

取扱注意

第124研究部会

大型鉍石運搬船の船首部波浪荷重 および鉍石圧に関する実船試験 報告書

昭和49年3月

社団法人

日本造船研究協会

Research Memoir, No. 187

FULL SCALE MEASUREMENT OF WAVE LOADS AND
STRUCTURAL RESPONSE OF LARGE ORE CARRIERS

by

The 124 th Research Panel (SR-124),
The Shipbuilding Research Association of Japan

The Shipbuilding Research Association of Japan

March 1974

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和48年度補助事業「船体の構造計算方法の精密化に関する開発」の一部として、日本造船研究協会が第124研究部会においてとりまとめたものである。

第124研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	高橋幸伯（東京大学）		
幹事	安藤文隆（船舶技術研究所）	川上益男（広島大学）	
	郷田国夫（船舶技術研究所）	寺本晋（三菱重工業）	
	土井進一（大阪商船三井船舶）	長沢準（船舶技術研究所）	
	縄田卓生（三菱重工業）	萩原孝一（三菱重工業）	
	前田久男（東京大学）	元良誠三（東京大学）	
	山口勇男（日本海事協会）	山本善之（東京大学）	
	湯浅通史（日本海事協会）		
	委員	明田弘一郎（飯野海運）	秋田好雄（日本海事協会）
		伊藤剛平（日本造船工業会）	岡田高（沖電気工業）
		緒方洋二（新和海運）	上藤道雄（大阪造船所）
唐沢孝夫（三光汽船）		桑山則男（住友金属工業）	
小坂正夫（協立電波）		小林実（北辰電機製作所）	
佐伯庄吾（三井造船）		滋野正明（佐野安船渠）	
高木又男（日立造船）		高尾舗尚史（出光タンカー）	
田辺正夫（かもめプロペラ）		難波篤直（川崎重工業）	
福田淳一（九州大学）		藤野淳（昭和海運）	
松山辰郎（富士通）		間野正己（石川島播磨重工業）	
三沢敏夫（住友重機械工業）		三島尚三（名村造船所）	
望月勇（白杵鉄工所）		森川卓（日本船主協会）	
米谷満哉（日本郵船）		渡辺次郎（函館ドック）	
綿屋悟郎（佐世保重工業）			

目 次

1. まえがき	1
2. 総合実船試験	2
2.1 計測船および計測期間	2
2.2 計測項目および計測記録装置	3
2.3 解析装置	5
2.4 計測結果	6
3. 自動計測	8
3.1 概 要	8
3.2 計測結果	9
4. あとがき	12
参考文献	13
附図および附表	14

1. ま え が き

最近の大型鉱石運搬船は、その構造、一般配置、積荷条件等が従来の一般貨物船と著しく異なり、船体構造強度に関して特異な問題点が多くあるものと思われる。本研究は、これら大型鉱石船の就航時における波浪荷重およびそれに対する船体応答の実態を調査し、問題点の抽出と基礎資料の収集とをはかることを目的とするものである。

才124研究部会(SR-124)は、上記の目的のもとに、日本船舶振興会の補助金交付を得て、昭和45年度から3ヶ年計画で遂行したものであるが、同年度の中途から遂行した「船体構造計算法の開発」という5ヶ年計画の大型研究の一環として、昭和49年度までの5ヶ年継続研究に計画を変更し、このプロジェクトの実船計測分野を担当することになった。当初計画からの大幅な変更はないが、波浪荷重のほかにも、波浪曲げモーメントと船首部の波浪荷重(変動水圧および衝面水圧)に焦点をおくこととし、対象船としては必ずしも鉱石運搬船に限定しないこととした。

本年度は、昭和45・46年度に行なった鉱石運搬船「笠木山丸」についての総合実船試験⁽¹⁾を再開し、SR-132で開発された波浪ゲイによる波浪計測を合わせて、SR-132との共同実験の形で行なっている。本年度3航海、来年度2航海の計測を予定している。また計測が開始されたばかりの段階で、試験結果として報告すべきまとまった解析結果は得られているが、その概要をここに報告する。

昭和46年度3隻、昭和47年度から4隻追加し、現在7隻の船で継続している自動計測も、昭和49年度まで続けよう予定であるが、その整理結果の一部をここに報告する。

2. 総合実船試験

2.1 計測船および計測期間

大型鉄鉍石専用船笠木山丸について試験を行なった。本船は、45~46年度に乗船実船計測を行なった船で、その後も自動計測装置を積載計測している。本船の主要要目等は次の通りである。

長さ(垂線間長)	247.00 m
幅	40.60 m
深さ	23.00 m
満載吃水	16.00 m
満載航海速度	14.80 knot
載貨重量	117,571 kton
機関出力	22,400 P.S.
船主	大阪商船三井船舶株式会社
建造所	三菱重工業(株)広島造船所
竣工	昭和45年11月30日

また、今回の計測のための準備工事は、次の工程で行なわれた。

入渠期間	昭和48年12月4日~15日
工事場所	三菱重工業(株)神戸造船所
出航(第33次航)	昭和48年12月15日

総合実船試験は48年度3回、49年度2回の予定で実施中であるが、そのスケジュール等は表2.1の通りである。

Tab.2.1 Schedule of Testing on KASAGISAN MARU

表2.1 計測計画 ()内は予定

計測回数	時期	航路	計測担当	
			SR124	SR132
第1次計測 (第33次航)	昭48・12・15 ~昭49・1・9	福山→ポート(豪州) →ヘッドランド	東大生研	大府大
第2次計測 (第34次航)	昭49・1・15 (~昭49・2・9予定)	全上	共和電業	神船大
第3次計測 (第35次航)	(昭49・2 ~昭49・3)	(全上)	三菱重工	川崎重工
第4次計測 (未定)	(昭49・7~9)	(全上)	三菱重工	大府大
第5次計測 (未定)	(昭49・7~9)	(全上)	東大生研 三菱重工	なし

2.2 計測項目および計測記録装置

(1) 計測項目および計測点

計測項目とその配置を表 2.2 , 図 2.1 および 図 2.2 に、また、計測ダイヤグラムを 図 2.3 に示す。これらのうち、波浪関係すなわち表 2.2 の⑥および⑦が SR132 担当のもので、他は本部会のものである。また、本表のほか、本船側の記録も利用する。

i) 気象, 海象, 本船状態

風力, 風向, 風浪, うねりその他気象, 海象や本船の状態(船速など)は、本船の計器または当直士官の観察により記録する。

ii) 波浪荷重

荒天時に船首部船側外板に生じる衝撃圧力の計測に主眼をおき、船底や船体中央部の船側などにも若干の計測点を配置した。計測は、水圧計とひずみゲージでその断面内配置は、図 2.2 に示す通りである。これらの計測において、水圧計は局部的な圧力を計測し、サイドロンジに貼られたひずみゲージは、1 パネルの平均圧力的なものを計測するためのものである。

iii) 船体応力

船体の縦曲げ応力を計測するために、船体中央部(両舷)と Fr. 84 $\frac{1}{2}$, B-断面(左舷のみ)の上甲板上にひずみゲージをとりつけた。

iv) 波浪

波浪計測は今回は SR132 部会の担当で行なわれ、投込み式波高計(1航海当たり約 20 個)とレーダーによる波向き計測を行なう。波高計投入の数が限られているので、荷重計測時の波浪の記録は i) に述べたような目視観察との併用になる。

v) 船体運動

船体運動を計測するために、計測室内に動揺計をとりつけた。このほか、参考記録として上下方向の加速度計 3 点を配置して、ピッチング, ローリング, ヒービングを、また、前後方向の加速度計 1 点でサージングを計測する。すなわち、図 2.1 の加速度計番号を用いて

①と③の差からピッチング角加速度

②と③の差からローリング角加速度

③からヒービング加速度

④からサージング加速度

が計測できる。

(2) 計測記録装置

i) ひずみゲージ

ひずみゲージは、(株)昭和測器製の防水ゲージで、これをアロソアルファで貼り付けた後、次の手順で防水のコーティングを行なった。

- ① アラルダイト 塗りつけ
- ② ハマタイト 塗りつけ
- ③ 防錆塗料 塗りつけ

ii) 水圧計

水圧計は、前回の計測に用いたものと同じ(株)昭和測器製 HVQ-5型で、受圧面の外径 30mm のダイアフラム形式のものである。これを前回の水圧計と取替えて取付け結線した。水圧計は、図 2.4に示すように鋼製のプロテクタでカバーし、この内部に絶縁油を充填して、水圧計の絶縁が内部のバラスト水でおかされることのないようにした。

iii) 加速度計

加速度計は、(株)共和電業製のひずみゲージ式加速度変換器 120A-2H および 5H である。これら加速度計は、上甲板上に設けた専用の鋼製ボックスに納められ、海水および荷役時の落下物などから保護されている。

iv) 動揺計

動揺計は東京航空計器(株)製の TVG50/YZ 型で、さきの総合実船計測¹⁾に使用したものに若干の改良を加えたものである。バーチカルジャイロによって縦揺角および横揺角を検出すると同時に、ジャイロを人工水平儀として、これに取付けた 2 個の加速度計で検出した加速度を増巾積分して、Y 方向 (Yaw) と Z 方向 (Heave) の加速度、速度および変位を検出するものである。出力はアナログの電圧および電流出力となっている。

v) 波浪計

前にも述べたようにこの計測器は SR132 で開発されたものであるので、詳細は SR132 報告書⁽⁴⁻⁶⁾に譲り、簡単に述べるにとどめる。本波浪計は、投入したブイより水圧計を海面下 50m に吊り下げ、この出力を A-D 変換して本船に送信する。本船では、この信号をそのまま紙テープに穿孔するとともに D-A 変換してデータレコーダにも記録する。図 2.5にブイの写真を、また、図 2.6にブイ投入用のランチャの概略を示す。

vi) レーダー波向計

これも SR132 で開発されたものであるが、その原理は、本船のレーダー信号より CRT 上に波の映像を出させ、これを 35mm カメラで 5秒/枚の割りで撮影するとともに、VTR に記録させ解析するものである。図 2.7にその外観を示す。

vii) 動ひずみ計

動ひずみ計は、(株)共和電業製の200A型21台と、横河電機(株)製の3126型ひずみ計30台とを併用した。前者は交流(5kHz)後者は直流のブリッジ電源を用いるものである。前者はボタン操作一つで同時に7台の初期平衡調整ができるようになっている。水圧、加速度の計測には主として後者を用いた。

viii) データレコーダー

磁気テープ式のアナログデータレコーダーで、(株)共和電業製のRTP-110A型3台を使用した。これは、データ記録再生14チャンネル、音声メモ1チャンネルで、使用テープは幅 $\frac{1}{2}$ インチ、長さ700m、テープ速度は76cm/s(記録時間15分)から4.75cm/s(240分)まで5段に切換えることができる。

ix) タイマー装置

これは、ナショナル電子計測(株)製の実験番号・クロック書込再生装置で、上記のアナログデータレコーダーに接続し、実験番号を符号化したデジタル信号として、データレコーダーの1チャンネルに書込み、それを再生時に表示することにより、データの検索を簡易化しようとするものである。また、実験の経過時間を知るために、実験スタートから1secごとのクロックパルスを書込み任意のテープ位置のデータを抽出できるようになっている。また、3台のデータレコーダーに同時に書込まれているので、別々のテープに記録したデータの相関をとるのに応用することもできる。

x) ダイナミック自動データ集録装置

本装置は昭和46年12月以来本船に搭載して、自動計測を継続しているもので、その詳細は前報³⁾を参照されたい。50時間の記録が可能である長時間データレコーダを使用して、荒天時にのみ作動して15分間ずつの記録をとる装置である。

2.3 解析装置

波浪関係の計測データの解析処理は、第132研究部会の方に依頼してあるので、当部会では応答関係の解析のみを計画している。解析装置としては、昨年度用意した、自動計測データの解析処理装置を用いる計画である。その詳細は前報³⁾を参照されたい。

(1) スペクトル解析装置³⁾

日本無線(株)製の実時間相関器(NJ2-260A)とフーリエ変換器(NJZ-273A)とを組合わせたものである。前者はデジタル方式の実時間処理型の相関器で、自己および相互相関関数の測定を行なうほか、振巾確率密度の測定、過渡現象の捕捉およびA-D変換などの機能を備えている。後者は前者と組合せて使用

し、被測定信号の周波数スペクトルの分析を行なうものである。

(2) データ変換装置³⁾

松下通信工業(株)製の計測制御システムMADAC-300Tと称するものである。8チャンネルのA-D変換装置とミニコンピュータを組合わせたものである。本年度はメモリー容量を8kwから16kwに増設した。大型計算機を使用する場合の前処理装置として使用するほか、簡単な統計計算にも使用できるようになっている。

(3) データプロッタ

(株)渡辺測器製作所のデジタルX-YプロッタWX-511型を本年度購入した。上記ミニコン出力の図形化の能率向上を計ったものである。概略仕様は下記の通りである。

有効記録面	:	X 350 , Y 250 mm (A3版)
ステップ巾	:	0.1 mm
記録速度	:	400 ステップ/sec
直角度精度	:	1.2 mm/m
動的精度	:	(A)±0.2 mm以下
多復精度	:	(B)±0.1 mm以下
総合精度	:	(移動距離の0.2%) + (A) + (B)
電 源	:	AC 100 V 50/60 Hz, 100VA
寸 法	:	430(W) × 496(D) × 140(H) mm
重 量	:	20 kg

2.4 計測結果

本年度の総合実船試験のオ1回(本船オ33次航)は、表2.1に示した通り、昭和48年12月15日去港、オーストラリアのポートヘッドランドで鉱石を積み、昭和49年1月9日に帰港した。その航路概要を図2.8に示す。オ34次航は荷役港の事情で大幅に遅れて2月末ごろ帰港の予定である。

計測は必ずしも毎日定時に実施するという方式ではなく、計測員の判断によって、適当と思われる機会を選んで実施した。波浪ゲイによる波浪計測は、受信可能な間はできるだけ長時間(最長60分)行なったが、データレコーダによる船体応答の計測は15~20分間とした。気象海象は、本船の当直士官に依頼して、4時間ごとの記録をとり、波浪の目視観測記録も記載してもらった。

記録データの解析は、船に搭載してあるデータレコーダを陸揚げしてからでなければできないので、計測結果の詳細は来年度報告に譲らざるを得ない。ここでは計測の概要についてだけ簡単に記す。

波浪ブイによる波浪の本格的計測は今回が初めてで、本計測の重負の一つであった。オ33次航では、往航7個復航13個合計20個のブイを投下した。往航時はバラスト状態で乾舷が高く、着水時の衝撃によると思われる損傷が数件生じたが、概して好成績で、波浪計の予備実験では経験しなかった6~7mの波高の海層でも、順調な計測記録をとることができた。次航からは、ブイの投下方法について若干の改良案を考えている。

レーダー波向計関係は、装量不調のためあまりよい結果が得られなかったようである。これもオ34次航出港前には十分再調整を施した。

船体応答関係では、44チャンネルの計測員中、水圧計1長のみがやや不良となっただけで、他はすべて順調に稼働しているようである。

今回のオ33次航の外界条件中、波高、波長、平均波周期、舷合角度、ビューポート風力の頻度分布を表2.3および図2.9に示す。計測記録を行なったときの外界条件を表2.4に示す。表中下欄の有義波高および平均波周期は、波浪計のアナログ記録から、20cm以下の変動を無効振幅として無視して統計解析した結果である。

本航では、波高7m、風力7程度のやや荒天にも遭っているが、燃料節約のため若干減速していることも関係してか、船首部に衝撃水圧を受けるような現象は一度も生じなかった。

3. 自動計測

3.1 概要

波浪荷重に対する船体応答を総合的に検討するためには、笠木山丸で行なったような、多数艇同時計測方式による大規模の総合的な実船計測が必要である。しかし、このような計測は多大の時間と労力を必要とし、また、散航海程度の計測では、計測に好適な外界条件に遭遇する機会が必ずしも多くはないといううらみがある。

波浪荷重と船体応答のような不規則変動現象の研究では、統計的解析によるほければほらない部分が多く、できるだけ数多くの条件下でのデータを集積することが望ましい。そこで本報告では、計測艇数は少なくして、多くの艇でできるだけ長期連続のデータを集積するため、自動計測記録装置による無人計測を行なっている。

自動計測は、昭和46年度から始めにもの3隻、昭和47年度から始めにもの4隻で、合計7隻について実施しており、いずれも昭和49年度中の入渠時まで継続する予定である。船種は、鉱石運搬艇4隻、ばら積艇2隻、コンテナ艇1隻となっている。各艇の主要要目を表3.1に示す。計測方式は、自動ダイナミックデータ集録装置によるもの4隻、自動R.M.S.計によるもの3隻となっている。

計測項目は、表3.1に示す通り、船体中央上甲板の波浪曲げ応力を主眼とし、その他に船首部外板の防護材の応力、船首部外板の水圧、船体運動などと計測し、各艇それぞれ3~4チャンネルの自動計測を行なっている。

受感部の詳細は前報^{1,2)}に示した通りである。水圧計のうち、笠木山丸と鎌倉丸の水圧ゲージは外板に孔を開けて船外と配線する方式のもの、他の3隻では外板に貼付して船外と配線する方式のものである。いずれも、きわめて薄い受圧膜が船外に露出しており、機械的損傷に対しては弱兵の多いもので、ぽーとらつ丸と牛島山丸では、現在は水圧計測は不可能の状態となっている。笠木山丸の水圧計も破損していたが、今回の総合実船計測を期して水圧ゲージ、キヤブタイヤコードとも新しいものと交換した。動揺計は、前報³⁾の通り振り子とポテンシオメータを応用したものである。

各艇のこれまでの計測航海の経過を表3.2に示す。自動R.M.S.計の方はいずれも順調に作動しているが、ダイナミック自動データ集録装置の方は、機構が複雑なため思いがけない故障がときどき生じて、必ずしも良好な連続記録

がとれているとは限らない。

自動 R.M.S. 計は、波浪中の艇体応答の 1 時間内の root mean square (R.M.S.) 値を演算し、そのときの日時とともに数字で印字記録する装置である。演算時間は 15 分間で 4 チャンネルを自動的に物換えて 1 時間で 1 巡するようになっていゝ (1 号機は 20 分づつで 3 チャンネル)。

ダイナミック自動データ集録装置は、4 チャンネルの磁気テープ式のアナログデータレコーダが主体となっている。計測する 4 チャンネルの中 1 チャンネルのみは常時 15 分間の R.M.S. 値を演算して、連続打撃記録もとっている。この R.M.S. 値がある設定値を越えよと、データレコーダが起動して 4 チャンネルの連続記録を 15 分間とり、そのあと少なくとも 2 時間は休止するようになる。比較的応答振中の大きい荒天時の記録を再現できるような形でとって、異常値、衝面所重、過渡的応答などをキャッチすることをねらったものである。テープ 1 本で 50 時間の記録が可能で、200 回の記録がとれるようになっていゝ。レコーダ作動時の日時と記録番号 (通し番号) が、別の紙テープに印字記録されるようになっており、気象海象との対応がとれることになす。

気象海象は、各艇とも艇の当直士官に依頼して 4 時間ごとの記録をとっており、波浪関係は目視観測によるデータである。

解析には、前報³⁾にも述べ本報 2.3 で触れたスペクトル解析装置、データ変換装置 (ミニコンピュータを含む) を用いている。自動 R.M.S. 計による計測データも、穿孔テープに移してミニコン処理をするプログラムを用意している。

3.2 計測結果

自動計測艇の遭遇する気象海象等は自動記録ではなく、各艇の当直士官に記入してもらった一覧表である。現在は、これをパンチテープに移して統計処理に備えているが、まだ完全に態勢が整うまでには至っていない。ここではその一部を報告する。

自動 R.M.S. 計の計測結果も、印字テープからパンチテープに移して、その時の気象海象との相関を統計処理する方法をとりつゝあるが、ここでは、若狭丸の波浪曲げ応力の解析結果のみについて報告する。

自動ダイナミックデータ集録装置の方は、計測記録段階での装置の故障、再生段階での雑音処理の問題などのため、残念ながらうまだまとまった解析結果を報告するまでに至らないので、来年度に譲ることにする。

(1) 各艇の外界条件

各艇の自動計測開始以降の外界条件 (波高, 平均波周期, 風力) の頻度と表

3.3に示す。原則として4時間ごとのデータであるが、船によっては若干の欠落もあり、また、夜間の観測の困難な周期や波高のデータが風力のデータより少ないものもある。これらのヒストグラムを図3.1（波高）、図3.2（平均波周期）および図3.3（ビューフォート風力）に示す。

最大値では、波高で笠木山丸の11m、千秋丸の10m、風力で錦倉丸の11、千秋丸の10などが大きい方であるが、ヒストグラムによれば、北太平洋海運に就航することの多い錦倉丸、千秋丸などが、荒天遭遇の機会が多いことがよくわかる。

(2) 若幡丸の船体応力

自動R.M.S.計による若幡丸の船体応力の損傷分布を表3.4 および図3.4に示す。20航海連続して1時間ごとにとつた1万余時間の記録がある。

計測長は3尺で、Ch.1は船体中央上甲板の縦曲げ応力、Ch.2および3はfore peak tank内の船側縦通材のフランジ部の縦方向応力で、Ch.2はバラスト状態、Ch.3は満載状態の水線附近に位置している。

\sqrt{E} の値は、前報³⁾でも述べたとおり、20分間（本船の場合）の演算を行なったものである。 \sqrt{E} は応力振幅（平均値を零とした場合の各ピーク値 X_i ）のR.M.S. (root mean square)

$$\sqrt{E} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N}}$$

に相当するものであるが、 E は累積エネルギー密度で、分散を R^2 （ R は各瞬時値のR.M.S.）とすると

$$E = 2R^2, \quad \sqrt{E} = \sqrt{2} \cdot R$$

となるので、本装置ではこの演算方式をとっている。

表示のとおり、上甲板の波浪曲げ応力が 2 kg/mm^2 を越える場合には、2年間に1度しか遭遇していない。

波浪曲げ応力の \sqrt{E} と波高との関係を図示したのが図3.5である。各欄内の数字は該当するデータ数を示す。各波高グループごとにきわめて大きいばらつきを示しているが、各グループの平均値は、 \odot 印で示すとおり平滑な傾向を示している。

Fore peak tank内の縦通材の応力（Ch.2,3）について同様に図示したものが図3.6である。同様にばらつきも大きく、また平均値の傾向もあまりなめらかなではない。この2尺の応力については、出合角（計測尺は右舷）や船速などのパラメータも考慮して、更に詳細な解析を要するものと思われる。

船体中央上甲板応力（Ch.1）について、出合角別に整理してみると、図3.7（向波）、図3.8（斜前方波）、図3.9（横波）、図3.10（斜後方波）および

図3.11である。ここでは、前掲のデータのうち、波向の判別できない波高0すなわち calm の状態のものは省いてある。各図とも、バラスト状態と満載状態とは分けてそれぞれの頻度分布を示し、各グループの平均を \times 印と \bullet 印で、全体の平均を \circ 印で示した。向波や斜前方波ではばらつきの程度が大きいこと、いずれの虫合角でも概してバラスト状態の方が大きい応力を生じていることなどがわかる。

各虫合角ごとの $\sqrt{E} \sim H$ の平均線 (図中 \circ 印を連ねたもの) をまとめたものが 図3.12 である。昨年改報告³⁾ではデータ数不足のため有意な傾向が認められなかったが、本図では虫合角の影響が顕著に示されている。

図3.13 および 図3.14 は、Ch. 2 および Ch. 3 について、向波と斜前方波の場合のみの \sqrt{E} と H との関係を示したものである。

以上 波高と虫合角のみについての検討結果を示したが、外界条件としてはこのほかに風力、平均波周期 (データ数はヤキウロウ)、船速なども記録してあるので、これらのパラメタについての検討も実施中である。

4. あ と が き

才132研究部会 (SR-132) との共同で開始した、鉱石運搬船「筈木山丸」による総合実船計測の概要と、昭和46年度から行なっている自動計測結果の概要について報告した。

「筈木山丸」による計測は、本年度3航海を予定しているが、現在まだ1航海を終えたばかりで、計測結果についてはまだ解析報告する段階に至っていない。レーダー波向計については若干問題があったが、投毒式波浪グイによる波浪計測も、本部会の水圧・応力・加速度等の計測記録もほぼ順調に行なわれているようである。

自動R.M.S.計による3隻の船についての自動計測は、その後の順調に続けられており、資料蓄積が拡大しつつある。計算機による解析処理態勢を整えつつあるが、その一部をここに報告した。

ダイナミック自動データ集録装置による4隻の船についての自動計測は、その後も装置稼働のトラブル、記録データの雑音処理の問題などがあり、十分な解析資料を整えるに至らなかったため、本年度報告からは割愛した。種々対策を講じており、解析処理装置も能力を向上することができたので、来年度は能率的な解析処理ができるものと考えている。

「筈木山丸」による自動計測は来年度2航海を追加する予定であり、自動計測は各船の来年度の入渠時まで継続する予定である。

なお本部会では、SR-132 と協同して、SR-125 のコンテナ船の実船計測に当たっても、波浪計測 (SR-132) と応力・水圧計測 (SR-124) の面で若干の協力をしているが、これらの計測結果もまだまとまっていない。

終りに、「筈木山丸」総合実船計測に御協力を頂いた

「筈木山丸」、大政商船三井船舶(株)、三菱重工業(株)、
(株) 共和電業、才132研究部会

の関係者各位、乗船計測を担当した(予定者を含めて)

細田 (大政商大)、能勢 (東京大学)、井上 (神戸高船大)
久保寺 (共和電業)、池淵 (川崎重工)、花本 (三菱重工)
田口 (大政商大)、湯原 (三菱重工)、小畑 (東京大学)
安藤 (三菱重工)

の各位、自動計測に関して御協力を頂いた

「ポーランド丸」「千秋丸」「鎌倉丸」
「若嶮丸」「ジャパンオールダ」「干鳥山丸」
「筈木山丸」

の関係者各位、および自動計測データの収集整理に尽力いただいた
田中(広島大学) 小畑(東京大学) 能勢(東京大学)
の诸位に対して、深く謝意を表す次第である。

参 考 文 献

- 1) SR-124 : "大型鉱石運搬船の船首部波浪荷重および鉱石圧に
関する実船試験"
日本造船研究協会研究資料, No. 140, 昭46.3.
- 2) SR-124 : 同 上
日本造船研究協会研究資料, No. 156, 昭47.3.
- 3) SR-124 : 同 上
日本造船研究協会研究資料, No. 170, 昭48.3.
- 4) SR-132 : "実船搭載用波浪計に関する研究",
日本造船研究協会研究資料, No. 164, 昭47.3
- 5) SR-132 : 同 上
日本造船研究協会研究資料, No. 177, 昭48.3
- 6) SR-132 : 同 上
日本造船研究協会研究資料, No. 193, 昭49.3

附 図 附 表

図2.1	笠木山丸計測兵配置図(1)	16
図2.2	" (2)	17
表2.1	笠木山丸計測計画	2
表2.2	笠木山丸計測兵配置	18
図2.3	計測ダイヤグラム	"
図2.4	水 圧 計	19
図2.5	波 浪 計 ブ イ 外 観	"
図2.6	波浪計ブイランチャー	20
図2.7	レーダー波向計	"
図2.8	笠木山丸航路図(才33次航)	21
表2.3	笠木山丸才33次航の外界条件頻度	22
図2.9	笠木山丸才33次航の外界条件頻度分布	"
表2.4	計測時の外界条件(笠木山丸, 才33次航)	23
表3.1	自動計測船主要要目	24
表3.2	自動計測船の航海日程	25
表3.3	自動計測船の外界条件頻度	26
図3.1	自動計測船の外界条件頻度分布(波 高)	27
図3.2	" (平均波同期)	28
図3.3	" (風 力)	29
表3.4	船体応力の \sqrt{E} の頻度分布(若嶮丸, 20航海)	30
図3.4	" (" ")	"
図3.5	波高と船体応力の \sqrt{E} との関係(若嶮丸, Ch.1)	31
図3.6	" (若嶮丸, Ch.2, 3)	32
図3.7	波高, 虫合角と船体応力の関係(若嶮丸, Ch.1, 向波)	33
図3.8	" (" , " , 斜前波)	34
図3.9	" (" , " , 横波)	35
図3.10	" (" , " , 斜後波)	36
図3.11	" (" , " , 追波)	37
図3.12	" (" , Ch.1)	38
図3.13	" (若嶮丸, Ch.2, 向波, 斜前波)	39
図3.14	" (" , Ch.3, ")	40

LIST OF FIGURES AND TABLES

Fig.2. 1	Arrangement of Measuring Points on KASAGISAN MARU (1)	
Fig.2. 2	Ditto	(2)
Tab.2.1	Schedule of Testing on KASAGISAN MARU	
Tab.2.2	Measuring Point on KASAGISAN MARU	
Fig.2. 3	Diagram of Measuring and Recording System	
Fig.2. 4	Wave Pressure Gage	
Fig.2. 5	Wave Buoy	
Fig.2. 6	Wave Buoy Runcher	
Fig.2. 7	Rader Wave Recorder	
Fig.2. 8	Route of the 33rd Voyage of KASAGISAN MARU	
Tab.2.3	Sea Conditions (KASAGISAN MARU,33rd Voyage)	
Fig.2. 9	Histogram of Sea Conditions (KASAGISAN MARU,33rd Voyage)	
Tab.2.4	Environmental Conditions at the Testing	
Tab.3.1	Principal Items of Ships for Automatic Recording	
Tab.3.2	Schedule of Automatic Recording	
Tab.3.3	Frequency Distribution of Sea Conditions (Automatic Rec. Ships)	
Fig.3. 1	Frequency Distri. of Wave Height	(Automatic Rec. Ships)
Fig.3. 2	Frequency Distri. of Mean Wave Period	(Automatic Rec. Ships)
Fig.3. 3	Frequency Distri. of Wind State	(Automatic Rec. Ships)
Tab.3.4	Frequenvy Distri. of Stress (WAKAHATA MARU,20 Voyages)	
Fig.3. 4	Frequency Distri. of Stress (WAKAHATA MARU,20 Voyages)	
Fig.3. 5	Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Channel 1)	
Fig.3. 6	Ditto	(" , Channel 2 & 3)
Fig.3. 7	Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1, Head Seas)	
Fig.3. 8	Ditto	(" , " , Bow Seas)
Fig.3. 9	Ditto	(" , " , Beam Seas)
Fig.3.10	Ditto	(" , " , Quartering Seas)
Fig.3.11	Ditto	(" , " , Following Seas)
Fig.3.12	Wave Height and Encountering Angle vs. Hull Stress(WAKAHATA MARU)	
Fig.3.13	Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.2, Head Seas and Bow Seas)	
Fig.3.14	Ditto	(" , Ch.3, ")

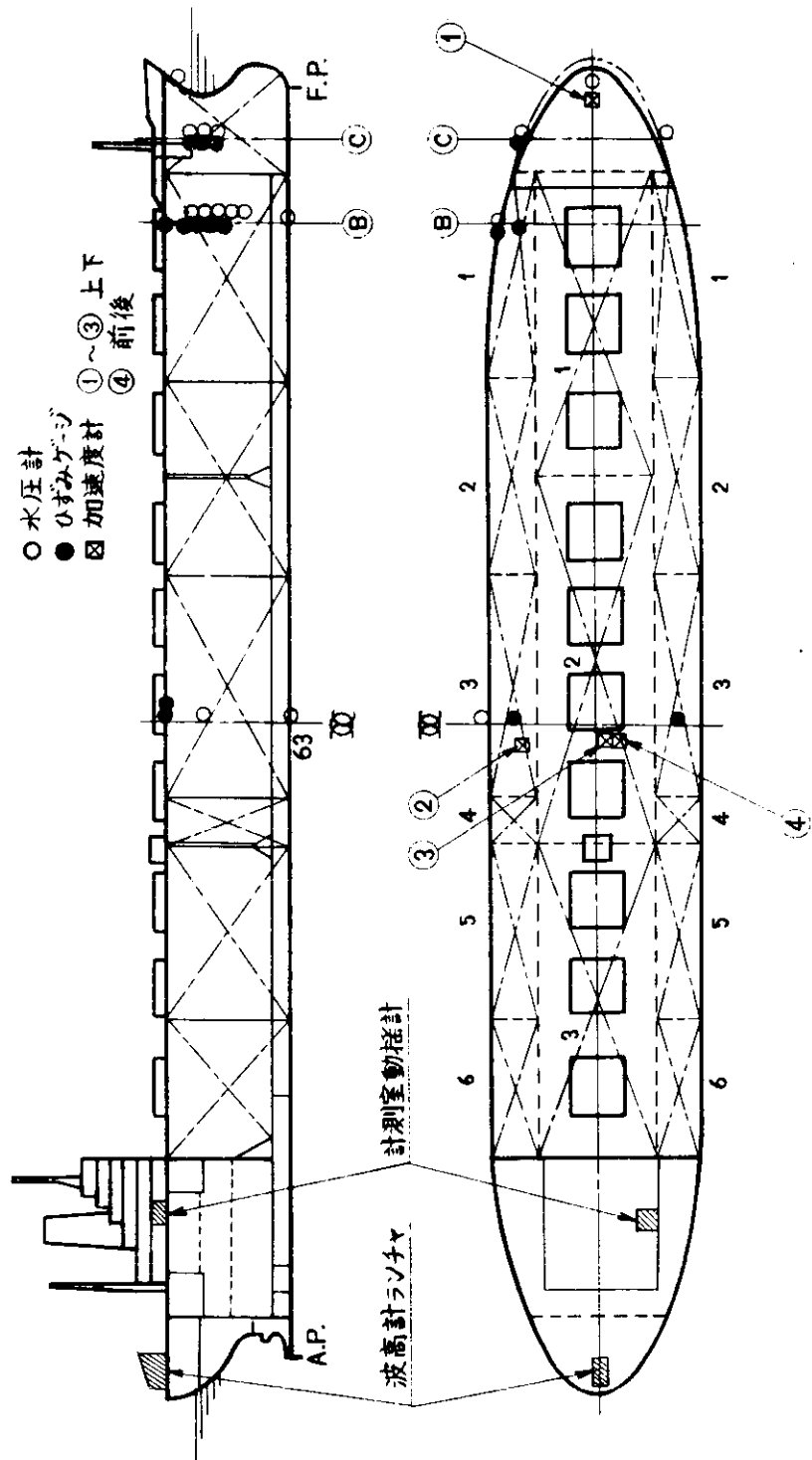
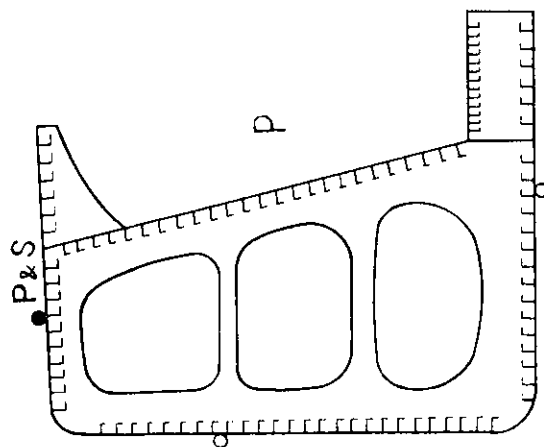


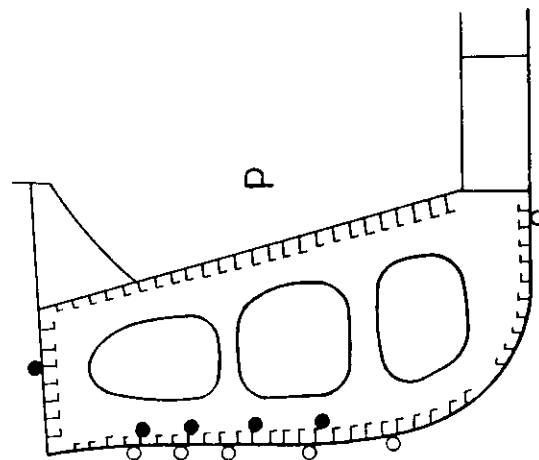
図 2.1 笠木山丸計測点配置 (1)

Fig.2.1.1 Arrangement of Measuring Points on KASAGISAN MARU (1)

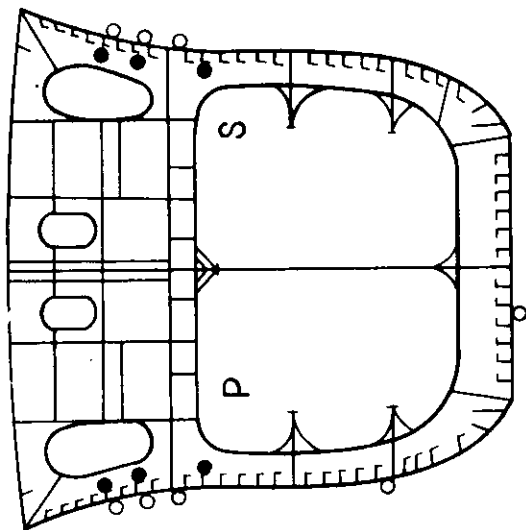
○ 水圧計
● ひすみゲージ



Section (Fr. 64)



B Section (Fr. 84)



C Section (Fr. 88)

図 2.2 笠木山丸計測点配置 (2)

Fig. 2.2 Arrangement of Measuring Points on KASACISAN MARU (2)

Tab.2.2 Measuring Points on KASAGISAN MARU

表 2.2 計測点配置

計測項目	計測位置	船尾 (計測室)	船体 中央	B 断面	C 断面	船 首	合計
			F.64	F.84	F.88		
ひずみゲージ	① 上甲板(縦曲げ応力)		2	1			3
	② サイドロジ(水圧による応力)			4	6		10
③ 水圧計			2	6	9	1	18
船体運動	④ 動揺計	8					8
	⑤ 加速度計		3			1	4
波 浪	⑥ 波浪ブイ	1					1
	⑦ レーダー(波向)	1					1
自動計測	⑧ 船体中央上甲板応力		1				1
	⑨ 水圧変動				(切換)		
		10	8	11	15	2	46

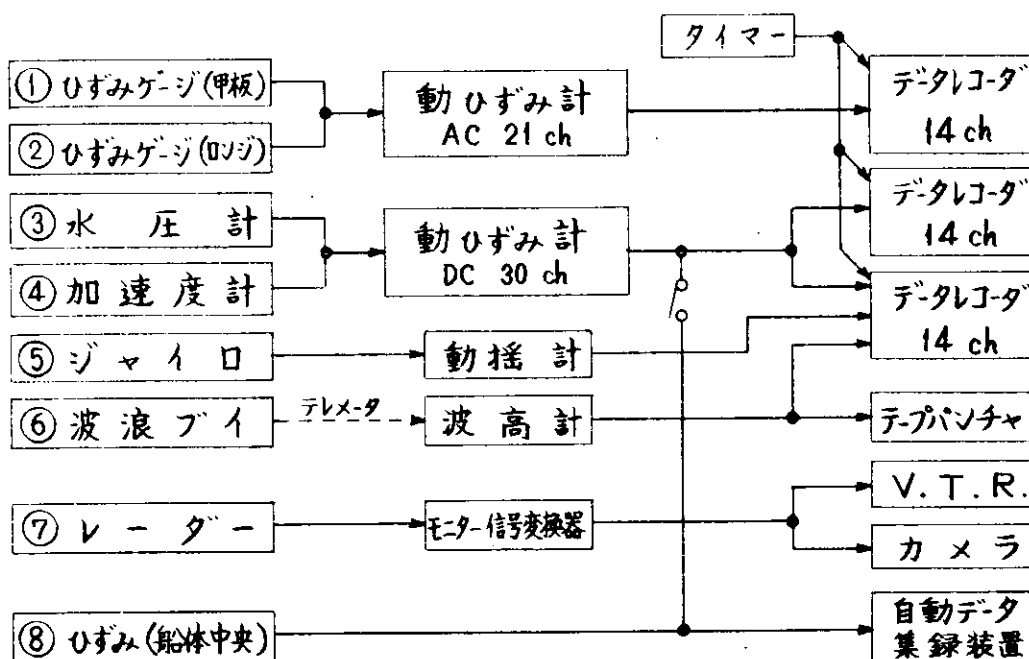


図 2.3 計測ダイヤグラム

Fig.2.3 Diagram of Measuring and Recording System

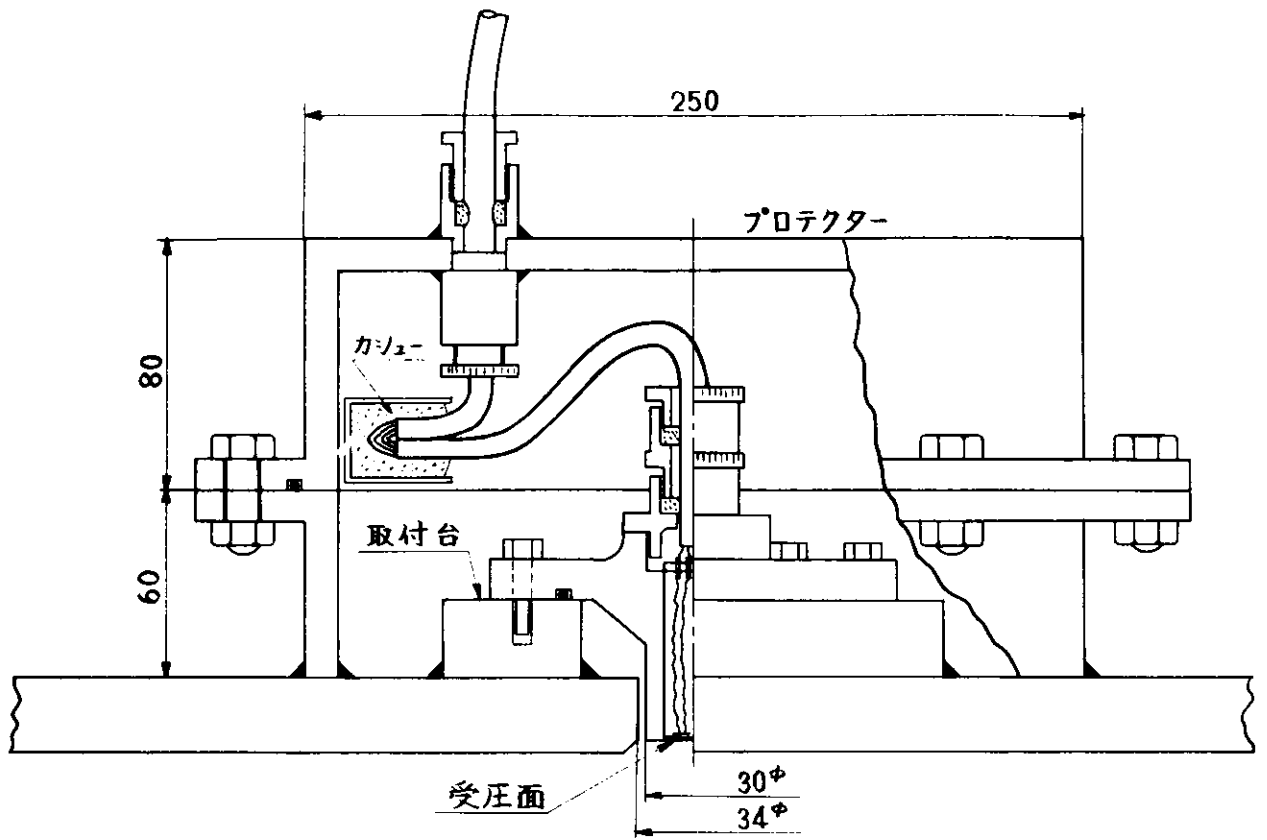


図 2.4 水圧計

Fig.2.4 Water Pressure Gage

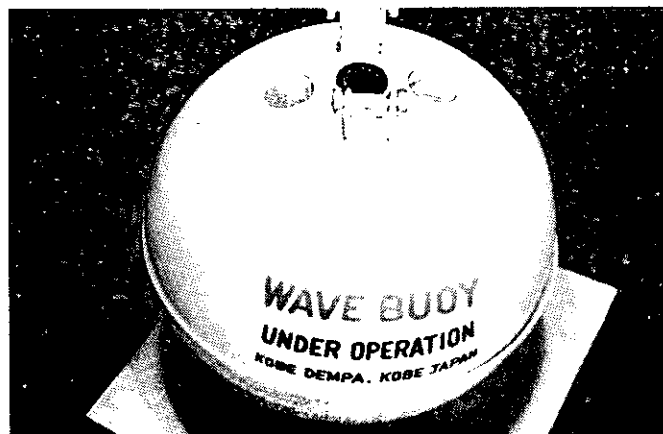


図2.5 波浪計ブイ外観

Fig.2.5 Wave Buoy

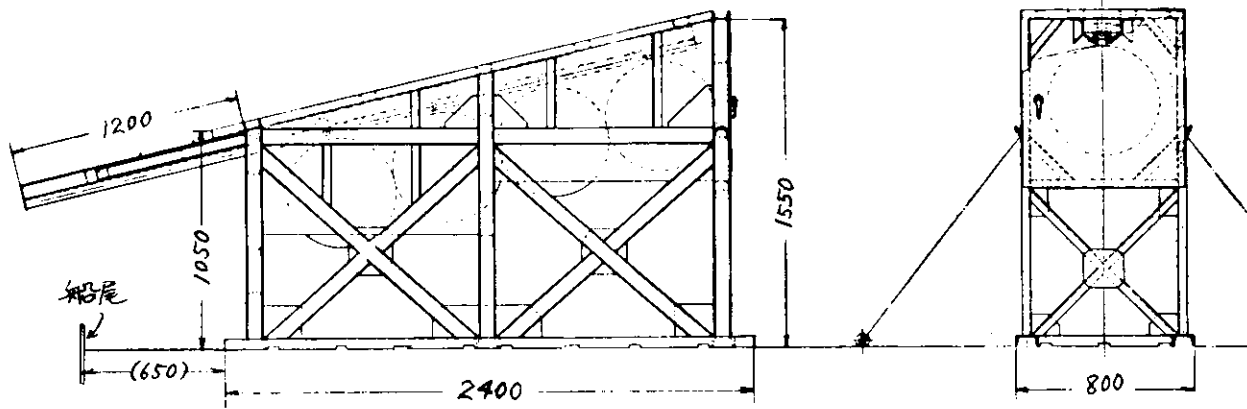


図2.6 波浪計ブイランチャ

Fig.2.6 Wave Buoy Runcher

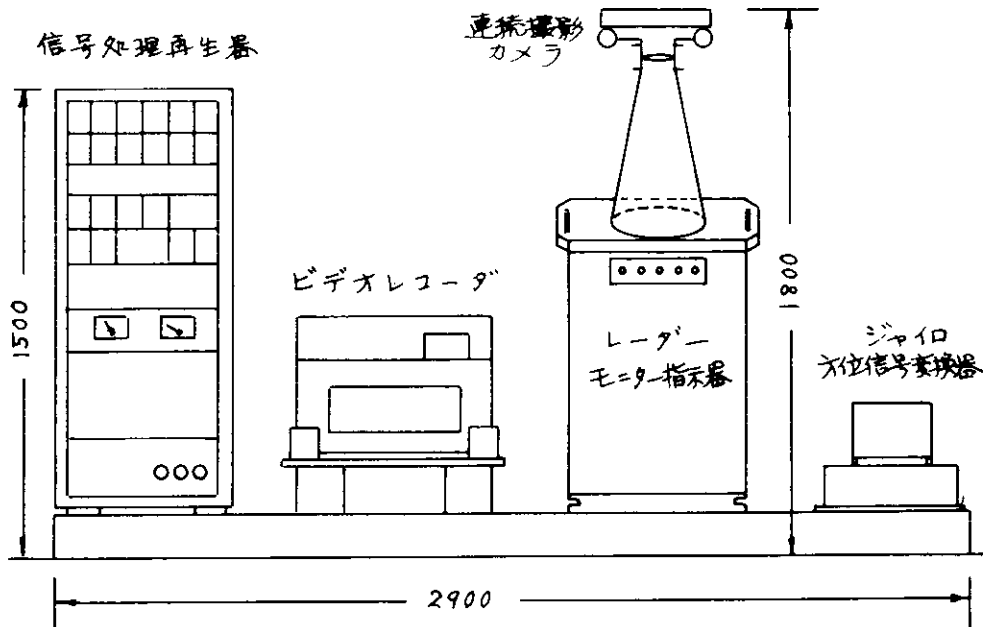


図2.7 レーダー波向計

Fig.2.7 Rader Wave Recorder

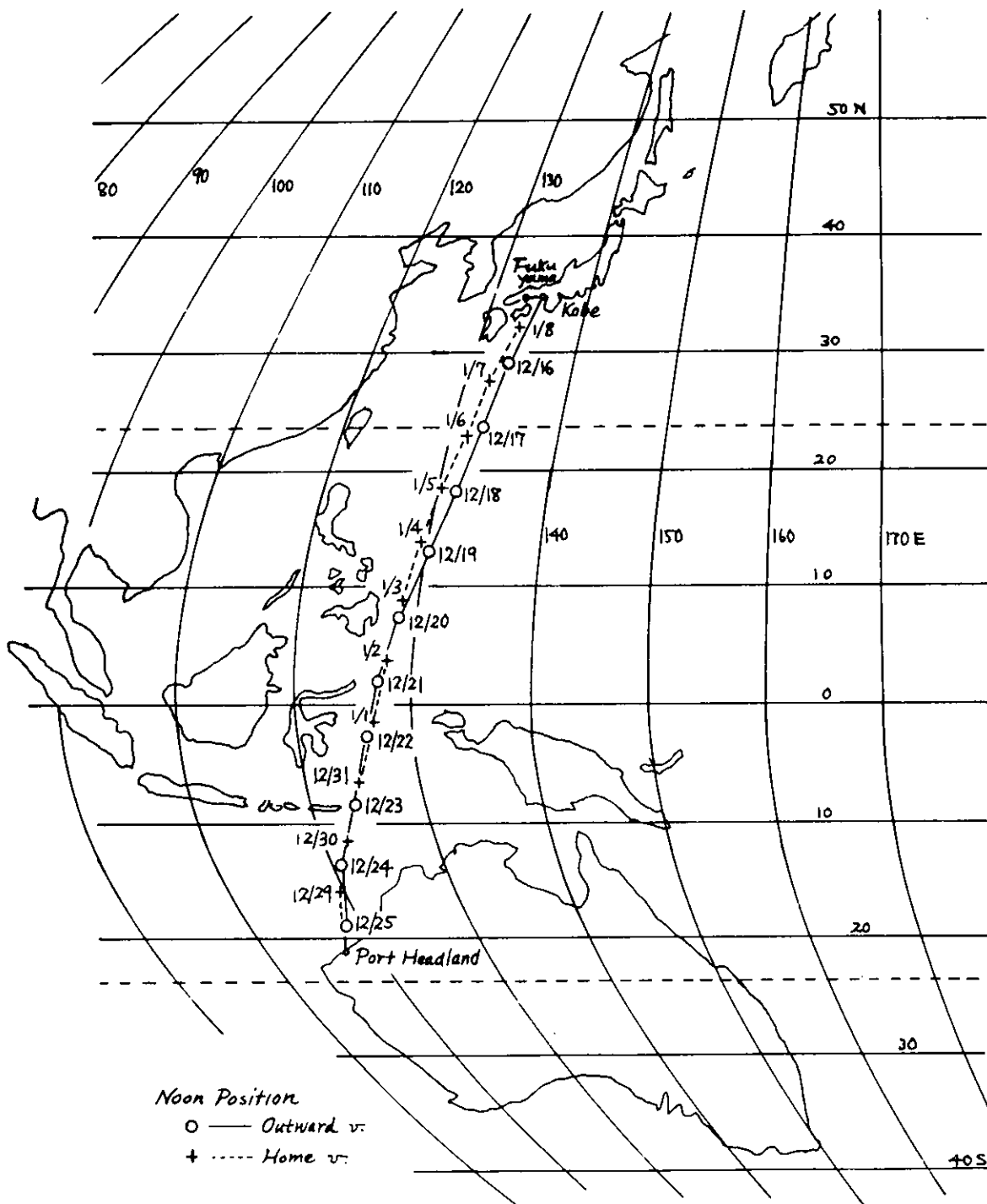


图 2.8 莚木山丸航路图 (才 33 次航)

Fig.2.8 Route of the 33rd Voyage of KASAGISAN MARU

Tab.2.3 Sea Conditions (KASAGISAN MARU, the 33rd Voyage)

表2.3 笠木山丸 第33次航外条件频度

Wave Height (m)	0	≦1	≦2	≦3	≦3	≦4	≦5	≦6	Total
number of data	12	18	26	21	12	10	7	1	107
%	11.2	16.8	24.3	19.6	11.2	9.3	6.5	0.9	100
Wave Length (m)	0	≦30	≦60	≦90	≦120	≦150	≦180	≦210	Total
number of data	12	0	16	32	34	11	2	0	107
%	11.2	0	15.0	29.9	31.8	10.3	1.9		100
Mean Wave Period (s)	0	≦3	≦6	≦9	≦12	≦15	≦18	≦21	Total
number of data	12	0	17	74	4	0	0	0	107
%	11.2	0	15.9	69.2	3.7				100
Encounter Angle	0 Calm Sea	1 Head Sea	2 Bow Sea	3 Beam Sea	4 Quartering Sea	5 Following Sea	Total		
number of data	12	22	26	8	28	11	107		
%	11.2	20.6	24.3	7.5	26.1	10.3	100		
Beaufort Scale	0	1	2	3	4	5	6	7	Total
number of data	1	6	16	18	32	14	17	10	114
%	0.9	5.3	14.0	15.8	28.1	12.3	14.9	8.8	100

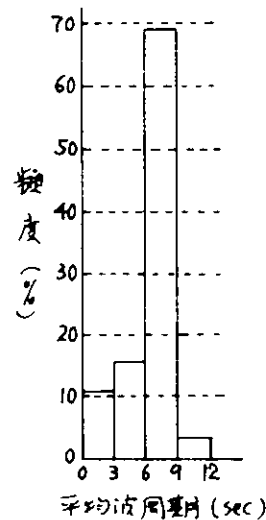
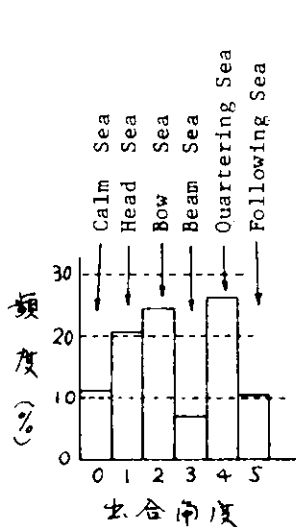
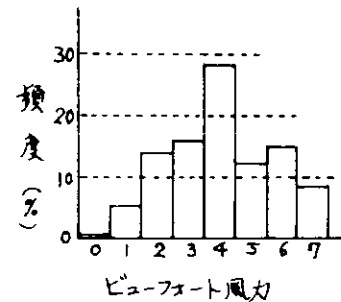
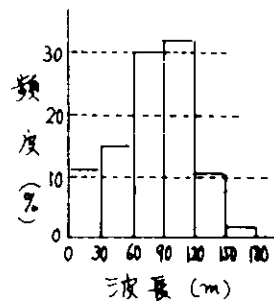
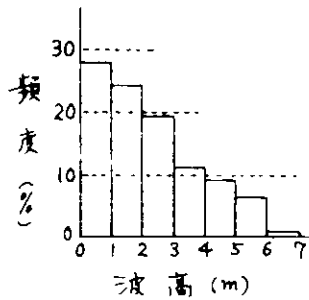


Fig.2.9 Histograms of Sea Conditions (KASAGISAN MARU, the 33rd Voyage)

图2.9 笠木山丸 第33次航外条件频度

表2.4 計測時の外界条件

Tab.2.4 Environmental Conditions at the Testing

計測番号	Ballasted Condition											91 % Loaded Condition										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
月日	12/16	12/16	12/16	12/17	12/18	12/18	12/24	12/29	12/29	12/29	12/30	12/30	1/4	1/4	1/4	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8		
船速 kt	13.5	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	13.5	12.0	12.0	12.0	13.5	13.5	10.8	11.0	11.0	11.5	11.0	12.0	12.5	13.0		
針路 deg	192	192	192	192	195	195	208	030	030	028	012	012	012	012	012	012	013	013	013	020		
主機回転 RPM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
載貨水艙	Ballasted Condition											91 % Loaded Condition										
天候	c	bc	bc	c	r	r	p	c	c	q	bc	bc	c	bc	bc	bc	bc	bc	bc	bc		
気温 °C	15.0	15.5	15.5	23.5	27.5	27.5	33.0	28.5	28.5	29.5	33.0	33.0	27.0	28.5	28.5	28.0	22.0	17.0				
水温 °C	20	20	20	23	27	27	30	29	29	29	28	28	28	28	28	28	23	21	19			
気圧 mb	1011	10135	10135	1018	10135	10135	1007	1001	1001	1001	10065	10065	1009	10085	10085	10085	1019	10225	1025			
相対湿度 deg	100 s	105 s	105 s	110 s	110 p	110 p	030 s	045 p	045 p	045 p	005 p	005 p	020 s	020 s	020 s	010 s	015 s	0	015 p	050 p		
絶対湿度 deg	315	325	325	325	040	040	280	320	320	320	330	330	025	040	040		040	0	0	090		
相対風速 kt	30	18	18	5	17	17	17	30	30	30	16	16	43	38	38	40	45	36	24	18		
絶対風速 kt	35	24	24	16	38	38	8	23	23	23	3	3	33	28	28	28	34	24	12	13		
風力階級 BS	7	6	6				3			6							7	6	4	4		
方向 deg	290	310	310	340	070	070	250	320	320	300	010 p	015 s	040	050	050	050	040	010	055	070		
波高(H) m	4	3.5	3.5	2	3-4	3-4	1	4-5	4-5	4	2.5	2.5	7	4	4	3.5	4	2.5	2.5	2.5		
波長(L) m	100	80	80	150	150	150	40	100	100	100	150	100	100	100	100	100	80	90	90	120		
周期(T) sec	8	8	8	11	10	10	4	8	8	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	8		
階級	4	4	4				1			4							4	3	2	2		
方向 deg	310	310	310	350	050	050	280	320	320	320	330	330	030	050	050	030	040	010	015	090		
波高(H) m	1	1	1	0.5	2	2	0.3	3	3	2	0.1	0.1	5	3	3	2.5	2.5	1.5	1.5	1.5		
波長(L) m	10	15	15	15	20	20	1	40	40	40	0.3	0.3	20	50	50	50	70	50	30	30		
周期(T) sec	2	3	3	3	4	4	1	4	4	5	1	1	3	6	6	6	5	4	3	3		
階級	5	5	5	5			2			4							5	4	3	3		
有義波高(H _{1/3}) m	3.0			2.2			2.9	1.1	2.7	2.9		1.8	3.5	3.7			3.2	2.1	2.4	2.5		
平均波周期(T) sec	7.1			7.4			8.1	10.1	7.6	8.2		9.8	9.0	8.5			7.1	6.9	8.7	8.4		

Tab.3.1 Principal Items of Ships for Automatic Recording

表 3.1 自動計測船主要要目

計測装置	計測船	船主	主要要目						計測項目		
			L _{pp} (m)	B _m (m)	D _m (m)	d (m)	D.W. (t)	船速 (kt)	水圧	曲流刃	動揺
自動多因子データ集録装置	笠木山丸 (銚石船)	大改商船 三井郵船	247.00	40.60	23.00	16.00	117,521	14.8	○	○	
	ぼんくら丸 (銚石船)	汽中興船	237.00	38.50	19.30	14.10	93,356	15.4	○	○	
	千秋丸 (福岡船)	日本郵船	248.00	38.00	23.70	16.50	115,000	14.9		○	○
	金兼倉丸 (コンチ船)	日本郵船	245.00	32.20	24.00	12.00	35,406	26.4	○	○	
自動RMS計	若嶮丸 (銚石船)	山下折田本	240.00	36.80	17.60	12.80	93,113	15.7		○	
	ジバパン本丸 (福岡船)	ジバパン	210.00	32.00	17.30	12.09	57,911	14.9		○	○
	千馬山丸 (銚石船)	大改商船 三井郵船	278.80	44.50	24.50	17.93	164,644	15.7	○	○	

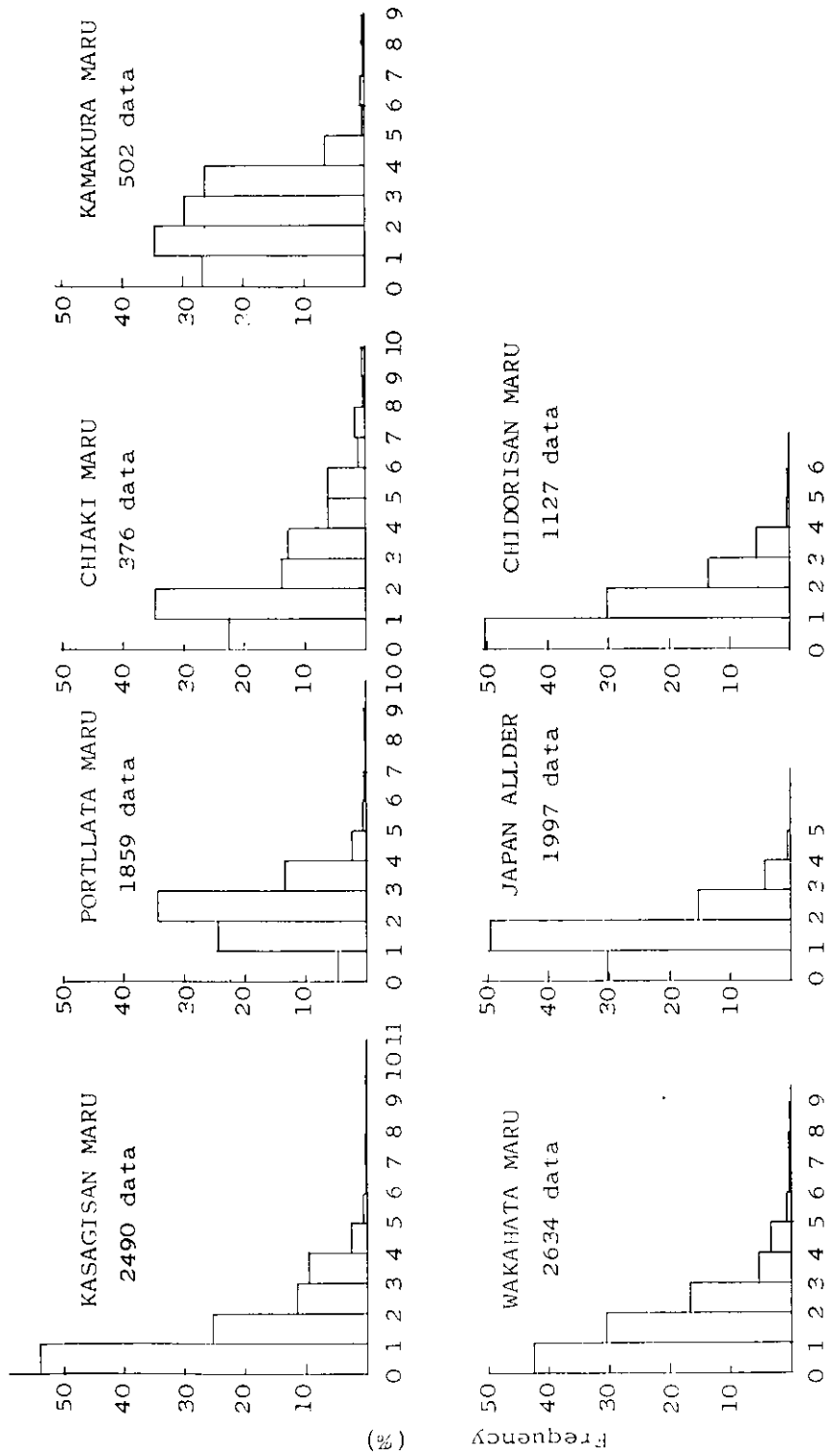
Tab.3.2 Schedule of Automatic Recording
表3.2 自動計測船の航海日程

装置	計測船 (船名船 117,521 t)	46												47												48												49		
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3											
タイミンク自動データ集録装置	望木山丸 (鉄船 117,521 t)	11	12	13	14	15	(濠州) (ワカサ)												(濠州)												(濠州)									
	子とらった丸 (鉄船 93,356 t)	8	9	(濠州)(南米)												(南米)												(南米)												
	千秋丸 (ボイラ船 115,000 t)	13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24												(海) (カサガ) (濠州) (カサガ) (海) (カサガ) (カサガ)												(カサガ)														
	鎌倉丸 (コンテナ船 35,406 t)	5 6 7 8 9 10 11 12												(三 - 四 ヲ 八)																										
自動 RMS 計	若竹船丸 (鉄船 93,113 t)	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	(濠州)												(4-1-)			
	ジャパンオーラルダ (ボイラ船 57,911 t)	34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48												(濠)																										
	千鳥山丸 (鉄船 164,644 t)	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21												(濠)																										

Tab.3.3 Frequency Distribution of Sea Conditions (Automatic Rec. Ships)

表3.3 自動計測船の外界条件頻度

船名		笠木山丸	高七郎丸	千秋丸	鎌倉丸	若端丸	ジパング丸	干馬山丸
		20 級海	7 級海	10 級海	4 級海	20 級海	14 級海	10 級海
外界条件		freq %	freq %	freq %	freq %	freq. %	freq. %	freq. %
波 高 (H) m	0~1	1344 53.98	91 4.90	84 22.34	84 16.73	1060 42.41	602 30.15	567 50.31
	~2	626 25.26	637 34.27	131 34.84	174 34.66	808 30.68	992 49.67	340 30.17
	~3	287 11.53	823 44.27	52 13.83	149 29.68	445 16.89	306 15.32	150 13.31
	~4	117 4.70	246 13.23	48 12.77	82 16.33	139 5.28	86 4.31	62 5.50
	~5	70 2.81	45 2.42	23 6.12	34 6.77	88 3.34	11 0.55	5 0.44
	~6	18 0.72	11 0.59	23 6.12	2 0.40	21 0.80		3 0.27
	~7	7 0.28	4 0.22	5 1.33	4 0.80	8 0.30		
	~8	10 0.40	1 0.05	7 1.86	1 0.20	7 0.30		
	~9	5 0.20	1 0.05	1 0.27	2 0.40	1 0.04		
	~10	5 0.20		2 0.53				
	~11	1 0.04						
Total		2490 100.00	1859 100.00	376 100.00	502 100.00	2634 100.00	1997 100.00	1127 100.00
平均波 周期 (T) sec	0~2	804 32.29	72 3.88	15 4.17	38 7.14	732 29.68	21 1.05	131 11.55
	~4	35 1.41	5 0.27	4 1.11	3 0.56	20 0.81	105 5.26	31 2.73
	~6	435 17.47	77 4.19	149 41.39	37 6.95	282 11.44	812 40.66	459 40.48
	~8	566 22.73	727 39.11	107 29.72	137 25.75	1068 43.31	916 45.87	477 42.06
	~10	482 19.36	725 39.00	51 14.17	201 37.78	219 8.88	72 3.61	30 2.65
	~12	116 4.66	223 11.94	26 7.22	88 16.54	128 5.19	59 2.95	6 0.53
	~14	36 1.45	22 1.18	7 1.94	12 2.26	24 0.97	9 0.45	
	~16	16 0.64	8 0.43	1 0.28	14 2.63	15 0.61	3 0.15	
	~18				0 0.00	8 0.32		
	~20				2 0.38	2 0.08		
Total		2490 100.00	1859 100.00	360 100.00	532 100.00	2466 100.00	1997 100.00	1134 100.00
ビー フット 風力 階級 (B.S)	0	63 2.51	12 0.59	5 0.43	3 0.57	180 6.83	23 1.13	15 1.35
	1	152 6.06	47 2.31	29 2.50	11 2.08	148 5.62	42 2.06	25 2.25
	2	458 18.25	155 7.63	130 11.22	45 8.49	396 15.03	301 14.74	99 8.92
	3	607 24.19	335 16.49	236 20.36	84 15.85	686 26.03	503 24.63	303 27.30
	4	651 25.95	657 32.33	272 23.47	111 20.94	649 24.63	653 31.98	343 30.90
	5	327 13.03	534 26.28	232 20.02	97 18.30	374 14.19	367 17.97	197 17.75
	6	163 6.50	237 11.66	183 15.79	111 20.94	152 5.77	135 6.61	98 8.83
	7	56 2.23	47 2.31	66 5.69	60 11.32	36 1.37	23 1.13	22 1.98
	8	29 1.16	8 0.39	21 1.81	23 4.34	13 0.49	4 0.20	6 0.54
	9	3 0.12		4 0.35	5 0.94	1 0.04	1 0.05	2 0.18
	10			1 0.09	0 0.00			
11				1 0.19				
Total		2509 100.00	2032 100.00	1159 100.00	530 100.00	2635 100.00	2042 100.00	1110 100.00



Wave Height H (m)

Fig.3.1 Frequency Distribution of Wave Height (Automatic Rec. Ships)

图 3.1 自刺音計測船の外界条件履歴 (破高)

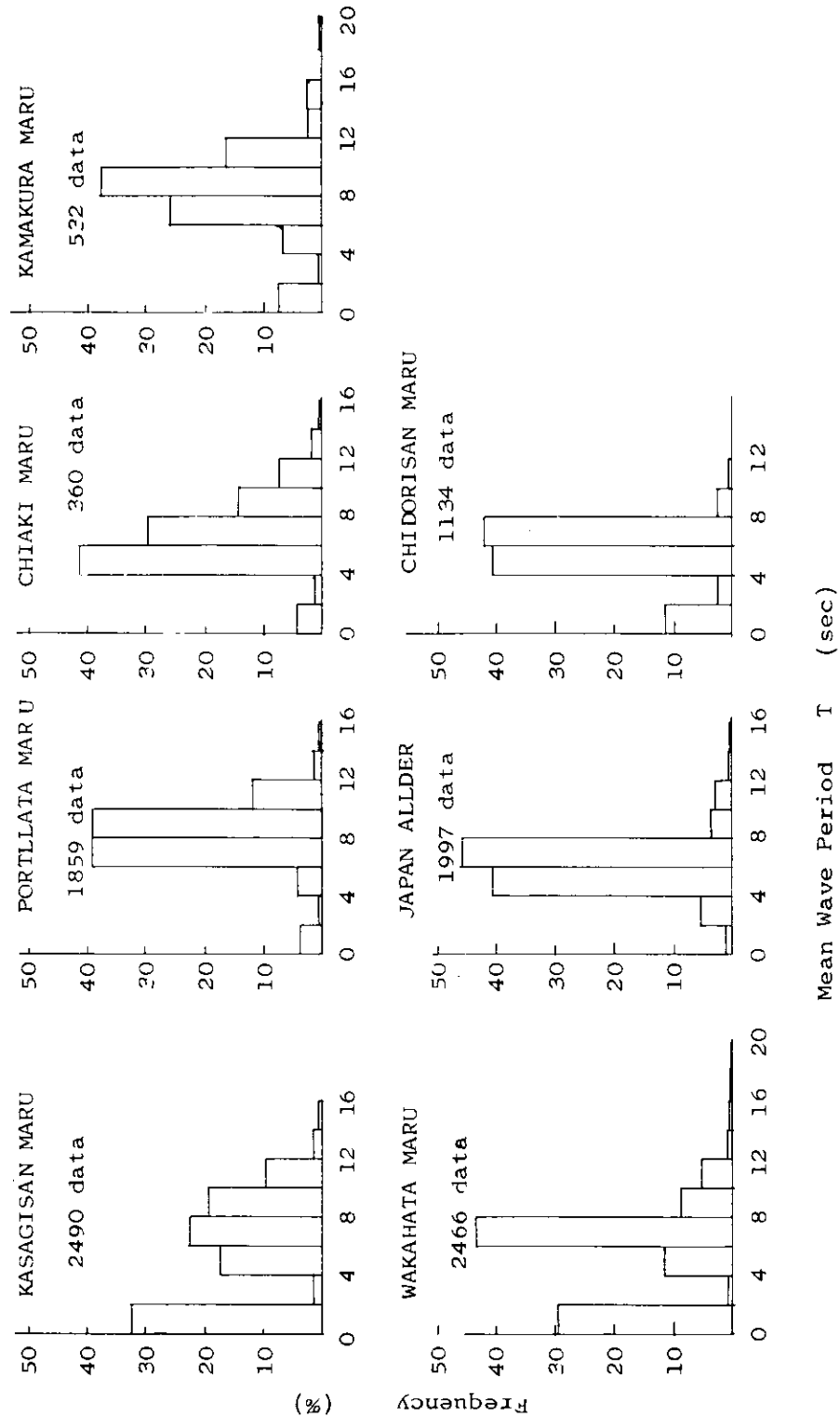
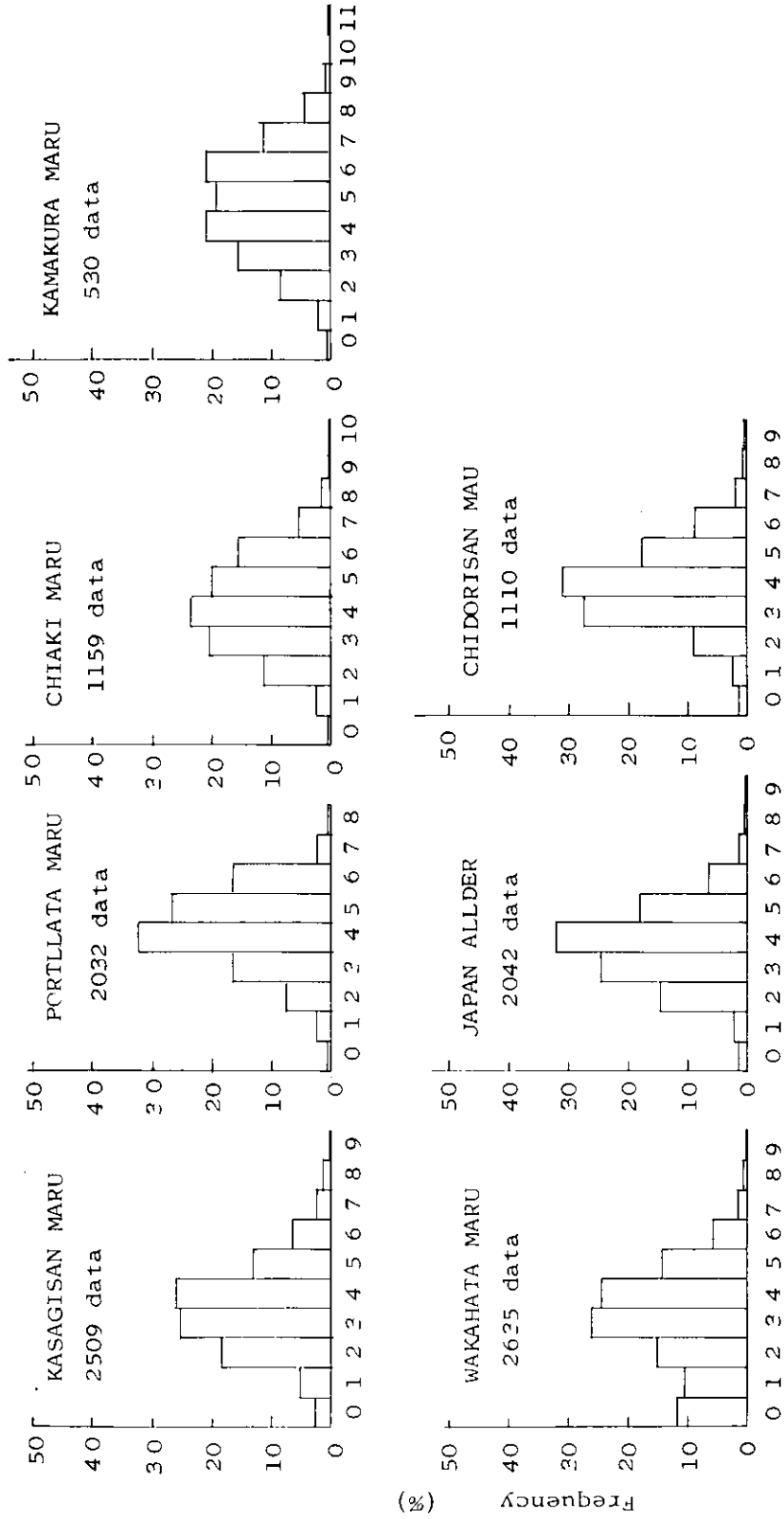


Fig.3.2 Frequency Distribution of Mean Wave Period (Automatic Rec. Ships)

図 3.2 自動計測船の波浪条件頻度 (波周期)



Beaufort Scale

Fig.3.3 Frequency Distribution of Wind State(B.S.) (Automatic Rec. Ships)

図 3.3 自動計測船の外界条件履歴 (B.S)

Tab.3.4 Frequency Distribution of Stress (WAKAHATA MARU, 20 Voyages)
 表3.4 船体応力の $\sqrt{\sigma}$ の頻度分布 (若狭丸20航回)

$\sqrt{\sigma}$ (kg/mm ²)	Channel 1		Channel 2		Channel 3	
	freq.	%	freq.	%	freq.	%
0 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 0.2	6,631	63.30	8,383	81.68	9,216	88.17
0.2 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 0.4	2,475	23.63	1,596	15.55	1,044	9.99
0.4 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 0.6	819	7.82	253	2.47	172	1.65
0.6 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 0.8	310	2.96	30	0.29	21	0.20
0.8 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 1.0	118	1.13	1	0.01		
1.0 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 1.2	59	0.56				
1.2 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 1.4	37	0.35				
1.4 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 1.6	16	0.15				
1.6 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 1.8	11	0.11				
1.8 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 2.0	2	0.02				
2.0 < $\sqrt{\sigma}$ ≤ 2.2	1	0.01				
Total	10,479	100.00	10,263	100.00	10,453	100.00

Ch.1 : Wave bending stress of upper deck amidship.
 Ch.2 : Stress at the face of side longitudinal in the fore peak tank (ballasted water line)
 Ch.3 : Ditto (loaded water line)

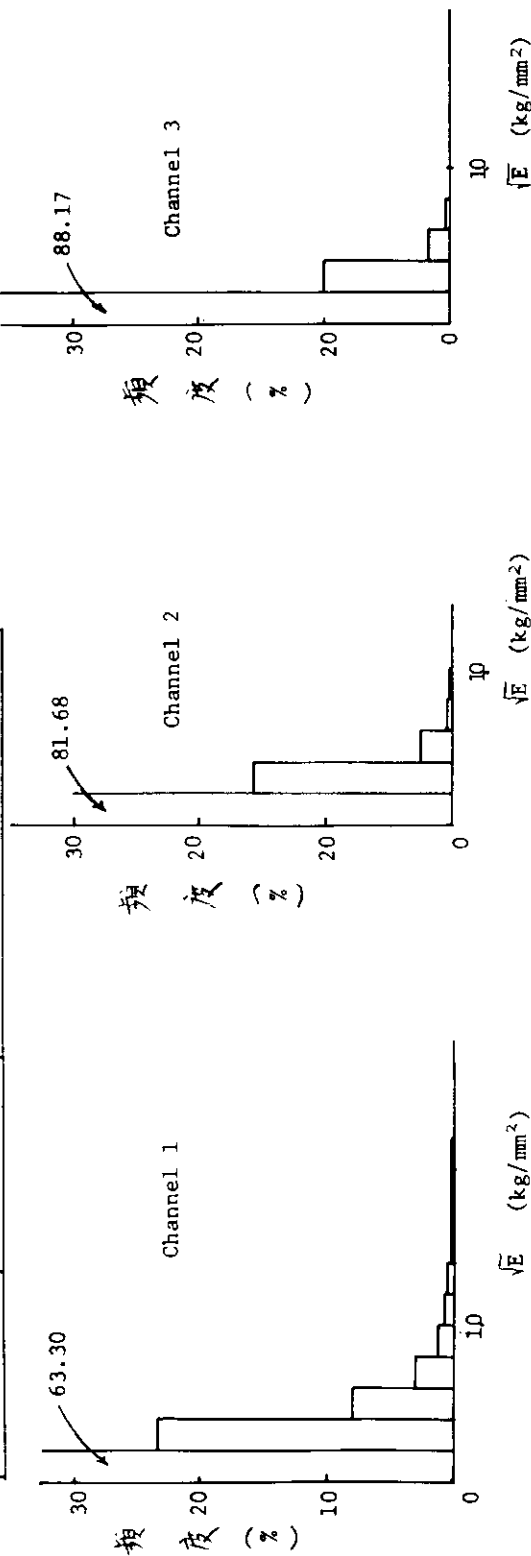


図3.4 船体応力の $\sqrt{\sigma}$ の頻度分布 (若狭丸20航回)
 Fig.3.4 Frequency Distribution of Stress (WAKAHATA MARU, 20 Voyages)

WAKAHATA MARU Channel 1 \sqrt{E} : Root mean square of amplitude of wave bending stress of upper deck amidship

Number of Voyages : 20
 Number of Data : 10,479

\sqrt{E} of Wave Bending Stress (kg/mm ²)		: Mean												
0	1.0	2.0												
0 ≤ H ≤ 1	1 < H ≤ 2	2 < H ≤ 3	3 < H ≤ 4	4 < H ≤ 5	5 < H ≤ 6	6 < H ≤ 7	7 < H ≤ 8	8 < H ≤ 9						
3486	2058	912	126	46	2									
835	809	537	187	92	15									
83	262	256	113	85	17	3								
5	56	62	88	64	16	11	8							
1	4	13	36	34	13	6	9	2						
		6	13	19	8	8	5	0						
		2	3	14	5	2	8	1						
				3	7	1	3	1						
				2	5	1	3							
				1	1									
						1								

H : Wave Height (m)

Fig.3.5 Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1)

図 3.5 波高と船体応力の関係 (若杉丸 ch.1)

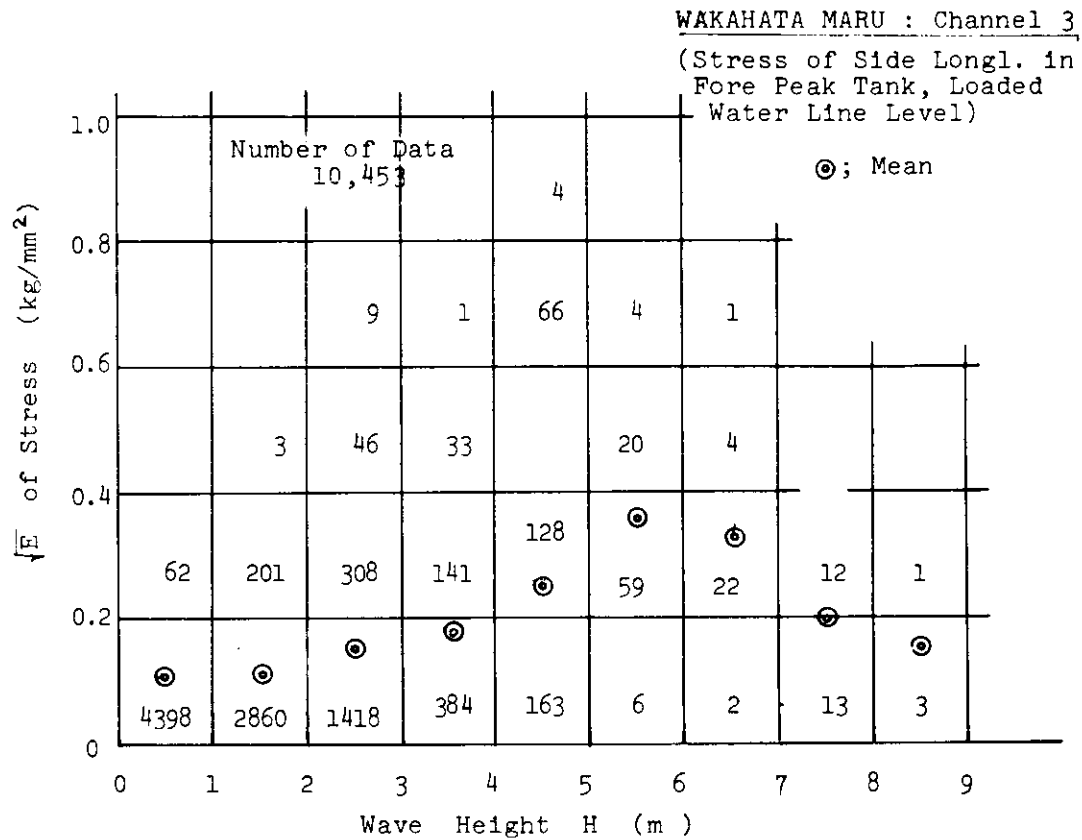
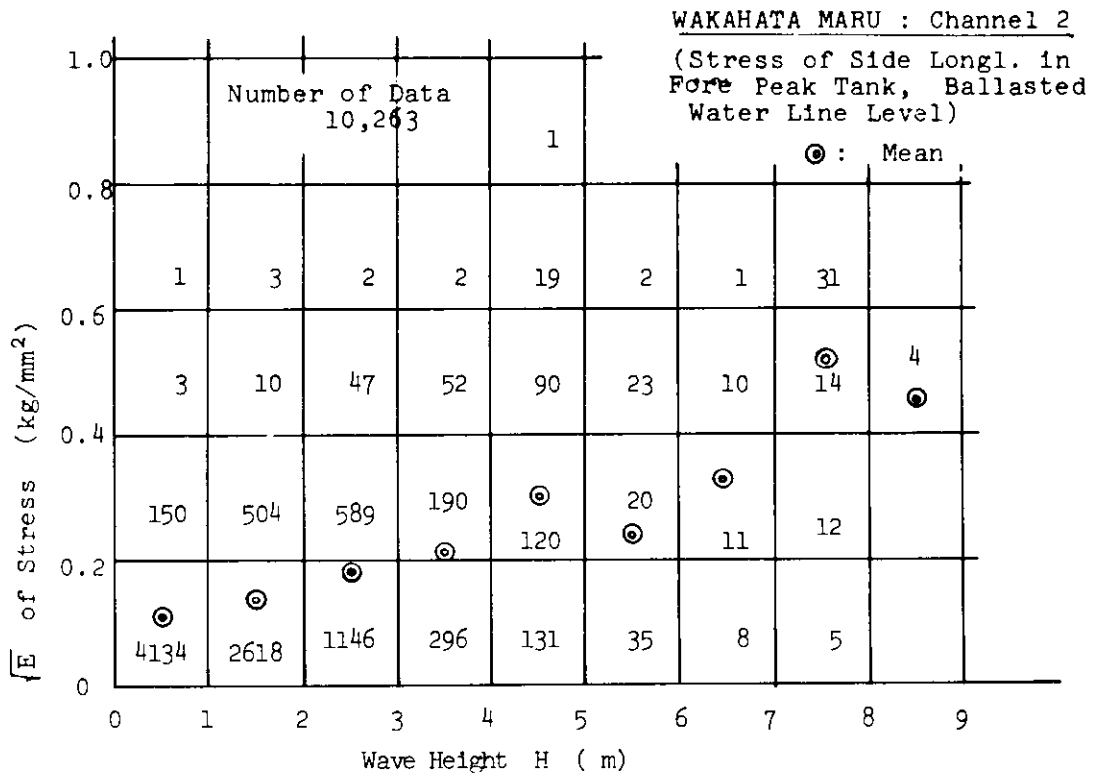


図 3.6 波高と船体応力 \sqrt{E} との関係(若狭丸 Ch. 2, 3)
Fig.3.6 Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch. 2 & 3)

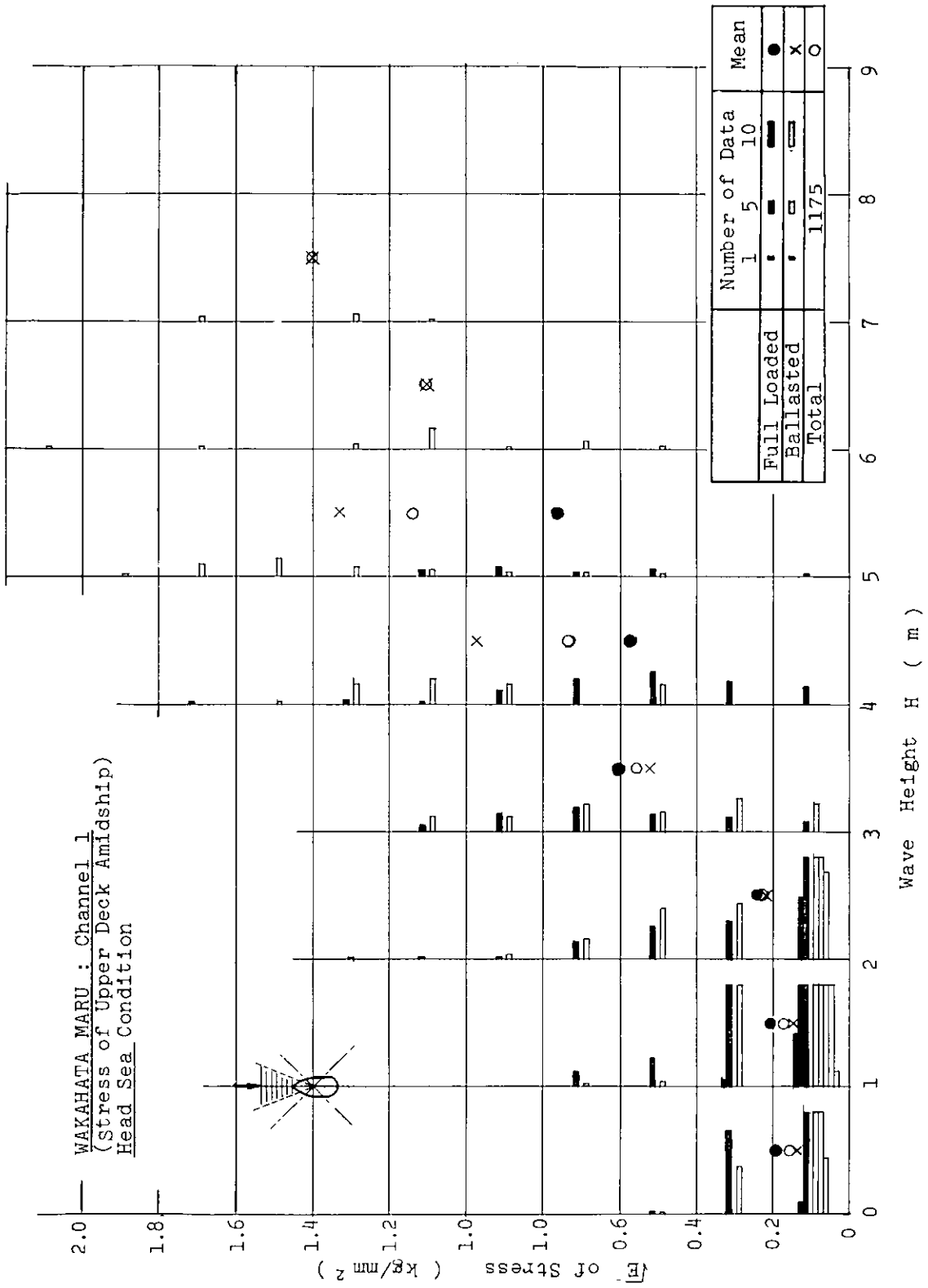


图 3.7 波高、出合所と船体応力の関係 (若横丸 Ch.1 向波)

Fig.3.7 Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1, Head Seas)

WAKAHATA MARU : Channel 1
 (Stress of Upper Deck Amidship)
 Bow Sea Condition

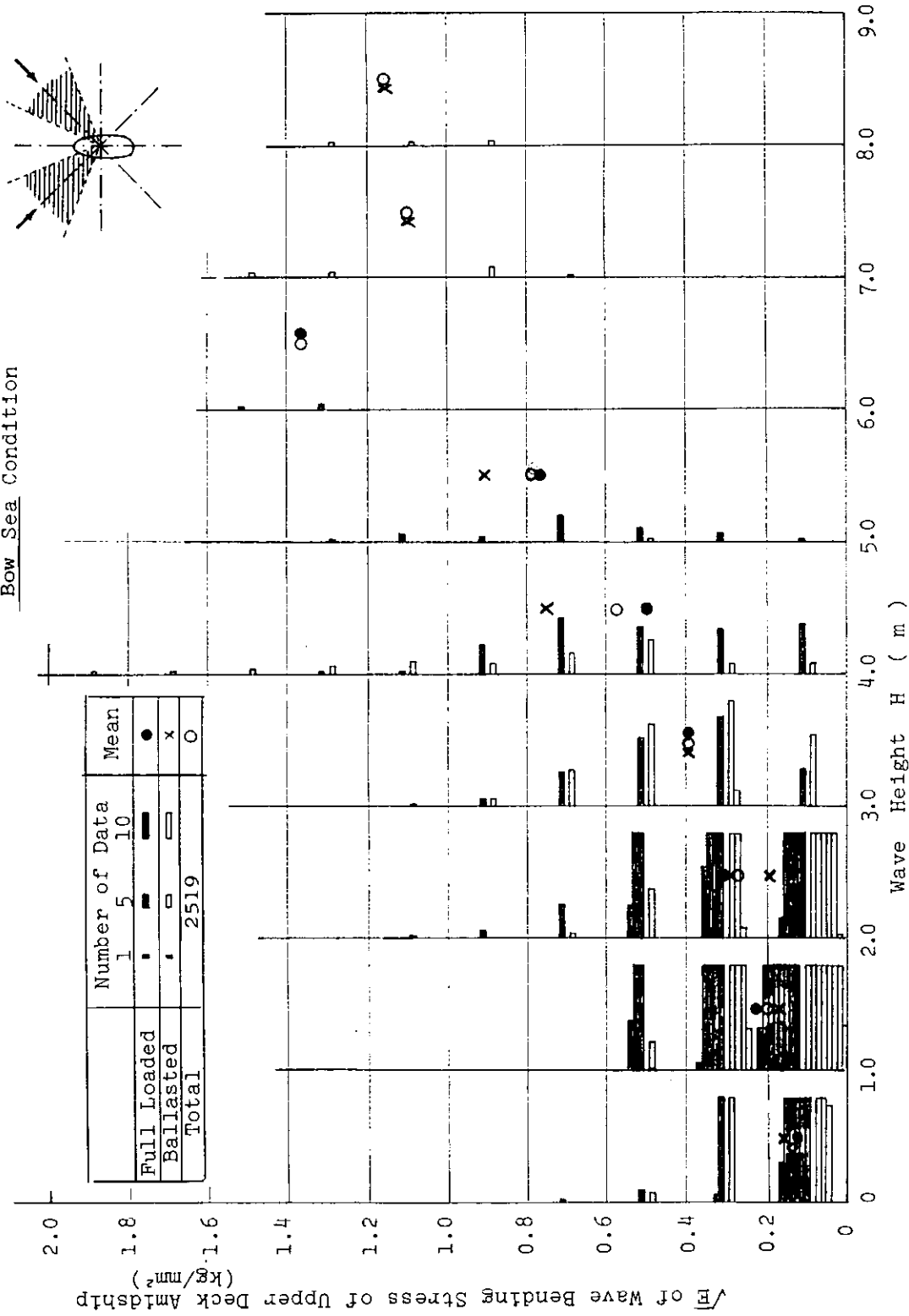


図 3.8 波高、集合角と非体交力、船底 (若格丸 Ch.1 船前部)
 Fig.3.8 Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1, Bow Seas)

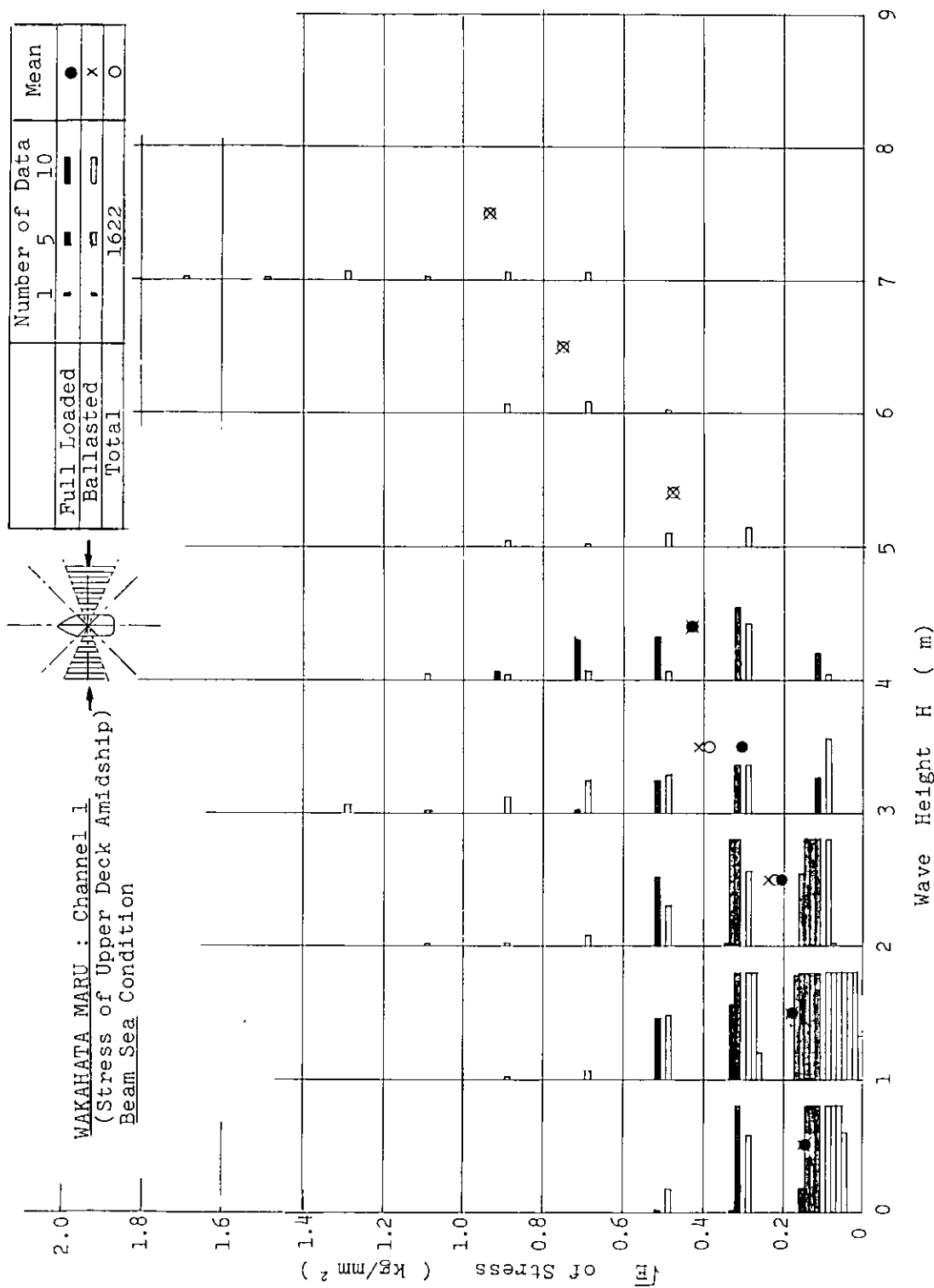


図 3.9 波高 舷合角と船体応力の関係 (吉徳丸 Ch.1 横波)
Fig.3.9 Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1, Beam Seas)

WAKAHATA MARU : Channel 1
 (Stress of Upper Deck Amidship)
 Quartering Sea Condition

	Number of Data				Mean
	1	5	10		
Full Loaded	•	■	▨	●	
Ballasted	•	□	○	x	
Total	1531				○

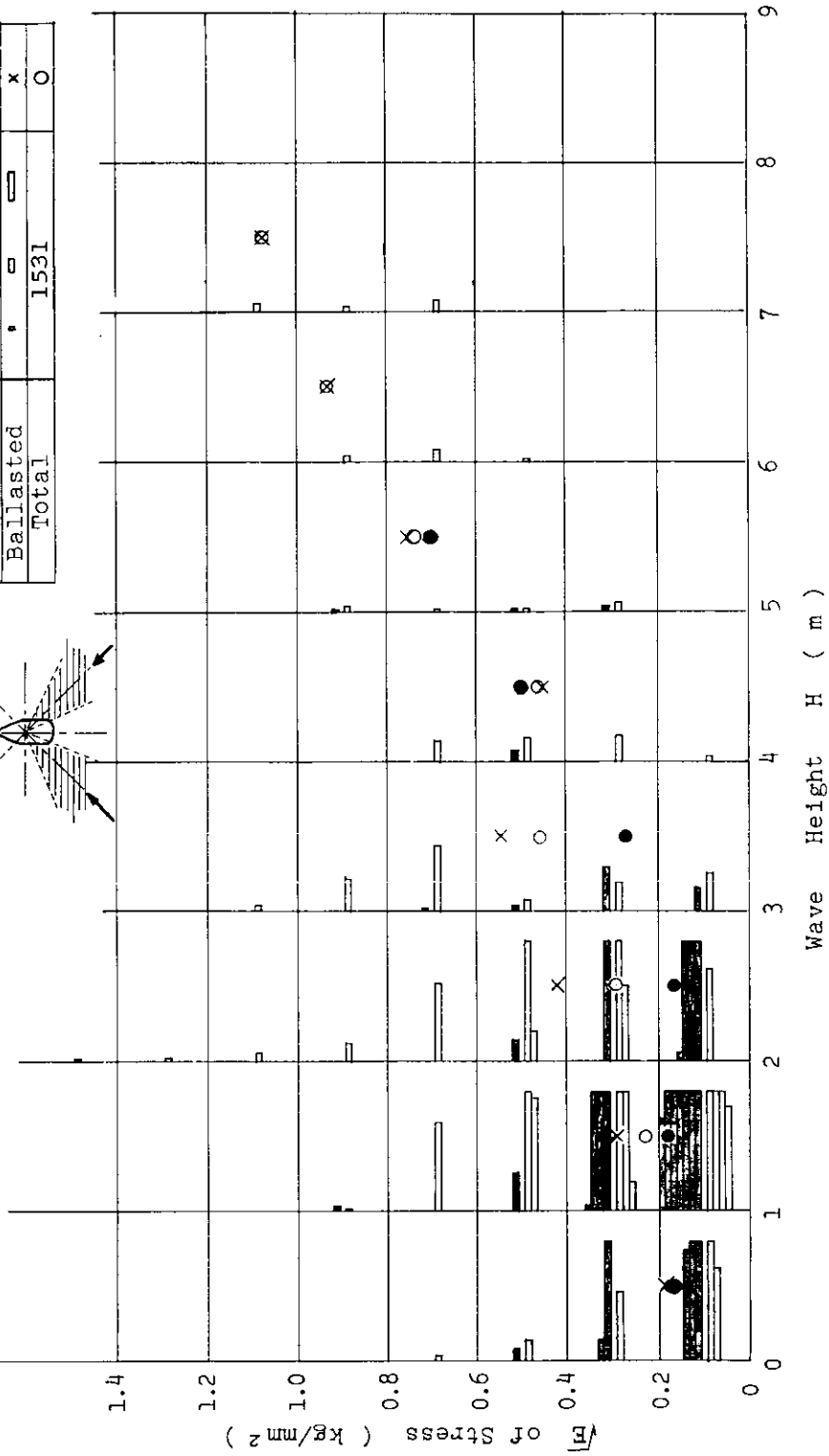
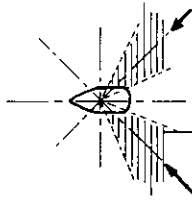
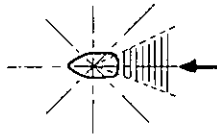


図 3.10 波高と船体中の上甲板中程部の応力 (船体中程部)

Fig.3.10 Wave Height vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1, Quartering Seas)

WAKAHATA MARU : Channel 1
 (Stress of Upper Deck Amidship)
 Following Sea Condition



	Number of Data				Mean
	1	5	10		
Full Loaded	•	■	■	●	
Ballasted	•	□	□	x	
Total	786				○

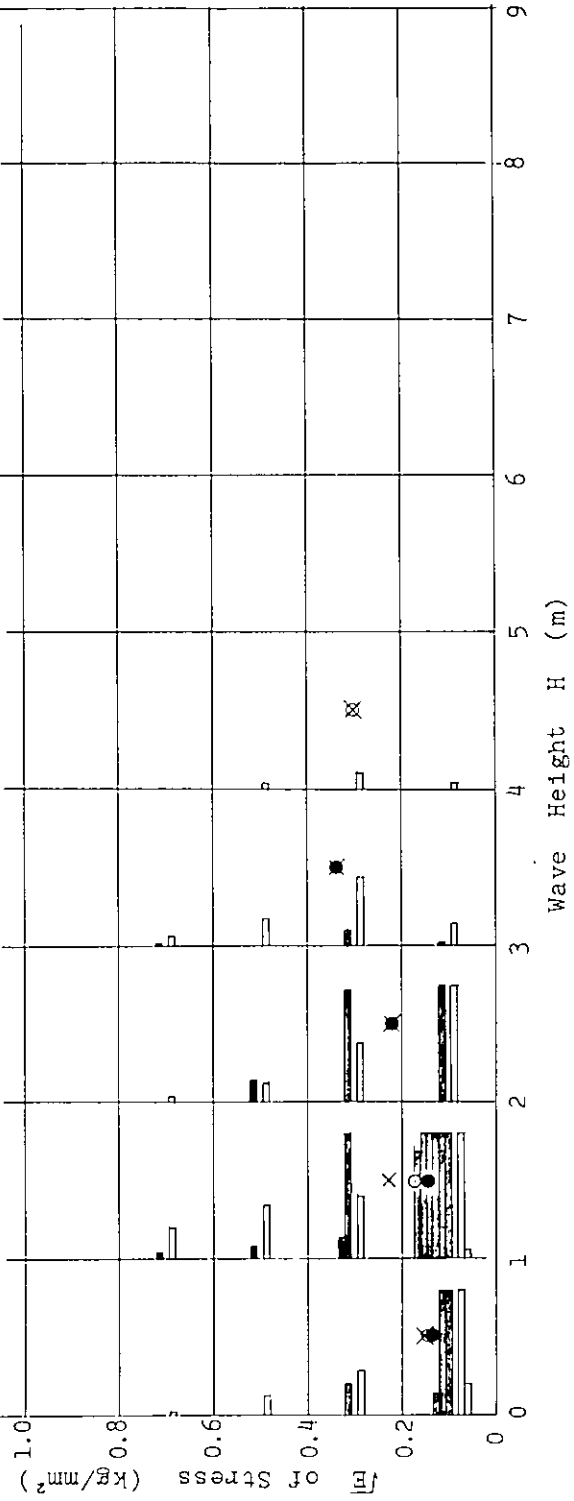


図3.11 波高、出合角と船体応力の関係 (若嶮丸, Ch.1, 追波)

Fig.3.11 Wave Height vs, Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1, Following Seas)

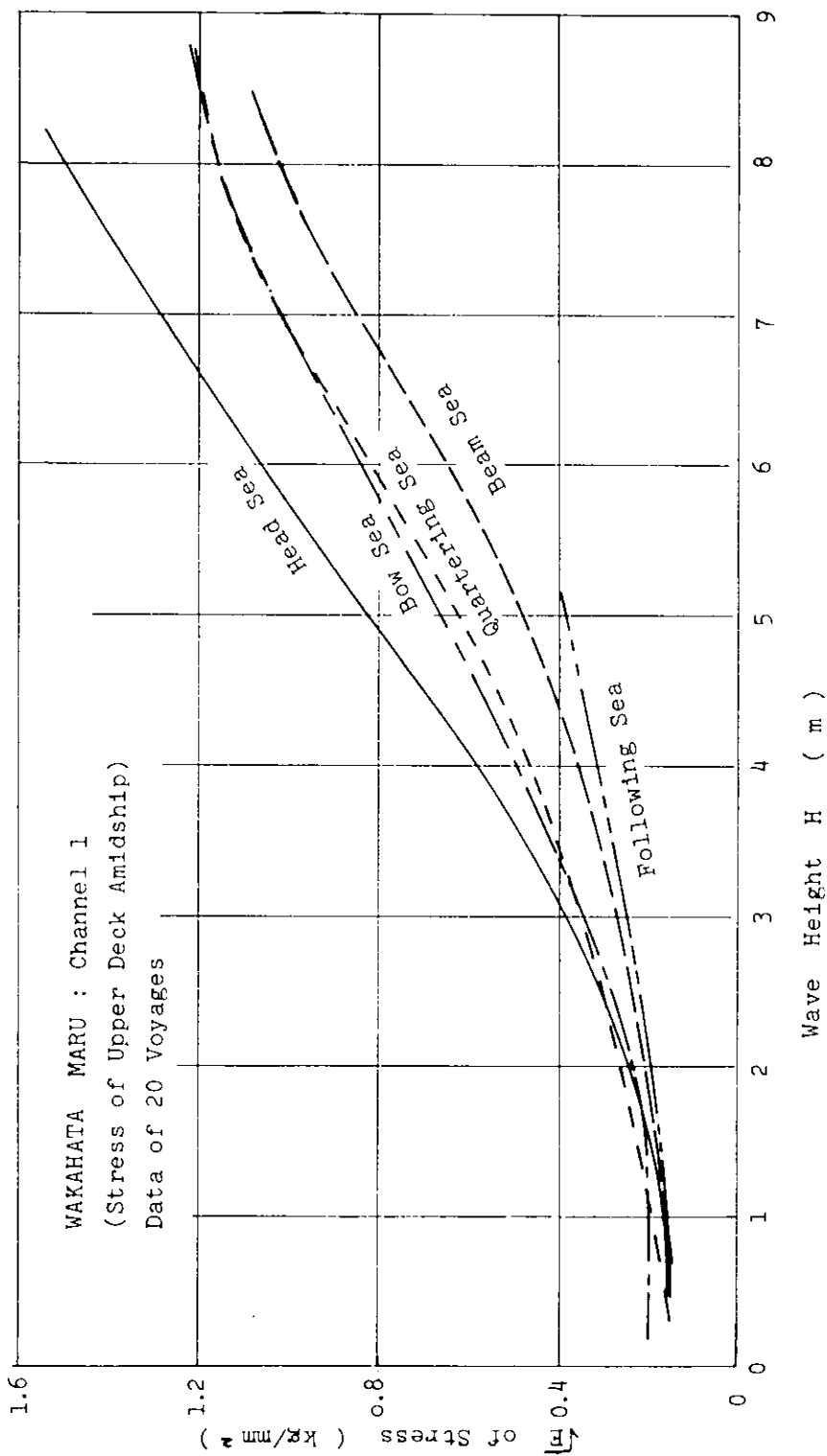


Fig. 3.12 Wave Height and Encountering Angle vs. Hull Stress (WAKAHATA MARU, Ch.1)

図 3.12 波高, 出合角と船体応力の関係 (若狭丸 ch.1)

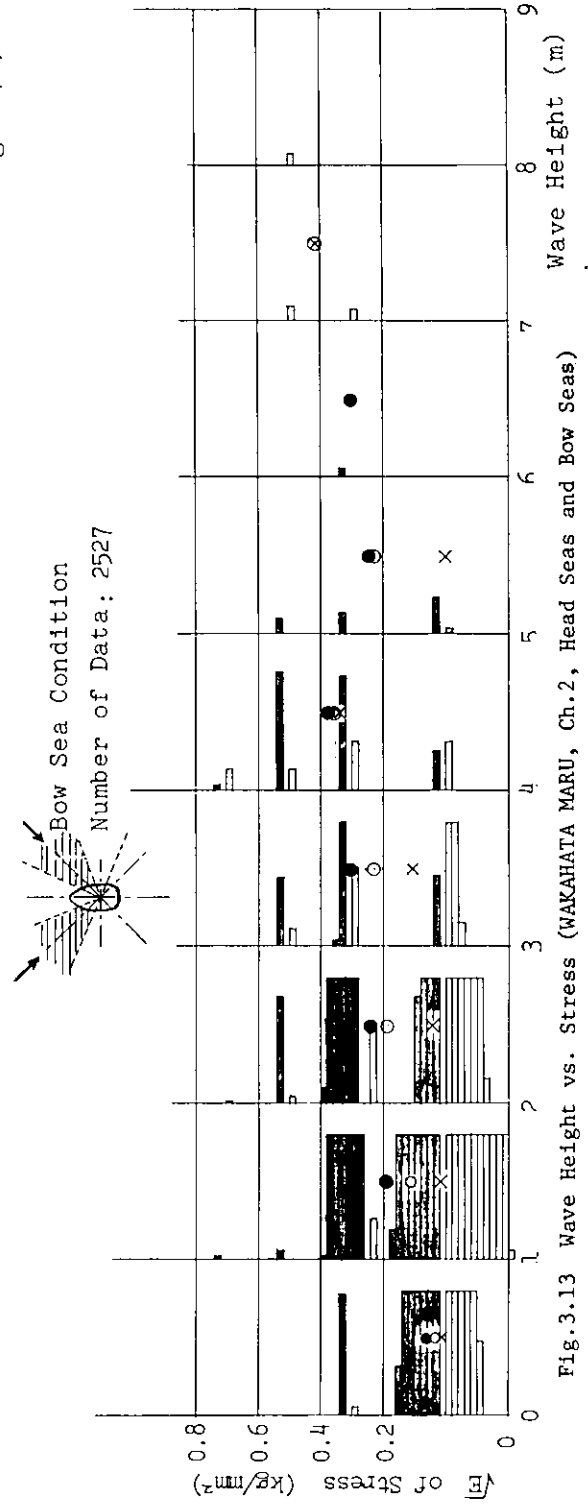
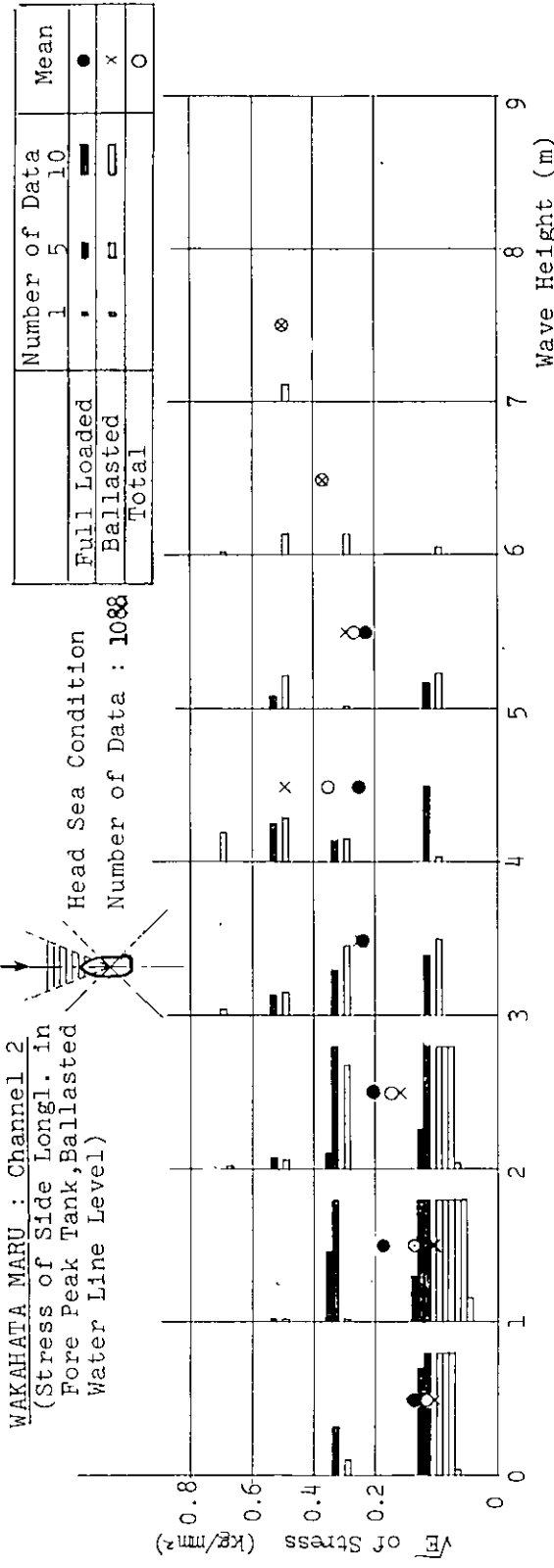


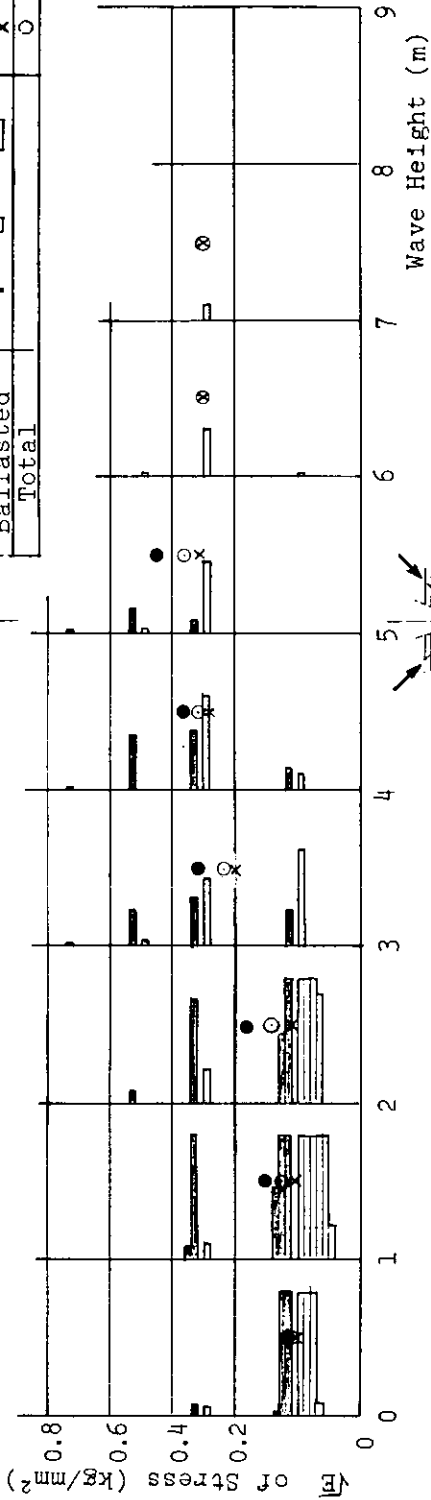
Fig.3.13 Wave Height vs. Stress (WAKAHATA MARU, Ch.2, Head Seas and Bow Seas)

图 3.13 波高、发合角と船体応力の関係 (左舷丸 ch.2 向波、斜前波)

WAKAHATA MARU : Channel 3
 (Stress of Side Longl. in
 Fore Peak Tank, Loaded
 Water Line Level)

Head Sea Condition
 Number of Data : 1087

	Number of Data			Mean
	1	5	10	
Full Loaded	■	▨	▩	●
Ballasted	□	◻	◼	○
Total				×



Bow Sea Condition
 Number of Data : 2541

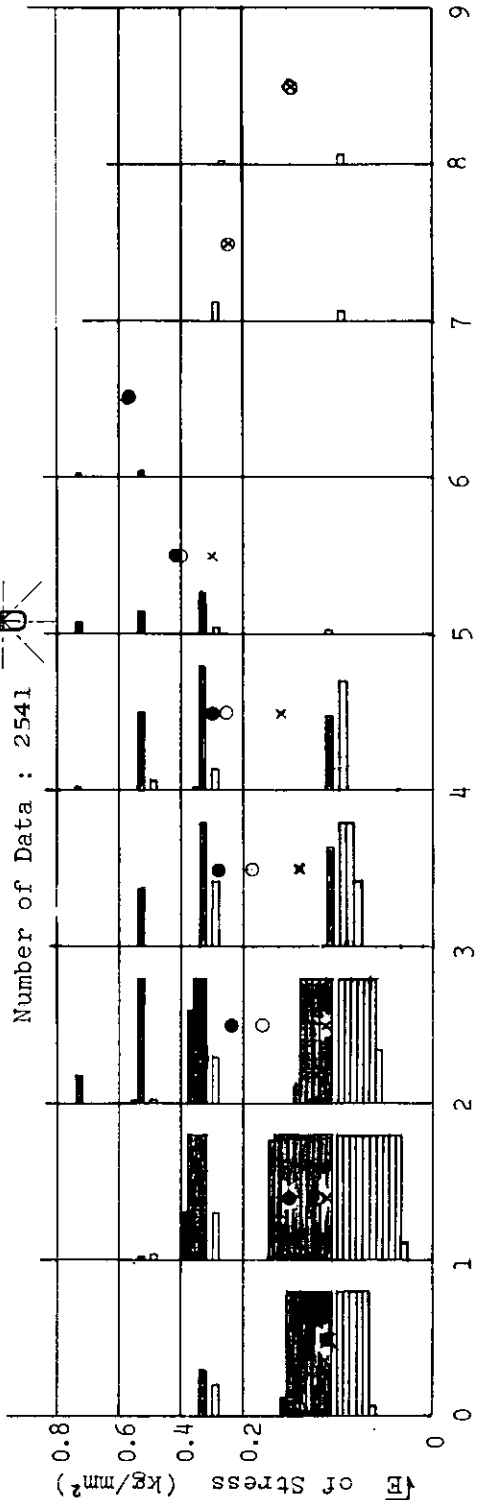


Fig.3.14 Wave Height vs. Stress (WAKAHATA MARU, Ch.3, Head Seas and Bow Seas)

图 3.14 波高、出合向と船体中心の应力 (右: 前波, 左: 侧前波)