

ニューヨーク定期貨物船大島丸による 北太平洋航海性能実船試験について (第1報)

矢崎敦生* 田中 拓* 松本尚義** 直井 保***

Test on Service Performance of M. S. Ohshima-Maru at North Pacific Route (Report No. 1)

By

Atsuo Yazaki, Hiraku Tanaka, Naoyoshi Matsumoto and Tamotsu Naoi

Test on service performance of M. S. Ohshima-Maru, D. W. abt. 12,000 tons high speed cargo ship, was carried out by the authors at North Pacific Route from Oct. 18, 1961 to Dec. 27, 1961.

Torque, thrust and number of revolutions of the propeller, speed and motions of the ship, longitudinal stress at the upper deck, pressure on the upper deck by the green sea, sea and weather conditions and so on, were measured and observed.

In this paper, facilities and technique of the mesurement, comparison of service performance of the ship with performance from the model tank test, general view for the measurement and the observation during the voyage, analysis for the typical examples in the following sea and the head sea and so on, were described.

目 次

- | | |
|---------------|---------------------|
| 1 まえがき | 4 代表例についての計測値と若干の解析 |
| 2 実船試験 | 4-1 計測値とその表示 |
| 2-1 大島丸の概要 | 4-2 海象, 気象等に関する資料 |
| 2-2 計測項目と計測方法 | 4-3 コレログラムとスペクトラム |
| 2-3 実船試験 | 5 船体縦応力頻度 |
| 3 実船試験結果の要約 | 5-1 計測装置 |
| 3-1 観測値 | 5-2 応力頻度 |
| 3-2 計測値 | 6 残された問題点と考察 |
| 3-3 水槽試験 | 7 謝 辞 |

* 推進性能部 ** 運動性能部 *** 船体構造部

— 主な記号の表 —

E	応力変動の自乗
F_n	フルード数
H_W	波高
L_W	波長
Q	トルク
$Q_{x,x}$	自己相関々数
T	スラスト, 周期
T_W	波の周期
U	風速
$U_{x,x}$	スペクトラム
V_S	船速
$h_{1/10}$	波高の最大 $1/10$ 平均値
n	観測頻度数
$p(x)$	確率密度
q	温度係数
r_R	剰余抵抗係数
t	時間, 温度, スラスト減少係数
w	伴流係数
λ	波長
ω	周波数
η	推進係数
η_0	プロペラ効率 (単独)
η_R	プロペラ効率比

1. ま え が き

昭和36年10月18日から同年12月27日にわたって、第1回北太平洋航海性能実船試験が、船舶技術研究所船舶部門の手によつて実施された。

今回は、その計画実施の第1年度であること、予算的に十分な額が得られなかつたことなどのために、十分満足すべき成果を挙げえたとはいえないが、本試験により得られた資料を基にして、さらに引続いて行われる実船試験の資料や水槽試験成績を参考にすることによつて、北太平洋航路における定期貨物船の航海性能を調査、研究する上の貴重な資料を得ることができるとであろう。

本実船試験の目的は、大別すると次の三つにわかれる。

- (1) 北太平洋航路における定期貨物船のシー・マージンについて調査すること。(マクロの問題)
- (2) 北太平洋航路における定期貨物船の波浪中における動特性(特に、トルク、プロペラ回転数の変動等)を調査すること。(ミクロの問題)

(3) 造船研究者が、実船試験を通じて船舶の航海の実態に通じ、今後の研究に資すること。

本実船試験に利用した船舶は、飯野海運株式会社所属のニューヨーク定期貨物船大島丸(D. W. 11,843 TONS)であり、実船試験を実施した海域は、日本と米国西岸の間の北太平洋航路である。

乗船者は、下記の4名であつた。

船舶推進部プロペラ研究室長(乗船時、以下同じ)

	矢崎 敦生
船舶推進部研究員	田中 拓
船舶性能部研究員	松本 尚義
船舶構造部研究員	直井 保

2. 実 船 試 験

2-1 大島丸の概要

本船は、Table 2・1 に示す如き主要目等を有する船首楼付平甲板中央機関型1軸貨物船で、飯野重工業株式会社舞鶴造船所で第15次計画造船として建造されたものであり、昭和35年11月の竣工である。

本船の外観を、Fig. 2・1 に示す。

一般配置図の概要を、計測項目およびその配置の説明とともに、Fig. 2・2 に示す。計測記録室として、ポート・デッキ上の病室が使用できたので、各計測箇所からの配線は、すべてここに集中された。計測室内には各種記録器のほか、動振計も設置された。

本船の新造時の海上速力試運転結果を、Table 2・3 (試運転状態)および Fig. 2・3 (試運転成績)にかかげた。

2-2 計測項目と計測方法

計測および観測項目は、次の如くである。

(1) 計測項目

プロペラのトルクおよびスラスト;

プロペラ軸に箔歪計(新興通信工業(株)製、F625)を直接貼付することにより計測した。この計測方法は主として当所船舶機関部によつて開発された方式である¹⁾。計測回路等を、Fig. 2・4 および Fig. 2・5 に示す。記録は、三栄レコーダ製造(株)製の同時現象型の電磁オシログラフ FR-101-X 型(通称ビジグラフ)を使用し、電源は、湯浅電池(株)製 MBJ 4-12 を4ヶ使用した。スリッパ・リングおよびブラシは、従来用いられているものと同じである。

計測は、スリッパ・リング、電池のみを軸室におき、記録器、ゼロ調整装置等は、計測室に設置して、その間約100日を4芯のシールド・キャップタイヤコー

ド2本で連絡した。

歪計の絶縁処理には、テフロン・テープ (1" × 0.1 mm) を使用した。ストレイン・ゲージの接着作業は、船舶機関部によつて行われ、結果はきわめて好成績であつた。

キャリブレーションに、スリッパ・リング1番と4番の間を下記の抵抗で短絡し、ガルバの動きを記録したものである。

トルク	検定抵抗	4.872 × 10 ⁴ Ω
	相当トルク	40.8 m-ton
スラスト	検定抵抗	1.2 × 10 ⁶ Ω
	相当スラスト	28.85 ton

プロペラの回転数;

これは、次の2種の方法で計測した。

- a. 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を前記ビジグラフに記録する。
- b. 鉄片をプロペラ軸に、線輪をまいた永久磁石を軸外におくインダクション式回転数記録法で、上と同様にビジグラフに記録する。この記録は、1回転に1度のマークを示すが、上記発電式回転計のキャリブレーション用として利用された。

船速;

これは、次の2種の方法で計測した。

- a. 志波式曳航ログ 船尾左舷に曳引ログ用のリールを固定し、横浜を出港して東京湾外に出たところから、終始曳航した。記録は、計測室内のビジグラフにおさめた。曳航索長さは、325mである。ただし、本ログは、使用後6日目の10月22B日に曳航索を切断し、流失するという事故が発生したため、それ以後の船速は、下記船底ログを用いて計測した。
- b. 船底圧力ログ 計測時における平均対水速度の値として、ブリッジの操舵室内の計器盤上で読みとつたものを使用した。船底圧力ログの指示値は、計測時間内でも多少変化するので、その平均値を読みとつた。

横揺れおよび縦揺れ;

計測室の床上に設置した自動起立装置付直流チャイロ式動揺計 (電源として、24ボルト2アンペア) を用いて計測し、ビジグラフ上に記録した。

舵角;

ポテンシオメータの変位を計測室内のビジグラフに記録した。

上甲板縦応力²⁾;

ほぼ船体中央部の第2甲板の左舷にあるCO₂ ボトル室の天井に、ストレイン・ゲージを貼付し、その変位を共和無線(株)製のDM6Hを通じて、計測室のビジグラフ上に記録した。

なお、ストレイン・ゲージ貼付位置とほぼ同じところに、縦応力頻度計を設置し、航海中の縦応力の頻度を自記記録させ24時間毎に読みとつた。応力頻度計による計測は、日本造船研究協会第49研究部会の依頼により設置したものである。

Photo. 2.1 に示すものは、縦応力頻度計の検出部であり、CO₂ ボトル室の天井にとりつけられている。

Photo. 2.2 は、応力頻度計の計数部で、CO₂ ボトル室の壁に設置されている。

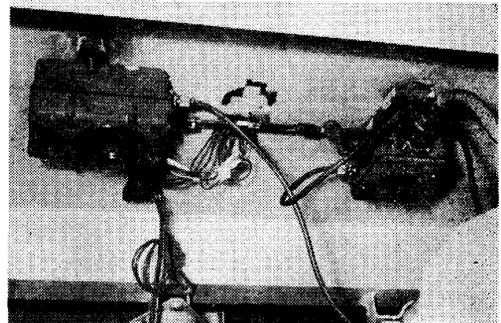


Photo. 2.1 Statistical strain meter

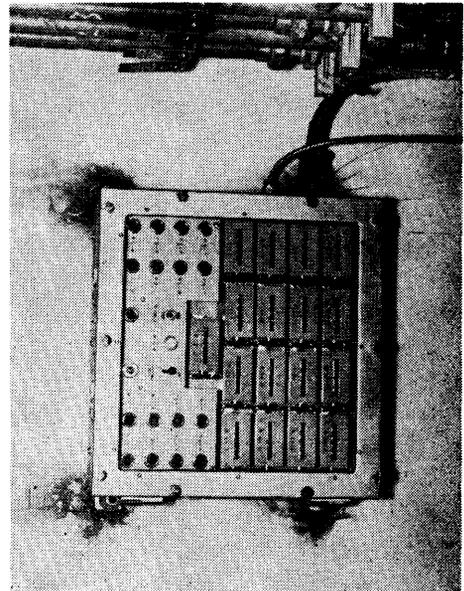


Photo. 2.2 Calculation part of statistical strain meter

青波による水圧³⁾;

これは、前記第49研究部会の依頼により計測したものであるが、次の2種の水圧計を用いた。

a. 最高水圧計

受圧膜の打ち込み水圧による変形を計測し、それまでの最高水圧を求めるもので、Photo. 2・3 の右側に示されている。

b. 簡易水圧頻度計

各階級の水圧の強さに応じて作動する計数式圧力計で、Photo. 2・3 の左側に示されている。

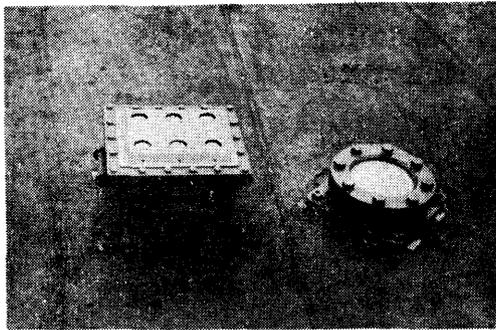


Photo. 2.3 Deflection type water pressure gauge. (right), Statistical water pressure gauge. (left)

これらの計器は、船首部上甲板上 No. 1 ハッチ右舷側にとりつけた。

出会周期:

ナビゲーション・ブリツヂの右舷甲板上のほぼ一定の位置において、F. P. 付近のほぼ一定の位置を海洋波（うねり）の山が過ぎる瞬間を押しボタンで合図しその合図マークを計測室内のビジグラフに記録した。うねりと風浪と区別がつけられる場合には、うねりに対して合図したが、両者の区別がつきにくい場合には適当に判断した。また、向い波の場合には、波の山が通り過ぎる瞬間を識別することが割合い容易であつたが、追い波の場合には、その識別が多少困難な場合もあつた。

Photo. 2.4 は、軸室後端部近くのプロペラ軸におけるトルクおよびスラスト計測部を示すものである。

Photo. 2.5 は、磁石と鉄片によるインダクション式プロペラ軸回転数計測装置である。発電式回転計は本写真の機関室側（プロペラ軸のカップリング・カバーのかけになつてみえない。）に設置されている。

Photo. 2.6 は、計測室内の記録部で、中央が記録器（ビジグラフ）、右側が応力測定用のストレイン・メ

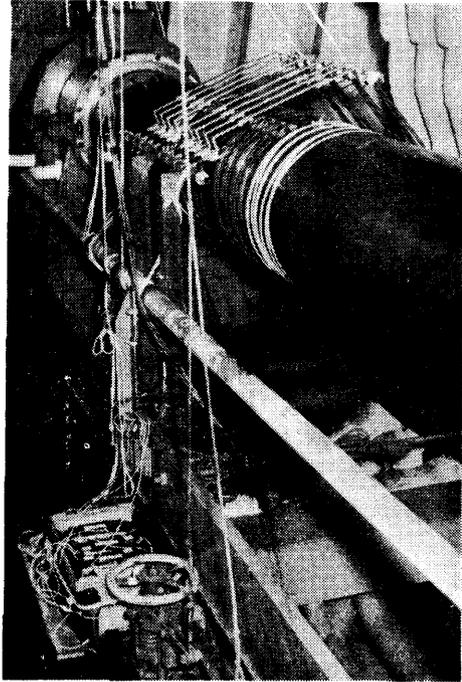


Photo. 2.4 Torque and thrust measurement

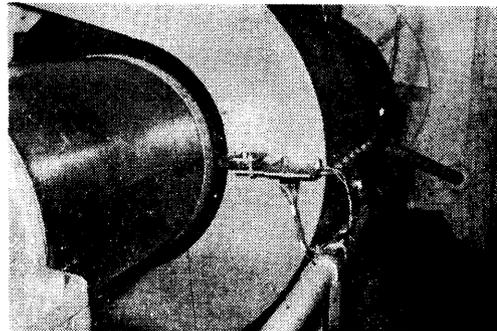


Photo. 2.5 Propeller revolution indicator

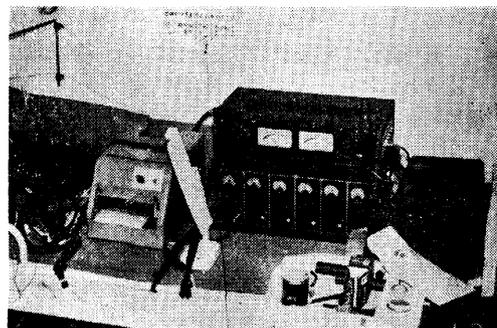


Photo. 2.6 Recording meters in hospital

ータ (DM 6H) である。

ビズグラフは、12チャンネル用であつたから、これに収容された記録は、次の12ヶとなつた。記録の例を Fig. 3・18 に示す。

- (1)(2), タイム・マーク (記録紙の両端に入れる。);
- (3), トルク; (4), スラスト; (5), 発電式回転計による回転数; (6), インダクション式回転計による回転数; (7), 縦揺れ; (8), 横揺れ; (9), 舵角; (10), 上甲板縦応力; (11), 出会周期; (12), 志波式曳航ログによる速度

(2) 観測項目

海象;

計測員4名が、おのおの独立に計測直前または直後のほぼ同時刻に目視により、海象状況を観測した。観測したものは、波長、波高、波の周期、波の来る方向、全般的な海面状況等である。周期の観察にはストップウォッチを用いた。観察数は、各人各観測時に、10点以上である。

なお、代表的な海象の写真撮影も行つた。

風向および風速;

本船の第2門形デリックの右舷の頂部に装備されたコーシンペン式の風向風速計による指示を、操舵室内の計器盤上で読みとつた。

読みとりは、各計測時の直前または直後で、1~2分間目視した後、その平均値を記録した。

また、風力(ビューフォート階級)については、ログブックから、船側の記録を採取した。

従つて、風速については、必ずしも海象と対応する値とはならない。

天候その他;

天候その他外的条件として参考になると思われるものを観測し、記録した。

(3) その他

指示馬力;

本船の機関部で定期的に計測した指示馬力の値を記録した。

海象図と天気図;

本船装置のファクシミリにより記録された毎日の波浪図、波浪予想図、天気図等を記録した。

気圧;

航路;

航海日誌;

本船の航海日誌をそのままうつしとつた。

2-3 実船試験

実船試験を実施した北太平洋における航路を Fig. 2-6 にかかげた。図中の船の位置は、その日の正午(現地時間)の位置である。図にみるように、往航では、北緯46°08'まで北上したが、復航では、北緯30°ないし40°の間を通過した。

つぎに、主要な期間毎にわけて実船試験の要点を述べる。

(1) 往航(横浜 ~ サンフランシスコ間)

横浜発は、10月18日午後4時40分、サンフランシスコ到着は、10月27日午後9時である。この間の全航程4,400マイル、平均速力19.3ノットであつた。

出港時の吃水は、船首5.44m、船尾7.58m、到着時の吃水は、船首5.18m、船尾7.27mである。

この間の天候、海象等の大略は Table 2・2 に示されている。

この間は、追い波の日が多く、海が荒れた割には、速度低下もすくなく、また、動揺も比較的すくなかつた。

計測は、定時計測と随時計測にわけて行い、前者は原則として正午と午後4時、後者は天候、海象状態を参照しながら貴重な資料が得られると考えられる場合には時間の如何をとわず随時実施した。いずれの計測の場合でも、その計測の前または後で、なるべく計測時刻に接近した時刻において、海象観測を、乗船者4名が各自独立して行つた。

この間、10月22B日に、前述のように、志波式曳航ログを流失したので、これによる記録は断念した。

(2) サンフランシスコ ~ ニューヨーク間

大島丸のサンフランシスコ停泊は10月30日までであつたから、それ以後のニューヨーク到着の12月11日までの間は、補足的資料をうる目的で、定時計測および計測を1日1回正午に実施した。計測項目等は北太平洋上におけるものと全く同じである。

なお、トルクおよびスラスト計測装置のターニングによる0点の較正および船尾管摩擦の測定は、横浜港出港時はもちろん、サンフランシスコ到着時、同出港直前、パナマ運河ガツン湖停泊中、バーミュダ島停泊中、ニューヨーク港停泊中およびニューワーク港停泊中および帰路サンフランシスコ出航直前の各回に実施し、海水温度の異なる海域におけるこの種計測装置の温度影響について調査した。これらの海域における海水温度は、サンフランシスコ出港時の11°Cから、パナマ運河ガツン湖上の29.5°Cまで変化していた。こ

れにより、今回採用した歪計方式のトルクおよびスラスト計測装置に対する温度影響について、新たな資料をうることができ、将来における実船試験のトルクおよびスラストの計測方式に一つの示唆を与えることができる。この詳細は、次章に述べる。

この間における大島丸の寄港地は、次のようである。

- 10月30日 サンフランシスコ出港
- 11月7日 パナマ運河通過
- 11月11日 バーミュダ島ハミルトン入港
- 11月12日 同島同港発
- 11月14日 ニューヨーク入港
- 11月17日 ニューワーク入港
- 11月18日 フィラデルフィア入港
- 11月20日 ボルテイモア入港
- 11月22日 ニューポートニュース入港，出港
ノーフォーク入港
- 11月24日 ニューヨーク入港
- 11月26日 ニューヨーク出港

(3) ニューヨーク～サンフランシスコ間

この間、11月27日、28日にモアヘツドシテイに寄港した。

この期間中は、主として今迄の計測結果の整理、写真の現象、データの読み取り、ログブックからの資料の収集等を行い、原則として計測は実施しなかつた。

12月2日パナマ運河通過，12月9日ロスアンゼルス入・出港，12月10日サンフランシスコ入港，12月12日サンフランシスコ出港，日本に向うこととなる。

(4) 復航（サンフランシスコ～名古屋間）

北太平洋航路の西航は、向い波となるので船の動揺は往航よりも激しいのが普通である。したがつて、船体運動、シーマージンの見地から、往航における追い波の場合と比較する資料をうるために、定時計測のほか随時計測も行い、資料の充実に努めることにした。

計測項目等は、往航と全く同じである。

日本の最初の寄港地は名古屋港で12月24日午後11時30分であつた。この間の天候、海象の大略は Table 2・3に示されている。

また、サンフランシスコ出港時の吃水は、船首が 6.15m、船尾が 8.15m、名古屋港到着時は、船首が 6.15m、船尾が 7.53m であつた。

さらに、この間の全航程は、4,815 マイル、平均速度は17.4ノットであつた。

Table 2・1 Principals of M. S. Ohshima-Maru

船 体 部	垂線間の長さ	L_{pp}	m 145.380	プ ロ ペ ラ	機 関 部 の 位 置	中 央 部			
	幅 (型)	B	19.50		基 数	1			
	深 さ (型)	D	12.318		型 式	エロフオイル 4翼組立式			
	船体平行部の長さ/ L_{pp}				0.055	直 径	m 5.900		
	比	L_{pp}/B			7.46	ポ ス 比	0.246		
		L_{pp}/D			11.80	ピ ッ チ (0.7半径における)	5.000		
	満 載 状 態	き っ 水(型)	d		9.203	ピ ッ チ 比 (0.7半径における)	0.847		
		キール の 傾 斜			0	ピ ッ チ 分 布	遞 減		
		排 水 容 積 (APPENDAGEを含む)			17,561.9m ³	展 開 面 積 比	0.486		
		方 形 係 数	C_B		0.670	投 影 面 積 比	0.434		
		柱 形 係 数	C_P		0.679	最 大 翼 幅 比	0.305		
		中 央 面 積 係 数	C_M		0.987	中 心 翼 厚 比	0.0575		
		水 線 面 積 係 数	C_W		0.814	翼 断 面 形 状	エロフオイル型		
		浮 心 位 置 (\bar{X} からの距離/ L_{pp})			0.99%	翼 傾 斜 角 度	10°~0'		
	部	総 ト ン 数			9,257.72T	仕 上 状 態	グラインダー仕上		
		載 貨 重 量 ト ン 数			12,033.32T	翼 数	4		
		船 首 の 形 状			傾斜曲線型	連続最大出力における 毎 分 回 転 数	119		
		船 尾 の 形 状			巡洋艦型	回 転 方 向	右廻り		
		か	じ		流線型「リアクション」式複板平衡舵		材 質	翼	マンガン青銅
							ポ ス	鑄 鉄	
機 関 部	主 機	基 数	1 基	実 測 値	直 径	m 5.900			
		型 式	飯野 SULZER 9RD76 型機関 「ディーゼル」	ピ ッ チ (0.7半径における)	5.006				
		連 続 最 大 出 力	12,000 P S	ピ ッ チ 比 (0.7半径における)	0.843				
		連 続 最 大 出 力 における 毎 分 回 転 数	119						

Table 2.2 Test No.

通 日	月 日	計 測 番 号	天 候	計 測 時 刻, 計 測 時 間	海 象				風			気 圧 (mmb)	
					うねり 方 向	平均 波高 (m)	平均 波長 (m)	平均 周期 (sec)	波浪階級	対 方 船 向	風 速 (m/sec)		風力階級
1	10. 18	—	曇	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	19	1	曇	16:00 ~16:05	右 横	1.2	20	6	rather rough	右斜前方	10.5	5	1013
3	20	2	曇	12:00 ~12:10	右斜後方	1.5	40	6.5	r. rough	左斜前方	11.5	5	1014
		3	曇	16:00 ~16:05	右斜後方	1.6	15	7.5	moderate	左斜前方	—	4	1015
4	21	4	雨	12:00 ~12:05	右斜後方	1.3	45	7.5	moderate	前 方	1.2	3	1026
5	22A	5	曇	12:00 ~12:05	右 横	1.5	40	7.5	slight	前 方	1.6	2	1031
6	22B	6	晴	12:00 ~12:10	右斜前方	1.5	60	8.5	slight	左斜前方	5.5	3	1035
7	23	7	晴	12:00 ~12:10	左斜後方	1.9	50	9	high	左 横	12	6	1034
		8	晴	17:00 ~17:05	左斜後方	1.3	50	8.5	very high	左 横	11	8	1033
8	24	9	晴	12:00 ~12:10	左斜後方	2.7	55	9.5	high	左斜後方	10	8	1025
9	25	10	雨	12:00 ~12:10	右斜後方	2.0	55	7.5	rough	左斜前方	7	6	1010
10	26	11	曇	12:00 ~12:10	後 方	2.5	55	8.5	rough	後 方	16.7	7	1013
11	27	12	曇	16:00 ~16:10	後 方	1.0	30	7.5	rough	右 横	21	5	1018
57	12. 12	101	曇	12:00 ~12:05	右斜前方	0.7	50	7.0	slight	右斜前方	5	3	1020
58	13	102	曇	12:00 ~12:05	右 前 方	2.0	40	8.0	rough	右斜前方	12	5	1021
59	14	103	曇	12:00 ~12:05	右 前 方	1.5	60	9.0	moderate	右斜前方	8	4	0030
60	15	104	曇	12:00 ~12:05	左 前 方	1.4	60	6.5	rough	左斜前方	9	5	1027
61	16	105	曇	12:00 ~12:05	左斜前方	1.5	40	8.0	rough	左斜前方	12.5	6	1017
62	17	106	曇	12:00 ~12:05	左 横	2.0	50	7.5	rough	右斜前方	12	5	1011
63	19	107	曇	12:00 ~12:10	右斜前方	3.5	80	10.0	high	左斜前方	5	7	1018
		108	曇	16:00 ~16:10	右斜前方	4.5	100	12.5	high	左斜前方	17.5	8	1015
64	20	109	晴	7:20 ~7:30	右 前 方	5.5	100	13.0	high	前 方	17.5	8	1007
		110	晴	10:30 ~10:40	前 方	7.2	150	12.0	high	右斜前方	15.5	9	1011
		111	曇	16:00 ~16:10	前 方	10.0	130	14.0	very high	右斜前方	15	9	1012
65	21	112	曇	12:00 ~12:05	左斜前方	2.0	40	8.5	high	左斜前方	17	6	1010
66	22	113	晴	12:30 ~12:35	左斜前方	4.5	60	7.5	high	前 方	16.5	7	1000
67	23	114	曇	12:00 ~12:10	右斜前方	7.5	80	10.5	high	右斜前方	22	8	1008
		115	曇	16:00 ~16:10	右斜前方	8.0	80	12.0	high	右斜前方	20	8	1008
68	24	116	晴	12:00 ~12:05	前 方	1.0	30	6.5	high	前 方	8.3	5	1015
69	25	—	晴	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

(注) (1) 平均波高, 平均波長, 平均波周期は, 4人の観測者の平均である。

(2) 波浪階級, 風力階級は, ログ・ブツクによる。

(3) 対水速度は, 船底圧力ログによる。

and measurements

対水速度 (kts)	プロペラ回転数 (rpm)	SHP (PS)	横揺角最大(複)振幅 (°)	縦揺角最大(複)振幅 (°)	備考
—	—	—	—	—	ターニング実施; 16:40 横浜港出帆
18.5	112.3	5375	D 3.2°	D 1.3°	午前中, 志波式ログを投入する。 機関日誌: 10,046BHP, 113.2RPM
18.85	113.6	8729	D 10.7°	D 1.7°	
18.5	113.2	9170	D 6.9°	D 1.6°	
18.8	112.5	9751	D 6.0°	D 1.1°	
18.5	112.5	9269	D 6.7°	D —	
18.5	113.2	8221	右 2.9°	D 2.6°	
18.5	112.9	8826	左 3.6°		
18.7	112.5	10210	右 6.5°	D 2.0°	
18.6	113.5	9200	左 4.8°		
18.8	114.4	9110	右 7.3°	D 3.3°	
18.8	113.2	8700	左 7.3°		
19.0	114.4	8786	右 2.6°	D 0.7°	
			左 2.6°		
19.0	113.2	9025	D 1.9°	D 1.2°	早朝, サンフランシスコ出帆
18.0	109.2	8540	D 3.7°	D 2.7°	機関日誌: 9,912BHP, 110.5RPM
18.4	112.1	10026	D 2.5°	上 2.8° 下 1.3°	機関日誌: 10,422BHP, 113.1RPM
18.0	112.0	10026	D 5.4°	上 1.7° 下 0.9°	
18.5	112.8	8505	右 5.3°	上 1.5°	機関日誌: 10,273BHP, 112.2RPM
18.5	112.1	10026	左 6.5°	下 0.7°	
17.5	110.9	10061	右 2.6°	上 3.1°	機関日誌: 10,241BHP, 112.6RPM
17.7	112.0	9699	左 6.8°	下 1.8°	
14.0	95.2	8620	右 7.1°	上 3.1°	機関日誌: 10,241BHP, 112.6RPM
9.0	78.8	4260	左 8.2°	下 2.9°	
11.5	96.7	7530	右 4.3°	上 6.5°	機関日誌: 10,241BHP, 112.6RPM
18.0	112.0	10010	左 5.1°	下 5.4°	
16.5	107.1	8825	右 5.1°	上 6.0°	機関日誌: 10,241BHP, 112.6RPM
13.5	100.0	8560	左 8.2°	下 5.1°	
9.0	86.0	5130	右 3.5°	上 5.1°	機関日誌: 10,241BHP, 112.6RPM
18.8	112.5	9896	左 9.3°	下 4.2°	
—	—	—	右 3.6°	上 2.6°	夜半 名古屋港着
			左 2.7°	下 1.4°	
—	—	—	D 6.3°	上 2.9° 下 2.0°	早朝ターニング実施
			右 3.1°	上 3.4° 下 3.2°	
			左 3.1°	上 3.2° 下 6.3°	早朝ターニング実施
			D 9.0°	上 5.3° 下 0.4°	
			D 2.9°	上 0.8° 下 —	

(4) プロペラ回転数, 軸馬力は, 計測時の平均値である。

(5) 動揺角中, 「D」は復振幅の値を示す。横揺角中, 「左」は左舷方向を, 「右」は右舷方向を示し, 縦揺角中, 「上」は船首上げ方向を, 「下」は「船首下げ」方向を示す。

なお, 往航時のトリム角は平均 40', 復航時のトリム角は平均 50' である。

Table 2・3 Speed trial conditions

使 用 標 柱		新井崎一野室間 (3,716.1m)
水 深		約 80 ~ 86 米
天 氣		晴時々曇
風 向 及 び 風 速		南 西 3 ~ 7 米/秒 (階級 2)
海 面 状 態		滑 ら か (階級 1)
		平 均
き つ 水	船 首	^m 2. 8 0 6
	船 尾	6. 7 5 2
	平 均	4. 7 7 9
	中 右 げ ん	4. 8 3 0
	央 左 げ ん	4. 8 7 5
	部 平 均	4. 8 5 3
縦 傾 斜		船 尾 へ 3. 9 4 6
排 水 容 積		8. 1 9 5 m ³
排 水 量		8. 4 0 0 t
方 形 係 数	C_B	0. 5 9 5
柱 形 係 数	C_P	0. 6 1 0
中 央 面 積 係 数	C_M	0. 9 7 5
水 線 面 積 係 数	C_W	0. 6 9 4
浸 水 面 積		2, 8 0 9 m ²
推 進 器 軸 の 深 度		0. 5 6 1

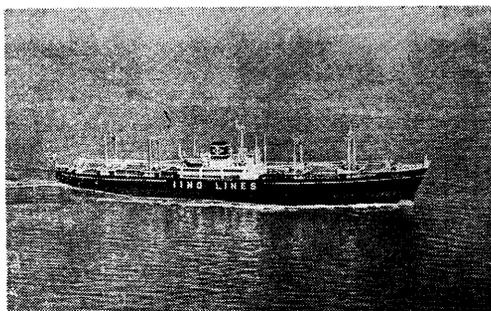


Fig. 2·1 M. S. Ohshima-Maru

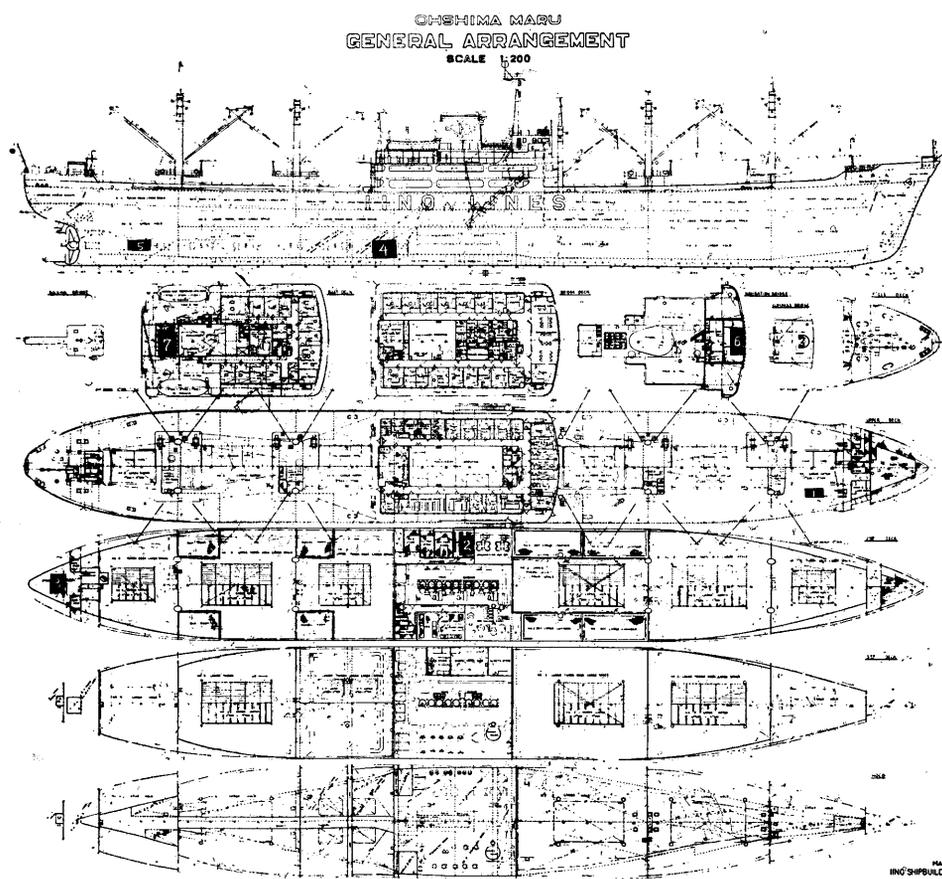


Fig. 2·2 General arrangement of M.S. Ohshima-Maru

- 1; Water pressure measurement
- 2; CO₂-bottle room, longitudinal stress measurement
- 3; Helm angle measurement
- 4; Propeller revolutions measurement
- 5; Torque & thrust measurement
- 6; Navigation room
- 7; Hospital, pitching & rolling measurement and recording

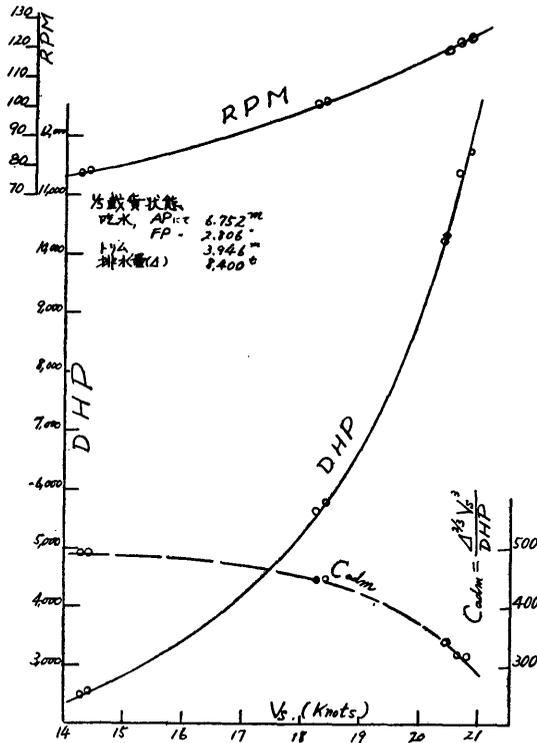


Fig. 2・3 Results of official speed trial of M.S. Ohshima-Maru

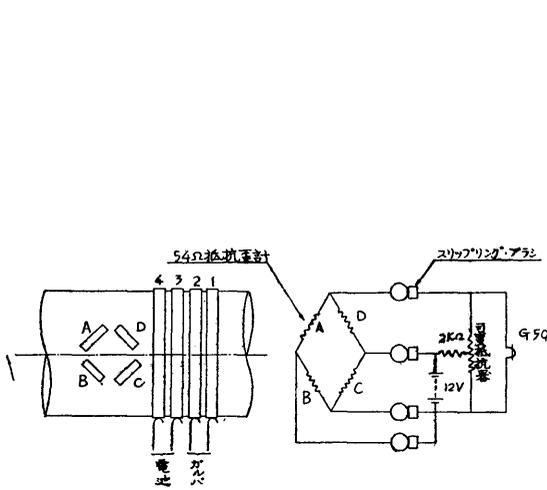


Fig. 2・4 Torque measurement

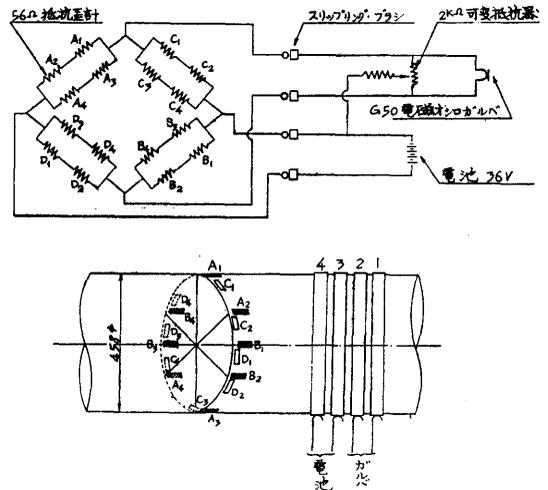


Fig. 2・5 Thrust measurement

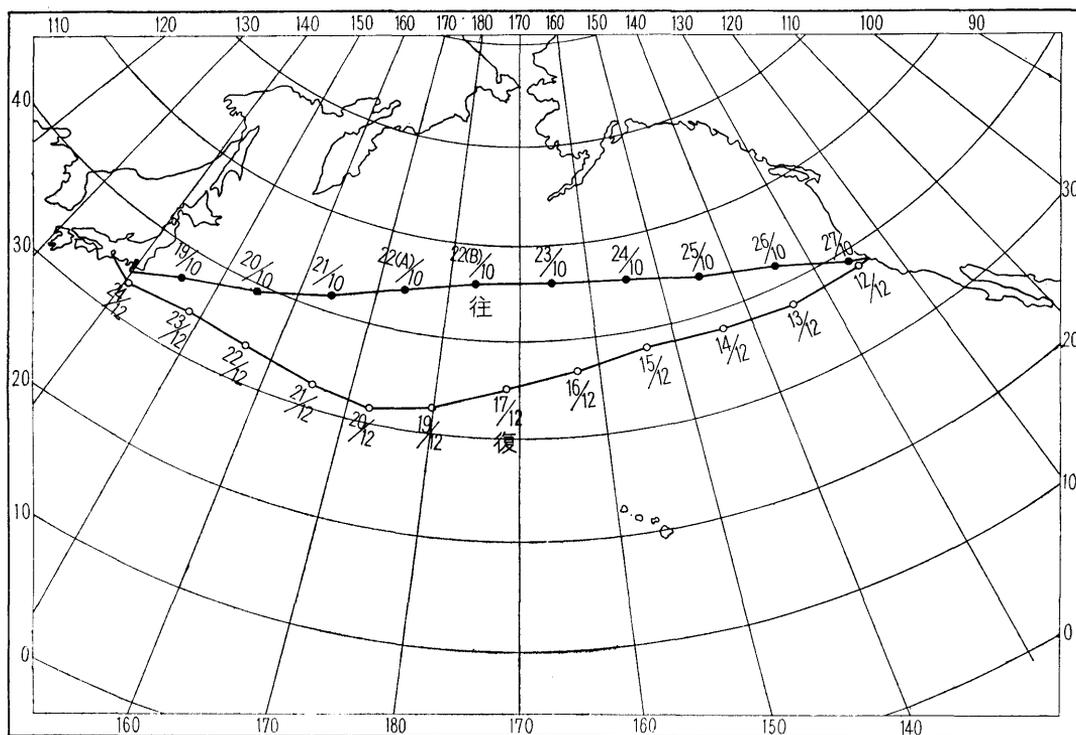


Fig. 2・6 North Pacific route of M.S. Ohshima-Maru (Noon positions are plotted)

3. 実船試験結果の要約

北大西洋上における実船試験結果の全般に関し、その要点をのべる。

3-1 観測値

(1) 波の周期

Table 2・3 に示した各計測番号 (T. No.) ごとに、海象状況を観測し、波の周期のヒストグラムを、船に対する波浪の方向、風力風向とともに示した。そのうちの代表例を Fig. 3・1 ないし Fig. 3・4 にかかげた。図の横軸 T_w は、波の観測周期 (sec) ($a \leq l < b$ の形で集計)、縦軸 n は、観測頻度である。

また、Fig. 3・5 は、東航中の波の周期の観測値の集計であり、Fig. 3・6 は、西航中の集計である。本図によれば、本船の場合には、東航、西航とも、8 sec 前後の周期を持った波が卓越していたことがわかる。東航の場合のヒストグラムは、比較的正規分布に近い形をしているが、西航の場合には、周期の長い波の発現頻度がかかなり多い。これは西航に際して、かなり顕著な低気圧が海面を通過したことに基づくものである。

上記の観測結果を北方定点における観測結果と比較すると、非常によい対応を示している。すなわち、北方定点の冬期の周期の平均値は 7.8 sec ないし 8.3 sec であつて、大島丸による最頻値 8 sec はこれに含まれ、さらに東航時のヒストグラムは、北方定点におけるヒストグラムに酷似している⁴⁾。

また、Fig. 3・7 は、北大西洋上の Marsden Square 183 (50°-60°N, 20°-30°W) における冬期 (12月, 1月, 2月) の観測結果である⁵⁾ が、これと比較しても本船のヒストグラムの形および周期の平均値は、かなりよく類似している。

(2) 波高と波長の観測値および両者の関係

Fig. 3・8 ないし Fig. 3・11 は、波高および波長の観測結果を示したものである。横軸に計測番号をとり縦軸に波高または波長を示した。観測値は、観測者別に記号を別にして示してある。

これらの図によると、波高にくらべて波長の観測値には、観測者の個人的な差が大きいこと、波高、波長とも、その絶対値が大となる程、個人差が大きく現われることがわかる。波長において、個人差が比較的大

きく現われるのは、何れを波として把握するかという認識の個人差によるところが大きいのと思われる。しかし、総体的にみると、特定の個人による特徴的な観測結果は現われていないので、以後の解析には、平均値を用いることにした。

Fig. 3・12 は、波高の1日当りの平均値についてのヒストグラムである。観測点が少ないので確たることはいえないが、本航海例では1m以上3m程度の波高の波が卓越していたことがわかる。

Fig. 3・13 は、波長の1日当りの平均値についてのヒストグラムである。観測点が少ないので確たることはいえないが、40mないし60mの波長の波が比較的多かつたことがわかる。

各観測値の平均値について、波長 L_w と波高 H_w の関係を示したものが Fig. 3・14(A) である。

図中には、Neumann - Pierson の完全発達不規則波に関する次の式から導いた波長と波高の関係⁶⁾ も示した。

Neumann-Pierson の関係式;

$$R=0.622\left(\frac{U}{10}\right)^5$$

$$h_{1/10}=3.60\sqrt{R}$$

$$\lambda_m=\frac{3\pi}{g}U^2$$

ここに、 U は風速 (m/sec)、 R は完全発達不規則波の累積エネルギー密度、 $h_{1/10}$ は波高の最大 $1/10$ 平均値、 λ_m はエネルギー・スペクトラムのピークに対応する波長である。

上の諸式から、 U と R を消去し、 λ_m と $h_{1/10}$ の関係を求め、図示したものが Fig. 3・14 中の実線である。

いま、観測波高 H_w が、 $h_{1/10}$ に対応するものとみなして、 H_w と観測波長 L_w の関係と、 $h_{1/10}$ と λ_m との関係を、図について比較してみると、 L_w の点のバラツキが大きいが、 L_w は、だいたいにおいて、 λ_m よりかなり小さいことがわかる。

これは、後掲の Fig. 3・15 に示すように、観測波長が波周期から計算したものより、かなり短いことと対応するもので、この原因は、観測者の不馴れによる誤差のほか、観測波長は、船の周りの視界内の海面の平均的な波長を記述するのに対し、波周期から計算される波長は海面の代表的な、あるいは卓越した波の波長を示すことによるものと考えられる⁶⁾。

また、Fig. 3・14(B) は、観測波の1日当りの平均

値についての波形こう配のヒストグラムである。

観測点が少ないので、あまりはつきりしたことはないが、最も屢々生ずる波形こう配は、2.5~5.5%の間にあつたことがわかる。北方定点の最頻値2.25%とくらべてやや大きいようである⁴⁾ が、これは観測点の少ないことのほか、西航時に数回低気圧帯に遭遇したために、風浪が卓越して観測されたためであろう。

(3) 波長と周期の関係

観測値から波長 L_w と周期 T_w の関係を求めて、Fig. 3・15 にかかげた。プロットした点は、各計測番号における各観測者による観測値の平均値である。

また、図中に、次式で表わされる波長 λ と波の周期 T との関係を示した。

$$\lambda=K\frac{g}{2\pi}T^2$$

ここに、 K は波のスペクトラムによる係数で、スペクトラムが狭まると、従つて規則波に近いほど1に近い値となる⁷⁾。

本図によれば、観測点は、 K が $1/3$ から $2/3$ の範囲内に置点され、その平均的傾向は、 $K \div 1/2$ で現わされることがわかる。

(4) 風速と波高の関係

Fig. 3・16 は、横軸に風速をとり、縦軸に波高をとつて、観測結果を置点したものである。風速は、対船風速および対船風向から、絶対風速に相当するものを求めて使用した。

観測点は、かなり散らばつていて、この資料のみから、一定の傾向を見出すことはできない。風速に対する波高がこのように散らばる原因は、波高観測に含まれる誤差のほか、観測風速が計測時点における短い時間および狭い海域内の値であつて、必ずしも、その時の海象に対応するものとは限らないことにある。

本図中に、Roll によつて北大西洋における10定点で観測された値、北大西洋上の北方定点の観測値⁴⁾ 等も記入したが、これらは、ほぼ本船の観測値の平均を代表するとみなすことができる。従つて、北大西洋航路についても、竹沢³⁾ のように、平均海象を想定し、船体運航特性を平均的に扱うことができようである。

Fig. 3・17 は、計測時点前後の平均のビューフォート階級に対して、観測波高を置点したものである。やはり点の散らばりが大きい、図中に示した WHO の probable wave height とくらべると、ほぼ似た傾向を示している。しかし、風が弱いときは、この標準より波が高くなる傾向は、ここでもみられる⁴⁾。

3-2 計測値

各計測番号毎の主要な計測項目の値は、前掲の Table 2・3 に示されている。また、オツシログラフ紙の記録例は、Fig. 3・18 に示されている。

ここでは、主として、トルクおよびスラストの計測に関連した問題について述べる。

前述のように、本実船試験では、波浪中のプロペラ回転数、トルク等の変動を調査することも、一つの重要な目的であった。このために、トルク、スラストおよび回転数の測定には、船舶機関部の応援を得て、綿密な準備がなされたのであるが、実際に海上で長期間にわたる計測をしてみると、ストレイン・ゲージを直接プロペラ軸に貼付して行う方法は、次のような難点を持つていることがわかった。それは、プロペラ軸温度が、船の周囲の海水温度の影響を著しく受けて変動することで、このために温度補償が不可能な本測定方法では、歪計ブリッジの0点の大幅な変動をさけることができなかつた。日付を横軸に、見掛けのトルク、スラスト等を縦軸にとつた Fig. 3・19, および海水温度と見掛けのトルク、スラストの関係を示した Fig. 3・20をみると、この間の事情を容易に知ることができる。見掛けのトルク、スラストとは、計測値の真の0点が不明のために、記録紙(記録紙の0点は変らない。)上に便宜的に設けた基準線から測つたトルク、スラストの記録までの読みの値である。これらから真のトルク、スラストを求めた方法は、後で説明する。

ターニングによる0点の較正は、この場合、重要な意義を持つており、その結果を Table 3・1 に示す。

(1) 計測装置

ストレイン・ゲージ等軸室内の諸装置は、きわめて良好に作動し、約70日間の航海中、故障は皆無であつた。

ストレイン・ゲージの絶縁抵抗は、終始、1,000 M Ω を保ち、電源を除いた全回路の絶縁抵抗は、最初約500 M Ω 、名古屋港帰港時で約200 M Ω であつた。

憂慮されていた高感度ガルバ(G50)を使用することによる船体振動の影響はみられなかつたが、船体の動揺に起因すると思われる長周期のバラツキが、最大 ± 0.1 mm程度あつた。

(2) 計測結果

(ア) 計測精度

トルク、スラストの測定に関し、どの位の測定精度が期待できるかを検定した結果、次の値を得た。

すなわち、前述したように、キャリブレーションは、

ブリッジ回路の1部を短絡して得られるものであるが、航海中ではプロペラ回転中に行われるから、結果的には既知のトルク、スラストを重畳したと同じになり、読みとり精度その他はキャリブレーションの時も実際の計測時と同じ条件のもとにあると考えられる。したがつて、計測の都度行つているキャリブレーション(40回)から得られた常数のバラツキの母分散と測定値の母分散が同じであるとして計算すると、

トルク; 測定値の標準偏差の不偏推定値 σ は、

$$\sigma = 2.86 \text{ ton-m}$$

スラスト; 測定値の標準偏差の不偏推定値 σ は、

$$\sigma = 28.1 \text{ ton}$$

従つて、トルクについては、 $\pm 5.6 \text{ ton-m}$ 、スラストについては、 $\pm 55 \text{ ton}$ を偶然生じた誤差と考えれば、全測定値の95%は、この誤差内になければならない。これよりはずれた測定値に対しては、何等か他の要因(たとえば回転数等)に変化があつたものと考えられよう。

(イ) 真のトルク、スラスト

トルク、スラストの真の値は次のような考察のもとに求めた。

トルク、スラストの測定値に著しい温度影響のあることは、前述の通りであるが、いま、見掛けの測定値(Q_A , 見掛けのトルク, T_A , 見掛けのスラスト)と真の測定値(Q , T)の間に次の関係があると仮定する。

$$Q_A = Q + \Delta Q + q(t - t_0)$$

$$T_A = T + \Delta T + p(t - t_0)$$

ここに、 ΔQ , ΔT は、温度 t が t_0 のときのゼロ点(船尾管の摩擦損失を含む。) p , q は、温度係数である。

上式から、 $(t - t_0)$ を消去すると。

$$Q_A = \frac{q}{p} T_A + [(Q + \Delta Q) - \frac{q}{p} (T + \Delta T)]$$

ターニングの場合も同様な関係が成立すると考えると、このときには、

$$Q = T = 0$$

であるから、

$$\bar{Q}_A = \frac{q}{p} \bar{T}_A + [\Delta Q - \frac{q}{p} \Delta T]$$

ここに、 \bar{Q}_A , \bar{T}_A は、ターニングのときの見掛けのトルク、スラストの測定値である。

Q_A , T_A および \bar{Q}_A , \bar{T}_A の関係を図示すると Fig.

3.21 のようになる。

Fig. 3.21 には温度の影響が含まれていないと考えられる。

いま, Fig. 3.21 右上の図において, 任意の測定点 A に対するゼロ点 A_0 がどこにあるかを考えると, もし,

$$\frac{Q}{T} = \frac{Q_A - \bar{Q}_A}{T_A - \bar{T}_A}$$

が推定できるならば, 図示の方法で A_0 を求めることができる。

本実船試験の場合について, 標型船による水槽試験および新造時速力公試運転の結果を利用して, Q/T の値を求めてみると, Table 3.2 に示すように, $Q \approx T$ として充分である。

Table 3.2 Value of Q/T at homeward navigation

速度, V_S (ノット)	Q/T
16	1.015
17	1.007
17	0.978
19	0.995

従つて, 本測定値に対しても $Q/T=1$ なる仮定を適用すれば Fig. 3.21 を使つて, トルク, スラストの真の値の概数を求めることができる。

なお, Fig. 3.21 で, 往航と復航で傾斜が異なっているが, これは温度係数の比, q/p が何らかの原因で変化したためと考えられるが, よく原因はわからない。しかし, 航海中の計測値とターニング時の値が, 往航, 復航とも, それぞれ平行しているところから, 計測結果に対する信頼性はあるものと考えてよいであろう。

(ウ) インジケータ馬力との比較

Table 2.3 の備考欄に示すように, 本船では 4 日ないし 5 日おきに, インジケータにより平均有効圧力を計測し, 制動馬力を求めている。

同じ日に至計で計測した軸馬力 (SHP) から計算した制動馬力 (BHP_1) とインジケータによる計測馬力 (BHP_2) を相互に比較したものが Fig. 3.22 である。

ただし, BHP_1 と SHP の関係は, 次式で表わされると仮定した。

$$\frac{BHP_1}{SHP} = 1.03$$

(162)

Fig. 3.22 によれば, BHP_1 と BHP_2 の間には, かなりの差が認められる。これは, 計測者, 計測方法による差のほかに, 同じ日といつても計測時間が異なること (インジケータ馬力の計測は, 午後 4 時に行われた。) 従つて海象, 気象, 船速, プロペラ回転数などにも多少の差があつたことなどによるものであろう。

3-3 水槽試験

(1) 水槽試験

実船試験終了後, 大島丸の模型船 M. S. No. 1510 を製作し, 当所第 1 試験水槽で, 平水中の抵抗および自航試験を行った。

模型船の主要目を, Table 3.3 に示し, 試験時の載貨状態を Table 3.4 に示した。バラスト(1)の状態は, 西航(復航)の, バラスト(2)の状態は, 東航(往航)の, それぞれの平均載貨状態に対応する。

試験の結果得られた剰余抵抗の無次元値 r_R を Fig. 3.23 に, 自航要素を Fig. 3.24 に, また制動馬力等曲線を Fig. 3.25 にかかげた。Fig. 3.25 の制動馬力等曲線の計算に当つては, Table 2.2 および Fig. 2.4 の新造時海上速力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。試運転成績の解析結果によると, ΔC_F の値は, シェーンヘルの摩擦抵抗算式による値に対して -0.0001 , また $(1-w_S)/(1-w_M)$ の値 (w_S は実船の伴流係数, w_M は模型船の伴流係数) は, 1.10 であつた。 ΔC_F および $(1-w_S)/(1-w_M)$ の値は, 載貨状態, トリム, 速度等によつて変化するが, ここでは, すべての載貨状態を通じて, 前記の数値を採用して計算した。

なお Fig. 3.26 に参考の為に, 模型船 M.S. No. 1510 の線図をかかげた。

(2) 水槽試験と実船試験との比較

Fig. 3.27 は, 東航時の水槽試験成績と実船試験計測値の比較である。

水槽試験から得られた制動馬力等曲線を, 海上が平穏で風や波のない場合に対応するものと見做して, この曲線に対する制動馬力の値の増加をシー・マージンと考えれば, この場合のシー・マージンの値は, 0~25%程度となるが, この値は, 海象状況によりあまりはつきりと区分されない。東航は, ほとんど追い波であつたので, 速力の低下も, 著しくない。

プロペラ回転数も, 水槽試験から推定した値よりも 3%~5%程度上廻っている。この上廻りの程度も, 海象状況によつて, あまりはつきりとは区別されない。

Fig. 3・28 は、西航時の比較である。

この場合は、ほとんど向い波であつて、しかもシー・マージンの量は、海象状況およびスラミング発生の有無によつて、比較的すつきりと区分されている。すなわち、スラミングが起きていない場合の馬力増加は、Rough Sea の8%程度から、High Sea の50%程度まで変化しており、縦揺れがひどくなり、スラミングが起こるような状態になると、この量は、200%ないし300%に急増している。

また、プロペラ回転数も、水槽試験からの推定値と比較すると、同一速力において、Rough Sea で約3%、High Sea で約10%、またスラミング発生時には約30%の増加を示している。

東航と西航の場合を比較すると、一般に同じ海象状況でも、西航の方がシー・マージンの量は大きく、また速力の低下も著しい。

また、Fig. 3・28 において、速力14ノット以下における計測点では、ひどいスラミングを起していたが、この速度低下、すなわち馬力増加の割合は、穂高山丸による計測例とよく対応しており¹⁰⁾、スラミング発生時における馬力増加および速度低下の著しいことを裏書きしている。

また、Fig. 3・27 および Fig. 3・28 中に、計測時の絶対風速の値もカツコ内に併記したが、これによると、向い波の場合には、風速の増加に伴つて、馬力が増加する一般的傾向を認めることができる¹¹⁾が、それ以上にスラミングの有無が支配的であることが知られる。

(3) 波浪による船速の低下

波浪による船速低下をきたす状態は、大略二つの段階にわけられる^{12・13)}。その第1は、波浪および風圧による船体抵抗増加のために、一定の機関出力では必然

的に船速が低下する段階で、海面状態がそれほど悪化しない場合が、これに相当する。第2段階では、海面状態の悪化とともに、船体抵抗の増加もさらに激しくなり、船体動揺もますます激化し、スラミング現象、プロペラのレーシング現象、海水うち込み等がはなはだしくなり、船体、機関、貨物にも重大な損傷を与える危険が生ずるため、たとえ機関出力に余裕があつても人為的に出力をしばり、船速を低下させねばならない。

本実船試験の計測値を、ビューフオート階級を横軸に、船速を縦軸に置点したものが、Fig. 3・29である。本図には、追い波、横波、向い波ごとに記号を異にして示したが、このうち向い波の記録は、上記速度低下の二つの段階をかなりはつきり示している。すなわちビューフオート階級5前後から、人為的にプロペラ回転数を低下させ（●印で置点されている）、機関出力を減じて、速度低下を行つている。そして、ビューフオート階級以上になると、ほとんどの事例とも、人為的速度低下を行つていることがわかる。

また、追い波の場合と向い波の場合と比較すると、両者の場合で排水量、トリムが多少異なるが——追い波の場合は、ほとんど東航に相当し、平均排水量11,624トン、向い波の場合はほとんど西航に相当し、平均排水量12,980トン——波浪の影響は追い波の方がすくなく、同じ風力階級では、速度低下がすくなく、またより高い風力階級まで、常用機関出力で航海することができる。

James 流の最適経済航路^{14・15)}を選定する場合、波浪現況図、波浪予想図のほか、波高と船速低下の関係が、当該船舶について、必要とされる。

Fig. 3・29 を横軸に波高を採つて表わしたものが、Fig. 3・30 である。

Table 3・1 Measurement at dead slow turning of shaft

※1 記録紙右端を0とした場合のトルク, スラストの値

※2 最後端軸受外側ケースの温度

計測地名	日付	※1 見掛トルク (Q_c) Ton-m	※1 見掛スラスト (T_c) Ton	海水温度 °C	※2 軸受温度 °C
Yokohama	10. 18	57.1	492	15.0(推定)	
San Francisco (Av)	10. 27	45.1	556	12	32→30
" (Lv)	10. 30	24.4	695	11	14.5
Gatun Lake	11. 7	125.0	121	29.5	33
Hamilton	11. 11	107.3	278		30
Newark	11. 17	34.1	729	18.0	20.5
N. Y. (2nd Call)	11. 24	38.2	646	11	28→27
San Francisco (2nd Call)	12. 11	13.6	683	12	15
Nagoya	12. 24	55.9	332	13.5	37

Table 3・3 Particulars of M. S. No. 1510

L_{pp} (m)	5.500 m	C_B	0.672
L_{DWL} (m)	5.6494m	C_P	0.682
B (m)	0.739 m	C_M	0.987
d (m)	0.3486m	lcb	+1.1%

Table 3・4 Load conditions

CONDITION	DRAFT (m)			TRIM (m^2)	DISPLACEMENT, ∇ , (m^3)	WETTED SURFACE, S, (m^2)
	A. P.	M. S.	F. P.			
FULL LOAD	0.3487			0	0.9512	6.091
BALLAST (1)	0.2964	0.2645	0.2326	0.0638	0.6857	5.122
BALLAST (2)	0.2805	0.2407	0.2009	0.0796	0.6140	4.842

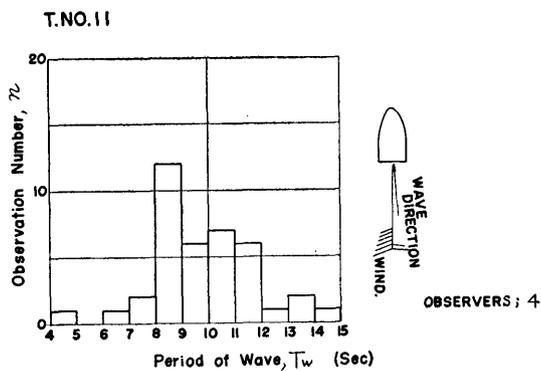


Fig. 3-1 Histogram of wave period (T. No. 11)

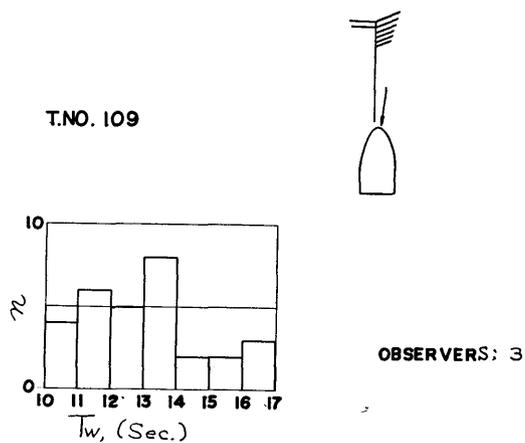


Fig. 3-2 Histogram of wave period (T. No. 109)

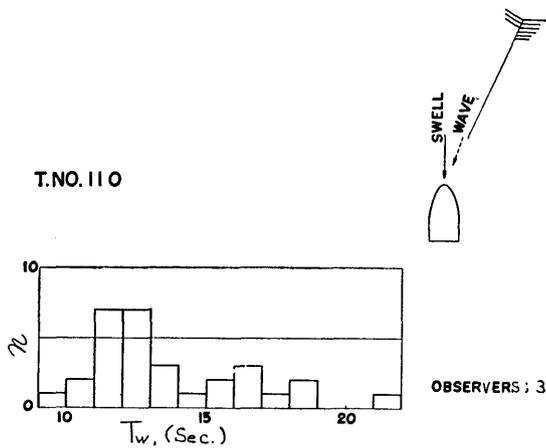


Fig. 3-3 Histogram of wave period (T. No. 110)

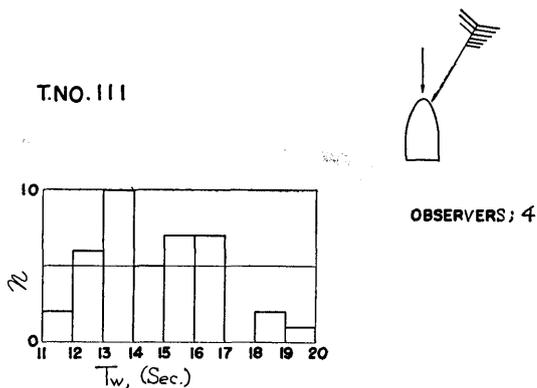


Fig. 3-4 Histogram of wave period (T. No. 111)

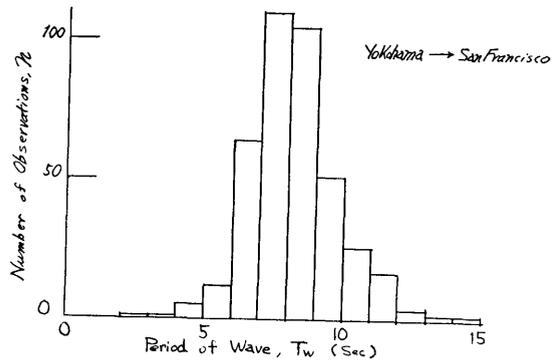


Fig. 3.5 Histogram of wave period (Yokohama→San Francisco)

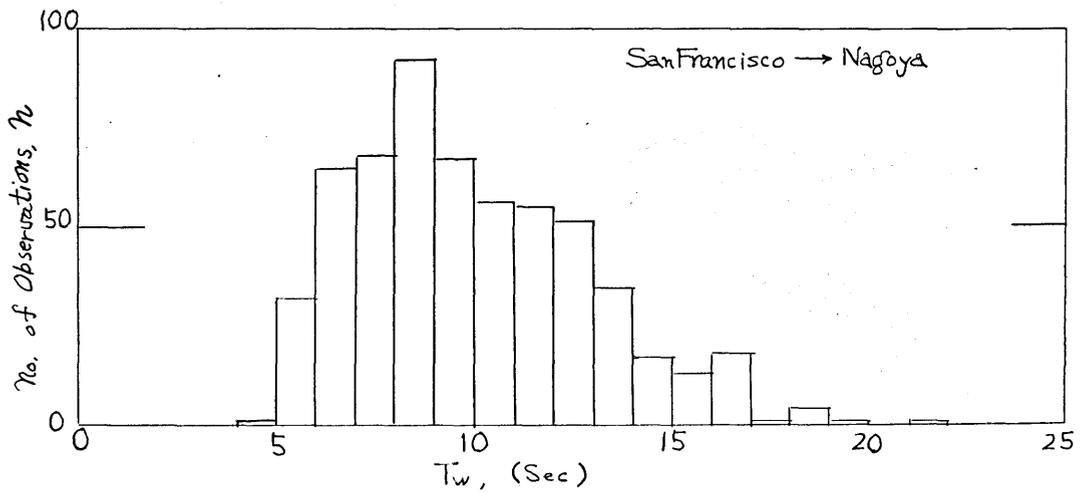


Fig. 3.6 Histogram of wave period (San Francisco→Nagoya)

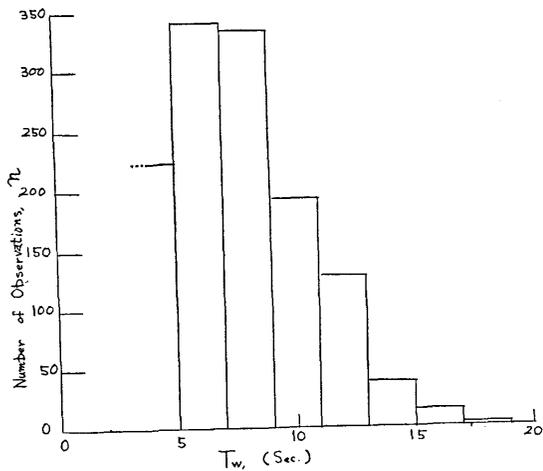


Fig. 3.7 Histogram of wave period at Marsden Square 183 of North Atlantic Ocean

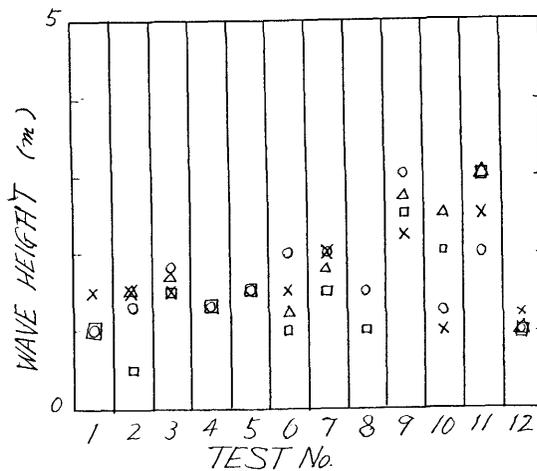


Fig. 3.9 Observation of wave height (T. No. 1~12)

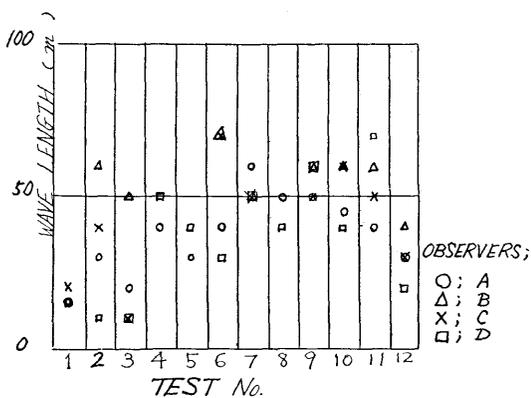


Fig. 3.8 Observation of wave length (T. No. 1~12)

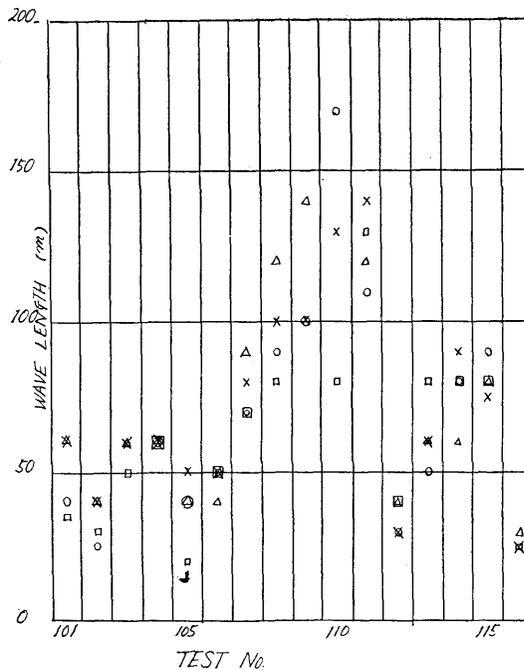


Fig. 3.10 Observation of wave length (T. No. 101~116)

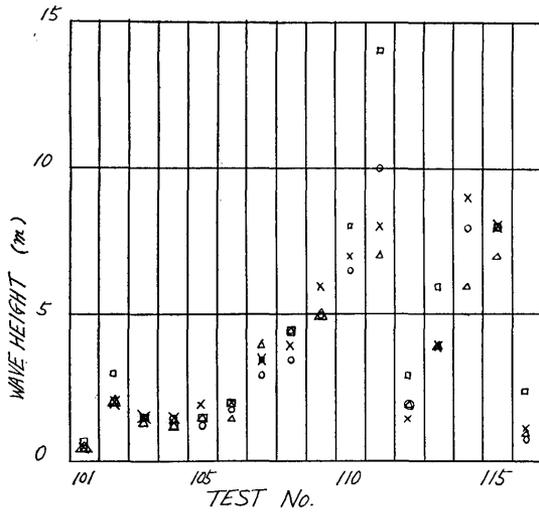


Fig. 3-11 Observation of wave height (T. No. 101~116)

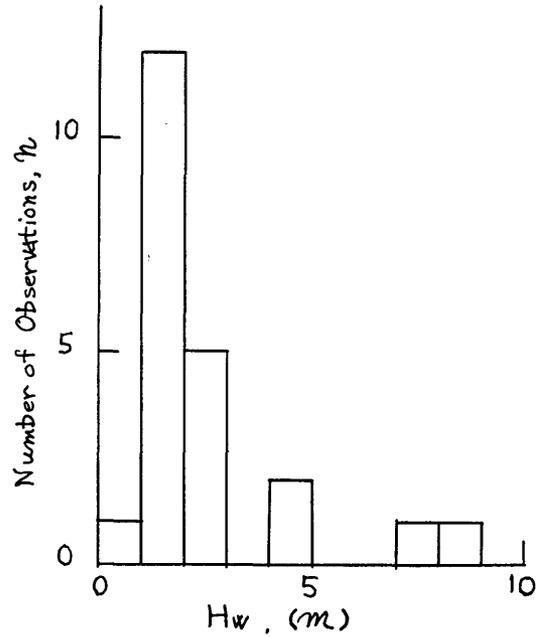


Fig. 3-12 Histogram of observers-mean wave height

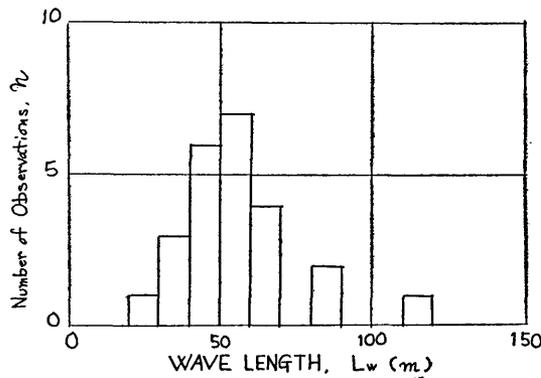


Fig. 3-13 Histogram of observers- mean wave height

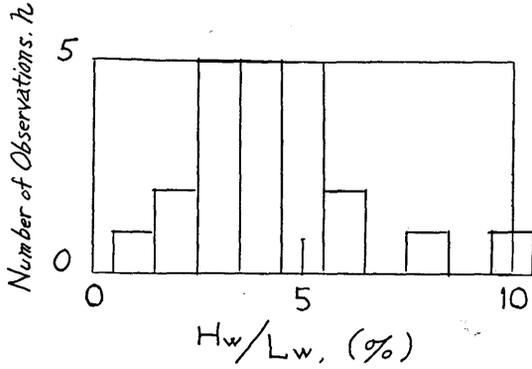


Fig. 3-14(B) Histogram of wave slope

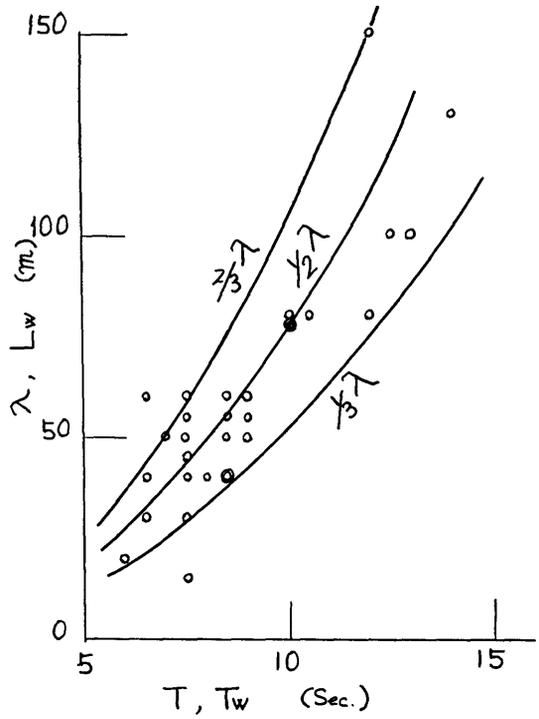


Fig. 3-15 Relation between wave period and wave length

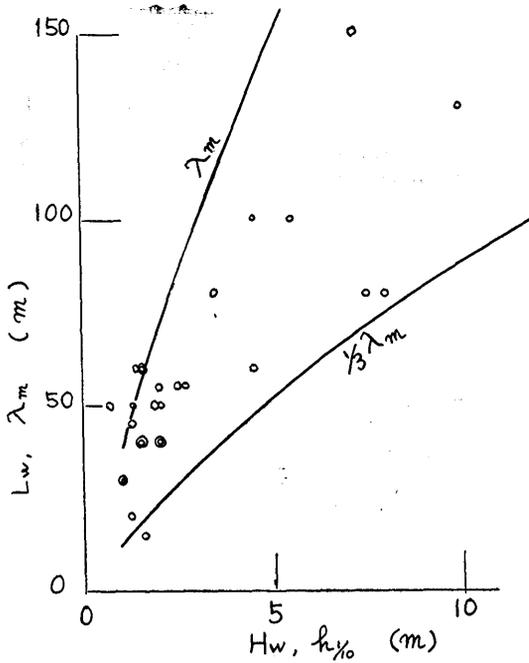


Fig. 3-14(A) Relation between wave height and wave length

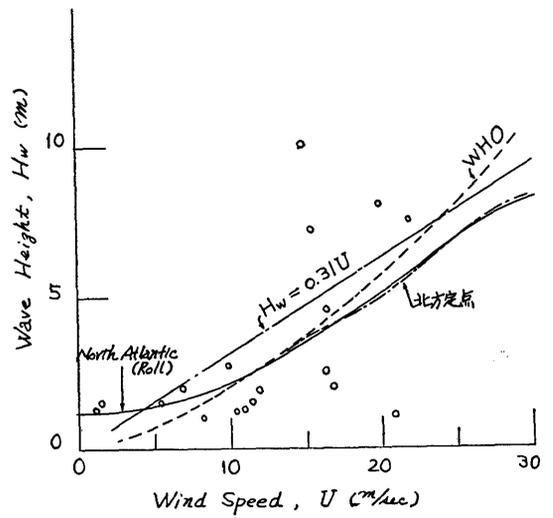


Fig. 3-16 Relation between wind speed and wave height

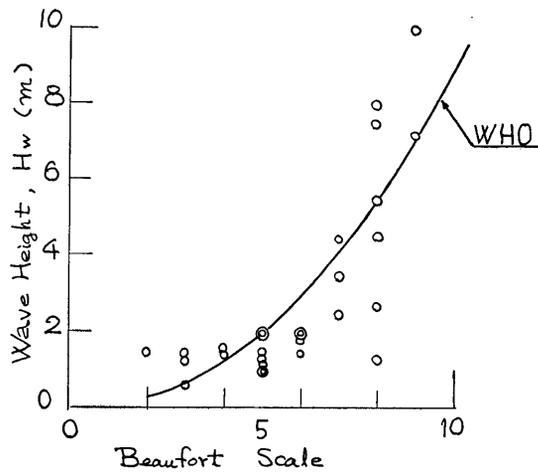


Fig. 3 · 17 Relation between beaufort scale and wave height

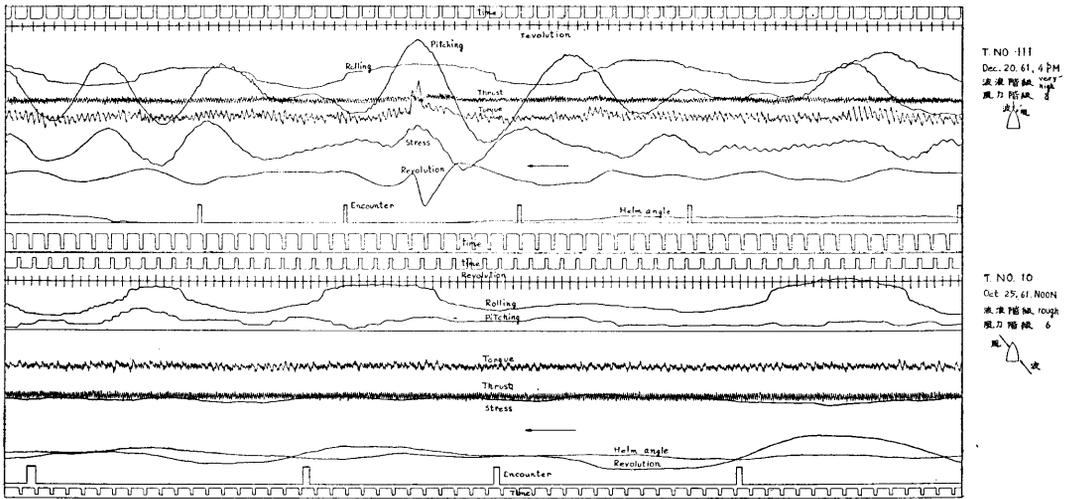


Fig. 3 · 18 An example of records on visi-corder

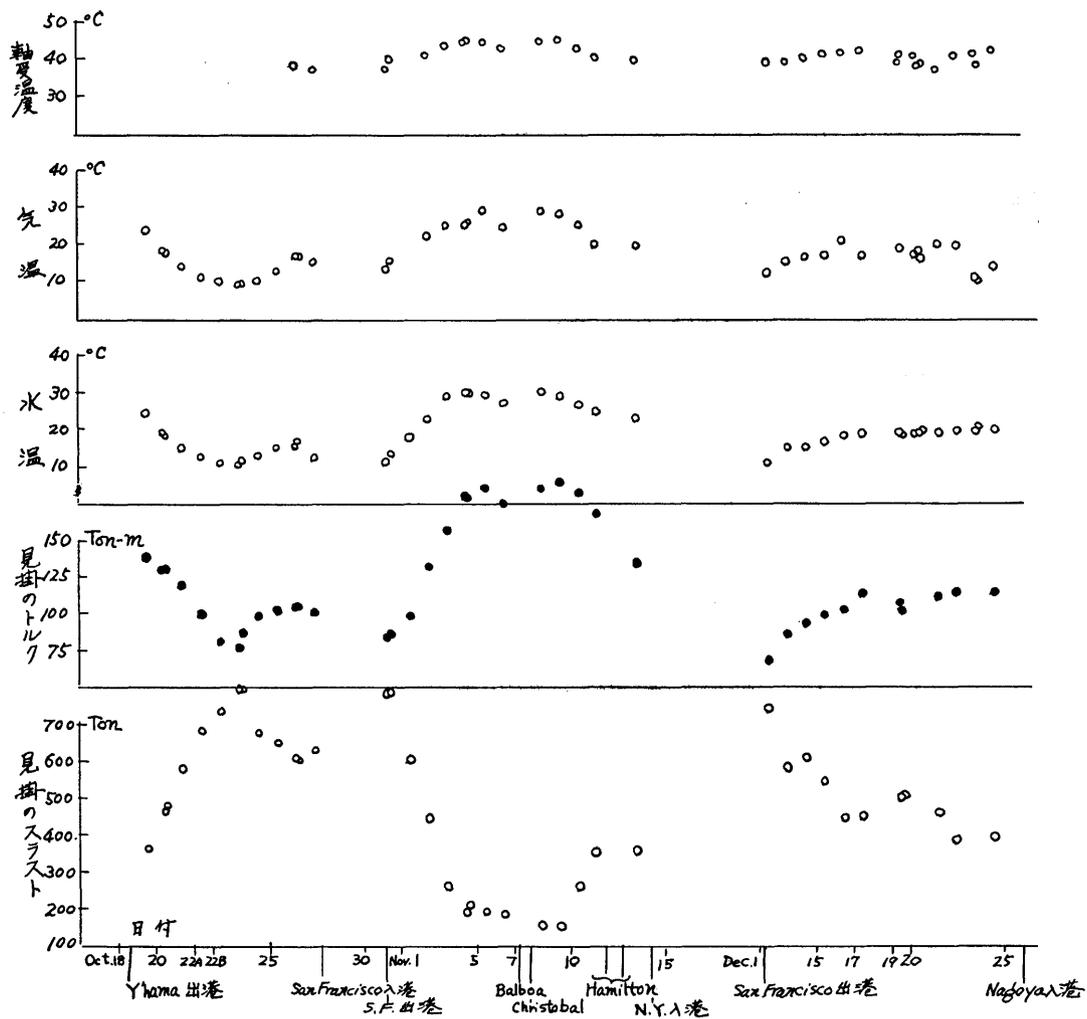


Fig. 3-19 Variation of apparent torque, thrust etc on date

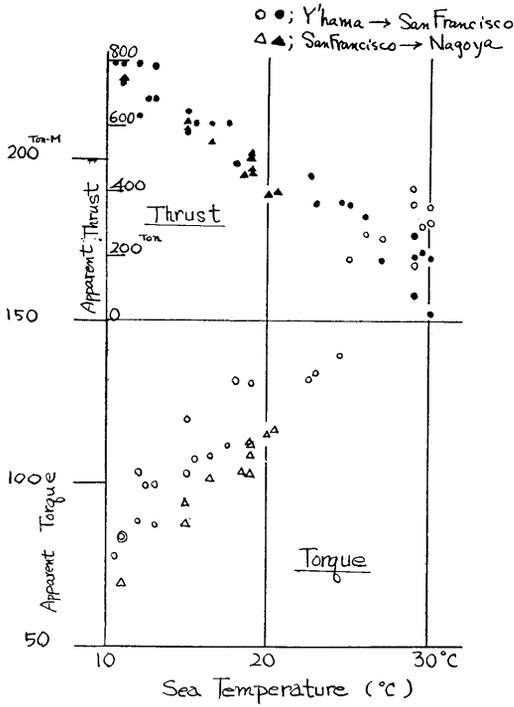


Fig. 3-20 Relation between sea temperature and apparent torque and thrust

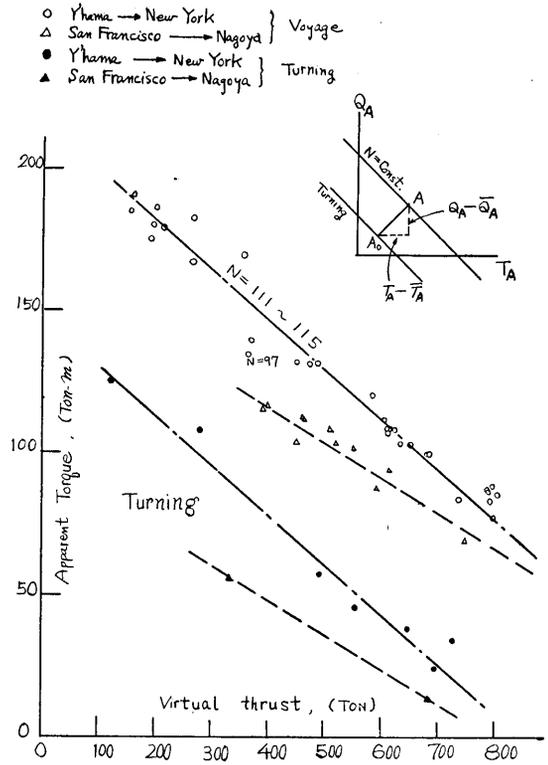


Fig. 3-21 Relation between apparent torque and apparent thrust

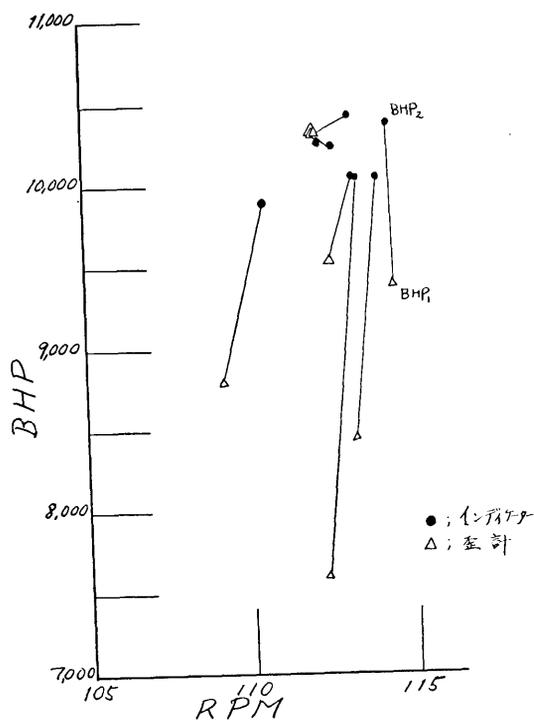


Fig. 3 · 22 Comparison of brake horse power BHP_1 from strain gauge and brake horse power BHP_2 from indicator

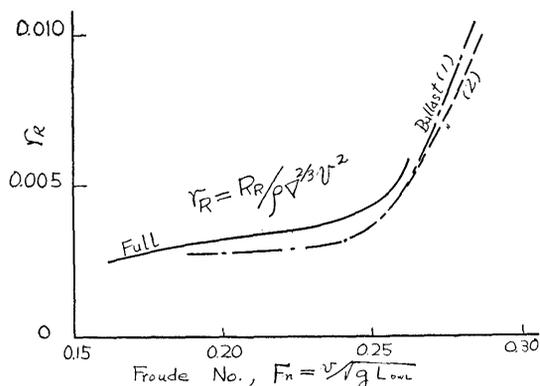


Fig. 3 · 23 Residual resistance coefficient, r_R , of M.S. No. 1510

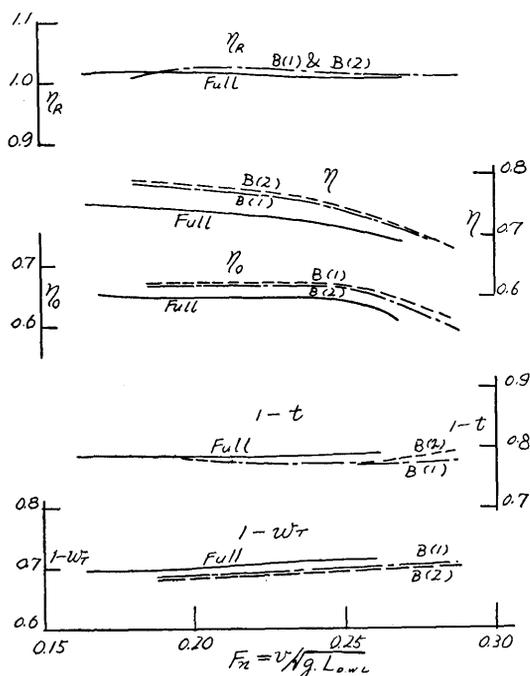


Fig. 3 · 24 Self-propulsion factors of M.S. No. 1510

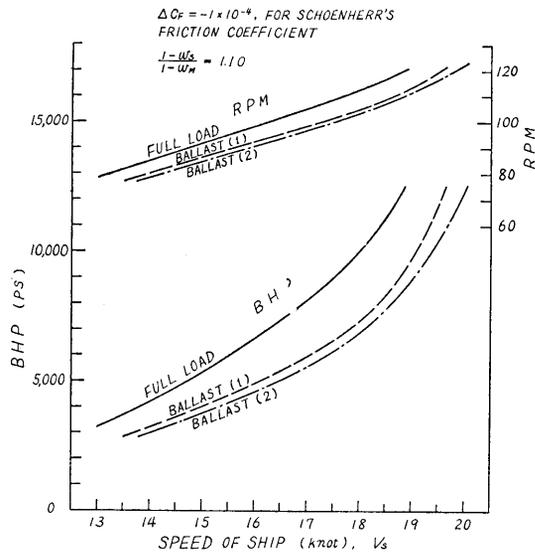


Fig. 3-25 BHP etc curves of M.S. No. 1510

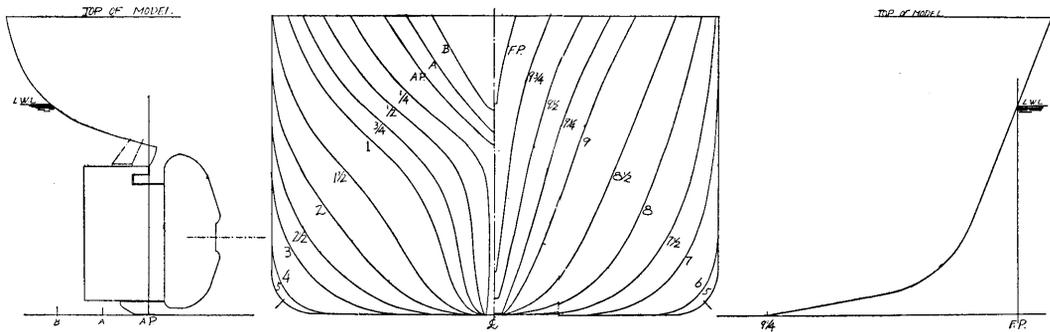


Fig. 3-26 Body plan, stem and stern contour of M.S. No. 1510

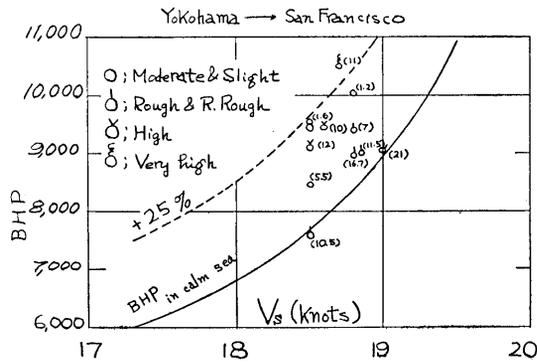


Fig. 3-27 Increase of horse power at rough sea (Yokohama→San Francisco)

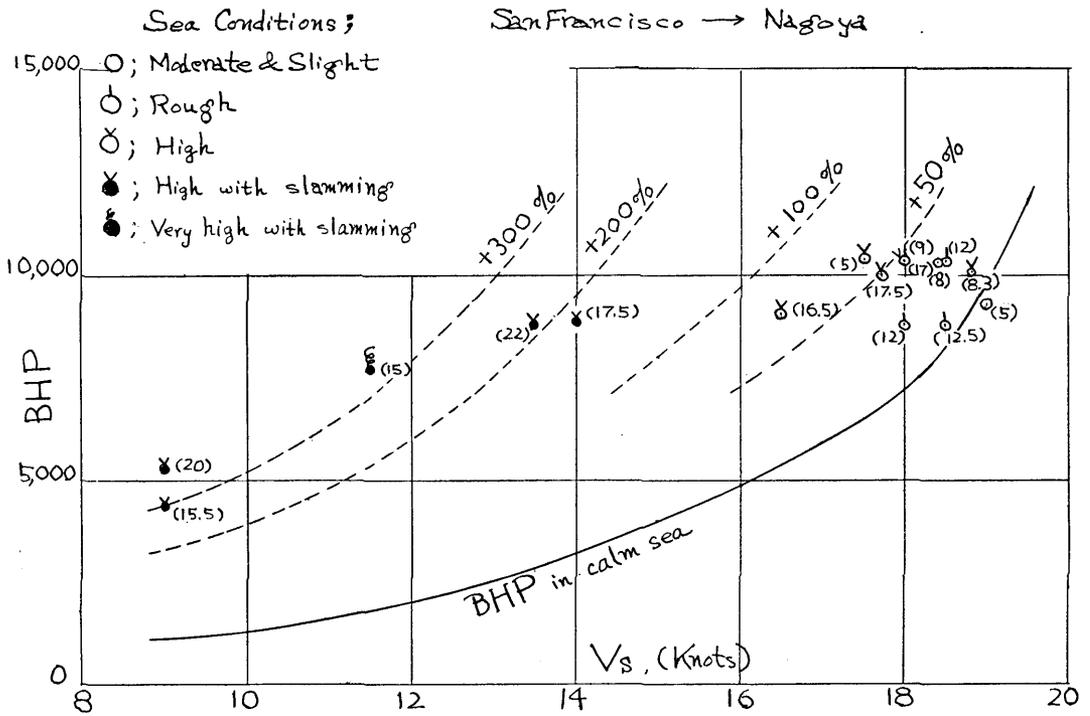


Fig. 3·28 Increase of horse power at rough sea (San Francisco→Nagoya)