

日本船舶振興会昭和49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”

研究資料 No. 210

第124研究部会

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

報 告 書

昭和50年3月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

Research Memoir, No.210

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
(Shiba-Kotohira-cho 35, Minato-ku, 105 Japan)

March 1975

はしがき

本報告書は日本船舶振興会の昭和49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、順不動）

部会長	高橋 幸伯（東京大学）	
幹事	安藤文隆（船舶技術研究所）	折戸博允（大阪商船三井船舶）
	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）	長沢準（船舶技術研究所）
	繩田卓生（三菱重工業）	能勢義昭（東京大学）
	萩原孝一（三菱重工業）	前田久明（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）
	田辺正雄（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
	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）	

計測および解析担当者

安藤和彦（三菱重工業）	池淵哲朗（川崎重工業）
井上篤次郎（神戸商船大学）	小畠和彦（東京大学）
久保寺真司（共和電業）	田中一雅（広島大学）
外山嵩（大阪府立大学）	能勢義昭（東京大学）
花本幹夫（三菱重工業）	細田龍介（大阪府立大学）
湯原哲夫（三菱重工業）	

目 次

1. まえがき	1
2. 総合実船計測	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	2
(1) 計測項目および計測点	2
(2) 計測記録装置	3
2.3 解析装置	3
2.4 計測結果	4
(1) 本船情報による外界条件	4
(2) 波浪ブイによる波浪計測	4
(3) レーダーによる波向計測	4
(4) 船体応答の計測	5
3. 自動計測	7
3.1 計測船および計測項目	7
3.2 計測装置	7
3.3 自動R.M.S.計による計測結果	8
(1) 波高分布	8
(2) 出合角頻度	8
(3) 風力と波高	9
(4) 上甲板応力	9
(5) 変動水圧	9
(6) 船体動揺	9
3.4 自動ダイナミックデータ集録装置による計測結果	9
4. あとがき	11
参考文献	11
附図附表目次	13

C O N T E N T S

1.	Preface	1
2.	Incorporated Measurement	2
2.1	Measured Ship and Voyages	2
2.2	Measuring Item and Instruments	2
2.3	Instruments for Analysis	3
2.4	Results of the Measurement	4
(1)	Environmental Conditions	4
(2)	Wave Measurement by Wave Buoys	4
(3)	Wave Measurement by Radar	4
(4)	Ship's Response	5
3.	Automatic Measurement	7
3.1	Measured Ships and Measuring Item	7
3.2	Instruments	7
3.3	Results by Automatic R. M. S. Meters	8
(1)	Frequency Distribution of Wave Heights	8
(2)	Frequency Distribution of Encounter Angles	8
(3)	Beaufort Wind Scale and Wave Height	9
(4)	Wave Bending Stress of Upper Deck	9
(5)	Wave Pressure	9
(6)	Ship's Motion	9
3.4	Results by Automatic Analogue Data Recorders	9
4.	Postscript	11
	References	11
	Figures and Tables	13

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数多くあるものと思われる。本研究は、これら大型鉱石運搬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、問題点の把握と基礎資料の収集とを計ることを目的とするものである。

第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年度から当初3ヶ年計画の研究として発足したものであるが、同年度の中途から発動した「船体構造計算法の開発」という5ヶ年連続の大型研究の一環として、昭和49年までの5ヶ年継続研究に計画を変更し、合同プロジェクトの実船計測分野を担当することとなった。当初計画からの大幅な変更はないが、波浪荷重のなかでも、波浪曲げモーメントと船首部の波浪荷重（変動水圧および衝撃水圧）の計測に重点をおくこととした。

本部会で実施した実船計測は、大別すると、総合実船計測と自動計測の2種類に分けられる。

総合実船計測は、大型鉱石運搬船の航走中の波浪荷重・各種応答とともに、波浪パイを使用して外界条件としての波浪の計測も同時に行なう総合的なものであり、鉱石運搬船「笠木山丸」（DW 117,571t）について実施した。昭和45、46両年度にわたって、5航海について実施したが、その後、第132研究部会（SR132）による波浪パイの開発を待って、昭和48、49年度にわたって、再び5航海の計測とSR132との共同研究の形で実施した。

自動計測は、昭和46年度から3隻と昭和47年度から4隻、合計7隻について実施し、いずれも昭和49年度内の入港時をもって終了した。この計測には、計測員は便乗せず、船体応答のみ自動計測し、外界条件は乗組員の観測記録に依存する方式をとった。各種の異なった航路の情報を得たいという希望もあって、対象船としては必ずしも鉱石運搬船に限定しなかった。

自動計測の方式にも2種類を採用した。その一つは、

鉱石運搬船 「笠木山丸」（DW 117,571t）

同 「ほうとうらった丸」（DW 93,356t）

ばら積船 「千秋丸」（DW 115,000t）

コンテナ船 「鎌倉丸」（DW 35,406t）

の4隻について実施したもので、ある程度以上の荒天時にのみ記録装置が始動して、15分間のアナログ記録を磁気テープにとる方法である。他の一つは、

鉱石運搬船 「若幡丸」（DW 93,113t）

ばら積船 「ジャパン・オールダ」（DW 57,911t）

鉱石運搬船 「千鳥山丸」（DW 164,644t）

の3隻について実施したもので、航海中の全期間を通じて連続して1時おきに、応答のR.M.S.値を記録し、統計資料を集積しようとするものである。

総合実船計測も自動計測も、計測終了後まだ日も浅く、得られたデータはほんの少な量であるので、すべてを十分に解析する段階にはまだ至っていないが、その一部をここに報告する。

2. 総合実船計測

2.1 計測船および計測期間

総合実船計測は、大型鉱石運搬船「笠木山丸」について昨年度に引き続き実施した。本船の主要要目等は次の通りである。

Lpp	247.00m
Bm	40.60m
Dm	23.00m
d	16.00m
満載航海速力	14.8 kt
載貨重量	117,571 t
機関出力	22,400 P.S
船主	大阪商船三井船舶株
建造所	三菱重工廣島造船所
竣工	昭和45(1970)年11月30日

4)

昨年度末3航海・本年度秋期2航海の5航海が今回の一連の計測であり、昨年度の3航海についても、昨年度報告書では十分触れる余裕がなかったのでここにまとめて報告する。

各次航海の時期・航路・計測番号の呼称および計測担当者氏名などをTab.2.1に示す。寄港地は、日本側はいずれも福山港、オーストラリア側は、第4次計測(40次航)はダンピア、それ以外はいずれもポートヘッドランドであった。特殊計測とは、定時計測以外に計測員の判断で適時実施した計測のこととし、計測内容が特に変っているわけではない。計測員は各航海2名ずつ乗船した。第4次計測までの下段の4名は、SR-132からの計測員で、他の6名が本部会の計測員であるが、実際の計測に当っては、緊密な共同作業を必要とするもので、画然とした分担区分があったわけではない。

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・計測点とその配置をTab.2.2、Fig.2.1およびFig.2.2¹⁾、また計測ダイヤグラムをFig.2.3²⁾に示す。これらのうち、波浪関係すなわち、Tab.2.2⑥⑦がSR-132担当のもので、他は本部会のものである。本表のほか、気象・海象等に関しては本船側の記録も利用した。

i) 気象・海象・本船状態

風向・風力・風浪・うねりその他の気象・海象や、船速・回転数などの本船状態は、本船の計器または当直士官の観測により記録する。

ii) 波浪荷重

荒天時に船首部船側外板に生ず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。水圧計とひずみゲージによる計測で、その計測点配置はFig.2.2¹⁾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、船側縦通材に貼られたひずみゲージは、1パネルの平均水圧を計測するためのものである。

2)

水圧計受感部の詳細、ひずみゲージの防水処置などについては、昭和46年度報告に詳しい。

iii) 船体応力

船体の波浪による縦曲げ応力を計測するために、船体中央部の両舷と、B断面(Fr.84 1/2)の左舷の上甲板上にひずみゲージを貼付けた。

IV) 波 浪

波浪計測は、投棄式の波浪ブイによる波高計測と、レーダーによる波向き計測を行なった。波浪ブイの数が限られているので、総合計測時の波浪の記録は、(1)に述べた目視観測記録との併用になる。

V) 船体運動

船体運動を計測するため、計測室内に動搖計を取り付けた。このほか、上下方向の加速度計3点を配置して縦揺れ、横揺れを、また、前後方向の加速度計でザージングを計測する。

(2) 計測記録装置

i) 動搖計

動搖形は東京航空計器株製のTVG50/YZ型で、さきの総合実船計測に使用したものに若干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箇の加速度計で検出した加速度を增幅積分して、Y方向(ヨーイング)とZ方向(上下動)の加速度・速度および変位を検出するものである。
1)

このほかに、旭電機株製の加速度方式の波浪ブイを1箇、計測室内にすえ付けて、上下加速度から上下動を計測する装置として併用した。

ii) 波浪計

波浪ブイは神戸電波機製の水圧検知方式のもので、水圧変動(波高変動)をA-D変換して本船にFM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が、D-A変換してモニター記録もとれるようになっている。

7)
波浪ブイ・送受信装置およびブイランチャーなどの詳細については、SR-132の報告書に譲る。

また、ただ1箇だけではあるが、旭電機株製の加速度式波浪ブイも試用した。

iii) レーダー波向計

本船のレーダー信号によってモニター指示器に波の映像を出させ、これを3.5ミリカメラで5秒1枚の速度で撮影^{7.8)}するとともに、ビデオテープレコーダーに記録させ解析するものである。詳細は同じくSR-132の報告書に譲る。

iv) 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。

v) 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1/2インチ、長さ700m、テープ速度は7.6cm/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。

vi) タイマー装置

これは、ナショナル電子計測株製の、計測番号・クロックの積込み再生装置である。上記のデータレコーダに接続し、計測番号を符号化したデジタル信号と、計測開始から1秒でとのクロックパルスを、1チャンネルに積込み、再生時のデータの検索や、同時刻の異なるデータの対応などを簡易化しようとするものである。

vii) 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ある。

2.3 解析装置

4)
解析装置としては、昨年度報告に述べた通り

データレコーダー

株共和電業 RTP-110A

ダイナミック自動データ集録装置再生部	株共和電業
実時間相関器	日本無線 NJ 2-260A
フーリエ変換器	日本無線 NJ Z-273A
データ変換装置(ミニコン)	松下通信工業 MADAC-300T
データプロッタ 2.3.4)	渡辺測器製作所 WX-511

などを使用した。詳細は前報に譲る。

波浪関係の計測データの解析処理は、SR-132の方で行なった。

2.4 計測結果

(1) 本船情報による外界条件

気象・海象等の外界条件は、本船の当直士官に依頼して記録をとり、波浪の目視観測記録も記載してもらった。そのうち、計測実施時に相当するものを選んで表示したもののがTab.2.3の(1)から(3)までである。計測番号の呼び方は、さきのTab.2.1に示した通りである。

(2) 波浪ブイによる波浪計測

波浪ブイによる計測は、昨年度末に行なった第1～3次の成果が必らずしも十分ではなかったので、その後もブイの改良・補修を実施して、第4,5次の計測に臨んだ。⁸⁾ 詳細はSR-132の報告に譲るが、センサー・送信部・投入方法またはパンチャーなどの不良のためと考えられる故障が多く、結局、第1～5次の計測を通じて、投入ブイ62箇のうち、正常なデータの得られたものは33箇で、成功率は53%に止まった。なお、ただ1箇だけ用意した加速度型の波浪ブイでは、ほぼ完全な計測成果をあげることができた。

波浪計測データの得られた海面をFig.2.4に示す。図中の数字は計測番号を示すものである。図に見られる通り、南0°～10°の多島海域を除いては、ほとんど航路の全域にわたってデータが得られている。

計測結果得られた紙テープデータは、各航海ごとに編集ののち、オンライン処理によって、スペクトル解析・統計解析を行なった。また、モニター用とし同時記録されたアナログ記録(オシログラム)は、手解析によって両振幅を用いた統計解析を行なった。各解析法における諸定数をTab.2.4に、また解析結果の一覧をTab.2.5の(1)から(3)までに示す。ただし、時間のつごうで第5次計測の分はここに含まれていない。⁸⁾

解析結果の詳細はSR-132の報告に譲るが、Fig.2.5にその一例を示す。図は、手解析による有義波高を横軸として、これに対応する目視波高、スペクトル解析による有義波高および統計解析による有義波高を図示したものである。目視波高は一般に計測値よりも20～30%程度高く、スペクトル解析結果は手動統計解析結果とよく一致しており、計算機による統計解析結果は手動によるものより低目となっている。

Fig.2.6は、各計測時の波スペクトルを、有義波高と平均波周期を用いて正規化したものをプロットしたものである。ただし、原スペクトルが双峰性のもの(計測番号103, 252, 258, 751, 360, 402)および帯域幅の広いもの(計測番号108, 053, 159, 257)は含まれておらず、図中に記入した16ケースのみを集めたものである。図中の実線はPierson-Moskowitz型スペクトルを示すものである。図によれば、西部太平洋における波浪も、ピーク付近における集中度は若干高いようであるが、ほぼPierson-Moskowitz型の波スペクトルで表現できるものと考えられる。

(3) レーダーによる波向観測

レーダーのPPI(Plain Position Indicator)映像写真の2例をFig.2.7に示す。レーダーの海面反射の強度は、表面張力波に近い短波長の波に強く影響され、長波長の波は視認しにくかったが、風浪とうねりが重畠されているときは、左図のようにうねりもよく認められる。また、右の写真では2方向の波があることがはっきり認められる。

VTRに録画したテープの再生出力を用いる波向解析装置では、信号入力パルスの数が多い方向が波の進行方向として出てくるものであるが、風浪についてはよい結果を得たが、うねりについては顕著な方向を見出すのが困難であった。

特にその障碍となるのは、PPI映像の中心すなわち船に近いところで、反射信号が強く、しかもそれが風浪に大きく左右されるためである。中心部を遮へいし、ある距離以遠の信号のみを解析する方法も試み、若干の改善はされたが、まだ眼によるパターン認識には及ばない現状である。うねりの方向を決定するには、もっとパターン認識技術の向上を期待しなければならない。

PPI映像の連続撮影写真のアニメーション手法による動的観察は、目下進行中で、興味ある結果が期待できる。

(4) 船体応答の計測

計測機器は、動揺計のなかで上下加速度・上下動関係の計測が不安定であったのが目立った程度で、全般には良好であった。

計測点のセンサーでは、船体中央部の水圧計が、4年前に取付けたものをそのまま使用したものであるが、ドリフトが多く、第1次の計測航海で使用不能となつた。また、船首部水圧計の1点も第1次計測出航直後に不良となつた。その他の計測点は最後まで順調であった。

解析は、第3次計測終了後、計器の一部を陸揚げして若干実施したが、解析装置の不備その他のため十分にはできなかつた。実際の解析作業は、第5次計測終了後から始められたといつてよい。したがつて、まだ総合的な解析は終了していないのが現状で、ここには、特定の計測点を中心とした解析結果を示す。

第1次から第5次までの計測を通じて、特にひどい荒天には遭遇しておらず、水圧計に衝撃水圧の記録された例はほとんどなかつた。

比較的荒天時の例として、計測M156(昭和49年1月4日15時、風力7、波高4m)の計測結果の中から、B断面(Fr.84 1/2)およびC断面(Fr.88 1/2)の、水圧分布および船側ロンジの応力分布をFig.2.8およびFig.2.9に示す。それぞれ、変動振幅の15分間のR.M.S.値および最大値を示した。

常時水面下にある水圧ゲージの場合は、平均値を零として、零クロス法で読んだ極値のR.M.S.値および最大値をとつてゐる。奥水線から船底まで、ほぼ、直線的な分布を示しているようである。水面上にある水圧ゲージの場合は、直線(圧力ゼロ)上にときどき表われる極値の絶対値のR.M.S.および最大値をとつた。水圧ゲージまでの水面からの高さに相当する水圧を加えれば、奥水線上での値が推定できる。両図によると、変動水圧振幅のR.M.S.値は船底で0.6t/m²、奥水線上で2t/m²、最大値は船底で1.5t/m²、奥水線上で4~5t/m²程度となつてゐる。

船側ロンジの応力は、水面附近がやはり大きく、B断面においては、R.M.S.で0.7kg/mm²、最大で1.6kg/mm²程度の振幅を示している。

上甲板の波浪曲げ応力の計測例として、同じく計測M156のものをFig.2.10に示す。船体中央で応力振幅のR.M.S.は0.9kg/mm²、最大値は2.3kg/mm²、B断面でR.M.S.は0.4kg/mm²、最大値0.6kg/mm²となっている。

応答計測点中の特定点として、縦揺れ、横揺れ、船体中央上甲板の波浪曲げ応力(○DP)、C断面の変動水圧(PCP₄)の4点を選び、各計測時の変動振幅のR.M.S.値、最大値および平均周期と一緒に表示したのがTab.2.6の(1)から(4)までである。ここでは、まだ第3次計測までは集計されていない。上記の計測M156(昭和49年1月4日)の場合は、応力・水圧ではR.M.S.値で0.9kg/mm²・1.3t/m²と高い値を示しているが、横揺れなどでは1.5度と小さく、計測M210(1月25日)などが3.5度と高い値を示している。出会い角は、向い波を零度として、M156は40度、M2.10は75度であった。

このTab.2.6の結果を目視波高ベースにプロットしたものが、Fig.2.11(上甲板応力)、Fig.2.12(水圧)、Fig.2.13(縦揺れ)およびFig.2.14(横揺れ)である。横揺れは出会い角に影響されるので、特にばらつきが大きい。

短期分布の例として、上記計測M156のものをFig.2.15に示す。頻度分布図中の曲線はR.M.S.値を用いてRayleigh分布の式で計算したものである。スペクトル解析によるコレログラムおよびパワースペクトルをみると、周期7.2秒と1.4秒とにピークがある。周期7.2秒は、統計解析による5.3秒Tab.2.6(1)と大分異なつてゐるが、統計解析では早い周期のものを多く導入して平均しているためと思われる。周期1.4秒は42.5cpmの2筋振動に相当する。こ

の日の計測では、アナログ記録でも振動成分は小さかった。

3. 自動計測

3.1 計測船および計測項目

自動計測は Tab. 3.1 に示す 7 隻の船について実施した。鉱石運搬船 4 隻、ばら積船 2 隻、コンテナ船 1 隻である。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。

計測項目も同じ Tab. 3.1 に示した通り、船体中央部上甲板の波浪曲げ応力を主眼とし、そのほか、船首部の船側縦通材の応力、船首部外板の変動水圧、船体縦搖、横搖などを計測し、各船それぞれ 3 ~ 4 チャンネルの計測を行なった。計測点配置の概要を Fig. 3.1 に示す。

また、各船の計測航海の一覧を Tab. 3.2 に示した。表中の数字は、各船の竣工時から通算した航海次数である。いずれも、昭和 49 年度における入渠をもって終了した。

3.2 計測装置

(1) 水圧ゲージ

13)

詳細は前報に示したが、「笠木山丸」と「鎌倉丸」では外板に孔をあけて船内に配線する方式のもの、他の 3 隻では、外板に開孔せず外板に貼付けて船外を配線するものである。いずれも、受感部は薄いダイヤフラムが露出しているタイプのため、機械的損傷に対しては弱点の多いもので、「ぼうとらった丸」と「千鳥山丸」では途中で使用不能となってしまった。「千鳥山丸」での動搖計測は、水圧ゲージ損傷のためその代りして始めたものである。

(2) 動搖計

動搖計は神戸電波製で、振子とボテンシオメータを利用した簡単なものであるが、長期間の自動計測にきわめて安定した計測成果をあげることができた。

(3) ダイナミック自動データ集録装置

3)

詳細は前報に述べたが、4 チャンネルの磁気テープ式アナログデータレコーダーが主体となっている。計測する 4 チャンネルのうち、1 チャンネルのみは常時 15 分間の R.M.S. 値を演算し、その連続打点記録もとっている。荒天になって、この R.M.S. 値がある設定値を越えると、データレコーダーが起動して 4 チャンネルの連続記録を 15 分間とり、その後少なくとも 2 時間は休止するようになっている。

比較的応答振幅の大きい荒天時にのみ、再現できるような形で記録をとり、異常値・衝撃荷重・過度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る。レコーダ作動時の日時（現地時間）と記録番号（通し番号）も、同時に紙テープに印字記録され、気象・海象との対応がとれるようになっている。

(4) 自動 R.M.S. 計

3)

これも詳細は前報に譲るが、船体応答の変動振幅のある時間内の R.M.S. (root mean square) 値を演算し、そのときの日時（現地時間）とともに印字記録する装置である。時差修正や日付変更などにも自動的に順応するようになっている。演算時間は 15 分間で 4 チャンネル（「若鷹丸」搭載のものは 20 分間で 3 チャンネル）自動的に切換えて 1 時間で 1 巡し、航海中を通じて 1 時間ごとのデータがとれるようになっている。

表示されるのは、各変動振幅（平均値を零とした場合の各ピーク値、 X_i ）の R.M.S. 値

$$R.M.S. = \sqrt{\sum X_i^2 / N}$$

であるが、実際の演算は、平均値を零として等時間間隔にサンプリングした変動量の瞬時値 x_i の rms 値（分散の平方根） $\sqrt{N}/2$ を乗じるという方法によっている

$$R.M.S. = \sqrt{2} \cdot R = \sqrt{\frac{2 \sum x_i^2}{n}} = \sqrt{2 \int_0^T x^2 dt / T}$$

(5) 気象・海象

気象・海象・出合角度および本船状態などは、それぞれの船の当直士官に4時間ごとの記録をとって貰った。応答データとの対応は、この4時間間隔の資料から補間法によって外界条件を推定するという方法をとった。

3.3 自動R.M.S.計による計測結果

自動R.M.S.計による計測船3隻における、計測データの数およびその期間をTab.3.3に示す。「千鳥丸」においては、途中で水圧計測を動揺計測に切替えたので、データ数がやや少ないが、その他はいずれも、計器の故障などによる2～4回の欠落を除いては、長期連続のデータを蓄積することができた。

「若鶴丸」については、

上甲板応力頻度(データ数 13,891)を Tab. 3.4

に、「ジャパンオールダ」については、

上甲板応力頻度(データ数 10,517)を Tab. 3.5,

縦 摆 頻 度(" 10,080)を Tab. 3.6,

横 摆 頻 度(" 10,518)を Tab. 3.7

に、「千鳥丸」については、

上甲板応力頻度(データ数 7,352)を Tab. 3.8,

水 圧 頻 度(" 1,709)を Tab. 3.9,

縦 摆 頻 度(" 3,240)を Tab. 3.10,

横 摆 頻 度(" 3,367)を Tab. 3.11

にそれぞれ示した。

いずれも、横軸として波高をとり1mごとの区分(xメートル以上, (x+1)メートル未満という形)に対応して、縦軸に応答を10段階に分け(同じく, y以上(y+1)未満という形), 各区画に該当するデータの数を示したものである。各区画ごとに、縦に7段(波高1m以上は大体6段), 横に3列の数字群が記入してある。縦の段は、上から平水(出合角不明)・向い波・斜め前方波・横波・斜後方波、追波および合計数、横の列は、左から往航のバラスト状態・復航の満載状態および合計数を示したものである。斜方波および横波については、左玄側・右玄側の区別も可能であるが、ここには表示を割愛した。

(1) 波高分布

自動R.M.S.計による計測船3隻において、当直士官に依頼して得られた海象記録中、波高のデータからその頻度分布を示したのがTab.3.12およびFig.3.2である。3隻とも主としてオーストラリア航路に就航しているものであるが、「ジャパンオールダ」の場合、波高1m未満の頻度が低いのは、長期間の3国間航路に従事し、太平洋および大西洋を往復しているためかと思われる。

いずれの場合でも、波高3mを越える頻度は10～15%, 4mを越える場合は5%, 5mを越えるものは1%程度という点では一致している。

(2) 出合角頻度

出合角の頻度分布をTab.3.13およびFig.3.3に示す。「ジャパンオールダ」のみが他の2隻と傾向が異なるのは、上記と同じ理由によるものだと思われる。ここに示した頻度は、出合角不明の平水に近い場合も含めた総数に対するパーセントで表わしたが、これを除外したものについてみると

	若幡丸	ジャパンオールダ	千鳥山丸
向 波	1 6. 2	1 0. 0	1 1. 4 (%)
斜前波	3 2. 8	3 7. 3	3 4. 5 (%)

となっている。

(3) 風力と波高

異なる海域のデータも若干混入しているが、3隻からのデータをすべて集計して、ビューフォート風力階級と自視波高の関係を図示するとFig.3.4のようになる。平均値は、簡単のために各波高段階の中央値（波高2m以上3m未満の範囲では2.5m）をとって、それぞれ枠内のデータ数を乗じて算術平均をとったものである。波高1m未満のグループには、波高ゼロというデータも多いので、風力0、1および2の部分の実際の平均値は、もう少し低くなるものと思われる。

(4) 上甲板応力

さきに示した、Tab.3.4（「若幡丸」）Tab.3.5（「ジャパンオールダ」）およびTab.3.8（「千鳥山丸」）の船体中央上甲板の波浪曲げ応力振幅のR.M.S.の頻度表による、出合角別の比較はまだ整理が完了していない。往航時（バラスト状態）と復航時（満載状態）の荷重状態の差による比較は行なってみた。バラスト状態の方がやや高い応力値を示すが、その差はきわめてわずかであった。ここには、往航・復航を合計した全データについての集計結果を示す。

Fig.3.5に「若幡丸」、Fig.3.6に「ジャパンオールダ」、Fig.3.7に「千鳥山丸」の頻度分布、および波高をベースとしたR.M.S.値の平均値を示す。平均値の求め方は、上記のFig.3.4の場合と同じである。

波高7～8m以上の場合の平均値は、データ数もきわめて少ないので、あまり意味はないと思われる。それらの点を除いた各船ごとの平均値を連ねた曲線を重ね合わせたものがFig.3.8である。若干の差はあるが、3船ともほぼ一致した傾向が見える。データ総数3万以上の長期連続の記録によるもので、その信頼度は高いものと考えられる。さきに示した「笠木山丸」の場合のR.M.S.値の平均曲線（Fig.2.11）も、姉妹の3本と一致しているようである。

各船ごとに、R.M.S.値の頻度分布をヒストグラムで表したもののがFig.3.9である。R.M.S.値が1.8kg/mmを超えたものは（2.0kg/mm以上のものもわずか含まれている）、「若幡丸」で0.17%、「ジャパンオールダ」で0.07%、「千鳥山丸」で0.37%であった。また、大部分は0.6kg/mm未満で、「若幡丸」96.1%、「ジャパンオールダ」92.5%、「千鳥山丸」89.9%となっている。

(5) 変動水圧

変動水圧は、Tab.3.3に示すように、「千鳥山丸」において昭和48年の2月から7月まで連続計測されたのみで、データ数も1,709と非常に少ない。上甲板応力の場合と同様の整理したものを、Fig.3.10およびFig.3.11に示す。

水圧変動は船体動揺との相関が大きいと思われるが、水圧計破損後に動揺計測に切替えたので、同時計測のデータがないのは残念である。

(6) 船体動揺

「ジャパンオールダ」と「千鳥山丸」における、縦揺の計測結果をFig.3.12に、横揺の計測結果をFig.3.13に示す。いずれも、動揺角はきわめて小さく、しかも波高との相関もかなり小さいものと思われる。以下、出合角との相関整理中である。

3.4 自動ダイナミックデータ集録装置による計測結果

本方式による自動計測は4隻の船で行われたが、各船とも計器の不調が目立ち、十分な計測成績をおさめることはできなかった。計測記録装置はシーケンシャルなプログラムで動作するようになっているため、どこか1箇所でも故障すると全体に影響し、計測不能となることが多かった。故障は、配線部・増幅部・R.M.S.演算部・計測番号および時刻印字部・テープ巻取部・ヘッド等全般にわたり、特に防振対策、防湿対策などで問題が多かったようである。

防振には特に注意を払い、1・2号機は途中で陸揚げして補修したのち振動試験を行ない、3・4号機は装置全体を作動状態のまま振動台に掛けて長時間テストを行なうなどの処置をしたが、やはりトラブルは多かった。

ほとんど毎回の入港時にメーカーの技術者同伴で訪船して、そのつどなんらかの手当を講じてデータの集録に努めた。得られたデータもノイズその他でデータ構造の悪いものが多く、解析作業の前処理に時間がかかるものが多くてあまり解析作業は進展していない。また、このような事情もあって、船側に依頼した気象海象の記録データも欠落しているものが多い。

ここでは、一例としてコンテナ船「鎌倉丸」の第14次航において記録された衝撃水圧の例を、Fig. 3.14に示す。残念ながら、このときの海象の記録は欠落している。図中一番上の曲線は、昭和49年5月29日における、船首(F.P.附近)正面の水圧計(PFP)の記録で、 34 t/m^2 の衝撃値を記録している。また、下段の曲線は、7月3日の船首(PFP)と船側(PPI)の記録で、それぞれ、 37 t/m^2 、 39 t/m^2 の値を示している。PPIは水線付近のため、波形はややなだらかになり、時間も40ms程度となっている。図中の細かい振動は、ひずみ計の搬送波のノイズと思われる。

変動水圧の変化の大きかった一例として、6月30日の記録から、短期分布の統計解析とスペクトル解析の例をFig. 3.15に示す。変動水圧の振幅のR.M.S.値が最大 2.2 t/m^2 とかなり大きいが、平均周期30secからみて、横揺れによる変動が大きいものと思われる。

4. あとがき

「笠木山丸」における総合実船計測では、昨年度の3航海に引き続き、夏から秋にかけて2航海の計測を行なった。冬の荒天と夏の台風時期をねらったつもりであったが、5航海を通して特に激しい荒天には遭遇しなかった。

今回は、鉱石圧の計測は割愛して、波浪ブイによる波高計測と、船首部の水圧計測に重点をおいて計測を行なった。波浪計測では、波スペクトルが求められる形で相当数のデータは得られたが、計画したブイの箇数からみると必ずしも満足すべき結果ではなかった。また、水圧計測も、船首部では激しい衝撃水圧を記録するような機会には一度も遭遇しなかった。

自動計測では、自動ダイナミックデータ集録装置による計測では、計器の不調その他のため必ずしも十分な成績を上げることができなかつたが、自動R.M.S.計による計測はきわめて順調で、多くのデータを集積することができた。簡単な計測装置による“長期連続”的な安定した計測の有用性をあらためて確認した次第である。

いずれの計測結果も、まだ予備的な一次解析ともいいくべき段階を終ったばかりで、ここには、ただデータを整理して提示したというに留まつた。「構造計算法」に役立て、構造設計に対するためには、さらにあらゆる角度からの二次的・三次的解析が必要なことはいうまでもない。近くまとめる計画の、5箇年を通じての総合報告書には、それらも繰り入れるべく作業中である。

終りに、長期間にわたる実船計測に多大の御協力をいただいた日本船主協会、「笠木山丸」・「ぼうとらった丸」・「千秋丸」・「鎌倉丸」・「若幡丸」・「ジャパンオールダ」および「千鳥山丸」の関係者各位、ならびに計測および解析担当者およびそれぞれの所属機関の関係者各位に対して深く謝意を表する次第である。また、総合実船試験は、第132研究部会の緊密な協力を得てはじめて実施できたもので、備準段階から終始一体となって作業を行なってきた。長期間の協力に深く感謝する次第である。

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, 46.3.
2) SR-124 :	同	上	同	上	No. 156, 47.3.
3) SR-124 :	同	上	同	上	No. 170, 48.3.
4) SR-124 :	同	上	同	上	No. 187, 49.3.
5) SR-132 :	“実船塔載用波浪計に関する研究”		同	上	No. 164, 47.3.
6) SR-132 :	同	上	同	上	No. 177, 48.3.
7) SR-132 :	同	上	同	上	No. 193, 49.3.
8) SR-132 :	同	上	同	上	No. 214, 50.3.

附 図 お よ び 附 表 目 次

(2 総合実船計測)

Tab. 2. 1	総合実船計測日程および計測員	17
Tab. 2. 2	計測項目および計測点	18
Fig. 2. 1	計測点配置	19
Fig. 2. 2	水圧ゲージおよびひずみゲージ配置	20
Fig. 2. 3	計測および記録システムのダイヤグラム	21
Tab. 2. 3	外界条件一覧表	22
Fig. 2. 4	波浪計測海面	35
Tab. 2. 4	波浪計データ解析方法	36
Tab. 2. 5	波浪ブイによる波浪計測結果	37
Fig. 2. 5	計測波高と目視観測波高の関係	40
Fig. 2. 6	波浪スペクトル	41
Fig. 2. 7	レーダー PPI 写真例	42
Fig. 2. 8	B断面における水圧および応力分布	43
Fig. 2. 9	C断面における水圧および応力分布	44
Fig. 2. 10	上甲板の波浪曲げ応力分布	45
Tab. 2. 6	船体応答振幅のR・M・S. および最大値	46
Fig. 2. 11	上甲板応力と波高	50
Fig. 2. 12	変動水圧と波高	51
Fig. 2. 13	縦揺れと波高	52
Fig. 2. 14	横揺れと波高	53
Fig. 2. 15	短期分布およびスペクトル解析例	54

(3 自動計測)

Tab. 3. 1	自動計測船一覧	55
Fig. 3. 1	自動計測船における計測点配置	56
Tab. 3. 2	自動計測日程表	57
Tab. 3. 3	自動R・M・S. 計による計測データ一覧	58
Tab. 3. 4	上甲板応力頻度(「若鶴丸」)	59
Tab. 3. 5	上甲板応力頻度(「ジャパンオールダ」)	60
Tab. 3. 6	縦揺角頻度(「」)	61
Tab. 3. 7	横揺角頻度(「」)	62
Tab. 3. 8	上甲板応力頻度(「千鳥丸」)	63
Tab. 3. 9	変動水圧頻度(「」)	64
Tab. 3. 10	縦揺角頻度(「」)	65
Tab. 3. 11	横揺角頻度(「」)	66
Tab. 3. 12	目視波高頻度	67
Fig. 3. 2	目視波高頻度分布	68

Tab. 3.13	出合角頻度	69
Fig. 3. 3	出合角頻度分布	70
Fig. 3. 4	風力と目視波高の関係	71
Fig. 3. 5	上甲板応力と波高(「若鶴丸」)	72
Fig. 3. 6	上甲板応力と波高(「ジャパンオールダ」)	73
Fig. 3. 7	上甲板応力と波高(「千鳥山丸」)	74
Fig. 3. 8	上甲板応力と波高(3隻)	75
Fig. 3. 9	上甲板応力頻度分布	76
Fig. 3. 10	変動水圧と波高	77
Fig. 3. 11	変動水圧頻度分布	77
Fig. 3. 12	縦搖角と波高	78
Fig. 3. 13	横搖角と波高	79
Fig. 3. 14	水圧記録例	80
Fig. 3. 15	水圧短期分布およびスペクトル解析例	81

List of Figures and Tables

(2. Incorporated Measurement)

Tab.2.1	Schedule of Measurements on "Kasagisan Maru"	17
Tab.2.2	Measuring Points on "Kasagisan Maru"	18
Fig.2.1	Arrangement of Measuring Points	19
Fig.2.2	Arrangements of Pressure and Strain Gauges	20
Fig.2.3	Diagram of Measuring and Recording System	21
Tab.2.3	Environmental Conditions	22
Fig.2.4	Position of Wave Measurements by Wave Buoys	35
Tab.2.4	Method of Analysis of Wave Data	36
Tab.2.5	Result of Wave Measurement by Wave Buoys	37
Fig.2.5	Comparison of Measured and Visually Observed Wave Height	40
Fig.2.6	Normalized Wave Spectra	41
Fig.2.7	Samples of Rader PPI Photographs	42
Fig.2.8	Distribution of Wave Pressure and Stress of Side Longitudinals at Section B	43
Fig.2.9	Distribution of Wave Pressure and Stress of Side Longitudinals at Section C	44
Fig.2.10	Distribution of Wave Bending Stress on Upper Deck	45
Tab.2.6	R.M.S. and Max. Values of Amplitude of Ship's Response	46
Fig.2.11	Deck Stress vs. Wave Height	50
Fig.2.12	Pressure Variation vs. Wave Height	51
Fig.2.13	Pitching Angle vs. Wave Height	52
Fig.2.14	Rolling Angle vs. Wave Height	53
Fig.2.15	Sample of Short-Term Distribution and Spectral Analysis ("Kasagisan Maru", Deck Stress)	54

(3. Automatic Measurements)

Tab.3.1	Ships for Automatic Measurements	55
Fig.3.1	Measuring Points of Automatic Measurements	56
Tab.3.2	Voyages for Automatic Measurements	57
Tab.3.3	Voyages Measured by Automatic R.M.S. Meters	58
Tab.3.4	Frequency Distribution of R.M.S. Values	59
	("Wakahata Maru", Deck Stress)	
Tab.3.5	" ("Japan Alder", Deck Stress)	60
Tab.3.6	" (" " , Pitching Angle)	61
Tab.3.7	" (" " , Rolling Angle)	62
Tab.3.8	" ("Chidorisan Maru", Deck Stress)	63
Tab.3.9	" (" " , Wave Pressure)	64

Tab.3.10	Frequency Distribution of R.M.S. Values	65
	("Chidorisan Maru", Pitching Angle)	
Tab.3.11	" (" " , Rolling Angle)	66
Tab.3.12	Frequency Distribution of Encountered Wave Heights	67
Fig.3. 2	Frequency Distribution of Visual Wave Heights	68
Tab.3.13	Frequency Distribution of Encounter Angle	69
Fig.3. 3	Frequency Distribution of Wave Encounter Angle	70
Fig.3. 4	Visual Wave Height vs. Beaufort Wind Scale	71
Fig.3. 5	R.M.S. of Deck Stress vs Wave Height ("Wakahata Maru")	72
Fig.3. 6	" (" Japan Alder ")	73
Fig.3. 7	" (" Chidorisan Maru")	74
Fig.3. 8	" (3 ships)	75
Fig.3. 9	Frequency Distribution of Wave Bending Stress	76
Fig.3.10	R.M.S. of Wave Pressure Amplitude vs. Wave Height	77
Fig.3.11	Frequency Distribution of Wave Pressure	77
Fig.3.12	R.M.S. of Pitching Amplitude vs. Wave Height	78
Fig.3.13	R.M.S. of Rolling Amplitude vs. Wave Height	79
Fig.3.14	Example of Oscillogram of Impact Wave Pressure	80
Fig.3.15	Sample of Short-Term Distribution and Spectral Analysis	81
	("Kamakura Maru". Wave Pressure)	

Tab. 2.1 Schedule of Measurements on "Kasagisan Maru"

Number of Voyage	Schedule		Naming of the Number of Measurements		Measuring Staff
	Japan	Australia	Regular Measure.	Extra Measure.	
1 st (33 rd)	Dec. 15, 1973 → Dec. 24, 1973 Jan. 9, 1974 ← Dec. 28, "		No.101 ~ No.151 ~	No.001 ~ No.051 ~	Yoshiaki NOSE (University of Tokyo) Ryuuke HOSODA (Osaka Prefect. Univ.)
2 nd (34 th)	Jan. 15, 1974 → Jan. 25, 1974 Feb. 26, " ← Feb. 15, "		No.201 ~ No.251 ~	No.601 ~ No.651 ~	Shinji KUBODERA (Kyowa Electronic Instruments Co.) Tokujiro INOUE (Kobe Univ. of Mercantile Marine)
3 rd (35 th)	March 1, 1974 → March 10, 1974 March 31, " ← March 21, "		No.301 ~ No.351 ~	No.701 ~ No.751 ~	Mikio HANAMOTO (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.) Tetsuro IKEBUCHI (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.)
4 th (40 th)	Aug. 25, 1974 → Sept. 4, 1974 Sept. 25, " ← Sept. 14 "		No.401 ~ No.451 ~	No.801 ~ No.851 ~	Tetsuo YUHARA (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.) Takashi TOYAMA (Osaka Prefect. Univ.)
5 th (41 st)	Sept. 30, 1974 → Oct. 10, 1974 Oct. 23, " ← Oct. 12, "		No.501 ~ No.551 ~	No.901 ~ No.951 ~	Kazuhiko OBATA (University of Tokyo) Kazuhiko ANDO (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.)

Tab. 2.2 Measuring Points on "Kasagisan Maru"

Item	Position (Measure- ment Room)	Aft.	Midship	B-Sec.	C-Sec.	Fore Peak	Total
		Fr. 64	Fr. 84	Fr. 88	Fr. 88		
① Stress	Upper Deck		2	1			
②	Side Logl. Frame						3
③	Wave Pressure		2	6	9	1	10
④	Pitch. Roll. etc.	8					8
⑤	Ship Motion		3			1	4
⑥	Acceleration						
⑦	Wave	1					1
⑧	Wave Buoys						
	Rader (Direction)	1					1
	Automatic Measurement		Stress of Upp. Dk. Amidship	1			1
					10	15	2
							46

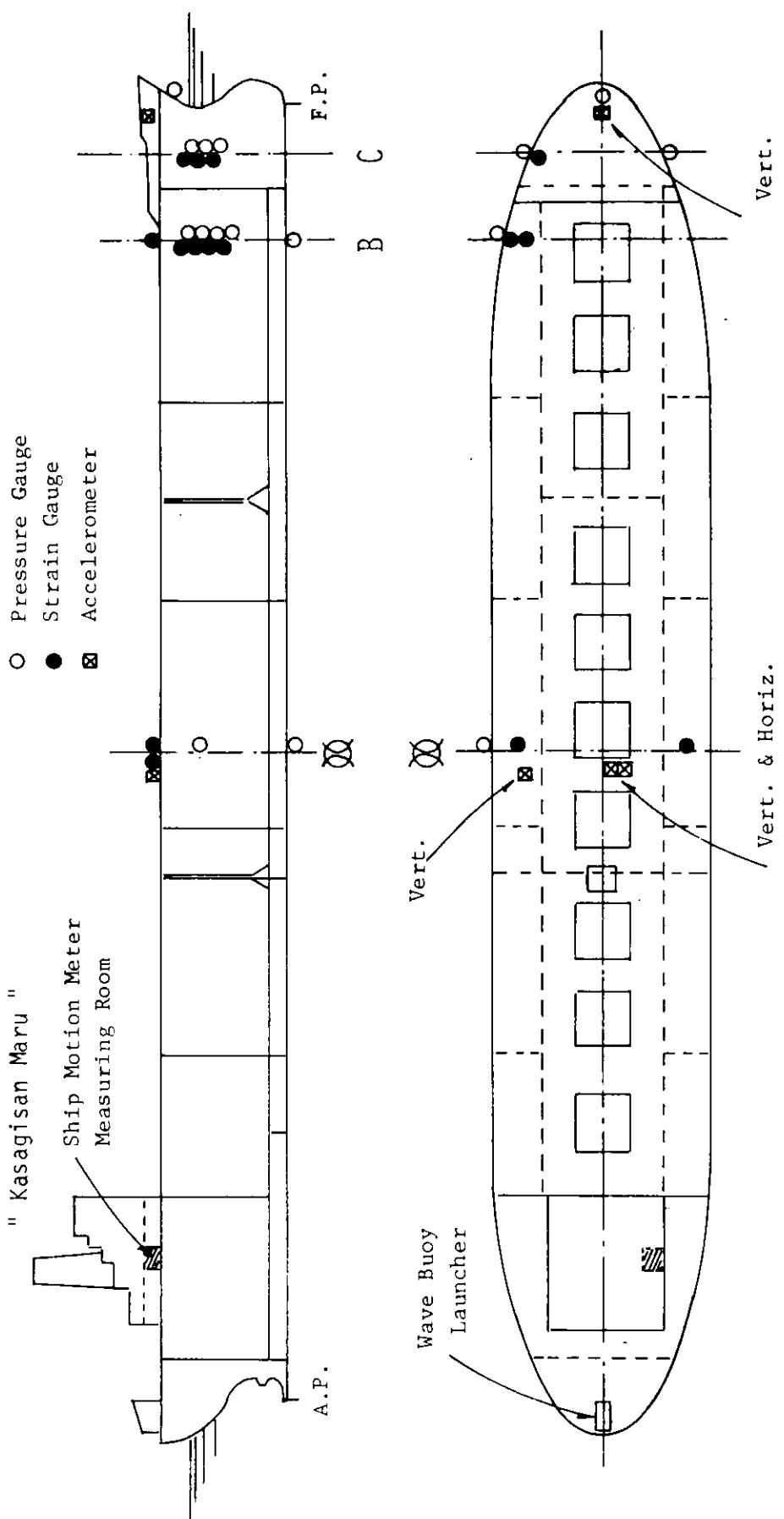


Fig. 2.1 Arrangement of Measuring Points ("Kasagisan Maru")

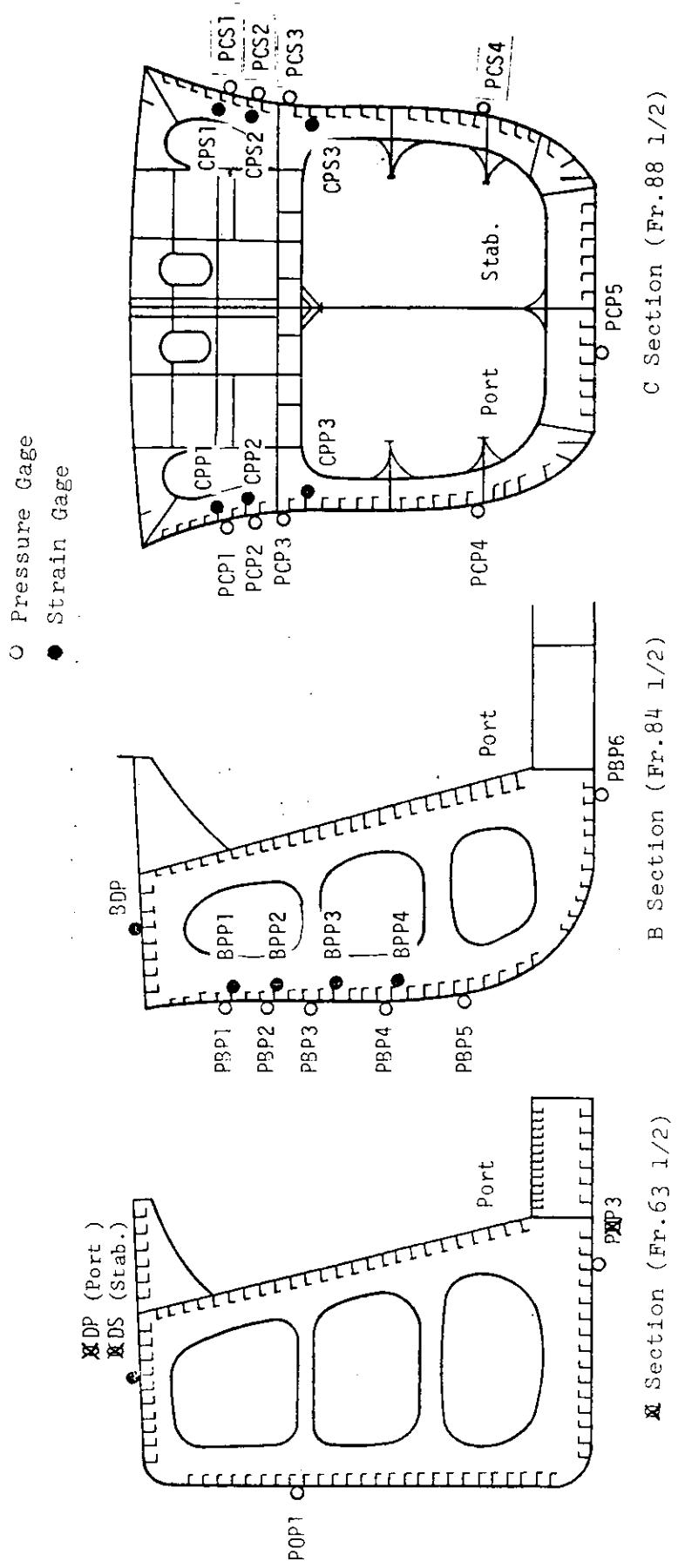


Fig. 2.2 Arrangements of Pressure and Strain Gauges

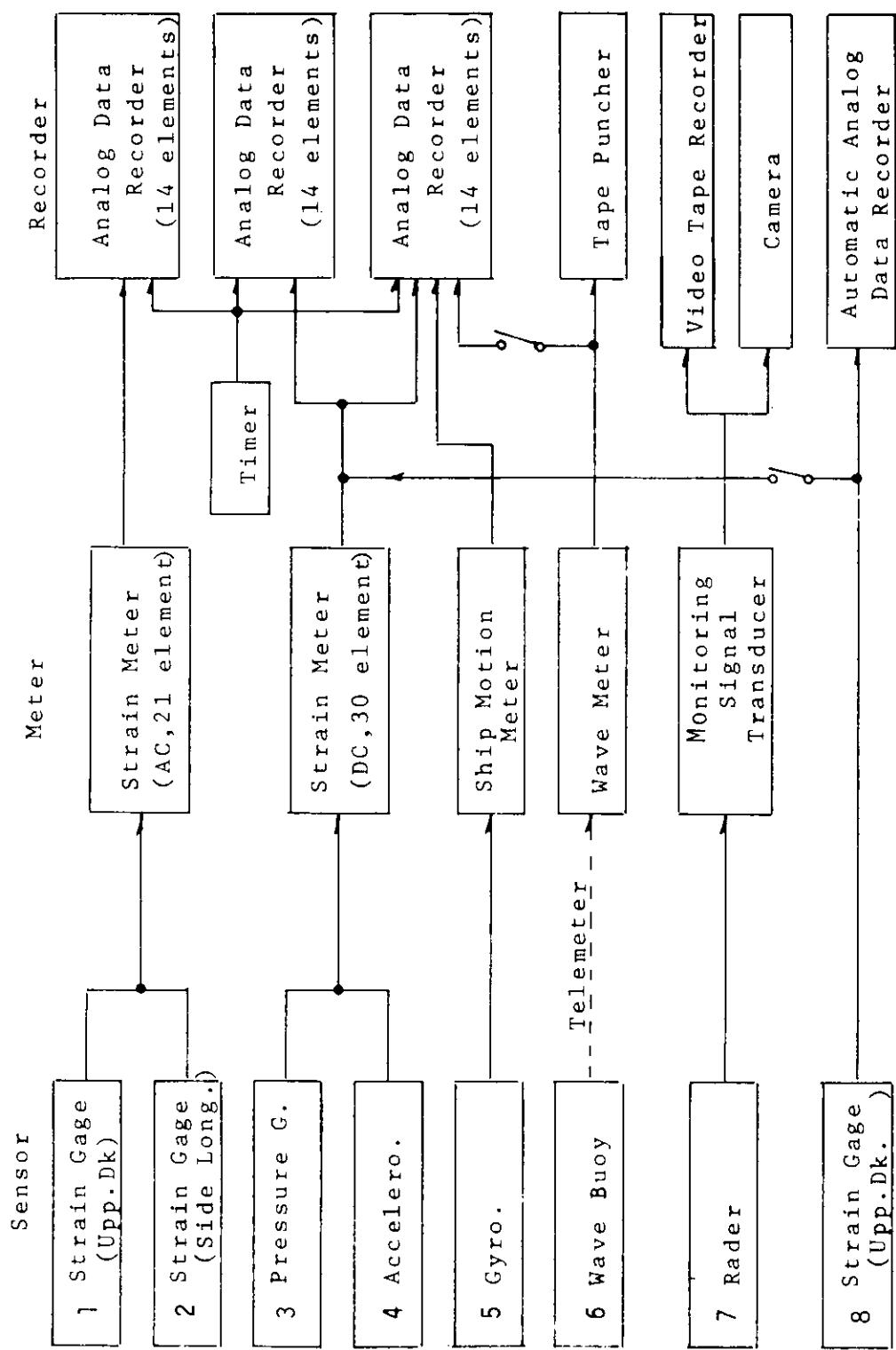


Fig. 2.3 Diagram of Measuring and Recording System

Tab. 2.3 (1) Environmental Conditions

No. of Measure.	001	101. 002	102	103	104	106	107	108	
Date	Dec. 16 '73	16	17	18	19	21	22	23	24 Dec. 29 '73
Time	8: 50	15: 30	15: 00	15: 30	15: 05	14: 00	14: 00	15: 00	13: 00 7: 45
Position	Lat.	29° 50' N	28° 35' N	23° 00' N	18° 00' N	12° 00' N	01° 30' N	04° 00' S	09° 11' S 14° 00' S 16° 43' S
	Long.	134° 15' E	133° 40' E	133° 00' E	131° 00' E	130° 00' E	127° 20' E	125° 30' E	123° 17' E 120° 30' E 119° 08' E
Ship Speed (kt)	13.5	13.5	13.5	13.0	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5 12.0
Course	192	192	192	195	192	195	202	212	208 30
R.P.M.	100	100	100	100	100	100	100	100	100 100
Load Condition	Ballast								91%
Climate	C	C	C	C	C	C	C	C	P C
Air Temp. (°C)	15.0	15.5	23.5	27.5	30.0	32.5	28.5	34.0	33.0 28.5
Water Temp. (°C)	20.0	20.0	23.0	27.0	28.0	29.0	29.0	30.0	30.0 29.0
Atm. Press. (m.b.)	1011.0	1013.5	1018.0	1013.5	1009.5	1009.0	1008.0	1007.0	1001.0
Direct. (rel.) *	100	105	110	250	27.5	25	20	5	30 3/5
Direct. (abs.)	31.5	32.5	35.5	50	50	25.5	25.5	28.0	29.0 32.0
Sneed (rel.) (m/s)	15.5	9.5	2.6	8.5	5.0	10.0	10	7.4	9.0 15.5
Sneed (abs.) (m/s)	18.0	13.0	8.5	9.0	8.5	5.0	4.5	6.6	4.4 11.8
Baumfort S.	7	6	6	6	6	6	6	6	3
Direct. (rel.) *	100	120	165	235	170	290	165	20	40 290
Height (m)	4	3.5	2	3.5	1.5	2.0	1	1	1 4
Length (m)	100	80	80	150	10	8	7.5	30	40 100
Period (sec)	8	8	12	10	8	7.5		4	4 8
Grade	4	4	5	6	5	6	5	5	1
Direct. (rel.) *	120	170	215	220	85	90	70	70	290
Height (m)	1.0	1.0	0.5	2.0	1.0	0.5	0.2	0.3	3
Length (m)	10	15	20	10	10	10	10	1	40
Period (sec)	2	3	4	3	3	3	3	1	4
Grade	5	5	5	5	5	5	5	2	
Memo.	* 0 270 90 F = 6.8 m A = 6.85 m 0 - 120 180	船出航 40年12月15日 水深 33.5m							水深 17.45 28.8 12.00 F = 14.82 A = 14.885 A = 14.82

Tab. 2, 3 (2) Environmental Conditions



Tab. 2.3 (3) Environmental Conditions

No. of Measure.	158	053	054	201	601	202	203	204
Date	Jan. 6 '74	7	8	Jan. 16	14	17	18	19
Time	13:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	15:00
Position	Lat.	23-20 N	32-22 N	31-17 N	30-45 N	25-37 N	19-46 N	12-08 N
Long.	131-30 E	132-43 E	134-06 E	134-17 E	134-10 E	132-54 E	131-41 E	130-00 E
Ship Speed (kt)	12	12.5	13	14	9	13.5	13.6	14.5
Course	13	13	20	192	192	192	192	14.5
R.P.M.	100	100	100	100	100	100	100	100
Load Condition	91%			Ballast				
Climate	b.C	b.C	b.C	C	b.C	b	c	c
Air Temp. (°C)	22.0	17.0		12.0	13.0	18.5	24.5	28.5
Water Temp. (°C)	23.0	21.0	19.0	18.0	18.0	20.0	24.0	27.0
Atm. Press. (m.b.)	1019.0	1022.5	1025.0	1018.5	1018.0	1022.5	1019.0	1013.5
Direct. (rel.) *	0	0	30.5	100	100	60	32.5	26.0
Direct. (abs.)	10	15	26.0	34.0	31.3	29.0	12.5	5.5
Wind Speed (rel.) (m/s)	10.5	12.4	9.3	7.2	11.3	10.3	12.3	8.3
Wind Speed (abs.) (m/s)	12.3	6.0	7.7	10.3	12.3	9.3	8	8.2
Beaufort S.	6	4	4	5	6	4	3	12.0
Direct.(rel.) *	5	40	50	150		125	280	250
Height (m)	2.5	2.5	2.5	2.5		1.5	2.5	2.5
Length (m)	80	80	120		200	80	80	
Period (sec)	7	7	8		10	8	8	
Grade	3	2	2			3	4	
Direct. (rel.) *	5	0	270	150	100	100	290	190
Height (m)	1.5	1.5		3	4	0.5	/	2.5
Length (m)	50	30	30	40	50	30	2.5	30
Wave Period (sec)	4	3	3	8	8	6	3	3
Grade	4	3	3	5	6	4	2	3
Memo.	* 0 20 → 90 ← 180 ↓	福山 9 日 入港 福山 15 日 出航 海水 減速 $F = 7.14$ $A = 8.26$						

Tab. 2.3 (4) Environmental Conditions

No. of Measure.	205		206	207	208		209	210	251	252
Date	Jan. 20	'74	20	21	22	23	24	25	Feb. 16	'74
Time	10:00	16:00	10:00	10:00	10:00	15:00	10:00	10:00	10:00	10:00
Position	Lat.	08-35 N	06-55 N	02-37 N	02-51 S	08-11 S	09-05 S	12-52 S	17-45 S	16-25 S
	Long.	128-50 E	128-26 E	127-35 E	126-02 E	123-58 E	123-22 E	121-15 E	118-45 E	119-20 E
Ship Speed (kt)	14.9	14.6	14.5	14.5	14.5	14.0	13.5	14.5	13.5	15
Course	192	192	205	210	185	213	208	187	28	28
R.P.M.	100	100	100	100	98	100	100	100	100	110
Load Condition	Ballast									
Climate	0	6C	6C	8	6C	6C	0	0	6C	6C
Air Temp. (°C)	28.0	28.5	29.5	28.0	28.5	29.0	30.0	27.0	29.5	30.0
Water Temp. (°C)	27.0	27.0	27.0	28.0	27.0	27.0	27.0	27.0	28.0	28.0
Atm. Press. (m.b.)	1013.0	1010.5	1012.0	1011.0	1010.0	1009.0	1008.0	1006.5	1008.0	1009.0
Direct.(rel.) *	250	315	335	15	75	90	60	35	50	310
Direct.(abs.)	50	120	100	330	305	350	300	245	200	280
Speed (rel.)(m/s)	8.2	15.4	7.2	6.7	9.3	6.7	12.9	15.4	13	8.8
Speed (abs.)(m/s)	12.0	11.4	3.3	2.1	10.3	9.8	11.3	10.0	6.4	6.8
Beaufort S.	5	5	2	1	4	4	5	5	3	4
Direct.(rel.) *	230		135				40	90	75	250
Height (m)	3		0.8				0.8	2.5	3	2.5
Length (m)	100		100				80	30	100	90
Period (sec)	7		7				7	3	9	8
Grade	4		2				2	4	4	3
Direct.(rel.) *	230	270	215				130	125	80	250
Height (m)	1.5	1	0.3				0.8	4.5	2	1
Length (m)	2.5	1.0	1.0				1.5	3.0	80	30
Period (sec)	3	2	3				4	5	9	3
Grade	3	3	2				4	4	4	3
Memo.	*	0					0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
							21:28	20:30	Feb. 15 13:45 大潮	
									F = 15.06 m R = 15.265 A = 15.27	

Tab. 2.3 (5) Environmental Conditions

Tab. 2.3 (6) Environmental Conditions

Tab. 2.3 (7) Environmental Conditions

No. of Measure.	310	351	352	353	354	355	751	356	752	357
Date	Mar 10 '74	21	22	23	24	25	25	26	26	27
Time	10:30	10:30	10:30	10:30	10:45	10:45	10:45	10:30	10:30	10:30
Position	Lat. Long.	18°56' S 118°34' E	17°20' S 118°45' E	11°51' S 121°49' E	06°31' S 124°37' E	01°13' S 126°43' E	04°30' N 127°45' E	05°23' N 128°07' E	10°22' N 129°08' E	11°10' N 129°18' E
Ship Speed Course	(kt)	16	15	15.2	13.5	15	14.6	14.6	15.2	15
R.P.M.		28	28	22	0	14	13	13	13	13
Load Condition		110	109	101	110	110	110	110	110	110
Climate	b.C	C	0	C	b.C	b.C	b.C	b.C	b.C	b.C
Air Temp.	(°C)	30.0	29.0	29.0	27.0	29.0	29.0	35.0	30.0	29.6
Water Temp.	(°C)	28.0	28.0	26.0	26.0	27.0	27.0	27.0	27.0	28.0
Atm. Press. (m.b.)		1016.0	1009.0	1010.0	1011.0	1010.0	1010.0	1011.0	1011.0	1014.0
Direct. (rel.) *		25	70	290	350	30	15	20	30	30
Direct. (abs.)		305	165	255	350	55	45	50	80	55
Sneed (rel.)	m/s	7.2	6.3	6.4	10.3	15.4	15.4	15.4	10.3	10.3
Sneed (abs.)	m/s	3.5	8.6	7.9	3.7	9.7	8.4	8.5	5.7	5.3
Beaufort S.		2	4	4	2	4	4	5	3	3
Direct. (rel.) *		310	310	260	30	15	35	45	45	75
Height	m	/	/	/	4.5	2	2	2	2	2
Length	m	80	80	80	130	100	70	90	50	90
Period	sec	8	8	7	15	7	5	10	4	9
Grade		2	2	1	4	2	4	2	4	5
Direct. (rel.) *		65	130	220	320	30	45	35	75	60
Height	m	/	0.5	0.5	2	1	0.5	/	0.5	/
Length	m	30	2.5	2.5	100	30	5	30	5	40
Period	sec	3	3	3	7	4	2	3	2	4
Grade		1	2	2	2	3	3	2	3	3
Memo.		304-193-144								

Tab. 2.3 (8) Environmental Conditions

No. of Measure.	358	753	359	360		401	402	403	404	405
Date	Mar. 28 '74	28	29	30		Aug. 25 '74	26	26	27	27
Time	11:00	13:30	10:45	10:30		23:00	07:00	13:00	11:00	16:00
Position	Lat.	21-27 N	22-32 N	27-30 N	32-58 N		32-04 N	30-59 N	25-18 N	
Long.	131-37 E	131-49 E	133-10 E	134-36 E		132-30 E	131-53 E	130-55 E		
Ship Speed	(kt)	14.4	14.4	14.4	15		13.5	13.8	14.2	
Course		14	14	15	15		22.0	18.9	18.9	
R.P.M.		110	110	110	110		10.9	10.9	10.9	
Load Condition	102500t					Ballast				
Climate	0	0	6C	0			C	0		
Air Temp.	(°C)	23.0	22.5	19.0	17.5		31.5	28.5		
Water Temp.	(°C)	24.0	23.0	19.0	19.0		28.0	26.0		
Atm. Press. (m.b.)		1016.0	1018.2	1021.0	1021.0		1007.5	1000.0		
Direct. (rel.) *	10	10	20	190						
Direct. (abs.)	30	40	60	195		70	0	45	270	250
Speed (rel.) (m/s)	18	12.8	12.3	1.3						
Speed (abs.) (m/s)	10.8	6	6.2	8.7		10	7.0	9.0	15.0	
Beaufort S.	5	4	3	4		6	5	4	5	7
Direct. (rel.) *	355	345	45	45		320	320	305	350	80
Height (m)	3	3.5	1.5	2			1.5	1.2	1.5	1.8
Length (m)	80	130	90	120			75	70	80	75
Period (sec)	7	7	7	9		6	6	7	6	6
Grade	3	5	3	3		4	3	2	3	4
Direct. (rel.) *	10	30	75	160		210	140	215	125	60
Height (m)	1.5	0.8	0.8	1			0.5	0.4	0.3	1.2
Length (m)	20	10	1.5	10						
Period (sec)	3	3	3	3		2	2	2	3	3
Grade	4	3	3	3		5	4	3	3	6
Memo.	*	0				福山31日入港	往航40次航 出港時吃水 $F = 1.255$ $\alpha = 7.81$ $A = 8.53$			低氣壓1接連

Tab. 2.3 (9) Environmental Conditions

No. of Measure.	406	407	409	410	411	412	413	414	415	451
Date	Aug. 27 '74	28	29	30	31	Sept. 1 '74	2	3	4	4
Time	18:00	12:00	13:00	13:00	13:00					14
Position	Lat.	19-17'N	13-29'N	07-36'N	01-37'N	04-08'S	10-00'S	13-00'S	9:00	13:00
Long.		129-56'E	129-00'E	128-08'E	127-19'E	125-27'E	122-50'E	119-56'S	119-22'S	
Ship Speed (kt)		15	14.5	14.7	15.1	15.2	16.2	15.5	14.5	10.6
Course		189	189	189	192	200	210	208	212	33
R.P.M.										
Load Condition	Ballast									
Climate		0	2C	2C	2C	6C	6C	6C	6C	90.6%
Air Temp.	(°C)	30.0	30.5	30.5	30.5	28.5	30.0	31.5	23.0	26.5
Water Temn.	(°C)	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	25.0	26.0	23.0	24.0
Atm. Press. (m.b.)		1006.5	1010.0	1012.0	1013.0	1013.5	1014.5	1016.0	1014.0	
Direct.(rel.) *										
Direct.(abs.)		270	200	225	200	315	110	135	200	160
Sneed (rel.)	(m/s)									70
Sneed (abs.)	(m/s)	10.0	13.0	11.0	8.0	1.0	4.0	1.0	3.0	5.0
Beaufort S.		5	6	6	4	2	3	2	2	3
Direct.(rel.) *		25	80	80	10					
Height	(m)	1.8	1.0	2.0	1.5					
Length	(m)	75	60	70	60					
Period	(sec)	6	5	5	5					
Grade		1	2	2	1					
Direct.(rel.) *		80	25	35	10	125	270	285	355	35
Height	(m)	1.2	0.8	1.2	1	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4
Length	(m)									
Period	(sec)	3	3	3	3	1	2	1	1	1
Grade		4	4	3	1	2	1	1	5	2
Memo.	* 0 Springing No. 408 #2 270 → 30 ← 160 ↓	Springing 7月10日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	ハルマヘラ諸島 Springing 7月11日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	ハルマヘラ諸島 Springing 7月11日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	Springing 7月11日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	Springing 7月11日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	Springing 7月11日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	Springing 7月11日 No. 408 #2 18:24 赤道通過	04:25 7月12日 DJK F = 15.48 m R = 15.65 m A = 15.58 m	

Tab. 2.3 (10) Environmental Conditions

No. of Measure.	452	453	454	455	456	457	458	459	460
Date	Sept. 15 '74	16	17	18	19	20	21	22	23
Time	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	14:00	13:00
Position	Lat.	44-36' S	09-48' S	05-09' S	0-07' N	05-34' N	10-55' N	16-02' N	21-08' N
Long.	120-15' E	122-51' E	125-08' E	127-00' E	128-05' E	129-23' E	130-31' E	131-42' E	133-04' E
Ship Speed (kt)	13.8	13.6	13.1	14.1	14.1	13.9	13.2	13.2	13.0
Course	28	33	20	12	12	14	14	14	16
R.P.M.									106
Load Condition	90.6%								
Climate	&	&	&C	&C	&C	C	C	C	C
Air Temp. (°C)	28.0	29.5	29.6	31.0	31.5	30.5	30.0	30.5	30.5
Water Temp. (°C)	26.0	27.0	26.0	27.0	28.0	29.0	29.0	28.0	27.0
Atm. Press. (m.b.)	1014.0	1013.0	1014.0	1012.0	1011.0	1011.0	1011.5	1014.5	1014.5
Wind									
Beaufort S.	1	2	4	2	1	1	4	5	5
Direct.(rel.) *	135	75	135	135	45	11.5	45	75	45
Direct.(abs.)									
Speed (rel.) (m/s)	2.0	2.0	2.0	2.5	1.5	1.5	5.0	9.0	10.0
Speed (abs.) (m/s)									5.0
Height	(m)	2							2
Length	(m)	120							
Period	(sec)	9							
Grade	/				2	1	1	3	3
Wind									
Height	(m)	0.2	0.2	0.9	0.2	0.1	0.3	0.5	1.0
Length	(m)								
Period	(sec)	1	1	3	1	1	1	2	3
Grade	/			2	1	1	0	2	4
Wave									
Height	(m)								
Length	(m)								
Period	(sec)								
Grade									
Memo.	* 0 20 → 90 ← 160 ↓								
	ハルマラスガ 11:28 赤道通								

Tab. 2.3 (11) Environmental Conditions

No. of Measure.	261	852	501	502	503	902	504	505	903
Date	Sept. 24 '74	24	Oct. 1 '74	2	3	3	4	5	6
Time	13:00	15:00	10:30	10:30	10:30	10:00	10:30	10:30	10:30
Position	Lat. Long.	31°53' N 134°20' E	30°30' N 134°10' E	24°39' N 132°43' E	18°56' N 131°25' E	13°05' N 129°52' E	07°25' N 128°29' E	02°10' N 127°24' E	
Ship Speed (kt)	13.5	13.5	14.5	15	15	15	14.5	14.5	14
Course	16		192	192	192	194	193	193	
R.P.M.	106		105	110	107	107	107	107	
Load Condition	90.6%		All ast						
Climate	tc		b	b	b	b	b	b	bc
Air Temp. (°C)	26.0		26.0	27.5	31.0	29.5	31.0	31.5	31.5
Water Temp. (°C)	23.0		26.0	28.0	29.0	28.0	29.0	29.0	29.0
Atm. Press. (m.b.)	1015.5	1016.0	1014.5	1013.5	1011.5	1012.0	1011.0	1010.9	
Direct. (rel.) *									
Direct. (abs.)	270	45		25	90	90	135	90	225
Wind Speed (rel.) (m/s)									
Wind Speed (abs.) (m/s)	7.0	6.5		1.5	1.0	6.0	7.0	6.0	3.0
Beaufort S.	4	4		1	1	4	4	1	2
Direct. (rel.) *	50	50		260	260	255	235	165	195
Height (m)	2.5	2.3		2	1.5	1.0	1.0	0.8	0.7
Length (m)	100	90		100	80	80	80	80	80
Period (sec)	9	7		9	7	7	7	6	7
Grade	4	3		2	2	2	2	1	1
Direct. (rel.) *	255	30		190	260	260	300	300	255
Height (m)	1.0	0.7		0.1	0.3	0.4	0.3	0.1	0.1
Length (m)									
Period (sec)	3	2		1	1	2	2	1	1
Grade	3	4		1	1	3	2	1	1
Memo.	* 0 270 → 30 ← 160 ↓	長時間記錄 累積±±±±±	波高計 10:20~10:24 波高計 22:30~23:05 41:29分 9月30日福山 F=7.29 m A=7.77 m A=8.45 m	10:30~11:05					

Tab. 2, 3 (12) Environmental Conditions

Tab. 2.3 (13) Environmental Conditions

No. of Measure.	556	557	558	559	560	561
Date	Oct. 17 '74	18	19	20	21	22
Time	10:30	10:35	11:00	10:30	10:45	10:30
Position	Lat. Long.	05°42'N 128°03'E	11°07'N 129°10'E	16°17'N 130°16'E	21°34'N 131°21'E	26°03'N 132°20'E
Ship Speed (kt)	13.5	13	13.5	13.0	12.5	13.5
Course	12	12	13	13	14	15
R.P.M.	107	106	106	106	105.5	106
Load Condition						
Climate	bC	bC	bC	bC	C	C
Air Temp. (°C)	31.0	30.5	31.0	30.0	30.5	27.0
Water Temp. (°C)	29.0	28.0	28.0	28.0	27.0	25.0
Atm. Press. (m.b.)	1011.0	1011.0	1012.0	1015.5	1017.5	1013.0
Direct. (rel.) *						
Direct. (abs.)	70	45	70	135	160	205
Wind Speed (rel.) (m/s)						
Wind Speed (abs.) (m/s)	5.0	7.0	4.0	6.0	9.0	11.0
Beaufort S.	3	4	3	4	5	6
Direct. (rel.) *						
Height (m)	35	55	30	75	55	75
Length (m)	1.0	1.3	1.5	2.0	1.5	2.5
Period (sec)	70	80	90	100	70	110
Grade	6	7	7	7	6	9
Direct. (rel.) *						
Height (m)	0.3	0.7	0.8	2	2	3
Length (m)	1	1	2	2	2	3
Period (sec)	35	55	55	120	55	190
Grade	0.7	0.8	0.8	0.5	0.7	1.5
Direct. (rel.) *						
Height (m)	0.3	0.7	0.8	2	2	3
Length (m)	1	1	3	2	2	3
Period (sec)	3	3	2	3	4	5
Grade	0	0	2	3	4	5
Memo.	* → 20 → 30 → 150	10:56~11:37 10:55~11:03 17:40~19:50	波高計 10:57~11:08 波高計 11:57~12:30	波高計 11:05~12:30	波高計(測量式) 11:57~12:30	

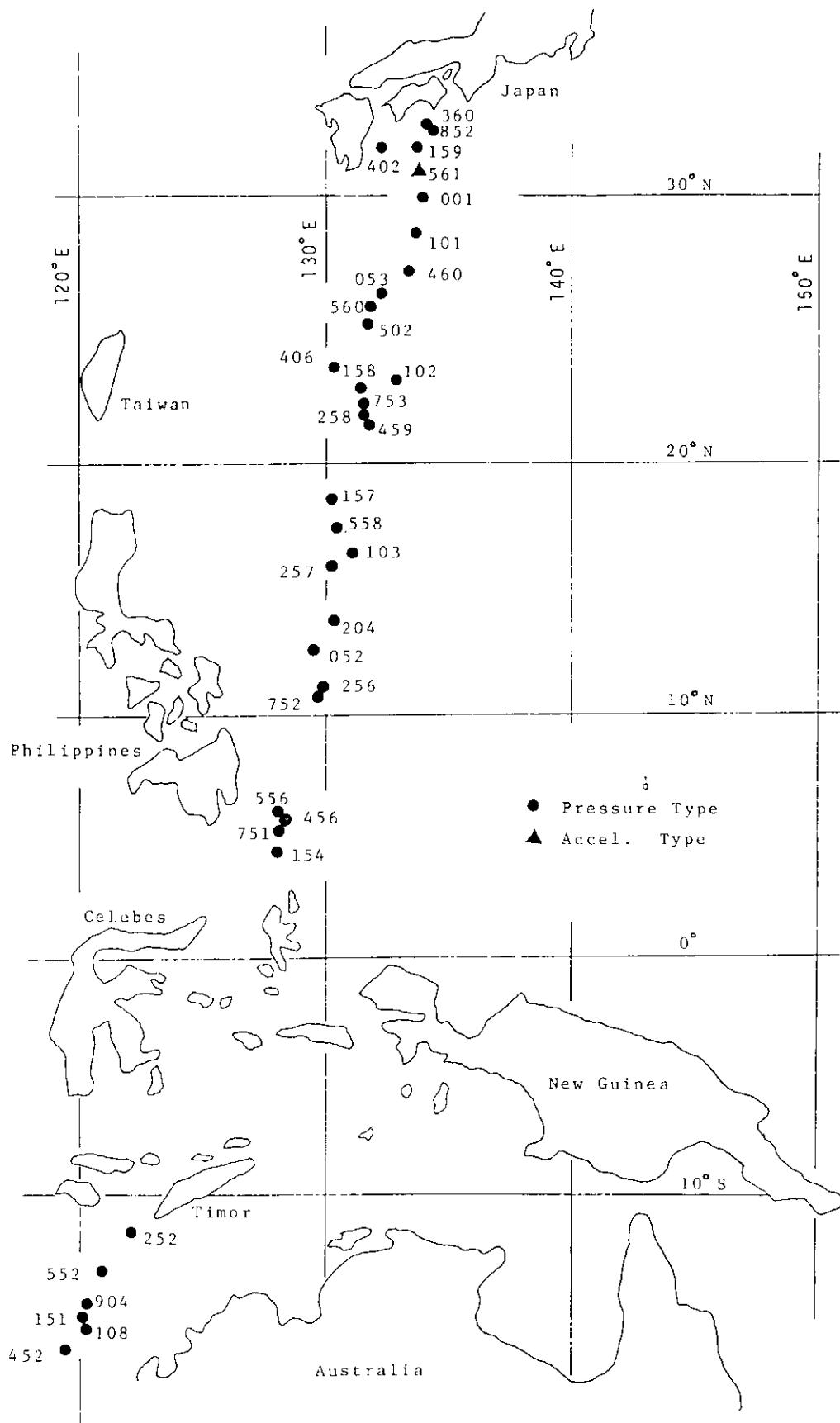


Fig. 2.4 Position of Wave Measurements by Wave Buoys

Tab. 2.4 Method of Analysis of Wave Data

	Spectral Analysis		Statistical Analysis	
	Correl. Method	FFT Method	By Computer	By Manual
Data Format	Digital	Digital	Digital	Analogue
Measuring Time T (min)	10	7	10	10 - 20
Sampling Interval T(sec)	0.4	0.4	0.4	
Number of Data	1,500	1,024		100-200
Max.No. of Lag	60 (150)			
Window	0			
Limit of Integration				
Lower ω_L	0.3	0.3		
Upper ω_U	4.5	4.5		
Invalid Amplitude(cm)			0	± 20

Tab. 2.5 (1) Result of Wave Measurement by Wave Buoys

No. of Measurement	001	101	102	103	108	151	154	052	157	158
Date	Dec. 16, '73	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 18	Dec. 24	Dec. 29	Jan. 2, '74	Jan. 4	Jan. 5	Jan. 6
Time	08:00	14:45	14:10	14:49	13:30	13:08	13:40	08:47	13:00	13:05
Position	29° 50' N 134° 15' E	28° 35' N 133° 40' E	29° 00' N 133° 30' E	18° 30' N 131° 00' E	14° 00' S 129° 30' E	15° 30' S 129° 30' E	04° 00' N 128° 00' E	13° 54' N 127° 42' E	18° 30' N 130° 30' E	23° 00' N 131° 30' E
Weather	C	Bc	C	P	P	O	Bc	C	Bc	Bc
Wind	Direction (deg)	315	325	355	040	280	320	330	040	010
	Speed (kt)	35	24	16	38	23	23	33	34	24
VISUAL OBSERVATION										
Wave	Height (m)	1.0	1.0	0.5	2.0	0.3	2.0	0.1	5.0	1.5
	Period (sec)	2	3	3	4	1	5	1	5	4
	Length (m)	10	15	15	20	1	40	0.3	20	50
Swell	Height (m)	4.0	3.5	2.0	3 - 4	1.0	4.0	25 - 2	7.0	4.0
	Period (sec)	8	8	11	10	4	9	9 - 7	8	2.5
	Length (m)	100	80	150	150	40	100	150 - 100	100	7
Direction										
	N	W	E	S	SW	W	SW	N	SW	SW
	S									
STATISTICAL ANALYSIS										
Number of Data	41	37	60	70	76	60	62	70	38	80
Standard Deviation	0.682	0.759	0.431	0.633	0.218	0.607	0.366	0.640	0.751	0.423
Mean	1.59	1.82	1.04	1.55	0.53	1.56	0.30	1.63	1.77	1.05
Wave 1/3 Heigh.M. (m)	2.69	2.95	1.84	2.61	0.91	2.51	1.53	2.55	3.20	1.79
Height " (Manual) (m)	2.99	2.10	2.10	2.92	1.10	2.91	1.85	3.52	3.21	2.10
Wave Zero Cross (sec)	6.06	11.32	6.25	6.78	5.97	6.38	7.54	6.28	6.19	5.28
P. to P. Period (sec)	2.67	2.53	2.90	3.26	2.15	3.22	2.62	3.25	3.38	2.86
10(Cross)(Manual) (sec)	7.09	7.41	8.75	8.08	7.97	8.15	9.82	8.97	7.11	6.91
SPECTRAL ANALYSIS *										
Number of Data	1090	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1618	1500	1500
Standard Deviation	0.734	0.556	0.543	0.791	0.286	0.723	0.495	0.850	0.845	0.503
Wave Mean (m)	1.84	1.39	1.36	1.98	0.72	1.81	1.24	2.13	2.12	1.26
Height 1/10 " (m)	2.94	2.23	2.17	3.17	1.15	2.90	1.98	3.40	3.38	2.02
Wave Zero Cross (sec)	5.56	4.94	6.51	6.61	6.09	6.77	7.78	6.46	6.12	5.23
P. to P. Period (sec)	3.08	2.64	3.04	3.84	2.54	3.60	3.73	3.84	3.96	3.14
2πf(m⁻²)	6.94	7.30	8.80	8.50	8.55	9.50	9.05	8.36	7.42	6.80

* Samp. Time=0.4 sec, Max. Lag No.=60, Window=Q, Lower Limit of Integ.=0.393, Higher Limit of Integ.=4.581

Tab. 2.5 (2) Result of Wave Measurement by Wave Buoys

No. of Measurement	053	159	204	252	256	257	258	251	752	753
Date	Jan. 7	Jan. 8	Jan. 19	Feb. 17	Feb. 21	Feb. 22	Feb. 23	Mar. 25	Mar. 26	Mar. 28
Time	10:10	9:40	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	14:00	13:20	13:30
Position	27° 44'E 132° 43'E	32° 44'N 134° 06'E	14° 08'N 130° 18'E	11° 17'S 122° 01'E	11° 05'N 129° 30'E	16° 33'N 130° 23'E	22° 07'N 131° 46'E	5° 23'N 128° 07'E	11° 10'N 129° 18'E	22° 32'N 131° 49'E
Weather	be	bc	c	bc	bc	bc	o	bc	o	o
Wind	Direction (deg) (kt)	000 12	090 13	055 22	280 13	065 18	060 19	160 20	049 17	075 8
Wind Speed										
VISUAL OBSERVATION										
Wave	Height (m) Period (sec)	1.5 3	1.5 3	2.0 3	1.0 3	2.0 3	1.0 3	1.5 3	0.5 2	0.5 2
	Length (m)	30	30	30	30	30	30	30	5	10
Swell	Height (m) Period (sec)	2.5 7	2.5 8	3.5 8	2.5 8	4.5 8	3.5 8	3.0 9	2.0 5	3.5 7
	Length (m)	80	120	80	90	90	80	90	70	130
Direction	N W E S	S W E S	S W E S	S W E S	S W E S	S W E S	S W E S	S W E S	S W E S	S W E S
STATISTICAL ANALYSIS										
Number of Data	83	76	79	92	50	89	73	81	49	60
Standard Deviation	0.432	0.522	0.500	0.233	0.421	0.379	0.374	0.187	0.357	0.437
Wave Mean (m)	1.10	1.28	1.191	0.57	1.05	0.92	0.95	0.47	0.47	0.48
1/3 Height.M. (m)	1.70	2.16	2.08	0.95	1.67	1.56	1.51	0.75	0.75	1.76
Height " (Manual) (m)	2.44	2.50	2.45	1.09	2.03	1.86	1.88	0.98	1.77	2.34
Wave Zero Cross (sec)	5.11	5.38	5.42	4.44	5.47	5.33	4.75	5.22	5.71	6.29
P. to P. (sec)	2.14	2.07	3.08	2.27	2.69	2.73	2.41	1.85	2.46	2.67
Period 0-Cross(Manual)(sec)	8.69	8.38	7.35	7.61	6.90	7.48	8.36	9.30	7.48	8.30
SPECTRAL ANALYSIS *										
Number of Data	1459	1500	1500	1130	1500	1491	1500	1500	1500	1500
Standard Deviation	0.554	0.594	0.580	0.296	0.536	0.440	0.450	0.267	0.457	0.573
Wave Mean (m)	1.39	1.49	1.45	0.74	1.34	1.10	1.13	0.67	1.17	1.44
1/3 Height.M. (m)	2.22	2.38	2.32	1.19	2.15	1.76	1.80	1.07	1.87	2.39
Height " (m)	2.82	3.03	2.95	1.51	2.73	2.24	2.29	1.36	2.38	2.92
Wave Zero Cross (sec)	4.82	5.18	5.79	4.69	4.98	5.25	5.25	5.91	5.59	6.52
P. to P. (sec)	2.42	2.52	3.65	2.66	2.72	3.01	2.97	2.95	3.07	3.44
Period $2\pi/\text{m}_z$ (sec)	8.36	8.63	7.34	7.97	7.32	7.17	8.38	9.67	8.42	8.19

* Samp. Time=0.4 sec, Max. Lag No.=60, Window=Q, Lower Limit of Integ.=0.393, Higher Limit of Integ.=4.581

Tab. 2. 5 (3) Result of Wave Measurement by Wave Buoys

No. of Measurement	360	402	406	452	456	457	460	460	852
Date	Mar. 30	Aug. 26	Aug. 27	Sep. 15	Sep. 19	Sep. 22	Sep. 23	Sep. 24	
Time	7:00	18:00	14:00	14:00	14:00	13:30	14:00	14:30	
Position	32°59'N 134°36'E	32°04'N 132°30'E	23°43'N 130°41'E	14°12'N 120°20'E	6°05'N 128°12'E	21°27'N 131°47'E	27°04'N 133°13'E	32°23'N 134°29'E	
Weather	Q.	C.	C.	b	bc	bc	bc	c	
Wind Speed (kt)	197	345	242	190	050	060	060	060	
VISUAL OBSERVATION									
Wave Height (m)	1.0	2.0	1.3	0.2	0.3	1.3	0.4	0.6	
Wave Period (sec)	3	5	4	1	1	3	2	2	
Wave Length (m)	10	30	15	1	1	6	1.5	2	
Swell Height (m)	2.0	2.7	2.0	0.5	1.0	2.0	2.5	2.3	
Swell Period (sec)	9	9	6	9	13	6	7	7	
Swell Length (m)	120	150	70	90	180	80	100	90	
Direction	N	E	S	W	S	SW	SW	SW	
	W		S						

STATISTICAL ANALYSIS									
Number of Data	71	68	72	95	81	91	64	73	
Standard Deviation	0.313	0.538	0.516	0.180	0.279	0.280	0.397	0.389	
Mean	(m)	0.78	1.31	1.25	0.44	0.38	0.68	0.95	0.95
Wave Height	1/3 Height. M. (m)	1.26	2.23	2.13	0.75	0.62	1.17	1.62	1.59
" (Manual) (m)	1.49	2.55	2.33	0.96	0.76	1.33	2.05	1.81	
Wave Zero Cross (sec)	5.65	5.69	4.92	4.86	6.28	5.71	6.97	5.43	
Period P. to P. (sec)	2.29	2.99	2.66	1.75	1.75	2.55	2.46	2.15	
Period 0-Cross(Manual) (sec)	8.10	7.10	6.32	8.97	9.59	6.99	8.73	8.07	

SPECTRAL ANALYSIS *									
Number of Data	1500	1579	1500	1500	1500	1500	1500	1500	
Standard Deviation	0.418	0.603	0.578	0.220	0.206	0.333	0.514	0.437	
Wave Mean	1.05	1.51	1.45	0.55	0.52	0.83	1.29	1.10	
Height 1/3 Height. M. (m)	1.67	2.42	2.32	0.88	0.83	1.33	2.06	1.75	
Height 1/10 " (m)	2.13	3.07	2.94	1.12	1.05	1.70	2.62	2.23	
Wave Zero Cross (sec)	5.78	5.76	5.06	4.69	5.46	5.13	7.21	5.30	
Period P. to P. (sec)	2.75	3.76	3.09	1.93	2.07	3.08	3.38	2.56	
Period $2\pi/m_2$ (m)	10.81	7.33	6.41	8.62	9.32	6.70	9.05	7.97	

* Samp. Time=0.4 sec, Max. Lag No.=60, Window=Q, Lower Limit of Integ.=0.393, Higher Limit of Integ.=4.581

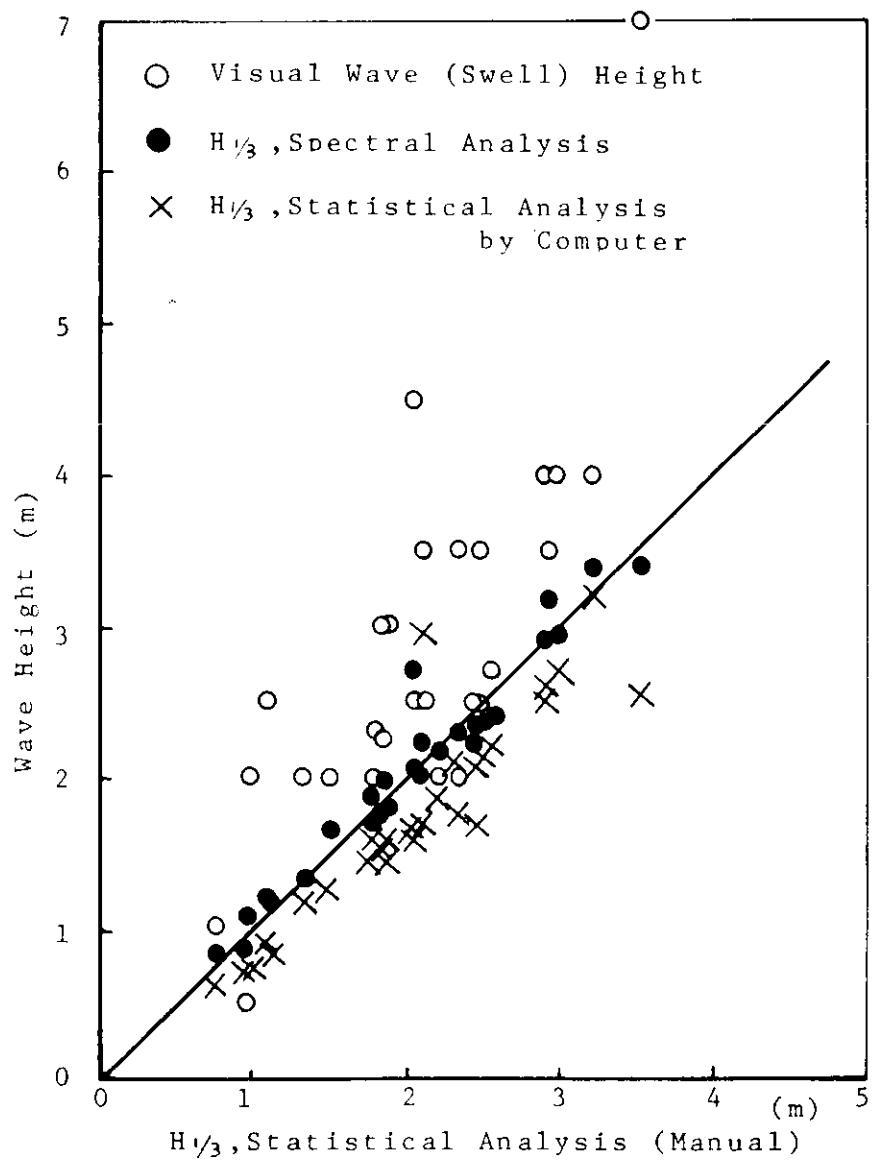


Fig. 2.5 Comparison of Measured and Visually Observed Wave Height

Data from 16 Buoys

001	204
101	256
102	752
151	753
154	406
052	452
157	459
158	460

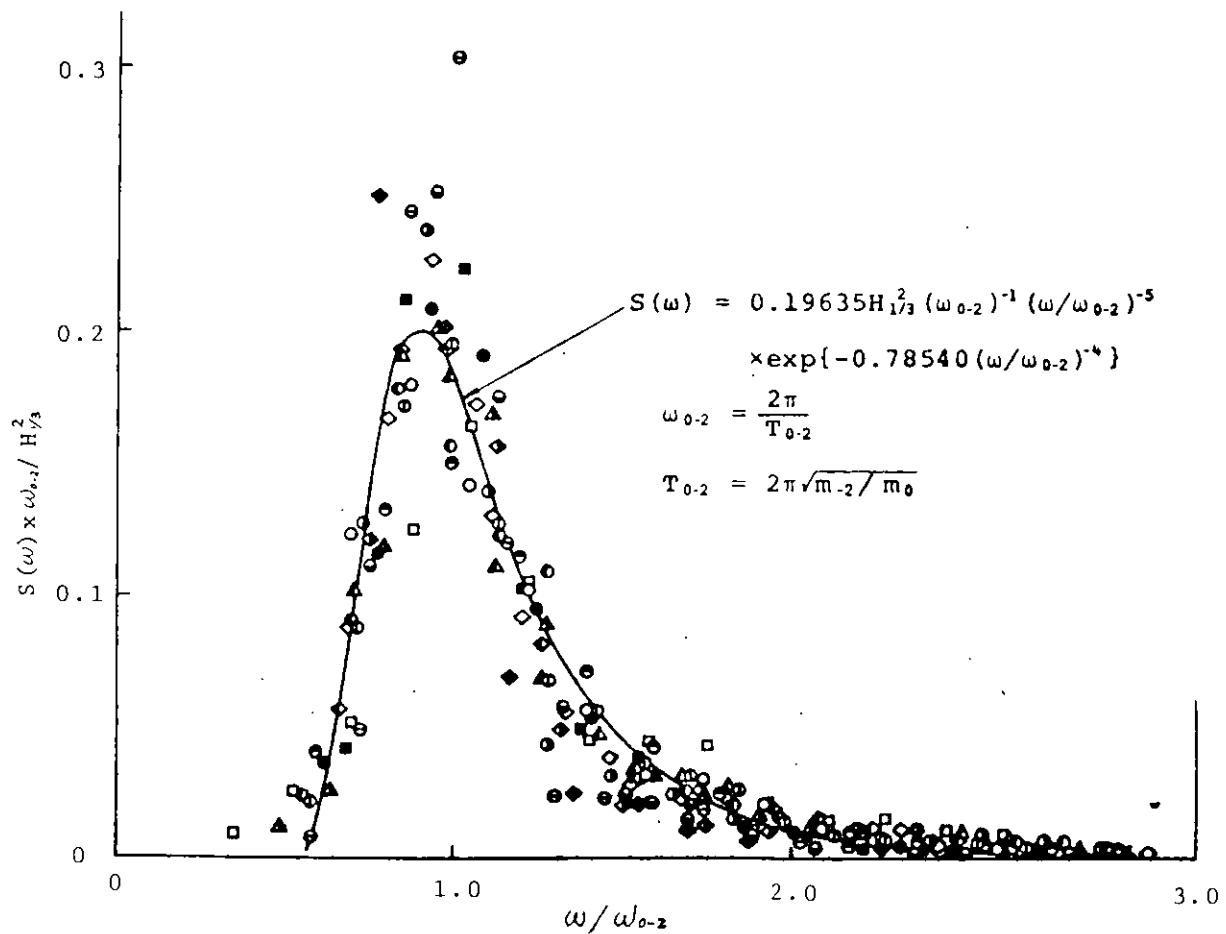
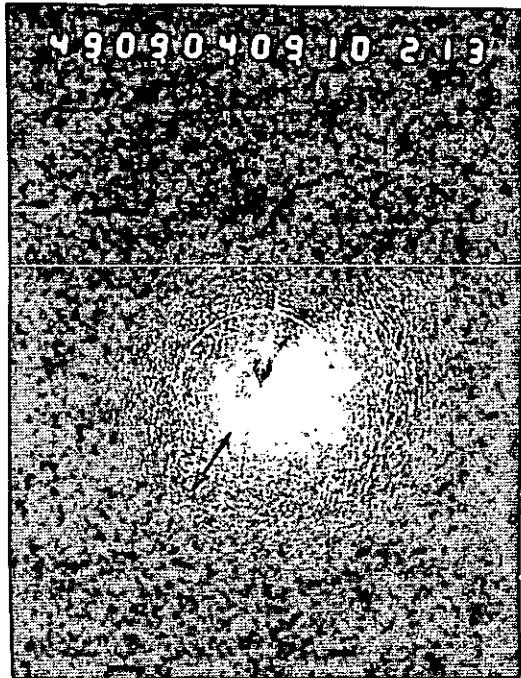
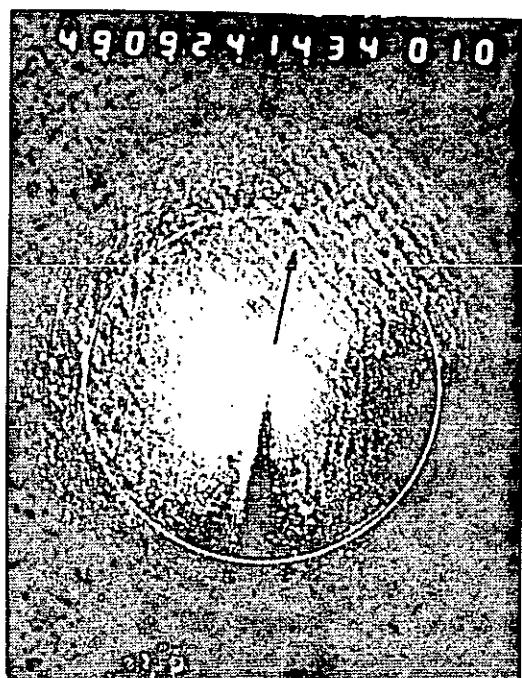


Fig. 2.6 Normalized Wave Spectra

Measure. No. 415
09:30, Sept. 4, 1974
Bow Angle = 213



Measure. No. 461
14:34, Sept. 24, 1974
Bow Angle = 10



(Radius of the white circle is 1 mile)

Fig. Fig. 2.7 Samples of Rader PPI Photographs

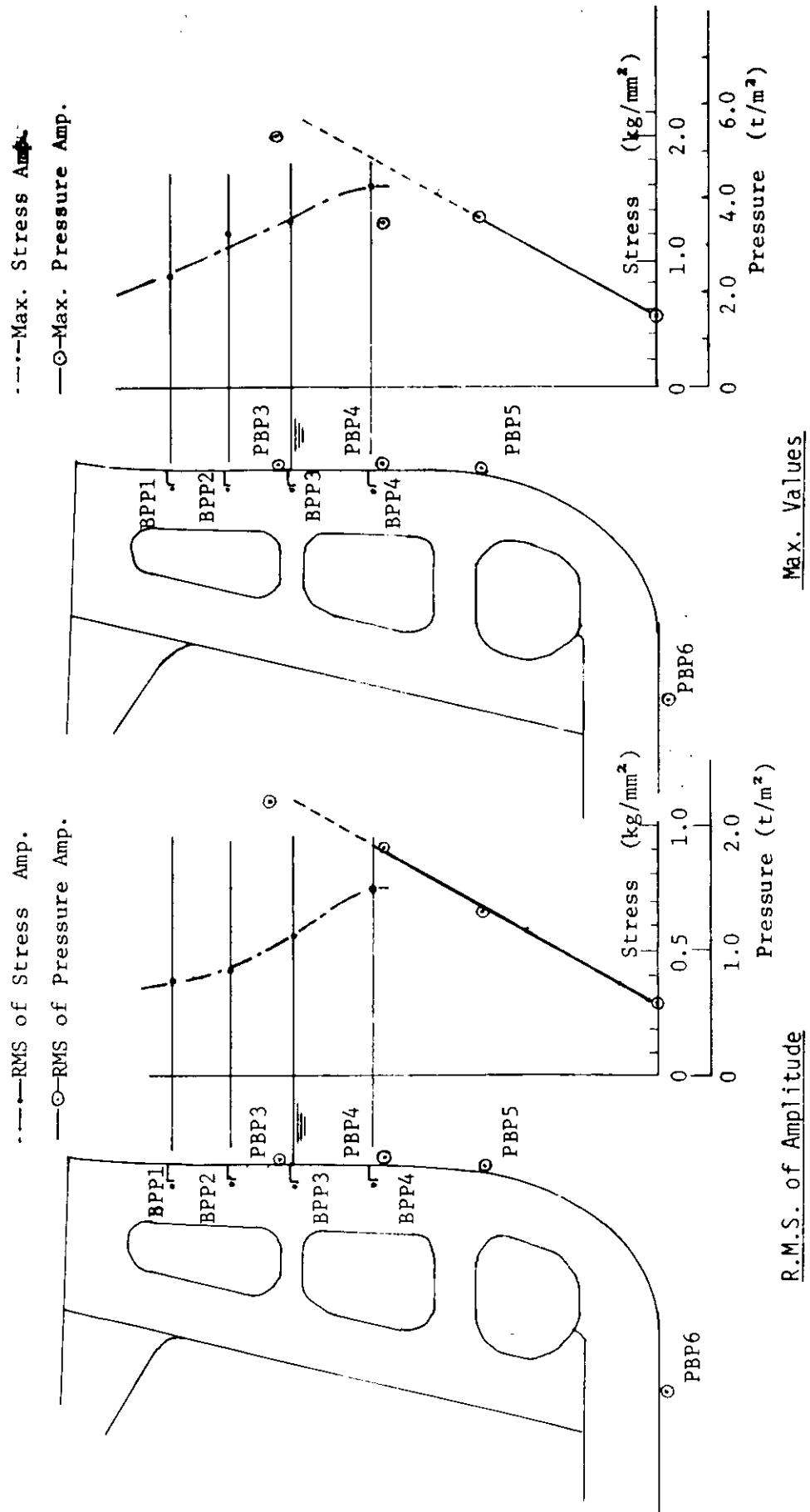


Fig. 2.8 Wave Pressure and Stress of Longitudinal Frames at B-Section

"Kasagisan Maru" Measure. No. 156 Beaufort Scale 7
15:30, Jan. 4, 1974 Wave Height 4 m

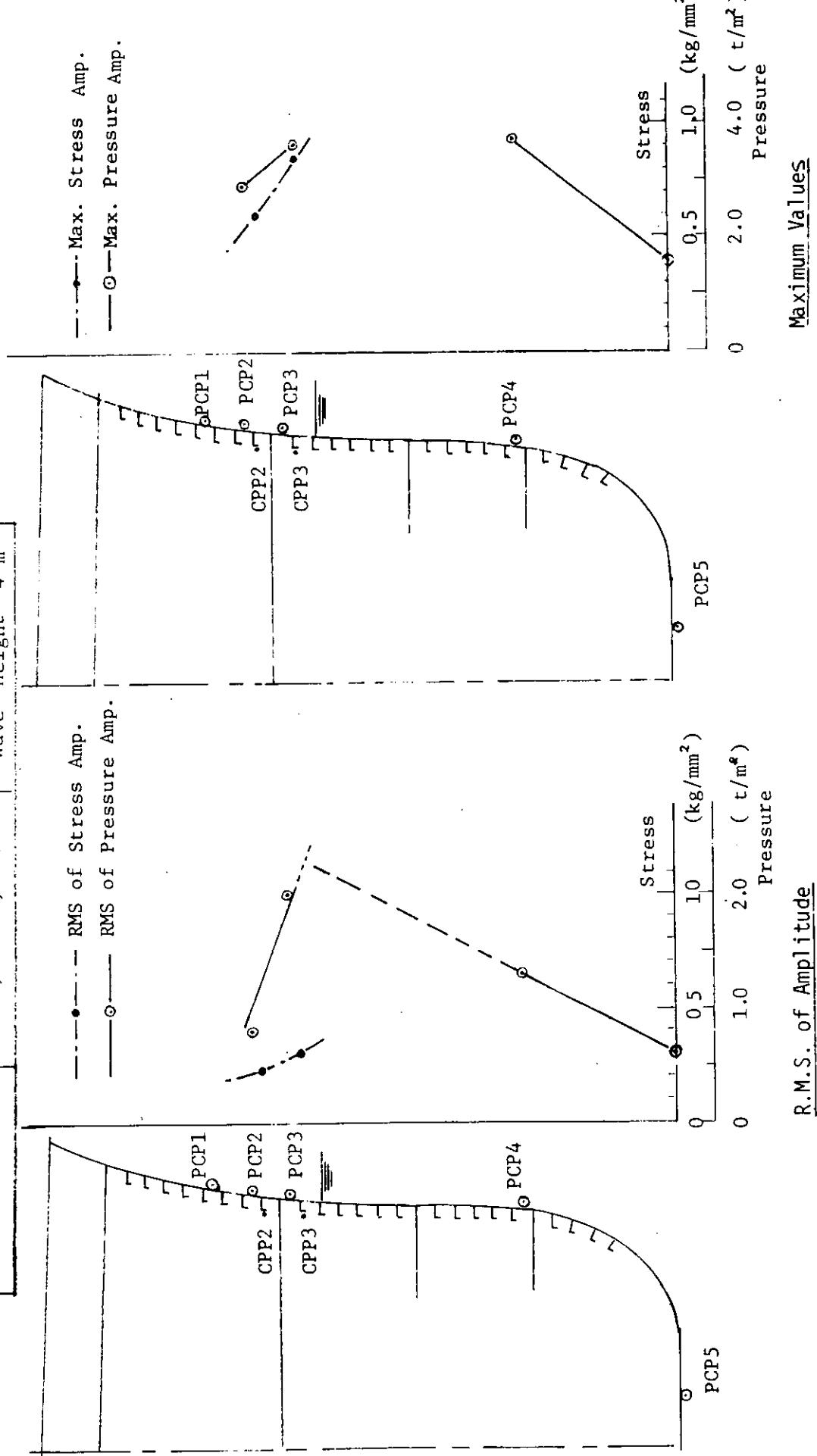


Fig. 2.9 Wave Pressure and Stress of Longitudinal Frames at C-Section

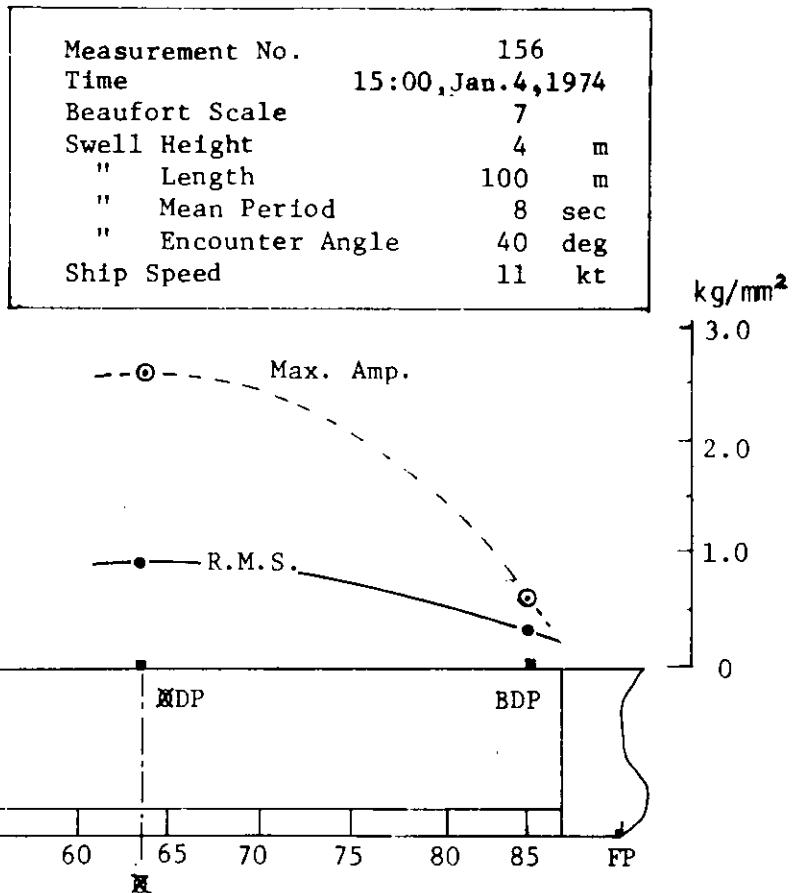


Fig. 2.10 Longitudinal Distribution of Wave Bending Stress on Upper Deck

Tab. 2.6 (1) R. M. S. and Max. Values of Amplitude of Response("Kasagisan Maru")

No. of Voyage	No. of Meas.	Date	Swell (Visual)		Beau- fort (deg)	Pitching			Rolling			Stress (Upp. Dk Amidship)			Pressure (Side shell, PCP4)		
			RMS (deg)	Max. (deg)		RMS (sec)	Max. (sec)	RMS (deg)	Max. (deg)	Period (sec)	RMS (kg/mm ²)	Max. (kg/mm ²)	Period (sec)	RMS (t/m)	Max. (t/m)	Period (sec)	
	001	1973 Dec.16	4.0	8.0	1.00	7	0.5	1.0	8.2	0.7	1.7	i:1.1	0.5	1.8	3.8	0.8	2.2
	101	"	3.5	8.0	120	6	0.6	1.3	9.8	1.4	3.0	i:2.4	0.6	1.2	7.0	1.0	2.1
	002	"	3.5	8.0	120	6	0.5	1.1	10.5	1.2	2.4	14.0	0.5	1.6	9.3	0.9	2.2
	102	Dec.17	2.0	12.0	165	6	0.5	1.0	10.7	1.5	3.4	12.7	0.6	1.5	9.9	1.3	3.9
	103	Dec.18	3.5	10.0	235	6	0.5	1.0	10.7	1.5	3.4	11.5	0.4	0.9	6.8	0.9	1.9
	104	Dec.19	2.0	8.0	290	5	0.3	0.6	8.5	1.0	1.8	11.5	0.4	0.9	6.8	0.9	1.9
	105	Dec.20	1.5	8.0	220	4	0.3	1.3	7.6	1.0	1.8	11.6	0.5	1.0	11.5	0.3	0.9
	003	Dec.21	1.5	8.0	180	2			0.4		2.6	10.5	0.1	0.3	1.9		5.7
	106	"	1.0	7.5	165	4	0.1	0.2	6.9	0.2	0.5	6.4	0.1	0.3	4.5	0.7	1.3
	107	Dec.23	1.0		40	1					0.2		0.5		3.3		3.3
	108	Dec.24	1.0	4.0	40	3	0.3	0.6	8.6	0.4	0.8	9.2	0.3	0.9	6.1	0.9	1.9
1 st (33rd)	109	Dec.25	1.0	6.0	30	3	0.2	0.5	6.3	0.7	1.4	10.8	0.1	0.3	8.3	0.3	0.8
	151	Dec.29	4.0	9.9	40	6	0.7	1.3	8.9	3.0	5.6	9.3	0.6	1.9	6.1	1.4	2.9
	051	Dec.30	6.0	9.9	30	7	0.6	1.1	9.3	3.0	6.0	9.2	0.7	1.6	7.4	1.6	3.8
	152	"	3.5	10.0	270	6	0.4	0.8	8.3	0.7	1.8	8.4	0.4	1.3	6.1	0.8	2.2
	153	Dec.31	1.0	5.0	270	6	0.1	0.2		0.1	0.3	7.2					6.9
	154	1974 Jan. 2	2.5	9.0	220	1	0.2	0.5	7.8	0.7	2.5	9.1	0.3	0.7	12.4		
	155	Jan. 3	1.5	8.0	210	2	0.3	1.0	6.4	0.6	1.3	9.2	0.5	1.1	6.8	0.9	2.6
	052	Jan. 4	7.0	8.0	350	7	0.5	1.6	10.4	1.7	3.6	10.5	0.7	1.9	5.0	1.3	3.7
	156	"	4.0	8.0	345	7	0.6	1.8	9.9	1.5	3.9	8.9	0.9	2.3	5.3		
	157	Jan. 5	4.0	8.0	30	7					0.9	9.3	0.5	1.3	3.8	0.8	1.7
	158	Jan. 6	2.5	7.0	40	6	0.4	1.3	9.1				0.3	0.8	4.8	0.7	1.6

Tab. 2.6 (2) R.M.S. and Max. Values of Amplitude of Response ("Kasagisan Maru")

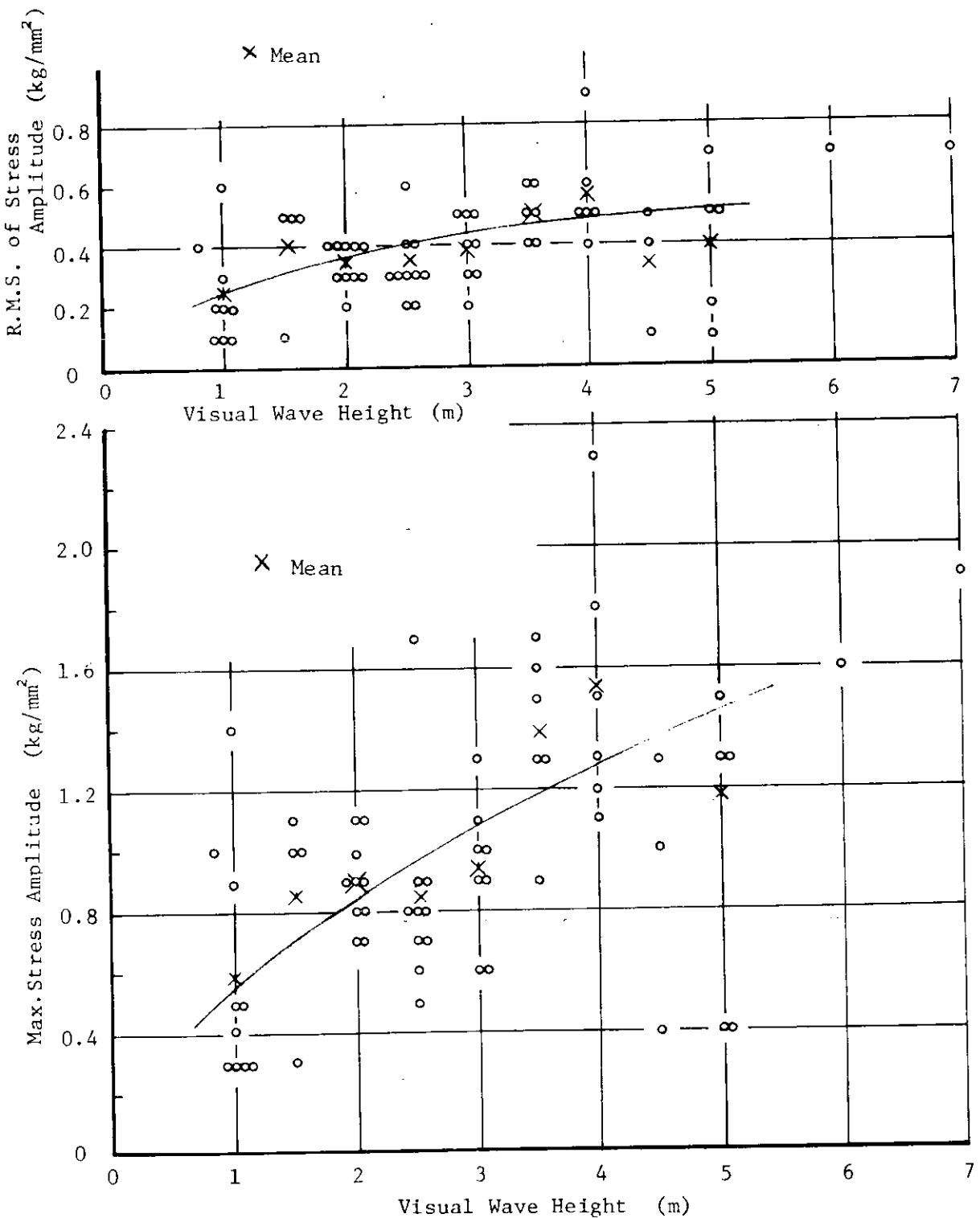
No. of Voyage	No. of Meas.	Date	Swell (Visual)		Pitching		Rolling		Stress (Upp. Dk. Amidship)		Pressure (Side shell, PCP4)		
			H (m)	T (sec)	Beaufort (deg)	RMS (deg)	Max. Period (sec)	RMS (deg)	Max. Period (sec)	RMS (kg/mm ²)	Max. (kg/mm ²)	RMS (t/m)	Max. (t/m)
1 st (33rd)	053	1974 Jan. 7	2.5	7.0	25	4	0.6	1.7	12.6	1.0	2.2	10.1	0.4
	159	Jan. 8	2.5	8.0	5	4						0.3	0.7
	054	"	2.5	8.0	40	4						0.8	0.8
2 nd (34th)	201	Jan. 16	2.5	8.0	150	5				2.0	6.5	12.0	0.2
	601	"	3.0	8.0	135	5	0.6	2.1	12.5	3.0	6.6	11.6	0.3
	202	Jan. 17	2.5	6.0	90	5				2.6	5.4	13.4	0.4
203	Jan. 18	2.5	8.0	280	3	0.4	1.2	10.6	2.2	5.1	12.9		
	204	Jan. 19	2.5	8.0	250	5	0.5	1.8	10.2	2.5		11.9	0.3
	205	Jan. 20	3.0	7.0	230	5	0.3	1.3	8.5	1.7	3.6	12.5	0.4
206	Jan. 21	0.8	7.0	135	2	0.2	0.9	9.0	1.2	2.3	13.3	0.4	
	207	Jan. 22		1							0	0	
	208	Jan. 23		4						0.8	4.7	12.2	0.2
209	Jan. 24	2.5	3.0	90	5					1.4	3.1	11.8	0.6
	210	Jan. 25	3.0	9.0	75	5	0.7	1.1	10.2	3.5	6.8	11.8	0.5
	251	Feb. 16	2.0	8.0	190	3							
252	Feb. 17	2.5	8.0	250	4	0.1	0.3			0.6	1.4	9.3	0.2
	253	Feb. 18	1.0	9.0	280	2						0.6	1.4
	254	Feb. 19	3.0	8.0	330	3						0.2	0.6
255	Feb. 20	4.0	8.0	40	4							0.5	1.2
	256	Feb. 21	4.5	8.0	60	5						1.7	4.3
	652	"	4.5	8.0	60	5						0.4	1.0

Tab. 2.6 (3) R.M.S. and Max. Values of Amplitude of Response ("Kasagisan Maru")

No. of Voyage	No. of Meas.	Date	Swell (Visual)		Pitching		Rolling		Stress (Side shell, PCP4)	
			H (m)	T (sec)	ψ (deg)	Beaufort (deg)	RMS (deg)	Max. Period (sec)	RMS (kg/mm ²) (sec)	(Side shell, PCP4) RMS (t/m ²) (sec)
2 nd (34th)	257	1974 Feb. 22	3.0	8.0	70	5	1.9	4.0	10.0	0.5
	258	Feb. 23	3.0	9.0	150	5		0	0.4	0.9
	259	Feb. 24	3.0	3.0	330	2		0.5	1.1	6.4
	260	Feb. 25	5.0	8.0	20	6		0	0.1	8.2
	653	"	5.0	8.0	20	6		0	0.4	1.0
	301	Mar. 1		3	0	0.2		0	0.2	2.8
3 rd (35th)	302	Mar. 2	2.0	10.0	250	4	0.5	1.0	13.0	0.3
	701	"	2.0	5.0	220	5	0.4	0.8	12.6	1.4
	303	Mar. 3	4.0	10.0	260	5	1.5	3.3	7.0	2.6
	304	Mar. 4	5.0	10.0	250	6	0.7	1.6	11.9	3.2
	702	"	3.5	9.0	245	5	0.7	1.5	10.8	2.9
	305	Mar. 5	5.0	10.0	235	4	0.6	1.3	11.5	2.4
	306	Mar. 6	5.0	11.0	230	5	0.7	1.5	12.9	2.7
	307	Mar. 7		2			10.8	0.1	0.3	7.1
	308	Mar. 8	2.0	8.0	80	5		0.5	7.3	0.2
	309	Mar. 9	2.0	9.0	70	4		1.1	13.8	0.3
	310	Mar. 10		2				0.1	0.4	6.9
	351	Mar. 21	1.0	8.0	310	4		0.2	0.6	12.8
	352	Mar. 22	1.0	8.0	310	4	0.1	0.4	1.0	9.9
	353	Mar. 23	1.0	7.0	260	2	0.1	0.2	0.1	0.5
										0.3

Tab. 2.6 (4) R. M. S. and Max. Values of Amplitude of Response ("Kasagisan Maru")

No. of Voyage	No. of Meas.	Date	Swell (Visual)		Beau- fort (deg)	Pitching			Rolling			Stress (Upp. Dk. Amidship)			Pressure (Side shell, PCP4)			
			H (m)	T (sec)		RMS	Max. (deg)	Period (sec)	RMS	Max. (deg)	Period (sec)	RMS	Max. (kg/mm ²)	Period (sec)	RMS	Max. (t/m)	Max. (t/m)	Period (sec)
3 rd (35th)	354	1974 Mar.23	4.5	15.0	30	4	0.1	0.4	6.3	0.1	0.4	7.5	0.1	0.4	5.2	0.4	1.0	6.8
	355	Mar.25	2.0	7.0	15	4	0.2	0.4	6.8	0.6	1.2	9.9	0.3	0.8	4.9	0.6	1.7	6.3
	751	"	2.0	5.0	35	5	0	0	0	0	0	0.3	0.7	5.1	0.7	1.9	6.6	
	356	Mar.26	2.0	10.0	45	3				0.6	1.4	8.4	0.4	0.9	5.2	0.6	1.3	6.7
	752	"	2.0	4.0	45	3				0.8	1.4	9.7	0.4	1.1	5.8	0.6	1.4	6.5
	357	Mar.27	2.0	9.0	75	3				0.4	0.8	10.0	0.4	1.1	7.0	1.0	2.0	9.4
	358	Mar.28	3.0	7.0	355	5				0.4	0.7	8.2	0.3	0.9	4.6	0.7	1.7	6.1
	753	"	3.5	7.0	345	4				0.4	0.8	8.7	0.4	0.9	5.6	1.1	2.5	6.5
	359	Mar.29	1.5	7.0	45	3				0.4	0.8	9.7	0.5	1.0	7.2	0.9	1.7	8.4
	360	Mar.30	2.0	9.0	45	4				0.3	0.6	10.1	0.4	0.9	9.8	0.8	1.7	8.9



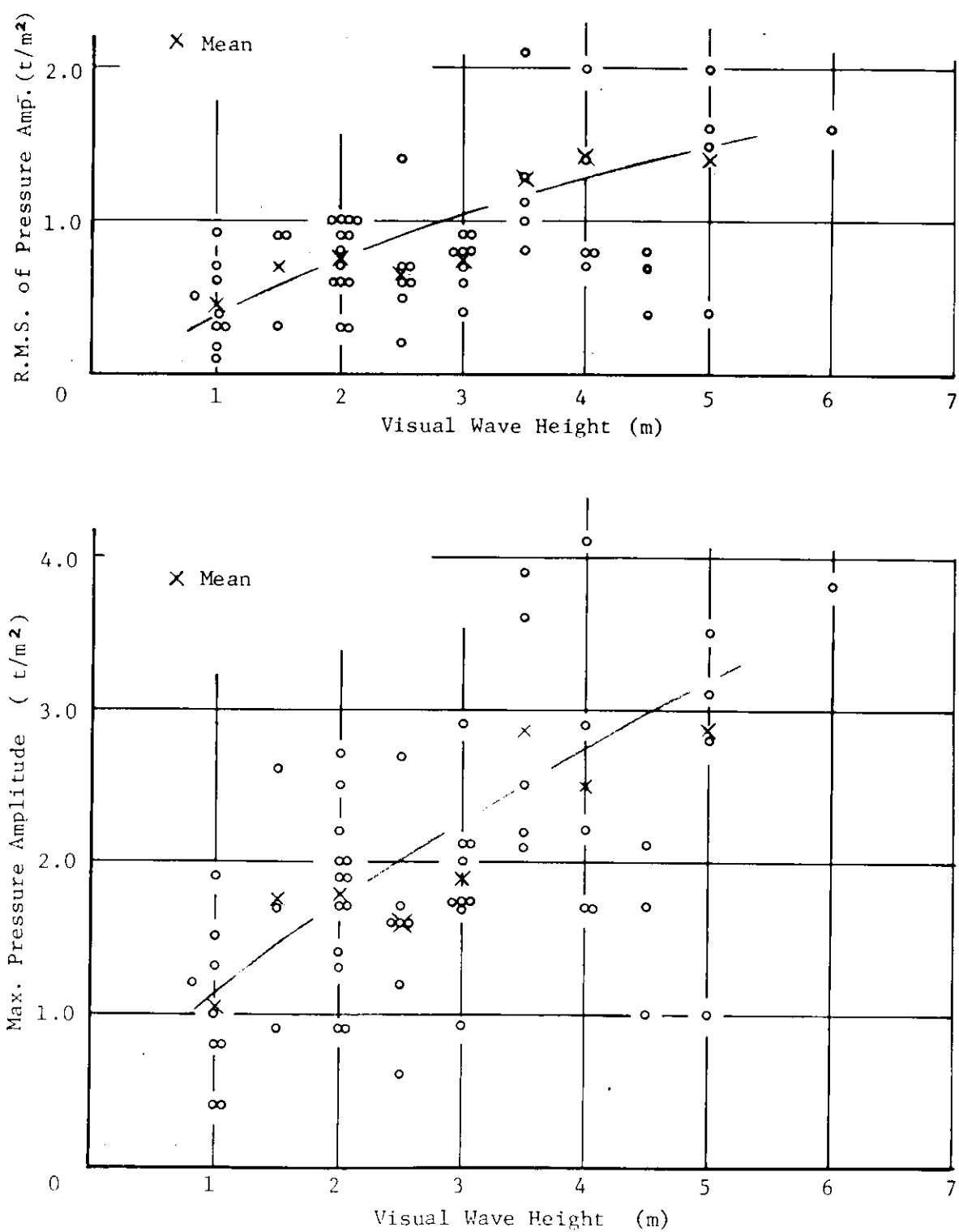


Fig. 2.12 Wave Pressure Variation vs. Wave Height ("Kasagisan Maru")

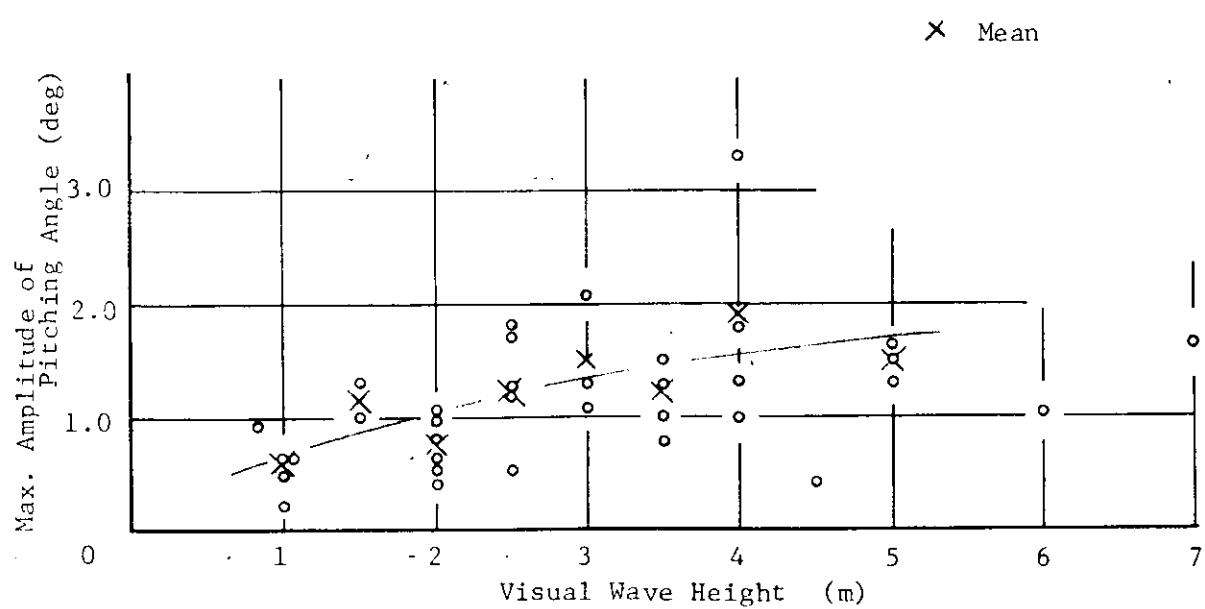
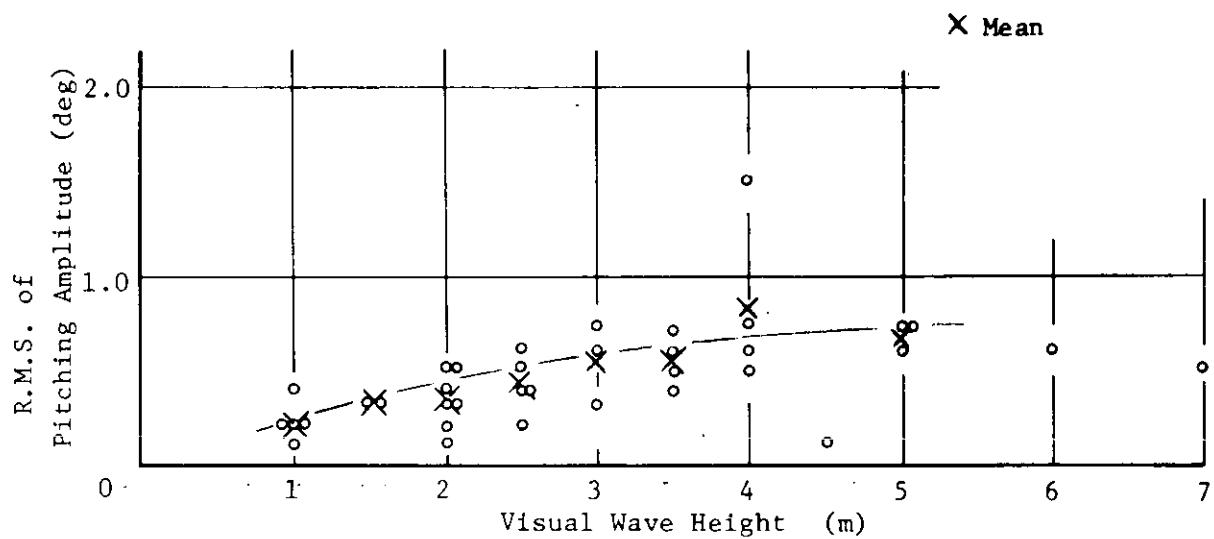


Fig. 2.13 Pitching Angle vs. Wave Height ("Kasagisan Maru")

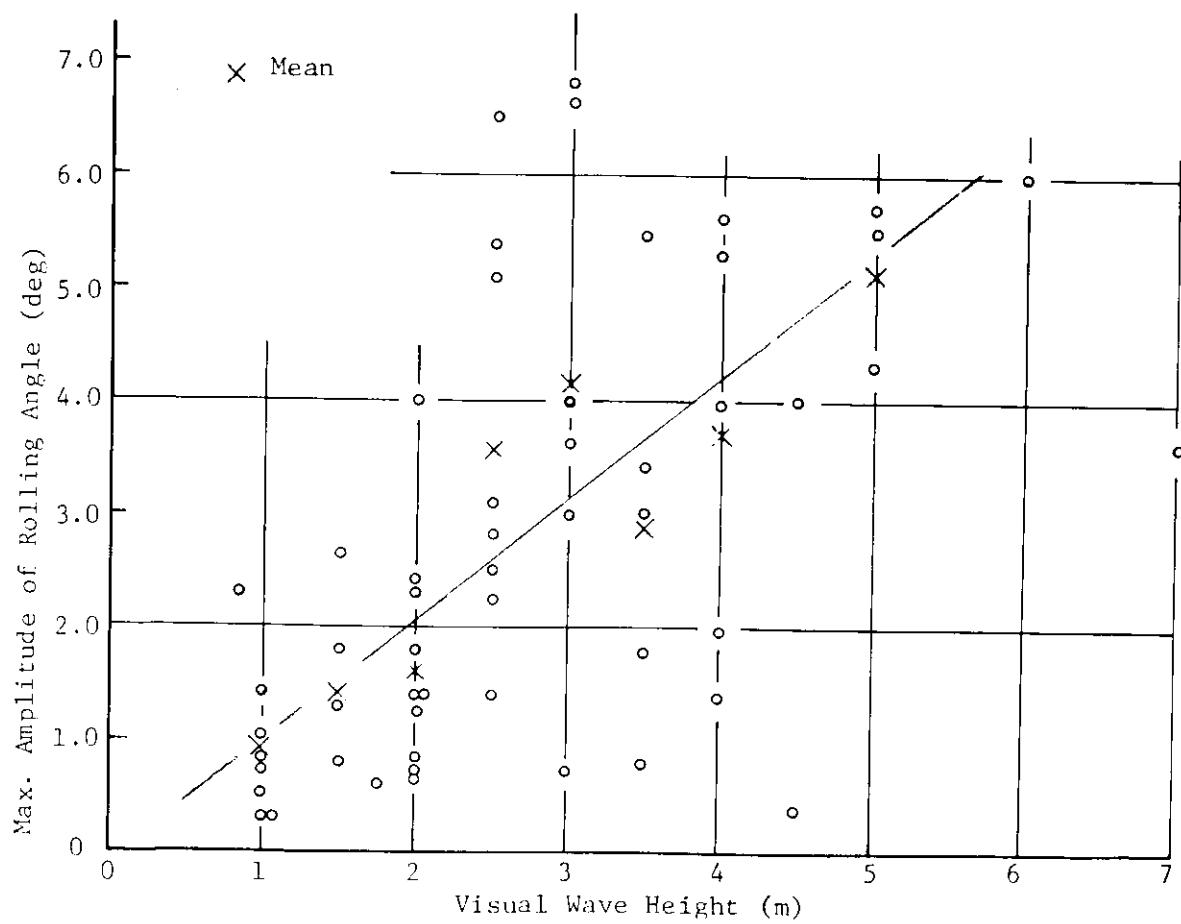
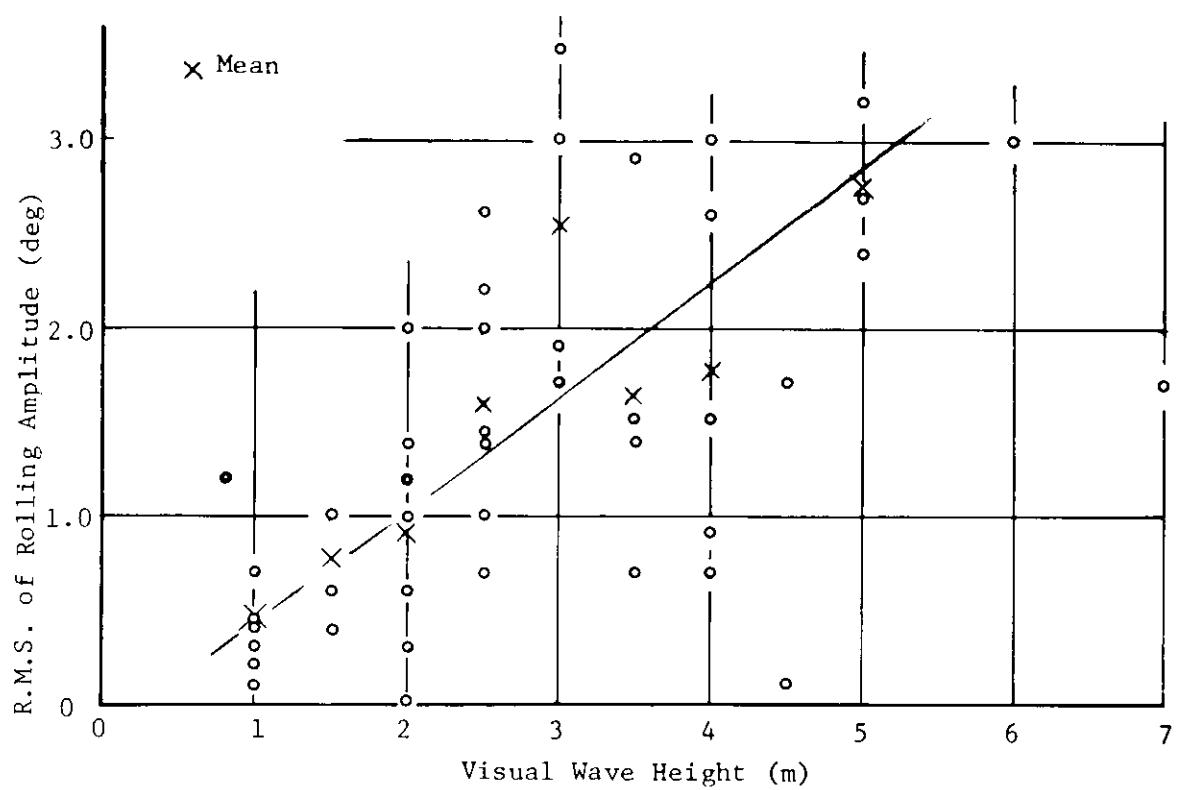
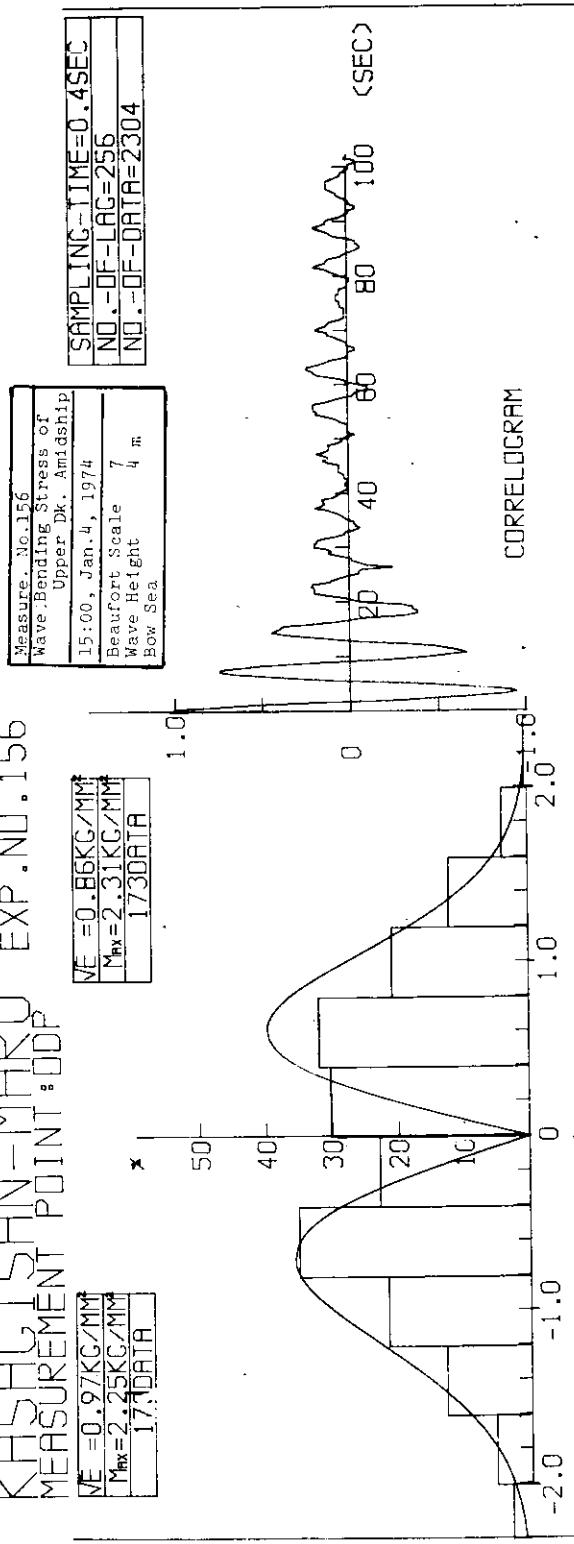


Fig. 2.14 Rolling Angle vs. Wave Height ("Kasagisan Maru")

KASAGISAN-MARU EXP. NO. 156
MEASUREMENT POINT: DDP



CORRELOGRAM

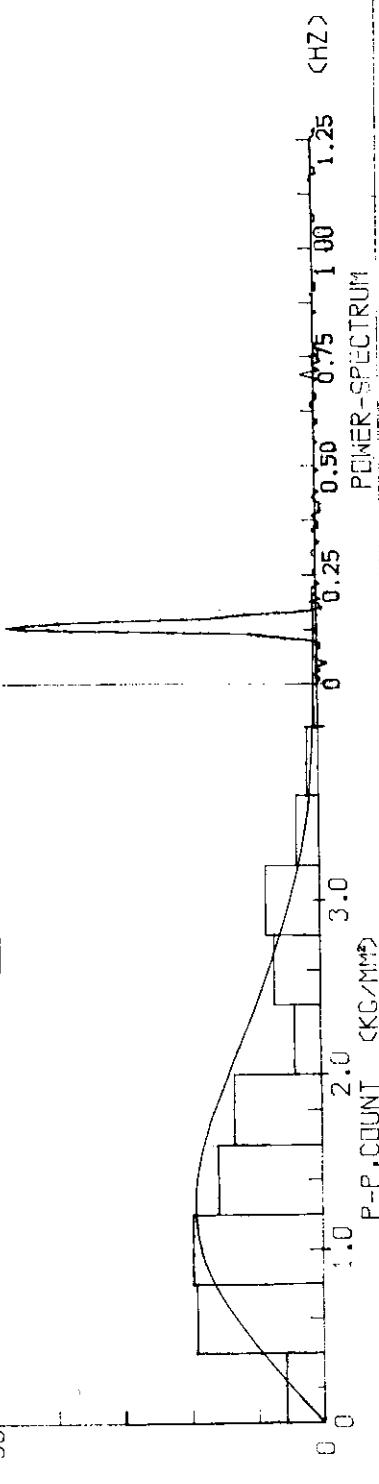
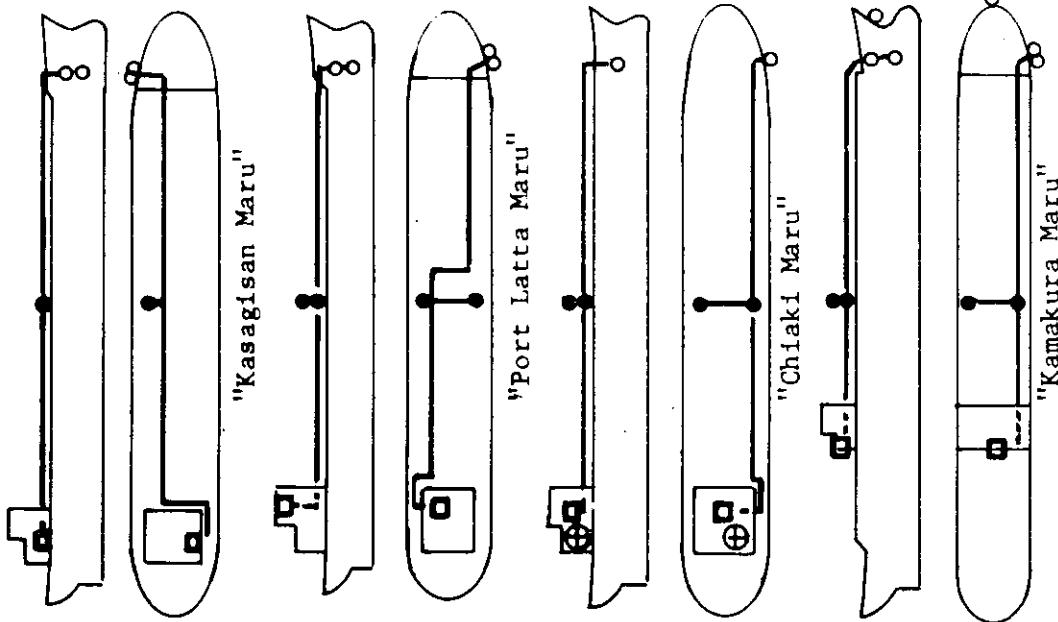


Fig. 2. 15 Sample of Short-Term Distribution and Spectral Analysis ("Kasagisan Maru", Deck Stress)

Tab. 3.1 Ships for Automatic Measurements

Instruments	Ships	Owner	Principal Particulars.					Measuring Item		
			L _{PP} (m)	B (m)	D (m)	d (m)	D.W. (t)	Speed (kt)	Deck Press- ure	Stress
Automatic Analogue Data Recorder	Kasagisan Maru	Ore Carrier	Mitsui O.S.K. Lines	247.00	40.60	23.00	16.00	117,521	14.8	x x
	Port Latta Maru	Ore Carrier	Daiichi Chuo Kisen Kaisha	237.00	38.50	19.30	14.10	93,356	15.4	x x
	Chiaki Maru	Bulk Carrier	N.Y.K. Line	248.00	38.00	23.70	16.50	115,000	14.9	x x
	Kamakura Maru	Container Ship	N.Y.K. Line	245.00	32.20	24.00	12.00	35,406	26.4	x x
Automatic R.M.S. Meter	Wakahata Maru	Ore Carrier	Yamashita Shin- nihon Steamship	240.00	36.80	17.60	12.80	93,113	15.7	x
	Japan Alder	Bulk Carrier	Japan Line	210.00	32.00	17.30	12.09	57,911	14.9	x x
	Chidorigan Maru	Ore Carrier	Mitsui O.S.K. Lines	278.80	44.50	24.50	17.93	164,644	15.7	x x x x

Automatic Analogue Data Recorder



Automatic R.M.S. Meter

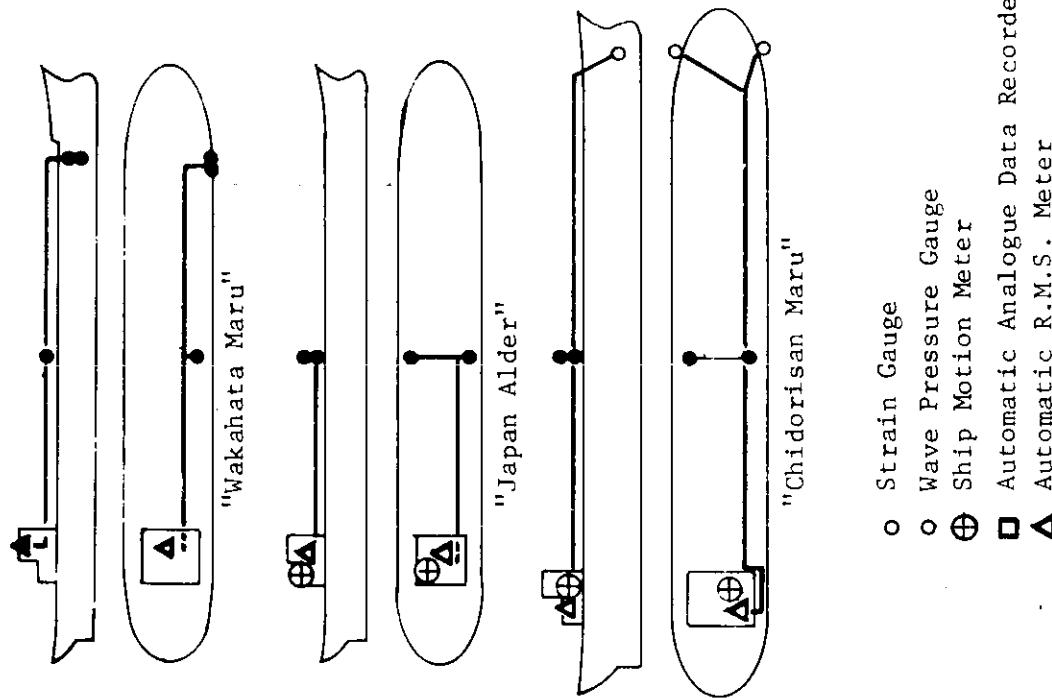


Fig. 3.1 Measuring Points of Automatic Measurements

Tab. 3.2 Voyages for Automatic Measurements

	Ship	Main Port	Year	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
KASAGISAN MARU	Australia	1971	12	13	14	15	(Africa)	26	27	28	29	30	31	32	11
Ore Carrier 117,521t DWT	Australia	1972	22	23	24	25	(Africa)	34	35	36	37	38	39	40	21
PORT LATTA MARU	South America	1972	12	13	14	15	(Australia)	9	10	11	12	13	14	15	18
Ore Carrier 93,355t DWT	South America	1973	12	13	14	15	(Australia)	19	20	21	22	23	24	25	19
CHIAKI MARU	Australia	1972	15	16	17	18	(Australia)	26	27	28	29	30	31	32	13
Bulk Carrier 115,000t DWT	Australia	1973	15	16	17	18	(Australia)	25	26	27	28	29	30	31	14
KAMAKURA MARU	Round the World	1972	6	7	8	9	(Canada)	12	13	14	15	16	17	18	6
Container S. 35,406t DWT	Round the World	1973	6	7	8	9	(Canada)	26	27	28	29	30	31	32	24
WAKAHATA MARU	Australia	1972	57	58	59	60	(South America)	71	72	73	74	75	76	77	79
Ore Carrier 93,113t DWT	Australia	1973	69	70	71	72	(South America)	79	80	81	82	83	84	85	86
JAPAN ALDER	Australia	1972	37	38	39	40	(South Pacific)	11	12	13	14	15	16	17	36
Bulk Carrier 57,911t DWT	Australia	1973	48	49	50	51	(Atlantic)	11	12	13	14	15	16	17	48
CHIDORISAN MARU	Australia	1974	21	22	23	24	(Africa, Europe)	29	30	31	32	33	34	35	20
Ore Carrier 164,644t DWT	Australia	1975	29												28

Tab. 3 . 3 Voyages Measured by Automatic R. M. S. Meters

Ship	Item	Measuring Term	Lack of Data	Number * of Data
" Wakahata Maru "	Stress	57th - 81th Feb., 1972 - May, 1974	57th, 76th, 82nd, 83rd	13,891
" Japan Alder "	Stress	34th - 54th Sept. 1972 - Sept. 1974	36th, 40th	10,517
	Pitching			10,080
	Rolling			10,518
" Chidorisan Maru "	Stress	12th - 28th Feb., 1973 - Dec., 1974	16th(Home voy.) 21st(")	7,352
	Pressure	12th - 15th Feb., 1973 - July, 1973		1,709
	Pitching	22nd - 28th March, 1974 - Dec., 1974		3,240
	Rolling			3,367

* 1 datum every 1 hour

Tab. 3.4 Frequency Distribution of R. M. S. Values
 ("Wakahata Maru", "Deck Stress)

Tab. 3.5 Frequency Distribution of R. M. S. Values
("Japan Alder", Deck Stress)

Total		262	360	622	2473	2698	5171	1539	1673	3212	346	758	1104	154	200	354	38	9	47	0	7	7	0	0	0	4812	5705	10517	
Over																													
1.8																													
No. of Data: 10,517								0	0	0																			
1.6								1	0	0																			
Ballasted																													
Calm																													
Head								b ₀	f ₀	n ₀																			
Bow								b ₀	f ₀	n ₀																			
Beam								b ₀	f ₀	n ₀																			
Quarter.								b ₀	f ₀	n ₀																			
Follow.								b ₀	f ₀	n ₀																			
Total								b	f	n																			
No. of Data																													
1.4																													
1.2								0	0	0	2	0	2	1	0	1	1	0	1										
1.0								0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.8								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6								0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4								0	0	0	1	0	1	5	0	5	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0.2								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Visual Wave Height (m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		

Tab. 3.6 Frequency Distribution of R. M. S. Values ("Japan Alder", Pitching Angle)

Tab. 3.7 Frequency Distribution of R.M.S. Values
("Japan Alder", Rolling Angle)

Total		262 360 622			2474 2699 5173			1539 1672 3211			346 757 1103			154 200 354			39 9 48			0 7 7			0 0 0			4814 5704		
16																											Total	10518
14																											"Japan Alder"	
12																											Rolling Angle	
10																											Sept. '72-Sept. '74	
8																											No. of Data: 10,518	
6																												
4																												
2																												
0																												
				</td																								

Tab. 3.8 Frequency Distribution of R.M.S. Values ("Chidorisan Maru", Deck Stress)

Total	1039	1208	2247	1370	1001	2371	954	746	1700	215	413	628	160	131	291	12	37	49	11	40	51	1	0	1	11	0	11	0	0	0	3	0	Total	3773	3579	7352					
Over				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
				0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
				0	1	1	1	2	3	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
				0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5									
				0	1	1	2	3	5	0	1	1	0	6	6	0	2	2	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
1.8																4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
																1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
																0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
																2	2	4	0	1	1	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
																0	1	1	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
1.6																	7	5	12	0	1	1	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
																	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
																	0	5	5	3	0	3	1	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
																	-1	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
																	0	1	5	6	3	2	5	5	2	7	9	1	0	1	0	7	0	0	0	0					
1.4																	1	0	1	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
																	0	0	1	8	9	4	2	6	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0				
																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
																	0	5	5	1	2	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
																	-3	3	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
1.2																	1	0	1	2	0	2	0	8	8	13	1	0	1	4	2	6	0	0	0	6	0	6			
																	0	0	1	8	9	4	2	6	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	-3	3	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.0																	1	0	1	2	0	2	0	8	8	13	1	0	1	4	2	6	0	0	0	6	0	6			
																	0	0	1	8	9	4	2	6	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	-1	2	3	0	0	0	0	1	1	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
0.8																	1	0	1	6	13	19	11	24	35	14	5	19	3	4	7	7	0	7	0	4	0	4			
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	-1	1	11	11	21	14	35	25	23	15	38	26	2	27	4	3	7	0	1	1	0	1			
																	3	2	5	13	26	7	33	121	49	170	37	53	90	45	7	52	0	10	10	0	6	6			
																	1	0	1	11	8	5	13	1	4	5	10	3	13	0	1	1	0	3	3	3	3	3			
																	4	0	1	7	1	8	40	14	54	12	21	33	12	3	15	0	4	4	0	2	2				
																	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
0.6																	1	0	1	33	33	66	68	45	113	27	22	49	19	6	25	2	0	2	0	1	1				
																	4	0	1	6	45	37	82	69	41	110	11	8	19	3	0	3	0	2	2	0	0	0	0		
																	-1	1	2	5	11	6	22	4	26	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	63	221	85	207	121	328	281	188	469	79	153	232	38	52	90	2	12	14	0	5	5				
																	105	99	204	25	48	57	105	18	48	66	8	18	26	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0		
																	43	55	198	191	161	352	93	156	249	23	101	124	3	21	24	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
																	22	17	39	106	98	204	74	53	127	13	19	32	15	12	27	1	0	1	1	1	1	1			
																	16	56	72	249	105	354	131	82	213	8	7	15	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
																	6	7	79	25	104	42	1	43	2	3	1	5	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0			
																	212	2571	469	673	446	1119	358	340	698	54	148	202	21	39	60	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0
																	451	569	1020	29	39	68	31	42	73	6	5	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	99	106	205	114	121	235	13	57	70	1	3	4	0	3	3	0	1	1	1	1	1	1			
																	53	47	100	82	106	188	46	31	77	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
																	91	102	193	146	132	278	67	27</																	

Tab. 3.9 Frequency Distribution of R. M. S. Values
("Chidorisan Maru", Wave Pressure)

Total		392 398 790				165 130 295				35 45 80				10 44 54				0 6 6				0 8 8				0 0 0				0 0 0				0 3 3				Total	
213 260 473		392 398 790				165 130 295				35 45 80				10 44 54				0 6 6				0 8 8				0 0 0				0 0 0				0 3 3				815 894	
Over		0 0 0				1 0 1				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
1.8		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
1.6		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
1.4		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
1.2		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
1.0		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
0.8		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
0.6		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
0.4		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
0.2		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					
0		0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0				0 0 0					

" Chidorisan Maru "
Wave Pressure
Feb., '73—July, '73
No. of Data: 1,709

Ballasted Condition
Full Loaded
Total
Calm —
Head Sea —
Bow Sea —
Beam Sea —
Quarter —
Following —
Total Number of Data

Tab. 3. 10 Frequency Distribution of R. M. S. Values ("Chidorisan Maru", Pitching Angle)

Frequency Distribution of R. M. S. Values ("Chidorisan Maru", Rolling Angle)

Tab. 3.12 Frequency Distribution of Encountered Wave Heights

Visual Wave Height (m)	< 1 \leq	< 2 \leq	< 3 \leq	< 4 \leq	< 5 \leq	< 6 \leq	< 7 \leq	< 8 \leq	< 9 \leq	< 10 \leq	Total
<u>"Wakahata Maru"</u>											
Ballasted Cond.	2437	2371	1239	398	148	41	26	31	4	0	6,705
Full Loaded C.	2573	2478	1420	353	262	51	16	33	0	0	7,186
Total (%)	5010 (36.1)	4859 (35.0)	2659 (19.1)	751 (5.4)	410 (3.0)	92 (0.7)	42 (0.3)	64 (0.5)	4 (0.02)	0 (0)	13,891 (100.0)
<u>"Japan Alder"</u>											
Ballasted Cond.	262	2473	1539	346	154	38	0	0	0	0	4,812
Full Loaded C.	360	2698	1673	758	200	9	7	0	0	0	5,705
Total (%)	622 (5.9)	5171 (49.2)	3212 (30.5)	1104 (10.5)	354 (3.4)	47 (0.4)	7 (0.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	10,517 (100.0)
<u>"Chidorisan Maru"</u>											
Ballasted Cond.	1039	1370	954	215	160	12	11	1	11	0	3,773
Full Loaded C.	1208	1001	746	413	131	37	40	0	0	3	3,579
Total (%)	2247 (30.6)	2371 (32.2)	1700 (23.1)	628 (8.5)	291 (4.0)	49 (0.7)	51 (0.7)	1 (0.01)	11 (0.1)	0 (0)	7,352 (100.0)

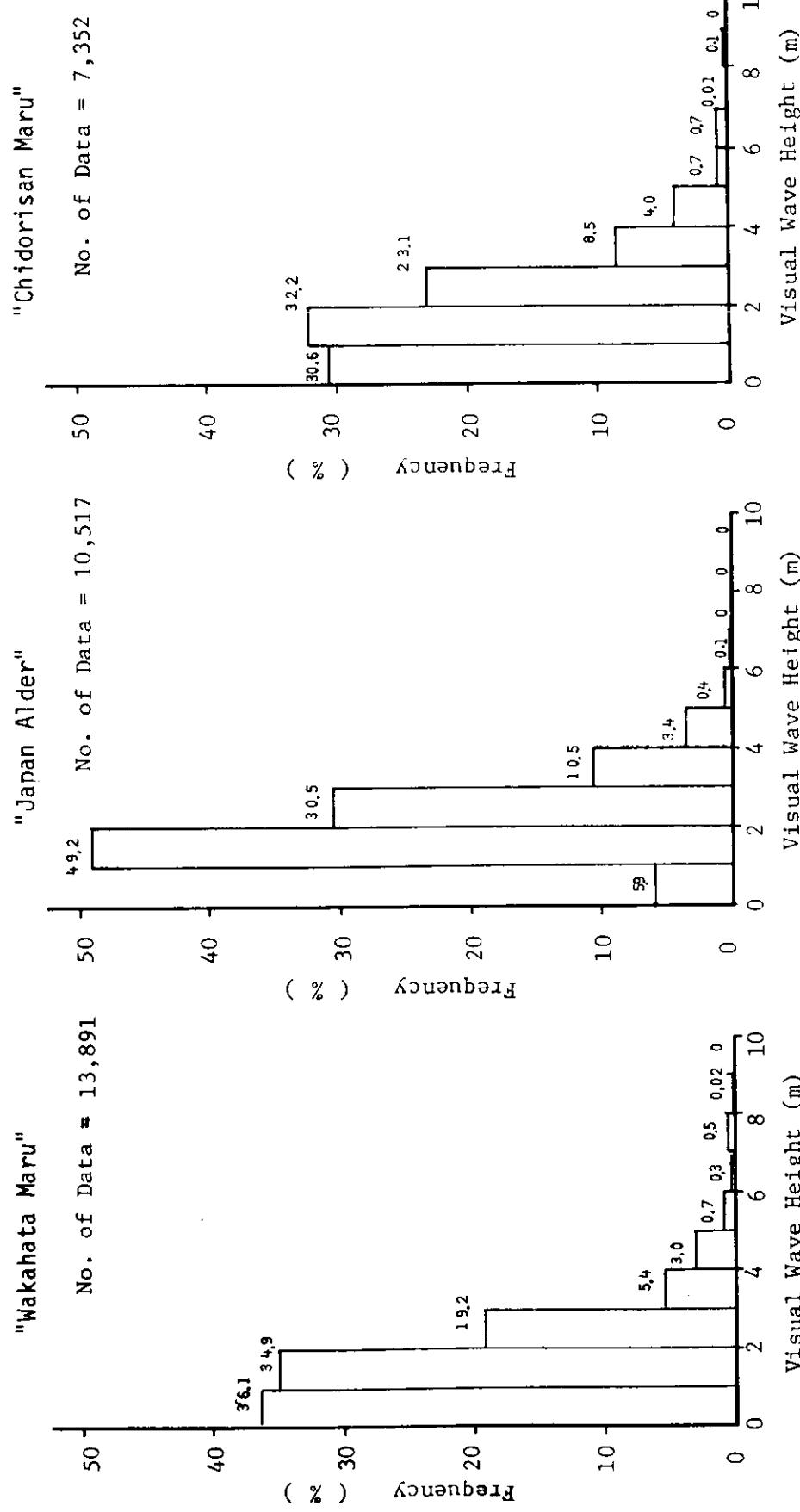


Fig. 3.2 Frequency Distribution of Visual Wave Heights

Tab. 3. 13 Frequency Distribution of Encounter Angle (%)

	Number of Data	Calm Sea	Head Sea	Bow Sea		Beam Sea		Quartering Sea		Follow- ing Sea
				Stab.	Port	Stab.	Port	Stab.	Port	
<u>"Wakahata Maru"</u>										
Ballasted C.	6,705	21.6	18.2	%	%					%
				11.1	27.5					
					16.4	3.3				
Full Loaded C.	7,186	21.2	7.6							
				19.9	24.1					
Total	13,891	21.4	12.8							
<u>"Japan Alder"</u>										
Ballasted C.	4,812	1.2	10.4							
				7.5	42.2					
					34.7	3.0				
Full Loaded C.	5,705	1.1	9.4							
				24.3	32.5					
Total	10,517	1.2	9.9							
<u>"Chidorisan Maru"</u>										
Ballasted C.	3,773	15.4	9.7							
				12.2	25.3					
					13.1	4.1				
Full Loaded C.	3,579	19.3	9.2							
				28.0	31.9					
Total	7,352	17.3	9.5							
				19.9	28.5					

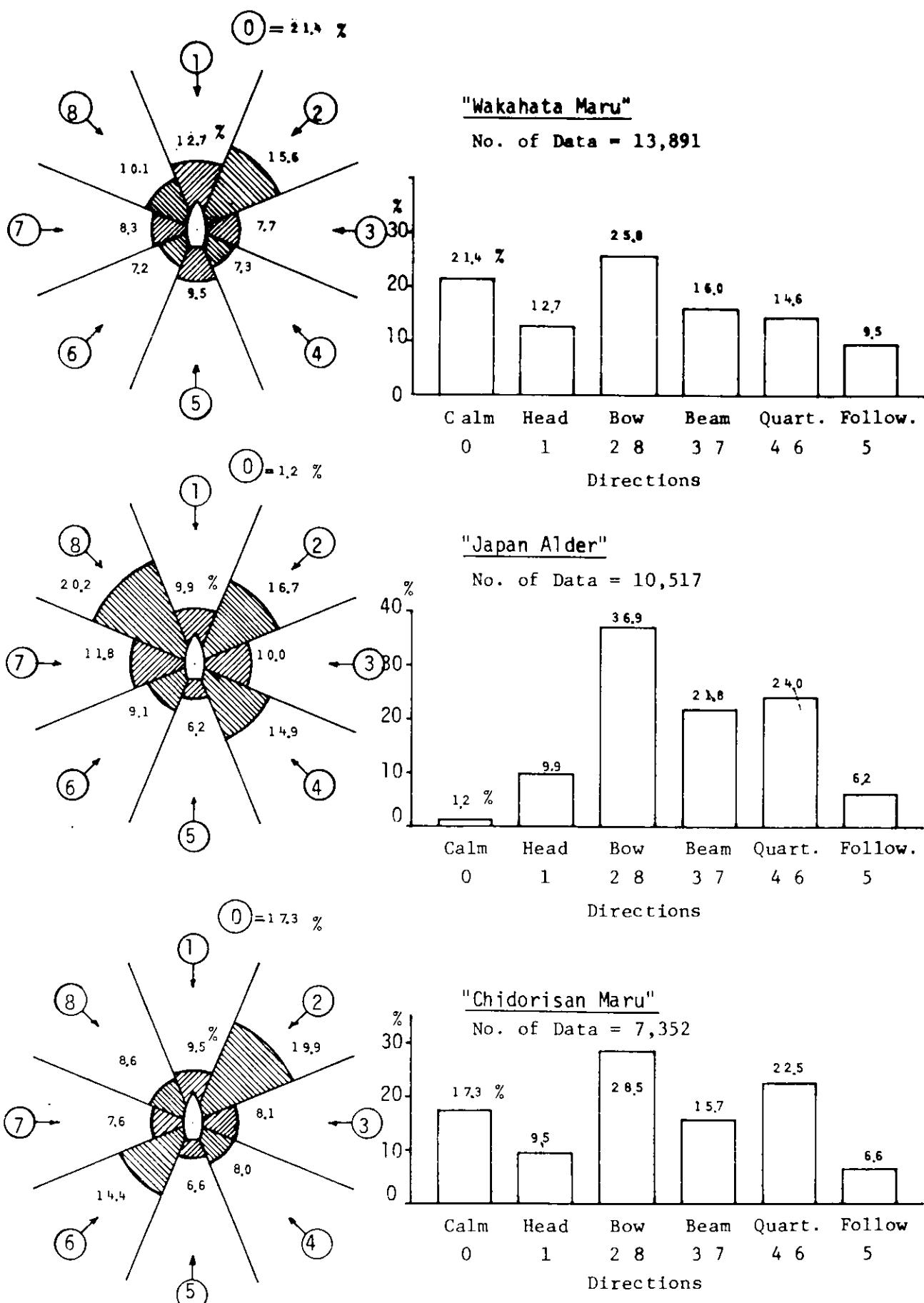


Fig. 3.3 Frequency Distribution of Wave Encounter Angle

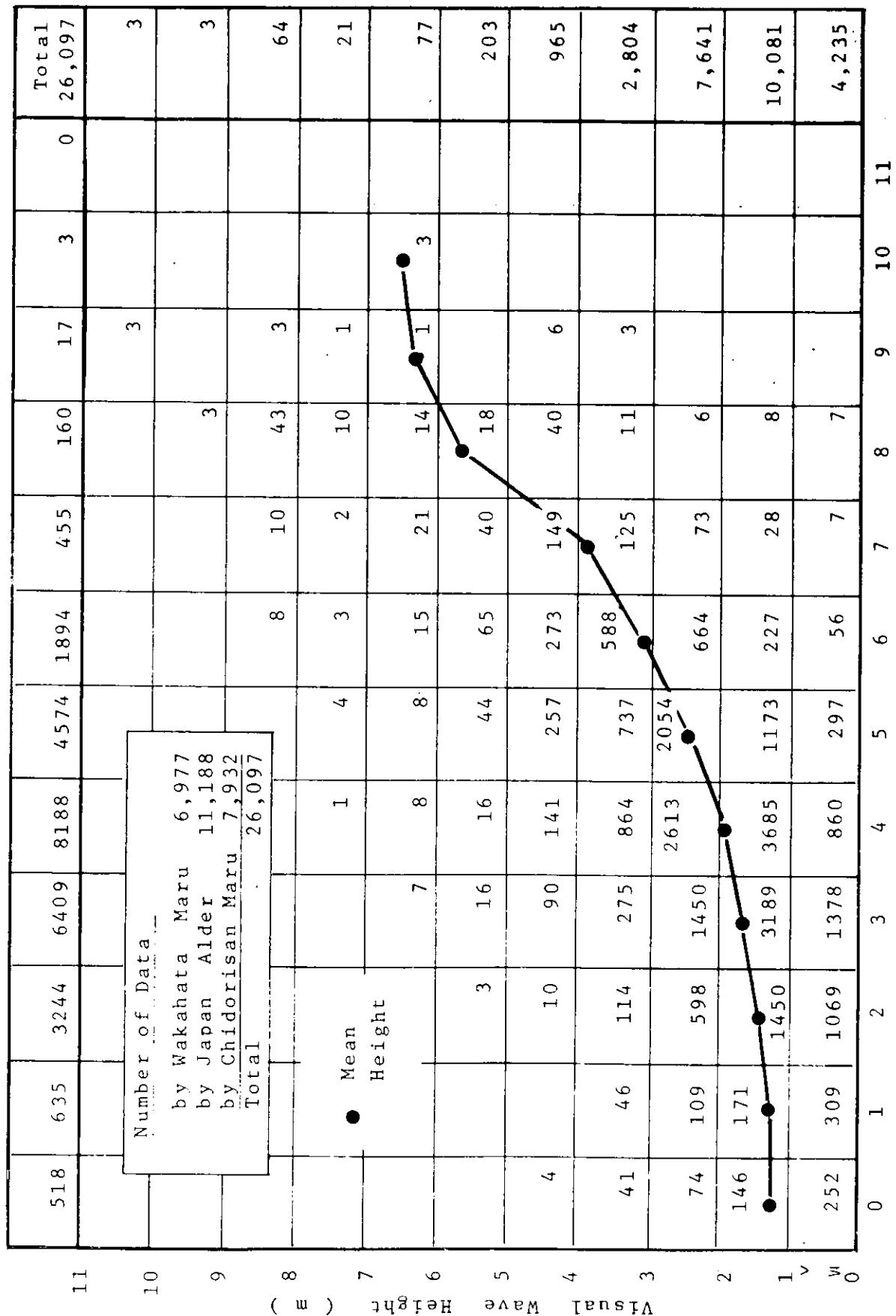


Fig. 3, 4 Visual Wave Height vs. Beaufort Wind Scale

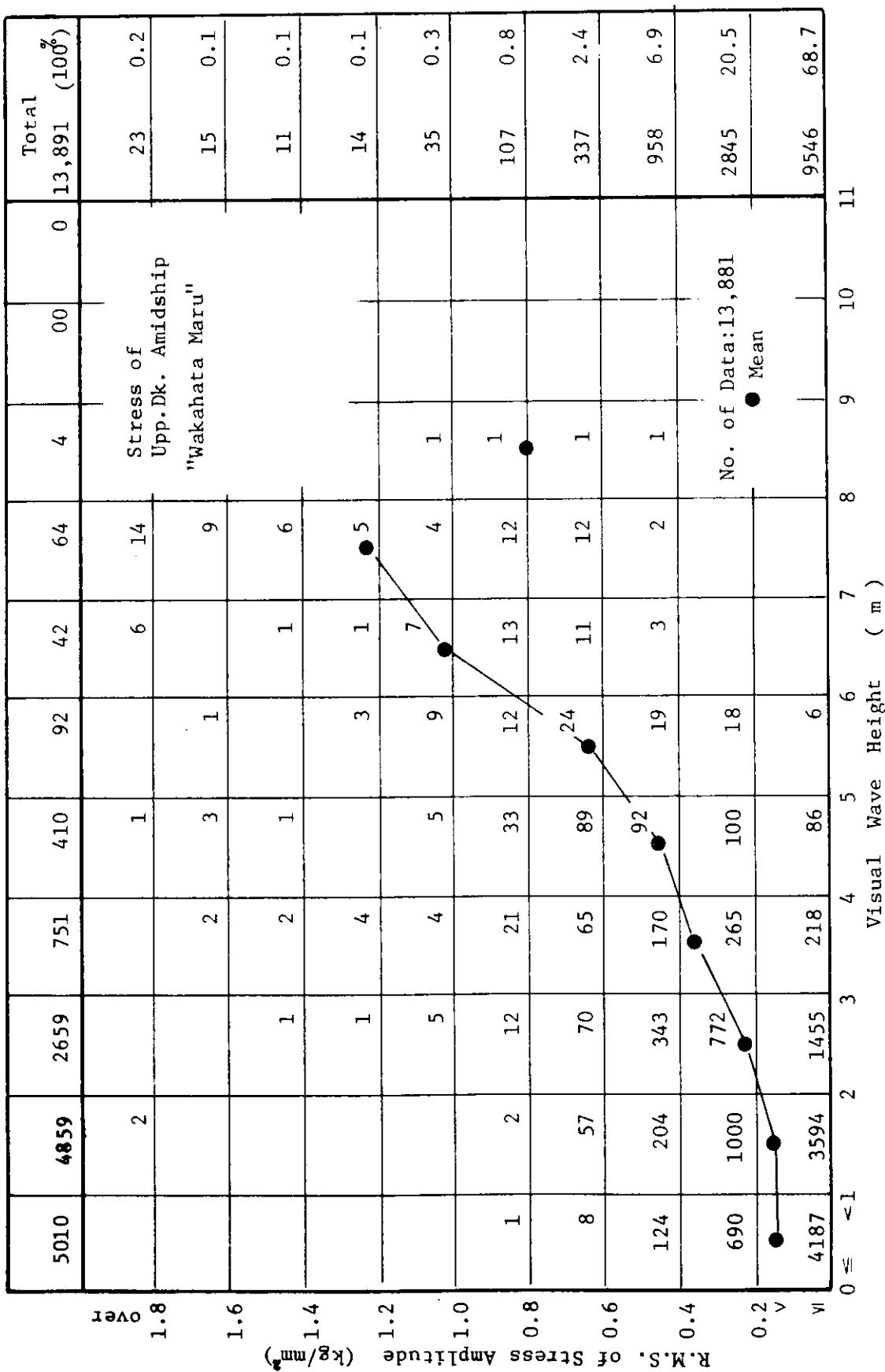


Fig. 3.5 R.M.S. of Deck Stress vs. Wave Height ("Wakahata Maru")

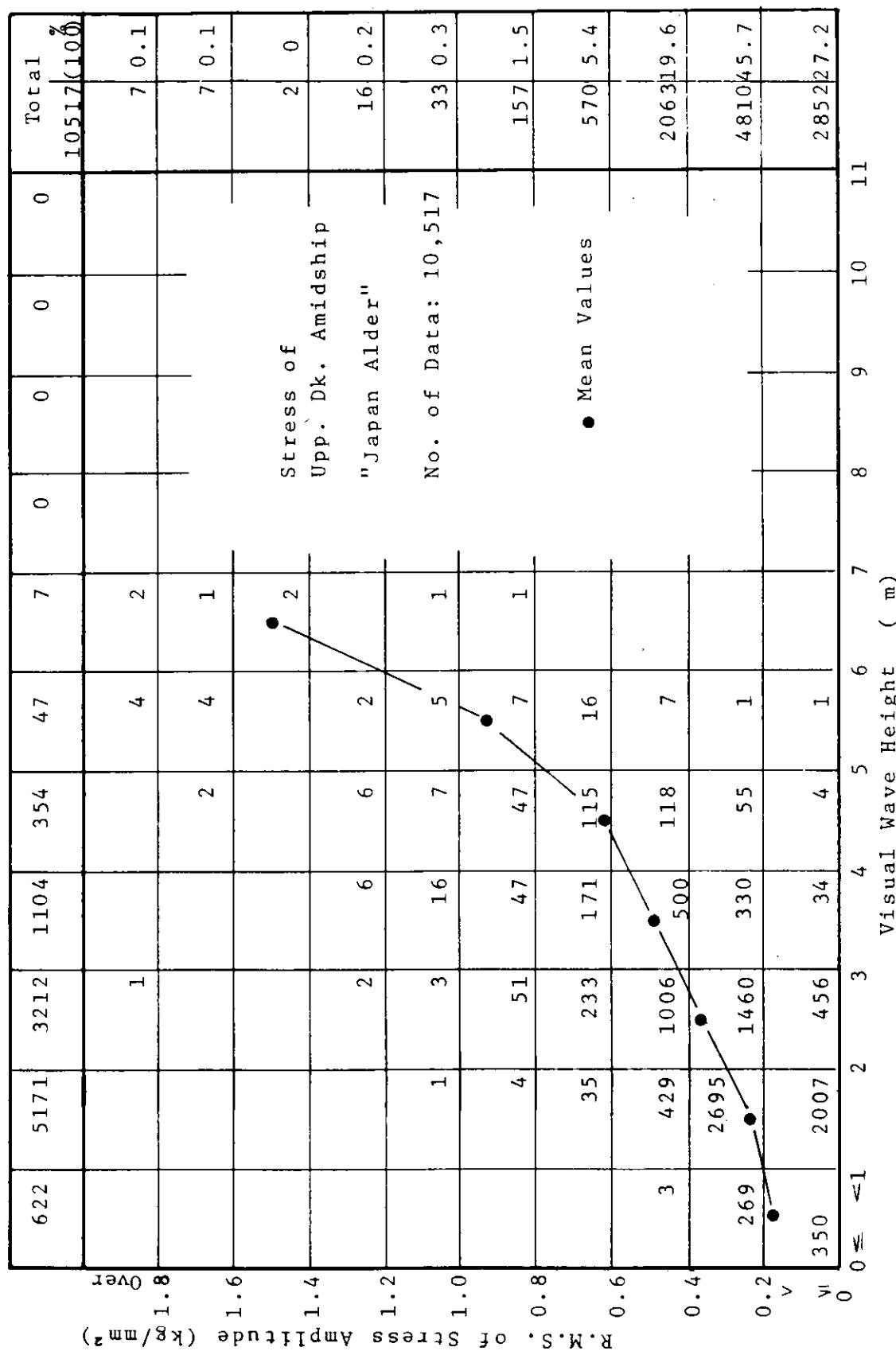


Fig. 3.6 R.M.S. of Deck Stress vs. Wave Height ("Japan Alder")

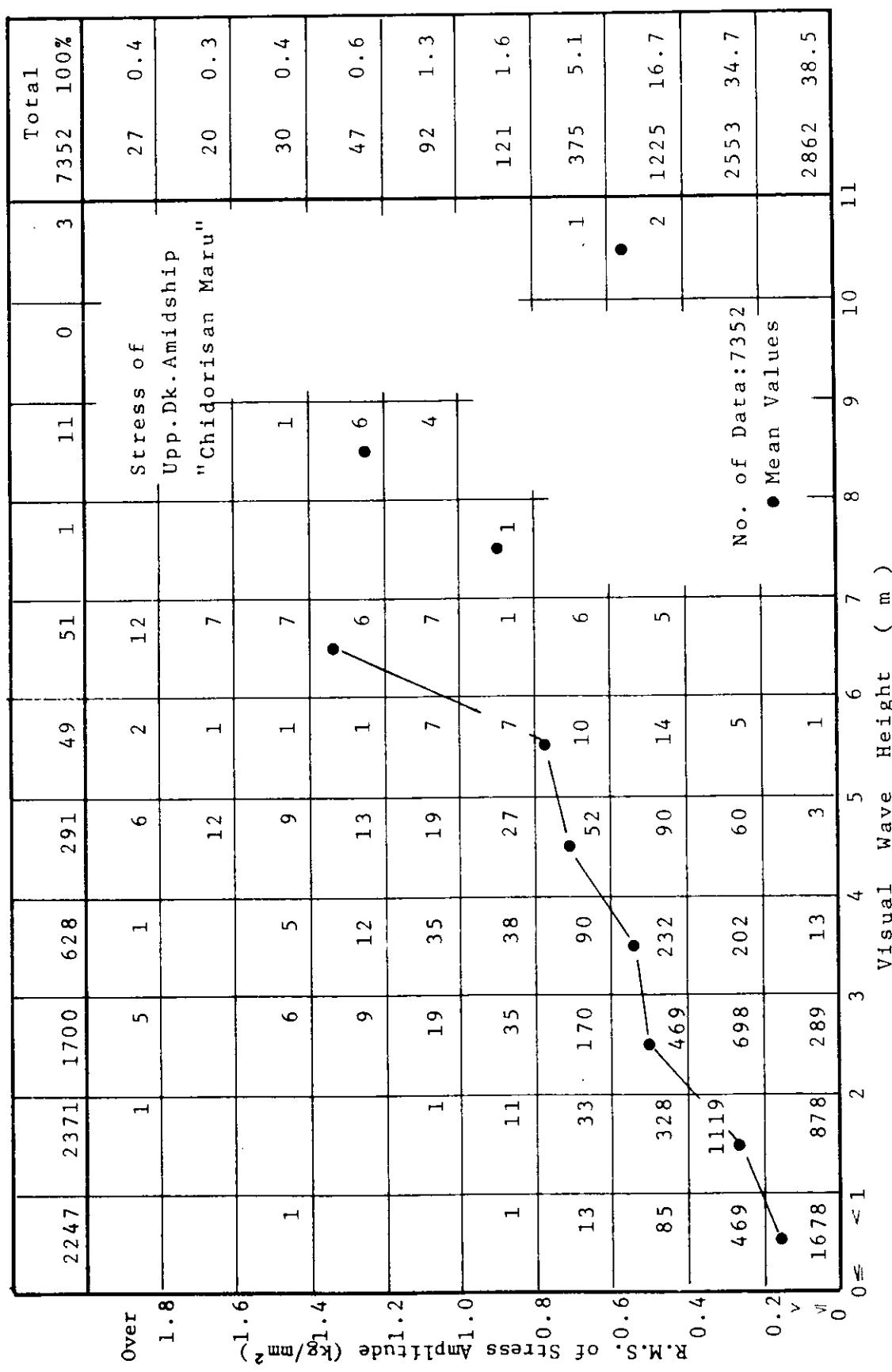


Fig. 3.7 R. M. S. of Deck Stress vs. Wave Height ("Chidorisan Maru")

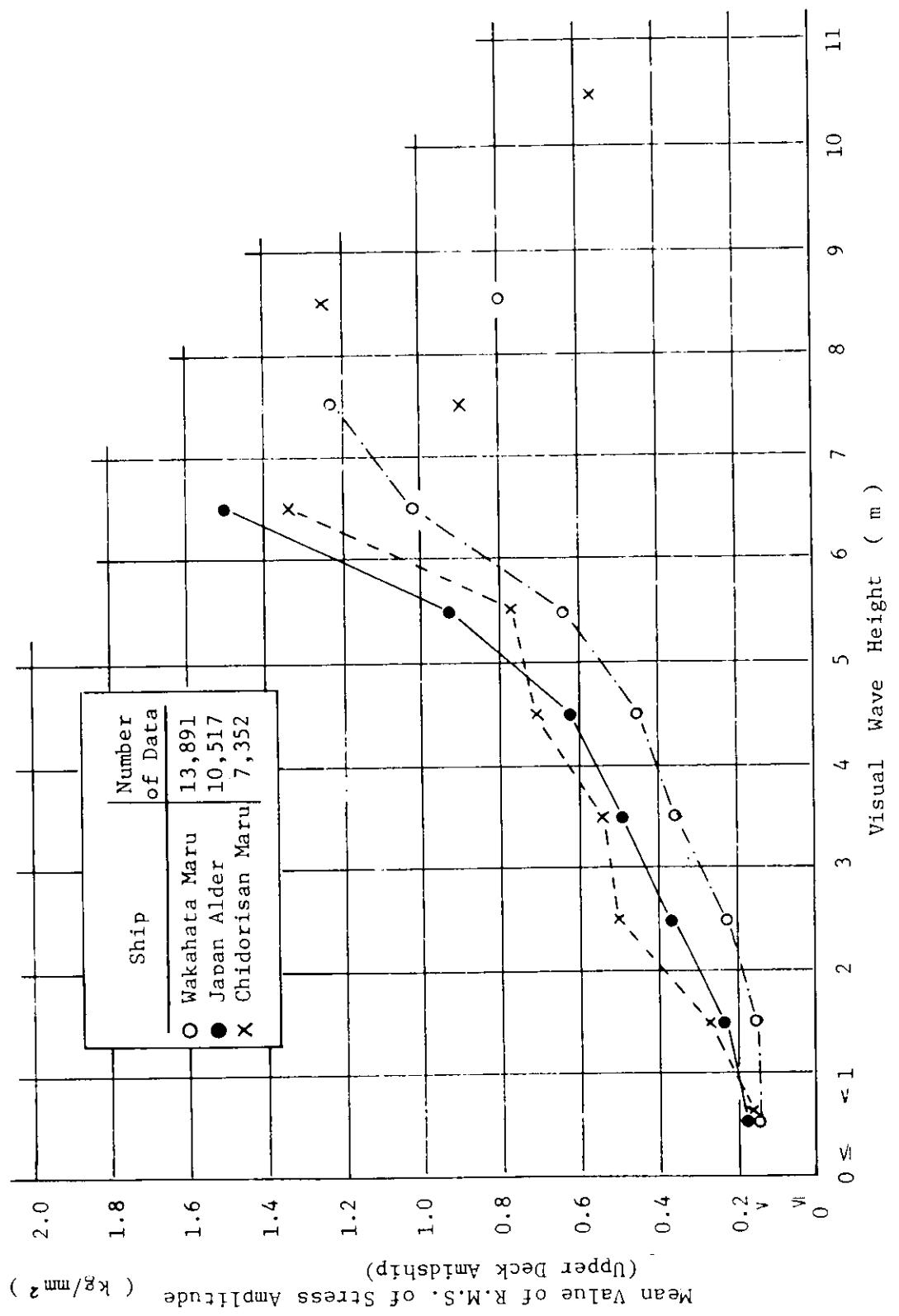


Fig. 3.8 Mean Value of R. M. S. of Stress Amplitude vs. Wave Height

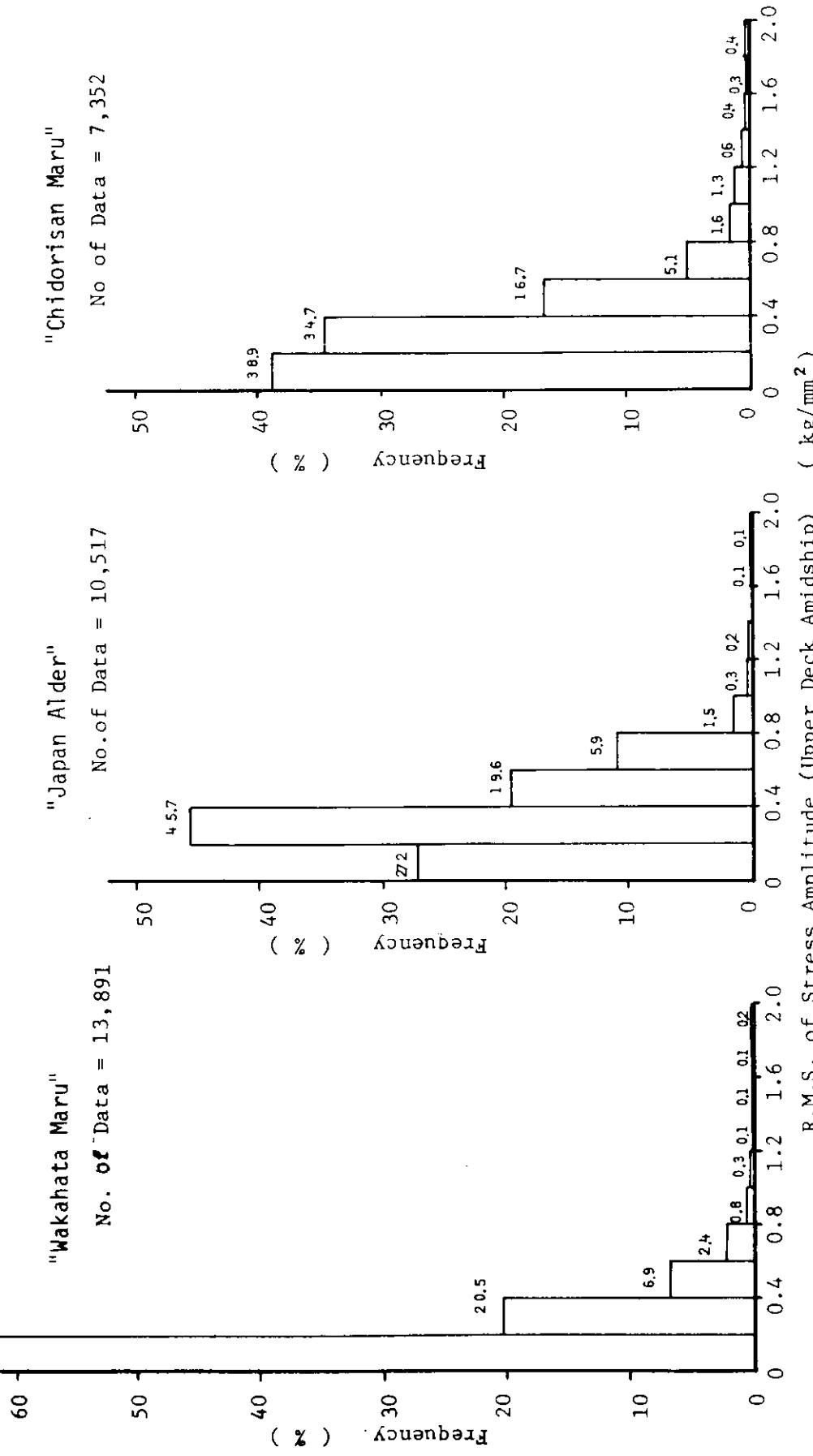
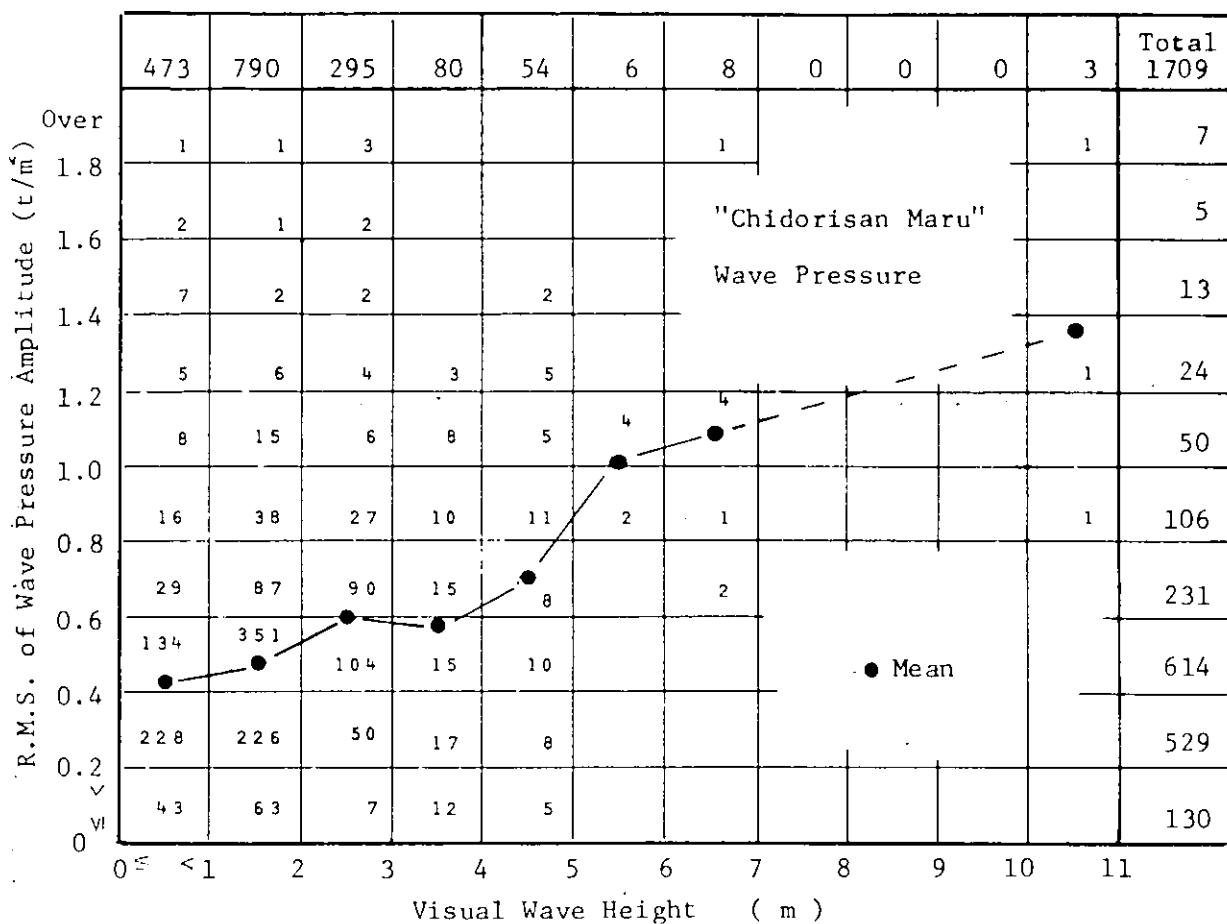


Fig. 3.9 Frequency Distribution of Wave Bending Stress (Upper deck Amidship)



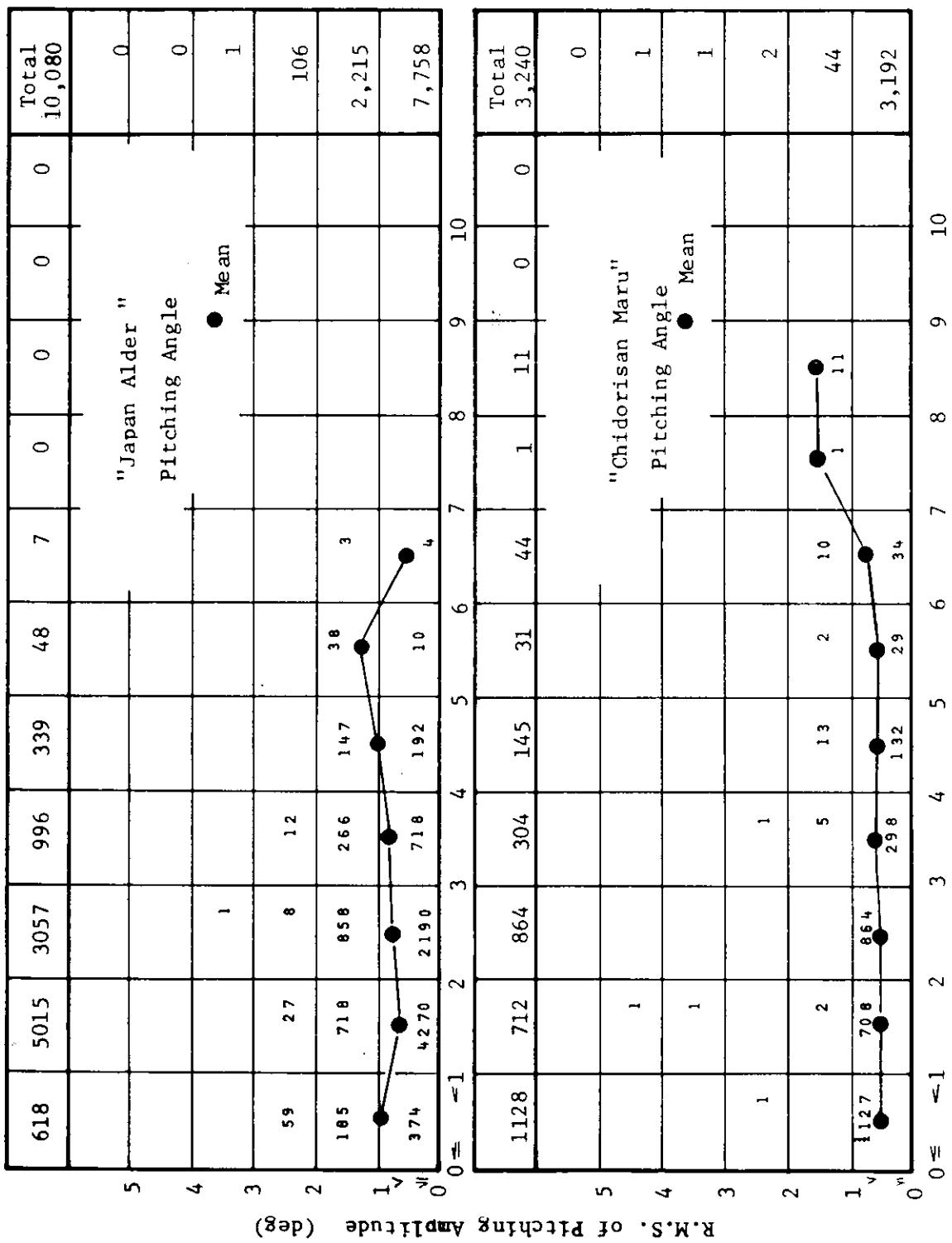


Fig. 3.12 R. M. S. of Pitching Amplitude vs. Wave Height

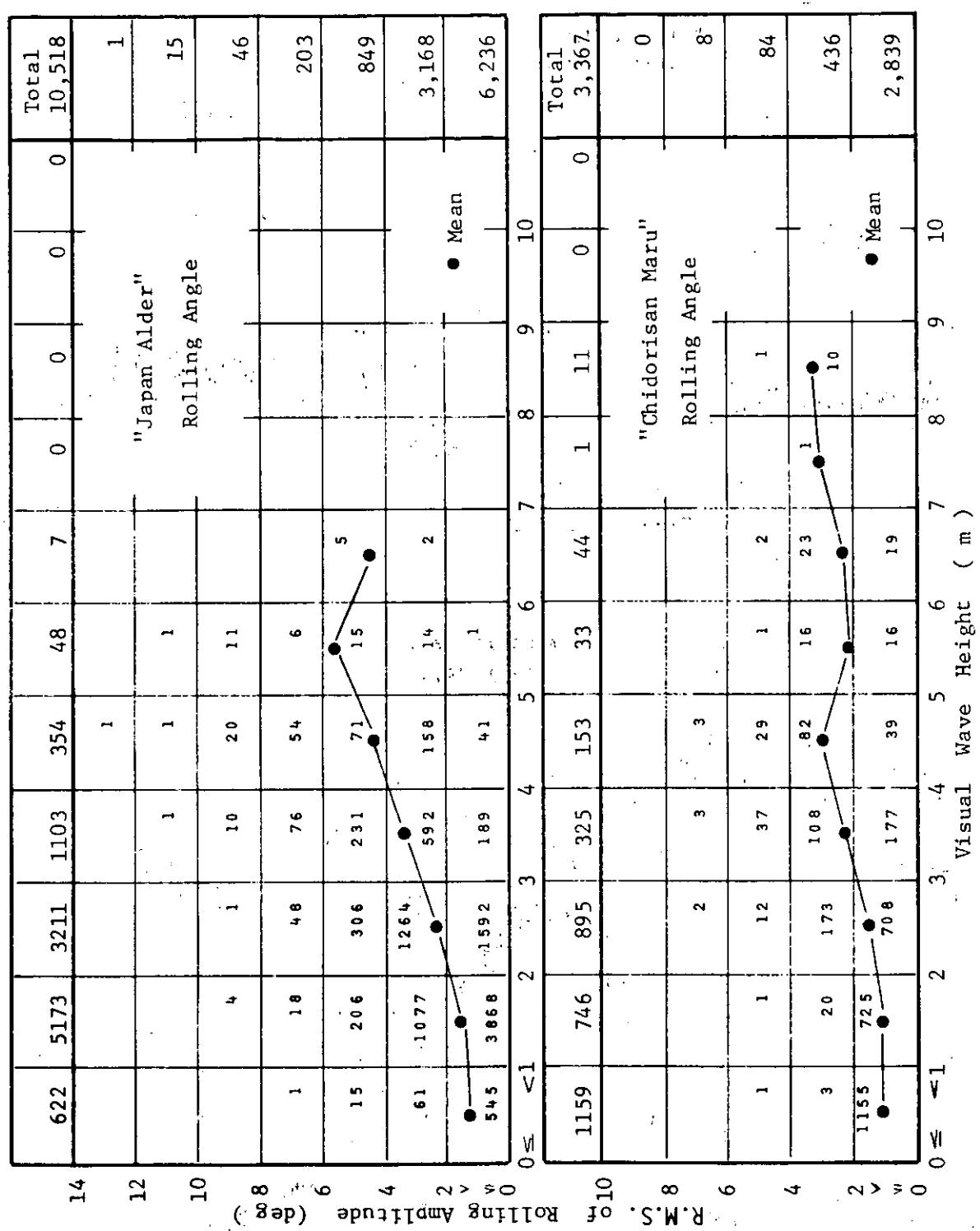


Fig. 3.13 R. M. S. of Rolling Amplitude vs. Wave Height

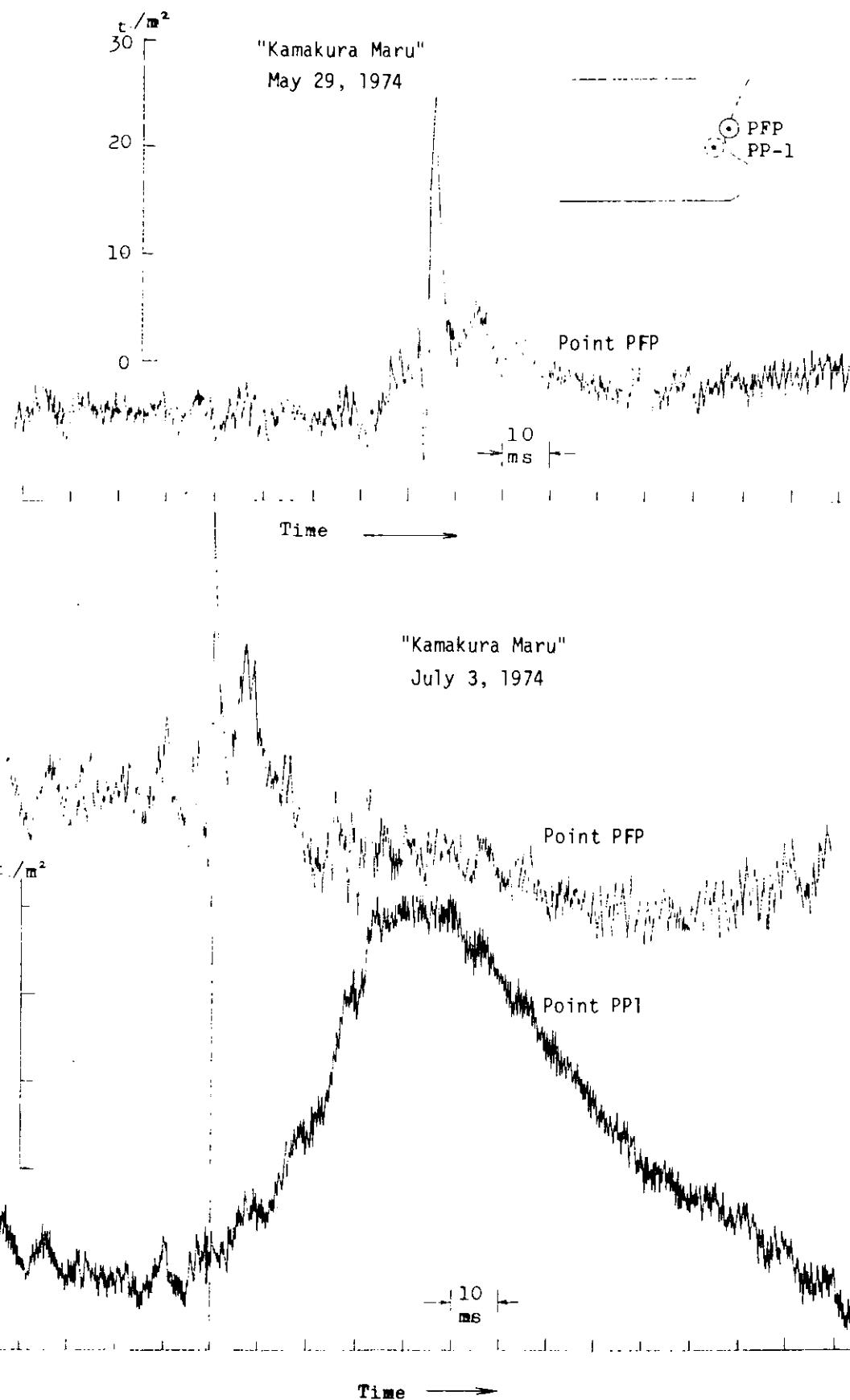


Fig. 3.14 Example of Oscillogram of Impact Wave Pressure ("Kamakura Maru")

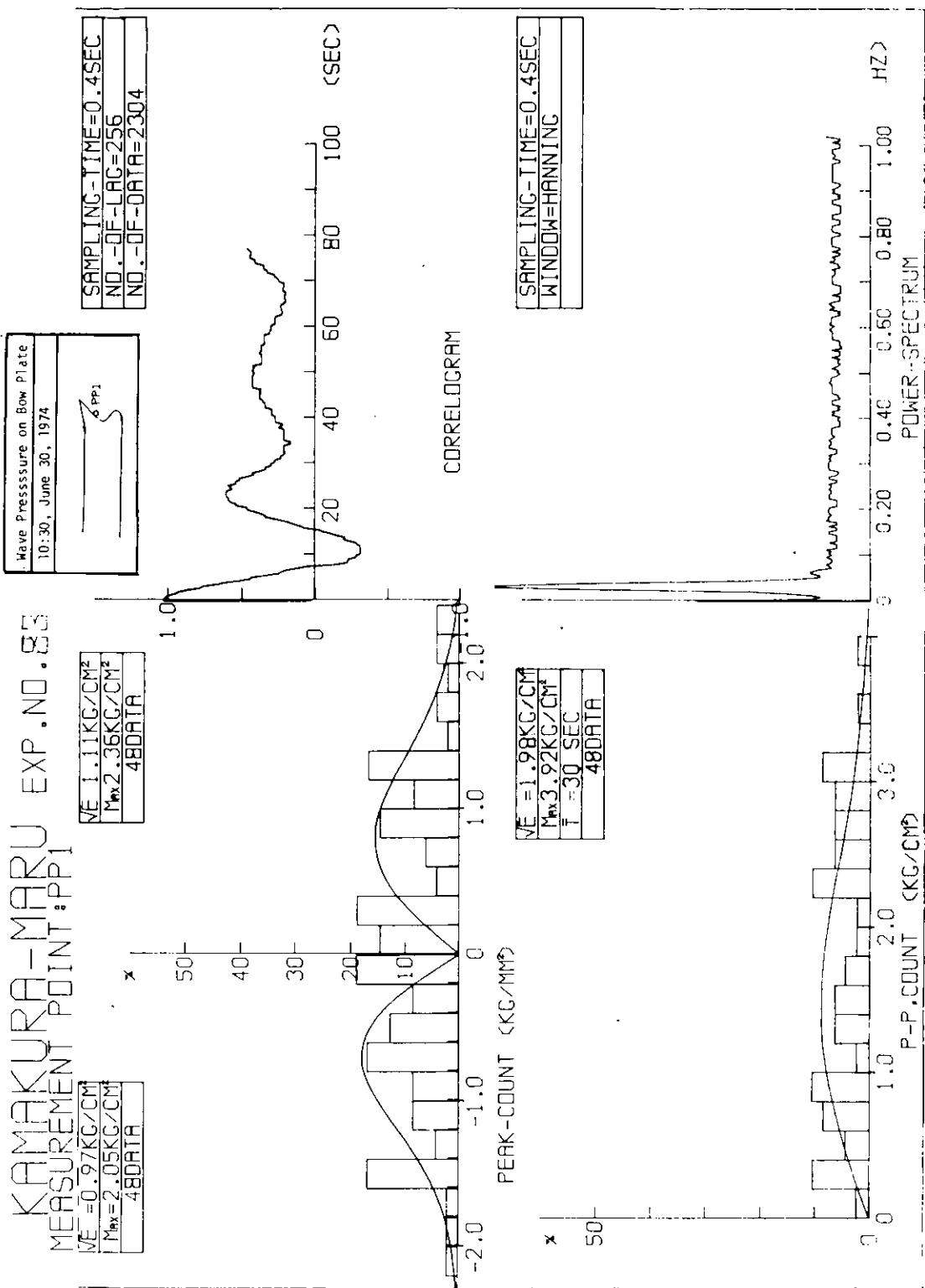


Fig. 3, 15 Sample of Short-Term Distribution and Spectral Analysis ("Kamakura Maru". Wave Pressure)