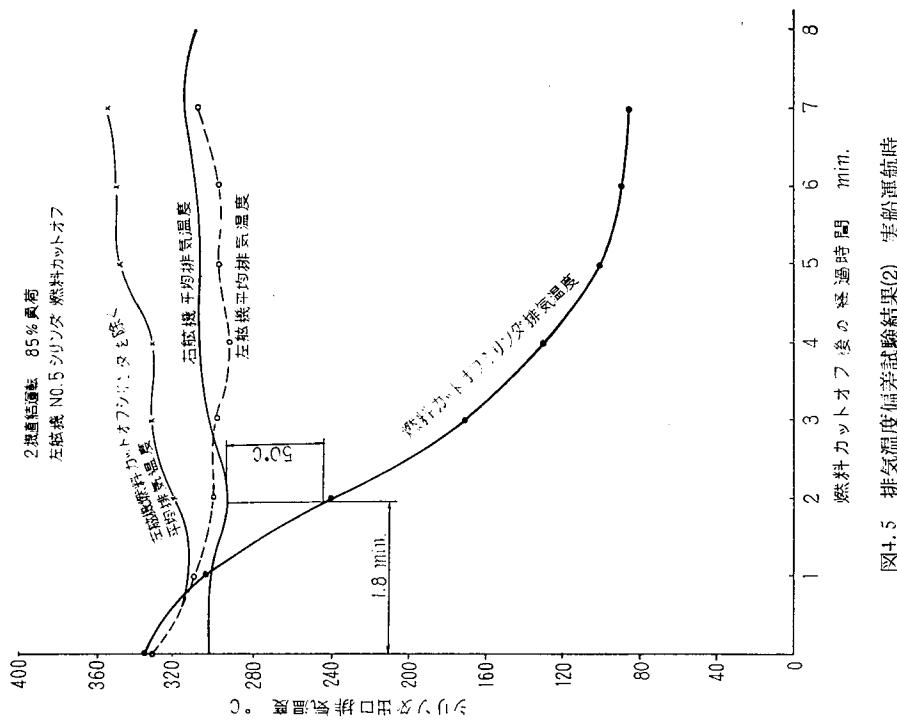


図4.5 排気温度偏差試験結果(2) 実船運航時

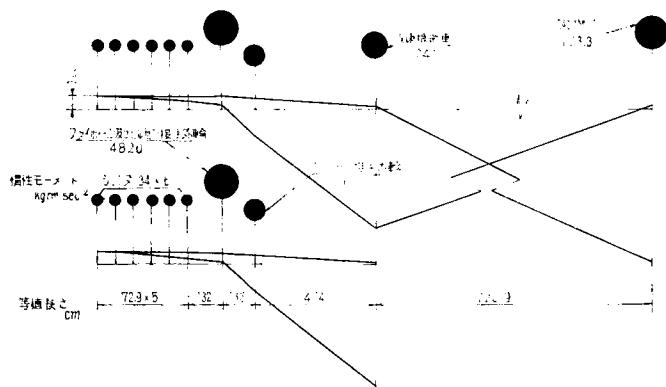


図4.6 実船2基1軸捩振動軸系および正規弾性曲線

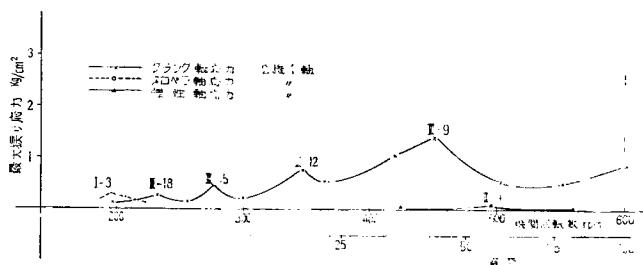


図4.7 実船振動計測結果（2基1軸）

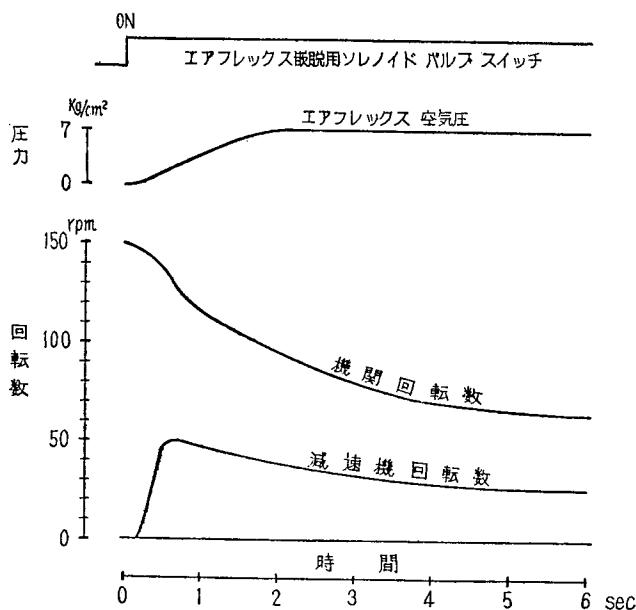


図 4.8 エアフレックス“嵌”試験結果

第5章 成 果

5.1 遠隔始動

遠隔始動による空気の消費防止、1基機関のみに始動空気を入れて他の機関を始動する場合および誤操作に対する始動インターロック装置について取り上げた。

- (1) 遠隔始動による空気流量に対しては始動空気遮断回転数の設定値を可変とし、外囲条件に適した回転数に設定すれば始動回数は手動始動の場合と大差なく行なうことができる。始動渋滞タイムも設けたが、操縦者の注意により十分カバーできるので、必ずしも必要ではなかった。
- (2) 単基のみ空気を入れ他の機関を始動する場合は2基に同時に空気を入れ始動する場合に比し運転に入る迄の所要時間および始動回数は予想したより差はなかったが、始動の迅速かつ確実な点からは2基同時に空気を入れ使用する方が良い。
- (3) 始動インターロックは遠隔操縦の場合誤操作による事故防止のため必要である。始動条件として「カム軸切換完全」「クラッチ嵌」の他に「始動空気圧力正常（空気圧力 20kg/cm^2 以上）」を入れることを検討したが、特に危険ではなく、最低始動圧力も周囲条件により異り、また別に圧力低下警報を設けているので始動条件から除いたが実用上差支えなかった。

5.2 出力制御負荷分担装置

本装置は多基1軸機関の比較的簡単な出力制御の方法としてプロペラ回転数を1台のガバナで検出し、それにより各機関の燃料噴射量を制御する方法を採用したので、2基の機関への作動誤差ならびに操縦ダイアル操作、或いは負荷急増時のガバナの作動遅れや速度変動についてオツシログラフ計測等により調査したが、ガバナの作動は鋭敏で、2基の燃料調整桿への作動遅れもほとんどなく、運転成績にみられるごとく負荷均等分担に対しても満足すべき結果が得られた。

5.3 連結クラッチ自動離脱試験

2基直結運転中単基機関故障による警報発生、自動停止迄の所要時間は40.4秒の短時間であり、その間健全機関にて航行は続行しており運航上からも機関保護の点からも無人運転に対して非常に有効であることが実証された。

しかしながら航行中機関室が無人であるため些細な不具合を生じても発見が遅れ大きな事故となる可能性があり、警報する要因を十分とるとか、本試験に装備した工業用テレビジョンを利用した機関室監視装置を備えるとか、或いは機関室の「音」を何らかの方法で検出し異常音発生に対して警報させる方法等が考えられるが、いずれも人が機関室で五感により行なう監視に劣る面がある。従って本クラッチ自動離脱装置を装備すれば十分というものではなく、それ以前の問題として主機はいう迄もなく関連補機も信頼性の高いものを装備しなければ完全な無人化は達成され得ない。

5.4 排気温度偏差警報装置

平常機関運転時各シリンド出口排気温度の偏差は最大 $\pm 20^\circ\text{C}$ であるが長期運転後の燃料不均一を

考慮して警報偏差値を $\pm 50^{\circ}\text{C}$ に設定して試験を行なったが、図 4.3 および図 4.4 より明らかに燃料カットオフ後警報発生迄に要する時間は僅か 1.2 分でまた負荷変動の大きい実船における 85% 負荷時においても 1.8 分であり、燃料噴射系の故障がブリッジにおいて僅か 2 分以内に警報するゆえ、高価なデジタル式の偏差警報装置を使用する迄もなく、十分探知しうることが確認された。

5.5 実船搭載運航状況

本試験に供された諸装置はそのまま三洋海運（株）「第 5 富洋丸」(1,350DWT) に搭載して実船試験を行なった後、引続いてそのまま実際に運航しており、実船運航状況および本装置を使用する側からみた評価について調査した。本船は主として釜石一室蘭間に石炭、鉱石専用船としてピストン輸送に従事している。

昭和38年12月より昭和39年8月初旬迄の主機使用時間は次のとおりである。

- (1) 総運転時間 : 2,163 時間
- (2) 常用負荷 (85% 負荷) 運転時間 : 1,906 時間

5.5.1 ブリッジ・リモート・コントロール

機関部員は機関長を含む 3 名のみで大巾に削減され、出入港時に機関長が主機をブリッジコントロールと同時に 1, 2 等機関士が機関室にて整備点検を行なうが、航海に入れば 4 時間交代の当直で、在来船と異なり常時機関室在室の当直は行なわず、運転記録採取時および時おりの見廻り程度にとどめ、船橋からのテレビジョンによる遠隔監視或いは私室において事務処理を行なう。

主機の操縦は原則として機関部員が行なうが、危急の場合機関部員が船橋にいない場合を考慮して甲板部員にも操作方法は十分教示してある。

2 基の機関の負荷等配分の調整は 1 航海中、港間で必ず 1 度各シリンダの爆発最高圧力を計測し、排気温度、給気圧、燃料噴射ポンプラック目盛等から総合的に判断してラック調整、燃料噴射時期の調整をしているので、現在迄特に不均衡を生じたことはない。主機の遠隔操縦はワンマン・コントロールで十分で、遠隔始動も丁度寒冷期における実績が得られたが、2 基の機関を同時始動する方式を採っているので常に 1 回の操作で始動しており良好である。

5.5.2 機関保護装置

小樽より釜石向航行中冷却水圧力低下警報 (1 級警報) により右舷機が自動停止したが、主機関が 2 基であるため健全機関で航行を続行中故障部を修理して 2 基運転に切換え漂泊することなく無事入港し、本装置の安全性、経済的な運航性が実証された。しかしクラッチ嵌操作を行なう場合一たん機関を停止しなければならず、また両基のタイミングを合わせてターニングして嵌にしなければならないのでやや時間がかかる。運転時間約 1600 時間でクラッチを解放して各部点検したが、異常は全くみれなかった。

警報装置について乗組員より「この程度で妥当であるが、始動空気圧力低下警報は本船の場合接岸、離岸の際はテレビにより始動空気圧力計を監視して始動回数を予測しつつ発停操作を行なっているので、このようなテレビ監視可能な船に対しては特に警報を設ける必要はない」とのことであった。

警報設定については排気温度偏差警報は計画の $\pm 50^{\circ}\text{C}$ を実際は $\pm 30^{\circ}\text{C}$ として使用している。機

閥直結ポンプを使用している潤滑油および冷却水の圧力低下警報回路を機関回転数 300rpm 以上で形成されているが、常用回転数の時の圧力に比し警報設定値が低過ぎるので、航海中は安全のため設定値を若干上げて使っている。従って今後の課題としてこれらの圧力低下警報設定値は機関回転数に連動して上下しうるような設計にすることが望しい。また始動後急激に回転数を上げる場合機関回転数が警報回路形成回転数 300rpm に達しても潤滑油、冷却水圧力がフォローゼル警報発生する恐れがあり、容量の大きいポンプに装備するのは不経済であるためタイマを設置することも一つの方法であろう。

5.5.3 テレビ監視装置

テレビ関係の事故として固定テレビ偏向トランジスタ不良によるカメラ旋回不能等事故があったが 26° 程度の船の動搖に対しても鮮明な映像が得られ、プリッジ遠隔監視に大いに利用されている。

航海時テレビカメラの受像対象として使用頻度の一例は表 5.1 のとおりであり、ロング監視（クローズアップ）の頻度の方が多い。航海中は主として主機監視盤を監視し、出入港、離接岸の際は主機発停の始動可能回数を予知し、操船の便を計るために主機監視盤内の始動空気圧力計を主として監視している。

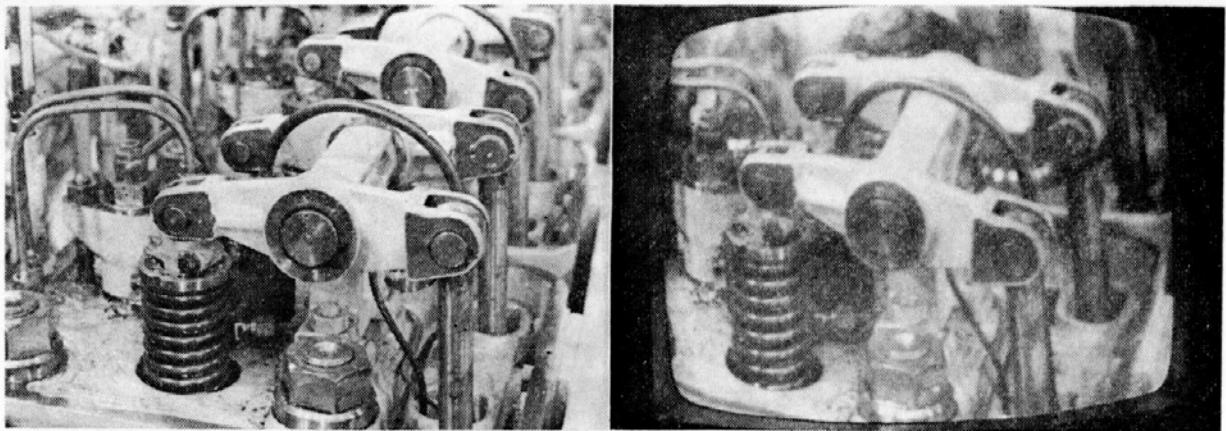
夜間航行時操船者におよぼす幻惑の度合は月夜には余り支障はないが、暗夜は面像をみた後洋上監視に眼が慣れる迄 2、3 分を要する。しかし暗夜または霧中は航行中映像をみる時はレーダーを使用して本船の周囲の状況を確認しているため、洋上監視に実際上支障はない。輝度を最低にして監視すれば幻惑は余り感じないが、機関部室の細部迄点検することは困難である。

テレビ監視装置は当直中大きな騒音の機関室内に在室することなく、労働環境改善の面からも有効である。

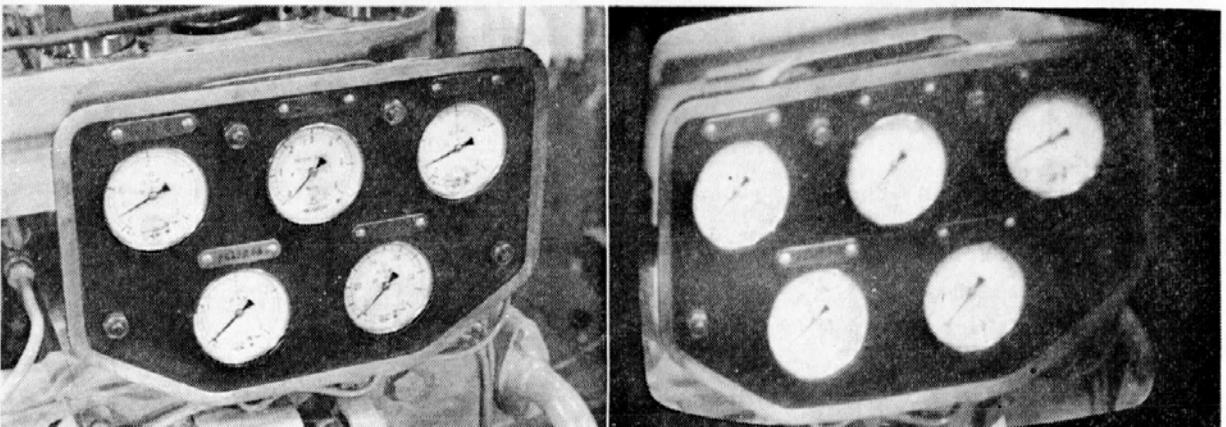
写真 5.1 に示す写真は遠隔監視テレビ受像機の映像と実際とを比較したものである。

表5.1 テレビ・カメラ使用頻度

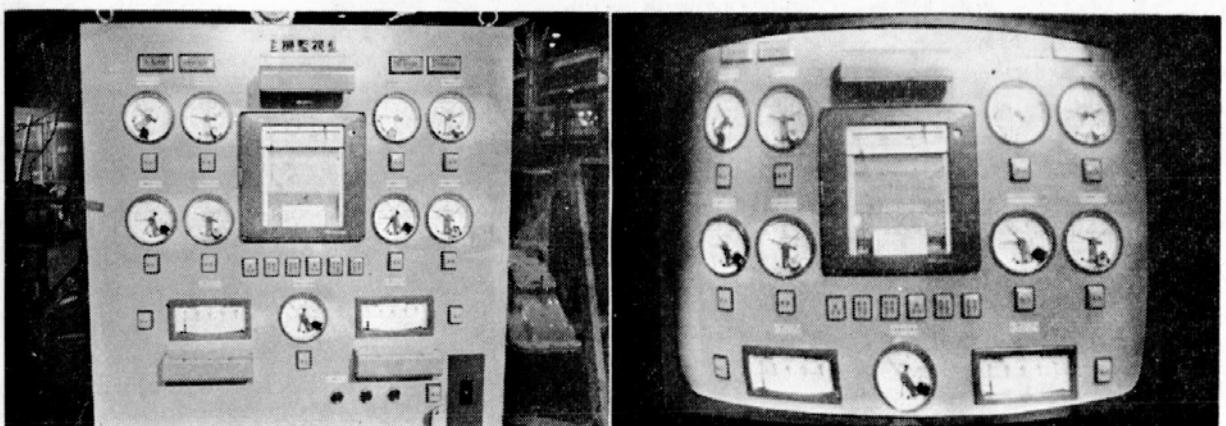
カメラ	受像対象	使用頻度 (%)	
		Long	Short
機関室内一般監視 (移動カメラ)	主機(左舷)	5	10
	主機(右舷)	5	10
	補機(左舷)	2	3
	補機(右舷)		
	上段補機(左舷)	—	—
	上段補機(右舷)	—	—
計器盤監視 (固定カメラ)	警報表示盤	10	—
	発電機自動発停盤	—	—
	主機監視盤	40	—
	1号発電機	3	2
	2号発電機		
	100V給電盤		
	1号集合起動盤	—	5
	2号集合起動盤		
	220V給電盤		



(1) 動弁装置



(2) 機関付計器板



(3) 主機監視盤

写真5.1 遠隔監視テレビジョン映像写真
(右列はテレビジョン映像、左列は実物の写真)

第6章 結論

多基1軸機関を有するディーゼル船の機関部無人運転に関する研究として各種機器を製作し試験を行なったが、その性能、実用性は工場試験ならびに実船搭載運航結果から、ほぼ所期の目的を達成できた。しかしながらその耐久性については、現在就航して1年足らずで判定できず、今後の運航状態に注目している。

機関部の無人化をどの程度迄進めるかは、船の安全性、乗員の削減、或いは運航採算性等総合的に考慮して、決定されるべきであるが、本試験研究では機関部無人運転のための簡単で、作動の確実な方式（装置）の研究、開発をテーマとしたので、2基の機関の遠隔制御には1台のガバナで2機関を同時に制御する方式を探り、また軸接手には高価な流体接手等使用することなく、ヒルセン接手を採用するなど相当簡略化した方式としたが、在来船の性能を損うことなく、十分満足な性能が得られることを確認した。

航行中機関部を無人運転するために特に問題となる事故の処理として、警報する要因を十分設けると同時に、重故障の場合航行を中断することなく故障機関のみを自動的に停止させる方式を採用した結果船の安全性を高め、稼動率を向上させるのに非常に有効となり、また乗組員の精神的負担をも軽減することができた。

機関部を無人化するために解決しなければならない今一つの問題として異常の早期発見があり、些細な異常でも、発見の遅れにより、重大な事故を引起す可能性が大きく、本試験研究では、テレビジョンを利用した遠隔監視として採上げたが、視覚だけで異常を発見することは極く稀であり、視野の限られているテレビジョン監視装置では、計器類の監視が主となる。従って現在、一般に行なわれている圧力、温度の監視の他に“音”或いは“振動”より異常を発見することが今後無人化を進めていく上で重要な課題となろう。

本試験研究は、無人化の第1段階として主機関を対象として行なったものであるが、関連補機の信頼性の向上をも含めたすべての機器に無人化に対する対策が講じられて、はじめて完全な機関部の無人化が達成される。

昭和 39 年 11 月 10 日 印刷
昭和 39 年 11 月 15 日 発行
日本造船研究協会報告 第 47 号
発行人 菅 四 郎
発行所 社団法人 日本造船研究協会
東京都港区芝琴平町 35
「船 舶 振 興 ビ ル」 8 階
電 話 (502) 2371~80
内 線 (421~426)
印刷所 株式会社 青 光 社
東京都品川区五反田 1 の 249
電 話 (441) 0006, 4444, 2020