

ニューヨーク定期貨物船山隆丸による 北太平洋航海性能実船試験について

(第一報)

高石 敬史* 安藤 定雄* 門井 弘行**

Test on Service Performance of M.S.Yamataka-Maru at North Pacific Route

By

Yoshifumi Takaishi, Sadao Ando, Hiroyuki Kadoi

Abstract

A series of full sized observational experiments on seaworthiness of ships has been performed by the once every year starting from 1961, in order to collect data about ship motion, propulsive performance and stresses of the structures on the ships under service. M.S.YAMATAKAMARU is the third tested ship and the experiments were carried out on her 18th voyage between Yokohama and New York from Dec. 28th, 1963 to Jan. 30th, 1964.

The items measured were ;

a) Propulsive performance

speed of ship, revolution of propeller, torque of shaft.

b) Ship motion and steering performance

pitching and rolling angle, yawing angle, vertical accelerations, wave elevation at midship, helm angle, steering frequency.

c) Stress on structural member

longitudinal stress frequency on upper deck, transverse stress on webb frame at midship, maximum water pressure on upper deck by the green sea.

d) Wind and sea state, ship conditions

relative wind direction and wind velocity, relative wave length, height, period, direction and sea scale.

These items were recorded simultaneously on two visi-graph recorder and some of them were also recorded on punched tape of digitizer in order to make the statistical analysis easy. The recording and observations were carried once or three times in a day and thirty-five records were collected during the voyage. In this paper, statistical description about sea state in North Pacific Ocean, speed losses in rough sea, spectral analysis of the ship motions, steering qualities in smooth and rough sea, longitudinal and transverse stress of structure and so on, were described.

* 運動性能部 ** 推進性能部

目 次

緒 言	
1. 実船試験の概要	3
1・1 供試船の概要	3
1・2 計測項目および計測方法	3
1・3 試験の種類および方法	9
1・4 試験の経過	10
2. 試験結果の要約	14
2・1 海象と気象	14
2・2 推進性能	16
2・3 操縦性能	20
2・4 構造強度	23
2・5 不規則振動の統計的解析	30
3. 考 察	57
4. 結 言	59
5. 附 録	59
A. 水位計	59
B. 操舵頻度計	60
C. デジタイザー	61
D. 海象の個人観測値	63
E. 荒天時の天気図	64
記号表	67
参考文献	67

緒言

船舶技術研究所は昭和36年以来10ヶ年計画のもとに、船舶の航海性能に関する実船実験を船舶部門の手によって実施中である。

第1回は飯野海運所属の大島丸、第2回は大同海運所属のまんはったん丸の、ともにニューヨーク定期航路の高速貨物船について行なわれ、海象状態の最も不良な時期として冬期を選び、北太平洋に於ける航海性能の向上を計るための資料を得ようとする努力が続けられている。最良の航海性能を持つ船舶とは経済性、安全性、高速性に優れた船舶であると考えられるが、これを判断するためには船型、構造、航法等のあらゆる見地から総合的な検討を加える必要がある。実船実験や模型試験によつて得られた推進性能、運動性能、構造強度等の試験結果をこれらの要因に結びつける手段としてシーマージン、動揺のパワースペクトラム、応力頻度などの形に解析、整理することは、しばしば用いられる方法であるが、これらにより船型、構造、航法などの各諸点を検討すれば航海性能の向上を計る資料を得ることが期待出来るであろう。

昭和38年度はその第3回目として前2年度と同じくニューヨーク定期航路の山下新日本汽船所属の山隆丸を対象とし、引続き同様な資料をさらに集積して行くことを主目的とした。今回は船体運動および構造強度の面で前2回にくらべいくつもの新しい試みをつけ加えたのが特徴である。

即ち、Table 1・2の各年度の計測内容の比較に見られる様に、今回の特徴として次記の諸点が挙げられる。

- 1) 操縦性能試験としてZ操舵試験、オートパイロットの応答試験、操舵頻度の計測などを加えた。これによつて旋回性、進路安定性や風波による当舵などを知らることが出来る。
- 2) 水位計の採用により、海面状態を定量的に知る手掛りとした。又これにより舷側水位とその場所の横応力との関連性を調べることが出来る。
- 3) 横応力を計測した。前回までは縦強度だけを計測しているが、横応力に関する資料が乏しいので、水位計と同じ位置のwebb Frameにて計測を行った。
- 4) デジタイザーの併用。

今回の大きな特徴として計測された各々の不規則に変動するデータを速かに解析することを容易にするためにデジタイザーを初めて搭載し、時々刻々の変動

するデータを一定時間間隔に穿孔テープに記録する方法を併用した。この穿孔テープは帰航後直ちに電子計算機にて種々な計算を行うのに用いた。これは従来より内外で行われている実船試験においてつねづね望まれていた¹⁾ところであつて少くとも我国においては始めての試みである。

1. 実船試験の概要

1・1 供試船の概要

山隆丸は第14次計画造船により昭和34年(1959年)8月日立造船桜島工場において竣工した山下新日本汽船株式会社所属の遠洋1級の高速貨物船(D.W. 12,701 TONS)である。

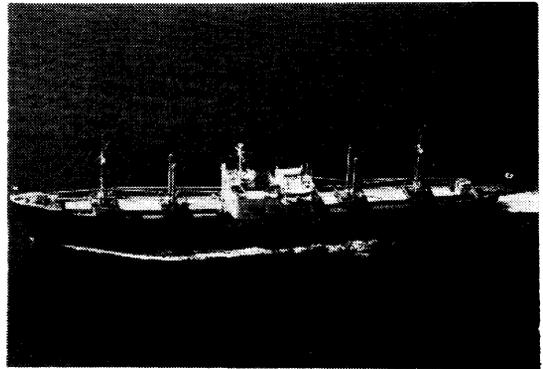


Photo 1・1 M.S. YAMATAKA-MARU

その主要目をTable 1・1に、船の全景写真をPhoto 1・1に示す。この船は船首接付甲板型で1軸1舵を具えている。

1・2 計測項目および計測方法

観測および計測項目はTable 1・2に、測定位置はFig 1・1に示す。これにも見られる如く今回は船体運動関係に重点を置いた。以下に計測項目および計測方法などについて述べるが、今回の項目中に前2回の場合とまったく同様な方法で計測しているものがあるので、それらの詳細については第1回の実験報告¹⁾(船舶技術研究所報告第1巻第3・4号)によることとし、ここでは極く簡単にまとめることにした。

1・2・1 海象および気象

i) 海象

海象は前2回と同様に総て目視観測で行つた。計測員3名が、おのおの独立に、各計測直後ナビゲーションブリッジデッキにおいて、波浪階級、波長、波高、波が船に出合う角度、波の周期を観測した。周期はス

Table 1.1

PRINCIPAL PARTICULARS OF "YAMATAKA-MARU"

KIND	DIESEL VESSEL		
PURPOSE OF EMPLOYMENT	CARGO SHIP		
OWNER	YAMASHITA SHINNIHON STEAMSHIP CO., LTD.		
NUMBER OF REGISTER	83198		
PLAYING LIMIT	OCEAN-GOING		
CLASS, TYPE	THE FIRST CLASS FLASH DECKER		
SHIP	LENGTH (O.A.)	156.25 METERS	
	LENGTH (P.P.)	145.00 METERS	
	BREADTH (MLD)	19.60 METERS	
	DEPTH (MLD)	12.40 METERS	
	DESIGNED LOAD DRAFT (MLD)	9.289 METERS	
	DESIGNED LOAD DISPLACEMENT	18,316.00 TONS	
	BLOCK COEFF.	0.674	
	PRISMATIC COEFF.	0.686	
	MIDSHIP COEFF.	0.982	
	WATERPLANE COEFF.	0.801	
		GROSS	9,307.79 TONS
	TONNAGE	NET	5,427.10 TONS
		D.W.	12,701.00 TONS
	SPEED	TRIAL	20.70 KNOTS
		SERVICE	18.00 KNOTS
	LONGITUDINAL CENTRE OF BUOYANCY	+0.60	%
	PROPELLER	TYPE	AIRFOIL 4 BLADES
DIAMETER		6.200 METERS	
PITCH RATIO (0.7R)		0.805 DEC.	
BOSS RATIO		0.242	
EXPANDED RATIO		0.486	
DIRECTION OF TURNING		RIGHT HANDED	
HEIGHT		6.200 METERS	
RUDDER	CHORD LENGTH	3.200 METERS	
	CHORD THICKNESS	0.633 METERS	
	TYPE	STREAM LINE TYPE REACTION BALANCED RUDDER	
	MAIN ENGINE	TYPE	HITACHI B & W 10704 VTBF 160×1 SET
	MAXIMUM	12,500 BHP×115 RPM	
	SERVICE	10,625 BHP×109 RPM	

Table 1 • 2

	ITEMS	1961	1962	1963	
SEA STATE	WAVE LENGTH, HEIGHT, PERIOD.	○	○	○	
	WAVE SURFACE AT MIDSHHIP.			○	*
	WIND DIRECTION, VELOCITY.	○	○	○	
PROPULSIVE PERFORMANCE	SPEED.	○	○	○	
	NUMBER OF REVOLUTION.	○	○	○	
	SHAFT TORQUE.	○	○	○	
SHIP MOTION	ROLLING & PITCHING ANGLE.	○	○	○	
	YAWING ANGLE.			○	*
	RUDDER ANGLE	○		○	
	STEERING FREQUENCY			○	*
	VERTICAL ACCELERATION.		○	○	
STRUCTURE	LONGITUDINAL STRESS FREQUENCY	○	○	○	
	TRANSVERSE STRESS.			○	*
	MAX. PRESSURE OF SHIPPED WATER.	○	○	○	
	FREQUENCY OF THE PRESSURE.	○	○		
	LONGITUDINAL STRESS.	○	○		

TEST	FREQUENCY
STATIONARY MEASUREMENT	ONCE IN EVERY DAY.
TIMELY MEASUREMENT	TWO OR THREE TIMES IN A DAY WHEN SEA IS ROUGH.
ZIG-ZAG TEST	ONCE IN SMOOTH SEA.
SPEED-POWER TEST	ONCE IN SMOOTH SEA.

トップウォッチを用いて数回の平均値として求めた。また計測時にはナビゲーションブリッジデッキの一定場所において、船首にうねりと風浪が出会うときごとに押しボタンを用いて出会マークのパルスをビジグラフに同時記録させた。この方法は後に述べる様な手続により出会周期のヒストグラムやコレログラムを介して出会う波のスペクトラムの形を推定することが出来、現在の段階では波の解明法として一番よい方法であると思われる。

荒天時には海象と海水打込を8mmシネと35mmとで撮影した。その例を Photo 1・2, 1・3 に示す。

ii) 気象

天候は各計測時ごとに計測員が観測したが、低気圧の移動、波や風の予想、その他外的条件などを検討する資料として、船がファクシミルを用いて気象通報を受信して作成した天気図を利用した。

気圧は本船に装備されていた気圧計を読み取った。

iii) 風向風速

遠洋船ではコーシンペーン式風向風速計が装備されているものが多いが、本船にはこれは装備されていなかったため、計測直後毎回コンパスフラットに行き手持の翼車型風向風速計にて計測した。

iv) 舷側水位

従来から波を定量的に測定する方法が各国で種々試みられて来たが、現在なお完全な方法がない。今回も一つの試みとして船の上から舷側の海面状態を定量的に測定することとし附録Aに説明する様な水位計を使用して左舷側の水位を測定した。

測定場所は船体中央部よりやや後方の位置で、シエルターデッキより往路は1m、復路は0.5mほど下方に設置し、計測時だけ下げた様にした。外板よりの距離は最初は1mほど突出させたが、出航後数日で波にさらわれたので、以後は約0.1m離れただけであるが支障はなかった。しかし、水位計の測定範囲は0.8~4.0mであつたので、復航の TEST NO. 212 から 219の間は波高が高過ぎて測定し得なかつた。この水位計については附録Aにて詳細に述べてある。Photo 1・4に計器の発信・受信部を、Photo 1・6に表示部、増巾部、信号処理部を、Photo 1・5に船体に取付けた発信・受信部を示す。(DC-24V. 1.8A)

1・2・2 推進性能

i) 速度

速度は本船に装備されていた船底圧カログによる平均対水速度値をブリッジの操舵室内の計器により計測

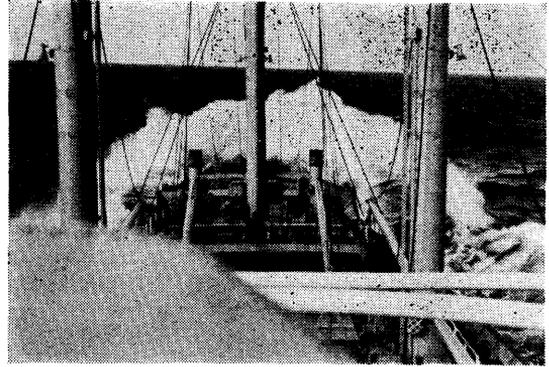


Photo 1・2 海水打込

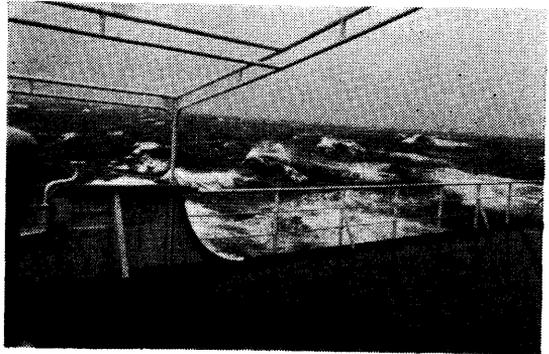


Photo 1・3 海象

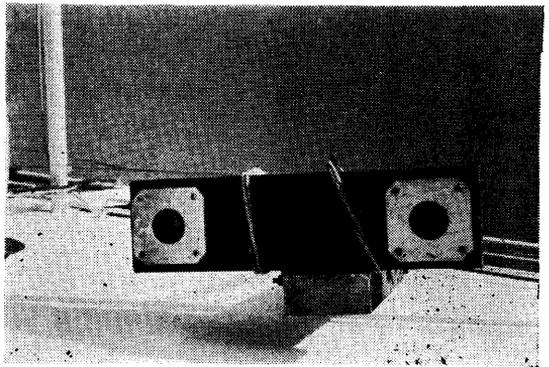


Photo 1・4 水位計の発信部と受信部

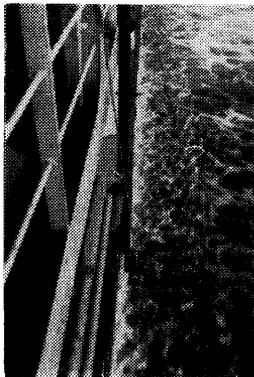


Photo 1・5
水位計の取付状態

中の変動値の平均として読みとつた。復航には静穏な海面状態の日に流木を用いて船底圧力ログの補正を行った。

ii) 回転数

回転数は前2回と同様に発電式とインダクション式との両方の回転計を併用した。

a) 発電式 軸室前端近くに設備されている本船装備の発電式回転計の出力の一つを利用した。

b) インダクション式 同じ場所附近に鉄片を推進器軸に取付け、永久磁石を軸外に固定して置くいわゆるインダクション式回転計によるパルスと同時に記録させた。後者は前者のキャリブレーション用として利用した。

iii) 推進器軸の馬力

馬力計は本船に固有のものとして軸室前端近くに装備されている日立造船式軸馬力計²⁾をそのまま使用した。この馬力計は差動変圧式であり、前2回のように箔歪計を直接軸に貼付して測定する方法よりも温度補正や零点修正などが不必要であるという点が有利である。Photo 1・7、1・8 は馬力計と軸室測定部の写真である。

1・2・3 船体運動

i) 横揺れおよび縦揺れ

前2回の場合と計測方法は变りなく計測室に設置した自動起立装置付直流フリージャイロ式動揺計を用いた。その装置の全景を Photo 1・9 の右側に示す。

(DC-28V, 5A)

ii) 船首揺れ

これも他の目的のために作成した一種のフリージャイロ式偏角計を計測室に設置して船首揺れを測定した。この装置は Photo 1・9 の左側に示す。(DC-28V, 3A)

iii) 舵角

操舵機室に設置したポテンシヨ式舵角計により舵軸に巻き付けたピアノ線でポテンシヨを動かし、その出力は計測室の記録器に同時記録させた。

iv) 操舵頻度

航海中を通じて船はどの程度の操舵をしているかを、操舵角頻度および操舵角持続時間率によつて調べるために運動性能部で新たに作製した操舵頻度計を使用³⁾して24時間毎の頻度を読みとつた。この装置は操舵機室に設置した。その詳細は附録Bに記述しておいた。Photo 1・12 はこの装置の全景である。

v) 上下加速度

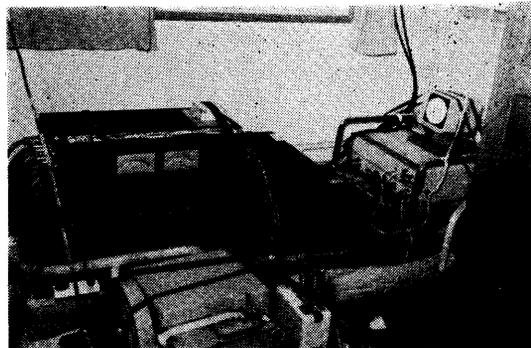


Photo 1・6 水位計本体

DM 6 H, 穿孔機計測室

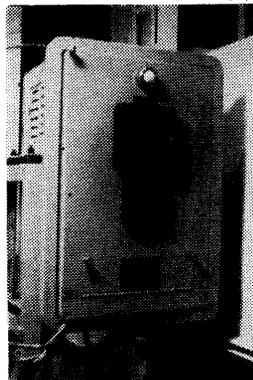


Photo 1・7 馬力計
の表示部と増幅部

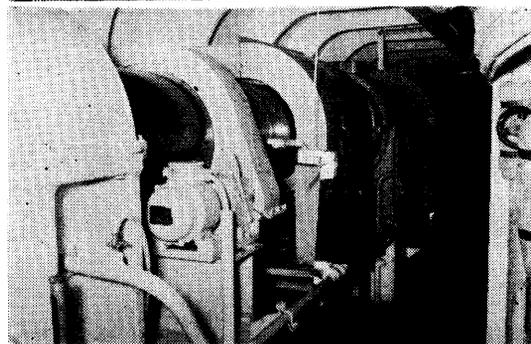


Photo 1・8 馬力, 回転計ピックアップ

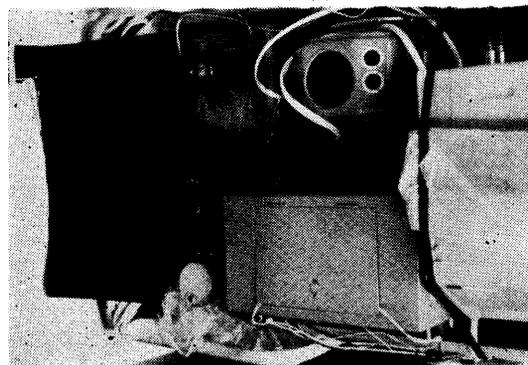


Photo 1・9 動揺計, 船首振り計

船の各部に於ける上下加速度を知るために、左右舷は船体中央部の CO₂ 室の左側と冷凍機室の右側、船体の前後については No 1 ウインチ室の中央と操舵機室、これらの他計測室にも 1 ケと計 5 ケ所において上下加速度を測定した。加速度計は、いわゆる非接着型のもので、加速度計の変位を DM 6 H 型抵抗線動的歪測定器に入れその出力を記録させた。DM 6 H は Photo 1・6 に示す。(AC-100V, 2A)

1・2・4 構造強度

i) 上甲板縦応力頻度および最高水圧

この縦応力頻度と最高水圧は前 2 回のものと同様な装置を使用した。縦応力は船体中央部の第 2 甲板の左舷にある CO₂ 室の天井に取付け、航海中の縦応力頻度を 24 時間毎に読みとつた。(AC-100V)

最高水圧は海水打込みが一番激しいと思われる第 1 ウインチ室の右舷側の甲板に取付けた。

ii) 横応力

機関室の左舷壁で水位計を取付けたとほぼ同じ位置の Webb Frame に箔歪計を貼付し、DM 6 H により歪みを計測し、その出力を記録させた。箔歪計の貼付場所の写真を Photo 1・13 に示す。

1・2・5 計測室、記録、その他

i) 計測室

ボートデツキの後部左舷側にある病室の一部を使用した、ここを計測室とした。

計測室には記録器としてビジコーダー 2 台とデジタルタイザーや動揺計、方位計、水位計本体、DM 6 H、バッテリー、充電器などを設置した。Photo 1・14 は計測室内の全景である。

ii) 記録

記録はビジコーダーを 2 台使用した。また同時にデジタルタイザーを併用した。

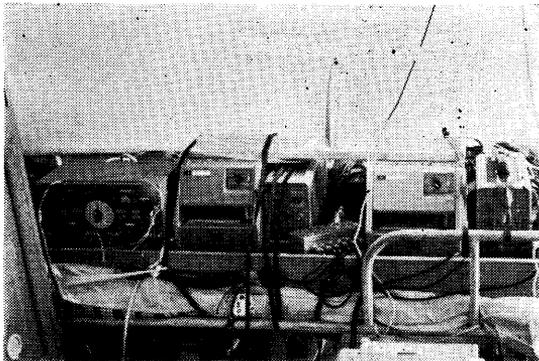


Photo 1・10 記録部ビジコーダー

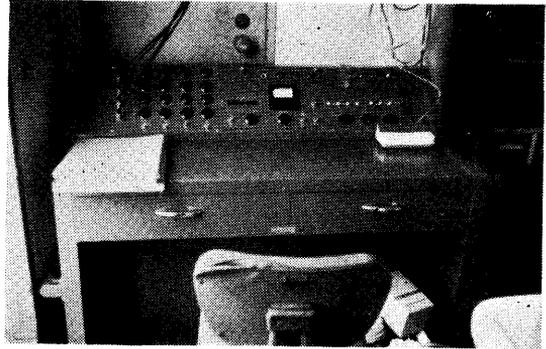


Photo 1・11 デジタルタイザー本体

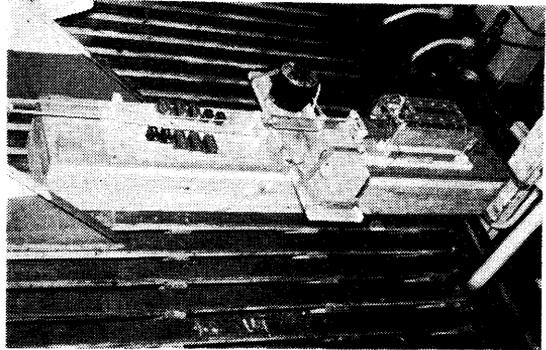


Photo 1・12 操舵頻度計

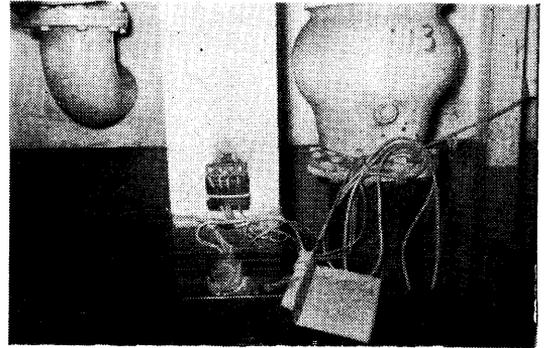


Photo 1・13 横応力ピックアップ

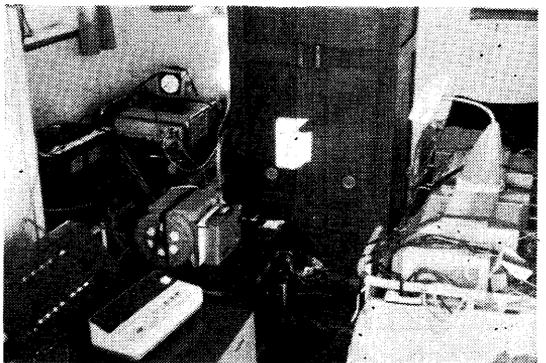
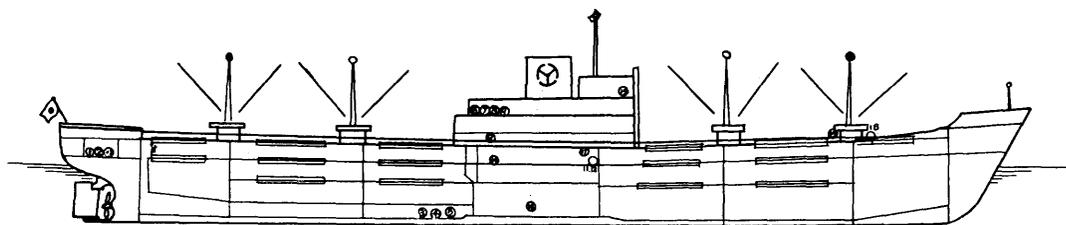


Photo 1・14 計測室全景

M.S. YAMATAKA MARU



Items	Instruments	Position
1 Helm Angle	Potentiometer	Steering engine room
2 Steering Frequency Counter	Counter type	Steering engine room
3 Revolution	Magnet (Pulse)	Shaft tunnel
4 Revolution	Tachometer	Shaft tunnel
5 Torque	Hitachi type powermeter	Shaft tunnel
6 Rolling Angle	Free-gyroscope	Hospital
7 Pitching Angle	Free-gyroscope	Hospital
8 Yawing Angle	Gyroscope	Hospital
9 Acceleration (Heaving)	Accelerometer	Hospital or Bridge deck
10 Acceleration (Heaving)	Accelerometer	Co ₂ room
11 Acceleration (Heaving)	Accelerometer	Refrigerator room
12 Acceleration (Heaving)	Accelerometer	Steering engine room
13 Acceleration (Heaving)	Accelerometer	No. 1 winch platform
14 Water Level of Midship	Super-sonic Freeboard meter	Port side
15 Encounter	on-off switch	Navigation Bridge deck
16 Webb Frame Stress	Strain gauge	Machinery room
17 Upper Deck Stress	Counter type	Co ₂ room
18 Maximum Water Pressure	Pressure gauge	Upper deck

Fig 1・1

ビジコーダー I

チャンネル(1), (2)タイムと出会周期(記録紙の両端); (2)発電式の回転数; (3)舵角; (4)水位; (5)横応力; (6)CO₂室の上下加速度; (7)冷凍室の上下加速度; (8)縦揺れ; (9)横揺れ; (10)船首揺れ; (11)トルク

ビジコーダー II

チャンネル(1), (2)タイムと出会周期; (4)計測室の上下加速度; (5)操舵機室の上下加速度; (6)第1ウインチ室の上下加速度; (11)インダクション式の回転数。

以上の様にビジグラフには 18 チャンネルを使用し、計測項目の15項目を記録した。Photo 1・10 に記録部の全景を示す。

同時に併用したデジタイザーには縦揺れ、横揺れ、横応力舷側水位などを記録させた。

このデジタイザーについての詳細は附録Cに述べてある。Photo 1・11 はデジタイザーの本体である。

Fig 1・4 には TEST NO. 220 の記録の一部を示す。

1.3 試験の種類および方法

1.3.1 定期計測

北太平洋上を航行中は原則として、船上の時間で毎日午前11時附近に前述の観測および計測項目の測定を行った。

この定時計測は次記の理由に基づいて、約15分間とした。

前2回は計測時間を10分間前後で行っているが、今回はデジタイザーを使用したために、このデジタイザーの能力から云つて4チャンネル全部を使用した場合は同一チャンネルのサンプリング間隔は1.5秒となる。

このサンプリング間隔は動揺の統計解析にほぼ適した間隔と云える。一方統計解析を行う場合、パワースペクトルを精度よく算出するには、データ数、ラグ数、ウィンドウなどが問題となる。そこで、ウィンドウとしては推定値の偏りが少なく、分散も小さくなり良い結果が出ると云われている W_2 というもの（統計解析のところ述べる）を使用することとし、またラグ数を60~90とすれば、これに適するデータ数は600~900となる。従つて計測時間は必然的に15~20分間の測定が必要になる。

1.3.2 随時計測

気象や海象状態などにより、計測項目中によい資料が得られると思われた時に、時間の如何を問わず15~20分間に亘つて計測を行つた。

1.3.3 Z 操舵試験

無風で波がなく、平水中に近い日を選んでZ操舵試験を実施した。試験方法は簡単で、マスターコンパスにより船の方位が1度偏針する毎に押しボタンで合図マークを計測室に送り、この合図マークと前述の方位と舵角と時計を計測室のビジコーダーに記録させた。試験は現在一般に行なわれている方法に従い、5°, 10°, 15° の三種類の舵角について行つた。

1.3.4 自動操縦装置の応答試験

Z操舵試験と同じ日に本船に装備されている自動操縦装置(東京計器製)の応答性を知る試験を行つた。現在用いられている自動操縦には Rudder Adjust と呼ばれ、予定針路よりの偏り角に比例して舵角を取る時

の比例常数を定める調整と、Rate Adjust といつて偏り角速度に比例して舵角を取るときに比例常数を定める調整、Weather Adjust といつて小さい偏角に依りて無益な操舵を繰返すのを防ぐ調整 (dead band とか back lash) とがある。これを適当に調節して気象、海象に適した Rudder Adjust, Weather Adjust (Rate Adjust はほぼ一定) にしておく。

今回は Weather Adjust を考えないで、Rudder Adjust と自動操縦装置のサーボ機構に於ける固有周期とを調べることにした。

試験は直進させておいて自動操縦装置の設定針路を急に10度偏針させて、その時の舵角と船の方位の変化を記録させた。

1.3.5 速力一馬力試験

復航時の海面状態が非常に静穏な日を選んで、普通試運転時に行う速力一馬力試験を行つた。試験は機関出力を階段状に変化させて速力、軸馬力、回転数を測定した。この時の速力は船底圧力ログを用いたが、前述の様に流木テストで速度補正を行つたものを用いた。これから得た結果は復航におけるシーマージンや速度低下などの基準曲線とした。

1.4 試験の経過

今回の試験を実施した北太平洋に於ける航路は Fig 1.2 に示す通りである。図中の丸印は、現地時間でその日の正午の船の位置を表わす。図に示すように、本船は往路では、北緯30°ないし35°の間を航行した。これは満載吃水線の帯域別があり往復路とも米国の太

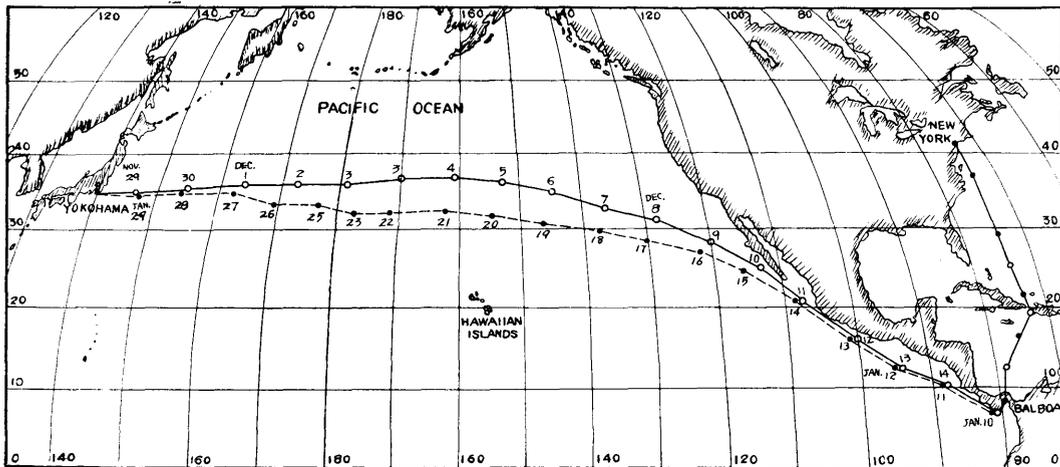


Fig 1.2 North Pacific Route of M.S. YAMATAKA-MARU

平洋の西海岸に寄港しなかつたからである。

この試験期間における吃水状態変化は Fig 1・3 に、天候、海象などの大略は Table 1・3 に示されている。

つぎに、本船が昭和38年11月28日横浜港を出発し、昭和39年1月31日同港に帰港する間の経過の概略について述べる。

i) 往路 (横浜—パナマ運河—ニューヨーク)

横浜港を出航し、パナマ運河経由でニューヨークに直航した。

パナマのバルボア到着は12月15日 16.00 時で、この間の全航程は 7,782 マイル、平均速力 18.7 ノットであつた。

出港時の吃水は、船首が 7.61m、船尾が 8.09m であつた、パナマ運河到着時の吃水は船首が 6.87m、船尾が 8.10m であつた。これは実測値であるが、航海中の値は消費量による概算値である。

往路は大陸の高気圧から吹き出す追風による風浪と、更に、これと共存する同方向のうねりを船尾からうけながら北緯 35 度線に沿つてしばらく東航した後、次第に北上して行つた。この間は風力 3～4 程度で、各計測項目とも余り変化がなかつたが、定時計測によつて追波中の資料を得た。

西経 160 度付近から徐々に南下を始め、この付近からパナマ運河に至る間は比較的静穏な海面状態の日が続いたので、12月8日以降の定時計測は止めた。そこでこの間を利用し、本船の建造後の航海日誌を借用し、太平洋航路に就航した第1次から第17次までの航路、気象、海象、速力などの記録を写し取り統計的資料とした。

12月10日の午前中の非常な静穏な時に操縦性試験とし Z 操舵試験を行つた。

パナマ運河を通過し、ニューヨークに向う途中の太平洋において、2日ほど波長は比較的短かつたが、かなり強い向波に遭遇し、船首が波に突入して、スプレイが高くあがり、しばしばレーシングを起す様な状態があつたので、向い波中の計測を行つた。

ii) 復路

ニューヨーク港を1月4日 18.30 時に出航し、パナマ運河を9日に通過し、1月31日に横浜港に帰港した。

パナマ—横浜間の全航程は 7,829 マイル、平均速力 16.62 ノットであつた。

吃水はニューヨーク港で、船首が 8.42 m、船尾が 9.20m であり、横浜到着時の吃水は、船首が 8.10m、

船尾が 8.42m であつた。

大西洋、カリブ海は比較的静穏であつた。

パナマ運河を経て西経 140 度付近までも静穏であつたので、この間に速力—馬力試験と船底圧力ログの速度計の補正のための流木による速力試験とを実施した。

西経 140 度付近からは、カナダの太平洋岸に向つて北太平洋の北部を東進して来た勢力の強い低気圧により発達した波が中程度のうねりとなつたものに遭遇し、この波が6日間にわたつて船首より右舷 10～20 度の方向からやつて来た。最高時の波長は 160m、波高は 3.5m であつた。この間風力 2～3 の風を右舷真横から受けた。

このうねりが収まつて1日静穏な海面の日があつたのちに、既に2番目の低気圧が本邦東海上を発達しながら東進しており、東経 150～180 度の広範囲にわたり風力 5～8 の風が48時間以上吹き続けていて、この風によつて完全に発達した波が伝播してきたので、非常に顕著な大きいうねりに遭遇した。また、この時は風力 3～5 の風を低気圧の周辺の影響として同時に受けた。うねりの大きさは最大のときは波長 200m、波高 9 m に達し、船はこのうねりを真向いより受けて進んだので、船首が海水に突入することが頻繁な場合には船速を下げ航行しなければならぬこともあつた。このうねりは3日間続いた。

この状態が終り半日経つと次に3番目の低気圧の中心に突入し、ここで2日間にわたり中程度の風浪のうねりに遭遇し、またも船はしばしば船首を海面に突込み船速を下げ航行しなければならなかつた。

この低気圧が過ぎて中1日において、横浜帰港の2日前に4番目の低気圧に出逢つた。この時は風力は9に達したが、まだ波は発達しつつあつたので、風波は、波長が 90m、波高が 7 m であつた。これを左舷ほぼ真横より受けて激しく横揺れを起した。

以上の様に復路は向い波、横波の場合や発達する波の場合など船体運動、シーマージンの見地より云つて変化の多い資料を得るために、天候、海象状態などによつて定時計測の他に、時間の如何をとわず随時計測を行つた。

なお、トルクのターニングによる零点較正や動揺計など総ての計測項目の計器の検定を横浜港出港時、パナマ運河、ニューヨーク港到着、同港出港時、パナマ運河、横浜港到着時などにそれぞれ実施した。

2番目の低気圧の移動状態、風力などと本船との関

Table 1.3 Test number and measurements

	DATE	TEST NUMBER	WEATHER	TIME	WIND		SEA STATE SKETCH SWELL → SEA →	SWELL / SEA			SEA SCALE	SPEED (KNOTS) R.P.M.	S.H.P.	ATMOSPHERE (mb)	REMARKS
					SCALE	DIRECTION (DEGREE) VELOCITY (M/S)		LENGTH (METER)	HEIGHT (METER)	PERIOD (SEC)					
2	1963 Nov. 29	101	CLOUDY	11.20 S 11.30	1	90 2		75	1.0	9.0	2	18.0 105.0	9,300	1018.0	28th Nov. 14.55 LEFT YOKOHAMA
3	Nov. 30	102	FINE & CLOUDY	10.33 S 10.43	2	62 8		50	0.8	8.0	3	17.7 105.0		1015.5	
4	Dec. 1	103	RAIN	10.40 S 10.50	3	104 9		70 15	3.0 1.5	8.0 4.5	4	17.5 105.4	8,900	1006.0	
5	Dec. 2	104	CLOUDY	11.45 S 12.02	3			100 2.7	5.0 2.0	9.6 6.0	4	17.9 105.0	9,300	1014.0	
6	Dec. 3	105	CLOUDY	13.00 S 13.10	3	112 123		105 28	3.0 1.4	10.7 6.2	4	18.2 106.7	9,450	1015.5	
7	Dec. 3	106	CLOUDY	10.30 S 10.40	2	120 65		80 20	2.3 1.0	9.1 3.5	4	18.3 107.0	9,270	1018.0	
8	Dec. 4	107	FINE & CLOUDY	10.30 S 10.40	0			65 25	1.2 0.9	7.5 4.0	2	18.1 106.8	9,450	1017.5	
9	Dec. 5	108	RAIN	10.30 S 10.45	4	0 115		28 14	2.0 0.7	7.0 4.3	4	17.0 104.8	9,100	1014.0	
"	Dec. 5	109	RAIN	16.00 S 16.10	4	10 115		54 30	2.7 1.0	7.9 5.3	5	16.5 103.6	9,200	1008.5	
10	Dec. 6	110	SQUALL	10.30 S 10.40	3	70 15		55 20	1.7 0.8	7.4 4.1	3	17.0 104.6	8,600	1018.5	

	DATE	TEST NUMBER	WEATHER	TIME	WIND		SEA STATE SKETCH	SWELL / SEA			SEA SCALE	SPEED (KNOTS) R.P.M.	S.H.P.	ATMOSPHERE (mb)	REMARK
					SCALE	DIRECTION (DEGREE) VELOCITY (M/S)		LENGTH (METER)	HEIGHT (METER)	PERIOD (SEC)					
11	1963 Dec. 7	111	CLOUDY	10.30 S 10.40	1	70 9		27 13	0.9 0.5	3.0 3.0	2	18.0 106.1	8,750	1025.3	
14	Dec. 10	112	CLOUDY	10.00 S 10.35	0			73 18	0.9 0.4	7.2 3.0	2	18.0 105.0	8,950	1019.4	ZIG-ZAG TEST
21	Dec. 17	113	FINE & CLOUDY	09.00 S 09.10	4	50 12		100 46	3.0 1.4	8.7 5.7	5	16.0 103.2	8,000	1011.0	15th Dec. 16.00 ARRIVED BALBOA 16th Dec. 22.00 LEFT CRISTOBAL
23	Dec. 19	114	FINE & CLOUDY	09.30 S 09.40	4	0 14		92 40	3.1 1.0	8.9 6.0	5	16.5 101.3	8,350	1015.0	
"	Dec. 19	115	CLOUDY	14.00 S 14.10	4	10 15		100 40	2.5 1.0	8.9 6.0	5	16.0 100.5	8,300	1014.8	21st Dec. 22.00 ARRIVED NEW YORK
42	1964 JAN. 8	201	FINE & CLOUDY	09.05 S 09.15	4	120 10		45 10	2.0 0.5	6.9 3.0	4	17.6 103.2	9,800	1016.5	4th Jan. 18.30 LEFT NEW YORK
44	Jan. 10	202	FINE & CLOUDY	09.00 S 09.05	0						0	17.0 105.0		1010.0	9th Jan. LEFT BALBOA SPEED-POWER TEST
46	Jan. 12	203	BLUE SKY	09.05 S 09.20	1	55 8.5		15			0			1012.0	SPEED TEST
49	Jan. 15	204	CLOUDY	13.35 S 13.45	3	70 13		90 25	4.8 1.2	8.5 5.3	5	16.6 103.6	7,420	1016.0	
50	Jan. 16	205	CLOUDY	09.10 S 09.20	3	127 6		90 20	2.2 0.7	9.0 4.0	4	17.0 104.0	7,800	1025.0	

	DATE	TEST NUMBER	WEATHER	TIME	WIND		SEA STATE SKETCH	SWELL / SEA			SEA SCALE	SPEED (KNOTS) R.P.M.	S.H.P.	ATMOSPHERE (mb)	REMARKS
					SCALE	DIRECTION (DEGREE) VELOCITY (M/S)		LENGTH (METER)	HEIGHT (METER)	PERIOD (SEC)					
51	1964 Jan. 17	206	SQUALL	09.00 S 09.10	3	-80° 8		160 15	3.5 0.7	11.3 3.7	3	16.9 105.6	7.870	1023.0	
52	Jan. 18	207	CLOUDY	09.00 S 09.10	4	-70° 11.5		115 32	2.9 1.0	9.7 6.2	4	16.5 105.8	7.700	1025.0	
53	Jan. 19	208	CLOUDY	09.00 S 09.10	2	10° 5.5		160 10	3.0 0.5	10.6 3.5	3	16.7 104.4	7.530	1023.5	
54	Jan. 20	209	FINE & CLOUDY	09.00 S 09.10	2	-120° 7		75 32	1.5 1.0	8.7 5.8	3	17.0 105.6	8.050	1028.8	
55	Jan. 21	210	CLOUDY	08.45 S 08.50	2	70° 8		35 35	0.4 0.4	5.3 5.3	2	17.5 106.1	8.750	1023.0	
56	Jan. 22	211	BLUE SKY	09.00 S 09.10	6	0° 12.5		100 35	3.9 1.5	9.3 5.6	5	16.2 101.4	7.600	1013.0	
"	Jan. 22	212	CLOUDY	14.00 S 14.10	6	0° 13		145 40	6.0 1.9	10.0 5.9	7	15.6 101.4	7.800	1011.5	
"	Jan. 22	213	CLOUDY	16.25 S 16.40	5	0° 13		200 55	8.9 2.4	13.0 6.2	8	14.8 99.7	7.730	1012.5	
57	Jan. 23	214	FINE & CLOUDY	08.05 S 08.20	5	-70° 12		200 60	7.8 3.2	13.5 6.8	8	15.0 100.9	8.450	1015.0	
"	Jan. 23	215	BLUE SKY	14.00 S 14.15	6	35° 16		190 80	6.4 2.1	11.4 6.2	7	15.5 101.2	8.100	1014.0	

	DATE	TEST NUMBER	WEATHER	TIME	WIND		SEA STATE SKETCH	SWELL / SEA			SEA SCALE	SPEED (KNOTS) R.P.M.	S.H.P.	ATMOSPHERE (mb)	REMARKS
					SCALE	DIRECTION (DEGREE) VELOCITY (M/S)		LENGTH (METER)	HEIGHT (METER)	PERIOD (SEC)					
58	1964 Jan. 25	216	CLOUDY	13.17 S 13.30	4	40° 8.5		140 50	6.2 1.6	11.0 5.5	8	12.0 79.6	4.000	1006.3	
59	Jan. 26	217	CLOUDY	10.30 S 10.40	7	75° 28		70 70	2.3 2.3	7.5 7.5	6	15.5 100.9	8.000	999.5	
"	Jan. 26	218	RAIN	13.30 S 13.50	7	75° 20		95 50	5.4 2.0	8.7 6.8	8	14.0 95.0	7.500	1000.0	
"	Jan. 26	219	RAIN	15.30 S 15.45	7	35° 17		100 45	6.2 1.8	8.5 5.7	7	10.3 81.4	4.650	1000.5	
60	Jan. 27	220	FINE & CLOUDY	09.00 S 09.18	2	30° 5		100 60	1.5 1.5	9.0 8.0	4	16.7 103.2	8.850	1013.5	
62	Jan. 29	221	RAIN	08.30 S 08.50	9	35° 35		90 90	7.0 7.0	10.0 10.0	8	15.0 100.0		1000.0	
															31st Jan. 13.00 ARRIVED Y'HAMA

注: 船が波と出会う角度は附録DのFig D-5, D-10を参照のこと。

係を知るために附録Eに東経120~180度の範囲における航海時の天気図を示しておいた。

2. 試験結果の要約

この第三回北太平洋における航海性能実船試験において得られた各計測結果の全般について、その概略を述べる。

2.1 海象と気象

山隆丸が往復の航海に於いて遭遇した風の強さ（ビューフォースケール）を、船の航海日誌から4時間毎の値として読みとり、東航と西航別に出現頻度をヒストグラムの形として示したものがFig 2.1である。

本試験期間に遭遇した風力の出現頻度と本船が就航以来冬期北太平洋の中部航路で遭遇した風力の出現頻度とを比較するため、就航以来の本船の航海日誌から24時間毎の値を読み取り同一図中にヒストグラムの形で表示した。

この図より本航路における冬期の風力の出現頻度がある程度予想することが出来る。

例えばビューフォート6以上の風が吹くのは一航海

において20%程度あることが想像される。

今回の風力分布は就航以来の冬期北太平洋の中部航路で遭遇した確率とほぼ同程度の分布になっているので、この航路の略代表的な例であるとみてよいものと思われる。

2.1.1 風力と海象との関係

太平洋、大西洋の風力と海象については最近各国で大いに資料が求められて来たが、一、二を除いては見べきものがないのが現状である。

今回の観測結果につき Fig 2.2 に風速と波高との関係を、Fig 2.3 に風速と波との関係を、Fig 2.4 にビューフォートに対する波高の関係をそれぞれ示した。Fig 2.2 及び Fig 2.3 には船舶技術研究所と日本造船研究協会調査部会とが共同で海上資料を統計解析して求めた I. S. S. C の海区 3, 4 (日本の東方、南方海域) に関する関係と⁴⁾、十分発達した風波に対して Neumann のスペクトラムから求めた結果と、H. U. Roll によつて得られた北大西洋10定点の平均値³⁾などを同一図中に記入しておいたが、本試験中において観測された風浪は Roll の値を上限として、それ

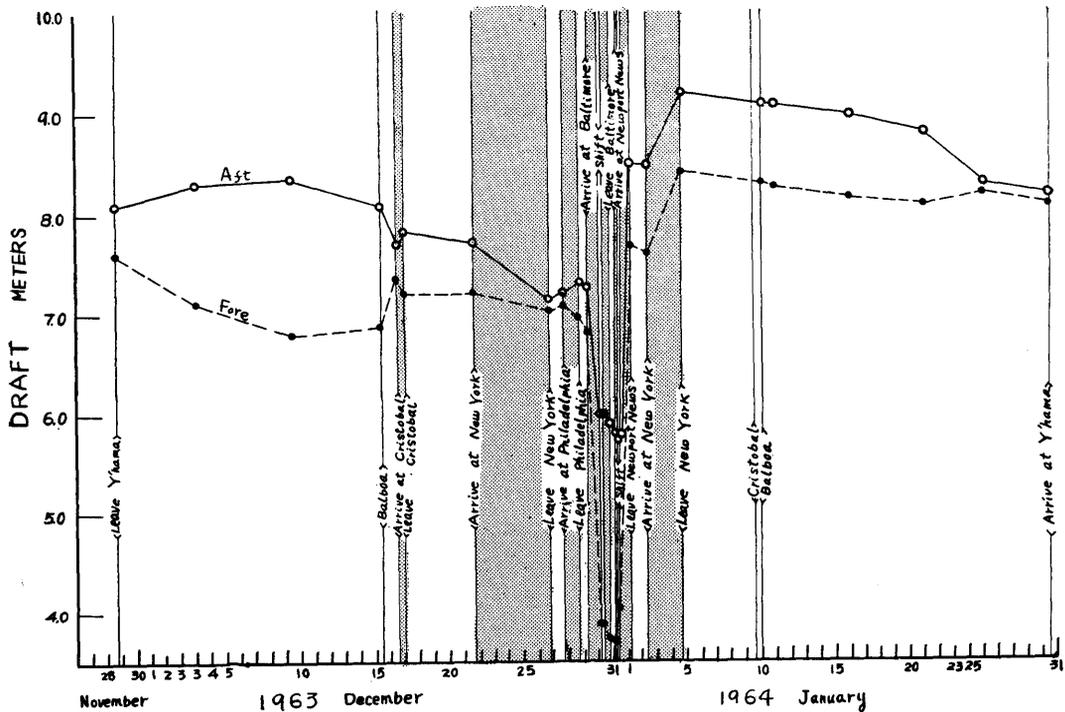


Fig 1.3 Draft variation during the test

以下の波高，周期を示していることが判る。うねりについては上述の三者の結果とは無関係に遙かに大きい値を示している。これらのうねりが遠方の風浪発生域において生成されたものが遠く伝播して来たものであることを考えれば当然のことである。

しかし，ここに参考に掲げた二つの資料によるものはうねりも含んで観測しているので，風浪にうねりが加わつたものであると考えれば，あながち不当な傾向であるとはいえない。Fig 2・4についても同様な点が注目される。図中には参考として Sverdrup-Munck が示している曲線をのせてみた。↗

↗遠方の生成域での風と波との関係がどうなつていのかを調べてみる。Fig 2・2, 3, 4 の中で♂印ものが，前記の復航中における 2 番目の低気圧によつて生成された波がうねりとなつて伝播して来たものである。この低気圧の気象図は附録 E に示してあるが，それによれば大略吹送域 1,000km × 2,000km にわたつて風力 5 から 8 の風がほぼ同一方向 (WNW) に 24 時間以上吹き続けており，これは風浪の完全発達に充分な条件である。いま風力 5, 6, 7, 8 の風による完全発達波に関する値を Pierson-Neumann-James の示した関係⁵⁾より求めると，Table 2・1 のようになる。

Table 2・1

風力	風速	平均風速	F _m	t _m	波高			周期				平均波長
					H _m	H ^{1/3}	H ^{1/10}	T _L	T _U	T _{ma}	\overline{T}	
5	ノット 17~21	ノット 19	マイル 55	時間 8.5	フィート 4.1	フィート 6.5	フィート 8.3	秒 2.6	秒 10.3	秒 7.4	秒 5.3	フィート 95
6	22~27	24.5	140	14	8.2	13.1	16.7	3.8	13.8	9.9	7.0	167
7	28~33	30.5	290	23	14.2	22.7	28.8	4.8	16.9	12.3	8.7	260
8	34~40	37	500	34	22.9	36.5	46.7	6.2	20.2	14.9	10.7	380

いま考えている低気圧からのうねりのなかで船から観測した最大値は TEST NO 213 に於けるもので，波長 $L_w = 200\text{m}$ ，波高 $H_w = 9\text{m}$ ，周期 $T_w = 13\text{秒}$ である。そこでうねりの伝播による減衰を考えないとすれば，Table 2・1 の中の風力 7 による完全発達波とほぼ一致するのであるが，実際には減衰があることを考えると発生域においてはそれ以上の風力であつたと思われる。

生成域の波が遠く離れた船の位置までどの様な順序で伝播して来るかを予報することは船の運航性にとつて必要である。

2・1・2 波の観測値

各計測時に於ける気象，海象状況などは Table 1・3 に示してある。計測員 3 名が観測した総ての波の周期と波長との関係を Fig 2・5 に示した。普通古典的に用いられている規測波の波長と周期との関係式は $\lambda = g/2\pi \cdot T_w^2$ であるが，実際の不規則な海面で認められる波長についてはこれに係数 K を掛けた $\lambda = K \cdot g/2\pi \cdot T_w^2$ の形が用いられている。ここで K は波のスペクトラムによつて異なる係数で，スペクトラムの帯域巾が狭い場

合は $K = 1$ に近くなる。即ち，スペクトラムのピーク巾が狭ければ規則波に近くなることを示す。

この図には $K = 1, 2/3, 1/2$ の場合について記入してあるが観測波は規則波としての値より低くなり $K = 1 \sim 1/2$ の間に分散している。

これと各計測毎の個人観測による平均周期より求めた波長と比較すると Fig 2・6 の様になる。これによると波長が 80m 位までは $K \approx 2/3$ となつているが，それ以上になると $K \approx 3/4$ となり，今回のうねりが前記の通り極めて規則正しい理想的なものであつたので，ほぼ理論値に近づいているなど興味ある結果が示されている。

また，N. Hogben らが S. S. Cairndhu によつて観測した波も $K = 2/3$ と 1 の間にあつて平均線は今回の場合によく一致している。

その他についての往復路の波の観測値の計測者別の図は附録 D に示してある。

2・2 推進性能

2・2・1 水槽試験

当所第 1 水槽において山隆丸の 6 メートル模型船 (M.

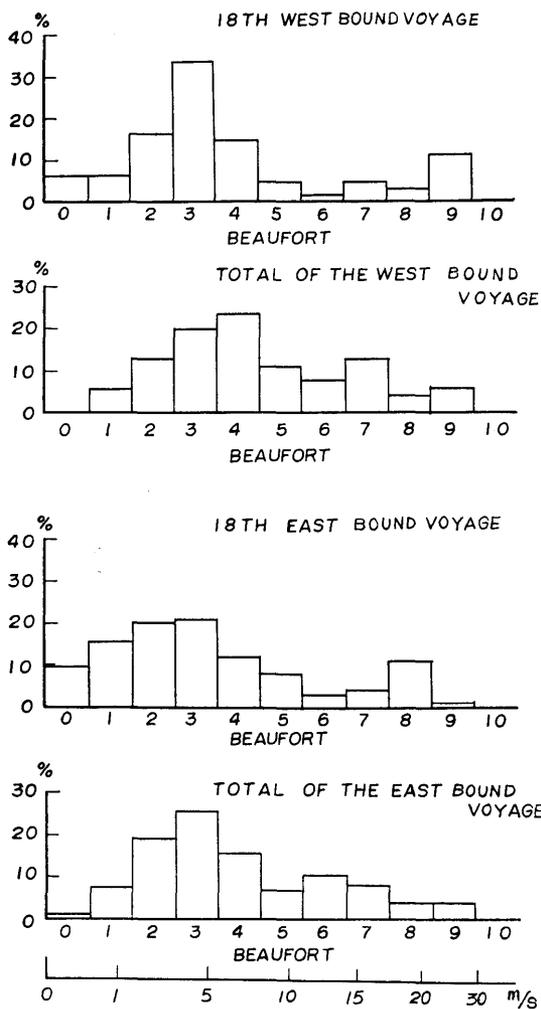


Fig 2.1 Frequency of wind scale

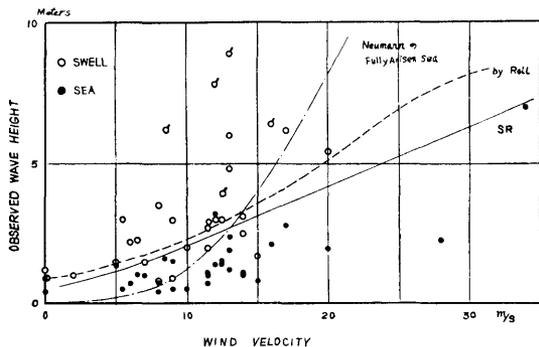


Fig 2.2 Relation between wind velocity and wave height

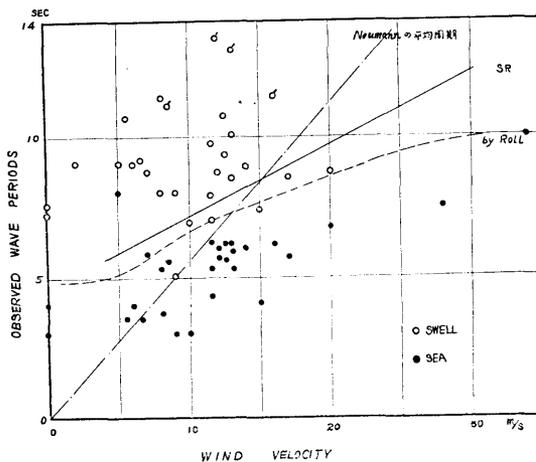


Fig 2.3 Relation between wind velocity and wave period

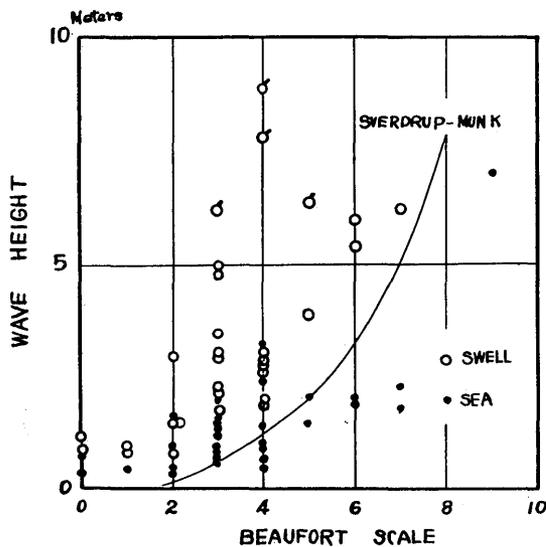


Fig 2.4 Relation of beaufort scale and wave height

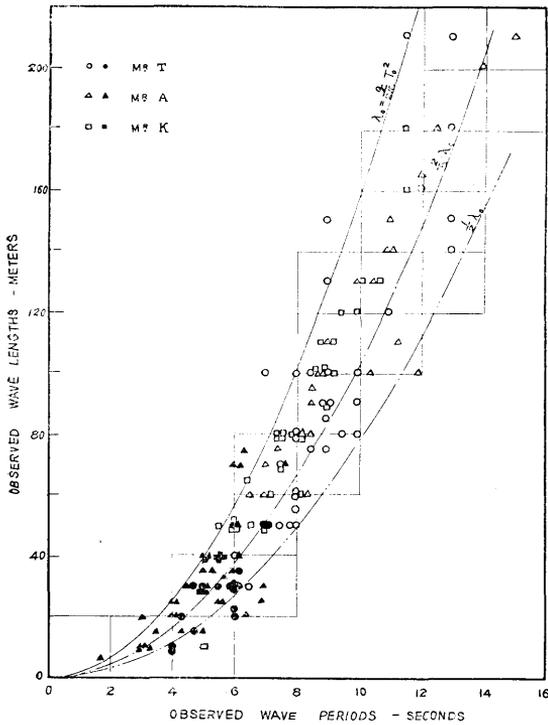


Fig 2.5 Relation of observed period and observed length of wave

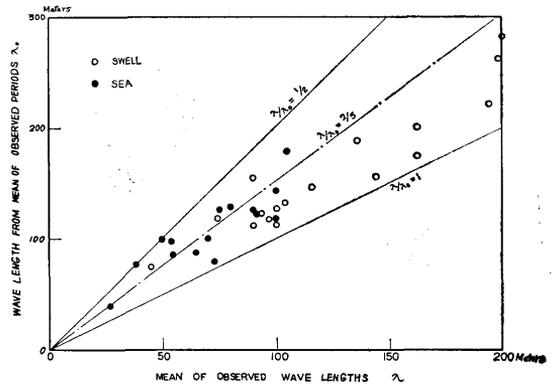


Fig 2.6 Relation of observed length and observed period of wave

Table 2.2 Particular of M.S. No. 1279

Lpp (m)	6.0000
LLWL (m)	6.1944
B (m)	0.8128
d (m)	0.3849

C B	0.674
C P	0.686
C M	0.982
l c b	+0.60%

Table 2.3 Load condition

CONDITION	DRAFT (m)			TRIM	DISPLACEMENT (TON)
	A.P.	M.S.	F.P.		
FULL LOAD	0.3849			0	1.2990
	(9.301)			(0)	(18,332)
TRAIL	0.2532	0.1932	0.1200	0.1200	0.5881
	(6.120)	(4.670)	(3.220)	(2.900)	(8,300)

(注) ()内の数値は実船に対応する値である。

S. 1279) で平水中の抵抗および自航試験を行なった。模型船の主要目を Table 2・2 に、試験時の載貨状態を Table 2・3 に、模型船の船体線図を Fig 2・7 に示す。

試験の結果得られた制動馬力曲線を Fig 2・2 に示したが、この馬力を計算するにあたっては Fig 2・9 に示した新造時試運転成績を解析して得られた ΔC_F および $(1 - W_s)$ の値を用いた。

ΔC_F の値はシェーンヘル摩擦抵抗算式による値にたいして +0.0001, また $(1 - W_s / 1 - W_M)$ の値は 1.07 であつた。

東航および西航の載貨状態に対応する馬力曲線を Fig 2・9 の馬力曲線より排水量による修正を行なつて求めた。

2・2・2 平水中の馬力と速力との関係

前記水槽試験結果との比較および次項に述べる波浪中における馬力増加を調べるための基礎として、平水中の馬力計測試験 (TNO. 203) を実施した。

試験は海面状態がきわめて静穏な日を選び機関出力を階段状に変化させてその時の船の速力、軸トルクおよび回転数を計測した。

速力は他の試験と同様に船底圧力ログの指示の試験中における平均値を目視で読みとる方法で求めたが、計器の指示値の較正のため、流木による方法も一部併用した。

この結果は模型船による水槽試験結果より約 7%ほど高い値を示しているが、これは本船が出渠後約 10ヶ月の日数を経ていることから、船底汚損等の影響によるものであろう。これを西航時の平水中の馬力曲線とした。

2・2・3 波と風による馬力増加または速力低下

波の中を航行する場合の船の速力は平水中に於ける速力より低くなるのが普通である。そしてこれは風や波による抵抗増加による場合と、船体運動が激しくなり安全上止むをえず機関の回転数を減少させる場合との 2 つに区別される。

さて、波浪中の推進性能は一般には馬力増加をもつて云々するが、3 回に亘る北太平洋実船試験結果を見るといずれの船もほぼ馬力一定で航行しているので馬力増加 50%とか、200%とかいうよりも海象状態による速度低下をもつて示した方が有意義ではないかと思われるので、今回は速度低下率により示してみた。

Fig 2・10 および Fig 2・11 に馬力の計測結果を示す。また、東航および西航時の平均の載貨状態を

Table 2・4 に示す。

Fig 2・10 中に実船で示してある曲線は東航中の平均吃水に対応した平水中の水槽試験結果より求めた馬力曲線である。鎖線で示した曲線は上記馬力曲線にたいする海象による速度低下率を示したものである。この速度低下率は西航時のように船底汚損等を加味した馬力曲線に対してのもので示すのが妥当であるが、東航時の場合は西航時のような馬力曲線を求めなかつたので、模型試験の結果から求めた馬力曲線に対して示した。

Table 2・4

	East Bound Voyage	West Bound Voyage
Draft (m)	7,750	8,500
Displacement (tons)	14,800	16,500

Table 1・3 に示してあるように、東航時は比較的に静穏な海象状態が続き、しかも多くの場合が追い波の状態であつたので速度低下は 10%以内、馬力増加にして 60%以内であつた。

なお、北太平洋に於ける前 2 回の東航時の馬力増加率は第 1 回のときが最大 25%で、第 2 回は最大 150%であつたのとくらべると、海象状態から云つて妥当であると思われる。

西航時 (Fig 2・11) は低気圧が東進するためほとんど向い波の状態であつたのと、数回にわたつて低気圧に遭遇したために種々の海象状態に対する資料が得られた。

それによると、海象状態による速度低下率は、Slight & Moderate で 5%以内、Rough Sea では 10%以内、High Sea になると 10~20%程度まで低下を生じることになる。

また、速度低下の因となる風と波による速度低下を調べるために、Fig 2・12 に波浪階級および風力階級と速度低下の関係を示した。

本図に追い波、横波、向い波と区別して置点してみると、向い波の場合には他の場合とかなりはつきりした相違がみられる。

なお、軸馬力 (SHP) と制動馬力 (BHP) の関係は、次式で表わされると仮定して BHP を求めた。

$$BHP = 1.03 \cdot SHP$$

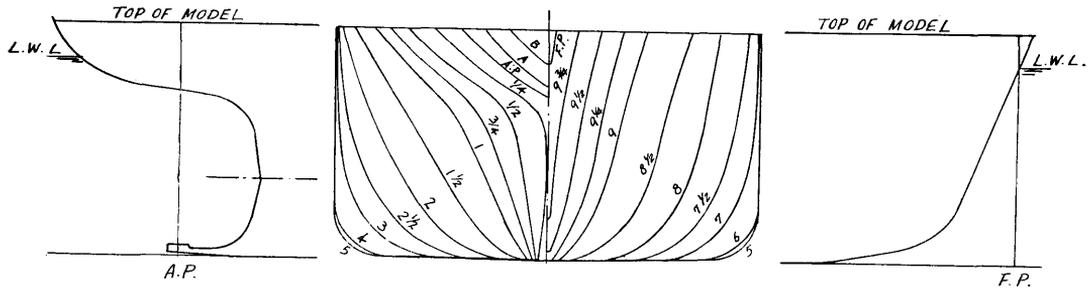


Fig 2.7 Body plan, stem and stern contour of M. S. No. 1279

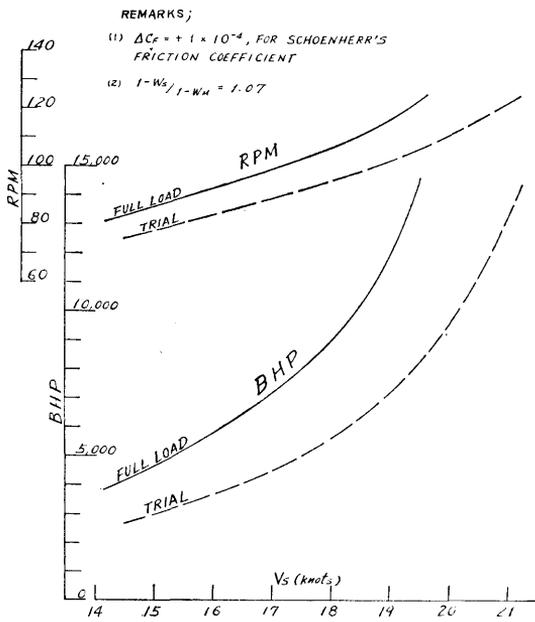


Fig 2.8 BHP etc curves of M. S. No. 1279

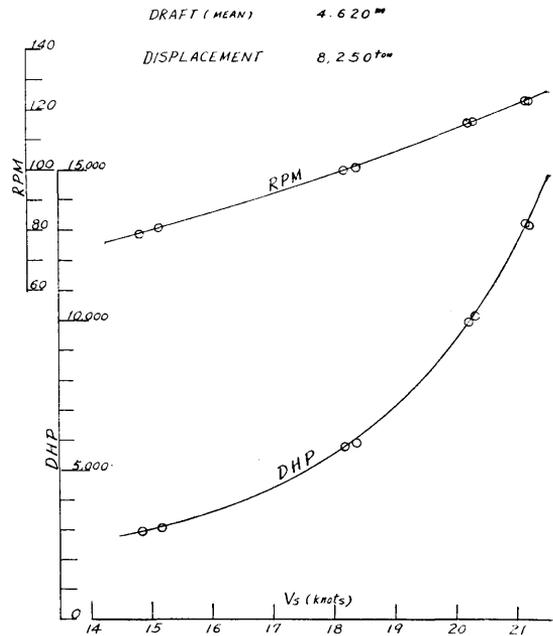


Fig 2.9 Results of official trial

2.3 操縦性能

一般に操縦性能は二つの性質に大別されている。それは方向安定性と旋回性であるが、これは通常相反する性質を有するものである。これらを表わすものとして屢々用いられる操縦性指数Kは、ある舵角に対して一定旋回角速度に達した時のその旋回角速度と舵角との比で旋回力を表わす一つの指数である。もう一つの指数として用いられるTは、ある舵角で一定角速度に達するまでの時間で決まるもので、進路安定及び操舵による追従性の指数⁷⁾を示している。

以上は船の操縦性を示す一つの方法であるが、これ

らの指数K, Tを求めるのは現在Z操舵試験が通常用いられているのが普通であるから、ここでも、この方法⁷⁾によることとした。

2.3.1 Z 操舵試験

無風で海面状態の静穏な日を選んで、上記の操縦性指数K, Tを求めるためにZ操舵試験を行なった。試験は舵角、5°, 10°, 15°の3種類について行なった。本船の試験状態は $d_f=6.82m$, $d_a=8.33m$ $\rho=14,400$ tons, $\rho/\rho_{full}=0.786$, $B/d=2.59$, $Ar/L \cdot d=1/55.36$ $\rho/L^2 \cdot d=0.088$ においてである。この試験結果を Fig 2.13, Fig 2.14, Fig 2.15 に示す。この図中の丸

印は試験時におけるマスターコンパスでの1度おきの偏り角を示すものである。これを解析して得た無次元の操縦性指数 $K'=L/V \cdot K$, $T'=V/L \cdot T$ (V は船の平均速度 m/S) の値を Table 2・5 に示す。

Table 2・5

指数 \ δ	5°	10°	15°
K'	0.936	1.033	0.965
T'	1.513	0.913	0.687

また、この値を試験中の平均角速度を無次元平均角速度に対し、示したのが Fig 2・16 である。普通模型船では K' も T' の様に平均角速度によって変化して行くが、今回の場合は平均角速度によってほとんど変化しないと云う結果になった。

舵面積比に対して K' を置点すると Fig 2・17 のようになる。この図中の線は、ほぼ排水量や船長が本船と同じような貨物船の平均線⁷⁾である。

また Fig 2・18 は旋回性と進路安定性の両者の関連を示すものであるが、図中の線は野本氏が実船の Z 操舵試験より求めた結果の平均線⁷⁾であり、二重丸は今回の結果を示す。この二つの図面からみると、山隆丸は中高速貨物船に特有の旋回性の悪さが僅かながら現われているが、操舵による追従性および進路安定性が非常に優れていることがいえる。

2・3・2 自動操縦装置の調査

Z 操舵試験と同じ日に、自動操縦装置の応答性に関する調査を行なった。自動操縦装置の調節は前述のよ

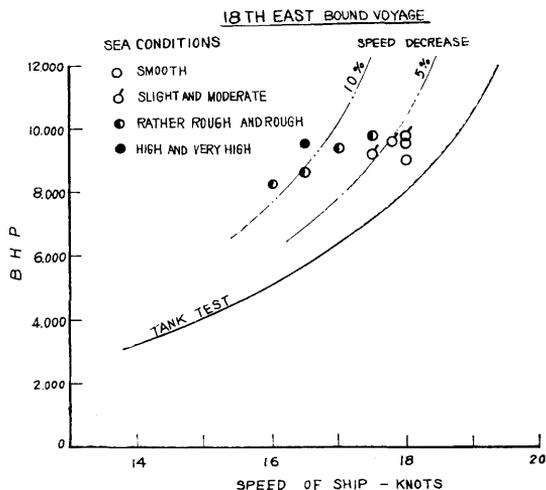


Fig 2・10 Speed decrease at rough sea

うに三つあるが、この試験では Weather Adjust と Rate Adjust を一定にして、Rudder Adjust だけを変えたものについて行なった。

試験は設定コースを急に10度変えさせてその後の舵角と船の方位の変化を記録させたが、その結果を Fig 2・19 に示す。

この図によれば、操舵に長周期の変動が現われている。これは装置のサーボ機構の固有周期であろう⁹⁾。例えば Rudder Adjust が 3 では約 100 秒であり、Rudder Adjust 6 では約 80 秒となつている。このように Rudder Adjust による変化、取り舵量の変化、船

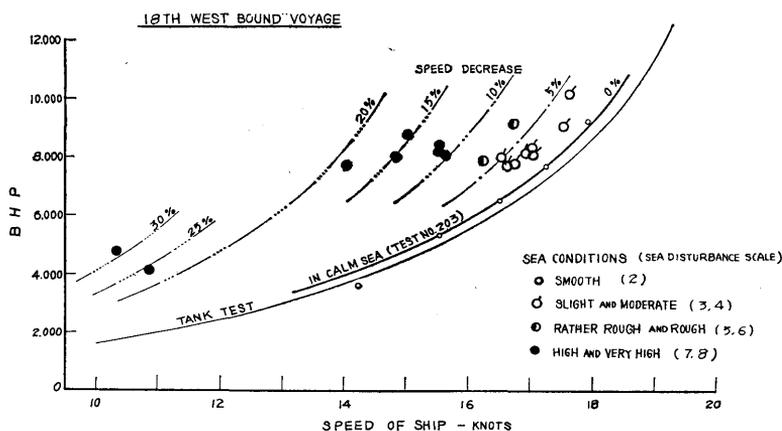


Fig 2・11 Speed decrease at rough sea

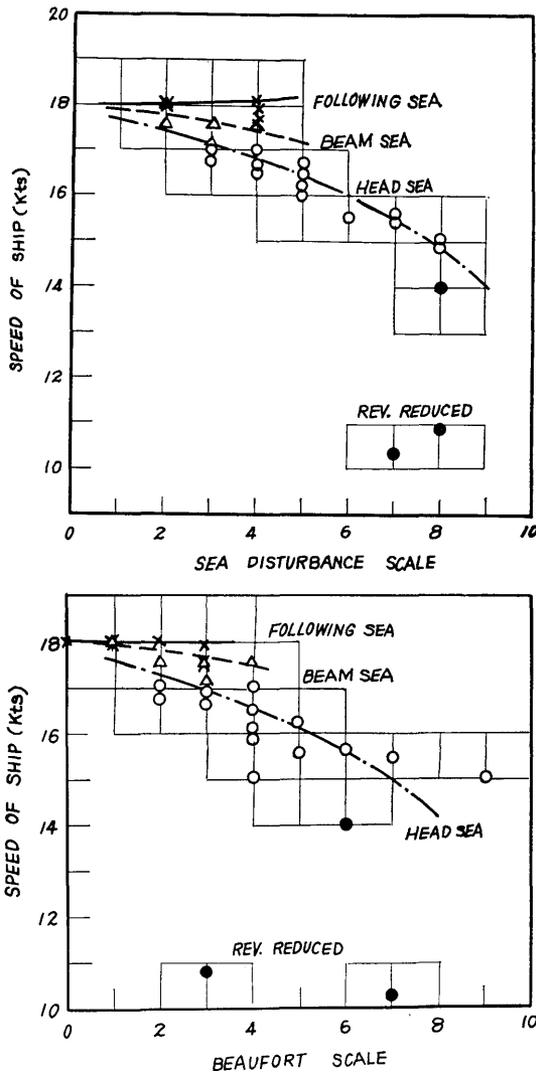


Fig 2・12 Relation of beaufort, sea disturbance scale and ship speed

の応答などが得られている。

今回は Wether Adjust を零にしているの、この変化については行なわなかつたのは残念であつたが、普通 Weather adjust の調節によつては、操舵に発振現象を起して長周期の蛇行を繰り返す⁹⁾ことがあつたり、波の出会い周期ごとに無益な操舵をする⁹⁾ことが指摘されている。

Fig 2・20 は TEST NO 212 に於ける舵角と船首揺れを示したもので、海象は向波（出会い角は 180 度）で、波浪階級 7 と相当に荒れた場合のものである。こ

れでは長周期の舵行はほとんど見受けられないが、波との出会いごとの操舵は極く僅かであるが見られる。

Fig 2・21 は TEST NO 219 のもので、舵角、船首揺れ、トルクを示したものである。この場合は前例と同じく波浪階級は 7 であるが、斜め向波であつたので、明らかに舵行と出会い周期ごとの操舵が認められる。

長期の舵行については他に 2, 3 の例はあつたが、その周期はほぼ 70~150 秒の範囲にある。これは前記のサーボ機構の固有周期に近い値になつている。

舵行による馬力増加は過去の実船試験結果においてもほとんどないということになつているが、今回の試験でも、最大舵角 10 度、方位 4 度位いの範囲ではトルク増加は認められない。

2・3・3 操舵頻度と操舵持続時間

船は航行中指定の針路を保持するため風や波による偏針を正そうとして常に舵を取つているが、大舵角をしばしば取りすぎると舵による抵抗増加、斜航のための抵抗増加が大きくなる。波浪中を航行する場合にどの程度の舵角をどのような割合でとつているかを操舵頻度計を使用して調べた。その結果を Fig2・22 Fig 2・23 に示す。この図に示す値は、1 時間から 1.75 時間の間に於けるその舵角の持続した時間を全部加へ合せた時間の全時間に対する割合である。

TEST NO 102~111 の合計は East Total として示し、TEST NO. 201~220 の合計を West Total として現わした。これらの図から次の諸点がうかがわれる。

1) 一般に 5 度以上の舵角をとつている時間は 10% よりかなり少ない割合である。そうだとすると本船のように Reaction Rudder で Decreasing Pitch Propeller の場合は 5 度以内の振りでは短周期の正弦的な操舵が行なわれても馬力増加は 2% 以内であることが分つているので¹⁰⁾、操舵による馬力増加は無視出来るといえる。

2) TEST NO. 110 と 217 の例は他のヒストグラムと異なり、2.5 度以内の舵角より 2.5~5 度の舵角の割合が多く、しかも前者は右操舵、後者は左操舵に偏つていることが明示されている。Table 1・3 によれば TEST NO. 110 では右舵 70 度より 1.5m/s の風が、TEST NO. 217 では左舵 75 度より 28m/s の風がそれぞれ吹いていることになつているので、前記の操舵の片寄りはこの風によるものと考えられる。従つて、この船は 70 度附近の横風をうけて風下に回頭する性質を

持つことになるので、本船は水圧中心より風圧中心が前であると推定出来る。

次に操舵がどのような周期で行なわれているかが問題になる。前述の Fig 2・20 と Fig 2・21 によれば 70~150 秒程度に達する長周期のものと 7~14 秒の短周期の操舵とが共存していることが分る。前者の長周期はサーボ機構の固有周期と考えられ、短周期は Fig

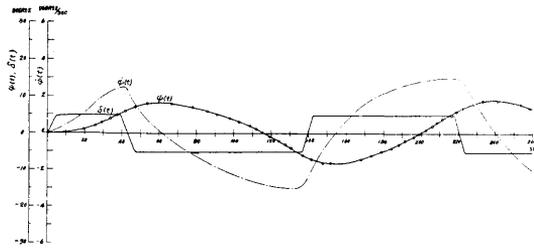


Fig 2・13 5° Z Maneuvering test

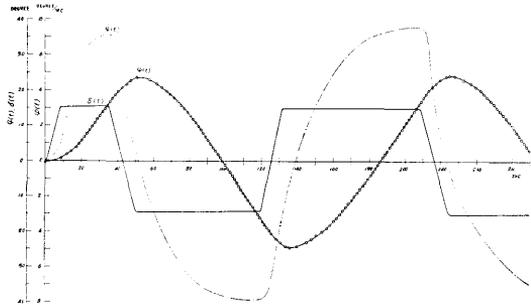


Fig 2・14 10° Z Maneuvering test

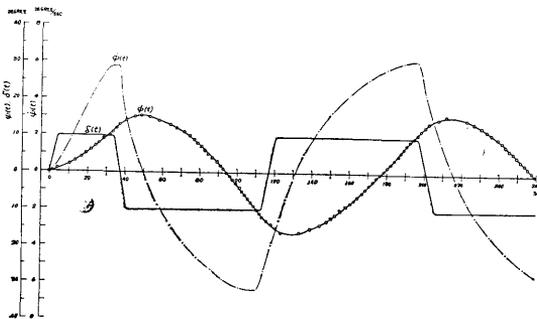


Fig 2・15 15° Z Maneuvering test

2・33・1~2・33・8を見れば明らかなように波との出会周期によつて操舵しているものと考えられる。

2・4 構造強度

2・4・1 縦応力

今回の試験では縦応力の変動値そのものは連続的に記録されずに、頻度を測定した。これは縦応力頻度を用いて船がその一生を通じて受けると思われる応力の

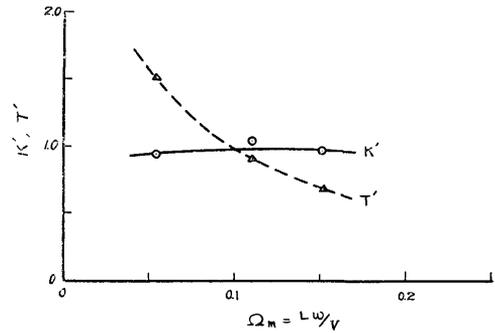


Fig 2・16 Result of Maneuvering

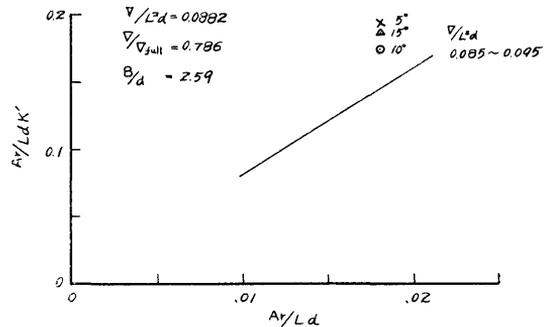


Fig 2・17 Relation of rudder area and turning ability

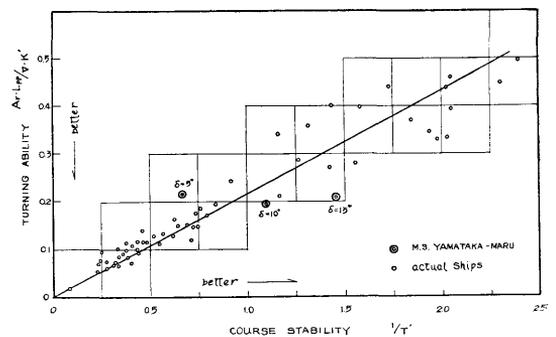


Fig 2・18 K-T Diagram

長期分布を求めるのが目的である。

船体応力変動の長期分布は、波高、波との出会角度、船速、排水量など複雑な因子の組合せで示す短期分布にある重みをつけて重ね合わせることによつて求められると云われている。¹¹⁻¹²⁾

今回は波高、船速、波との出会角度の三つの因子だけの場合について考え、Table 2・6 に示すように、各因子の階級と全実験を通じての記録の総和から、組合せの時間的割合で重み係数を決めたものを示してある。

これらの因子の組合せは、[2・4・2] のように表わしたが、これは波高1.5~2.5m、船速15~20 knots、波との出会角度は Bow Sea であることを示している。

北太平洋の気象、海象は24時間では、それ程変わらないとすれば、短期分布を1日単位にしても差支えないと思われる。

そこで上記の三つの因子については1日の平均値で各因子の階級を決めた。

Fig 2・24~Fig 2・26は各因子の組合せの短期分布を示してある。この分布は縦応力変動の24時間ごとのヒストグラムの平均線を示したものである。この図によれば、波高が4.5m以下では、船速がほぼ同じであれば、波との出会角度による影響は余り現われていないが、波高が5m以上になると急激に応力は増大するとともに、波との出会角度による影響も現われて来ることが分る。しかし、波高が低い時でも分布が相当の相異が現われる場合があるが、ほぼ各組合せではよくまとまっていると云えよう。

Fig 2・27 には東航時および西航時の各々の合計のヒストグラムとその平均線を示してある。この結果は多くの他の実船試験結果にもみられるように北太平洋を西航する場合は圧縮が6.3kg/mm²、引張が3.8kg/mm²であるのに対して、東航時は圧縮が3.75kg/mm²、引張が2.25kg/mm² とほぼ倍に近いほどの応力を受けていることを示している。

Fig 2・28 には上記西航、東航のヒストグラムの和の平均線とこれから求めた冬期20航海の間で船体を受けると予想される応力の長期分布を推定したものを示した。猶同図中には先に述べたような各組合せの平均の短期分布に重み係数を掛けて一航海の分布を求めたものをも比較のために示した。この場合重み係数を用いて求めた分布は、一航海のヒストグラムから求めた分布とかなりの差が現われているが、このような手法によつても大略分布の推定は可能である。

図中には参考として、日本造船研究協会第49研究部会¹²⁾ (S. R. 49) が外洋船20数隻を用いて冬期における40航海におよぶ実験の結果より得た平均値、これをもとにして同じく20航海の予想を行つたものを示しておいた。

これによれば今回のと比較するとS. R. 49の値よりかなり小さい応力しか受けていないことになる。

Fig 2・29 は最大縦応力を波高に対して置点したものであるが、これによるとほぼ波高に比例していると云つてよい。

2・4・2 横応力

これまでの実船試験においては、船体の受ける横応力についての計測が行なわれたことは極めて稀であり、これらに関する資料は皆無に等しい。

そこで、本年に引続き来年度も行なわれる予定の実船試験では横応力を中心として計測する計画がある。今回は、その準備段階として、船体中央部のウェブフレームにおけるビルジ部付近の一点で横応力を計測した。

この横応力と密接な関連性があると思われる舷側水位をほぼ同じ位置で船上の一点より測定した。

実船試験における横応力についてはこれといつて定

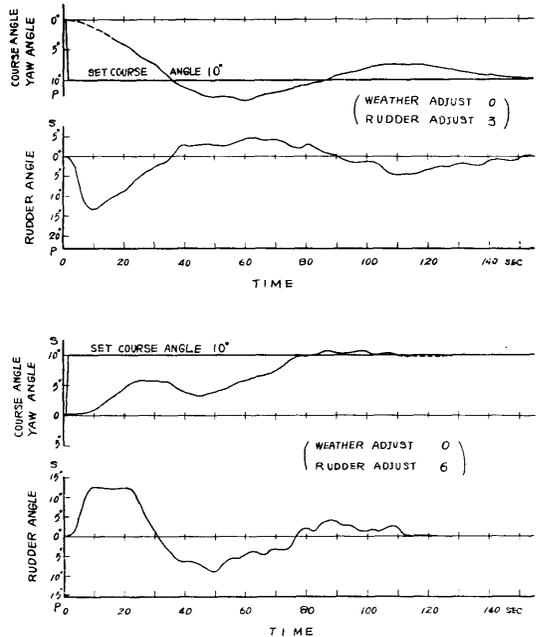


Fig 2・19 Response Test of Auto-Pilot

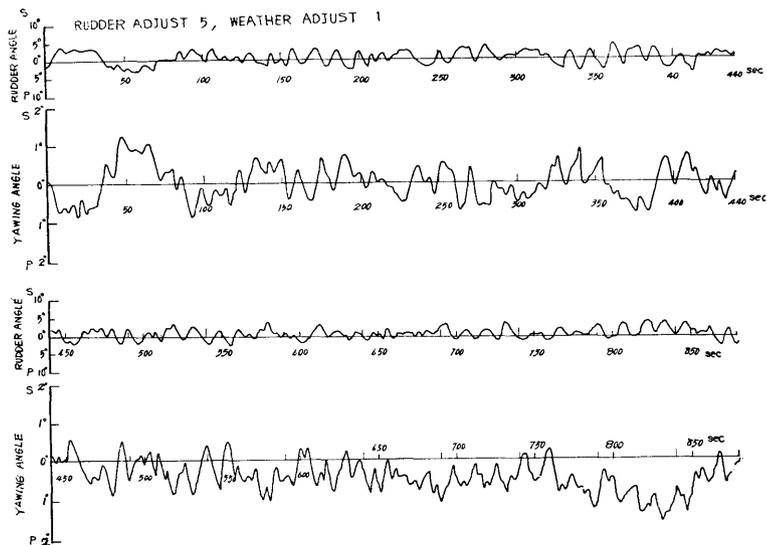


Fig 2 - 20 TEST 212

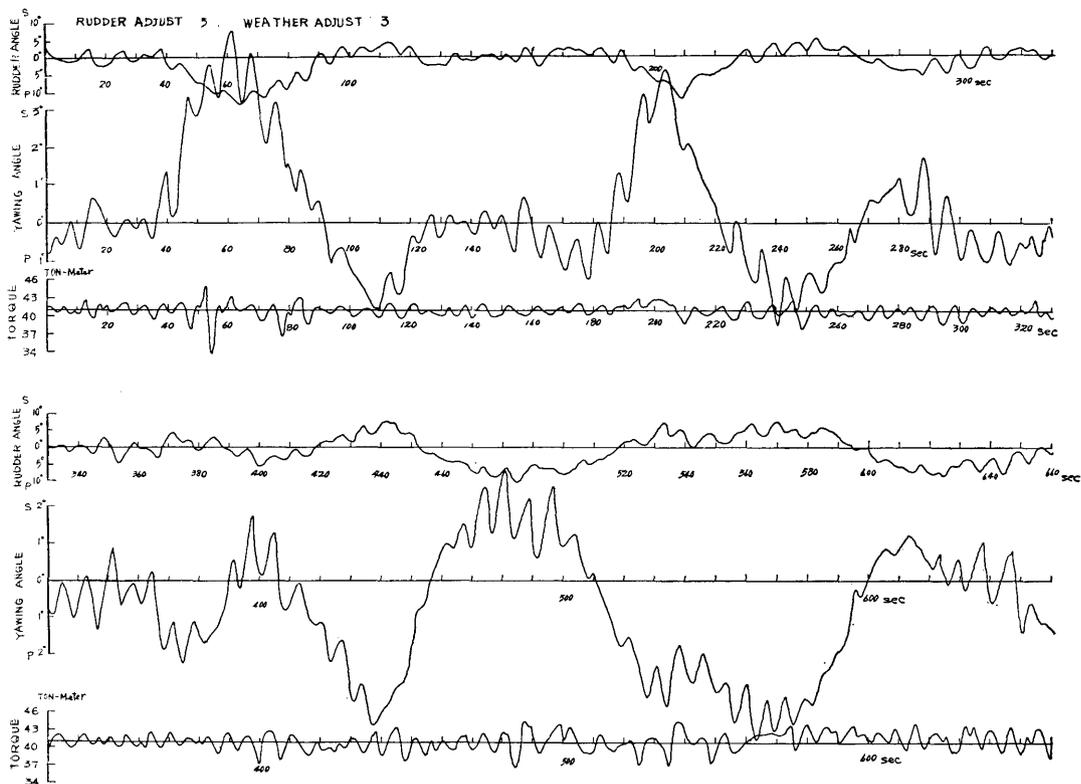


Fig 2 - 21 TEST 219

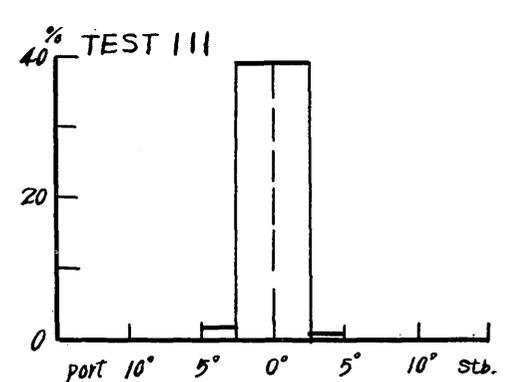
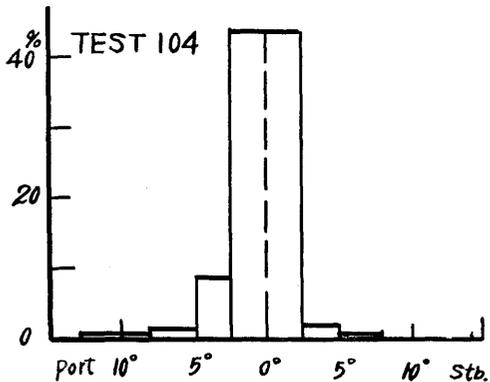
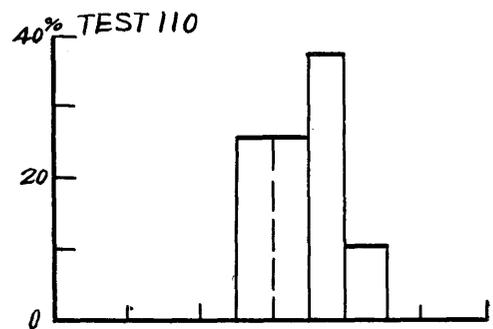
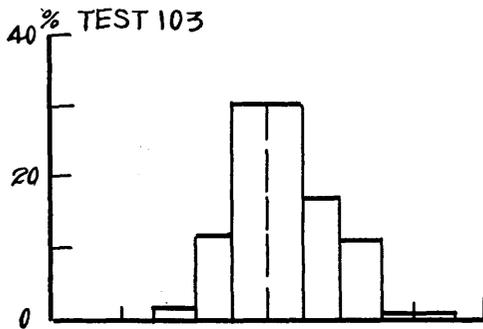
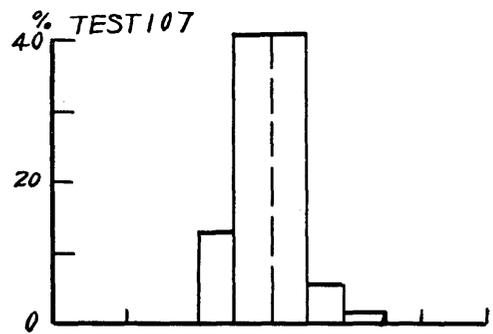
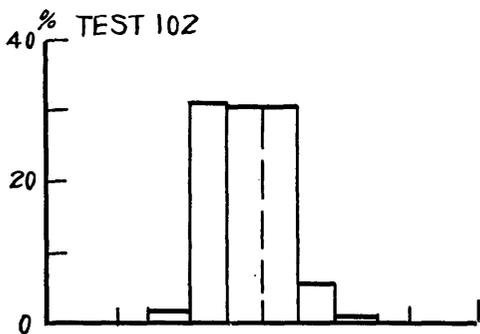
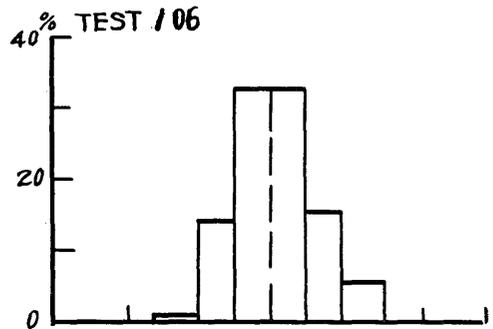
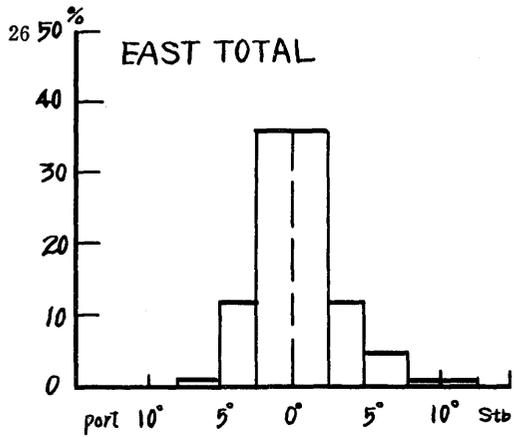


Fig 2-22 Histogram of the steering duration 18th East Bound Voyage

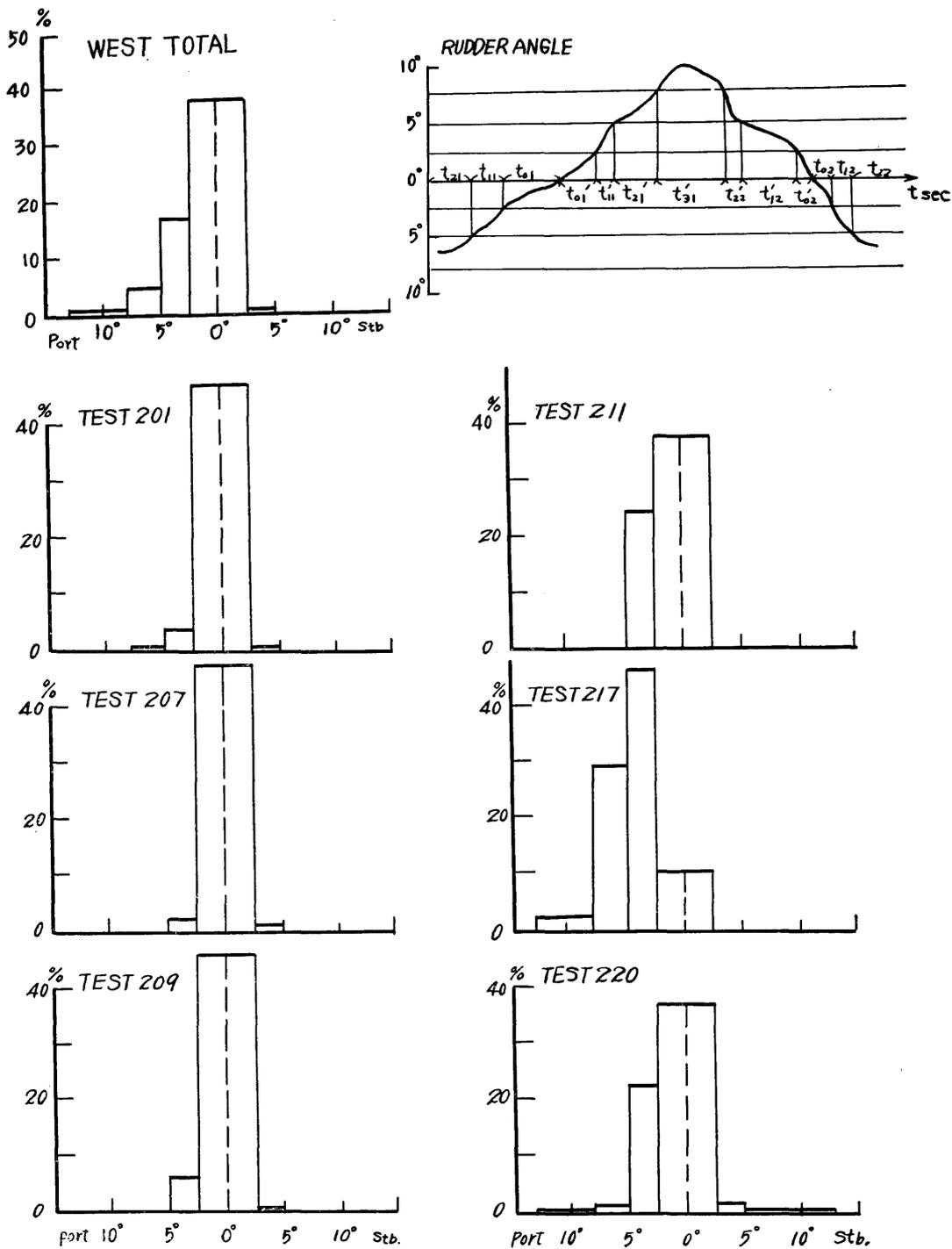


Fig 2 • 23 Histogram of the Steering duration : $\frac{\sum n t_{sn}}{\sum \sum t_{sn}}$ 18th West Bound Voyage

まつた解析法もなく、現在いろいろと検討中という段階にあるので、断片的になるが、ここに解析結果の一部を例として説明する。

i) 縦応力では、10~20分という短時間における短期分布は Rayleigh 分布を示すと云われている¹¹⁾。横応力についてもこの様なことが考えられるので、同様な手法によつて、波高がかなり高い場合の TEST NO

213について横応力分布とそれに Rayleigh 分布をあてはめてみたものを示したものが Fig 2・30である。

この結果は他の2, 3の例と同じく極めてよく一致していると云える。

ii) 最大横応力変動量を Table 2・7 に示す。それによれば TEST NO 219 では 2,560kg/mm² であり、この値は縦応力と比較して無視され得る応力変動量と

Table 2・6 Classification of operating conditions and weighting factors.

B SHIP SPEED (Knot)		C HEADING ANGLE (*)		A WAVE HEIGHT (m)				
CLASS	RANGE	CLASS	RANGE	CLASS 1	2	3	4	5
				0~1.5M	1.5~2.5	2.5~3.5	3.5~4.5	4.5~
1	0 < ≤ 5	1 2 3 4 5	H. BOW BEAM Q. F.					
2	5 < ≤ 10	1 2 3 4 5	H. BOW BEAM Q. F.					(1)0.05
3	10 < ≤ 15	1 2 3 4 5	H. BOW BEAM Q. F.					(3)0.15 (1)0.05
4	15 < ≤ 20	1 2 3 4 5	H. BOW BEAM Q. F.	(1)0.05 (2)0.10 (4)0.20	(1)0.05 (1)0.05	(2)0.10 (1)0.05	(1)0.05	(1)0.05
5	20 <	1 2 3 4 5	H. BOW BEAM Q. F.					
				(7)0.35	(3)0.15	(3)0.15	(2)0.10	(5)0.25
				(20) 1.00				

※ H.=HEAD SEA
BOW=BOW SEA

BEAM=BEAM SEA
Q.=QUARTORING SEA

F.=EOLLOWING SEA

は云えない。

iii) 概略的に云つて測定部に近い舷側の水位と横応

力の変動波形は、位相差があるが、よく似ているように思われる。

Table 2・7

TEST NO		113	114	115	205	206	207	208
横応力の変動量	kg/mm ²	1.290	1.525	1.174	0.582	0.511	0.660	0.830
波	高	m	3.0	3.1	2.5	2.2	3.5	2.9
TEST NO		209	213	214	215	216	219	220
横応力の変動量	kg/mm ²	0.737	2.206	2.030	1.536	1.836	2.560	1.497
波	高	m	1.5	8.9	7.8	6.4	6.2	8.5

2・4・3 打込海水の最大圧力

甲板上に打込む青波による衝撃水圧を計測するため最高水圧計を前述の上甲板前部に取りつけた。この計器は何回か受けた水圧中の最高水圧値が測定されるようになってい

今回、往路では青波をうける機会が殆んどなく測定

する変化量はみられなかつた。

復航においては荒天が続き、多少は圧力計に変化が見られた。この内で最高水圧は 0.3kg/cm² であつた。打込み海水は従来の実験においても遭遇頻度は極くすくないが、今回の最高水圧は、従来の少ない資料に比べても、かなり小さい値である。

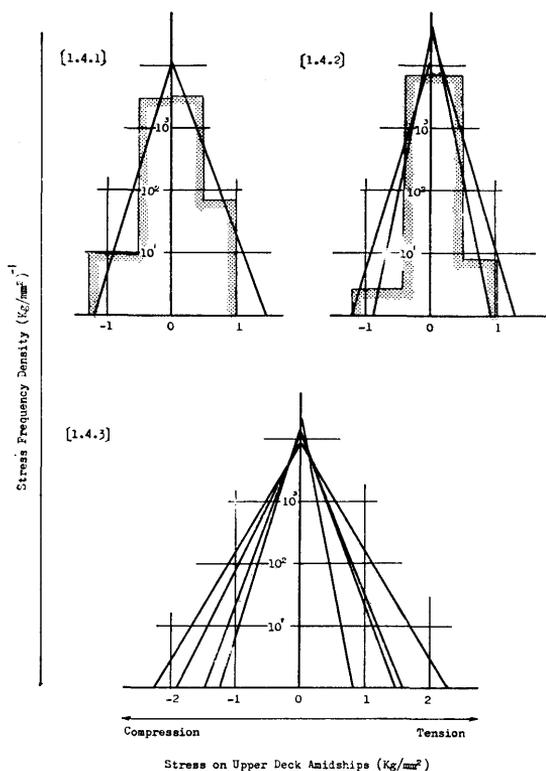


Fig 2・24

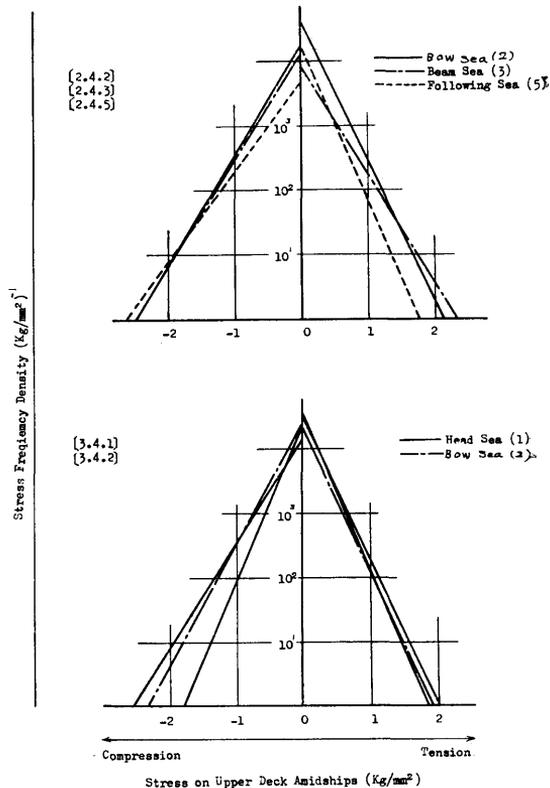


Fig 2・25

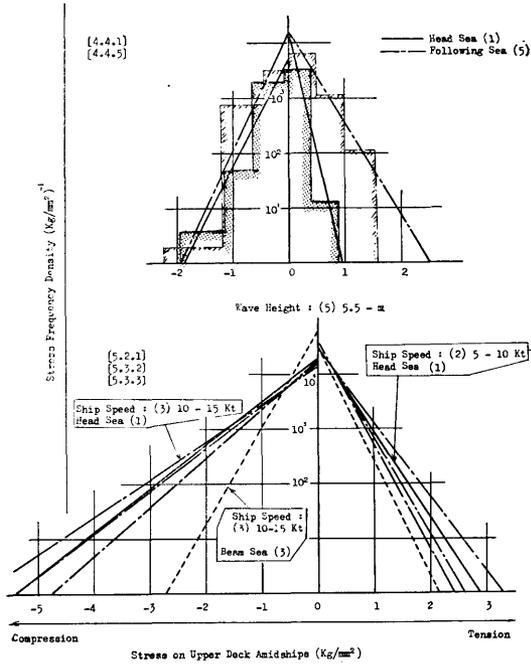


Fig 2.26

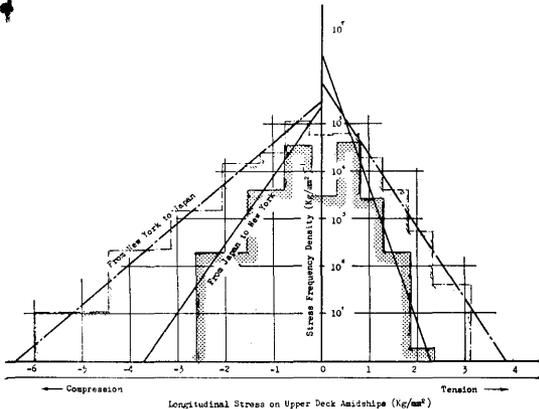


Fig 2.27

2.5 不規則振動の統計的解析

船舶の耐航性に関して、最近では実船試験はもとより模型試験においても、不規則波中のいわゆる不規則振動を解析する機会が多くなって来た。こうした解析には統計論的手法が必要である。この手法の解析を行うことにより、航行中の動揺やその他の変動するものの性質と、更にはその変動を起させる強制外力などの性質もある程度説明することが出来ると思われる。

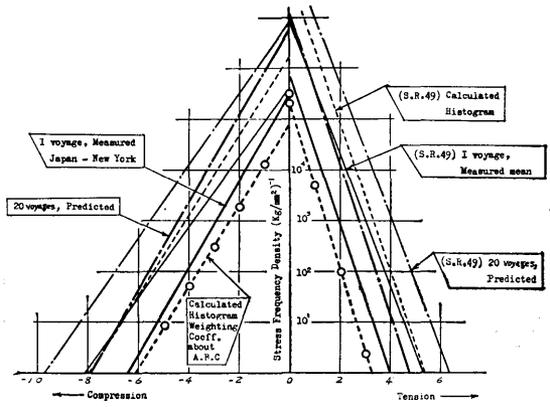


Fig 2.28

- Head Sea
- Bow Sea
- Beam Sea
- Quartering Sea
- Following Sea

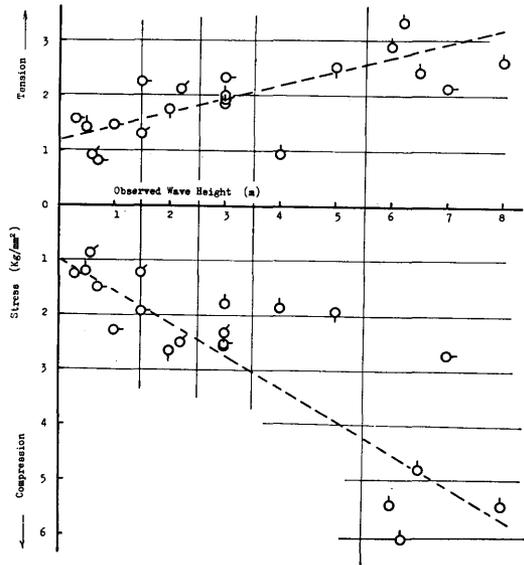


Fig 2.29

今回の実験の一つの重点として、この様な解析に、最新のデータ処理技術を導入し、合理的な一貫したデータ処理システムを完成させるために、本試験の結果を解析するに当り、デジタイザーや電子計算機 NEAC 2203 G などを使用して不規則振動の統計的解析における処理に要する時間の飛躍的な進歩を計った。

以下、今回用いられた計測、記録、解析のシステ