

日本船舶振興会昭和55年度補助事業
“船舶の外力と設計基準に関する研究”

日本造船研究協会報告 第97号

船舶の波浪中応答に関する調査研究

(気象海象および船舶の波浪中応答に)
関する統計解析ならびに実船計測)

第163研究部会

昭和56年3月

社団法人

日本造船研究協会

Report of the Shipbuilding Research Association of Japan

No. 97

**STATISTICAL ANALYSIS AND FULL SCALE MEASUREMENTS
OF WIND, WAVE AND SHIP'S RESPONSE**

by

The 163rd Research Panel (SR163),
The Shipbuilding Research Association
of Japan

March 1981

The Shipbuilding Research Association of Japan
(Toranomon 1-15-16, Minato-ku, Tokyo 105)

第163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）

委員

真能創	(防衛大学校)	前田久明	(東京大学)
小畠和彦	(東京大学)	能勢義昭	(東京大学)
長沢準	(船舶技術研究所)	高石敬史	(船舶技術研究所)
菅信	(船舶技術研究所)	川口昇	(三菱重工業)
小野田仁	(気象所)	越智正典	(石川島播磨重工業)
田崎亮	(石川島播磨重工業)	小林正典	(三井造船)
榎本圭助	(三井造船)	岡本洋	(川崎重工業)
高木又男	(日立造船)	尾川宣之	(日本鋼管)
南真和	(三井造船)	伊藤哲	(佐世保重工業)
永松秀一	(住友重機械工業)	日下幹夫	(大阪造船所)
久田靖二	(函館ドック)	大橋誠三	(日本造船技術センター)
新田顕	(日本海事協会)	川路正	(昭和海運)
奥山孝志	(日本中型造船工業会)	竹沢誠二	(横浜国立大学)
前島孝雄	(北辰電機製作所)		

討議参加者

河辺寛	(防衛大学校)	田中久仁雄	(石川島播磨重工業)
高梨伊三夫	(川崎重工業)	新井信一	(日立造船)
竹川治美	(三井造船)	神宮紀夫	(日本鋼管)
小林顕太郎	(住友重機械工業)	川隅一道	(佐世保重工業)
宮沢多	(三菱重工業)		

目 次

まえがき	1
1. 船舶気象観測データ（北太平洋）の統計解析	2
1.1 緒言	2
1.2 使用したデータ	3
1.2.1 原データ	3
1.2.2 解析されたデータの数	3
1.3 解析方法	4
1.3.1 海域の区分	4
1.3.2 季節的区分	5
1.3.3 波および波の各要素の区分	5
1.3.4 統計解析の手順	5
1.3.5 解析結果の表示	5
1.3.6 Rose 表示による気象海象図	5
1.4 解析結果	6
1.4.1 風速・波高・波周期のヒストグラム	6
1.4.2 平均風速および平均波高	6
1.4.3 風速と波高・波周期の関係	6
1.4.4 波高の頻度分布	6
1.4.5 強風・高波について	8
1.5 結言	11
2. 波浪荷重・波浪等の実船計測	13
2.1 緒言	13
2.2 計測船および計測期間	13
2.3 計測項目および計測点	13
2.4 計測装置および計測方法	14
2.5 計測結果	15
2.5.1 外界条件	15
2.5.2 自動 RMS 計測装置による計測結果	16
2.5.3 波浪および応答スペクトル	18
2.6 結言	18
3. 海洋気象観測船「啓風丸」による波浪観測実験	20
3.1 緒言	20

3.2 実船計測の概要	20
3.2.1 波浪計及び計測システム	20
3.2.2 実験航海の概要	20
3.3 実験結果	22
3.4 考 察	22
3.4.1 各種波浪計の比較	22
3.4.2 船載式波浪計の計測システムについて	23
3.5 結 言	23
付録	
1. 超音波式波浪計について	24
// 2. 船載式スペクトルアナライザーについて	24
// 3. 船載波浪計により測定した波に対する船体影響について	24
// 4. 第3回波浪計測実験	27
// 5. 第4回波浪計測実験	27
// 6. レーダープライ使用実験	28
参考文献	29
附図・附表	31

C O N T E N T S

Preface	-----1
1. Statistical Analysis of Ship Weather Reports (North Pacific Ocean)	-----2
1.1 Introduction	-----2
1.2 Used Data	-----3
1.3 Method of Analysis	-----4
1.4 Results of Analysis	-----6
1.5 Conclusion	-----11
2. Full Scale Measurements of Wave and Ship's Response	---13
2.1 Introduction	-----13
2.2 Ship and Schedule	-----13
2.3 Measuring Item and Position	-----13
2.4 Apparatus and Method of Measurements	-----14
2.5 Results of the Measurements	-----15
2.6 Conclusion	-----18
3. Experiments of Cooperative Wave Measurements	-----20
3.1 Introduction	-----20
3.2 Outline of the Experiments	-----20
3.3 Results of the Experiments	-----22
3.4 Considerations	-----22
3.5 Conclusion	-----23
Appendix	-----24
References	-----29
Figures and Tables	-----31

ま　え　　が　　き

本研究部会（SR163）は、昭和51年度から発足して5ヶ年にわたり

1. 北太平洋における船舶気象観測データの統計解析
2. 波浪荷重・波浪等の実船計測
3. 各種波浪計による共同波浪計測

の三つのプロジェクトについて研究を実施してきた。

項目(1)は、1964～1973年の10年間の船舶気象通報による400万近くの膨大なデータを統計解析して、北太平洋海域の区分ごとおよび季節ごとの気象・海象を整理し、長期予測の基礎資料を求めたものである。昭和51～53年の3年度にわたって統計処理を行い、昭和54年度には「北太平洋の風と波の統計図表」を刊行した。

項目(2)は、長期連続の自動計測によって、北太平洋航路船の船体応答の長期傾向を求め、あわせて、波浪ブイによる波浪計測を行い、北太平洋海域における波浪スペクトルのデータを蓄積することを目的としたものである。コンテナ運搬船「米州丸」(24,191tDW)によって、昭和51年10月(第71次航)から昭和56年1月(第123次航)までの計測が行われた。

項目(3)は、昭和54、55の両年度に実施したもので、気象庁・船舶技術研究所などとの共同実験の形で、気象観測船「啓風丸」によって、沿岸および近海において各種波浪計測装置を併用しての共同計測を行ったものである。

1. 船舶気象観測データ（北太平洋）の統計解析

1.1. 緒　　言

海洋を利用する船舶や海洋構造物の設計・運用にとって、これらの動搖や波浪外力など、波浪中における諸性能を推定することが、経済性・安全性の両面から必須の条件である。外洋波浪の要素波である規則的な波の中におけるこれらの応答特性は、理論的にもかなり詳しく解明されるようになったが、外界条件である海洋の波浪の統計的性質が未だ充分に解明されているとは言い難く、従って実際海面での応答の大きさの決定におおむね不充分な点が残されている。

応答推定に必要な風や波のデータとしては、波のエネルギースペクトルの形状及び波高、波周期、波向、風速、風向等の出現頻度などであるが、わが国の造船・海運・海洋開発に関連の深い北太平洋及びその周辺海域の波浪に関しては、測器による観測は、沿岸の一部或は数少ない観測船に限られており、大多数は一般商船による目視観測である。波浪の目視観測データは、精度がよくない、個人差がある、商船の航路に集中している、或は商船は荒天を避けるので荒天時のデータ数が実際と違う等の問題点もあるが、観測数が非常に多いので、波浪の出現頻度或は出会い頻度を予測するのに有力な裏付けとなり得るものである。これまでにも、北大西洋についてのWaldenの統計¹⁾、世界の各海洋についてのHogbenらの統計²⁾、北太平洋についての山内らの統計³⁾が発表され、利用されている。現在、一般商船（Voluntary ship）による目視観測の波浪データは、毎年継続して全世界的な規模で収集されているが、特に1963年のWMO（国連世界気象機関）第4回総会において、海上気候一覧表作成と、資料収集のための国際協定が決議されてからはデータの収集・編集・貯蔵・解析等が統一された形式で行われるようになっており、波浪データの活用の便が計られている。

今から10余年前にSR80部会で北太平洋の気象海象の統計解析（1954年から1963年までの10年間のデータ）^{4) 5) 6) 7)}が行われたが、その後の期間にさらに厖大な数のデータが集積されつつあるので、SR163により1964年から1973年に至る10年間の同種データの統計解析を行うこととした。そして昭和51年度から4ヶ年計画で順次解析を進めた。まず、昭和51年度は、わが国の気象庁海洋気象部に集積保管されている、北太平洋の西半分（110°E～170°W、0°N～50°N）の海域の気象海象（風向、風速、波向、波高、波周期）のデータを統計解析し、これらの要素の組合せの出現頻度を求めた。

次いで昭和52年度は、北太平洋の東半分（170°W～100°W、0°～55°N）の海域について同様の統計を行った。この海域の海象データの収集、保管の責任国はアメリカ合衆国であるので、同国のNOAAに依頼し、同庁保管のデータから、われわれの解析の対象海域、対象年月のデータを選び出したものを購入して解析した。

また、船舶や海洋構造物の設計値の設定には、強風高波などの過酷な状況の海象データが特に重要であるので、そのような条件のデータ、即ち風速50ノット以上及び60ノット以上の強風、波高10m以上及び15m以上の高波のデータを、統計対象データの中から選び出し、このような異常値の海域別分布や、その出現時の気象条件を詳しく検討した。

昭和53年度は、前2ヶ年にわたって行われた東西北太平洋の統計と合わせて北太平洋全域にわたる統計を出すと共に、北太平洋を89の小海区に分けて求めた統計結果を、見易い海象・気象図で表現するため風速と波高の方位別出現頻度を示すRose図を作成した。また前年度に引き続き、強風、高波のデータの検討を続けると共に、北太平洋における波高の頻度分布がどのような分布形をしているかも解析した。

昭和54年度はこれらの解析結果を「北太平洋の風と波に関する統計図表」として出版した。

本報告書では、これら4年間にわたる統計解析の結果と考察を要約して述べるが、詳細結果については各年次報告書⁸⁾及び上記統計図表⁹⁾を参照されたい。

1.2 使用したデータ

1.2.1 原データ

統計解析に用いた原データは、気象庁及びNOAAに保管してある海洋気象観測データ（Marine Meteorological Data またはMarine Surface Data）である。これらのデータはWMOの第4回総会決議35「世界気候図帳の海洋編刊行を目標とする海上気候一覧表と資料収集のための国際協定」に基づいて行われている国際海上気象統計業務の目的で収集されたものである。この業務は1961年から向う30年間、資料を収集し、最終的には世界海洋図帳を作成することを目標としている。この業務を実施するため、世界の海を10の海区に区分し、9ヶ国（1978年以降は8ヶ国となる）がそれぞれ担当海域を受持つて、自己の責任海域内の海上気象統計を担当する。日本の担当海域は赤道から北緯46°までと東経120°から西経170°まで、アメリカ合衆国の担当海域は北半球では西経50°から西経170°までとなっている（Fig. 1.1 参照）。

日本の場合、1952年以降は気象業務法により決められた日本船舶（1,600トン以上のすべての船舶）が、距岸50カイリ以上を航行する場合、気象観測通報を行っている。また、アメリカ合衆国では18世紀頃からの自国及び外国の海洋観測データを収集して、全世界の海洋を緯度、経度とも10°の枠目（Marsden Square）に区切り、データを年度順に分類保管している。そして、いずれの国でも1961年から上記の国際業務に移行している。波浪データの収集の詳細は別の文献を参照されたい。

日本の気象庁には、1961年以降は、日本船舶が観測した全世界の海域でのデータと、日本の統計業務の責任海域内で観測した外国船のデータが合わさり、1年分が磁気テープ1巻に格納されている。データの数は1年間で約30万である。このようなテープの中から1964年から1973年までの10巻を気象庁から借用して解析に使用した。

アメリカ合衆国NOAAからは、今回の解析の対象となる海域と期間のデータを原磁気テープより読みとり、新しく16巻の磁気テープに格納し直したものを持ち出された。

一般船舶による海象・気象の観測回数は、日本船の場合原則として3時間おき1日8回、国際観測通報船舶（Selected Ship）の場合は6時間おきで1日4回行われることになっている。観測データは船舶気象観測表に記入され、船が入港した際に自国の気象官署に郵送される。このデータは受けた気象官署で専門家によるチェックを受けたのち、WMO指定の万国共通の国際気象パンチカード（Fig. 1.2）に穿孔され、磁気テープに記入される。さらにデータは世界の10の海域（Fig. 1.1）ごとに分類され、その海域ごとの担当国（気象官署）にて、パンチカードまたは磁気テープにより、1年1回送付される。担当国では、自国船のデータと、外国から送られてきたデータとと一緒にしてローデータ磁気テープに収納し、これを計算機によるチェックルーチンにかける。その際疑問のあるデータは自動的に修正される。波浪データの修正法は後述する。このような修正が行われたデータが最終的なデータとして保管され、各種の解析に使用される。

1.2.2 解析されたデータの数

統計解析の対象として1964年1月から1973年12月までの船舶による風象・波象のデータ数は風向・風速に関しては総計約430万データであった。SR80のときのデータ数は約150万であるので今回はそのときの3倍弱のデータを解析したことになる。各小海区分別に示すとFig. 1.4 のようになる。また後述する4大海区のデータ数は風向・風速および波向・波高に関して以下のようなようであった。

イ)	30°N 以北	2200730 (風)	1945817 (波)
ロ)	30°N 以南	1901977 (〃)	1703270 (〃)
ハ)	実船計測区	900257 (〃)	794945 (〃)
ニ)	全海域	4102707 (〃)	3649087 (〃)

月別のデータ分布は割合に平均しており、気象庁データで解析した数は毎月21万～23万データ、NOAAのデータは毎月13万～14万データ、両者合わせて毎月34～38万データであった。

1.3 解析方法

磁気テープに収録されている気象・海象データのうちから、風向、風速、波向、波高、波周期の5つの要素を選び、後述の海域別、季節別に次の6つの組み合わせの観測度数・頻度(100分率)を求めた。

- a) 風向 — 風速
- b) 波向 — 波高
- c) 波向 — 波周期
- d) 波高 — 波周期
- e) 風速 — 波高
- f) 風速 — 波周期

但し、e)とf)については、北太平洋の対象全海域の通年に対する統計のみ出した。

1.3.1. 海域の区分

解析の対象海域は 0°N ~ 50°N ; 110°E ~ 170°W の西部太平洋海域と、 0°N ~ 65°N ; 170°W ~ 100°W の東部太平洋海域である。この海域をFig. 1.3に示すように89の小海区に分割し、それぞれの小海区ごとに上記a)~d)の統計を出した。この海域の区分は、大筋はSR 80のときの区分にならったが、日本近海での区分はSR 80よりさらに細分化してある。また、日本近海の小海区37を、数海区づつに統合し、ほぼ 10° (経度)× 5° (緯度)の海区12にしたものについても、統計を出した。さらに、 170°W より以西及び以東の東西北太平洋海域をそれぞれ 0°N ~ 30°N 、 30°N 以北、実船計測海域及び全海域の4種類の大海区に区分して統計を出した。また、 110°W ~ 110°E の全北太平洋海域についても、 0°N ~ 30°N 、 30°N 以北、実船計測海域及び全海域に対する統計を出した。

これらの海区の区分をまとめるとTab. 1.1のように合計113となる。

Tab. 1.1 Division of Sea Area
海域の区分

	西部北太平洋	東部北太平洋	
小海区 (89)	E01~E23, M01~M24W	W01, W02~W28, W29	
日本近海の 小海区の統合 (12海区)	[E03 ^N _S + E04 ^N _S] [E05 ^N _S + E06 ^N _S] [E08 ^N _S + E09 ^N _S + E10 ^N _S + E11 ^N _S] [E12W + E12E] [E13 ^W _E + E14] [E17 + E18]	[M03 + M04] [M06 ^N _S + M07 ^N _S] [M09 ^N _S + M10 ^N _S] [M12 ^N _S + M13 ^N _S] [M15 + M16] [M18 + M19]	
東西大海区 (8) A~H	A[110°E ~ 170°W , 0°N ~ 30°N] B[110°E ~ 170°W , 30°N ~ 50°N] C[E05S, E06S, M06S, M07S M09 ^N _S , M10N, M05W, M08W] D[110°E ~ 170°W , 0°N ~ 50°N]	E[170°W ~ 110°W , 0°N ~ 30°N] F[170°W ~ 110°W , 30°N ~ 55°N] G[W03~W10] H[170°W ~ 110°W , 0°N ~ 55°N]	
北太平洋 大海区	A + E ; [110°E ~ 110°W , 0°N ~ 30°N] B + F ; [110°E ~ 170°W , 30°N ~ 50°N ; 170°W ~ 110°E , 30°N ~ 55°N] C + G		
全海域	D + H [110°E ~ 170°W , 0°N ~ 50°N ; 170°W ~ 110°E , 0°N ~ 55°N]		

実船計測海域は、第2章で述べる波浪荷重、波浪等の実船計測が行われる海域を想定したものであるが、5年間にわたる実船航路を見ると、さらに日本寄り、千鳥寄り及びアリューシヤンを含む海域の航海実績が多いので、これらの海域を加えた統計も必要であろう。

なお大海区及び全海域の統計に、W01, W02, W29の3つの小海区を入れなかったのは、SR80の統計にこれらの海域が含まれていないこと、いわゆる北米航路からやや外れた海域であることなどがその理由である。

1.3.2 季節的区分

10年間のデータをまとめ、1月から12月までの各月別、春（3月、4月、5月）、夏（6月、7月、8月）、秋（9月、10月、11月）、冬（12月、1月、2月）の四季別、および全季節を合計した通年の計17の季節的区分を行った。

1.3.3 風及び波の各要素の区分

風向、波向、風速、波高、波周期はTab. 1.2~1.6に示すように区分した。即ち、風向と波向は 30° ごとの12方位に、風速は0~70ノットの間を10ノットごとに分けると共に、70ノット以上、平穏のクラスを加え7分割した。波高は0~15mまでを1mごとに分割すると共に、15m以上及び平穏のクラスも加え17分割した。波の観測データには、同時に観測されたうねりと風浪の両方が記録されていることが多い。その場合には、うねりの波高と風浪の波高を比較し、波高の高い方の波をその観測時の主要波と考え、その波向、波高、波周期を解析に使用した。

波周期は風浪、うねりとも、平穏、5秒以下、6~7秒、8~9秒、10~11秒、12~13秒、14秒以上の7分割とした。日本の気象庁とNOAAでは、磁気テープに記録されている風浪の周期のコードが異っているので解析に当っては注意しなければならない。NOAAのデータでは、そのほか平穏のクラスに、周期が測れなかった場合が入っている点にも留意する必要がある。また、風浪の波高及び周期は、その時の風速値と比較され、Tab. 1.7に示すような基準により、低すぎる値は下限値に、高すぎる値は上限値に訂正されている点にも注意する必要がある。

1.3.4 統計解析の手順

年別又は海域別に編集されているオリジナル磁気テープから必要なデータを読み出し、毎月の12本の磁気テープに収録し直す。これを用い各月別の統計解析を行い、その結果をラインプリンターと12本の磁気テープに出す。次に月別統計の磁気テープを用い季別の統計を出し、その結果をやはりラインプリンターと4本の磁気テープに出す。この磁気テープは通年の統計に用いられる。結局、解析結果が収録されている磁気テープは合計17巻であるが、これは風速、波高のローズを計算機により作図するのに使用された。また、将来この統計の利用者が任意の季節の任意の海域の統計を抽出するような必要性があるときには、この統計結果を収録した磁気テープを活用することができる。

1.3.5 解析結果の表示

解析結果のラインプリンターへの表示は、海区数113、季節区分数17、解析内容4種類で、合計7,684枚、それに風速一波高、風速一波周期の全海域に対するもの2枚を加え、総計7,686枚に達する。

これらは、東西南北八方向の大海上における統計は、SR163の年次報告書⁸⁾に付録として載録されており、各種類の解析例をTab. 1.8~1.13に示す。

また、船舶等の安全運航や設計波としては強風、高波の出現頻度が問題となるので、全データのうちから風速が50ノット以上又は波高が10m以上の場合のデータを抽出し、ラインプリンターに列挙した。このうち特に風速が60ノット以上又は波高が15m以上のデータについては、それらが出現した時の天気図等を詳細に検討した。このデータは、SR163の年次報告書に載せてある。

1.3.6 Rose表示による気象・海象図

8~9の小海区及び日本近海の小海区をいくつかづつのグループに統合した中海区12計101の海区について、風速及び波高のローズ表示を行った。その方法はSR80が行った図示法と同じで、12方位ごとに、風速或は波高の出現頻度をベクトル表示し、同一クラスのベクトルの先端を結んでクモの巣状の12角形を幾重にも作ったものである。その

場合、やはり SR 80 にならない、強風、高波の出現頻度を強調するため、風速 30 ノット以上、波高 2.75 m 以上のベクトルの長さはそれ以下のものより、風速については 5 倍、波高については 4 倍の大きさにした。図化は、四季別及び通年に対してのみ行われた。これらのローズを縮尺して北太平洋の地図上に配置してそれぞれの海域の気象・海象の傾向が一目にして判るようにした。このような地図は北太平洋全体の地図と、 20°N – 50°N , 110°E – 170°E の日本近海の地図の両方にまとめられた。**Fig. 1.5**~**Fig. 1.6** にはそのうち冬季についての日本近海の地図を例示した。ローズ地図によると風速と波高のローズは互によく似た傾向にある。また SR 80 の結果と比較してみると、風速、波高とともに同じような傾向を示しているようである。

1.4 解析結果

1.4.1 風速、波高、波周期のヒストグラム

東西両北太平洋及び全海域の大海上に対する風速、波高、波周期のヒストグラムが SR 163 の年次報告書⁸⁾に記載されている。本報告書では、そのうち、北太平洋の全海域の冬季に対する結果を **Fig. 1.7**~**1.9** に例として示す。

これらの結果から一般的傾向をみると、風速、波高とも冬期が最も高い値を示し、海域では実船計測海域が最も大きい。 30°N 以南の海域では、値が最も小さく、四季による変動も小さい。波周期についても、例えば実船計測海域の夏と冬を比較すると冬季には長周期の波の頻度が大となる。

1.4.2 平均風速及び平均波高

各小海区ごとの風速の平均値及び波高の平均値を **Fig. 1.10**~**1.11** のように、北太平洋の地図の上に表した。これらの図は冬季に対するものであるが、⁹⁾ 12ヶ月ごと四季及び通年についても同様の図が示されている。

これらの図によると、冬季で風速の大きい海域は千島列島からアリューシャン列島に至る北太平洋の西北隅から南方北緯 30° まで拡がり、野島崎沖で日本列島に接近している。波高の高い海域は、風の強い海域とほぼ同じである。冬季で平均波高が 2.6 m 以上の海域は平均風速が 20 ノット以上の海域とほとんど同一である。

1.4.3 風速と波高・波周期の関係

全海域の通年に対して風速と波高又は波周期の間の頻度分布を求めたがその結果から、風速に対する波高の平均値及び波周期の平均値を求めた。それを **Fig. 1.12**~**1.13** に示す。同図中には、 170°W 以東 (East) 及び以西 (West) の海域の値、Roll による北大西洋の Ocean Weather Ship による観測データも記入してある。これによると、波高は西部北太平洋が東部北太平洋より高く、北大西洋の値に近い。また波周期は東部北太平洋の方が 1~1.5 秒長く、北大西洋の値に近いことがわかる。

1.4.4 波高の頻度分布

(1) 分布の形状

波浪の長期観測による波高の頻度分布を表す分布関数として、通常次に示すワイブル分布および対数正規分布が用いられる。

(i) ワイブル分布

$$P(x) = \frac{r}{(H_c - H_o)} \left(\frac{x - H_o}{H_c - H_o} \right)^{r-1} \exp \left[- \left(\frac{x - H_o}{H_c - H_o} \right)^r \right], \quad x \geq H_o$$

$$= 0 \quad x < H_o$$

ここに, H_o : 観測波高 x の最小値

$H_c - H_o$: 尺度パラメータ

r : 形状パラメータ

(2) 対数正規分布

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma' x} \exp \left[-\frac{(\log x - m')^2}{2\sigma'^2} \right], \quad x > 0$$

ここに, m' : $\log x$ についての平均値

σ' : $\log x$ についての標準偏差

今回の波高の統計解析結果をワイブル確率紙上及び対数正規確率紙上にそれぞれプロットして検討した結果, 実際の観測値をすべて含めて適合させるにはワイブル分布では不適当であり, 対数正規分布で近似できることがわかった。

Fig. 1.14～1.16に, 全海域, 通年の波高の頻度分布, 周期別の頻度分布及び四季別の頻度分布をそれぞれ示した。これらの図でわかるように, いずれの場合も直線で近似できることがわかる。

波周期の頻度分布を, 波高と同様に対数正規確率紙上に記入した結果をFig. 1.17に示す。図でわかるように直線性が良く, 波周期の頻度分布も対数正規分布に従うことがわかる。

この結果を用いて, 真能, 河辺は, 北太平洋における波高一波周期の組合せ出現頻度の修正表を作成した。³²⁾

(2) 分布の特性

対数正規確率紙上の点より最小自乗法によって波高の対数の平均 m' , 標準偏差 σ' を求めた。Fig. 1.18に全海域通年について, 各周期ごとの m' , σ' の変化を示す。なお, 周期が0～5秒, 13秒以上の場合をそれぞれ4秒, 14秒で代表させた。平均値 m' は波周期が長くなるにしたがって増加をするが, 周期の区分が13秒以上は1区分となっているため, これ以上の部分ではさらに m' が増加するかは断定できない。標準偏差 σ' は波周期に対してほぼ一定の値となっている。したがって, 周期が長い波ほど分布のバラツキは大となる。

(3) SR 80 部会との比較

Fig. 1.19にSR 80 部会⁶⁾によって1954年～1963年にわたって得られた北太平洋の波浪観測結果を対数正規分布にプロットをして示す。SR 80 部会の統計は, 波高の区分が粗く, 7.5 m以上の波高を1ランクにしているため分布の適合性の適否の断定はできないが, 対数正規分布に従うと仮定する。ワイブル確率紙上では直線性は前者と比べ良好でない。

Fig. 1.18に各周期ごとの平均値, 標準偏差を示す。波周期が短い範囲では今回の調査結果より平均値は若干低く長い周期では逆となっている。一般船舶の波高観測に有義波の概念を採用したのは, 1963年以降であり, SR 80 部会の統計量は目視観測値である。また, 今回の観測値は専門家による気象上のチェックルーチンによりチェックされたものであり, 観測数もSR 80 部会は約1,500,000に対し, 約3,500,000と相当多い。したがって, 精度上の点からもデータ数の点からも, SR 80 部会の統計量より信頼度が高いと考えられ, Fig. 1.18に示されたような差が表われたと推定される。

(4) 最大波高分布

Fig. 1.20に1966～1975年の各年毎に観測された最大波高をGumbel極値確率紙上にプロットをして示す。北太平洋の最大波高についてThom¹⁵⁾と大村等¹⁶⁾の研究があるが, 大村等は冬季についてのものであり全観測数も少ない。同図Thomによって整理された気象観測船“V”(34°N, 164°E)の13年間の観測値を記入した。比較のため, 今回の観測値の中でV船付近の海域(30°N～40°N, 150°E～170°E)について各年ごとの最大値分布を示す。V船は年間約3,000個の観測値中での最大値であり, 海域(30°N～40°N, 150°E～170°E)は約3,000個, 太平洋全海域では35,000個中での最大値である。各地域での波がそれぞれ同一の母集団に属するものと仮定すると, 年間の標本数(観測数)が多い程, 最大値の期待値は大となる。したがって, Fig. 1.20にみられる差は, 年間の観測数の相違が主な原因と考えられる。

Fig. 1.21に北大西洋の観測船A～M船(9隻)¹⁷⁾の1950～1967年の最大波高分布と, 北太平洋の観測値との

比較を示す。この場合も、前述と同様に北大西洋では年間観測数約25,000個であり、観測数の差が表わされたと考えられる。

1.4.5 強風・高波について

(1) 用いた観測データ

気象庁に集積された北太平洋における船舶気象観測データの1964～1975年の12年間分と、NOAA（米国海洋大気庁）発行のMariner's Weather Log記載の1964～1973年の10年間のデータについて、風速50 kt以上または波高10 m以上のデータのみを抽出した。これらのデータは、いずれもチェックルーチンにかけられたオリジナル磁気テープに収録されたもの、およびマニュアルによる修正を加えたもので、うねり波高の上限値は20 mに抑えられており、風波の波高と周期は風速値によってチェックされたものである。

(2) 強風・高波の海域分布

北太平洋海域を緯度 2° ×経度 5° ごとの小海域に分け、それぞれ強風（50 kt以上）と高波（10 m以上）について、その観測回数を求めたものを、北西太平洋（ 0° ～ 56° N, 100° E～ 170° W）については52年度報告（1978）に、北東太平洋（ 0° ～ 56° N, 170° W～ 100° W）については53年度報告（1979）に報告した。そこでは、各月ごとの統計を基にした分布図を示したが、その一例として2月のものを強風についてはFig. 1.22に、高波については、Fig. 1.23に例示する。

各月ごとの分布の特徴を述べると次のようになる。

（1月） 北西太平洋では、出現度数の多い海域は関東南東沖からほぼ東～北東に伸び、本州はるか東方およびアリューシャン南方海域に及ぶ。特に関東東方海域で顕著である。北東太平洋では北西部に比べて $1/4$ 程度に減少し、5回以上の海域が 30° N以北に散在する程度である。

（2月） 全般的に1月とほぼ同じ分布を示すが、観測回数は関東東方海域で特に顕著で、年間の最大を示す。北東太平洋では全般にやや増加し、アラスカ半島沖周辺での強風観測回数の増加が目立つ。

（3月） 1, 2月に比べ、強風・高波出現海域がやや北上し、関東東方～三陸～北海道東方海域に分布するが、観測回数はほぼ半減する。北東太平洋でも全般にやや減少し北偏する。

（4月） 3月に比べさらに北上し、やや顕著な海域は三陸沖～千島東方海域に分布するが、観測回数はほぼ半減する。北東太平洋では観測数が急減し、5回程度の観測減がアラスカ半島南沖とカナダ西岸沖に見られる程度となる。

（5, 6月） 北西部では年間で最も観測数が少なく、本州南方～東方海域に散在する程度となる。北東部では4月よりもさらに観測数が減少する。

（7, 8月） 北西部では5～6月とほぼ同じ傾向を示すが、本州東方海域でさらに減少し、本州南方海域でやや増加する。特に台風による影響が台湾～南西諸島東方でやや顕著である。北東太平洋では、7月は年間で最も観測数が少なく、高波は1回も観測されていない。8月には観測数がやや増加し、北部海域とメキシコ西岸に分布するようになる。

（9月） 本州南方～東方海域にかけて全般に増加を示し、特に台風通過数の大きい台湾東方～四国南方～関東南東方～三陸沖にかけてやや顕著である。北東太平洋では、8月とやや似た傾向を示すが、全般に強風観測数が北部海域で増加する。

（10月） 台風による顕著な出現海域が台湾東～ペシ一海峡に見られる。また、北海道東方～千島東方海域にかけて低気圧によるやや顕著な海域が表われ始める。北東太平洋では、 30° N以南での観測がほとんどなくなり、 30° N以北では広く分布するようになる。特にアリューシャン東部とカナダ西岸沖の強風観測数の増加が目立つ。

（11月） 北海道東方～千島東方海域で、やや顕著な出現海域がかなり広く分布するようになる。北東太平洋で

も10月の分布傾向が強まってくる。

(12月) 北海道～千島東方海域で一層顕著となり、さらに南方に伸びて関東東方海域にまで南下し、1, 2月に次いで観測回数が多くなる。北東太平洋でも、観測域が 30°N 以南にまで拡大し、北部海域での観測数の増加が一層強まり、カナダ西岸沖の強風観測数の激増とともに年間の最大量を示す。

(3) 大波高(15m以上)の観測データ

抽出されたデータのうち、波高15m以上のデータのみを特に選出して、各年別に整理し、他の気象要素とともに表したものと、北西太平洋については52年度報告(1978)に、北東太平洋については53年度報告(1979)⁸⁾に詳細報告した。再録は省略するが、その回数はTab. 1.18のようになっている。

Tab. 1.18 Number of Observation of High Waves Higher than 15 m (Among 4 Million Data!)
波高15m以上の高波の観測回数

	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total
$0^{\circ} - 56^{\circ}\text{N}$ $100^{\circ}\text{E} - 170^{\circ}\text{W}$	0	0	2	5	48	93	49	35	36	13	35	21	337
$0^{\circ} - 56^{\circ}\text{N}$ $170^{\circ}\text{W} - 100^{\circ}\text{W}$	2	2	0	0	9	3	0	6	0	3	—	—	25
Total	2	2	2	5	57	96	49	41	36	16	35	21	362

一般船舶の波浪目視観測に有義波(Significant Mean)の概念が採用されたのは1963年であるが、ある程度普及したのは1966年であり、広く行なったのは1968年ごろと推定される。上表で1967年までのデータが少ないので、この波浪観測方法の違いが影響しているものと考えられる。

(4) 風速と波高の平均的分布

「北太平洋の風と波の統計図表」⁹⁾には、北太平洋全域にわたる各海域ごとの通年の平均風速と平均波高、および冬期の平均風速と平均波高の分布などを掲載されている。分布の一般的特長として、強風・高波は 30°N 以北で顕著であり、カムチャッカ半島南東沖からアリューシャン南方に広く分布する。とくに、冬期の北西太平洋ではカムチャッカ半島南東沖で平均風速22.5 kt以上、波高3m以上に達している。

北西太平洋については、さらに細かな海域区分によって統計された資料が、気象庁^{14) + 18) + 19)}および海洋気象学会²⁰⁾に掲載されている。

これらの資料を基にして作成された月平均分布図のうち、各季節の代表として2月、5月、8月、11月の平均風速と平均波高の分布図をFig. 1.24に示した。さらに、北西太平洋については冬期の強風・高波の出現海域を詳しく見るために、22.5 kt以上の強風、3m以上の高波に着目して月ごとの分布海域をFig. 1.25に示した。強風・高波は大筋として、同じ傾向を示し、11月に千島北側に出現し始める、1月にはノルウェー・シャンハイ間に拡がり、12月には千島東方からアリューシャン南方、日本はるか東方海上の北部まで南下する。1～2月には最盛期を示して、日本東方海上で広範囲に分布するようになる。3月には、強風・高波とともに急速にその範囲を狭め、4月には3m以上の高波域がアリューシャン列島付近の一部に見られるだけとなる。なお、11月～12月には南シナ海北部にも強風・高波域が存在している。

(5) 強風・高波の観測回数の分布

さきに年次報告書⁸⁾で、50 kt以上の強風と10m以上の高波の月別の観測回数の海域分布を示し、本報告でもさきに2月のものをFig. 1.22およびFig. 1.23に例示した。これらの分布図を比較して注目されるのは、北太平洋の西部と東部とでは観測回数の分布が非常に異っていることである。すなわち、西部太平洋で多く、東部太平洋ではかなり少なくなっている。この特長を、とくに明らかにするために、Fig. 1.26およびFig. 1.27には過去

10年間に50ノット以上の強風と10m以上の高波について10回以上観測した海域の月ごとの分布を示した。このように、寒候期を中心に北西太平洋の観測数が多いのは、現象そのものの出現回数が多いことを示すことも確かであるが、船舶のデータ数が多いことにも関連していると考えられる。

さきに1.2でも述べたように10年間における観測データ数は北西太平洋約265万に対して、北東太平洋約156万となっている。すなわち、北太平洋西部では東部海域の約1.7倍になっていることに注目する必要がある。また、北西太平洋のみを見ると、統計年次が若干古いが、Fig. 1.28に示したように、主要航路とそれより外れた海域では観測データ数が極端に異なっており、利用上考慮すべきであろう。

(6) 強風・高波出現と他の気象・海象との関係

a) 頗著低気圧および海面気圧分布

日本周辺を通過する頗著低気圧（中心気圧994mb以下）の統計的調査については、柴山武²¹⁾、氣象庁予報部²²⁾、松本次男²³⁾らの研究がある。これらの報告によると、頗著低気圧は年間約70個発生し、主要経路はおよそ次のように分類できる。

- イ. 日本南岸～東岸～三陸沖を経て、ほぼ40°N線を東進する。
- ロ. 日本南岸～東岸～三陸沖を経て、千島列島沿いに北上する。
- ハ. 日本海を北東～東進し、北海道東方海上を東進するか、または千島沿いに北上する。
- ニ. 日本南岸～三陸沖または日本海を北東進し、オホーツク海に入る。

Tab. 1.19は1967～1976の10ヶ年間の北西太平洋における海域別頗著低気圧の出現回数である。この出現回数は毎日1回09時（日本時）の地上天気図に画かれている頗著低気圧をそれぞれ海域ごとに集計したものである。用いた海域区分はFig. 1.29に示した。

表で明らかなように、頗著低気圧の出現数は12～3月の寒候期に年間の過半数を占め、6～9月の暖候期は1/5にも満たない。また、海域別では、ベーリング海、アリューシャン南方海域で群を抜き、次いでオホーツク海、北海道東方海域の順となる。

Fig. 1.30には各季節の代表月2, 5, 8, 11月における北西太平洋の月平均海面気圧分布を示した。これらは前述の頗著低気圧の統計年次と異なり、1961～1970年の10ヶ年の平均であるが、頗著低気圧の出現海域と良い対応を示していることがわかる。強風・高波の出現海域とその時期は頗著低気圧の出現海域とその時期および各季節ごとの平均海面気圧分布ともかなり良い対応を示している。すなわち、強風・高波は頗著低気圧の南側、とくに南～南西ではかなり遠方にまで出現する傾向がうかがわれる。

b) 低気圧の異常発達位置・海上気温・海面水温差および海流

Fig. 1.31には1972～1973年の2ヶ年間に北西太平洋で、前24時間以内に中心気圧が20mb以上急下降した低気圧の位置を示したものであり、とくに●印は30mb以上の異常下降を示したものである。

これらの低気圧の急下降は大半が寒候期に現われ、暖候期には皆無であった。図で明らかなように、急下降域は43°N, 150°Eを中心にはほぼ半径1,500km以内の円内に現われており、30°N以南では一箇も現れていない。とくに、30mb以上の異常下降域は37°N以北、140°E以東の海域に限られ、前述の頗著低気圧の経路や強風・高波の出現海域と密接に関連している。

次に、低気圧の発達に非常に関係が深いといわれている海面水温分布、とくに海上気温と海面水温との差について述べる。水温分布については紙面の都合で省略するが、接海層の大気安定度の目安となる気温・水温差について代表月の平均分布をFig. 1.32に示した。これらの図から差の大きい海域は日本周辺の黒潮および対馬暖流域、とくに寒候期を中心に本邦の東方および南方、日本海の本土寄りに大気不安定海域が存在することがわかる。寒候期を中心にシベリヤから寒冷な大気がやってくると、この傾向が一層強まるわけである。前記の低気圧の経路および発達と関係が深く、間接的に強風・高波の出現とも関連している。さらにFig. 1.33に

は本州東方海域における各年冬期における黒潮流軸の位置を示した。1961～1970年の10ヶ年にわたるもので、図中の数字はそれぞれの観測年を示した。図から明らかなように、この海域の黒潮は35°N線を中心に、ほぼ32°～38°Nの間を南北に烈しく蛇行しながら東進しており、接海層の大気不安定と共に、波の変形にも大きく関係することが推定できる。観測船の運航の都合上、黒潮の観測データはほぼ150°E以西の近海に限られるので、さらに東方の動向をさぐるための目安として海面水温15°Cの等温線（冬期における黒潮流軸の目安）の各年2月の位置をFig. 1.34に示した。図には10ヶ年間の12～3月の各月の15°C等温線の平均位置も画かれており、黒潮流軸のおおよその動向を捉えることができる。Fig. 1.31とFig. 1.34を比較して明らかなことは、黒潮の高温水域を通過した直後に低気圧が異常に発達する例が多いことを示している。

c) 低気圧または台風と15m以上の大波高観測位置

北西太平洋については1964～1975年の12年間、北東太平洋については1964～1973年の10年間に、15m以上の大波高が観測されたときのじょう乱源と考えられる低気圧または台風の中心と大波高観測位置との関係を各海域ごとに区分してFig. 1.35に示した。図で明らかのように、ベーリング海とアリューシャン南方海域に低気圧があるときに多発し、次いで北海道東方、本州南方・東方海域などで観測され、顕著低気圧の出現海域と極めてよく一致する。また、低気圧の南象限で多発し、低気圧が本州から東に遠ざかるほど観測位置が低気圧中心の南～南西方向のかなり遠方にまで出現していることがわかる。本州の東方・南方近海では比較的低気圧の中心近くで観測されており、黒潮とも関係があるように思われる。東シナ海および本州はるか南方海域では台風による大波高がほとんどで、常識どおり台風進行方向の右象限で観測されている。北東太平洋でも大半が低気圧の南象限で観測されるが、北西太平洋より観測数がかなり少ない。

1.5 結 言

SR163部会では4年間にわたり北太平洋の気象・海象のデータの統計解析の作業を行い、1964年～1973年の10年間に、北太平洋のほぼ全域にわたり観測された風と波に関するデータの統計を求めた。これによって、船舶の観測による10年間の風と波の統計的性質が明らかとなった。この統計の性質、即ち風速と波高・波周期の平均的な関係や、波高の頻度分布の形状は他の海洋の統計的性質と比較された。また、北太平洋を89の小海区に分けた海区ごとの海象・気象の特徴をRose表示による海象図、気象図や波高一波周期の出現頻度等を作成し、「北太平洋の風と波の統計図表」として出版した。

上記の作業は前回SR80が行った10年間の風と波のデータの統計解析を引き継いで行ったものである。前回と比較して今回の解析の特徴をあげると次のようである。

- (1) 観測方法やデータの集積保存がWMOによる国際的に統一された基準で行われるようになったので、日本船のみならず外国船のデータ、外国に保管されているデータも広く利用した。
- (2) 従来使用されていた数じゅうじゅう万ノットをこえる数になった。
- (3) 波高の観測が有義波高をとることに決められたので、データの質が向上したと考えられる。
- (4) 船舶の大型化、高速化がこの対象とした10年間に飛躍的にすすめられたので、船の航路や荒天避航の状態が前回と異なるところも数多くあると予想され、前回のデータの密度分布の粗密を補う可能性がある。
- (5) 波高の区分が前回は7.75m以上は1つのランクにまとめられたのに対し、今回は15mまで1mきざみのランクで統計を出したので、波高、とくに高波の頻度分布の状況が明らかとなった。
- (6) 観測数が多いので、特に日本近海での小海区の区分を前回より細かくしたので、海域の特徴がよく分るようになった。また、前回より東方に拡げた海域を加えたので、ほぼ北太平洋全域の統計を出したことになる。

以上のほか、今回はさらに次のような解析を新たに加えた。即ち、風速が50ノット以上、波高が10m以上の強風、高波のデータを全データの中から選び出し、出現（観測）度数と海域での分布や、特に60ノット以上の風、15m以上

の波のような異常値が出現したときの気象・海象の特質、即ち出現の日時、場所のほかその時の天気図のパターン等を検討した。船舶や海洋構造物の設計外力としては、平均値よりも、極限値に近いような強風、高波が問題となることが多いので、このようなデータを明らかにしたことは意義がある。

また、高波の出現する海域の海洋気候学的考察も詳しく述べていることは、海洋波に対する理解を深めるのに役立つであろう。

但し、これらの統計解析結果の利用に際しては、波のデータがほとんど一般商船による目視観測データであることを注意する必要がある。即ち、船員の慣熟の差による観測精度のばらつき、船の大小や波との出会い角の差による観測値のかたより、荒天避航による強風・高波のデータ数の減少などが、観測船によるデータとの違いを生じる原因となるであろう。これらの観測データの記録、貯蔵の際には、専門家によるチェックが行われ、データの整合性が計られている。

一般船舶の目視データにはこのような問題点が在るが、今回の解析対象となったデータは、最新の10年間の気象・海象に船舶が遭遇した実体を示すものであり、今後の船舶が遭遇する気象・海象の予測に利用可能と考えることができる。

またSR163の第2幹事会が分担して実施している、北太平洋の長期実船計測による波浪及び船体応答の長期分布とも比較され、応答の予測精度の向上にも役立てることができるであろう。

解析に使用したオリジナルデータ、解析結果はともに磁気テープに収納されて保管されているので、必要に応じて今後利用することができる。

この統計解析は、センチュリ・リサーチ・センター㈱（CRC）が行った。解析結果の数表は、日本造船研究協会、気象庁海洋気象部海上気象課、船舶技術研究所運動性能部に各1部づつ保管されている。データおよび解析結果が入っている磁気テープは船舶技術研究所運動性能部に保管されている。

今回の作業を行うに当り次の方がたにはデータの入手、解析方法の立案、解析作業の実施のうえで絶大な御協力をいただいた。

即ち船舶気象観測データの利用を許可された気象庁海洋気象部、研究遂行に当りデータのチェックや提供に、日常業務の多忙ななかで協力をいただいた同部海上気象課半沢正男課長（元）竹永一雄課長（前）、長谷川礼三枝官はじめ同課の関係者一同、アメリカ合衆国保管のデータ入手に対し仲介の労を取っていただいたNOAA, Office of Marine TechnologyのMr. W. M. Nicholson (Associate Director)、データの編集と輸送を快く必要な期間に行っていただいたNOAA, National Climatic CenterのMr. Daniel B. Mitchell所長および同所の関係者一同、これらの方方がたの助力なしでは、この作業は完遂することはできなかったであろう。

また、三井造船㈱昭島研究所山内保文所長には計画立案の段階から多くの貴重な教示をいただきてきた。

研究を終るに当たり、これら関係者の方がたに深く感謝する次第である。

なお、本統計作業の全般は高石、大松が担当し、強風・高波の解析は松本が、また波高の頻度分布の解析は真能、河辺が、それぞれ担当したことを付記する。

2. 波浪荷重・波浪等の実船計測

2.1 緒 言

波浪中を航走する船舶の外界条件と船体応答との相関に関する理論解析は、最近非常に進歩しており、その理論の適合性を確認するための実船計測も数多く実施されている。しかし、気象・海象および操船条件などの諸条件は、理論解析で取扱う少数のパラメタ以外の多数の要因にも支配される複雑なものであって、パラメタの値が等しくほぼ同一と考えられる外界条件下においても、船体応答の実船計測を数多く行ってみると、その結果は大きいばらつきを示すのがふつうである。

同一船舶におけるきわめて長時間の実船計測データを集積して、これを統計的に処理するという方法が要望されるのもこの理由によるわけである。異常値の推定という観点からでも、 10^{-8} (10^8 回に 1 回期待される最大値) 程度の確率を論ずるには、少なくとも 4 ~ 5 年の連続計測は必要であろう。わが国の実船計測では、研究組織や予算などの関係もあって、実船計測といっても短期間の単発的なものが多く、息の長い長期連続の計測例はきわめて少ない。

長期連続の計測を行うためには、計測項目を最少限に限定し、極力簡易化・自動化をはかる必要がある。さきに本協会第 124 研究部会 (SR 124) で実施した 7 隻の船による自動計測²⁴⁾ などは、この方向に指向したものである程度の成果をあげたものといえるであろう。

また、船体応答解析における外界条件の波浪は、その周波数構造を考慮した波浪スペクトルの形で与えているのがふつうで、その表示式にはまだいろいろ議論の余地も残されているが、^{25, 26)} 有義波高と平均波周期との二つのパラメタで表わされるのが一般的である。しかし、その近似表示式の裏付けとなっているデータは、すべて北太平洋海域における波浪計測結果に基いたものである。わが国の造船・海運界に特に関係の深い北太平洋海域においては、目視観測データは多数集積されているが、計器による波浪計測結果、とくに波浪スペクトルの形での計測結果は極めて少ない。実船計測時に船体応答との同時計測を行って解析の精密化を計るためにも、また、ある海面または航路における波スペクトルの特性やその長期傾向を知るためにも、計器による波浪計測データの必要性が痛感されていた。

上記のような観点から、北太平洋航路の定期船によって

- 1) 自動計測装置による長期連続の船体応答の自動計測を行うこと。しかも、統計解析を行うために、各種応答の rms 値、有義平均値および平均周期などを求めておくこと。
 - 2) 波浪ブイによる波浪計測を行って、波浪スペクトルデータをできるだけ集積すること。
- を目的として、本研究を継続実施してきた。

2.2 計測船および計測期間

計測は、山下新日本汽船㈱の対応によって、同社のマリン運搬船「木川丸」(KIKUCHI MARU) によって行われた。該船の主要要目を Tab. 2.1 に示す。本研究は昭和 51 ~ 55 年度の 5 ヶ年に亘ったものであるが、実際の計測は昭和 51 年 10 月の第 71 次航から開始され、昭和 56 年 1 月の第 123 次航まで計測を行った。

航路は、神戸 → 名古屋 → 横浜 → シャトル → バンクーバー → ポートランド → 神戸の順でほぼ一定しており、約 1 ヶ月の周期で運航している。気象・海象により航路にやや変動はあるが、大体 Fig. 2.1 に示す範囲を航行している。往航 (アメリカ向け) はやや南寄り、復航 (日本向け) はやや北寄りのコースが多いようである。

2.3 計測項目および計測点

波浪ブイの投入以外は完全に自動化して長期連続の無人計測を行うため、計測項目は最少限に簡易化して、船体応答としては波浪曲げ応力・縦搖角・横搖角のみとした。波浪曲げ応力は、船体中央部上甲板の左右舷の応力を合成し、水平曲

げ成分を除いた上下曲げのみの 1 エレメントとし、これに縦搖・横搖を加えた 3 エレメントのデジタル計測記録を行った。アナログ計測記録は上記 3 エレメントの他に、適時波浪ブイによる波浪データを加えた 4 エレメント計測を行っている。外界条件については、適時波浪ブイ投入による波浪計測を行うほかは、本船の乗組員に依頼して、Tab. 2.2 に示すような外界条件記録表に 3 時間ごとの記録を入れてもらっている。これは国際コードによる船舶気象通報表に準じたものである。

2.4 計測装置および計測方法

計測装置についてはさきに昭和 51 年度報告⁸⁾で詳述したが、要点を再録する。

船体応力は、船体中央上甲板上左右舷対称位置に（縦通ビームの通っている箇所）抵抗線ひずみゲージを貼って計測した。ゲージは Fig. 2.2 に示すように鋼製のプロテクターで保護し、グリースを充填しておいたが、5 年間 1 度の事故も生じなかった。ひずみ計増巾器は共和電業製のものを用いた。毎回計測開始時（3 時間ごと）に自動的に零バランスを取り直すようになっている。

動搖角は神戸電波株製の動搖計を用いて計測した。シリコンオイルに浸した 2 ヶの振子の回転角をボテンシオメーターで検出して、縦搖、横搖を計測するものである。その概略を Tab. 2.3 および Fig. 2.3 に示す。適時較正試験を行ったが、全期間を通じて有意の変化は認められなかった。

波浪計ブイは、SR 132 で開発した加速度検出方式の投棄式ブイである。²⁷⁾ ブイの上下加速度を抵抗線ひずみゲージを用いた加速度計で検出し、FM テレメータで発信したものを本船上で受信し、2 回積分を行って上下動（波高）の連続記録をとる。陸上でスペクトル解析を行うため、磁気テープに連続のアナログ記録をとる方式を用いた。波浪ブイは神戸電波株製のものである。着水すると海水スイッチによって電源が入り動作を始め、投入後 1 時間余りは作動しているが、約 2 時間後には自沈するようになっている。自沈装置は、当初は時限装置によって浸水孔を開く方式をとっていたが、のちには最初から小孔を開けておいて漸次浸水による沈没の方式に改めた。ブイの外殻は塩化ビニール板の溶接構造であるが、高さ 1.5 m からの落下衝撃に耐えるように設計されている。波浪ブイの概要を Tab. 2.4 に、外観を Fig. 2.4 および Fig. 2.5 に示す。

記録には、自動 RMS 計測装置とダイナミック自動データ集録装置（アナログデータレコーダ）各 1 台ずつを用いている。前者で船体応力・縦搖・横搖の 3 エレメントの 3 時間ごとのデジタル計測記録を行い、後者では毎日 1 回の上記 3 エレメントのアナログ記録を行った。波浪ブイ投入時には、後者によって波浪データを加えた 4 エレメントのアナログ記録を行っている。波浪ブイの投入およびそのときの記録装置の電源スイッチの投入は船の乗組員に依頼したが、計測終了時には自動的に作動を停止するようになっている。計測記録システムのブロック図を Fig. 2.6 に示す。

自動 RMS 計測装置は、SR 124²⁴⁾で開発し連続自動計測に使用したものを作成したもので、機計測技術研究所の製作にかかるものである。計測はグリニッヂ標準時（GMT）によって毎日 0 時から 3 時間ごとに 8 回行った。時刻 T 時の計測では、

(T - 45) 分 ~ (T - 15) 分	30 分間	ch. 1
(T - 15) 分 ~ (T + 15) 分	30 分間	ch. 2
(T + 15) 分 ~ (T + 45) 分	30 分間	ch. 3

と切換えて、3 エレメントを 30 分間ずつ、延べ 90 分間の計測を行っている。結局 1 時間半の作動と 1 時間半の休止を繰り返しているわけである。計測結果は

- (1) 日時 (3 ch. ともに T 時として外界条件と対応させる)
- (2) ch. No. 1, 2, 3
- (3) Xrms (ピーク値の RMS, \sqrt{E} に相当するもの)
- (4) Xmax (Max. Peak, 30 分間で一番高い山)

(5) X_{\min} (Min. Trough, 30分間で一番低い谷)

(6) N (Zero-cross のサイクル数)

の6項目をパンチテープに打出すようになっている。本装置の外観をFig. 2.7に、ブロック図をFig. 2.8に、各値の算出方法をFig. 2.9に示す。演算には、平均レベル（30分間の平均値）からの変動瞬時値を0.18secごとにサンプリングした値 x_i を用いている。

項目(3)の X_{rms} は

$$X_{rms} = (\text{RMS of Peak Values}) = (\text{RMS of Amplitude}) = \sqrt{E}$$

に相当する量であるが、各ピーク値がほぼ Rayleigh 分布に適合する分布を示すものと仮定して

$$X_{rms} = \sqrt{2} (x_i \text{ の RMS 値})$$

として求めている。各変動の平均周期は30分間の Zero-cross のサイクル数 N から計算した。

ダイナミック自動データ集録装置は、同じく SR 124²⁴⁾ で使用した型式のものを簡略化したもので、²⁴⁾ 共和電業製である。幅1/4インチの磁気テープに4エレメントのアナログ記録を連続50時間とることのできる、長時間用のアナログデータレコーダーである。毎日日本標準時（JMT）の正午（GMT 午前3時）に30分だけ、縦搖・横搖・甲板応力の3エレメントの記録をとるようになっている。波浪計測時には手動によるスイッチ投入によって、波浪データを加えた4エレメントの計測を行う。本装置の外観をFig. 2.10に示す。ラックの右上部には、動搖計の増巾部および波浪計の受信・積分・増巾部が収納されている。タイムレコーダ部は、記録番号と日時を印字記録しておいて外界条件との対応をとるためのものである。

Fig. 2.11は本船の予備士官室を利用した。自動RMS計測装置とデータレコーダーの設置状況を示す。動搖計検出部（Fig. 2.3）も同室内に設置してある。

上記2台による記録データは、陸上において各種処理解析装置を用いて、統計解析・スペクトル解析などを行った。解析装置の一部をFig. 2.12に示すがいずれも SR 124²⁴⁾ で用いたものである。

外界条件・操船条件などはさきに Tab. 2.2 で示した外界条件記録表を陸上においてパンチテープに転記し、同時刻の船体応答と対応させて処理するようにした。

2.5 計測結果

2.5.1 外界条件

第71～123次航（昭和51年10月～昭和56年1月）における外界条件の頻度分布をTab. 2.5 および Fig. 2.13 に示す。航海区間中、瀬戸内海および神戸～名古屋～横浜間およびシャトルーバンク～バー～ポートランド間などは記録に含まれていない。

区分は

区分	回数	外因としての範囲	区分	回数	外因としての範囲
風速	10 kt	ごとの9段階	船速	2 kt	ごとの14段階
出合角	45°	ごとの8方向			

に分けて頻度分布を求めた。Fig. 2.13 中で波高・波周期・風速の図で破線で記入したのは、第1章の10年間の船舶通報データの集積結果である。

波高については、5,171データ中、4.75mを超えるもの7.2%，5.75mを超えるもの2.7%，6.75mを超えるもの1.7%，7.75mを超えるもの0.9%となっている。風速については、30 ktを超えるもの12.8%，40 ktを超えるもの2.4%，50 ktを超えるもの0.2%となっている。

出合角については大体

Head : Bow : Beam : Quarter : Follow = 2 : 3 : 2 : 2 : 1

程度の割合となっている。

風速と波高とを対応させた頻度分布を Tab. 2.6 に、各風速段階ごとの平均波高を Fig. 2.14 に示す。図中の破線は第 1 章による船舶通報 10 年間のデータ（3,689,771 データ）によるものである。

波高と船速の関係を Tab. 2.7 に示す。Head および Bow (2,327 データ) は正船首から ± 6.75° のもの、Follow および Quarter (1,796 データ) は正船尾から ± 6.75° のもの、全体は以上のものに横波 (Beam) のデータを加えた 5,155 データのものである。各波高グループの平均船速をプロットしたものが Fig. 2.15 である。向波および斜前方波の場合、波高 4 m 以上となると顕著にしかもほぼ直線的に船速低下しているのがよくわかる。反対に、追波および斜後方波の場合には、ほとんど船速低下が表れていない。却って波高が高くなると船速が上っている傾向も見られるが、この部分はデータ数も極めて少ないので平均値に余り大きい意味はないと考えられる。

2.5.2 自動 RMS 計測装置による計測結果

(1) 波高と応答との関係

各波高段階で区分した縦搖・横搖・甲板応力の、RMS (ピーク値の RMS) • Max. Peak • Min. Trough の頻度分布を Tab. 2.8~2.16 に示す。すなわち、

Tab. 2.8 : 縦搖角の RMS 値

Tab. 2.9 : 縦搖角の Max. Peak (船首浮上)

Tab. 2.10 : 縦搖角の Min. Trough (船首沈下)

Tab. 2.11 : 橫搖角の RMS 値

Tab. 2.12 : 橫搖角の Max. Peak (左舷下り)

Tab. 2.13 : 橫搖角の Min. Trough (左舷上り)

Tab. 2.14 : 甲板応力の RMS 値

Tab. 2.15 : 甲板応力の Max. Peak (引張応力・Hog)

Tab. 2.16 : 甲板応力の Min. Trough (圧縮応力・Sag)

の分布状況を示すものである。各枠内の数字はデータ個数で、上から Head • Bow • Beam • Quarter • Follow • Total の 6 段で表示してある。昨年度までの年次報告書では、各変数の段階区分の最高値が比較的低く、その値を越えるデータ数が相当多かったが、今回は段階数を下記のように大幅に増して精密化を計った。

波高区分の最高段階	1.0 m を越えるもの	→	1.4.75 m を越えるもの
縦搖角 RMS 値の //	3.6 deg	//	7.2 deg
縦搖角 Max. Min. の //	7.2 //	//	1.4.4 //
横搖角 RMS 値の //	5.4 //	//	1.0.8 //
横搖角 Max. Min. の //	1.0.8° //	//	2.1.6 //
甲板応力 RMS 値の //	1.8 kgf/mm ²	//	3.6 kgf/mm ²
甲板応力 Max. Min. の //	3.6 //	//	7.2 //

各波高段階ごとに相当のばらつきがあるが、その平均値をとって波高と各応答との関係を示したのが Tab. 2.17~2.19 および Fig. 2.16~2.18 である。表中には出合角別の数値も示したが、図には各出合角のものを合計した総データの平均についてのみ示してある。Fig. 2.16~2.18 の 3 回についてみると、波高の低い範囲ではいずれも波高～応答がやや直線的になっているが、波高が高くなるときわめて乱れた傾向（特に縦搖、横搖では）を示している。Tab. 2.17~2.19 に見る通り、この範囲ではデータ数がきわめて少ないので、平均値の乱れは止むを得ないものと考えられる。ただし、3 種の応答いずれの場合でも、波高 6.75 ~ 7.75 m (中央値 7.25 m) の段階のところで、各曲線に顕著な変化が認められる。この程度のところで、減速・回頭などの人為的操縦の影響が大きくなるのではないかと思われる。

各種応答の振幅の RMS 値のみについて、出合角の影響を示したもののが Fig. 2.19 である。縦搖角については、総

平均に比べて Head, Bow の場合が大きく、 Quarter • Follow の場合が小さくなっている。横揺角では Beam, Quarter で大きく、 Head では小さくなっている。甲板応力では、出合角の影響はあまり顕著ではない。

甲板応力について、 RMS 値および Max. Min. 値はさきに Fig. 2.18 で示したが、再び Fig. 2.20 に再録して、 RMS 値の近似曲線として図中の直線(A)を仮定し、短期分布が Rayleigh 分布に適合するものとして、 $1/3$ 最大平均値 ($S_{1/3}$) および $1/1000$ 回に 1 回の最大期待値の平均値 ($S_{\max-1000}$) が

$$S_{1/3} = 1.42 \times (\text{RMS}) \quad S_{\max-1000} = 2.63 \times (\text{RMS})$$

で表わされるとすると、それぞれ直線(B)および(C)となる。30 分間の実際の繰り返し回数は 200 回程度であるが、その最大値・最小値は大体 $S_{\max-100}$ 程度と考えていいようである。すると、波高 5 mに対する各応答は、 Tab. 2.17 ~ 2.19 における波高 4.75 ~ 5.75 (中央値 5.25) m の RMS 値を用いて次のように推定することができる。

	RMS 値	$1/3$ 最大平均	$1/1000$ 最大期待値
縦揺角振幅 (deg)	1.4	2.0	3.7
横揺角振幅 (deg)	4.5	6.4	11.8
甲板応力振幅 (kgf/mm ²)	0.9	1.3	2.4

甲板応力振幅を S 、甲板の断面係数を Z_D とすると、曲げモーメント振幅 M は

$$M = S \times Z_D$$

となる。曲げモーメントを無次元化して

$$\bar{M} = M / \rho g L^3 B$$

とし、 SR 124 で計測した数隻の船の場合²⁴⁾ と比較してみると Fig. 2.21 のようになる。各船の要目は図の上部に示す通りである。本船の場合、油送船に比べて相当高いモーメントを示しているようであるが、船種の差によるよりは、船の長さによる差が表れているものとも考えられる。

(2) 各種応答の頻度分布

縦揺角・横揺角・甲板応力のそれぞれについて、 RMS 値・最大値・最小値のヒストグラムを Fig. 2.22~2.24 に示す。これらは Tab. 2.8~2.16 の右端の欄から得られたものである。

各応答の累積頻度を正規確率紙にプロットしたものを Fig. 2.25~2.27 に示す。それぞれ約 5,000 データ中の最大値 (出現確率 0.02 %) は

Maximum Datum			
	RMS of Amp.	Max. Peak	Min. Trough
Pitch (deg)	4.4	13.8	9.6
Roll (deg)	10.8	22.8	22.8
Stress (kgf/mm ²)	3.6	7.2	7.6

となっている。

甲板応力の累積確率を示す Fig. 2.27 には、米国の SL-7 シリーズの計測結果²⁸⁾ もプロットした。これは 250 m 型の同型コンテナ船 7 隻による 5 年間の自動計測結果を集積したもので、航海海域は太平洋・大西洋の両方が含まれている。計測記録はスクラッチ型のひずみ計によるもので 4 時間ごとの Max. Peak と Min. Trough との最大変動範囲が読み取れるようになっている。図にはその $1/2$ の値 (最大振幅に近いもの) をプロットした。米州丸のデータの丁度 7 倍の約 36,000 データであり (0.003 % の出現確率)、極めて有用なものと思われる。米州丸に比べてやや応力が高い傾向が見られるが、前述のように船の長さの影響が大きいものと思われる。

(3) 最大値と最小値の関係

前記の Fig. 2.25~2.27 でも明らかなように、計測時の平均レベルを基準として測った最大値 (Max. Peak) と最

小値 (Min. Trough) との間には、横揺の場合には差が認められないが、縦揺と甲板応力の場合には顕著な違いが認められる。すなわち、縦揺の場合は船首浮上の角度の方が著しく大きく、甲板応力の場合は圧縮 (Sag.) の方がいくらくらい大きい。高速走行時によく見られるスラミングに近い状態が影響しているものと思われる。3 航海だけの少数例について最大値と最小値の関係をプロットしたものを Fig. 2.28~2.30 に示す。

2.5.3 波浪および応答スペクトル

波浪ブイの投下による波浪計測は、ブイの個数が限定されているので、主として冬期を選び、なるべく $150^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{E}$ の海域に重点を置くこととし、それ以外の海面でも計測の好機と思われる場合には、乗組員の判断によって適時計測してもらうこととしていた。波浪計の故障や記録装置の不調などによりデータを逸したものも多く、また本稿の締切りまでにデータ入手できなかったブイも数個あるが、ここに整理したブイの投下海面をさきに示した Fig. 2.1 の図中に黒丸で示しておいた。

波浪計記録のアナログ磁気テープの再生例を Fig. 2.31 に示す。

波浪計記録と、同時に計測した各種応答の記録を統計解析、スペクトル解析した結果の一覧を Tab. 2.22 に示す。表中の各記号の説明は Tab. 2.21 に記した。この表に限り、各種応答は振幅ではなく、波高とともに Peak-to-Peak の Range で表示してある。参考に示した自動 RMS 計の欄の Ymax は、これまで述べてきた Max. Peak と Min. Trough の絶対値を合計したものである。ただし、標準偏差 σ はいずれも振幅の標準偏差 (RMS 計では Peak 値の RMS) をとっている。

各波浪スペクトルを標準化して、Pierson-Moskowitz 型のスペクトルと比較したものを Fig. 2.32 に示す。

スペクトル解析による波高・波周期と、目視観測によるそれを比較したものを Fig. 2.33, 2.34 に示す。きわめてばらつきが大きいが、周期はほぼ一致しており、波高は目視観測の方がやや低い値をとっているようである。

NV ルールの附録²⁹⁾ には

$$H_{1/3} = 1.68 H_v^{0.75}$$

$$T_o = 0.82 T_v^{0.96}$$

ただし $H_{1/3}$ = 計測波高 (1/3 最大平均)

H_v = 目視波高

T_o = 計測平均波周期 (Zero-Cross)

T_v = 目視平均波周期

の近似式を掲げているが、ほぼ適合しているものと思われる。

2.6 結 言

5 ケ年にわたる（実質 4 年 4 ケ月）実船計測を無事終了することができた。当初の目的とした間口は狭くても息の長い長期連続の自動計測の目的はほぼ達せられたものと思う。

縦揺・横揺・甲板応力の 3 エレメントについて、3 時間ごとの測定データ各 5000 個余りを集積することができた。また、統計処理の区分段階数を従来の 2 倍まで大きくすることによって、極限最大値の推定に大きな足がかりを得ることができるようになった。

計測は 3 月まで続行されるが、本稿には 1 月末までのデータしか集録されていない。データの集積整理に追われて、解析処理には未だ不充分な点も多い。各種応答の周期の相関、波浪スペクトルと応答スペクトルとの相関などについては更に解析を加えて、別の機会に公表する計画である。

計測装置についていうと、自動 RMS 計測装置および動揺計は 4 年余にわたって、ほとんど事故がなく順調に作動した。アナログデータレコーダーはテープ駆動部に時折りトラブルがあり貴重なデータを逸することがあった。長期間の無人計測のためにはできるだけ単純化した装置の方が望ましいようである。

波浪ブイもほぼ所期の目的を達することができたが、できるだけ多くのデータを集積するためには、さらに小型化して

取扱い易くすること、コストダウンを計ることが必要と思われる。今回は22 ktの高速船で1時間受信計測可能のものとしたが、30分で十分と思われる。出力・電源などの縮少により大幅な小型化も可能と思われる。

終始5年間にわたって全面的な御協力を頂いた船主協会、山下新日本汽船(株)の関係者各位および「米州丸」の乗員各位に深甚の謝意を表する。

3. 海洋気象観測船啓風丸による波浪観測実験

3.1 緒 言

海洋の波浪に関する情報を広く集めることは、船の安全運航、経済運航にとって不可欠のものであるばかりでなく、船舶や海洋構造物の設計値の設定のためにも必要とされるようになってきた。第一章で述べたような目視観測データの統計は、海洋の全般的な傾向－波候－を理解するのには有効に利用できるが、定量的な波浪情報としては測器によって測定された波浪記録に基く波スペクトラムの形で表現されることが望ましい。

日本近海や北太平洋における波浪の測器観測は、海洋観測ブイ、気象観測船、あるいは外洋に面した沿岸の海底に設置された定置式波浪計などによって収集されているが、海域的、季節的に外洋の波浪を広範囲に収集するために、さらに多くの波浪観測が必要である。その場合、各種の船舶に容易に装備することができる簡便な船載式波浪計の開発と広範な船舶への利用、ならびに取得した波浪データを速かに解析して利用に供するようにできる解析システムの併用とが不可欠である。

船舶による波浪の計測には、第二章で述べたような投込ブイによる方式と、船載波浪計による方式とがある。また船載波浪計には、船側の相対水位を測定する方式と、船側の変動水圧を測定する方法とがある。ブイ式波浪計と相対水位を測る超音波式波浪計の比較検討は既に SR 132 部会²⁷⁾、船研³⁰⁾等で行はれているが、今回、超音波式に新しい方式を開発したので、ブイ式及びタッカ式船側水圧測定式との比較を行い、その性能を調査することとした。

さらに、船載式のスペクトルアナライザを実験に使用して、船上におけるオンラインの波浪データ処理方法について検討した。

3.2 実船計測の概要

3.2.1 波浪計及び計測システム

波浪計測実験は、主として気象庁海洋気象観測船啓風丸（1,800 GT）の波浪観測航海に乗船し合計4回にわたり行われた。啓風丸の主要目を Tab. 3.1 に、全景写真を Fig. 3.1 にそれぞれ示す。使用した波浪計は、啓風丸に装備されているタッカ式波浪計、第2章で述べた長期実船計測に使用しているものと同型の東大生産技術研究所が開発した加速度ブイ式波浪計及び船研で新しく開発した超音波式船側出会波浪計の3種類である。なお実験に当っては、気象庁が沿岸波浪の観測のため設置している海底定置式波浪計でも船の観測と同時刻の観測が行われた。また、啓風丸に搭載している、PMS と呼ばれる水圧ブイ式波浪計も、一部の実験では用いた。実験時の計測システムを Fig. 3.2 に、また船側に取付けられた超音波式波浪計の送受波器の部分の写真を Fig. 3.3 に示す。新型式の超音波式波浪計の原理・構成・性能等は付録1に記述してある。

計測システムの構成機器のうち、スペクトル・アナライザは、第4回の実船計測において使用したものである。この目的は、船上にて波浪スペクトルをオンラインで解析し、観測直後に測定波に関する情報を得ることで、従来の計測では磁気テープに記録された波浪を下船後に解析していたのに比べて多くの利点を有している。スペクトル・アナライザの詳細は、付録2に述べる。

また、ブイ式波浪計を使用する場合、ブイの位置を正確に知ることはいろいろな点で好都合であるので、位置検知用レーダーレスポンダーを利用する場合の予備的実験も行った。その詳細は付録6に述べる。

3.2.2 実験航海の概要

前後4回にわたる実験航海の海域、期間、は次表に示す通りである。

	実験海域	期間
第1回	仙台沖	1979年4月12日～17日
第2回	伊豆半島周辺	1979年11月21日～30日
第3回	全上	1980年4月21日～28日
第4回	伊豆半島周辺、遠州灘	1980年11月11日～18日

実験航海の海域図をFig. 3.4～3.7に示す。

第1回実験は波浪計測の予備実験として行はれた。それまでに数度の実船テストを繰り返し、ほぼ実用のめどがついていた超音波式波浪計を啓風丸に取付けた。この航海は穏やかな海象に終始し、風浪はほとんどなく、うねりがわずかに認められる程度であった。波浪計の比較実験は計3回行はれた。この実験で超音波式波浪計は一応他の波浪計と比べて妥当な計測結果を与えたが、航走中の計測や、停船中の一部の計測において、超音波の反射信号の受信に欠測を生じることが多く、その場合、欠測による出力信号の乱調を防ぐために設けられた信号のホールド回路の時定数が不適切なため、計測波形が実際の波浪と著しく異った形状を示すことがわかった。そこで、欠測を少なくするため、超音波信号の出力を向上させると共に、受信回路の時定数を調整し直した。これらの改良を行った上で、第2回目の実験に臨んだ。

第2回実験は、伊豆半島周辺海域で行われた。この実験の期間に、日本付近は気圧の谷が周期的に通り（23日、26日、29日），この時は西南～西寄りの風約20～30ノットで、低気圧通過後は一時的に冬形の気圧配置になったが、全般的には北高型で、本州南岸沖に前線が発生し易く、関東南岸は北東の風が卓越し、30～35ノットの風速に遭遇した。このため風浪、うねり共に、目視波高で2～2.5mをしばしば観測している。この航海では計35回の波浪計測を実施したが、そのうち9回は、波浪計の比較実験である。これらの実験を通じて、超音波式波浪計の作動も順調で、良好な波浪記録を多数得ることができた。しかし、波高が3mを越えるような場合には、超音波の反射信号を受信できない頻度が増加し、信号のホールド時間も依然として改良されない等の欠点が露呈された。そこで(a)受信部のゲインを10倍に上げて受信感度を高める、(b)受信部の部品をS/N比のよいものに交換する、(c)ホールド回路の時定数をさらに1/2にする、(d)超音波の送信用振動子を新替交換する、等の改良を行った。さらに、受信感度を高めるために送受波器の水面上の取付高さを、従来の5.5mから、4.5mに下げるよう、船体取付治具を改造した。

第3回の実験は、伊豆半島周辺で行われた。4月22日～23日は相模湾内での計測で、北東の風があったが波高は約1mと穏やかであった。23日の午後に石廊崎沖に移動したが、その夜半から24日未明にかけて前線の通過があり、北西の風が30ノットをこえ、風浪が1時に高くなり、2.5mに達した。24日はその余波のうねりが続いた。25日は駿河湾より伊豆大島へ向い、26日はその付近で計測したが、東方海上にある低気圧の影響で東方からのうねりを受ける。この大潮では口直+0.14m/61.0mを下つたが、収録の比較大潮は+0.134m/61.0mの相模木、畠田収録の時4mを越える波浪も欠測なく測定でき、前回までの欠点が改良されたことが示された。第3回実験の詳細データは付録4に示す。

第4回の実験は、伊豆半島周辺及び遠州灘において実施された。11月12日は、伊豆大島沖では南々西からのうねりが残っている程度であったが、夜半から13日早朝にかけて通過した前線のため、13日は大シケとなり、南西からの3.5ノットの風と5mの波を受け船の動搖は激しく、横揺れ角は両振幅で30°に達したほどであった。13日の昼過ぎには、大島沖をはなれ、相模湾へ向った。2月16日には、やや強い風と適当な波と好天に恵まれ、石廊崎沖で波浪計測を行った。第4回実験では合計14回の計測を行ったが、このうち各種波浪計の比較実験は8回で、良好な記録を得た。第4回実験の詳細は付録5に示す。

3.3 実験結果

4回の実験航海で得た波浪の観測値を、目視及び波浪計によるものを共に、Tab. 3.2~3.5に表示した。表の左半分は啓風丸の乗組員による波浪の目視観測値を示し、右半分は、超音波式(USW)、加速度ブイ式(BUOY)及びタッカ式(TUCKER)の波浪計でそれぞれ計測された波の有義波高H_{1/3}(m)及び平均波周期(ゼロアップクロスをとる)T_o(sec)を示す。また目視波高と計測波高を比較するため、目視波高H_v(m)として、風浪の目視波高H_v(sea)とうねりの目視波高H_v(swell)を用いて、

$$H_v = \sqrt{H_v(\text{sea})^2 + H_v(\text{swell})^2} \quad (3.1.1)$$

により求めた波高も記入した。H_{1/3}及びT_oは、波記録を解析して得られた波のエネルギースペクトラムから算出した値である。

表の右端の欄には、各種波浪計の比較実験を行ったケースを、①~⑦まで通し番号を付して示した。

これら27回の比較実験のうち、代表的と思われる16ケースについて、波浪スペクトラムを比較したのが、Fig. 3.8~3.23である。

このうち、比較的多数のデータが得られた第3回と第4回の実験結果を見ると、第3回実験では超音波式波浪計で得た波スペクトルが、タッカ式のそれより全般に高目の値を示しているが、第4回実験では両者のスペクトルはお互によく一致していることがわかる。

スペクトルより求めた有義波高の値を比較してみるとFig. 3.24のようになる。

第3回実験では、USWの値が高目に出てるグループと、低目に出てるグループに分かれる。後者のグループは、タッカ式がweather sideであった右舷に、超音波式がlee sideであった左舷に別々に在った場合であり、船体の影響によって、lee sideの波高が小さくなっていると考えられる。前者のグループは、両方式の波浪計が共にweather sideの左舷にあって測定した場合で、超音波式がかなり高目(約40%)の値となっている。

第4回実験では超音波式がやや高目ではあるが、タッカ式と大差ない値となっているのと比べて、第3回実験では両方式の計測値にかなり差があることの理由は明かではない。ただし、計測に当り用いられる各種の量の較正值に誤差が混入した可能性も否定できず、別種の波浪計測装置を用い、同一の波によって実量の較正ができないという点が問題である。

ブイ式波浪計による有義波高値をタッカ式のそれと比べると、点の散らばりが若干大きいが大略は同じオーダーの値を示しているようである。

啓風丸の観測員による目視波高と、タッカ式波浪計で測定した有義波高の関係を示したのがFig. 3.25である。

また、風速と有義波高の関係をFig. 3.26に示す。図中に、第1章の統計解析による風速と波高の平均値との関係を実線で、北大西洋についてのRollによる値を点線でそれぞれ示した。これによると統計による風速対波高の関係は、計測によるその平均的な関係とほぼ同じであるといえる。

3.4 考察

3.4.1 各種波浪計の比較

4回にわたる実船試験により、船載式(ship-borne)波浪計として、超音波式及びタッカ式、投棄式波浪計として加速度ブイ式の各種波浪計の比較実験を行った。その結果、前節で述べたように、波高が5m程度の波に遭遇して、このような波も充分に測定できる超音波式波浪計の新しい形式のものがほぼ実用可能であるという段階に到達することができた。

タッカ式波浪計は、従来より観測船に用いられているものであるが、超音波式波浪計もこれと比較してほぼ同じ形状の波スペクトルを与える。ただし、超音波式の方が高い周波数で一般に高目のスペクトルとなる。またスペクトルから算出した有義波高の値も超音波式の方が高くなっている。

船側に取付けられた、これら船載式波浪計で測定した波には、入射波のほかに船体からの反射波及び船体動揺に伴う発散波が混入している。その影響が如何ほどのものであるかをストリップ法による船体運動及び船体表面の変動圧力の計算により検討した。その詳細は、付録3に示したが、それによると、横波中でweather sideにある波浪計を用いるのが良く、超音波式もタッカー式も共に波周期6秒以上の長い波は正確に測定できる。また向波中停船時にはタッカー式はやや低目の波高を測定する。

第2章で述べた長期実船計測に用いたと同型のブイ式波浪計は、タッカー式とほぼ同じ波高値を与えるようである。

3.4.2 船載式波浪計の計測システムについて

第4回実験では、デジタルのスペクトル解析装置を船に搭載し、計測波浪をオンライン処理して、波浪スペクトラムを実験直後に得るようにした。そのシステムの詳細については付録2に述べる。

このようなオンライン解析装置を利用する利点は種々の点で大きいが、その主なものを列挙すると以下のようなものがある。

- (a) 速かに波浪に関する正確な情報、すなわち有義波高、波の平均周期、スペクトラム形状などが判り、波浪予報や波浪データの統計に利用し易くなる。
- (b) 本実験で行ったような各種波浪計の性能比較が船上で容易に行え、その答えを速く得ることができる。
- (c) 波浪の目視観測値を計器の値で較正することができ、多くの目視データの修正が可能となる。また、目視観測に当る観測員の練習に役立つ。

今後、船載式波浪計を計画する場合には、データ解析装置を同一システムとして組み込むことが望ましい。

現在の船載式波浪計で得られる情報で不十分な点は、波の方向や波の方向スペクトラムが得られないということである。波の方向の測定についてはSR132においてレーダー映像による方法が研究されており、方向スペクトラムについてはクローバーブイによる方法が開発されている。観測船におけるこれらの計測方法の利用は今後検討する必要がある。

ブイ式波浪計を利用する場合、ブイの位置を正確に知ることができればブイの探索、収容や、波浪計測位置の決定が容易にできるばかりでなく、長時間のブイの放流の長時間連続観測も可能になる。従って第5回の波浪観測実験で検討したようなレーダーブイの利用価値もあると思われる。

3.5 結 言

前後5回にわたる実船実験により、船載式波浪計と、ブイ式波浪計との性能比較を行った。

その結果、得られた波スペクトラムの形状はお互によく似た形状であることがわかった。タッカー式と超音波式の両船載式波浪計の間でもお互によく似たスペクトラム形状を与えるが、両者がほとんど一致する場合も多い。スペクトラムの面積（エネルギー）を用いて求めた有義波高の値は、計測条件によってそれぞれの波浪計の値の間に異なる傾向が見られる。これは、船と波との出会い角や、各波浪計の較正值に入り得る誤差等に原因があると推定される。

理論計算によりタッcker式と超音波式に対する船体影響を調べたが、この結果は観測に当つて船首の曳風による船首の風を知るのに役立つであろう。

これらの実験を経て船載式の超音波式波浪計の実用性が達成されたといえるが、船載のオンライン解析装置と組み合はせることにより、その実用性を飛躍的に高めることができることも認識することができた。

本実船計測は、気象庁海洋気象部の御好意により同庁海洋気象観測船啓風丸の波浪計測航海に、実験担当者が乗船して実施したものである。同庁海洋気象部の関係者の方々が、松野正治船長はじめ啓風丸乗組の方々の御協力に心から感謝の意を表す次第である。また第5回の実船計測は東京商船大学練習船汐路丸により行われた。乗船を許可された大学当局ならびに今津隼馬船長はじめ乗組の方々が、同船の超音波式波浪計の使用に便宜をえていただいた桑島進助教授に対し深く感謝する次第である。

なお、実船計測に乗船した人の氏名は次の通りである。

- 第1回 能勢 義昭（東大生研），不破 健（船研），二村 正（船研）
 第2回 能勢 義昭（東大生研），原口 富博（船研），山川 暉次（船研）
 第3回 高橋 幸伯（東大生研），猿田 俊彦（船研），田中 義久（船研）
 第4回 小畠 和彦（東大生研），原口 富博（船研），高井 隆三（船研）

付録1 超音波式波浪計について

今回使用した波浪計は従来の超音波型と異なり，送波器を出た超音波が受波器に到達するまでの時間差の検出方法として相関原理を用いたもので，電子工業㈱の製品である。

すなわち，まず一般外界には存在しないような人為的に作られた系列信号（Fig. 3.27 ではM系列信号）によって変調された超音波を水面に投射すると，ある時間後にそれと同じ系列の信号が受波される。そこで復調再生された受波系列信号と送波時刻より遅延された送波系列信号との自己相関を求め，相関が最大となる遅延時間量から相対水位を演算する方式である。このブロック系統図を Fig. 3.27 に示す。

この方式では，一般自然界に存在しないような系列信号で相関を求めるため雑音分離性にすぐれている。また従来方式で使用した矩形状パルスは，受波されて電気信号に変換された時立上りが純化するため，時間差を検出する際測定誤差を生じやすいが，今回的方式ではこの測定誤差がないという点がもう一つの特徴である。

この波浪計の諸元は次の通りである。

測定波高	0 ~ 1.0 m (± 5 m)
測定距離	2 ~ 1.2 m
精度	± 1% (1.2 mに対し)
応答周波数	1 Hz (-3 dB)
超音波周波数	2.8.5 KHz
超音波ビーム角	約 5° (半減角)

付録2 船載式スペクトルアナライザーについて

この解析装置は，CPUに i8085A を使用した 8 ビット計算機でメモリー容量が 64 K バイトあり，ベイシックでプログラミングができる。この構成を Fig. 3.28 に全体の写真を Fig. 3.29 に示す。また解析方法は，SR-125 で使用されたものと同じで 1024 個のデータを FFT を用い 256 個づつ解析する重ねずらし平均法によってパワースペクトラムを求めるものであり，ウィンドウとしては Q ウィンドウを使用している。

また解析処理時間は，1 チャンネルあたり 25 分程度かかり，さらに超音波型波浪計から波のスペクトルを求める際は約 55 分程度かかる。この解析例を Fig. 3.30 に示す。これは，左からそれぞれ加速度，相対水位のパワースペクトルであり，それらのスペクトルから波のスペクトルを求めたものが右端のスペクトルである。それぞれのスペクトルから求めたエネルギー等の値は各スペクトルの右上に示してある。

この処理時間の短縮には，プログラムをアセンブラーに直す方法が考えられる。

付録3 船載波浪計により測定した波に対する船体影響について

(1) はしがき

海洋気象観測船には Tucker 式波浪計を装備しているものが多い。また，船載波浪計の一種として空中より船側の相対水位を測定する方式のものも試作されている。これらの波浪計で測定した波には，船体による波の反射，動搖によって発散される波が含まれているので，計測波を解析する場合にこれによる誤差がどの程度になるか，明かにしておく必要がある。また波浪観測に当り，誤差がなるべく小さくなるような条件を知っておくことも必要である。今回，2隻の海洋気象観測船について，計測波に対する船体影響を検討したので報告する。船側相対水位計による計測波浪における船体影響については SR 132 において雁野が理論的考察を行っている。³¹⁾ それは，ストリップ法による船側の変動水圧計

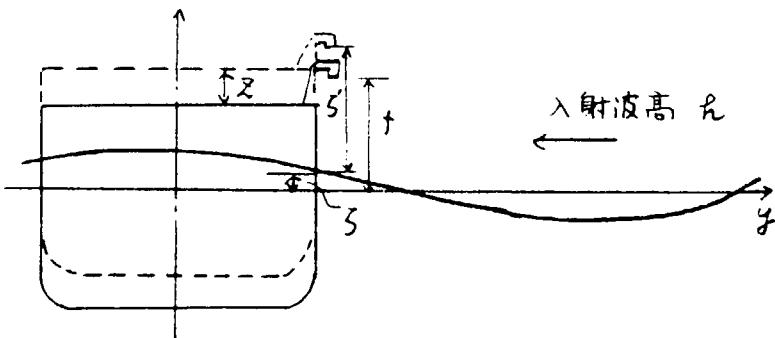
算を用いたものであるが、今回の検討も同様の方法に依った。

(2) 船側の相対水位変動及び変動水圧と入射波の関係

i) 相対水位変動と入射波

右図に示すように、船体に
対して入射波 h が当り、相対
水位計によって ζ' が測定され
たとする。

そのときの船体動揺による
船側の上下変位を Z とすると、
船側における絶対水位変動量
 ζ は、次式で表される。



$$\zeta = f + Z - \zeta' \quad (1)$$

入射波に対する船体影響を ζ_d 、相対水位の変動量を ξ とおくと、 $\zeta = h + \zeta_d$ 、 $\xi = f - \zeta'$ であるから、入射波
は、

$$h = \xi + Z - \zeta_d \quad (2)$$

である。一方、船側相対水位計で測定した波高 h^* は、次式で求められる。

$$h^* = \xi + z \quad (3)$$

すなわち、測定波は真の入射波と次の関係にある。

$$h^* = h + \zeta_d \quad (4)$$

h^* 、 h 、 ζ_d を入射波の周波数 ω で規則的に変動する量として

$$h^* = h_0^* \cos(\omega t + \epsilon^*) \quad (5)$$

$$h = h_0 \cos(\omega t + \epsilon) \quad (5)$$

$$\zeta_d = \zeta_d_0 \cos(\omega t + \epsilon_d) \quad (5)$$

とおくと、測定波高 h_0^* は、次式で求められる。

$$h_0^* = \sqrt{(\cos ky + \zeta_d_0 \cos \epsilon_d)^2 + (\sin ky + \zeta_d_0 \sin \epsilon_d)^2} \quad (6)$$

ここで入射波の波振幅 h_0 は 1 としている。

波浪計の y 座標の値は、波と船の出会い角 χ に対して次式で求める。

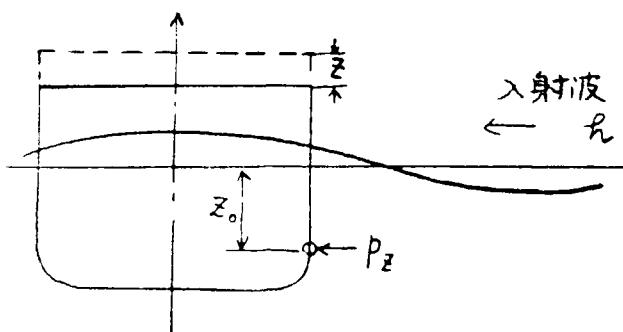
$$y = x_0 \cos \chi + y_0 \sin \chi \quad (7)$$

j) 船側の変動水圧と入射波

右図に示すように、深さ Z_0 の船側
に取付けた水圧計で測定した変動水圧
 P_z と、船体の上下変位 Z を用いて演
算した測定波高 h^{**} は、

$$h^{**} = \frac{P_z}{\rho g} + Z \quad (8)$$

である。真の入射波は(2)式で与えられ
ているから、これと(8)式から Z を消去
すると、 h^{**} と h の関係が次式のよう



に求められる。

$$h^{**} = h + \zeta d - \xi + \frac{P_z}{\rho g} \quad (9)$$

ここで、船側の水面における相対水位変動 ξ は、 $Z_0 = 0$ における船側の変動水圧 P_0 と、 $\xi = P_0 / \rho g$ の関係があるから、(9)式は次のようになる。

$$h^{**} = h + \zeta d - \frac{1}{\rho g} (P_0 - P_z) \quad (10)$$

変動水圧を、入射波及び船体変位による変動水圧 P_s と、船体の擾乱による変動水圧 P_d との和と考え、次式のように表わすことができる。

$$P = (P_{sR} + P_{dR}) \cos \omega t - (P_{sI} + P_{dI}) \sin \omega t \quad (11)$$

ここに、suffix R,I はそれぞれ real part, imaginary part を表す。

また、 P_0 , P_z に対応して、 P_{sR}^0 , P_{sR}^z のように表わすことにする。

$$h^{**} = h_0^{**} \cos (\omega t + \epsilon^{**}) \quad (12)$$

と表すと、水圧計で測定した波振幅 h_0^{**} は、変動水圧の値を用いて次式により求められる。

$$h_0^{**} = \sqrt{\left\{ \cos ky - \frac{1}{\rho g} (P_{sR}^0 - P_{sR}^z - P_{dR}^z) \right\}^2 + \left\{ \sin ky - \frac{1}{\rho g} (P_{sI}^0 - P_{sI}^z - P_{dI}^z) \right\}^2} \quad (13)$$

ここで、 $\zeta d \cos \epsilon d = P_{dR}^0 / \rho g$, $\zeta d \sin \epsilon d = P_{dI}^0 / \rho g$ である。

(3) 計算結果及び考察

気象庁の海洋気象観測船啓風丸及び高風丸について、タッカ一式波浪計及び超音波式波浪計 (USW) に対する船体影響を前節の方法により計算した。ストリップ法による船体運動と変動水圧の計算は、船研渡辺らによるプログラムを使用して行った。

計算は、船速ゼロの停船状態で、波の出会い角を 180° から 0° まで 30° おきに対して行われたが、波浪観測に最もよく用いられる出会い角として、横波の場合と向波の場合の 2 つのケースについて結果を示す。

啓風丸に対する結果を Fig. 3.3.1 に、高風丸に対するものを Fig. 3.3.2 にそれぞれ示す。これらの図の横軸は波の周波数であるが、両船の大きさ、或は横揺れ周期の違いによる差をのぞくため、横軸を $\sqrt{L/\lambda}$ 及び ω/ω_R にして書き直したのが Fig. 3.3.3 及び Fig. 3.3.4 である。

これらの結果をまとめて考慮すると次のような結論を得る。

- (a) 向波中では、 $\lambda/L > 1$ の長い波については USW が Tucker より真の波高に近い値を測定するが、Tucker はやや低目 ($10 \sim 15\%$) の波高を測定する。
- (b) 横波中では、全般的に weather side の波高計が lee side のものより、良好な測定値を与える。以下は weather side について述べる。

USW は横揺れ固有周期 T_R 付近で、少しく測定波高が低くなるほかは、 $\omega/\omega_R < 1.5$ の範囲で真の波高に近い値を出す。USW と Tucker は $\lambda/L > 1$ までの範囲ではそう大きい差はない。これより短波長域では Tucker が高目、USW

Tab. 3.6 Principal Dimensions of Keifn-Maru and Kofu-Maru

要 目	啓 風 丸	高 風 丸
長 さ (m)	7 2.0 0	4 2.5 0
幅 (m)	1 2.6 0	7.7 0
喫 水 (m)	4.3 0	2.8 5
排水量 (t)	2 2 0 0	5 3 2
CB	0.5 5	0.5 5 6
KG (m)	4.4 3	2.5 6
GM (m)	1.2 4	1.1 1
T _R (sec)	9.2 7	5.8 6

が低目の波を測定する。

付録 4 第3回波浪計測実験

昭和55年4月21日～4月28日にかけて、Fig. 3.6に示す海域で、超音波式波浪計（船研）、ブイ式波浪計（東大）、啓風丸に備付けのタッカ式波浪計により、第3回目の比較実験を行った。超音波式波浪計は、今回の実験に先立って電気回路の一部改良を行い搭載した。また前回までとは設置場所、高さも変え、左舷ポートデッキの船体中央附近で、海面上4.5mの所に設置した。

測定に当っては、船体動揺、超音波式波浪計、タッカ式波浪計の信号をアナログデーターレコーダーに、1回20分～45分間記録した。

Tab. 3.4(a), (b)に実験状態一覧表を示した。

収集したデータは、すべて陸上の解析装置でスペクトル解析、統計解析を行った。処理に当ってのサンプリングタイム $\Delta t = 0.5$ 秒、データー数 $N = 1024$ ケ、ラグ数 $L = 90$ ケで、ウィンドウは W_2 を用いた。

超音波式波浪計(USW)による波スペクトラムの時間的経過をまとめてFig. 3.35～Fig. 3.36に示す。これらは縦軸をすべて同一尺度で表示してある。4月22日～23日は、相模湾内の計測で、海象は北東の風が吹き、波高約1mと穏やかで、スペクトルも小さい。午後に石廊崎沖に移動し、そこで漂流中20時を過ぎる頃前線の通過があり、北西の風が30ktを越え、ローリングも厳しくなってきた。24日の午前0時52分の計測以降の結果で、徐々に波スペクトルが発達しているのはその為である。25日は駿河湾より伊豆大島沖へ向った。

26日伊豆大島沖での計測では、東方海上にある低気圧の影響であろうか、東方からのうねりが認められる。

Fig. 3.13～Fig. 3.17には波高の高い場合を選んで超音波式とタッカ式波浪計のスペクトルの比較を行ったものを示す。尚同図中のタッカ式波高計については気象庁(JMA)で解析したもの(データー数=2,400ケ、ラグ数=120、 $\Delta t = 0.5$ 秒、ハニングウィンドウ)を載せた。また同図中に示す時刻は気象庁の測定時刻を示したものである。

タッカ式波浪計の生データを、船研と気象庁とで別々に解析したものを比較してみると、両解析法の違いによる波スペクトルの間の差は非常に小さい。

Tab. 3.7及び3.8は、東大のブイ式波浪計及び、気象庁のタッカ式波浪計で得られたデータを、それぞれの機関で解析した結果を示すものである。

付録5 第4回波浪計測実験

第4回の実験は、昭和55年1月11日から同18日までの8日間にわたり、Fig. 3.7に示す伊豆半島周辺及び遠州灘海域で行われた。使用した波浪計は3種類(啓風丸タッカ式、東大生産研加速度式ブイおよび船研の超音波式)である。ただし、今回加速度ブイ式では従来のものと同じタイプ及びそれを改良しセンサーである加速度センサーを本体から10m程度水中に吊下げるようとしたものと2種類の型式について計測を行った。

また、今回は船載式のスペクトル解析装置を使用してオンラインデータ解析を行い各種波浪計には波スペクトルの比較と解説を行った。この構成図はFig. 3.20に示した。

第4回実験の一覧表はTable 3.5に示される。またこの間の航跡図はFig. 3.7に示される。延べ7日間に合計13回の波浪計測実験を行ったが、そのうち9回が各種波浪計の比較実験であった。

船研式超音波波浪計とタッカ式波浪計、ブイ式波浪計で計測した波の記録を解析して得た波スペクトラムを各観測時ごとにまとめて画いたのが、Fig. 3.18からFig. 3.23である。

タッカ式波浪計のデータは気象庁の解析システムにより解析されたものであり、ブイ式波浪計のデータは東大生研で解析されたものである。(ただし、Exp. No. 7は船研で解析を行ったものである。)

Tab. 3.9にはブイ式で計測された値(東大生産研による)を、Tab. 3.10にはタッカ式により計測された波の統計値(気象庁による)をそれぞれ示した。

付録 6 レーダーブイ使用実験

第5回の実験は、昭和56年1月13日～14日の2日間にわたり、東京湾周辺海域で行われた。乗船した船は、東京商船大学所有の練習船汐路丸（350トン）であり、使用した波浪計は超音波式出会い波浪計とブイ式波浪計の2台である。このうち超音波式波浪計は汐路丸の船首部に備付けられたものであるが、第1回～第4回の実験で用いた船側出会い波浪計と同一型式の波浪計である。ブイ式波浪計は加速度式であり、これも従来の実験で用いたと同型式のものである。

今回の実験の目的は、ブイ式波浪計の探索用に使用可能なレーダーレスポンダー用ブイを、波浪計に結合させて使用した場合、測定波に影響があるか無いかを実地テストすることであった。

このレーダーブイは、Fig. 3.37に示すような外形であり、船から発射されるマイクロ波を受信し、これをVHFにより返信し、それを船で受信し、レーダー画像面上にスポットとして位置表示する機能を有するもので、一般には漁網の追跡・監視に利用されている市販品である。このブイを利用するためには、船のレーダーにFig. 3.38に示すような制御回路を取付ける必要がある。このシステムのブロック図をFig. 3.39に、性能をTab. 3.11に夫々示す。

海洋気象観測船が、ブイ式波浪計を用いて波浪計測を行う場合、商船の実船計測のように波浪計を投棄してしまわず、回収して繰り返し使用することが望ましい。しかし荒天中の波浪の中に漂流するブイ式波浪計を目視で追跡することは困難である。そこでレーダーブイを波浪計の位置探索に用いることとした。レーダーブイは使用する波浪ブイに比べてほぼ同程度の形状・寸法を持っているので、両者を結合した場合、波浪ブイの自由な動搖を妨げる恐れがある。今回の実験においては、波浪ブイ単独の場合と、波浪ブイにレーダーブイを結合した場合の2つの状態について、波浪観測を行うとともに、8ミリシネで撮影してブイの挙動を観察し、レーダーブイ結合の影響を調べた。

両方のブイの結合方式はFig. 3.40に示すように、長さ約10mの綿ロープで結ぶ方法である。波浪ブイには回収用ロープに小さな浮きを取付けた。

波浪の記録はアナログ信号としてデータレコーダーの磁気テープに収録された。これを、汐路丸備付の解析装置によりスペクトル解析したほか、陸上においても別に解析した。

実験で測定した波形の1例をFig. 3.41に示す。

これらの記録を解析した結果をFig. 3.42(a), (b)に示す。Fig. 3.42(a)は超音波によるもの、Fig. 3.42(b)はブイ式によるもので、図中の実線はブイ式波浪計単独の実験（Test No.1）を、点線はブイ式波浪計にレーダーブイを結合した場合の実験（Test. No.2）をそれぞれ示す。

Fig. 3.42(b)によればブイ式波浪計単独の場合と、レーダーブイを結合した場合とで、波スペクトルには本質的な差は見られない。目視又は8ミリシネの記録によっても、レーダーブイ自体の動搖（横揺れ）は大きいが、これが連結索を通してブイ式波浪計に影響を与えるように見えなかった。

従ってレーダーブイが波浪計測に悪影響を与えないとしてよいと思われる。ブイの探索性能については今回の実験で確認することができなかったが、本装置の性能は試験済みであるので、今後の使用に問題はないものと思われる。レーダーブイの使用に当っては無線局免許申請及び船舶レーダーの変更申請を行い、当局の許可を得る必要がある。

Fig. 3.42(a)には超音波式で測定した波のスペクトラムを示すが、Test. No.1と2で少し異った形状を示している。これは、両実験で船と波との出会い角が異なるため、船体の影響が異って現れたためと考えられる。Test No. 1については、超音波式とブイ式の波スペクトラムは比較的よく一致している。

References

参考文献

- 1) Walden, H.; "Die Eigenschaften der Meereswellen im Nordatlantischen Ozean", Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröffentlichungen Nr. 41 (1964)
- 2) Hogben, N. and F.E. Lumb; "Ocean Wave Statistics", National Physical Laboratory, London, (1967)
- 3) Yamanouchi, Y. and A. Ogawa; "Statistical Diagrams on the Winds and Waves on the North Pacific Ocean", Papers of Ship Research Institute, Supplement No. 2 (1970)
- 4) Yamanouchi, Y. et al.; "On the Winds and Waves on the Northern North Pacific Ocean and South Adjacent Seas of Japan as the Environmental Condition for the Ship", Papers of Ship Research Institute, No. 5 (1965)
- 5) SR 80 ; "北太平洋および日本近海の波浪統計調査", 造船研究 7-2, (1965)
- 6) SR 80 第1分科会 ; "海象・気象に関する統計調査(北太平洋の風と波)", 造船研究 8-1, (1966)
- 7) 日本造船研究協会 ; "北太平洋の風と波 (1954-1963)", 1966
- 8) SR 163 ; "気象海象および船舶の波浪中応答に関する統計解析ならびに実船計測", 造研研究資料 277 (1977), 293 (1978), 321 (1979), 325 (1980)
- 9) 日本造船研究協会 ; Wind and Waves of the North Pacific Ocean (1980)
- 10) Gumbel, E.J.; "Statistics of Extremes", Columbia Univ. Press (1957), 邦訳 "極値統計学", 河田, 岩井, 加瀬訳, 広川書店 (1963)
- 11) Nordenström, N.; "Method for Predicting Long Term Distributions of Wave Loads and Probability of Failure for Ships, Appendix I, Long Term Distributions of Wave Height and Period", N.V. Report, No. 69-21-S (1969)
"Calculation of Wave-Induced Motions and Loads Progress Report No. 2, Long Term Distribution of the State of Sea, No. 3 Additional Notes on-The Long Term Distribution of The State of Sea", N.V. Report, No. 65-13-S, 66-12-S (1965, 66)
- 12) Battjes, J.A.; "Long-Term Wave Height Distributions at Seven Stations and the British Isles", Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 25-4 (1972)
- 13) Robinson, D.W.; "Use of the Three Parameter Weibull Distribution to Describe the Marginal and Conditional Distributions of Wave Heights", R. and T.A. Report, No. 5095 (1972)
- 14) 板倉博, 首藤康雄 ; "北太平洋気候表10年報 (1961~1970年) の解説, その2 - 波高 - ", 船と海上気象, 22-2 (1978)
- 15) Thom, R.C.S.; "Asymptotic extreme-value distributions of wave heights in the Open Ocean", Journal of Marine Research, 29-1 (1971)
- 16) 大村英雄, 井上篤次郎 ; "冬期の日本近海北太平洋の目視観測波高の極値について", 航海, 42 (1974)
- 17) I.S.S.C. Committee 1, "Environmental Conditions" Proc. 4th I.S.S.C., 1970 Tokyo (1970)
- 18) 気象庁 ; "北太平洋海洋気候表10年報 (1961-1970)" (1977)
- 19) 板倉博・首藤康雄 ; "北太平洋海洋気候表10年報の解説, その1 - 風速 - ", 船と海上気象, 22-1, (1978)
- 20) 松本次男・高塙聰・土田正夫 ; "北西太平洋における風速と波高の平均的分布", 海の気象, 24-1, (1978)
- 21) 紫山武 ; "本邦付近を通過する顕著低気圧について", 研究時報, 3-18 (1951)
- 22) 気象庁予報部 ; "日本付近を通る顕著低気圧の統計的調査" (1971)
- 23) 松本次男 ; "日本近海における顕著低気圧の特性について", 昭和50年度日本海洋学会春季大会予稿集 (1975)

- 24) 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”，造研研究資料 146(1971), 156(1972), 170(1973), 187(1974), 210(1975), 造研報告 81(1976)
- 25) I.S.S.C. Committee I-1: “Environmental Conditions”, Proc. 5th I.S.S.C., 1973 Hamburg (1973)
- 26) I.S.S.C. Committee I-1: “Environmental Conditions”, Proc. 6th I.S.S.C., 1976 Boston (1976)
- 27) SR-132：“実船搭載用波浪計に関する研究”，造研研究資料 164(1972), 177(1973), 193(1974), 214(1975)
- 28) Fain, R.A. et al.: “Results of the First Five DATA YEARS of Extreme Stress Scratch Gauge Data Collected Aboard Sea-Land's SL-7's”, Ship Structure Committee, SSC-286 (SL-7-25), 1979
- 29) Det Norske Veritas: “Rules for the Design Construction and Inspection of Offshore Structures, 1977, Appendix A, Environmental Conditions (1978)
- 30) 高石敬史ほか，“船載式出会い波浪計の性能について”，船研報告, 13-4(1976)
- 31) 雁野昌明；“船体近傍の動的水位変動に関する理論計算”，造研研究資料 177(1973)
- 32) 真能創, 河辺寛；“海洋波に対する応答の長期分布の理論的推定における想定海象について（第4報）－北太平洋の海象－”，日本造船学会論文集 147(1980)

List of Figures and Tables 附図・附表

- Fig. 1. 1 WMO Area of Responsibility and Responsible Members
国際海上気象統計の責任海域と責任国
- Fig. 1. 2 Punch Card of the Marine Meteorological Data
船舶気象データ用パンチカード
- Fig. 1. 3 Division of Sea Area into Sub-Zones
小海区の区分図
- Fig. 1. 4 Number of Analyzed Data for Each Sub-Zone
小海区ごとの解析データ数
- Fig. 1. 5 Wind Speed Rose Map
風速ローズ地図
- Fig. 1. 6 Wave Height Rose Map
波高ローズ地図
- Fig. 1. 7 Histogram of Wind Speed (Winter)
風速のヒストグラム（冬）
- Fig. 1. 8 Histogram of Wave Height (Winter)
波高のヒストグラム（冬）
- Fig. 1. 9 Histogram of Wave Period (Winter)
波周期のヒストグラム（冬）
- Fig. 1.10 Mean Wind Speed for Each Sub-Zone (Winter)
小海区ごとの平均風速（冬）
- Fig. 1.11 Mean Wave Height for Each Sub-Zone (Winter)
小海区ごとの平均波高（冬）
- Fig. 1.12 Mean Value of Wave Height versus Wind Speed
風速対波高平均値
- Fig. 1.13 Mean Value of Wave Period versus Wind Speed
風速対波周期平均値
- Fig. 1.14 Cumulative Probability of Wave Heights
on Log-Normal Paper Annual, All Period,
Whole Area
波高の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全周期, 全海域
- Fig. 1.15 Cumulative Probability of Wave Heights
on Log-Normal Paper, Annual, Whole
Area
波高の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全海域, 周期別
- Fig. 1.16 Cumulative Probability of Wave Heights
on Log-Normal Paper, Annual, Each
Season, Whole Area
波高の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全海域, 四季別
- Fig. 1.17 Cumulative Probability of Wave Period
on Log-Normal Paper, Annual, Whole
Area
波周期の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット
ト, 通年, 全海域
- Fig. 1.18 Mean and Standard Deviations for Each
Wave Periods, Whole Year, All Area
波周期別平均値, 標準偏差, 通年, 全海域

Fig. 1.19 Cumulative Probabilities of Visual Wave Heights on Log-Normal Paper, According to SR 80's Data, Whole Year, All Area, All Period

SR80による目視観測値の対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 全海域, 全周期

Fig. 1.20 Cumulative Probabilities of Maximum Wave Heights on Gumbel Paper
最大波高のGumbel極値確率紙上へのプロット

Fig. 1.21 Comparison of Cumulative Probabilities of Maximum Wave Heights of North Pacific and North Atlantic
北太平洋と北大西洋の最大波高分布の比較

Fig. 1.22 Distribution of Number of Wind Speed Observations Greater than 50 kt During 10 Years
10年間に風速50kt以上を観測した回数

Fig. 1.23 Distribution of Number of Wave Height Observation Higher than 10 m During 10 Years
10年間に波高10m以上を観測した回数

Fig. 1.24 Distribution of Mean Wind Speed and Mean Wave Height in North-West Pacific Ocean (1961–1970)
北西太平洋における平均風速と平均波高の分布

Fig. 1.25 Monthly Distribution Areas of Strong Wind Speed (Greater than 22.5 kt) and High Wave Height (Higher than 3 m) in North-West Pacific Ocean (Number 1-12 corresponds to Jan.–Dec.)
22.5 kt以上の強風域および3m以上の高波域の月ごとの分布

Fig. 1.26 Monthly Distribution Areas where Strong Wind Speed (50 kt \leq) were Observed More than 10 Times
強風(50 kt以上)の観測10回以上の海域の月ごとの分布

Fig. 1.27 Monthly Distribution Areas where High Wave Height (10 m \leq) were Observed More than 10 Times
高波(10m以上)の観測10回以上の海域の月ごとの分布

Fig. 1.28 Distribution of the Total Number of Observed Data (1961–1970)
船舶気象観測データ数の分布

Fig. 1.29 Sea Area Demarcation
海域区分

Fig. 1.30 Monthly Mean of Sea Surface Air Pressure (1961–1970)
月平均海面気圧の分布

Fig. 1.31 Positions of Abnormally Developed Extratropical Cyclone (1972, 1973)
低気圧の異常発達の位置

Fig. 1.32 Monthly Distribution of Temperature Difference between Air and Surface Water (1961–1970)
気温と海面水温差の月平均分布

Fig. 1.33 Stream Axis of Kuroshio Current in Winter Season (1961–1970)
各年冬期における黒潮流平均

Fig. 1.34 15°C Isotherm of Sea Surface Temperature at February of Each Year (Solid Lines) and Mean 15°C Isotherm of Each Month (Dec.–March) During 10 Years (1961–1970)
各年2月における15°C等海面水温線および10年平均の各月の15°C等温線

Fig. 1.35 Relation between Cyclone Center and the Position where High Wave Height (15 m \leq) were Observed (1964–1973)
高波(15m以上)観測位置と低気圧中心との関係

Tab. 1. 1 Division of Sea Area
海区の区分

Tab. 1. 2 Classes of Direction of Wind and Wave

風向及び波向の区分表

Tab. 1. 3 Classes of Wind Speed

風速の区分表

Tab. 1. 4 Classes of Wave Height

波高の区分表

Tab. 1. 5 Classes of Wave Period (Japan)

波周期の区分表（日本）

Tab. 1. 6 Classes of Wave Period (NOAA, USA)

波周期の区分表（アメリカ）

Tab. 1. 7 Limitation of Heights and Periods of Wind Waves Corresponding to Wind Speed

風速による風浪の波高と周期の制限値

Tab. 1. 8 Wind Speed versus Wind Direction

風向対風速表

Tab. 1. 9 Wave Height versus Wave Direction

波向対波高表

Tab. 1.10 Wave Period versus Wave Direction

波向対波周期表

Tab. 1.11 Wave Height versus Wave Period

波高対波周期表

Tab. 1.12 Wave Height versus Wind Speed

風速対波高表

Tab. 1.13 Wave Period versus Wind Speed

風速対波周期表

Tab. 1.14 Wave Height versus Wave Period (Spring)

波高対波周期表（春）

Tab. 1.15 Wave Height versus Wave Period (Summer)

波高対波周期表（夏）

Tab. 1.16 Wave Height versus Wave Period (Autumn)

波高対波周期表（秋）

Tab. 1.17 Wave Height versus Wave Period (Winter)

波高対波周期表（冬）

Tab. 1.18 Number of Observations of High Waves Higher than 15 m

波高15m以上の高波の観測回数

Tab. 1.19 Passed Frequency of Developed Extratropical Cyclone (Center Pressure 990 mb >) (1967-1976)

海域別顕著低気圧（990mb以下）の出現回数

Tab. 2. 1 Details of "Beishu Maru"

米州丸の主要要目

Fig. 2. 1 Course of "Beishu Maru"

米州丸の航路

Tab. 2. 2 Table of Environmental Conditions

外界条件記録表

Fig. 2. 2 Strain Gauges on Upper Deck

上甲板上のひずみゲージ

Tab. 2. 3 Specifications of Ship Motion Meter

動揺計仕様

Fig. 2. 3 Ship Motion Meter

動揺計外観

Tab. 2. 4 Specifications of Wave Buoy

波浪ブイ仕様

Fig. 2. 4 Wave Buoy

波浪ブイ

Fig. 2. 5 Wave Buoy

波浪ブイ

Fig. 2. 6 Block Diagram of Measuring and Recording System

計測・記録システムブロック図

Fig. 2. 7 Automatic RMS Meter

自動 RMS 計測装置

Fig. 2. 8 Block Diagram of Automatic RMS Meter

自動 RMS 計測装置のブロック図

Fig. 2. 9 Calculation in Automatic RMS Meter

自動 RMS 計測装置における演算方式

Fig. 2.10 Automatic Analogue Data Recorder

自動アナログデータレコーダー

Fig. 2.11 Measuring and Recording Room on Board

船内の計測記録室

Fig. 2.12 Analysing Instruments

解析処理装置（陸上）

Tab. 2. 5 Frequency Distribution of Environmental Conditions

外界条件の頻度分布

Fig. 2.13 Histograms of Environmental Conditions

外界条件のヒストグラム

Tab. 2. 6 Visual Wave Height vs. Wind Velocity

風速と波高の関係

Fig. 2.14 Visual Wave Height vs. Wind Velocity

風速と波高の関係

Tab. 2. 7 Ship Speed vs. Wave Height

波高と船速

Fig. 2.15 Mean Ship Speed vs. Wave Height

波高と平均船速

Tab. 2. 8 Frequency Distribution of RMS Values of Pitching Angle

縦搖角の RMS 値の頻度分布

Tab. 2. 9 Frequency Distribution of Max. Peak Values of Pitching Angle

縦搖角の最大値の頻度分布

Tab. 2.10 Frequency Distribution of Min. Trough Values of Pitching Angle

縦搖角の最小値の頻度分布

Tab. 2.11 Frequency Distribution of RMS Values of Rolling Angle

横搖角の RMS 値の頻度分布

Tab. 2.12 Frequency Distribution of Max. Peak Values of Rolling Angle

横搖角の最大値の頻度分布

Tab. 2.13 Frequency Distribution of Min. Trough Values of Rolling Angle

横搖角の最小値の頻度分布

Tab. 2.14 Frequency Distribution of RMS Values of Deck Stress

甲板応力の RMS 値の頻度分布

Tab. 2.15 Frequency Distribution of Max. Peak Values of Deck Stress

甲板応力の最大値の頻度分布

Tab. 2.16 Frequency Distribution of Min. Trough Values of Deck Stress

甲板応力の最小値の頻度分布

Tab. 2.17 Mean Value of Pitching Angle vs. Wave Height

波高と縦搖角平均値

Tab. 2.18 Mean Value of Rolling Angle vs. Wave Height

波高と横搖角平均値

Tab. 2.19 Mean Value of Deck Stress vs. Wave Height

波高と甲板応力平均値

Fig. 2.16 Mean Value of Pitching Angle vs. Wave Height

波高と縦搖角平均値

Fig. 2.17 Mean Value of Rolling Angle vs. Wave Height

波高と横搖角平均値

Fig. 2.18 Mean Value of Deck Stress vs. Wave Height

波高と甲板応力平均値

Fig. 2.19 RMS Values of Response Amplitude vs. Wave Height

波高と応答振巾 R M S 値との関係（出合角別）

Fig. 2.20 Estimation of Max. Values from the RMS Values

R M S 値から最大値の推定

Fig. 2.21 Non-Dimensional Bending Moment vs. Wave Height

波高の無次元曲げモーメントとの関係

Fig. 2.22 Histograms of Pitching Angle

縦搖角のヒストグラム

Fig. 2.23 Histograms of Rolling Angle

横搖角のヒストグラム

Fig. 2.24 Histograms of Deck Stress

甲板応力のヒストグラム

Fig. 2.25 Cumulative Probability of Pitching Angle

縦搖角の累積確率

Fig. 2.26 Cumulative Probability of Rolling Angle

横搖角の累積確率

Fig. 2.27 Cumulative Probability of Deck Stress

甲板応力の累積確率

Fig. 2.28 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Pitching Angle

縦搖角の最大値と最小値の関係

Fig. 2.29 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Rolling Angle

横搖角の最大値と最小値の関係

Fig. 2.30 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Deck Stress

甲板応力の最大値と最小値の関係

Fig. 2.31 Sample of Wave Record

波浪計測の記録例

Tab. 2.20 Notations of the Symbols in Tab. 2.21

統計およびスペクトル解析表（Tab. 2. 21）の記号

Tab. 2.21 Statistical and Spectral Analysis of Analogue Data

統計およびスペクトル解析結果

Fig. 2.32 Normalized Wave Spectra

標準波スペクトル

Fig. 2.33 Measured Wave Height vs. Visual Wave Height

波高の計測値と目視観測値との関係

Fig. 2.34 Measured Wave Period vs. Visual Wave Period

波周期の計測値と目視観測値との関係

Fig. 3. 1 Ocean Weather Ship "Keifu-Maru"

海洋気象観測船啓風丸

Fig. 3. 2 Arrangement of Experiment on Board

実船実験計測装置

Fig. 3. 3 Ultra-Sonic Wave Meter on Board

船載の超音波式波浪計

Fig. 3. 4 Ship Route of the 1st Experiment

第1回実船計測航路図

Fig. 3. 5 Ship Route of the 2nd Experiment

第2回実船計測航路図

Fig. 3. 6 Ship Route of the 3rd Experiment

第3回実船計測航路図

Fig. 3. 7 Ship Route of the 4th Experiment

第4回実船計測航路図

Fig. 3. 8 Comparison of Measured Wave Spectra

波スペクトルの比較

Fig. 3.23 Comparison of Measured Wave Spectra

波スペクトルの比較

Fig. 3.24 Comparison of Wave Heights Measured by Various Wave Meter

各種波浪計による計測波高の比較

Fig. 3.25 Relation Between Observed and Measured Wave Heights

目視波高と計測波高の関係

Fig. 3.26 Relation Between Wind Speed and Wave Heights

風速と計測波高の関係

Fig. 3.27 Block Diagram of Ultra-Sonic Wave Meter

超音波式波浪計のブロック図

Fig. 3.28 System of Spectral Analyser

スペクトル解析装置の構成

Fig. 3.29 Spectral Analyser

スペクトル解析装置の写真

Fig. 3.30 An Example of Out-Put on the Spectral Analyser

スペクトル解析装置の出力例

Fig. 3.31 Wave Amplitude Ratio on Ship Side

船側における計測波高比

Fig. 3.34 Wave Amplitude Ratio on Ship Side

船側における計測波高比

Fig. 3.35 Wave Spectra Measured During the 3rd Experiment

第3回実船計測で測定された波スペクトル

Fig. 3.36 Wave Spectra Measured During the 3rd Experiment

第3回実船計測で測定された波スペクトル

"WIND AND WAVES OF THE NORTH PACIFIC OCEAN"

March 1980

The Shipbuilding Research Association of Japan

ERRATA

(1) PAGE 7: Table 5 Classes of Wave Period (NOAA)

Calm → Calm or Period not determined

(2) PAGE 107: WAVE HEIGHT-PERIOD SEASON WINTER

CORRECTED TABLE OF AREA M21 (TOTAL AND MAX ARE TO BE ADDED)

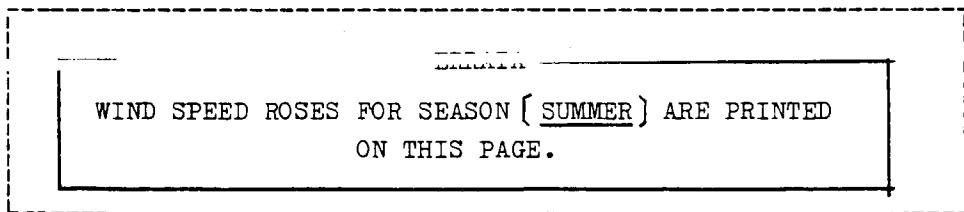
AREA M21 (10N-2UN, 150E-170E)	PERIOD (SEC)						DATA NUMBER MEAN OF DATA	10459 1.93 M
	-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14+		
0.00 -	600	29	19	24	1	3	61	737
0.75 -	3148	872	473	77	59	34		4673
1.75 -	1159	1122	729	169	150	79		3398
2.75 -	288	479	466	71	123	40		1467
3.75 -	18	130	156	35	52	19		410
4.75 -	8	28	35	10	11	4		96
5.75 -		9	17	3	11	2		42
6.75 -		5	1			1		5
7.75 -		5						5
8.75 -								
9.75 -								
10.75 -								
11.75 -								1
12.75 -								
13.75 -								
14.75 -								
CALM							25	25
TOTAL	5231	2657	1937	389	417	132	86	10859
MAX	5.00	8.00	12.50	6.00	6.00	7.50	.00	12.50

(3) §6. Maps of Wind Speed Roses for Adjacent Sea of Japan and the North Pacific Ocean

- (a) The figure of page 27 shows wind speed roses for season [SUMMER], while page 26 shows season [SPRING].
- (b) The figure of page 31 shows wind speed roses for season [SPRING], while page 30 shows season [SUMMER].

Please stick the following notations on the top of the pages 27 and 31 to avoid misusage.

For page 27



For page 31

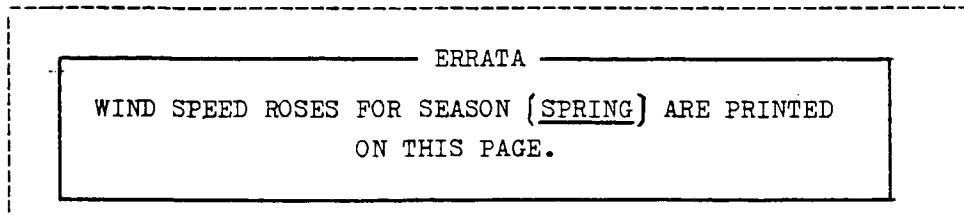


Fig. 3.37 Radar Re-
sponder
Buoy
レーダーブイ

Fig. 3.38 Control
Box of
Radar
Buoy
レーダーブイ制御箱

Fig. 3.39 Radar Buoy System
レーダーブイシステム図

Fig. 3.40 Connection of Wave Buoy and Radar
Buoy
レーダーブイと波浪計ブイの結合方法

Fig. 3.41 Example of Wave Records
波浪計測記録例

Fig. 3.42 Wave Spectra Measured by USW and BUOY
ブイ式及び超音波式波浪計による波スペクトル

Tab. 3. 1 Principal Dimension of Keifu-Maru
啓風丸の要目表

Tab. 3. 2 Observed and Measured Waves of the 1st Experiment
第1回実船計測における波浪の観測結果

Tab. 3. 3 Observed and Measured Waves of the 2nd Experiment
第2回実船計測における波浪の観測結果

Tab. 3. 4 Observed and Measured Waves of the 3rd Experiment
第3回実船計測における波浪の観測結果

Tab. 3. 5 Observed and Measured Waves of the 4th Experiment
第4回実船計測における波浪の観測結果

Tab. 3. 6 Principal Dimensions of Keifu-Maru and Kofu-Maru
啓風丸と高風丸の主要寸法

Tab. 3. 7 Wave Data Obtained by BUOY Wave Meter (Analyzed by TU)
ブイ式波浪計による波浪データ（東大生研の解析）

Tab. 3. 8 Wave Data Obtained by TUCKER Wave Meter (Analyzed by JMA)
タッカー式波浪計による波浪データ（気象庁の解析）

Tab. 3. 9 Wave Data Obtained by BUOY Wave Meter (Analyzed by TU)
ブイ式波浪計による波浪データ（東大生研の解析）

Tab. 3.10 Wave Data Obtained by TUCKER Wave Meter (Analyzed by JMA)
タッcker式波浪計による波浪データ（気象庁の解析）

Tab. 3.11 Specification of the Radar Responder
レーダーブイの性能規格表

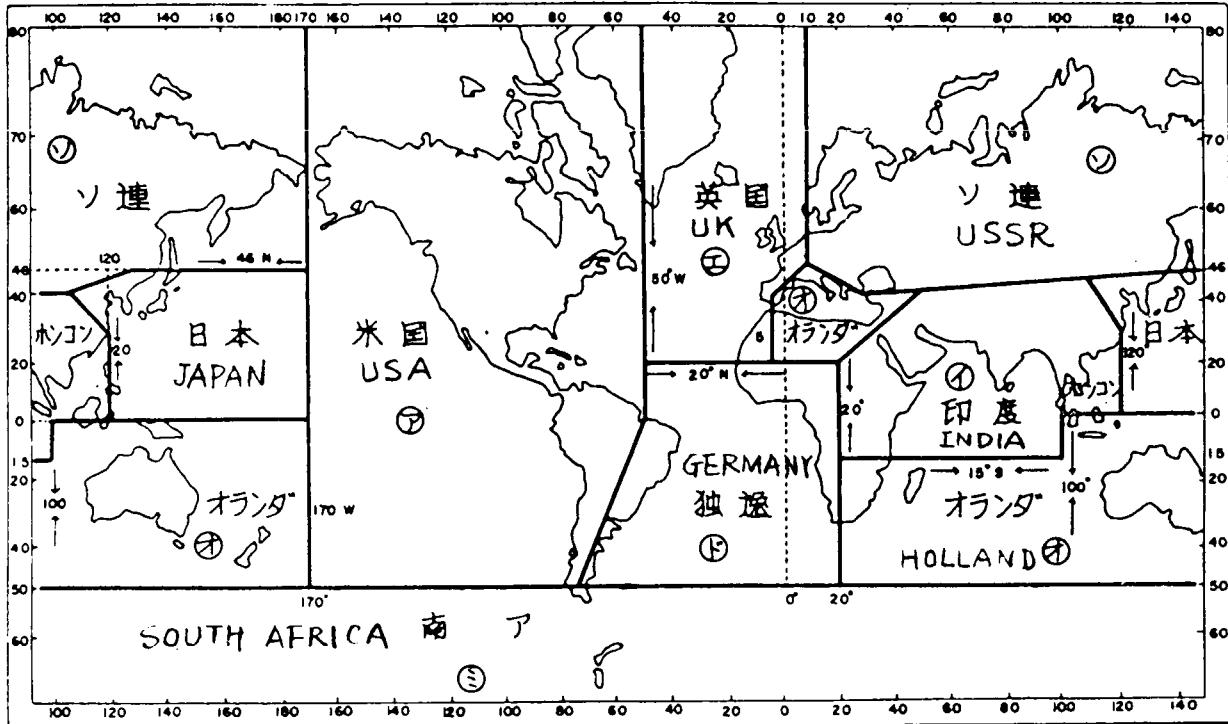


Fig. 1. 1 WMO Area of Responsibility and Responsible Members
国際海上気象統計の責任海域と責任国

Fig. 1. 2 Punch Card of the Marine Meteorological Data
船舶気象データ用パンチカード

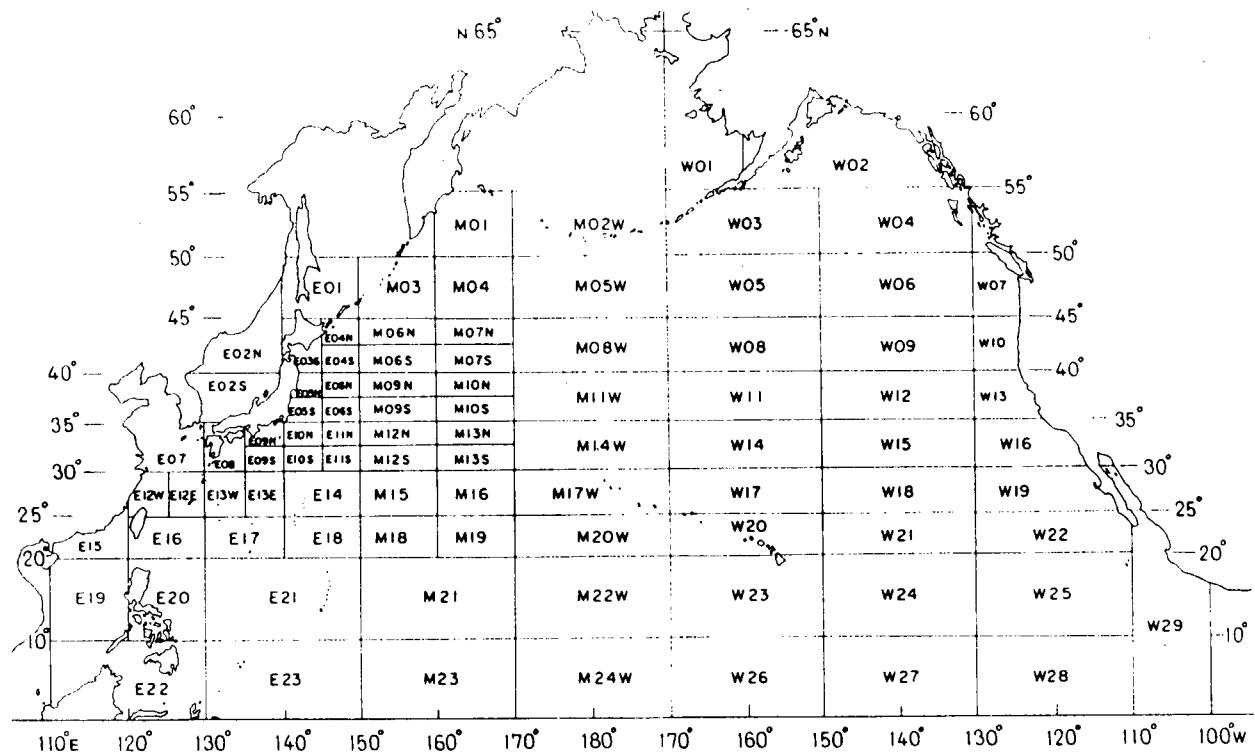


Fig. 1. 3 Division of Sea Area into Sub-Zones
小海区の区分図

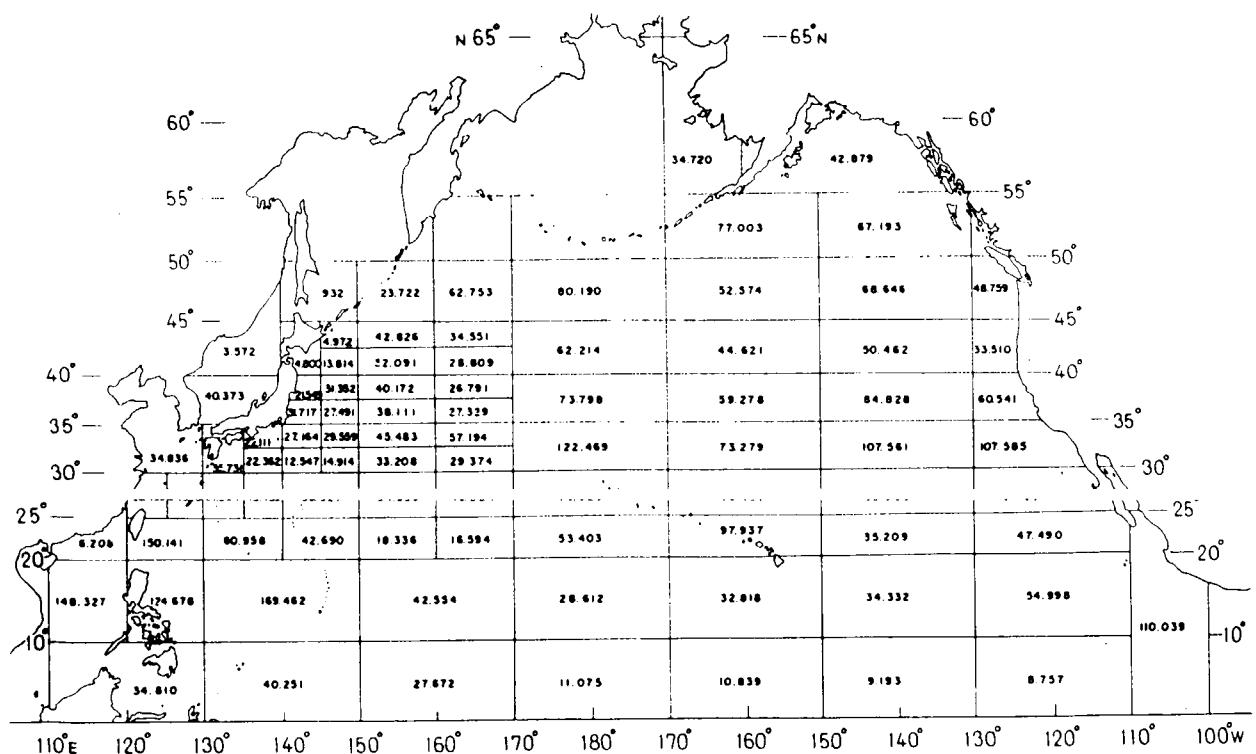


Fig. 1. 4 Number of Analyzed Data for Each Sub-Zone
小海区ごとの解析データ数

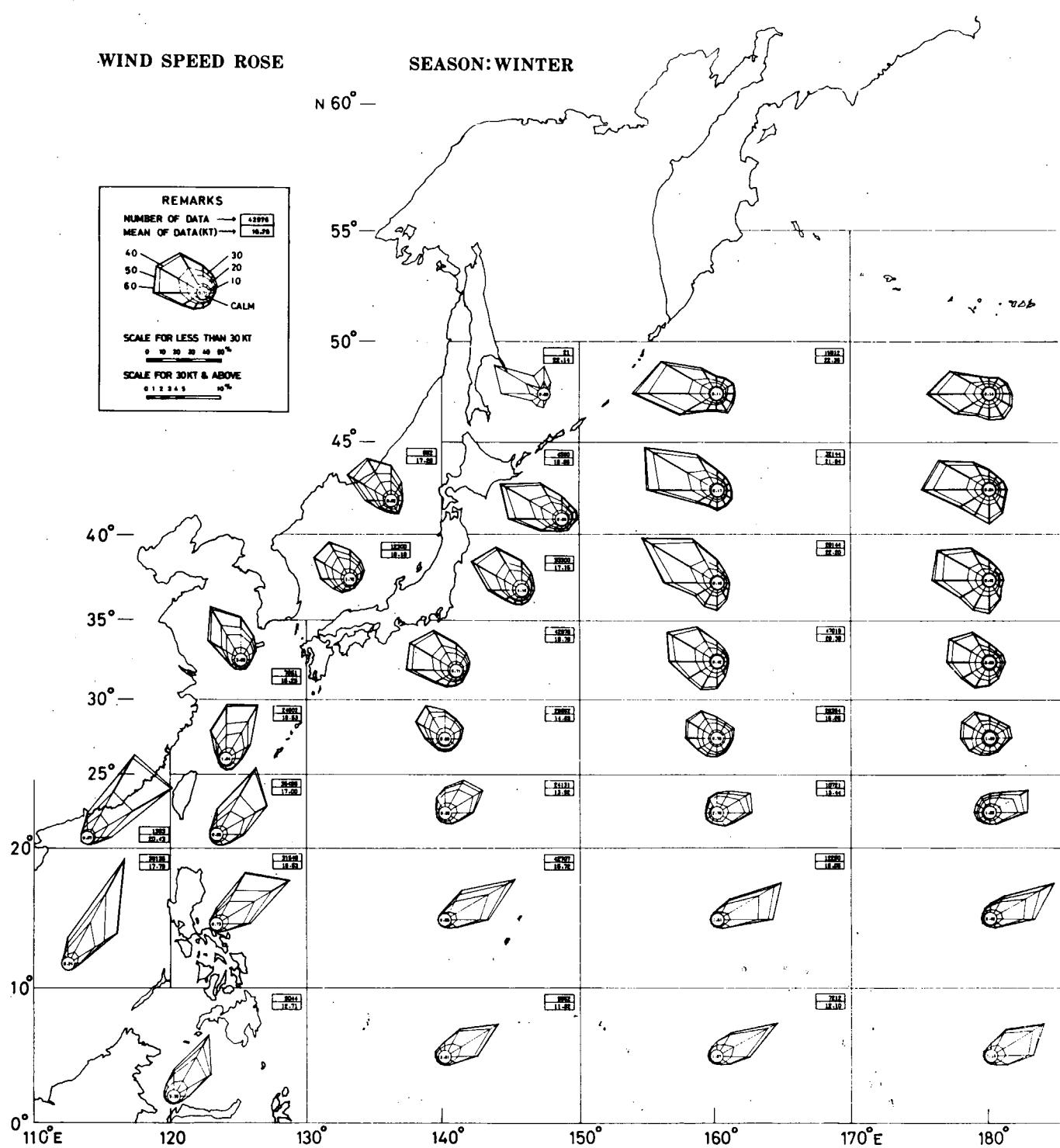


Fig. 1. 5 Wind Speed Rose Map
 風速ローズ地図

NORTH PACIFIC OCEAN

— 60° N

— 55°

— 50°

— 45°

— 40°

— 35°

— 30°

— 25°

— 20°

— 10°

— 0°

170° W

160°

150°

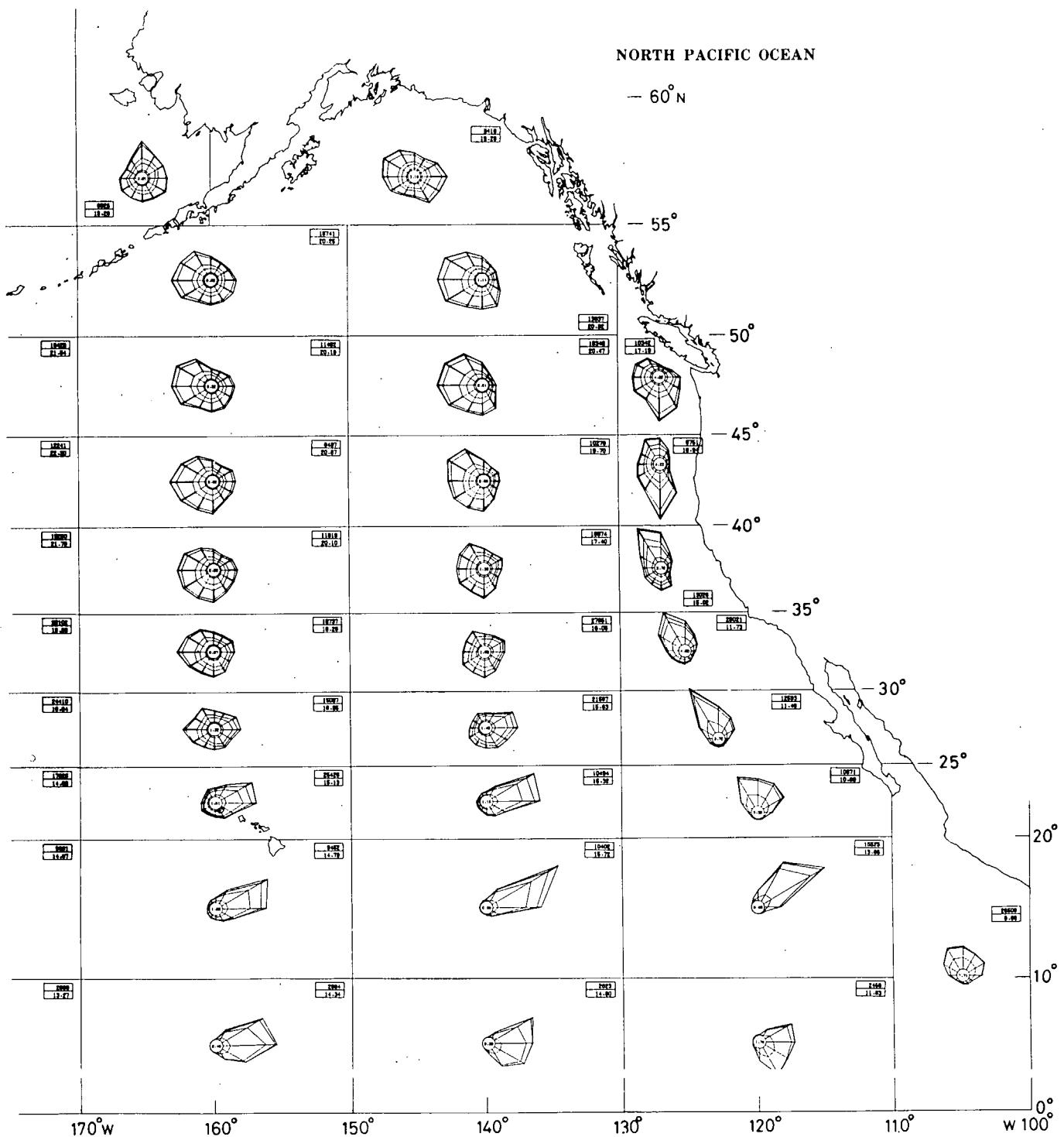
140°

130°

120°

110°

W 100°



WAVE HEIGHT ROSE

SEASON: WINTER

N 60°

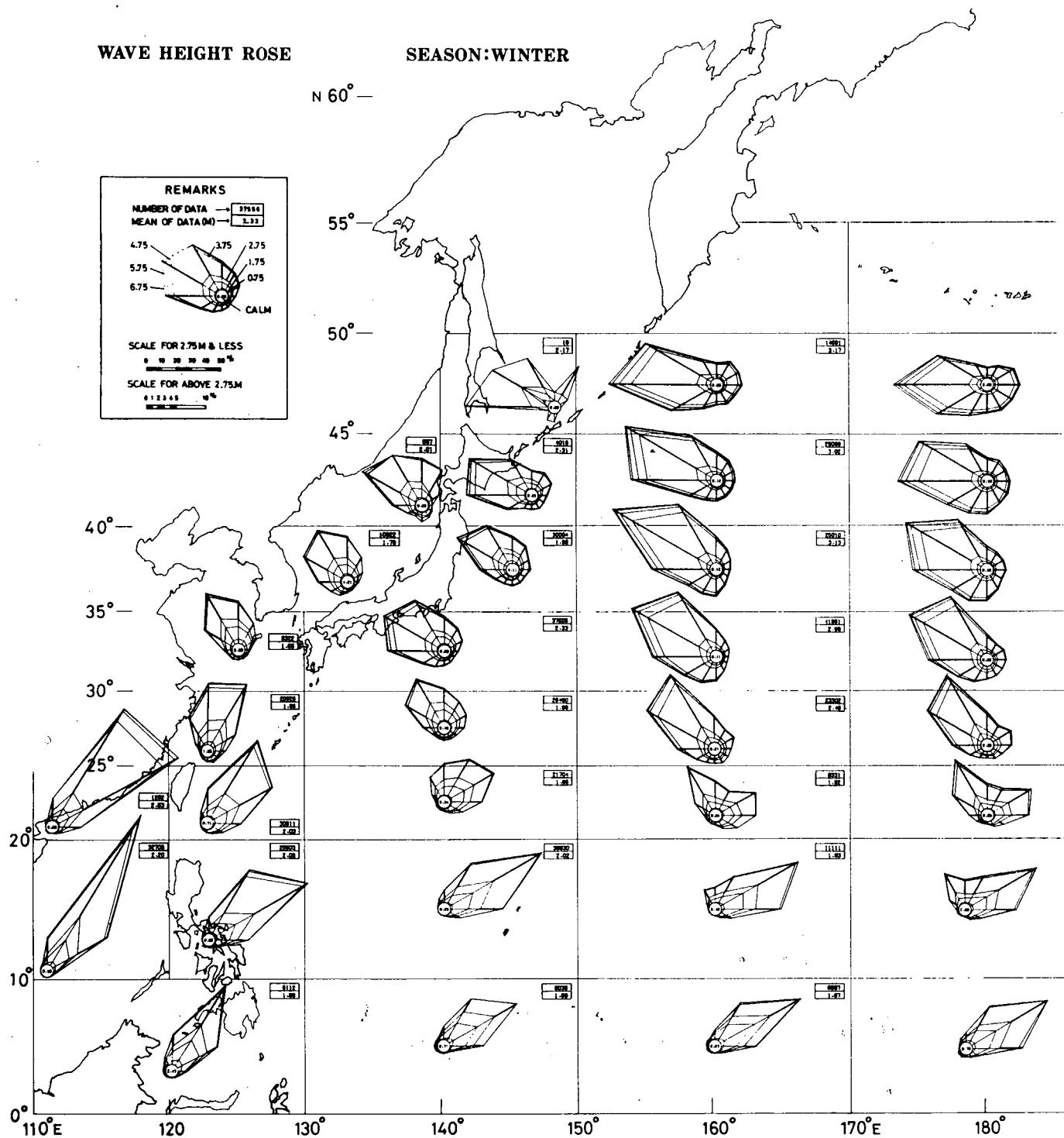
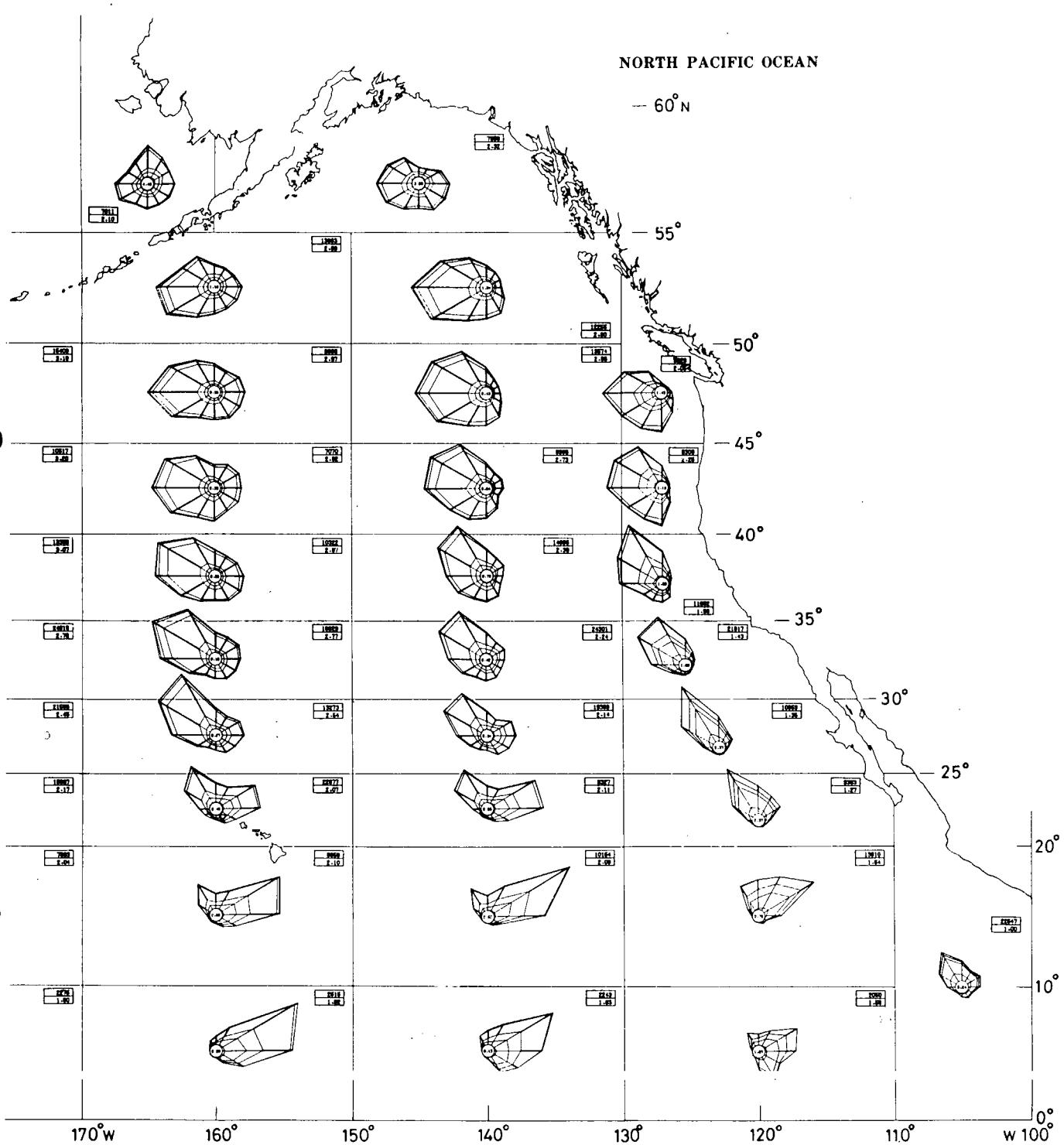
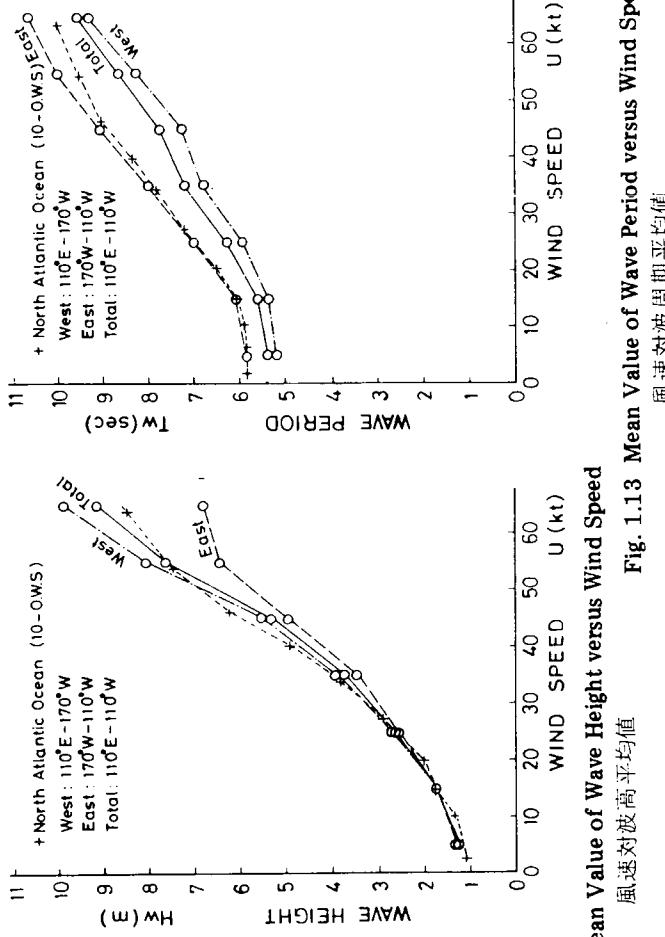
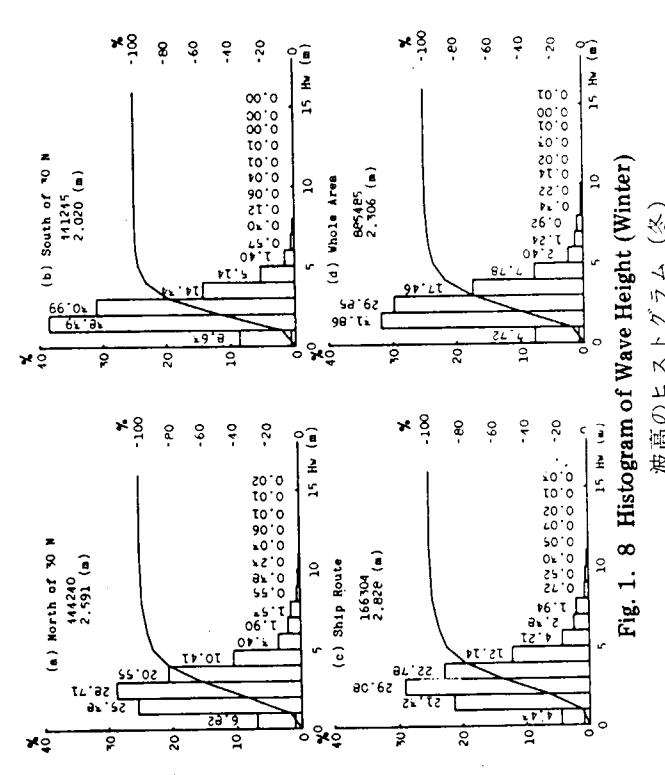
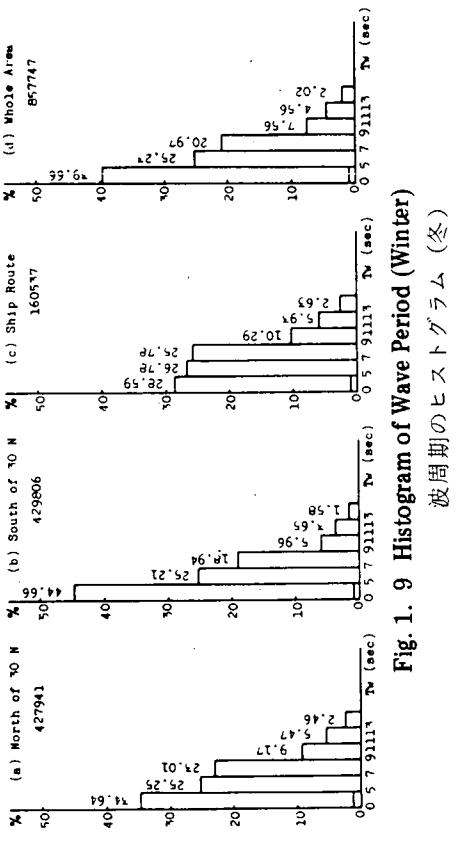
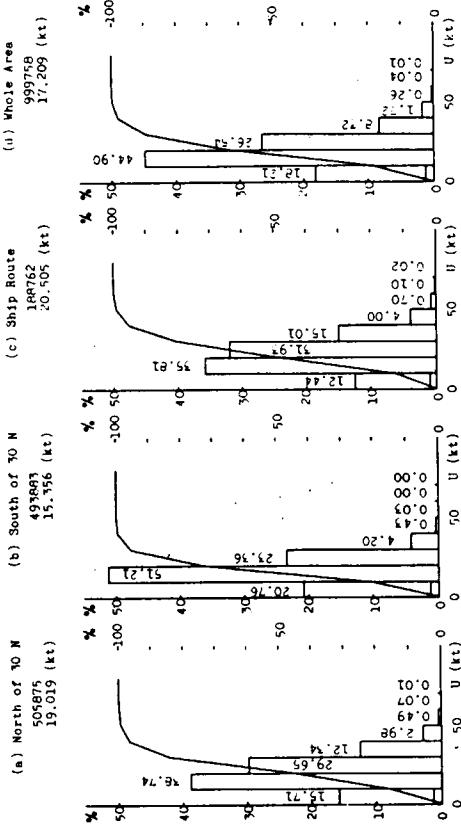


Fig. 1. 6 Wave Height Rose Map
波高ローズ地図





MEAN WIND SPEED

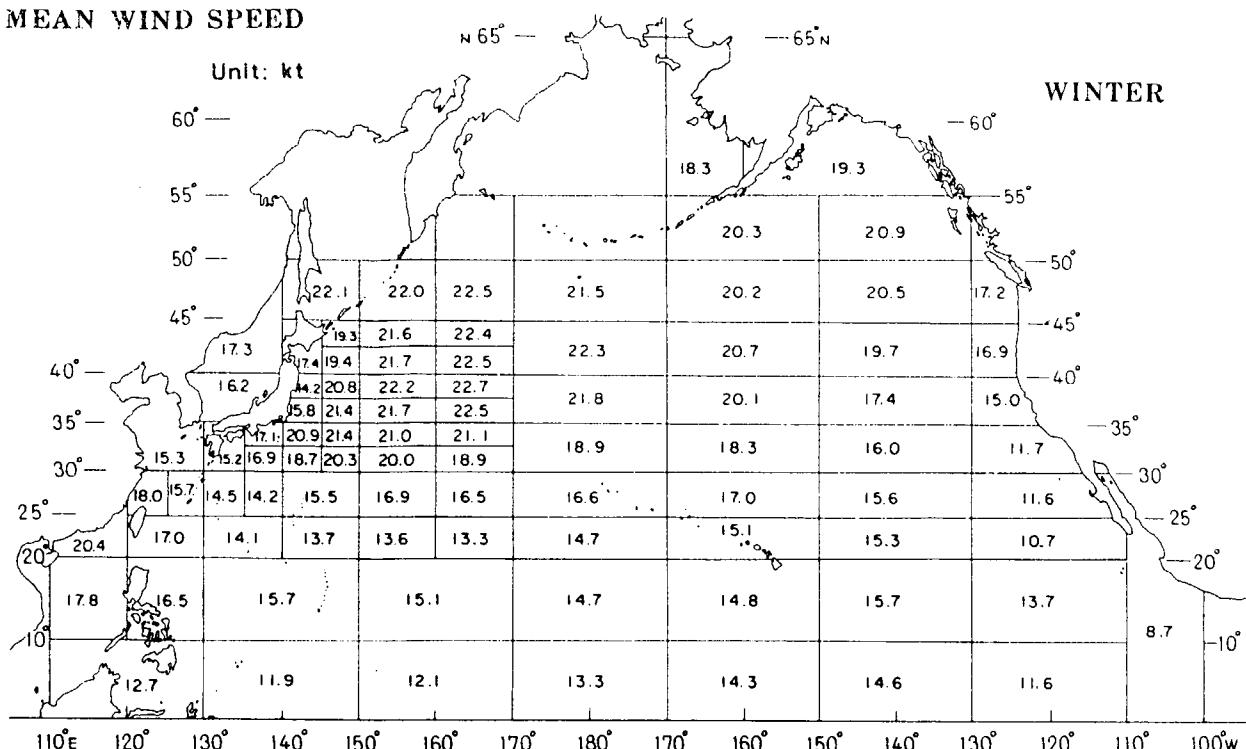


Fig. 1.10 Mean Wind Speed for Each Sub-Zone (Winter)

小海区ごとの平均風速 (冬)

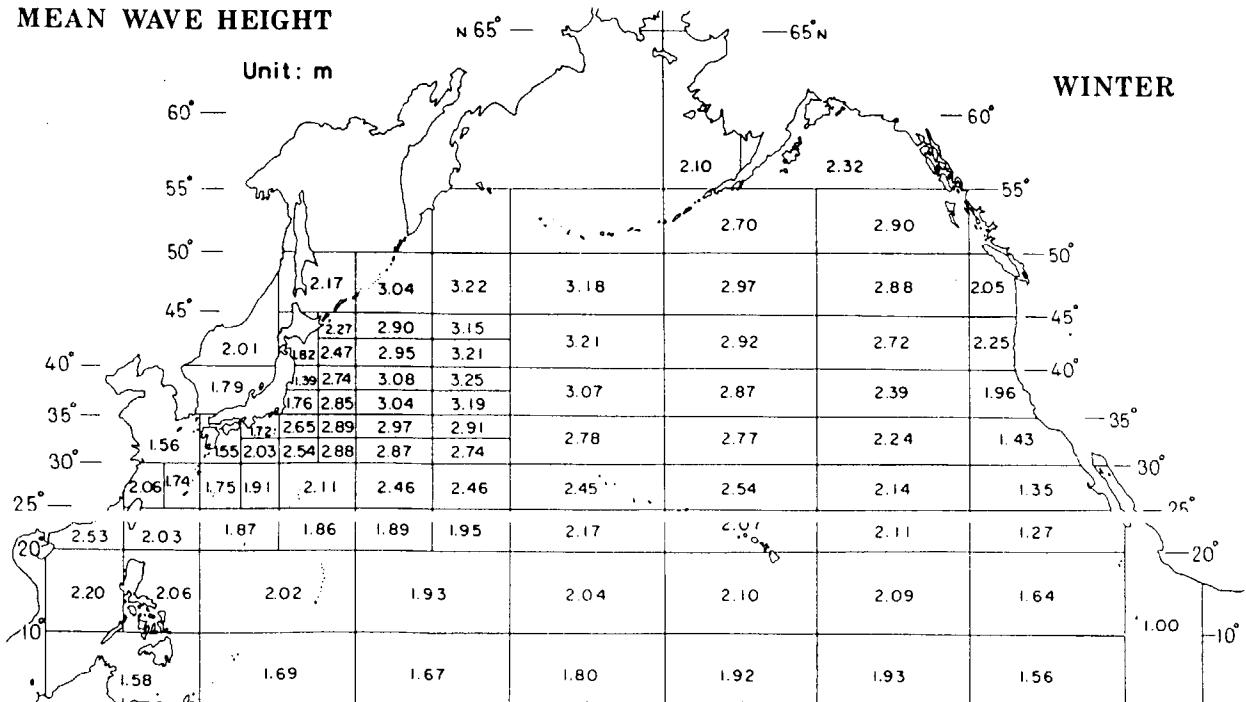


Fig. 1.11 Mean Wave Height for Each Sub-Zone (Winter)

小海区ごとの平均波高 (冬)

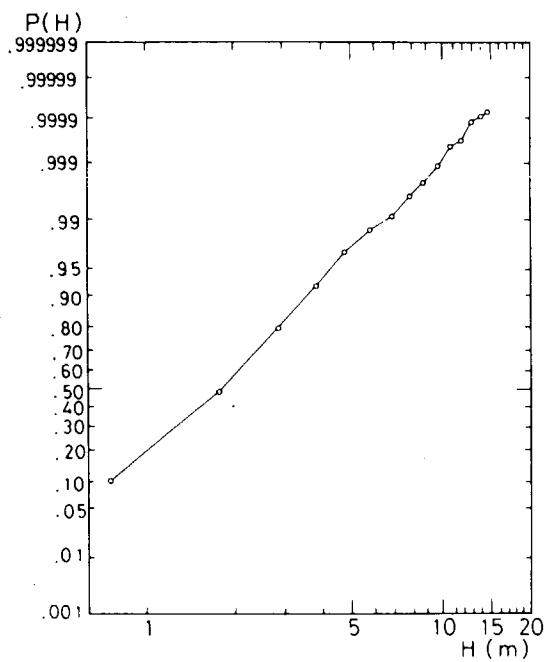


Fig. 1.14 Cumulative Probability of Wave Heights
on Log-Normal Paper Annual, All Period,
Whole Area

波高の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全周期, 全海域

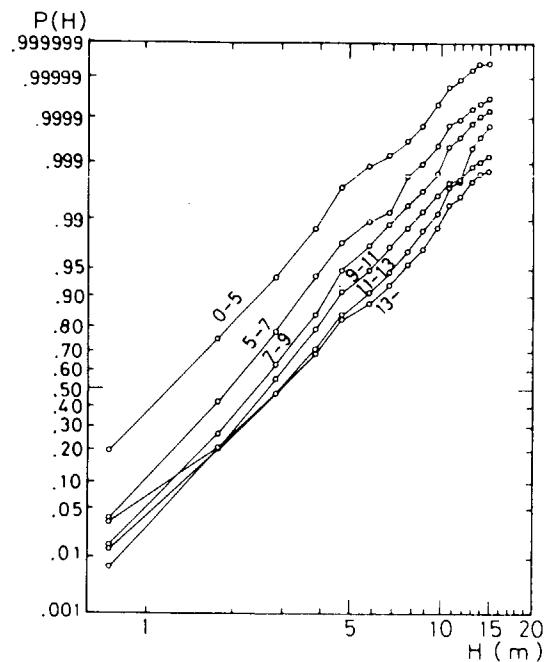


Fig. 1.15 Cumulative Probability of Wave Heights
on Log-Normal Paper, Annual, Whole
Area

波高の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全海域, 周期別

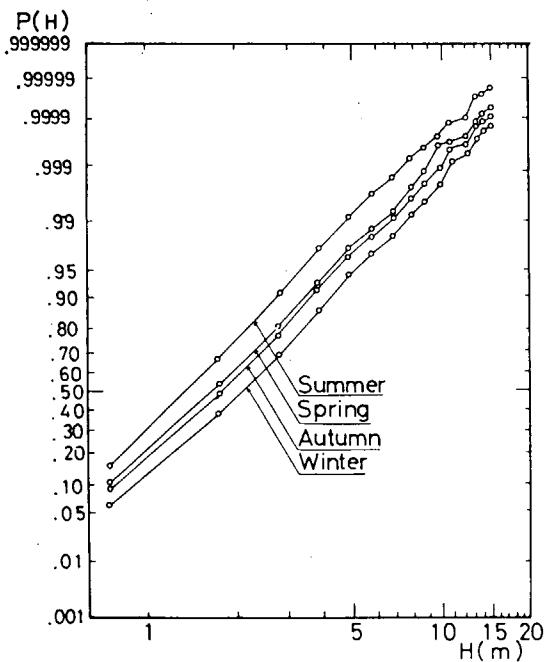


Fig. 1.16 Cumulative Probability of Wave Heights
on Log-Normal Paper, Annual, Each
Season, Whole Area

波高の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全海域, 四季別

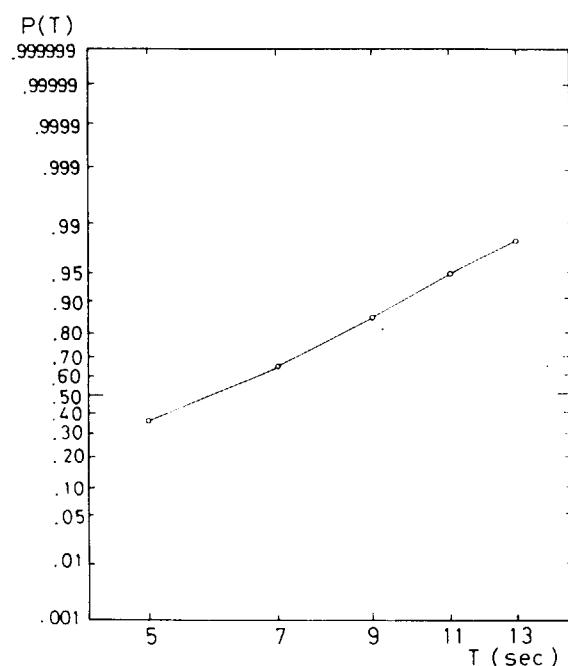


Fig. 1.17 Cumulative Probability of Wave Period
on Log-Normal Paper, Annual, Whole
Area

波周期の累積頻度分布の対数正規確率紙上へのプロット,
通年, 全海域

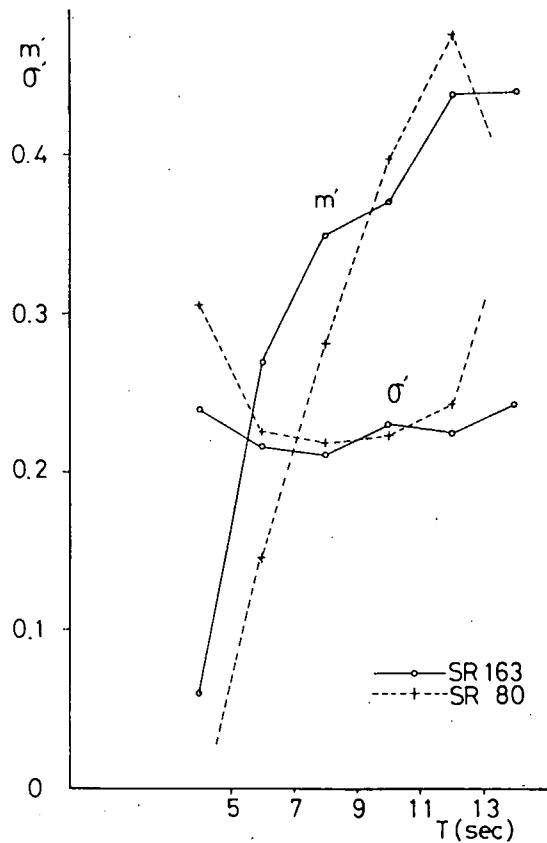


Fig. 1.18 Mean and Standard Deviations for Each Wave Periods, Whole Year, All Area
波周期別平均値、標準偏差、通年、全海域

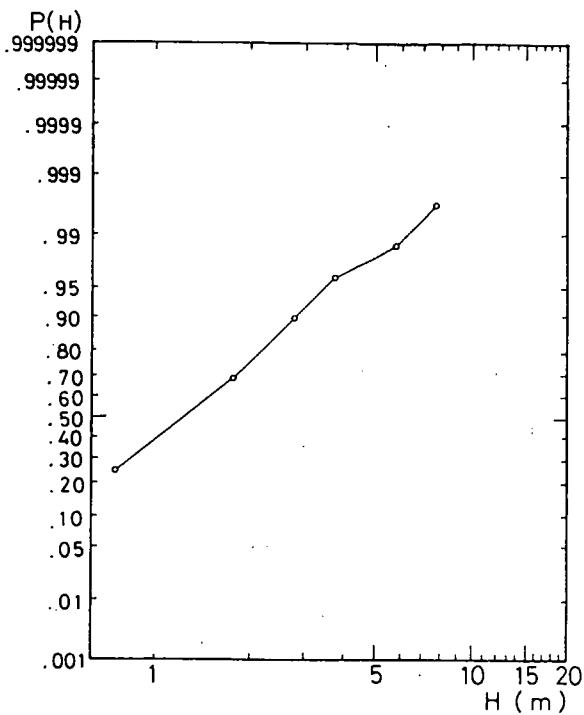


Fig. 1.19 Cumulative Probabilities of Visual Wave Heights on Log-Normal Paper, According to SR 80's Data, Whole Year, All Area, All Period
SR 80による目視観測値の対数正規確率紙上へのプロット、通年、全海域、全周期

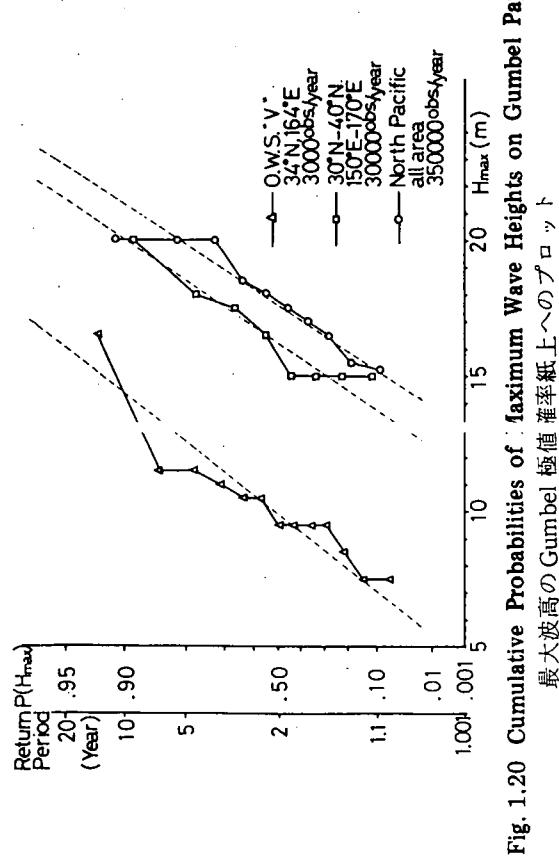


Fig. 1.20 Cumulative Probabilities of Maximum Wave Heights on Gumbel Paper
最大波高のGumbel確率紙上へのプロット

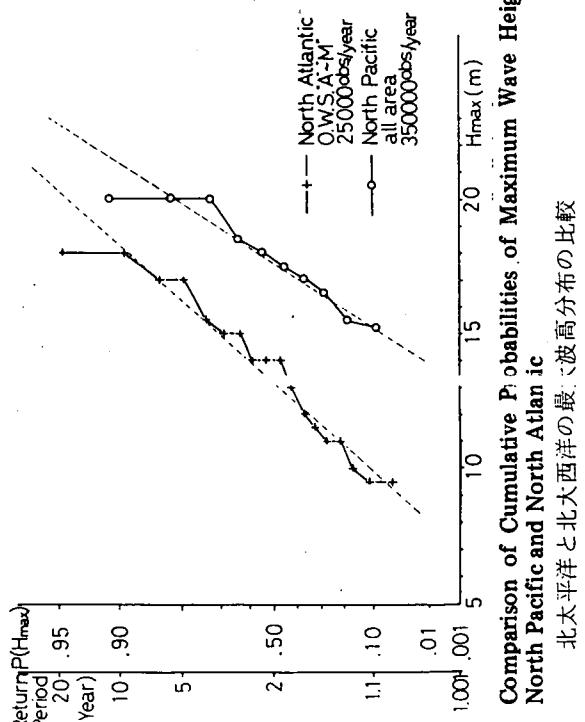


Fig. 1.21 Comparison of Cumulative Probabilities of Maximum Wave Heights of North Pacific and North Atlantic
北太平洋と北大西洋の最大波高分布の比較

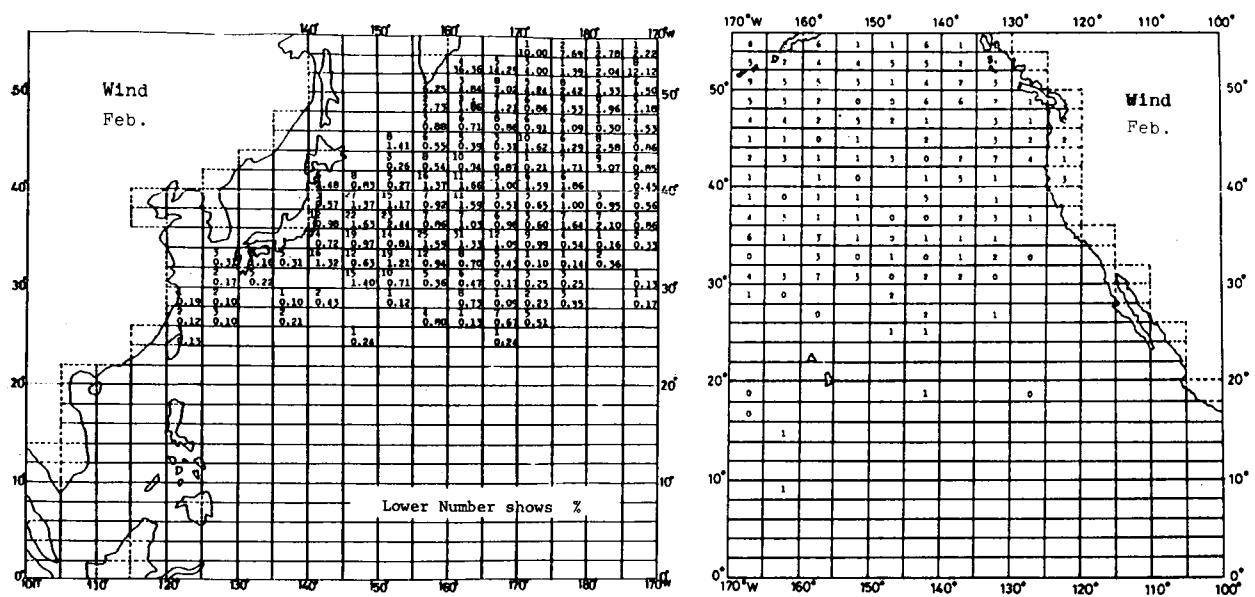


Fig. 1.22 Distribution of Number of Wind Speed Observations Greater than 50 kt During 10 Years
10年間に風速50kt以上を観測した回数

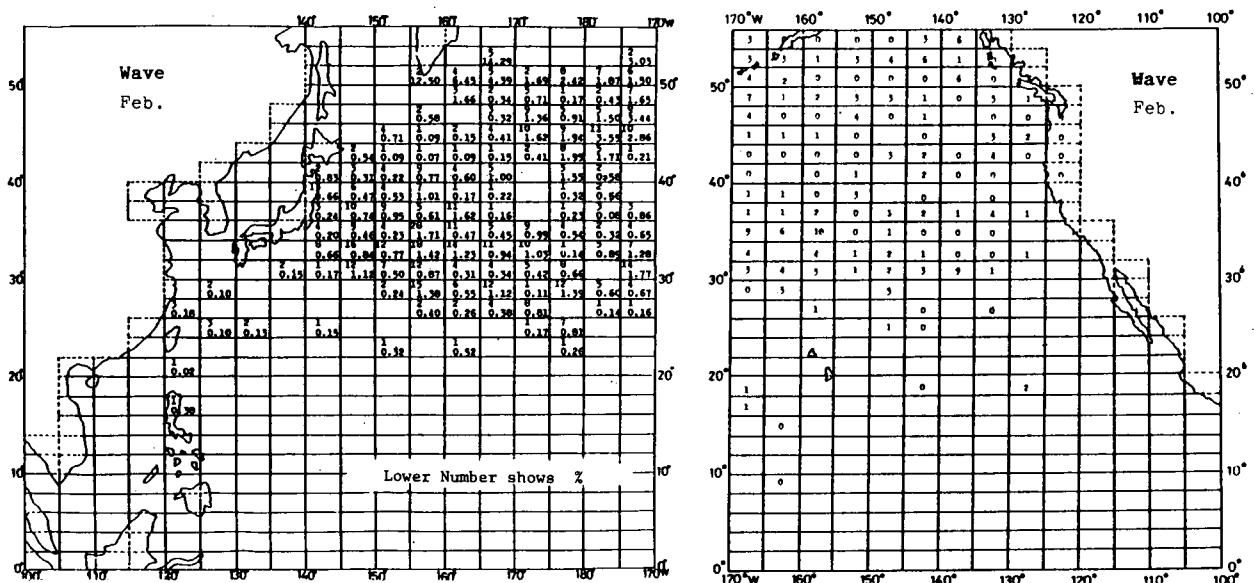


Fig. 1.23 Distribution of Number of Wave Height Observation Higher than 10 m During 10 Years
10年間に波高10m以上を観測した回数

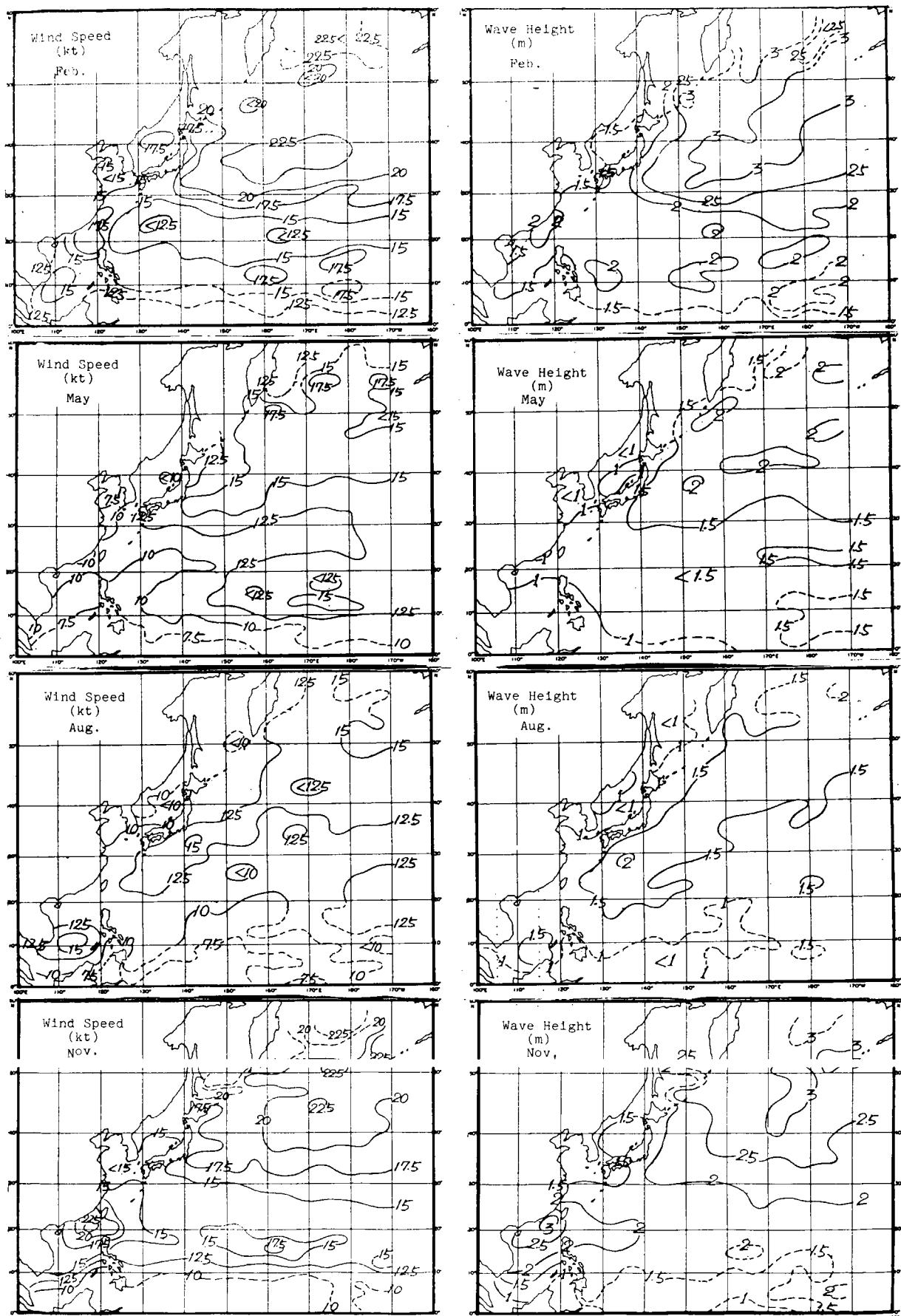


Fig. 1.24 Distribution of Mean Wind Speed and Mean Wave Height in North-West Pacific Ocean (1961-1970)

北西太平洋における平均風速と平均波高の分布

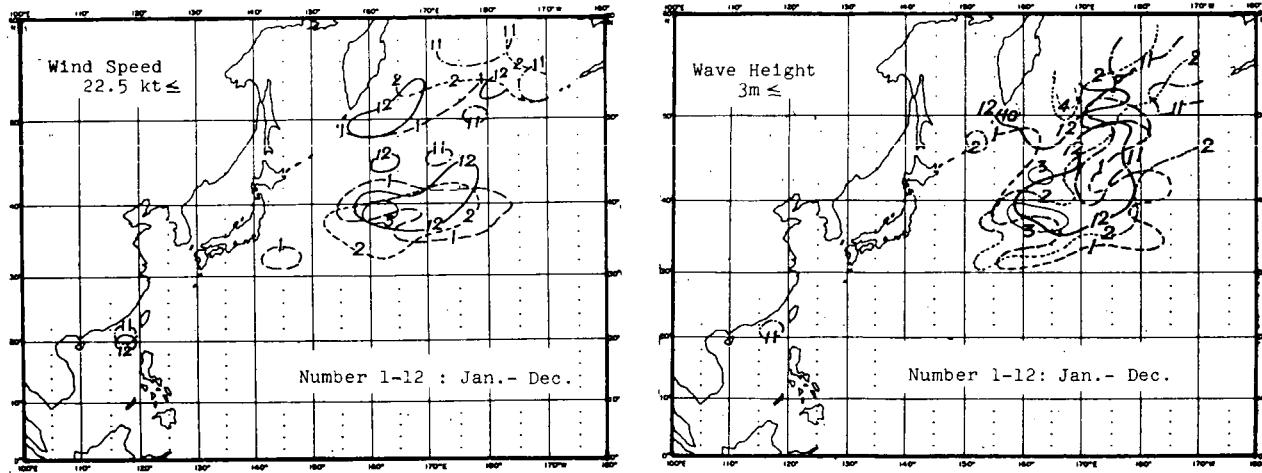


Fig. 1.25 Monthly Distribution Areas of Strong Wind Speed (Greater than 22.5 kt) and High Wave Height (Higher than 3 m) in North-West Pacific Ocean (Number 1-12 corresponds to Jan.- Dec.)

22.5 kt 以上 の強風域および3 m 以上 の高波域の月ごとの分布

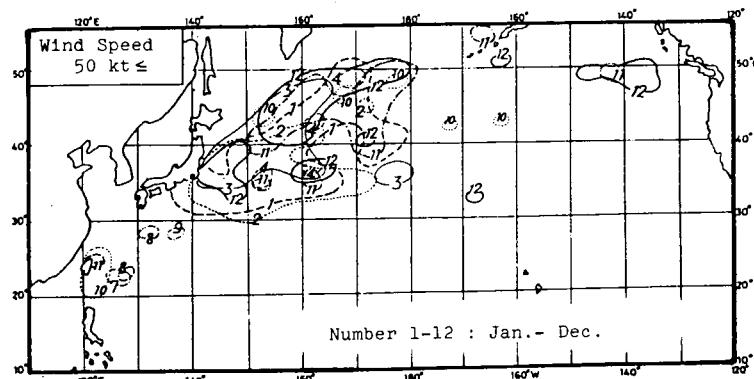


Fig. 1.26 Monthly Distribution Areas where Strong Wind Speed (50 kt ≤) were Observed More than 10 Times

強風 (50 kt 以上) の観測10回以上の海域の月ごとの分布

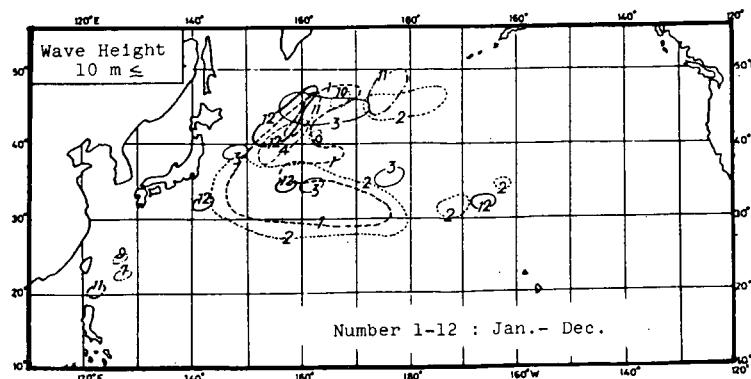


Fig. 1.27 Monthly Distribution Areas where High Wave Height (10 m ≤) were Observed More than 10 Times

高波 (10 m 以上) の観測10回以上の海域の月ごとの分布

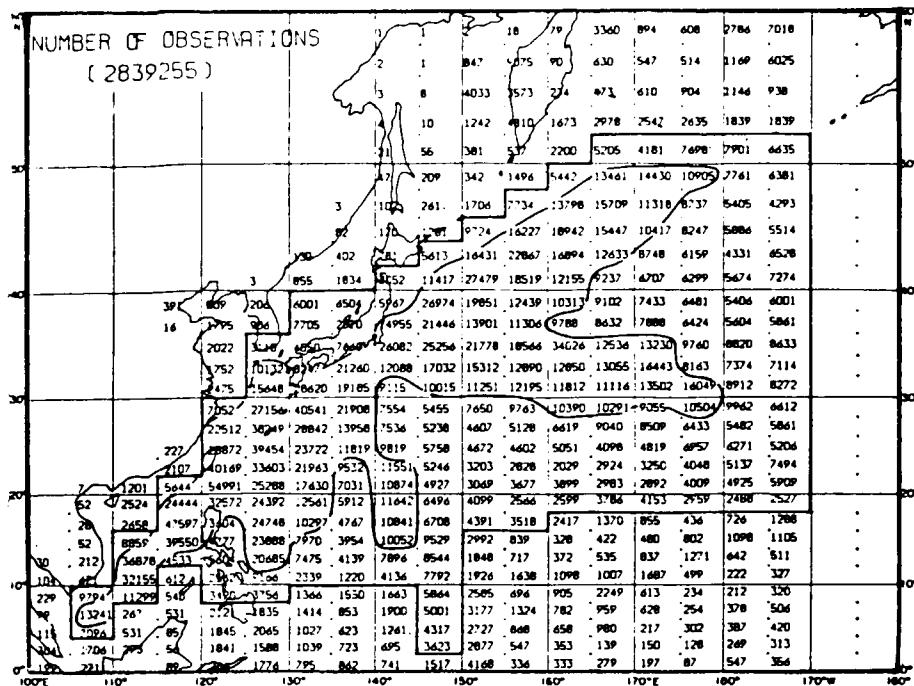


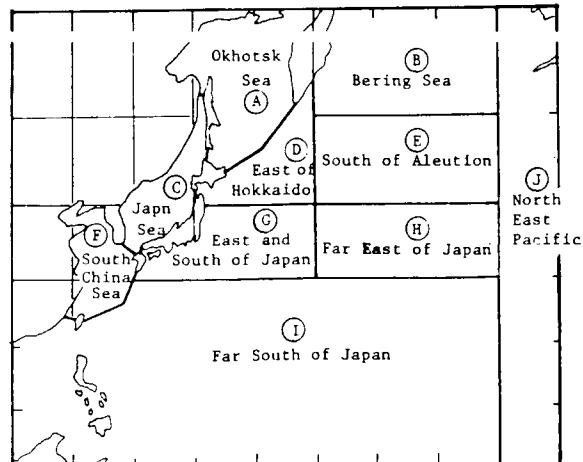
Fig. 1.28 Distribution of the Total Number of Observed Data (1961–1970)
船舶気象観測データ数の分布

Tab. 1.19 Passed Frequency of Developed Extratropical Cyclone (Center Pressure 990 mb \geq) (1967–1976)

海域別顕著低気圧 (990mb以下) の出現回数

	Cold Season Dec.–March	Mod. Season April, May Oct., Nov.	Warm Season June–Sept.	Whole Year
Ⓐ Okhotsk Sea	264	217	84	564
Ⓑ Bering Sea	624	468	235	1327
Ⓒ Japan Sea	39	56	37	132
Ⓓ East of Hokkaido	201	95	37	333
Ⓔ South of Aleutian	580	219	150	949
Ⓕ South China Sea	0	4	14	18
Ⓖ East and South of Japan	99	32	24	155
Ⓘ Far South of Japan	121	19	12	152
Ⓗ Far East of Japan	1,928	1,110	593	3,631
Whole Area	53.1	30.6	16.3	100

Fig. 1.29 Sea Area Demarcation
海域区分



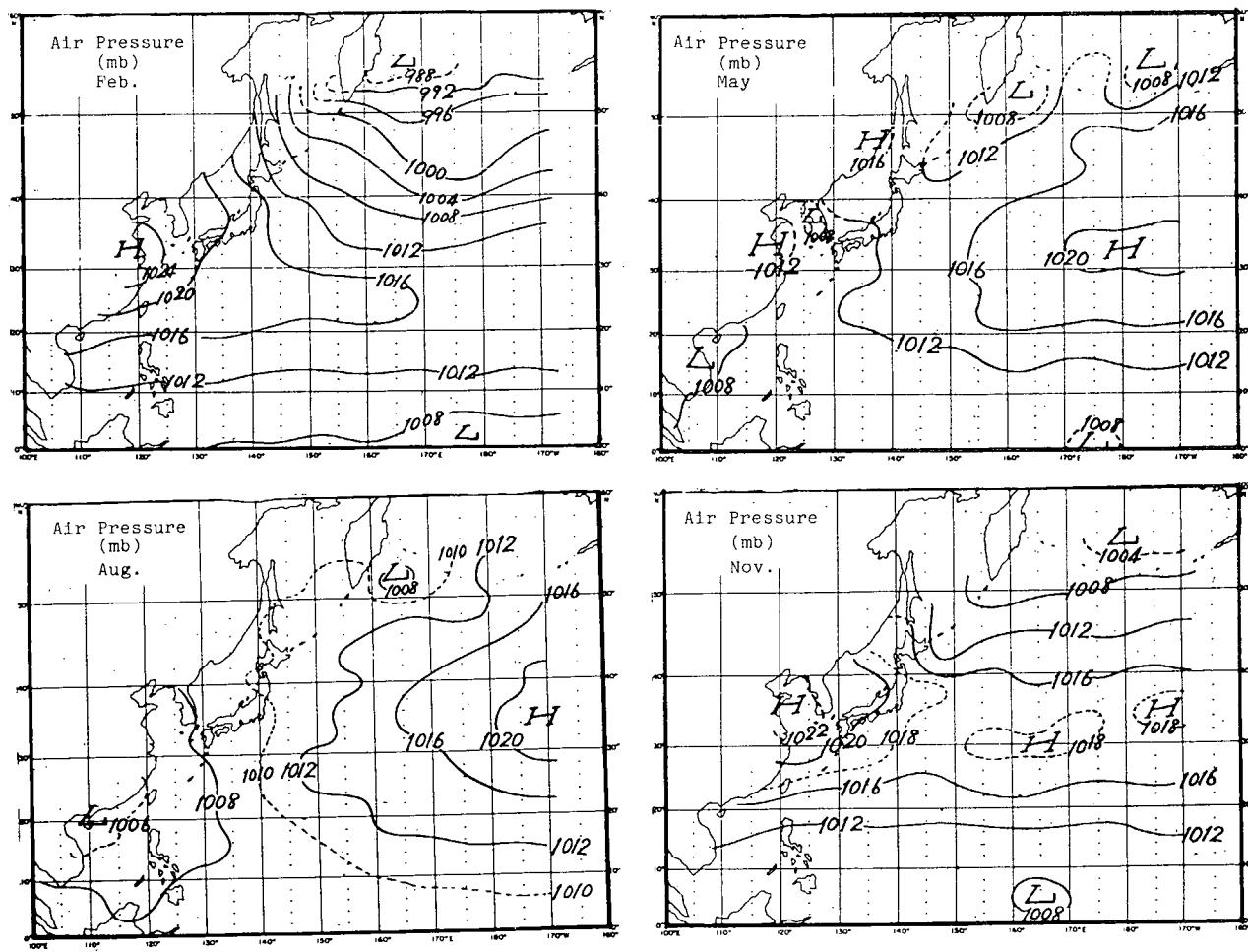


Fig. 1.30 Monthly Mean of Sea Surface Air Pressure (1961–1970)
月平均海面気圧の分布

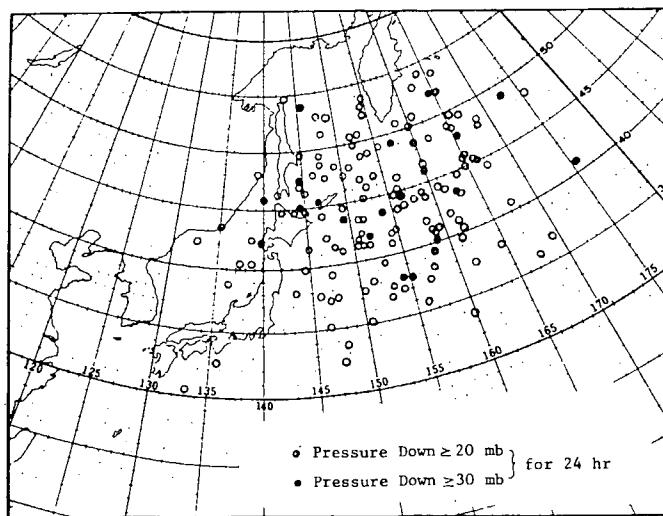


Fig. 1.31 Positions of Abnormally Developed Extratropical Cyclone (1972, 1973)
低気圧の異常発達の位置

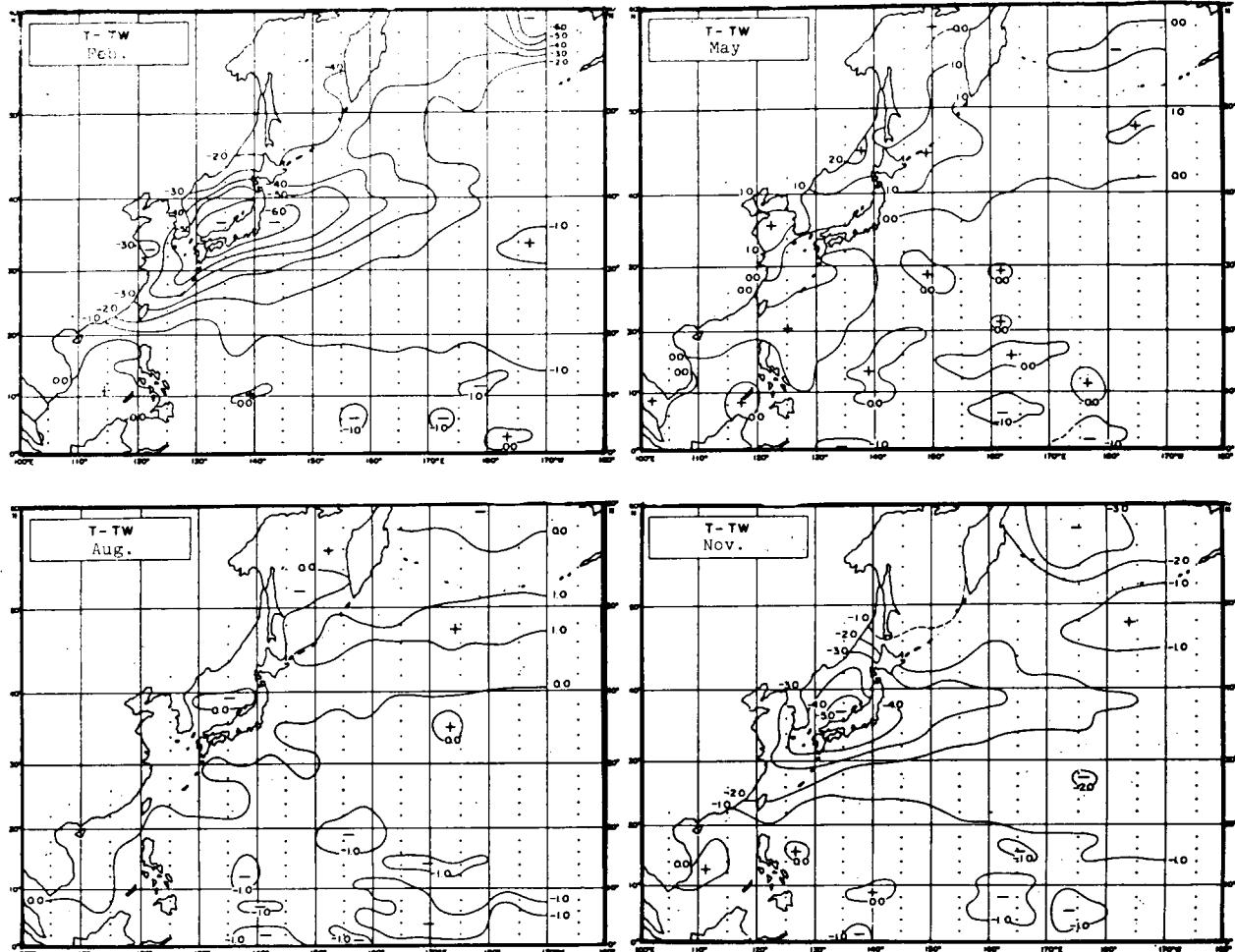


Fig. 1.32 Monthly Distribution of Temperature Difference between Air and Surface Water (1961–1970)

気温と海面水温差の月平均分布

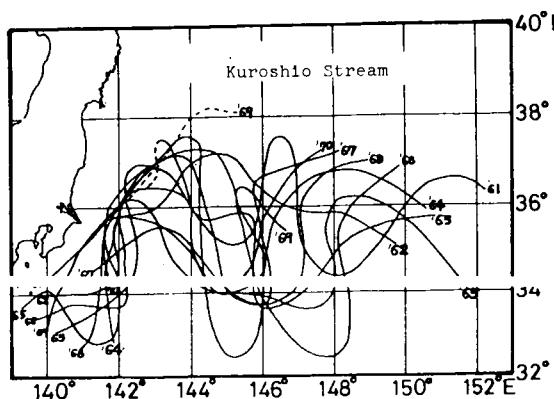


Fig. 1.33 Stream Axis of Kuroshio Current in Winter Season (1961–1970)
各年冬期における黒潮流平均

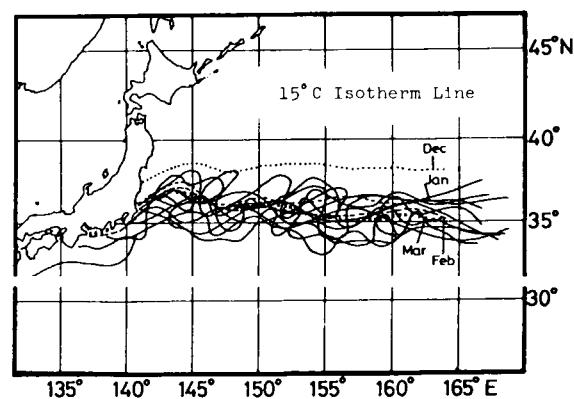
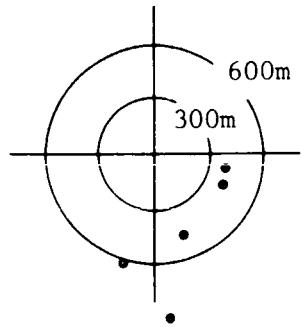
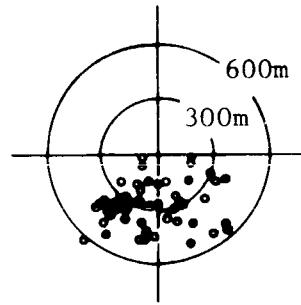


Fig. 1.34 15°C Isotherm of Sea Surface Temperature at February of Each Year (Solid Lines) and Mean 15°C Isotherm of Each Month (Dec.–March) During 10 Years (1961–1970)
各年2月における15°C等海面水温線および10年平均の各月の15°C等温線

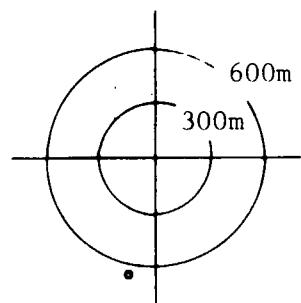
Area (A)
Okhotsk Sea



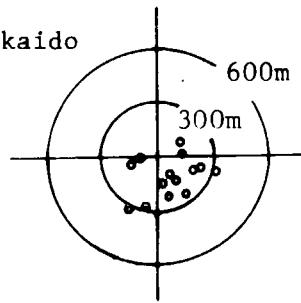
Area (B)
Bering Sea



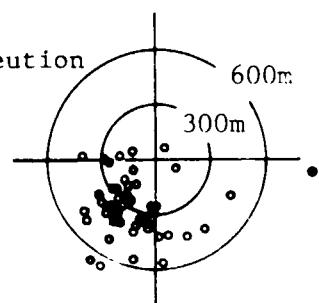
Area (C)
Japan Sea



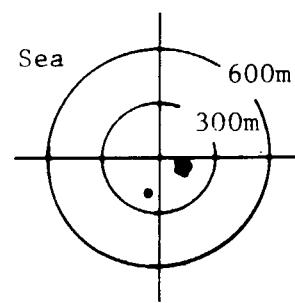
Area (D)
East of Hokkaido



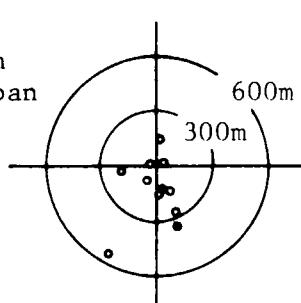
Area (E)
South of Aleutian



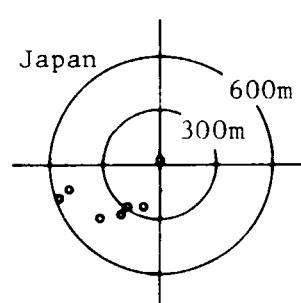
Area (F)
South China Sea



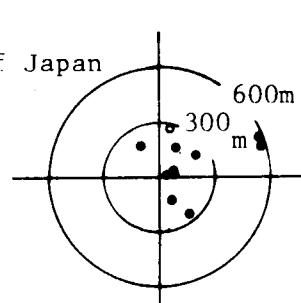
Area (G)
East & South
of Japan



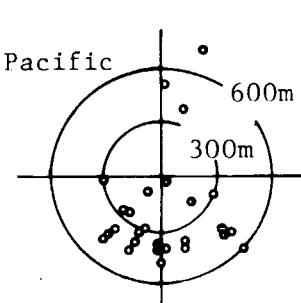
Area (H)
Far East of Japan



Area (I)
Far South of Japan



Area (J)
North East Pacific



● Cyclone
○ Typhoon

Fig. 1.35 Relation between Cyclone Center and the Position where High Wave Height ($15\text{ m} \leq$) were Observed (1964–1973)
高波 (15m以上) 観測位置と低気圧中心との関係

Tab. 1. 2 Classes of Direction of Wind and Wave
風向及び波向の区分表

Code	Ship Code	Direction
1	35 36 01	345° - 15°
2	02 03 04	15 - 45
3	05 06 07	45 - 75
4	08 09 10	75 - 105
5	11 12 13	105 - 135
6	14 15 16	135 - 165
7	17 18 19	165 - 195
8	20 21 22	195 - 225
9	23 24 25	225 - 255
10	26 27 28	255 - 285
11	29 30 31	285 - 315
12	32 33 34	315 - 345
13	00	Calm
14		Total

Tab. 1. 5 Classes of Wave Period (Japan)
波周期の区分表 (日本)

Code	Ship Code of Sea	Ship Code of Swell		Wave Period(sec)
		Since 1968	Before 1967	
1	01 02 03 04 05	5	2	$T_w \leq 5$
2	06 07	6 7	3	$5 < T_w \leq 7$
3	08 09	8 9	4	$7 < T_w \leq 9$
4	10 11	0 1	5	$9 < T_w \leq 11$
5	12 13	2 3	6	$11 < T_w \leq 13$
6	14 ...	4	7 8 9 0 1	$13 < T_w$
7	00			Calm
8				Total

Tab. 1. 3 Classes of Wind Speed
風速の区分表

Code	Ship code	Wind Velocity
1	01...09	$0 \leq U \leq 10(\text{kt})$
2	10...19	$10 \leq U \leq 20$
3	20...29	$20 \leq U \leq 30$
4	30...39	$30 \leq U \leq 40$
5	40...49	$40 \leq U \leq 50$
6	50...59	$50 \leq U \leq 60$
7	60...69	$60 \leq U \leq 70$
8	70...99	$70 \leq U$
9	00	Calm
10		Total
11		Max. Value of U

Tab. 1. 6 Classes of Wave Period (NOAA, USA)
波周期の区分表 (アメリカ)

Code	Ship Code of Sea	Ship Code of Swell		Wave Period(sec)
		Since 1968	Before 1967	
1	2	5	2	$T_w \leq 5$
2	3	6 7	3	$5 < T_w \leq 7$
3	4	8 9	4	$7 < T_w \leq 9$
4	5	0 1	5	$9 < T_w \leq 11$
5	6	2 3	6	$11 < T_w \leq 13$
6	7 8 9 0 1	4	7 8 9 0 1	$13 < T_w$
7				Calm or Period not determined
8				Total

Tab. 1. 4 Classes of Wave Height
波高の区分表

Code	Ship Code	Wave Height(m)
1	01	$0 \leq H_w \leq 0.75$
2	02 03	$0.75 \leq H_w \leq 1.75$
3	04 05	$1.75 \leq H_w \leq 2.75$
4	06 07	$2.75 \leq H_w \leq 3.75$
5	08 09	$3.75 \leq H_w \leq 4.75$
6	10 11	$4.75 \leq H_w \leq 5.75$
7	12 13	$5.75 \leq H_w \leq 6.75$
8	14 15	$6.75 \leq H_w \leq 7.75$
9	16 17	$7.75 \leq H_w \leq 8.75$
10	18 19	$8.75 \leq H_w \leq 9.75$
11	20 21	$9.75 \leq H_w \leq 10.75$
12	22 23	$10.75 \leq H_w \leq 11.75$
13	24 25	$11.75 \leq H_w \leq 12.75$
14	26 27	$12.75 \leq H_w \leq 13.75$
15	28 29	$13.75 \leq H_w \leq 14.75$
16	30-99	$14.75 \leq H_w$
17	00	Calm
18		Total
19		Max. Value of Hw

Tab. 1. 7 Limitation of Heights and Periods of Wind Waves Corresponding to Wind Speed
風速による風浪の波高と周期の制限値

Wind Speed (kt)	Height(m)		Period(sec)	
	Lower Limit	Upper Limit	Lower Limit	Upper Limit
0 - 8	0	1	0	4
9 - 15	0.5	1.5	1	8
16 - 25	1	2	2	10
26 - 35	2	4	3	14
36 - 45	3	9	4	18
46 - 59	7	13.5	6	24
60 -	12 (Constant)		10	-

Tab. 1. 8 Wind Speed versus Wind Direction

風向對風速表

THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY
 = = = NORTH PACIFIC OCEAN = = =
 PAGE 1.17.204

DIRECTION (WIND SPEED (KNOT))
 ALL SEASONS (1964-1973)
 4102707 14.693 ... SAMPLE TOTAL
 14.693 MEAN OF DATA

AREA (00N-25N, 110E - 110W)	CONE										CALM	TOTAL	M A ¹	
	00	1	2	20	-	30	4	40	5	50	6			
1 NORTH	80089 1.95	140700 3.43	58870 1.43	13393 .33	.05	2135 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	23550 7.20	99.00
2 (U2)	88314 2.17	191044 4.66	82478 2.01	17346 .42	.05	2181 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	392203 9.32	96.00
3 (03)	116770 2.85	308860 7.53	111326 2.72	15977 .39	.04	1827 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	555121 13.53	99.00
4 EAST	116161 2.83	259085 6.31	63854 1.70	8962 .22	.03	1264 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	455530 11.10	120.00
5 (05)	86598 2.06	134938 3.29	36129 .88	7267 .18	.04	1443 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	264676 6.45	99.00
6 (06)	81394 2.00	126705 3.09	41345 1.01	10480 .26	.06	2262 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	263030 6.41	99.00
7 SOUTH	77328 1.88	129566 3.16	51969 1.27	14250 .35	.07	2757 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	276344 6.74	115.00
8 (08)	67363 1.65	136445 3.33	60491 1.47	14322 .32	.05	2511 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	282957 6.37	97.00
9 (09)	68859 1.68	138679 3.38	66498 1.62	16670 .41	.08	2757 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	294762 7.18	97.00
10 WEST	66516 1.62	112015 2.90	66545 1.62	25539 .62	.16	6520 .03	.03	.03	.03	.03	.03	.00	235441 6.96	99.00
11 (11)	67439 1.64	132742 3.24	79105 1.93	29188 .71	.15	6066 .02	.02	.02	.02	.02	.02	.00	315531 7.69	99.00
12 (12)	80323 1.96	166379 4.07	78100 1.90	20751 .51	.09	3525 .01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	350143 8.53	99.00
13 CALM	21 .00	1 .00	1 .00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82212 2.00	92.34 15.00
14 TOTAL	556695 24.29	1964658 48.37	802760 19.57	194145 4.73	.87	35803 .13	.13	.13	.13	.13	.13	.00	82226 2.00	4102707 100.00

Tab. 1. 9 Wave Height versus Wave Reaction

波向波高表

WAVE HEIGHT [DN] (WAVE)

PAGE 2.17.204

AREA (00N-55N, 110E - 110W)

PAGE 3.30.37-1.30.37

SAMPLE TOTAL

MEAN GF DATA

CONT	NORTH	(02) ¹	(03) ²	EAST	(05) ³	(06) ⁴	SOUTH	(06) ⁵	(07) ⁶	W ₁₃ ⁷	W ₁₃ ⁸	(11) ⁹	(12) ¹⁰	CALM	TCI ₁₄															
ALL SEASONS (11 Oct-1973)																														
STATISTICAL ANALYSIS OF THE MARIN: METEOROLOGY																														
1	0.00	-	27975	33464	47747	47225	33149	31972	29424	26649	26424	26131	28355	32380	20003															
2	0.75	-	111445	142135	21219	187246	114878	101123	86430	92444	97393	94613	117075	149191	289															
3	1.75	-	3.05	3.05	5.63	5.63	5.15	2.77	2.38	2.53	2.69	2.53	3.21	4.00	1508107															
4	2.75	-	79461	101061	12928	96738	53725	47790	47666	56839	63233	74747	39227	116339	38															
5	3.75	-	7249	102477	12355	1.47	1.31	1.28	1.56	1.37	1.05	1.05	2.73	1.31	.00															
6	4.75	-	35664	45043	49957	32248	18464	16326	20557	25359	33432	41331	58972	57461	4400.7															
7	5.75	-	35698	1.23	1.37	.88	.51	.50	.56	.69	.32	1.23	1.60	1.57	.00															
8	6.75	-	126682	16082	15311	.97	5999	6491	7810	9594	14146	22052	27726	22298	3															
9	7.75	-	3301	4369	3764	2535	1650	1722	2295	2858	+135	.39	.61	.00	.4.66															
10	8.75	-	.09	.12	.10	.07	.05	.05	.06	.08	.11	.24	.24	.18	-															
11	9.75	-	1238	1986	1522	1.39	.76	.82	1217	1.34	2148	4072	4561	3.026	-															
12	10.75	-	.04	.05	.04	.03	.02	.02	.03	.04	.05	.11	.08	.05	24252															
13	11.75	-	985	1173	1010	.64	.58	.62	.964	1.062	1539	3263	3353	1.378	-															
14	12.75	-	.03	.03	.03	.02	.02	.02	.03	.03	.04	.03	.09	.05	.47															
15	13.75	-	227	400	290	.24	.183	.218	.276	.342	.656	1.219	1313	.625	-															
16	14.75	-	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.02	.03	.04	.02	.17															
17	CALM	.06	2369	1793	2263	2024	1532	1.34	1731	1.423	1.652	2.013	2161	2343	19236															
18	TOTAL	276621	347963	464520	37885	231134	211233	198311	216458	251233	232414	353761	321890	39279	36+087															
19	MAX	20.00	16.50	20.00	18.00	17.50	15.00	15.00	17.50	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00															

Tab. 1.10 Wave Period versus Wave Direction

波向对波周期表

THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY
 = = = NORTH PACIFIC OCEAN = = =
 PAGE 3.17.204

DIRECTION PERIOD (SEC) 3539324 SAMPLE TOTAL
 ALL SEASONS (1964-1973)

AREA (00N-55N, 110E - 110W)	CODE	- 1	- 2	- 3	- 4	- 11	- 13	- 13	CALM	TOTAL ^b
1 NORTH	110542 3.13	72007 2.04	51981 1.47	17734 .50	9507 .27	4193 .12	2598 .07	268722 7.53		
2 (02)	153001 4.32	91243 1.58	62125 1.76	16819 .48	9619 .27	3946 .11	2238 .06	339011 9.53		
3 (03)	228360 6.45	118434 3.35	71484 2.02	18099 .51	10205 .29	4563 .13	2909 .08	454054 12.83		
4 EAST	190648 5.39	94542 2.67	58114 1.64	13362 .39	7731 .22	3773 .11	2723 .08	370893 10.43		
5 (05)	112111 3.17	58582 1.66	36282 1.03	8749 .25	4957 .14	2446 .07	1897 .05	225024 6.36		
6 (06)	107026 3.02	49540 1.40	30440 .86	2473 .24	5078 .14	2452 .07	2237 .06	205246 5.09		
7 SOUTH	103984 2.94	44280 1.25	26944 .76	8036 .23	4548 .13	2225 .06	1985 .06	192002 5.43		
8 (08)	108930 3.08	51118 1.44	32621 .92	10008 .28	5229 .15	2341 .07	1778 .05	212033 5.93		
9 (09)	111762 3.16	63136 1.78	43073 1.22	13954 .39	7704 .22	3508 .10	1876 .05	245013 6.92		
10 WEST	102165 2.89	73185 2.07	58433 1.65	21219 .60	12300 .35	5801 .16	2171 .06	275271 7.73		
11 (11)	117092 3.31	91002 2.57	78597 2.22	30524 .86	17882 .51	7659 .22	2356 .07	145112 9.73		
12 (12)	139386 3.94	102689 2.90	80777 2.28	31477 .89	18221 .51	8136 .23	3339 .09	384025 10.83		
13 CALM	.814 .02	.156 .00	.55 .00	.47 .00	.06 .00	.02 .00	.00 .59	20833 21915 .62		
14 TOTAL	1565329 44.82	309914 25.72	630926 17.83	198581 5.61	112989 3.19	51045 1.44	48940 1.38	3538324 100.00		

Tab. 1.11 Wave Height versus Wave Period

波高对波周期表

AREA CODE	(DUN. 55N - 110E - 110W)	THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MACHINE METEOROLOGY						CALTH	TOTAL ³
		= = =	NORTH PACIFIC	OCEAN	= = =	= = =	= = =		
1 0.00 -	31 ¹ 25 ⁵ .87 .70	25000	10753	6879	.812	752	16264	376735	
2 0.75 -	88 ¹ 377 21 .60	368899	155293	34377	.96	.956	.46	10.57	
3 1.75 -	28 ¹ 372 7 .98	322318	237483	68922	.80	.41	.24	148445	
4 2.75 -	7 ¹ 333 2 .13	137715	132627	42217	.79	10333	.06	41.61	
5 3.75 -	17 188 .48	40897	62267	22811	15792	7474	781	962133	
6 4.75 -	2 ¹ 339 .07	3394	19494	8198	.659	2231	.01	26.93	
7 5.75 -	31 0 .02	3572	7654	4701	.552	2364	.01	434342	
8 6.75 -	32 ¹ 4 .01	4911	4324	2718	.64	.21	.02	167110	
9 7.75 -	77 ¹ 7 .01	801	1485	1134	.008	.792	.15	4.63	
10 8.75 -	15 ¹ 2 .02	456	666	623	.02	.02	.00	60.12	
11 9.75 -	4 ¹ 8 .00	237	792	329	.617	376	.01	1.36	
12 10.75 -	9 ¹ 0 .00	34	84	55	.74	.71	.00	23774	
13 11.75 -	0 ¹ 0 .00	0	0	0	.00	.00	.00	16761	
14 12.75 -	2 ¹ 2 .00	12	29	20	.22	.25	.00	4.70	
15 13.75 -	- ¹ 3 .00	13	13	20	.17	.13	.00	6.62	
16 14.75 -	6 ¹ 6 .00	28	43	31	.77	.66	.00	.02	
17 CALM	13 176 .37	278	124	-	.66	-	.01	251	
18 TOTAL	159 ¹ 378 44 .74	914611 25.66	633424 17.77	199359 5.59	113373 3.18	>1272 1.44	57670 1.62	3764667 100.00	
19 MAX	20.00	20.00	20.00	17.50	20.00	12.50	20.00		

3564637
1.920 SAMPLE TOTAL DATA
1.920 MEAN OF DATA

Tab. 1.12 Wave Height versus Wind Speed
風速對波高表

WAVE HEIGHT SPEED (KNOT)		THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY										PAGE 5.17.2014	
		ALL SEASONS (11964-1973)					SAMPLE TOTAL DATA 1.903.....MEAN OF DATA 14.15.....MEAN OF DATA						
AREA (00N-55°N, 110°E - 110°W)		CONC.		= = = NORTH PACIFIC OCEAN		= = =		CONC.		= = = CALM		TOTAL MAX	
CONT.	00 1	10 2	20 3	30 4	40 5	50 6	60 7	70 8	80 9	90 10	100 11		
1 0.00 -	243971 6.61	145065 3.93	2608 0.08	.390	.78	.14	.04	.02	.24396	.415628	.9100		
2 0.75 -	438331 11.88	920564 24.95	140126 3.80	.2708	.137	.6	.00	-	23556	1525439	55.00		
3 1.75 -	133099 1.33.61	505167 8.09	298644 0.07	.37229	.811	.42	.08	.06	.7475	935677	73.00		
4 2.75 -	343999 .95	156782 4.25	188338 5.10	.55081	.7423	.121	.12	.00	.1947	444704	70.00		
5 3.75 -	9485 1.15.86	66596 1.80	45929 1.24	.7248	.234	.37	.5	.00	.05	12.05			
6 4.75 -	2480 2.07	11435 0.28	18169 0.40	.3848	.154	.10	.04	.00	.00	.112	43375	70.00	
7 5.75 -	804 0.02	3699 1.10	7844 0.21	.8561	.3417	.152	.29	.00	.00	.32	24533	70.00	
8 6.75 -	299 0.01	1456 0.04	3409 0.09	.4662	.4660	.2404	.209	.04	.00	.00	.17236	30.00	
9 7.75 -	118 0.00	475 0.01	1354 0.04	.2197	.1604	.432	.55	.00	.00	.00	.6238	70.00	
10 8.75 -	38 0.00	210 0.01	663 0.02	.1186	.1261	.428	.86	.3	.00	.00	.3906	85.00	
11 9.75 -	40 0.00	178 0.00	479 0.01	.775	.681	.271	.35	.01	.00	.00	.447		
12 10.75 -	12 0.00	28 0.00	42 0.00	.79	.108	.77	.12	.1	.00	.00	.353	70.00	
13 11.75 -	10 0.00	19 0.00	37 0.00	.84	.128	.86	.200	.137	.00	.00	.702	115.00	
14 12.75 -	3 0.00	5 0.00	17 0.00	.21	.24	.36	.12	-	-	-	.113	65.00	
15 13.75 -	-	7 0.00	15 0.00	.15	.25	.10	.9	.00	.00	.00	.79	90.00	
16 14.75 -	15 0.00	17 0.00	24 0.00	.63	.71	.45	.23	.00	.00	.00	.263	45.00	
17 CALM	23230 .63	3610 1.10	3115 0.01	.61	.16	.7	.2	.00	.00	.00	42317	62.00	
18 TOTAL	886884 24.04	1793504 48.53	724692 19.95	173993 4.72	31548 0.85	4549 .12	743 .02	174 .00	72502 1.96	3633771 100.00	115.00		
19 MAX	20.00	17.50	20.00	18.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00		

Tab. 1.13 Wave Period versus Wind Speed

風速對波周期表

THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY
 = = = NORTH PACIFIC OCEAN = = =
 PAGE 6.17.204

WIND SPEED PERIOD (SEC)
 ALL SEASONS (1964-1973)
 AREA (00N-55N + 110E - 110W)

CONF	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 13	CALM	TOTAL
1	0.0	4.23 ^{15.8} 11.94	0.3730 5.75	121477 3.43	33876 .96	20084 .57	9312 .26	22003 .62
2	1.0	- 82926.7 23.40	4.8856.8 12.66	294494 8.31	84438 2.38	45621 1.29	20587 .58	10594 .30
3	2.0	- 26635.8 7.63	91259 5.40	154023 4.35	54397 1.53	29171 .82	11410 .32	3217 .09
4	3.0	- 47110.0 1.33	4176.9 1.18	43042 1.21	17817 .50	12378 .35	6046 .17	595 .02
5	4.0	- 6869 .19	7762 .22	7387 .21	3394 .10	3002 .08	1951 .06	128 .00
6	5.0	- .04 .00	2010 .06	896 .03	475 .01	435 .01	450 .01	22 .00
7	6.0	- .10 .00	217 .01	83 .00	210 .01	70 .00	92 .00	7 .00
8	7.0	- .2 .00	2 .00	7 .00	120 .00	6 .00	13 .00	- .00
9	CALM	1354.1 .38	1316.9 .37	8337 .24	3172 .09	1859 .05	961 .03	21493 .58
10	TOTAL	158720.9 44.78	08786 25.64	629746 17.77	197959 5.59	112636 3.18	50822 1.43	57159 1.61
11	H&X	91.00	70.00	80.00	115.00	80.00	63.00	115.00

354317
14.825... SAMPLE TOTAL
MEAN OF DATA

Tab. 1.14 Wave Height versus Wave Period (Spring)

波高对波周期表(春)

AREA	E01-E23,M03-M24,M03-M26 (00N-55N, 110E-110W)	PERIOD (SEC)	DATA NUMBER MEAN OF DATA	906317 1.07 M
HEIGHT (M)	-5 6-7 8-9 10-11 12-13 14- CALM TOTAL			
0.00 -	63472 6301 2605 1851 188 182 4984 98644			
0.75 -	233869 94269 39990 9161 6336 2575 2279 388489			
1.50 -	72104 82645 59441 172684 7451 4115 1955 244365			
2.25 -	18225 33858 31918 11410 6377 2550 521 104659			
3.00 -	1816 9705 14395 52205 1576 1659 169 385599			
3.75 -	493 2197 4367 1823 1406 531 60 10877			
4.50 -	158 783 1769 998 1003 459 30 5200			
5.25 -	110 1001 975 607 321 10 496			
6.00 -	65 196 345 209 287 144 1 1247			
6.75 -	37 107 179 131 182 138 2 776			
7.50 -	10 67 181 68 135 92 1 550			
8.25 -	3 10 13 7 14 16 1 65			
9.00 -	10 10 16 69 17 19 1 125			
9.75 -	4 6 3 10 3 17 1 17			
10.50 -	1 1 1 10 11 46 1 17			
CALM	2611 48 27 2 5033 8921			
TOTAL	45173 211266 156237 48825 27386 12914 14596 90317			
MAX	11.50 20.00 20.00 20.00 20.00 16.50 16.50 10.00 20.00			

Tab. 1.16 Wave Height versus Wave Period (Autumn)

波高对波周期表(秋)

AREA	E01-E23,M03-M24,M03-M26 (00N-55N, 110E-110W)	PERIOD (SEC)	DATA NUMBER MEAN OF DATA	906317 1.09 M
HEIGHT (M)	-5 6-7 8-9 10-11 12-13 14- CALM TOTAL			
0.00 -	69862 5492 2379 1519 153 168			
0.75 -	208826 90943 38871 8594 5172 2123			
1.50 -	72833 64755 65176 15879 15079 3504			
2.25 -	20994 27556 16956 16758 6350 2674			
3.00 -	4526 1695 16758 16758 6350 2151			
3.75 -	703 2650 5190 2157 1653 656			
4.50 -	205 1924 2049 1193 1231 694			
5.25 -	156 1310 1050 693 711 440			
6.00 -	62 211 375 297 431 218			
6.75 -	40 103 210 168 205 198			
7.50 -	3 55 160 83 139 87			
8.25 -	2 13 14 15 21 15			
9.00 -	13 23 104 16 29			
9.75 -	1 9 6 2 3			
10.50 -	1 4 6 1 1			
CALM	3468 67 24 3 5763			
TOTAL	360767 213897 168920 53972 24613 12998			
MAX	16.00 20.00 20.00 15.00 17.50 20.00			

Tab. 1.15 Wave Height versus Wave Period (Summer)

波高对波周期表(夏)

AREA	E01-E23,M03-M24,M03-M26 (00N-55N, 110E-110W)	PERIOD (SEC)	DATA NUMBER MEAN OF DATA	899594 1.51 M
HEIGHT (M)	-5 6-7 8-9 10-11 12-13 14- CALM TOTAL			
0.00 -	65445 3256 1511 110 65			
0.75 -	166173 30229 28599 7581 5130 1917			
1.50 -	10436 1071 63731 20888 9216 4505			
2.25 -	27426 66226 45924 17662 4010 659			
3.00 -	7150 1604 25221 9221 6161 3193			
3.75 -	1002 3729 8520 3643 2954 864			
4.50 -	5741 374 3408 2225 2122 1030			
5.25 -	243 2247 1286 1002 732 257891			
6.00 -	759 358 636 559 739 11			
6.75 -	70 229 430 305 458 369			
7.50 -	23 105 397 168 325 177			
8.25 -	2 14 41 30 33 4			
9.00 -	1 14 53 55 107 4			
9.75 -	1 2 5 1 1 2			
10.50 -	1 1 1 1 1 1			
CALM	2365 51 17 5 37 4			
TOTAL	328866 21765 15069 6516 39212 17412			
MAX	20.00 17.50 20.00 20.00 17.50 20.00			

Tab. 1.17 Wave Height versus Wave Period (Winter)

波高对波周期表(冬)

AREA	E01-E23,M03-M24,M03-M26 (00N-55N, 110E-110W)	PERIOD (SEC)	DATA NUMBER MEAN OF DATA	864761 2.32 M
HEIGHT (M)	-5 6-7 8-9 10-11 12-13 14- CALM TOTAL			
0.00 -	65445 3256 1511 110 65			
0.75 -	166173 30229 28599 7581 5130 1917			
1.50 -	10436 1071 63731 20888 9216 4505			
2.25 -	27426 66226 45924 17662 4010 659			
3.00 -	7150 1604 25221 9221 6161 3193			
3.75 -	1002 3729 8520 3643 2954 864			
4.50 -	5741 374 3408 2225 2122 1030			
5.25 -	243 2247 1286 1002 732 257891			
6.00 -	759 358 636 559 739 11			
6.75 -	70 229 430 305 458 369			
7.50 -	23 105 397 168 325 177			
8.25 -	2 14 41 30 33 4			
9.00 -	1 14 53 55 107 4			
9.75 -	1 2 5 1 1 2			
10.50 -	1 1 1 1 1 1			
CALM	2365 51 17 5 37 4			
TOTAL	328866 21765 15069 6516 39212 17412			
MAX	20.00 17.50 20.00 20.00 17.50 20.00			

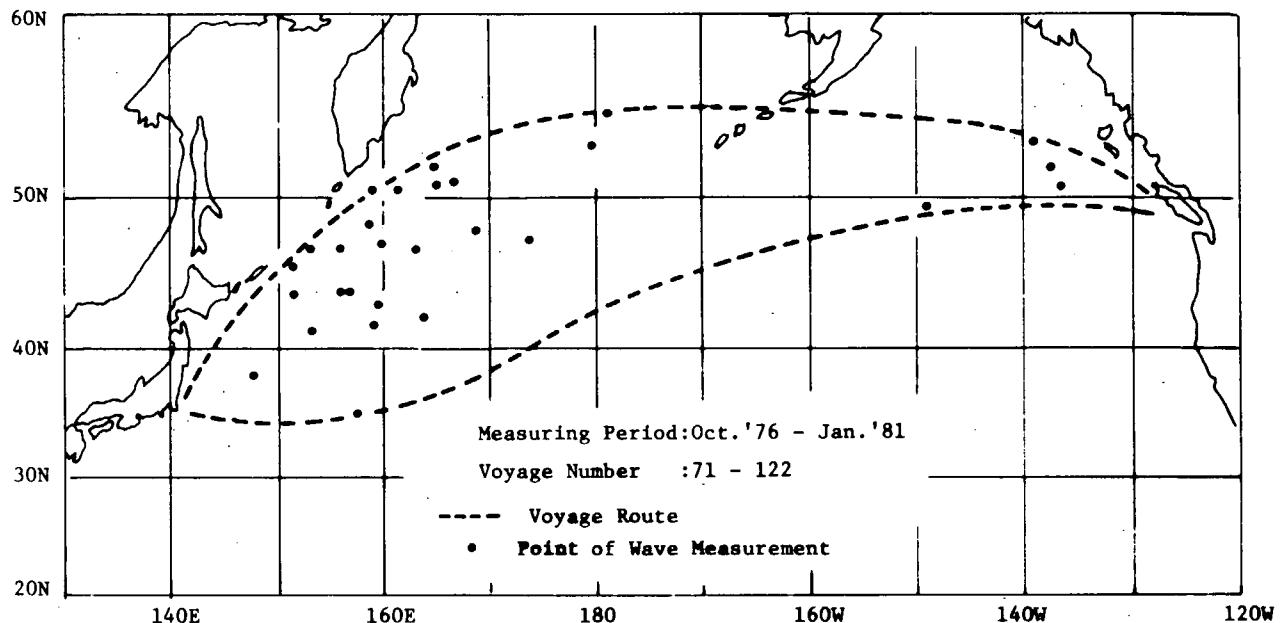


Fig. 2. 1 Course of "Beishu Maru"

米州丸の航路

Tab. 2. 3 Specifications of Ship Motion Meter
動揺計仕様

Measuring Range	: Pitching +15, Rolling +30
Out Put	: + 2 V at Full Scale
Calibration Out-Put	: Pitching 5, Rolling 10
Linearity	: 0.5 % for Full Range
Damping Oil	: Shinetsu Silicone KP96 200CS
Potentiometer	: Midori-Sokki CP-2U-32
Electric Source	: AC 100 V, 50/60 Hz
Maker	: Kobe Denpa Co.

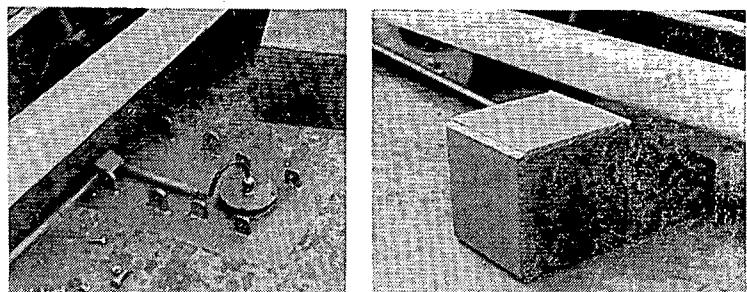


Fig. 2. 2 Strain Gauges on Upper Deck

上甲板上のひずみゲージ

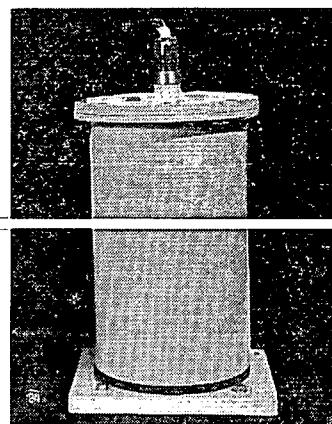


Fig. 2. 3 Ship Motion Meter
動揺計外観

Tab. 2. 1 Details of "Beishu Maru"
米州丸の主要要目

Beishu Maru (Container Carrier)	
Length over all	212.5 m
Length P.P.	200.0 m
Breadth mld	30.0 m
Draft design	10.526 m
Displacement at summer draft	37,073 t
Dead Weight	24,191 t
Light Weight	12,882 t
Gross Tonnage	23,668 t
Net Tonnage	12,939 t
Machinery	Mitsubishi Sulzer 9RND 105
M.R./ RPM	34,200 PS / 108 RPM
Speed	23.5 kt
Owner	Yamashita-Shinnihon Steamship Co.
Builder	Mitsubishi Heavy Industry Co.
Builded Year	October 1970
Sectional Modulus I/y Deck	184,825 cm ³ -m
" " I/y Keel	198,291 cm ³ -m

Tab. 2 Table of Environmental Conditions
外界条件記録表

Date	Position	Time	Wind	Weather	Ship	Windsea	Swell	Beaufort's Windforce	Windforce Memo	Remarks	Sheet Number	Voyage Number (71-2)	
											風速 km/h	風向 度数	
日付 (西暦) 年月日													
23 4 5 6 7 8 9 10 11	12 13 14	15 16	17 18	19 20	21 22	23 24	25 26	27 28	29 210	211 221	222 232	233 243	244 254
76/1/14(10:11)	10 1 1/10 10 1 11 10 11	12 13 14 15 16 17 18	19 20 21 22 23 24 25	16 17 18 19 20 21 22	10 1 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22	10 1 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22	10 1 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22	10 1 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22	10 1 11 12 13 14 15
Lat. deg	Long. deg	Lat. deg	Long. deg	Lat. deg	Long. deg	Lat. deg	Long. deg	Lat. deg	Long. deg	Lat. deg	Long. deg	Lat. deg	
53.7	156.5	60	181	1702	222	182	2008	202	0302	2220	0605	0505	
53.0	159.7	61	172	232	182	092	2009	2030	0222	0605	0506		
53.4	163.3	62	221	1803	285	212	082	0301	2222	0604	0404		
54.5	166.2	618	331	921	264	222	092	0302	2228	0608	0505		
54.3	169.7	603	132	270	264	182	092	0303	2232	0609	0702		
54.1	172.8	633	219	642	264	219	092	0303	2239	0609	0702		
55.3	175.9	612	322	626	214	18	092	0304	2249	0609	0606		
53.6	179.1	618	211	1808	282	1808	264	1909	2022	0329	0507	0505	
76/1/16	52.7	176.6	032	222	1402	255	1802	0922	0303	2231	0608	0606	
52.4	175.0	622	311	102	242	172	092	0303	2232	0609	0707		
52.1	173.8	09	254	325	230	092	0301	2230	0424	0909	0707	0000	
76/1/17	51.3	172.9	1526	4302	2210	1102	0303	0626	0910	0909	1009	0000	
50.4	172.5	182.8	5202	1101	020	0301	0626	0910	0909	0909	0000		
50.0	171.9	182.0	122	322	220	1102	0303	0626	0912	0909	0808	0000	
49.5	171.6	182.0	3907	122	320	1102	0303	0626	0912	0909	0808	0000	
48.7	170.3	032	6002	222	522	1102	0303	0626	0912	0909	0808	0000	
48.8	170.6	062	3907	323	023	1102	0303	0626	0912	0909	0808	0000	
76/1/18	47.8	169.5	0928	3001	230	1609	0303	0626	0912	0909	0808	0000	
47.4	168.7	122	2837	80230	1609	0303	0626	0912	0909	0808	0000		
47.2	167.9	1529	3602	230	1609	0303	0626	0912	0909	0808	0000		
76/1/19	47.2	167.0	122	1820	122	1820	122	122	122	122	122	122	
Year	Month	Day	Latitude	Longitude	Direct.	Course	RPM	Period	Speed (kt)	Speed (kt)	Hw (1/2m)	Period	Avoidance
			Time (GMT)	Speed (kt)									

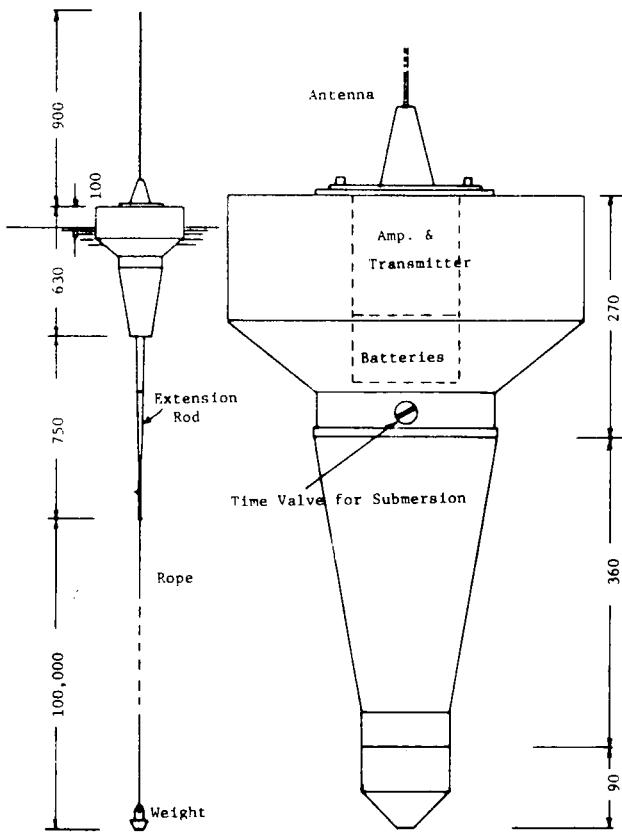


Fig. 2. 4 Wave Buoy
波浪ブイ

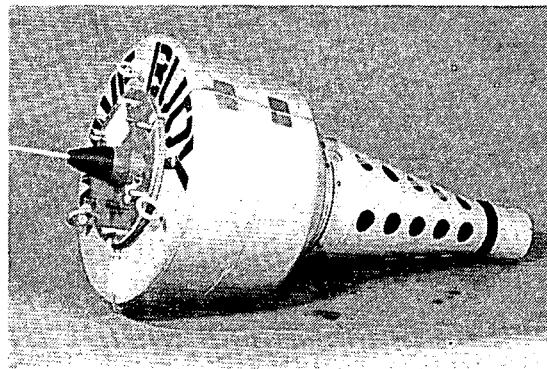


Fig. 2. 5 Wave Buoy
波浪ブイ

Tab. 2. 4 Specifications of Wave Buoy
波浪ブイ仕様

Measurable Wave Height	: 1 - 20 m
Measurable Wave Period	: 3 - 20 sec
Sensor	: Resistance Wire Gauge Type Accelerometer
FM Telemetering	: 39.8 MHz, 2W
Service Time	: 1 hour
Service Range	: 40 km
Weight	: 15 kg
(Receiver and Amplifier)	
Type	: F2 W Superheterodyne
Out Put	: 2.0 V for 20 m Wave Height
Maker	: Kobe Denpa Co.

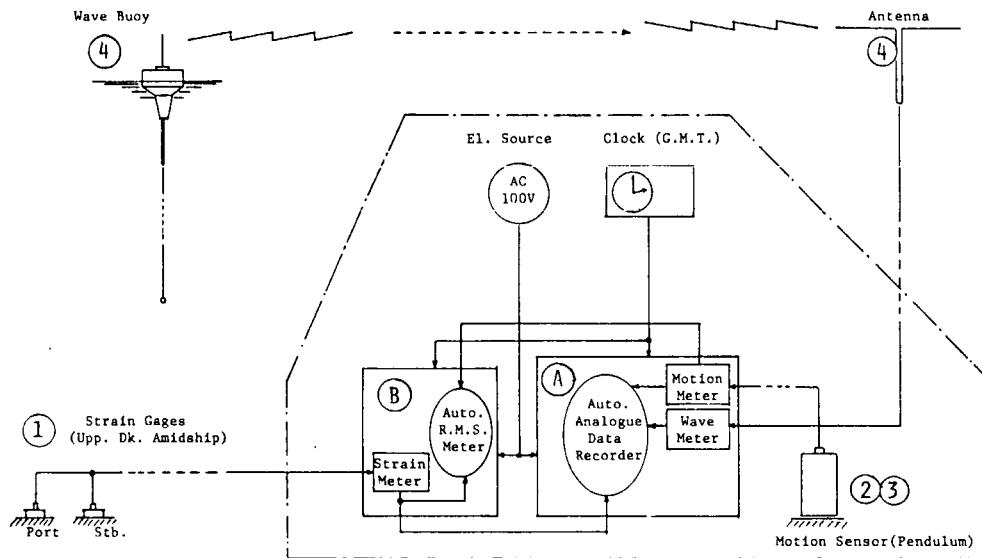


Fig. 2. 6 Block Diagram of Measuring and Recording System

計測・記録システムブロック図

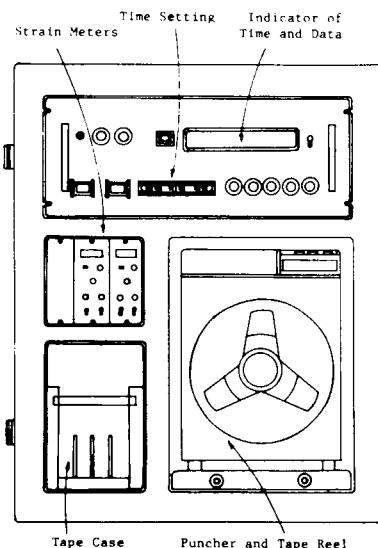
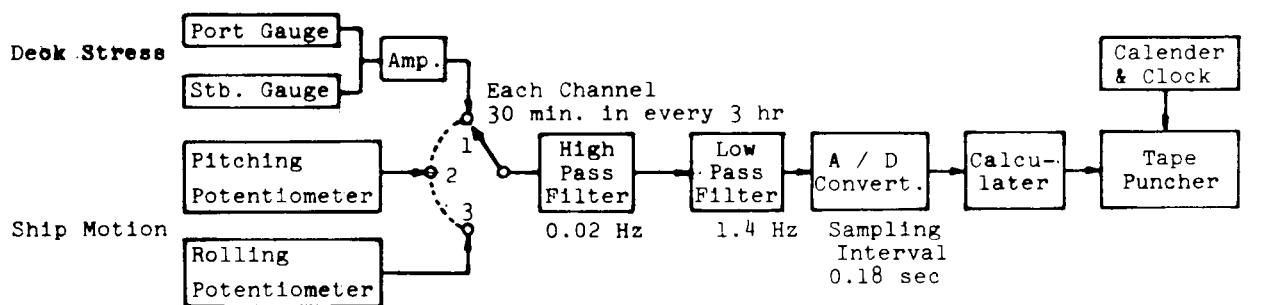


Fig. 2. 7 Automatic RMS Meter

自動RMS計測装置



Punched Out Data 1. Day and Time 4. Max. Peak

2. Channel Number 5. Min. Trough

3. RMS of Peaks, \bar{x}_E 6. Number of Zero-cross

$$= \sqrt{2}(\text{RMS of } x_1)$$

Cycles, N

Fig. 2. 8 Block Diagram of Automatic RMS Meter

自動RMS計測装置のブロック図

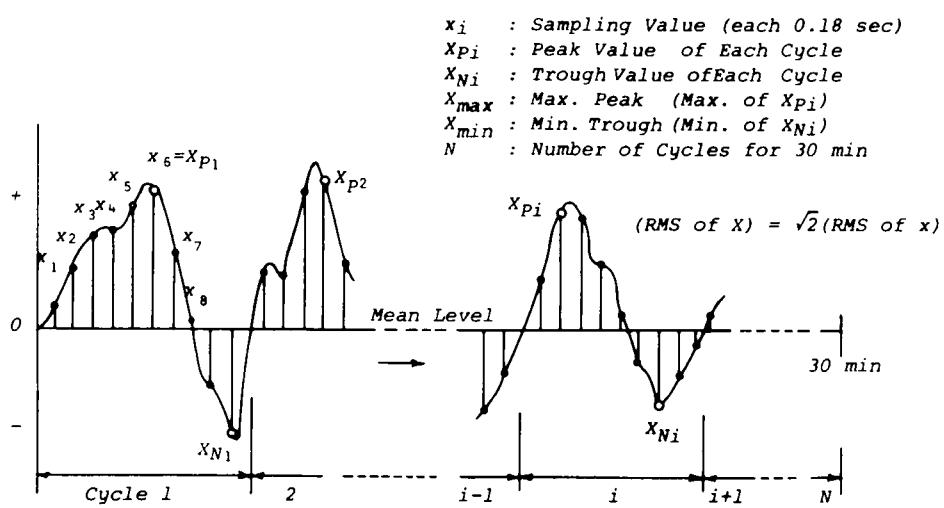


Fig. 2. 9 Calculation in Automatic RMS Meter
自動 PMS 計測装置における演算方式

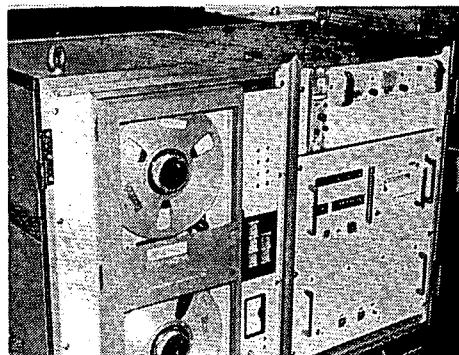


Fig. 2.10 Automatic Analogue Data Recorder
自動アナログデータレコーダー



Fig. 2.11 Measuring and Recording Room on Board
船内の計測記録室

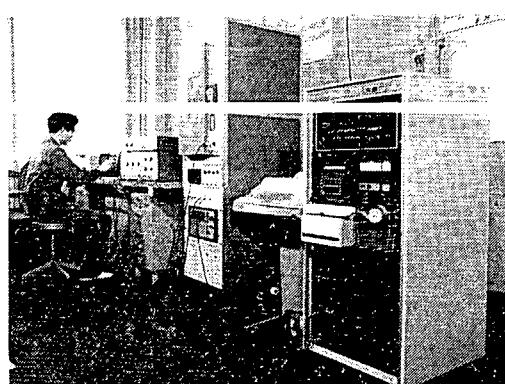


Fig. 2.12 Analysing Instruments
解析処理装置（陸上）

Tab. 2. 5 Frequency Distribution of Environmental Conditions
外界条件の頻度分布

Wind Velocity			Wind Direction			Wave Height			Wave Direction			Mean Wave Period			Wave Encounter			Ship Speed			
kt	Freq.	%	deg	Freq.	%	m	Freq.	%	deg	Freq.	%	sec	Freq.	%		Freq.	%	kt	Freq.	%	
0	777	14.8	Calm	81	1.5	Calm	17	0.3	Calm	0	0	Calm	10	0.2	Calm	0	0	0	1	0.0	
10	2093	39.8	345	317	6.0	0	83	1.6	345	241	4.7	1			Head	914	17.7	1	1	0.0	
20	1727	32.8	(N)	231	4.4	0.75	1154	22.3	15	332	6.4	2			Bow	1417	27.5	2	2		
30	543	10.3	45	226	4.3	1.75	1712	33.1	45	311	6.0	3	1674	32.4	Beam	1033	20.0	3	3	0.1	
40	106	2.0	75	196	3.7	2.75	1157	22.4	75	230	4.5	4			Quarter	1190	23.1	4	4		
50	9	0.2	105	221	4.2	3.75	677	13.1	105	284	5.5	5			Follow.	607	11.8	5	16	0.3	
60	3	0.1	135	463	8.8	4.75	233	4.5	135	288	5.6	6	1907	36.9	Total	5161	100	6			
70	{	0	165	574	10.9	5.75	56	1.1	165	465	9.0	7						7	12	0.2	
			(S)	603	11.5	6.75	34	0.7	(S)	557	10.8	8	1063	20.6				8			
			195	511	9.7	7.75	19	0.4	195	667	13.0	9						9	11	0.2	
			225	612	11.6	8.75	13	0.3	225	727	14.1	10	353	6.8				10			
			255	704	13.4	9.75	4	0.1	255	726	14.1	11						11	27	0.5	
			315	519	9.9	10.75	7	0.1	315	322	6.3	12	74	1.4				12			
						11.75	4	0.1	345	5150	100	13	83	1.6				13	41	0.8	
						12.75	1	0.0				14						14	58	1.1	
						13.75	0	0										15	527	10.0	
						14.75	{	0										16	2258	42.8	
							0	0										17	2159	41.0	
																		18	152	2.9	
																		19	3	0.1	
																		20			
																		21	0		
																		22			
																		23			
																		24	152	2.9	
																		25	3	0.1	
																		26			
																		27	0		
																			28	5269	100

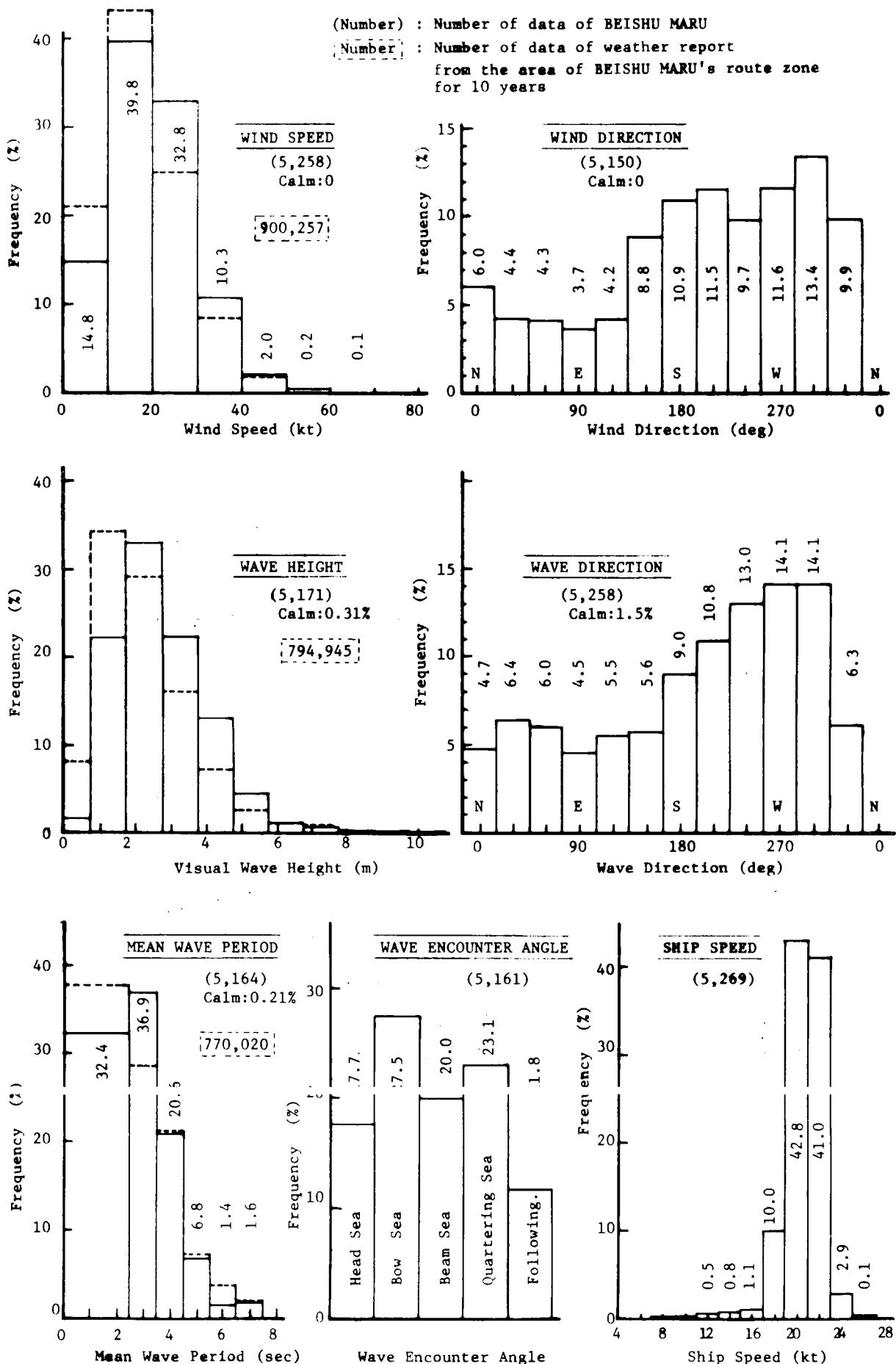


Fig. 2.13 Histograms of Environmental Conditions
 外界条件のヒストグラム

Tab. 2. 6 Visual Wave Height vs. Wind Velocity
風速と波高の関係

	764	2054	1699	531	103	9	3	5163
Visual Wave Height (m)								
14.75								0
13.75				1				1
12.75			1	1	1	1		4
11.75	1	1	3	2				7
10.75	1	1	1	1				4
9.75	2	4	3	2	2			13
8.75	1	1	10	7				19
7.75	2	10	9	11		2		34
6.75	1	3	16	24	10	2		56
5.75	2	24	92	80	31	3	1	233
4.75	22	110	327	186	30	1		676
3.75	75	378	543	152	5			1153
2.75	227	829	592	59	3			1710
1.75	364	676	111	2				1153
0.75	56	27						83
0	Calm	17						17
Mean Height (m)	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.0	6.6	
	0	10	20	30	40	50	60	70
			Wind Velocity (kt)					

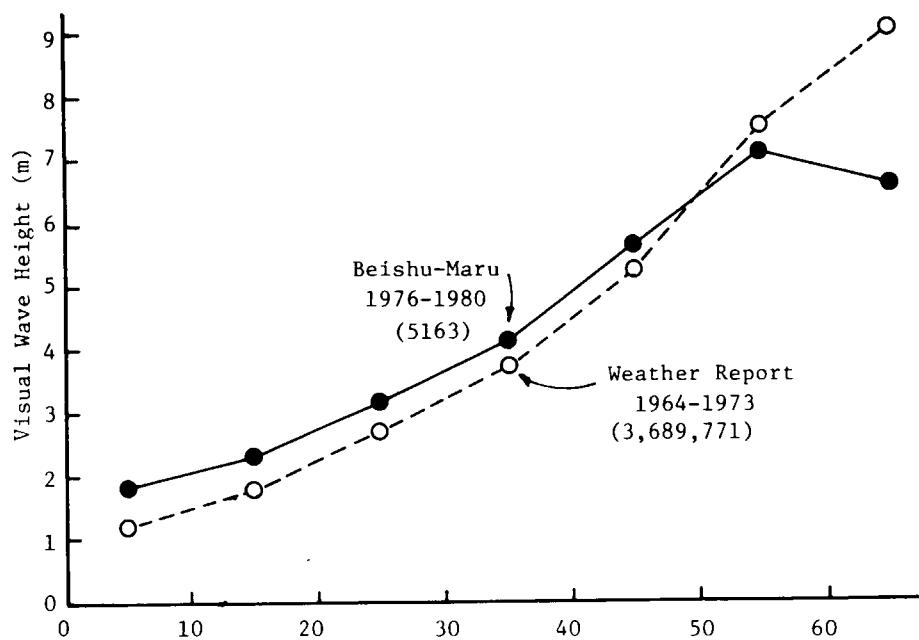


Fig. 2.14 Visual Wave Height vs. Wind Velocity
風速と波高の関係

Tab. 2. 7 Ship Speed vs. Wave Height
波高と船速

All Direction (Number of Data = 5155)																5155
Ship Speed (kt)	17	83	1152	1706	1153	674	233	56	33	19	13	4	7	4	1	5155
26			1	2												1
24			86	49	9	7										152
22		1	42	562	692	536	233	27	5	2	5	1	1			2109
20	3	42	562	692	536	233	27	5	2	5	1	1				2223
18	8	27	436	812	491	291	114	22	15	6		1	1			507
16	6	8	52	125	113	117	61	13	6	1	2	1				55
14	3	12	20	1	4	8	3			3	1					37
12		1	4	3	14	12	3									27
10		2		2		5	6	4	3	2	1		1	1		1
8						1	2	3	2	1	2					12
6						1	3	3	2	1	2					16
4									3	4	2	5		3		3
2												3				0
0																
Mean Speed	19.4	20.1	19.7	19.8	19.1	17.8	16.4	15.4	16.8	10.2	12.0	7.9	5.0	5.0		
Calm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Visual Wave Height (m)															
Head and Bow Sea (Number of Data = 2327)																2327
Ship Speed (kt)	3	32	536	765	546	274	102	23	13	8	12	3	7	4	1	2327
26																0
24		1	49	18	2	2										0
22		17	229	283	224	44	4									72
20	2	10	224	390	248	127	34	1	2	1						801
18	1	4	30	64	69	80	42	9	3		2	1				1040
16		4	7		3	8	3			3	1					305
14					2	3	9	5	1							29
12					1		5	4	4	2	2	1		1	1	21
10						1	2	2	1	1	2					9
8						1	3	3	2	1	2					12
6								3		4	2	5		1		15
4												3				3
2																0
0																
Mean Speed	19.8	20.1	19.6	19.6	18.2	16.8	13.6	11.5	12.8	9.3	9.0	7.9	5.0	5.0		
Calm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Visual Wave Height (m)															
Following and Quartering Sea (Number of Data = 1796)																1796
Ship Speed (kt)	9	25	377	587	397	270	77	26	17	9	1	1	0	0	0	1796
26																0
24		24	16	6	2											48
22		2	10	206	236	189	136	11	4	1	5	1	1			800
20	4	10	128	283	169	110	60	18	12	6						798
18	3	1	11	44	32	21	6	2	3							123
16		2	8	8	1			2	2							19
14																4
12			2							1						3
10																0
8																0
6																1
4																0
2																0
0																
Mean Speed	18.8	20.2	19.7	19.8	19.8	19.1	18.7	18.3	20.1	21.0	21.0	11	12	13	14	
Calm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Visual Wave Height (m)															

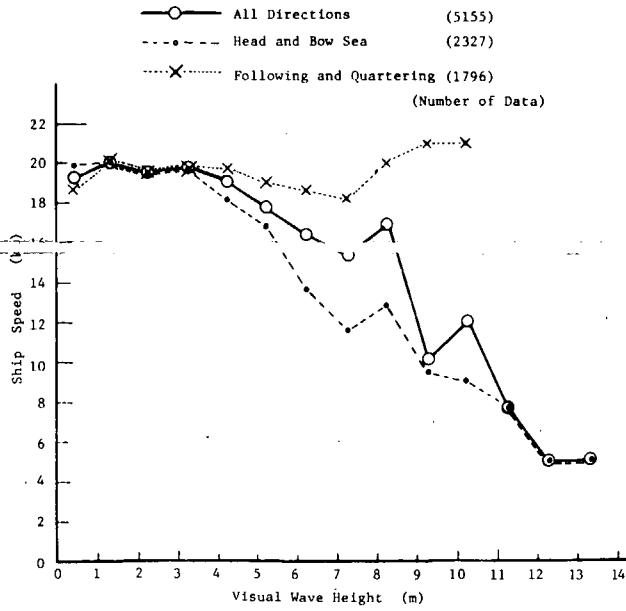


Fig. 2.15 Mean Ship Speed vs. Wave Height
波高と平均船速

Tab. 2. 8 Frequency Distribution of RMS Values of Pitching Angle
縦振角の RMS 値の頻度分布

		Number of Data																				
		Dead Sea		Red Sea		Black Sea		Quartering		Following		Total										
TOTAL		83	1144	1140	1111	1106	1104	1101	1051	1031	1026	1008	1012	1006	1002	1000	1000	5083	*****			
7.20		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.80		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.40		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.00		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.60		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.20		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.80		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.40		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.00		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.60		0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.20		0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.80		0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.40		0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.00		0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.60		0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.20		1	4	6	129	89	41	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	335	6.59		
0.80		0	12	49	71	19	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	..		
0.40		2	12	70	36	31	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	206	..		
-0.00		1	17	49	52	45	15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	168	..		
		10	32	41	31	11	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	133	..		
		2	3	25	16	11	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	68	..		
		4	55	216	266	132	39	13	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	733	14.41		
		6	71	65	42	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218	..		
		5	36	203	41	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	394	..		
		7	71	144	86	23	9	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	363	..		
		7	72	132	69	26	13	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	503	..		
		3	54	57	62	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	..		
		23	337	671	397	210	59	15	15	7	1	1	0	0	0	0	0	0	1743	34.31		
		7	117	152	36	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	319	..		
		13	22	145	44	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	448	..		
		13	170	132	33	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	342	..		
		5	75	75	56	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	468	..		
		55	1745	704	231	72	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247	..		
		23	337	671	397	210	59	15	15	7	1	1	0	0	0	0	0	0	1824	35.86		

Tab. 2.11 Frequency Distribution of RMS Values of Rolling Angle
横揺角のRMS値の頻度分布

	1.41	1.79	2.17	2.50	2.87	3.24	3.61	3.97	4.34	4.71	5.08	5.45	5.82	6.19	6.56	6.93	7.30	7.67	8.04	8.41	8.78	9.15	9.52	9.89	10.26	10.63	11.00	11.37	11.74	12.11	12.48	12.85	13.22	13.59	13.96	14.33	14.70	15.07	15.44	15.81	16.18	16.55	16.92	17.29	17.66	18.03	18.40	18.77	19.14	19.51	19.88	20.25	20.62	21.00	21.37	21.74	22.11	22.48	22.85	23.22	23.59	23.96	24.33	24.70	25.07	25.44	25.81	26.18	26.55	26.92	27.29	27.66	28.03	28.40	28.77	29.14	29.51	29.88	30.25	30.62	31.00	31.37	31.74	32.11	32.48	32.85	33.22	33.59	33.96	34.33	34.70	35.07	35.44	35.81	36.18	36.55	36.92	37.29	37.66	38.03	38.40	38.77	39.14	39.51	39.88	40.25	40.62	41.00	41.37	41.74	42.11	42.48	42.85	43.22	43.59	43.96	44.33	44.70	45.07	45.44	45.81	46.18	46.55	46.92	47.29	47.66	48.03	48.40	48.77	49.14	49.51	49.88	50.25	50.62	51.00	51.37	51.74	52.11	52.48	52.85	53.22	53.59	53.96	54.33	54.70	55.07	55.44	55.81	56.18	56.55	56.92	57.29	57.66	58.03	58.40	58.77	59.14	59.51	59.88	60.25	60.62	61.00	61.37	61.74	62.11	62.48	62.85	63.22	63.59	63.96	64.33	64.70	65.07	65.44	65.81	66.18	66.55	67.29	67.66	68.03	68.40	68.77	69.14	69.51	69.88	70.25	70.62	71.00	71.37	71.74	72.11	72.48	72.85	73.22	73.59	73.96	74.33	74.70	75.07	75.44	75.81	76.18	76.55	77.29	77.66	78.03	78.40	78.77	79.14	79.51	79.88	80.25	80.62	81.00	81.37	81.74	82.11	82.48	82.85	83.22	83.59	83.96	84.33	84.70	85.07	85.44	85.81	86.18	86.55	87.29	87.66	88.03	88.40	88.77	89.14	89.51	89.88	90.25	90.62	91.00	91.37	91.74	92.11	92.48	92.85	93.22	93.59	93.96	94.33	94.70	95.07	95.44	95.81	96.18	96.55	97.29	97.66	98.03	98.40	98.77	99.14	99.51	99.88	100.25	100.62	101.00	101.37	101.74	102.11	102.48	102.85	103.22	103.59	103.96	104.33	104.70	105.07	105.44	105.81	106.18	106.55	107.29	107.66	108.03	108.40	108.77	109.14	109.51	109.88	110.25	110.62	111.00	111.37	111.74	112.11	112.48	112.85	113.22	113.59	113.96	114.33	114.70	115.07	115.44	115.81	116.18	116.55	117.29	117.66	118.03	118.40	118.77	119.14	119.51	119.88	120.25	120.62	121.00	121.37	121.74	122.11	122.48	122.85	123.22	123.59	123.96	124.33	124.70	125.07	125.44	125.81	126.18	126.55	127.29	127.66	128.03	128.40	128.77	129.14	129.51	129.88	130.25	130.62	131.00	131.37	131.74	132.11	132.48	132.85	133.22	133.59	133.96	134.33	134.70	135.07	135.44	135.81	136.18	136.55	137.29	137.66	138.03	138.40	138.77	139.14	139.51	139.88	140.25	140.62	141.00	141.37	141.74	142.11	142.48	142.85	143.22	143.59	143.96	144.33	144.70	145.07	145.44	145.81	146.18	146.55	147.29	147.66	148.03	148.40	148.77	149.14	149.51	149.88	150.25	150.62	151.00	151.37	151.74	152.11	152.48	152.85	153.22	153.59	153.96	154.33	154.70	155.07	155.44	155.81	156.18	156.55	157.29	157.66	158.03	158.40	158.77	159.14	159.51	159.88	160.25	160.62	161.00	161.37	161.74	162.11	162.48	162.85	163.22	163.59	163.96	164.33	164.70	165.07	165.44	165.81	166.18	166.55	167.29	167.66	168.03	168.40	168.77	169.14	169.51	169.88	170.25	170.62	171.00	171.37	171.74	172.11	172.48	172.85	173.22	173.59	173.96	174.33	174.70	175.07	175.44	175.81	176.18	176.55	177.29	177.66	178.03	178.40	178.77	179.14	179.51	179.88	180.25	180.62	181.00	181.37	181.74	182.11	182.48	182.85	183.22	183.59	183.96	184.33	184.70	185.07	185.44	185.81	186.18	186.55	187.29	187.66	188.03	188.40	188.77	189.14	189.51	189.88	190.25	190.62	191.00	191.37	191.74	192.11	192.48	192.85	193.22	193.59	193.96	194.33	194.70	195.07	195.44	195.81	196.18	196.55	197.29	197.66	198.03	198.40	198.77	199.14	199.51	199.88	200.25	200.62	201.00	201.37	201.74	202.11	202.48	202.85	203.22	203.59	203.96	204.33	204.70	205.07	205.44	205.81	206.18	206.55	207.29	207.66	208.03	208.40	208.77	209.14	209.51	209.88	210.25	210.62	211.00	211.37	211.74	212.11	212.48	212.85	213.22	213.59	213.96	214.33	214.70	215.07	215.44	215.81	216.18	216.55	217.29	217.66	218.03	218.40	218.77	219.14	219.51	219.88	220.25	220.62	221.00	221.37	221.74	222.11	222.48	222.85	223.22	223.59	223.96	224.33	224.70	225.07	225.44	225.81	226.18	226.55	227.29	227.66	228.03	228.40	228.77	229.14	229.51	229.88	230.25	230.62	231.00	231.37	231.74	232.11	232.48	232.85	233.22	233.59	233.96	234.33	234.70	235.07	235.44	235.81	236.18	236.55	237.29	237.66	238.03	238.40	238.77	239.14	239.51	239.88	240.25	240.62	241.00	241.37	241.74	242.11	242.48	242.85	243.22	243.59	243.96	244.33	244.70	245.07	245.44	245.81	246.18	246.55	247.29	247.66	248.03	248.40	248.77	249.14	249.51	249.88	250.25	250.62	251.00	251.37	251.74	252.11	252.48	252.85	253.22	253.59	253.96	254.33	254.70	255.07	255.44	255.81	256.18	256.55	257.29	257.66	258.03	258.40	258.77	259.14	259.51	259.88	260.25	260.62	261.00	261.37	261.74	262.11	262.48	262.85	263.22	263.59	263.96	264.33	264.70	265.07	265.44	265.81	266.18	266.55	267.29	267.66	268.03	268.40	268.77	269.14	269.51	269.88	270.25	270.62	271.00	271.37	271.74	272.11	272.48	272.85	273.22	273.59	273.96	274.33	274.70	275.07	275.44	275.81	276.18	276.55	277.29	277.66	278.03	278.40	278.77	279.14	279.51	279.88	280.25	280.62	281.00	281.37	281.74	282.11	282.48	282.85	283.22	283.59	283.96	284.33	284.70	285.07	285.44	285.81	286.18	286.55	287.29	287.66	288.03	288.40	288.77	289.14	289.51	289.88	290.25	290.62	291.00	291.37	291.74	292.11	292.48	292.85	293.22	293.59	293.96	294.33	294.70	295.07	295.44	295.81	296.18	296.55	297.29	297.66	298.03	298.40	298.77	299.14	299.51	299.88	300.25	300.62	301.00	301.37	301.74	302.11	302.48	302.85	303.22	303.59	303.96	304.33	304.70	305.07	305.44	305.81	306.18	306.55	307.29	307.66	308.03	308.40	308.77	309.14	309.51	309.88	310.25	310.62	311.00	311.37	311.74	312.11	312.48	312.85	313.22	313.59	313.96	314.33	314.70	315.07	315.44	315.81	316.18	316.55	317.29	317.66	318.03	318.40	318.77	319.14	319.51	319.88	320.25	320.62	321.00	321.37	321.74	322.11	322.48	322.85	323.22	323.59	323.96	324.33	324.70	325.07	325.44	325.81	326.18	326.55	327.29	327.66	328.03	328.40	328.77	329.14	329.51	329.88	330.25	330.62	331.00	331.37	331.74	332.11	332.48	332.85	333.22	333.59	333.96	334.33	334.70	335.07	335.44	335.81	336.18	336.55	337.29	337.66	338.03	338.40	338.77	339.14	339.51	339.88	340.25	340.62	341.00	341.37	341.74	342.11	342.48	342.85	343.22	343.59	343.96	344.33	344.70	345.07	345.44	345.81	346.18	346.55	347.29	347.66	348.03	348.40	348.77	349.14	349.51	349.88	350.25	350.62	351.00	351.37	351.74	352.11	352.48	352.85	353.22	353.59	353.96	354.33	354.70	355.07	355.44	355.81	356.18	356.55	357.29	357.66	358.03	358.40	358.77	359.14	359.51	359.88	360.25	360.62	361.00	361.37	361.74	362.11	362.48	362.85	363.22	363.59	363.96	364.33	364.70	365.07	365.44	365.81	366.18	366.55	367.29	367.66	368.03	368.40	368.77	369.14	369.51	369.88	370.25	370.62	371.00	371.37	371.74	372.11	372.48	372.85	373.22	373.59	373.96	374.33	374.70	375.07	375.44	375.81	376.18	376.55	377.29	377.66	378.03	378.40	378.77	379.14	379.51	379.88	380.25	380.62	381.00	381.37	381.74	382.11	382.48	382.85	383.22	383.59	383.96	384.33	384.70	385.07	385.44	385.81	386.18	386.55	387.29	387.66	388.03	388.40	388.77	389.14	389.51	389.88	390.25	390.62	391.00	391.37	391.74	392.11	392.48	392.85	393.22	393.59	393.96	394.33	394.70	395.07	395.44	395.81	396.18	396.55	397.29	397.66	398.03	398.40	398.77	399.

Tab. 2.12 Frequency Distribution of Max. Peak Values of Rolling Angle
横横角の最大値の頻度分布

		1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.25	8.50	8.75	9.00	9.25	9.50	9.75	10.00	10.25	10.50	10.75	11.00	11.25	11.50	11.75	12.00	12.25	12.50	12.75	13.00	13.25	13.50	13.75	14.00	14.25	14.50	14.75	15.00	15.25	15.50	15.75	16.00	16.25	16.50	16.75	17.00	17.25	17.50	17.75	18.00	18.25	18.50	18.75	19.00	19.25	19.50	19.75	20.00	20.25	20.50	20.75	21.00	21.25	21.50	21.75	22.00	22.25	22.50	22.75	23.00	23.25	23.50	23.75	24.00	24.25	24.50	24.75	25.00	25.25	25.50	25.75	26.00	26.25	26.50	26.75	27.00	27.25	27.50	27.75	28.00	28.25	28.50	28.75	29.00	29.25	29.50	29.75	30.00	30.25	30.50	30.75	31.00	31.25	31.50	31.75	32.00	32.25	32.50	32.75	33.00	33.25	33.50	33.75	34.00	34.25	34.50	34.75	35.00	35.25	35.50	35.75	36.00	36.25	36.50	36.75	37.00	37.25	37.50	37.75	38.00	38.25	38.50	38.75	39.00	39.25	39.50	39.75	40.00	40.25	40.50	40.75	41.00	41.25	41.50	41.75	42.00	42.25	42.50	42.75	43.00	43.25	43.50	43.75	44.00	44.25	44.50	44.75	45.00	45.25	45.50	45.75	46.00	46.25	46.50	46.75	47.00	47.25	47.50	47.75	48.00	48.25	48.50	48.75	49.00	49.25	49.50	49.75	50.00	50.25	50.50	50.75	51.00	51.25	51.50	51.75	52.00	52.25	52.50	52.75	53.00	53.25	53.50	53.75	54.00	54.25	54.50	54.75	55.00	55.25	55.50	55.75	56.00	56.25	56.50	56.75	57.00	57.25	57.50	57.75	58.00	58.25	58.50	58.75	59.00	59.25	59.50	59.75	60.00	60.25	60.50	60.75	61.00	61.25	61.50	61.75	62.00	62.25	62.50	62.75	63.00	63.25	63.50	63.75	64.00	64.25	64.50	64.75	65.00	65.25	65.50	65.75	66.00	66.25	66.50	66.75	67.00	67.25	67.50	67.75	68.00	68.25	68.50	68.75	69.00	69.25	69.50	69.75	70.00	70.25	70.50	70.75	71.00	71.25	71.50	71.75	72.00	72.25	72.50	72.75	73.00	73.25	73.50	73.75	74.00	74.25	74.50	74.75	75.00	75.25	75.50	75.75	76.00	76.25	76.50	76.75	77.00	77.25	77.50	77.75	78.00	78.25	78.50	78.75	79.00	79.25	79.50	79.75	80.00	80.25	80.50	80.75	81.00	81.25	81.50	81.75	82.00	82.25	82.50	82.75	83.00	83.25	83.50	83.75	84.00	84.25	84.50	84.75	85.00	85.25	85.50	85.75	86.00	86.25	86.50	86.75	87.00	87.25	87.50	87.75	88.00	88.25	88.50	88.75	89.00	89.25	89.50	89.75	90.00	90.25	90.50	90.75	91.00	91.25	91.50	91.75	92.00	92.25	92.50	92.75	93.00	93.25	93.50	93.75	94.00	94.25	94.50	94.75	95.00	95.25	95.50	95.75	96.00	96.25	96.50	96.75	97.00	97.25	97.50	97.75	98.00	98.25	98.50	98.75	99.00	99.25	99.50	99.75	100.00	100.25	100.50	100.75	101.00	101.25	101.50	101.75	102.00	102.25	102.50	102.75	103.00	103.25	103.50	103.75	104.00	104.25	104.50	104.75	105.00	105.25	105.50	105.75	106.00	106.25	106.50	106.75	107.00	107.25	107.50	107.75	108.00	108.25	108.50	108.75	109.00	109.25	109.50	109.75	110.00	110.25	110.50	110.75	111.00	111.25	111.50	111.75	112.00	112.25	112.50	112.75	113.00	113.25	113.50	113.75	114.00	114.25	114.50	114.75	115.00	115.25	115.50	115.75	116.00	116.25	116.50	116.75	117.00	117.25	117.50	117.75	118.00	118.25	118.50	118.75	119.00	119.25	119.50	119.75	120.00	120.25	120.50	120.75	121.00	121.25	121.50	121.75	122.00	122.25	122.50	122.75	123.00	123.25	123.50	123.75	124.00	124.25	124.50	124.75	125.00	125.25	125.50	125.75	126.00	126.25	126.50	126.75	127.00	127.25	127.50	127.75	128.00	128.25	128.50	128.75	129.00	129.25	129.50	129.75	130.00	130.25	130.50	130.75	131.00	131.25	131.50	131.75	132.00	132.25	132.50	132.75	133.00	133.25	133.50	133.75	134.00	134.25	134.50	134.75	135.00	135.25	135.50	135.75	136.00	136.25	136.50	136.75	137.00	137.25	137.50	137.75	138.00	138.25	138.50	138.75	139.00	139.25	139.50	139.75	140.00	140.25	140.50	140.75	141.00	141.25	141.50	141.75	142.00	142.25	142.50	142.75	143.00	143.25	143.50	143.75	144.00	144.25	144.50	144.75	145.00	145.25	145.50	145.75	146.00	146.25	146.50	146.75	147.00	147.25	147.50	147.75	148.00	148.25	148.50	148.75	149.00	149.25	149.50	149.75	150.00	150.25	150.50	150.75	151.00	151.25	151.50	151.75	152.00	152.25	152.50	152.75	153.00	153.25	153.50	153.75	154.00	154.25	154.50	154.75	155.00	155.25	155.50	155.75	156.00	156.25	156.50	156.75	157.00	157.25	157.50	157.75	158.00	158.25	158.50	158.75	159.00	159.25	159.50	159.75	160.00	160.25	160.50	160.75	161.00	161.25	161.50	161.75	162.00	162.25	162.50	162.75	163.00	163.25	163.50	163.75	164.00	164.25	164.50	164.75	165.00	165.25	165.50	165.75	166.00	166.25	166.50	166.75	167.00	167.25	167.50	167.75	168.00	168.25	168.50	168.75	169.00	169.25	169.50	169.75	170.00	170.25	170.50	170.75	171.00	171.25	171.50	171.75	172.00	172.25	172.50	172.75	173.00	173.25	173.50	173.75	174.00	174.25	174.50	174.75	175.00	175.25	175.50	175.75	176.00	176.25	176.50	176.75	177.00	177.25	177.50	177.75	178.00	178.25	178.50	178.75	179.00	179.25	179.50	179.75	180.00	180.25	180.50	180.75	181.00	181.25	181.50	181.75	182.00	182.25	182.50	182.75	183.00	183.25	183.50	183.75	184.00	184.25	184.50	184.75	185.00	185.25	185.50	185.75	186.00	186.25	186.50	186.75	187.00	187.25	187.50	187.75	188.00	188.25	188.50	188.75	189.00	189.25	189.50	189.75	190.00	190.25	190.50	190.75	191.00	191.25	191.50	191.75	192.00	192.25	192.50	192.75	193.00	193.25	193.50	193.75	194.00	194.25	194.50	194.75	195.00	195.25	195.50	195.75	196.00	196.25	196.50	196.75	197.00	197.25	197.50	197.75	198.00	198.25	198.50	198.75	199.00	199.25	199.50	199.75	200.00	200.25	200.50	200.75	201.00	201.25	201.50	201.75	202.00	202.25	202.50	202.75	203.00	203.25	203.50	203.75	204.00	204.25	204.50	204.75	205.00	205.25	205.50	205.75	206.00	206.25	206.50	206.75	207.00	207.25	207.50	207.75	208.00	208.25	208.50	208.75	209.00	209.25	209.50	209.75	210.00	210.25	210.50	210.75	211.00	211.25	211.50	211.75	212.00	212.25	212.50	212.75	213.00	213.25	213.50	213.75	214.00	214.25	214.50	214.75	215.00	215.25	215.50	215.75	216.00	216.25	216.50	216.75	217.00	217.25	217.50	217.75	218.00	218.25	218.50	218.75	219.00	219.25	219.50	219.75	220.00	220.25	220.50	220.75	221.00	221.25	221.50	221.75	222.00	222.25	222.50	222.75	223.00	223.25	223.50	223.75	224.00	224.25	224.50	224.75	225.00	225.25	225.50	225.75	226.00	226.25	226.50	226.75	227.00	227.25	227.50	227.75	228.00	228.25	228.50	228.75	229.00	229.25	229.50	229.75	230.00	230.25	230.50	230.75	231.00	231.25	231.50	231.75	232.00	232.25	232.50	232.75	233.00	233.25	233.50	233.75	234.00	234.25	234.50	234.75	235.00	235.25	235.50	235.75	236.00	236.25	236.50	236.75	237.00	237.25	237.50	237.75	238.00	238.25	238.50	238.75	239.00	239.25	239.50	239.75	240.00	240.25	240.50	240.75	241.00	241.25	241.50	241.75	242.00	242.25	242.50	242.75	243.00	243.25	243.50	243.75	244.00	244.25	244.50	244.75	245.00	245.25	245.50	245.75	246.00	246.25	246.50	246.75	247.00	247.25	247.50	247.75	248.00	248.25	248.50	248.75	249.00	249.25	249.50	249.75	250.00	250.25	250.50	250.75	251.00	251.25	251.50	251.75	252.00	252.25	252.50	252.75	253.00	253.25	253.50	253.75	254.00	254.25	254.50	254.75	255.00	255.25	255.50	255.75	256.00	256.25	256.50	256.75	257.00	257.25	257.50	257.75	258.00	258.25	258.50	258.75	259.00	259.25	259.50	259.75	260.00	260.25	260.50	260.75	261.00	261.25	261.50	261.75	262.00	262.25	262.50	262.75	263.00	263.25	263.50	263.75	264.00	264.25	

Tab. 2.1.3 Frequency Distribution of Min. Trough Values of Rolling Angle
横傾角の最小値の頻度分布

		Number of Data																					
		Head Sea																					
		Beam Sea																					
		Crossing Following																					
		Total																					
TOTAL		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	
		53	115	173	210	218	632	129	54	20	10	13	3	5	4	1	0	0	0	5120	***		
21.0		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	
20.40		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.27	
19.20		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.33	
18.00		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.47	
16.80		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.60	
15.60		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.19	
14.40		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.33	
13.20		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.99	
12.00		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.01	
10.80		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.28	
9.60		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.10	
8.40		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.76	
7.20		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.36	
6.00		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.87	
4.80		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.67	
3.60		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10.47	
2.40		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12.14	
1.20		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13.90	
0.00		1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15.67	

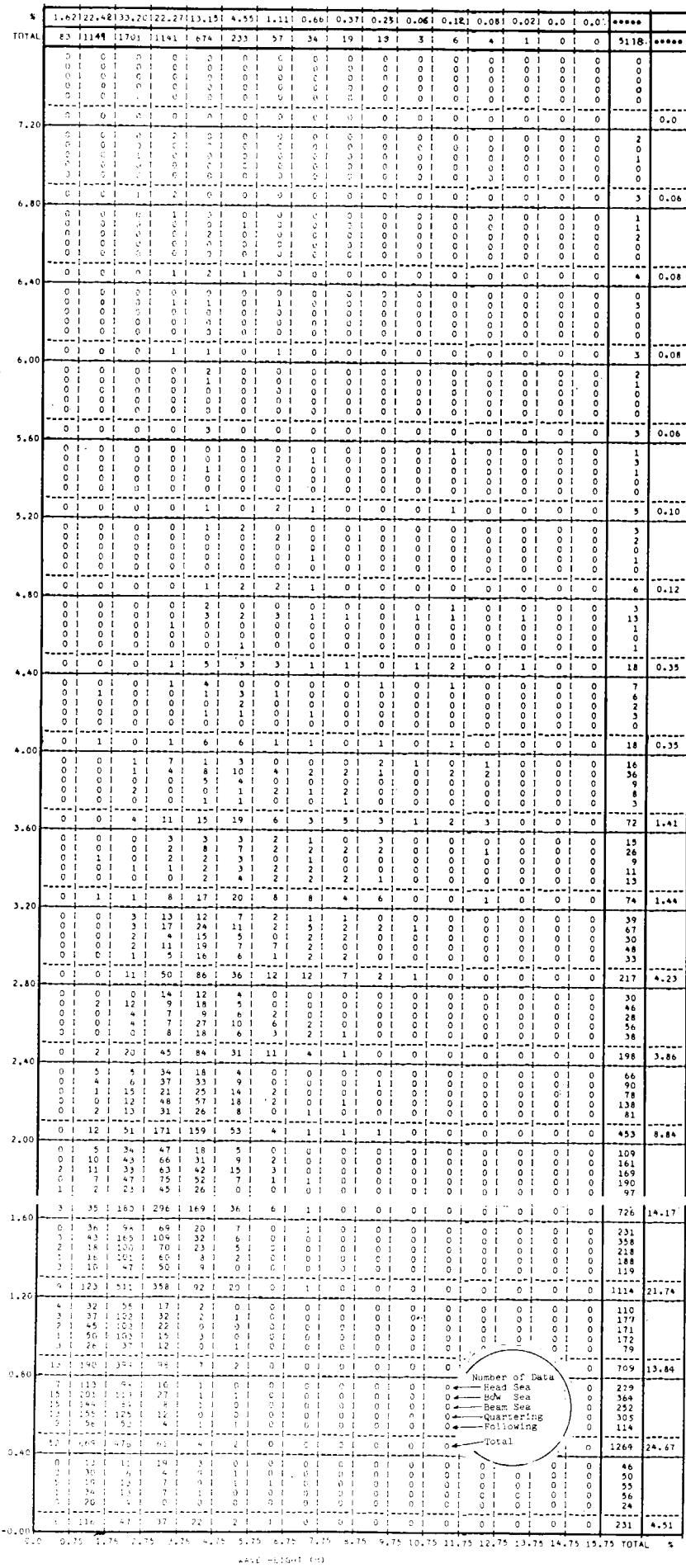
Tab. 2.14 Frequency Distribution of RMS Values of Deck Stress
甲板応力のRMS値の頻度分布

%	1.81	2.47	3.13	3.78	4.26	4.81	5.51	6.11	6.86	0.371	0.251	0.361	0.121	0.081	0.021	0.0	0.00	****		
TOTAL	5	115	172	114	675	232	1	57	32	14	13	5	6	4	1	1	0	0	5135	****
3.60																			0.00	
3.40																			0.02	
3.20																			0.02	
3.00																			0.02	
2.80																			0.0	
2.60																			0.0	
2.40																			0.04	
2.20																			0.02	
2.00																			0.02	
1.80																			0.14	
1.60																			0.47	
1.40																			1.05	
1.20																			2.08	
1.00																			3.89	
0.80																			8.74	
0.60																			15.23	
0.40																			19.03	
0.20																			32.30	
-0.10C																			16.86	
C.0	11	19	14	7	26	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	864	16.85

Number of Data
Head Sea
Bow Sea
Beam Sea
Quartering
Following

Total

Tab. 2.15 Frequency Distribution of Max. Peak Values of Deck Stress
甲板応力の最大値の頻度分布



Tab. 2.16 Frequency Distribution of Min. Trough Values of Deck Stress
甲板応力の最小値の頻度分布

		1.6	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8	6.4	7.0	7.6	8.2	8.8	9.4	10.0	10.6	11.2	11.8	12.4	13.0	13.6	14.2	14.8	15.4	TOTAL	%
TOTAL	43	1152	1170	1144	1162	221	129	14	19	13	2	6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5119	100
7.20	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
6.80	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
6.40	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
6.00	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
5.60	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
5.20	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
4.80	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
4.40	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
4.00	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
3.60	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
3.20	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
2.80	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
2.40	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
2.00	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
1.60	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
1.20	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
0.80	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
0.40	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
-0.00	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

WAVE HEIGHT (M)

Tab. 2.17 Mean Value of Pitching Angle vs. Wave Height
波高と縦搖角平均値

		Pitching Angle (deg)												() : Number of Data			
		Head	0.4 (11)	0.4 (203)	0.5 (303)	1.1 (236)	1.6 (98)	1.6 (34)	1.8 (4)	1.7 (3)	1.4 (1)	2.2 (6)	2.2 (1)	2.1 (3)	2.2 (1)		
		Bow	0.4 (21)	0.4 (330)	0.6 (456)	1.0 (306)	1.5 (169)	1.8 (66)	2.4 (19)	2.2 (11)	2.3 (7)	2.2 (6)	2.2 (2)	2.3 (2)	2.3 (3)	2.5 (3)	2.2 (1)
		Beam	0.3 (26)	0.4 (239)	0.6 (348)	0.8 (204)	1.2 (129)	1.4 (54)	1.3 (7)	1.1 (3)	1.2 (2)						
		Quarter	0.3 (16)	0.3 (261)	0.5 (408)	0.6 (233)	0.7 (170)	0.9 (49)	0.8 (20)	0.8 (9)	0.7 (3)	0.6 (1)					
		Follow	0.4 (9)	0.4 (115)	0.5 (175)	0.5 (152)	0.6 (98)	0.7 (28)	0.8 (6)	0.7 (7)	0.7 (6)	0.6 (1)					
		Total	0.4 (83)	0.4 (1148)	0.5 (1690)	0.8 (1131)	1.1 (664)	1.4 (231)	1.5 (56)	1.4 (33)	1.4 (19)	2.1 (13)	1.8 (4)	2.2 (6)	2.4 (4)	2.2 (1)	2.2 (0)
		Head	1.1 (11)	1.2 (204)	1.6 (304)	3.0 (236)	4.4 (98)	4.7 (34)	4.8 (4)	4.9 (3)	4.4 (1)	8.1 (6)	7.6 (1)	6.8 (3)	5.2 (1)		
		Bow	1.3 (21)	1.2 (332)	1.8 (456)	2.8 (306)	4.2 (171)	5.2 (66)	7.2 (19)	4.7 (11)	6.8 (7)	6.3 (6)	8.8 (2)	7.6 (3)	8.1 (3)	6.8 (1)	
		Beam	1.1 (26)	1.2 (239)	1.6 (352)	2.3 (206)	3.5 (131)	4.2 (54)	3.9 (7)	3.3 (3)	3.2 (2)						
		Quarter	1.1 (16)	1.0 (262)	1.4 (411)	1.9 (233)	3.2 (170)	2.6 (49)	2.4 (20)	2.3 (9)	2.0 (3)						
		Follow	1.4 (9)	1.0 (116)	1.4 (175)	1.6 (154)	1.7 (99)	2.0 (28)	2.4 (6)	1.8 (7)	2.0 (6)	2.0 (1)					
		Total	1.2 (83)	1.1 (1153)	1.6 (1698)	2.4 (1135)	3.2 (669)	4.0 (231)	4.0 (56)	3.3 (33)	4.0 (19)	6.8 (13)	8.4 (3)	7.2 (6)	7.4 (4)	6.8 (1)	6.8 (0)
		Head	0.7 (11)	0.9 (204)	1.2 (304)	2.4 (236)	3.4 (98)	3.5 (34)	3.4 (4)	3.6 (3)	3.6 (1)	4.9 (6)	3.6 (1)	3.9 (3)	3.6 (1)		
		Bow	0.9 (21)	0.8 (332)	1.4 (456)	2.2 (306)	3.3 (171)	3.8 (66)	4.8 (19)	4.8 (11)	5.0 (7)	4.4 (6)	4.4 (2)	4.7 (3)	4.4 (1)	3.6 (1)	
		Beam	0.7 (26)	0.9 (239)	1.3 (352)	1.9 (206)	2.7 (130)	3.2 (54)	3.3 (7)	2.8 (7)	2.4 (2)						
		Quarter	0.7 (16)	0.8 (262)	1.1 (411)	1.5 (233)	1.8 (170)	2.1 (49)	1.7 (20)	1.7 (10)	1.7 (3)	1.2 (1)					
		Follow	-0.8 (9)	0.8 (116)	1.0 (175)	1.3 (154)	1.4 (99)	1.6 (28)	2.1 (6)	1.4 (7)	1.3 (6)	1.2 (1)					
		Total	0.8 (83)	0.8 (1153)	1.2 (1698)	1.9 (1135)	2.5 (668)	3.0 (231)	3.1 (56)	2.9 (34)	3.0 (19)	4.4 (13)	3.4 (4)	4.3 (6)	4.2 (4)	3.6 (1)	3.6 (0)

0 0.75 1.75 2.75 3.75 4.75 5.75 6.75 7.75 8.75 9.75 10.75 11.75 12.75 13.75 14.75
Visual Wave Height (m)

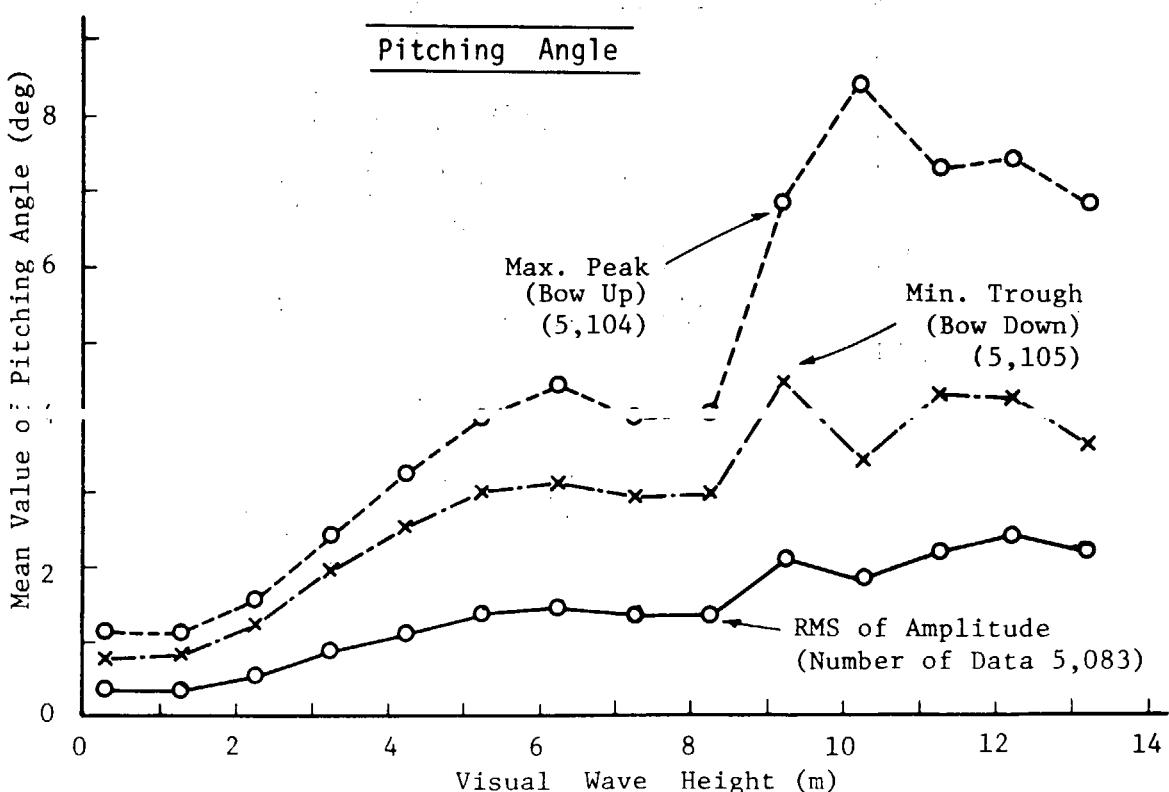


Fig. 2.16 Mean Value of Pitching Angle vs. Wave Height
波高と縦搖角平均値

Tab. 2.18 Mean Value of Rolling Angle vs. Wave Height

波高と横搖角平均値

Rolling Angle (deg)															() : Number of Data	
RMS of Amplitude	Head	1.0 (11)	0.9 (204)	1.1 (306)	1.5 (238)	2.2 (100)	2.9 (36)	4.2 (4)	1.9 (3)	1.5 (1)	3.7 (6)	6.3 (1)	4.5 (3)	3.3 (1)		
Bow	0.7 (21)	0.9 (332)	1.3 (462)	2.0 (308)	2.8 (175)	3.7 (66)	4.5 (19)	4.1 (11)	4.3 (7)	3.8 (6)	7.2 (2)	5.5 (3)	5.7 (2)	3.9 (1)		
Beam	0.9 (26)	1.1 (239)	1.8 (355)	2.9 (210)	3.8 (132)	5.4 (54)	6.1 (7)	5.9 (3)	5.7 (2)							
Quarter	1.1 (16)	1.1 (262)	2.0 (411)	3.1 (241)	4.8 (172)	5.7 (50)	7.3 (20)	5.9 (10)	7.9 (3)							
Follow	2.0 (9)	1.3 (116)	2.0 (176)	2.9 (158)	4.4 (101)	4.8 (30)	5.3 (8)	4.9 (8)	6.1 (6)	6.9 (1)						
Total	1.0 (83)	1.0 (1153)	1.6 (1710)	2.4 (1155)	3.6 (680)	4.5 (236)	5.8 (58)	4.8 (35)	5.5 (19)	4.0 (13)	6.9 (3)	5.0 (6)	4.9 (3)	3.9 (1)	(0)	(5155)
Max. Peak (Portside Down)	Head	2.6 (11)	2.5 (204)	2.9 (305)	4.0 (237)	5.8 (98)	7.7 (35)	10.2 (4)	5.4 (3)	4.2 (1)	9.4 (6)	15.0 (1)	9.8 (3)	9.0 (1)		
Bow	2.2 (21)	2.6 (332)	3.4 (458)	5.3 (307)	7.3 (171)	9.5 (66)	12.0 (18)	12.7 (11)	11.4 (7)	10.4 (6)	18.6 (2)	13.0 (3)	15.4 (3)	11.4 (1)		
Beam	2.5 (26)	2.9 (239)	4.4 (352)	7.3 (206)	9.4 (131)	12.9 (53)	15.0 (7)	15.0 (3)	13.8 (2)							
Quarter	3.0 (16)	2.9 (262)	5.1 (411)	7.6 (233)	11.4 (170)	14.3 (47)	11.4 (18)	14.5 (10)	19.0 (3)							
Follow	5.1 (9)	3.4 (116)	5.1 (175)	7.1 (156)	10.3 (99)	11.2 (29)	12.0 (8)	13.5 (7)	14.6 (6)	13.8 (1)						
Total	2.8 (83)	2.8 (1153)	4.1 (1701)	6.1 (1139)	9.0 (669)	11.2 (230)	13.6 (55)	12.9 (34)	13.5 (19)	10.2 (13)	17.4 (13)	11.4 (6)	14.8 (4)	11.4 (1)	(0)	(5110)
Min. Trough (Portside Up)	Head	2.5 (11)	2.3 (204)	2.8 (305)	3.7 (237)	5.5 (99)	7.4 (35)	9.9 (4)	4.6 (3)	4.2 (1)	9.0 (6)	13.8 (1)	9.6 (3)	10.2 (1)		
Bow	1.7 (21)	2.4 (333)	3.2 (459)	4.8 (310)	7.1 (171)	9.0 (66)	11.1 (19)	12.4 (11)	10.9 (7)	10.8 (6)	18.0 (2)	13.0 (3)	14.6 (3)	9.0 (1)		
Beam	2.4 (26)	2.6 (241)	4.3 (352)	7.0 (203)	9.0 (131)	12.6 (53)	15.5 (7)	13.0 (3)	13.8 (2)							
Quarter	2.6 (16)	2.8 (263)	4.3 (415)	7.2 (234)	10.8 (171)	13.9 (47)	15.8 (18)	14.5 (9)	17.8 (3)							
Follow	4.7 (9)	3.2 (116)	4.8 (178)	7.0 (154)	10.0 (100)	11.0 (28)	15.4 (6)	14.7 (7)	13.4 (6)	16.2 (1)						
Total	2.5 (83)	2.6 (1157)	3.9 (1709)	5.8 (1138)	8.6 (672)	10.9 (229)	13.6 (54)	12.8 (33)	12.7 (19)	10.4 (13)	16.6 (3)	11.6 (6)	13.5 (4)	9.0 (1)	(0)	(5120)
0 0.75 1.5 2.25 3.0 3.75 4.5 5.25 6.0 6.75 7.5 8.25 9.0 9.75 10.5 11.25 12.0 12.75 13.5 14.25																
Visual Wave Height (m)																

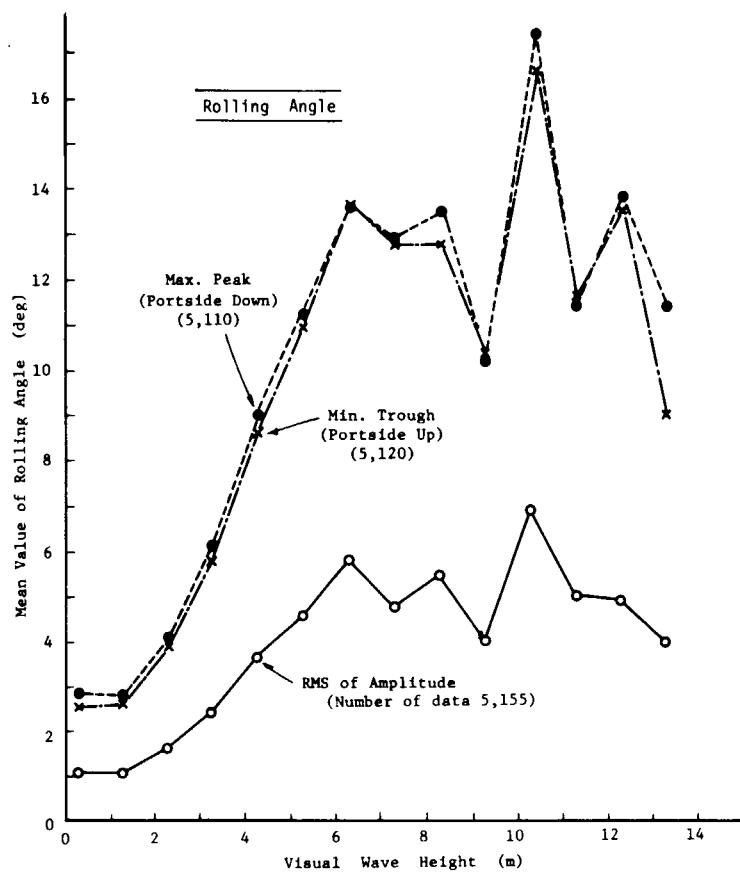


Fig. 2.17 Mean Value of Rolling Angle vs. Wave Height

波高と横搖角平均値

Tab. 2.19 Mean Value of Deck Stress vs. Wave Height

波高と甲板応力平均値

Wave Bending Stress of Upper Deck Amidship (kgf/mm)												() : Number of Data					
RMS of Amplitude	Head	0.3 (11)	0.3 (204)	0.3 (305)	0.6 (236)	0.8 (99)	0.9 (35)	1.1 (4)	0.9 (3)	0.9 (1)	1.4 (6)	1.5 (1)	1.6 (3)	1.7 (1)			
	Bow	0.3 (21)	0.3 (332)	0.4 (460)	0.5 (307)	0.7 (171)	0.9 (66)	1.3 (18)	1.3 (11)	1.2 (7)	1.2 (6)	1.4 (2)	1.5 (3)	1.6 (3)	1.7 (1)		
	Beam	0.2 (26)	0.2 (241)	0.3 (357)	0.6 (207)	0.7 (132)	0.8 (54)	1.2 (8)	1.2 (3)	1.2 (2)							
	Quarter	0.2 (16)	0.2 (262)	0.4 (411)	0.6 (239)	0.9 (172)	1.0 (49)	1.2 (20)	1.4 (10)	1.4 (3)							
	Follow	0.4 (9)	0.3 (116)	0.4 (176)	0.7 (155)	0.9 (101)	1.1 (28)	1.3 (7)	1.3 (6)	1.5 (6)	1.5 (1)						
	Total	0.3 (83)	0.2 (1155)	0.4 (1709)	0.6 (1144)	0.8 (675)	0.9 (232)	1.2 (57)	1.3 (34)	1.3 (19)	1.4 (13)	1.6 (3)	1.6 (6)	1.7 (4)	1.7 (1)	1.7 (0)	(5135)
	Max. Peak (Tension)	0.8 (11)	0.9 (204)	1.1 (305)	1.8 (237)	2.3 (99)	2.6 (35)	3.2 (4)	2.6 (3)	3.0 (1)	3.7 (6)	3.8 (1)	4.7 (3)	3.8 (1)			
Max. Peak (Tension)	Bow	0.8 (21)	0.8 (328)	1.2 (457)	1.6 (308)	2.2 (172)	2.8 (66)	4.0 (18)	3.6 (11)	3.6 (7)	3.1 (6)	3.8 (2)	4.1 (3)	3.7 (3)	4.6 (1)		
	Beam	0.7 (26)	0.8 (239)	1.2 (354)	1.6 (205)	2.1 (133)	2.4 (55)	1.9 (8)	3.1 (3)	3.0 (2)							
	Quarter	0.7 (16)	0.7 (262)	1.1 (410)	1.7 (236)	2.2 (171)	2.5 (49)	2.9 (20)	3.3 (10)	3.3 (3)							
	Follow	1.1 (9)	0.7 (116)	1.2 (175)	1.7 (155)	2.3 (99)	2.7 (28)	2.9 (7)	2.9 (7)	3.2 (6)	3.4 (1)						
	Total	0.8 (83)	0.8 (1149)	1.2 (1701)	1.7 (1141)	2.2 (674)	2.6 (233)	3.2 (57)	3.2 (34)	3.3 (19)	3.4 (13)	3.8 (3)	4.4 (6)	3.7 (4)	4.6 (1)	4.6 (0)	(5118)
	Min. Trough (Compression)	0.7 (11)	0.7 (204)	0.9 (305)	1.7 (236)	2.6 (98)	2.9 (35)	4.0 (4)	2.9 (3)	2.6 (1)	4.5 (6)	5.8 (1)	5.9 (3)	5.9 (1)			
	Head	0.6 (21)	0.6 (332)	1.0 (460)	1.7 (307)	2.5 (171)	3.3 (65)	4.9 (18)	4.3 (11)	4.3 (7)	4.5 (6)	5.0 (2)	4.6 (3)	5.0 (3)	5.4 (1)		
	Bow	0.5 (26)	0.6 (238)	1.0 (354)	1.7 (207)	2.3 (131)	2.6 (54)	2.4 (7)	3.7 (3)	3.4 (2)							
	Beam	0.5 (16)	0.6 (262)	1.0 (411)	1.7 (239)	2.3 (170)	2.6 (49)	3.2 (20)	3.7 (10)	3.3 (3)							
	Quarter	0.9 (9)	0.6 (116)	1.0 (175)	1.7 (155)	2.4 (99)	2.9 (28)	3.1 (6)	3.4 (7)	4.1 (6)	3.4 (1)						
	Follow	0.6 (83)	0.6 (1152)	1.0 (1705)	1.7 (1144)	2.4 (609)	2.9 (231)	3.7 (55)	3.8 (34)	3.9 (19)	4.4 (13)	5.3 (3)	5.3 (6)	5.0 (4)	5.4 (1)		(5119)

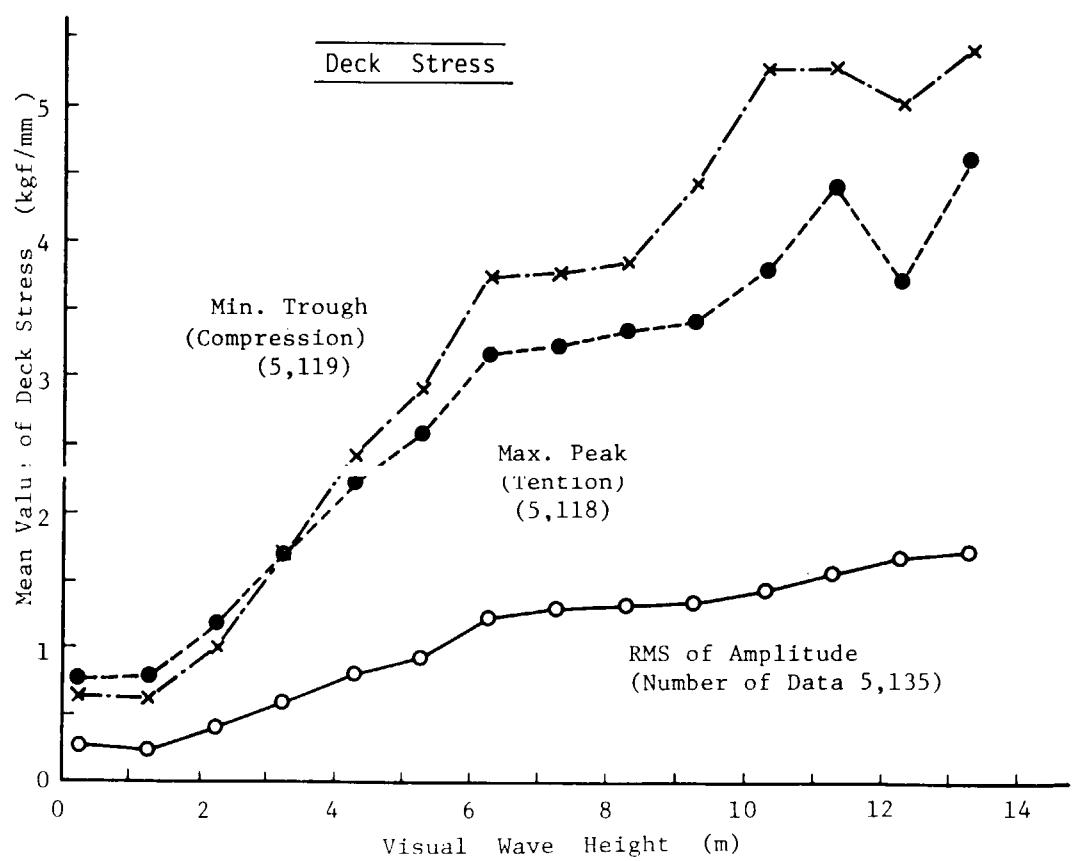


Fig. 2.18 Mean Value of Deck Stress vs. Wave Height

波高と甲板応力平均値

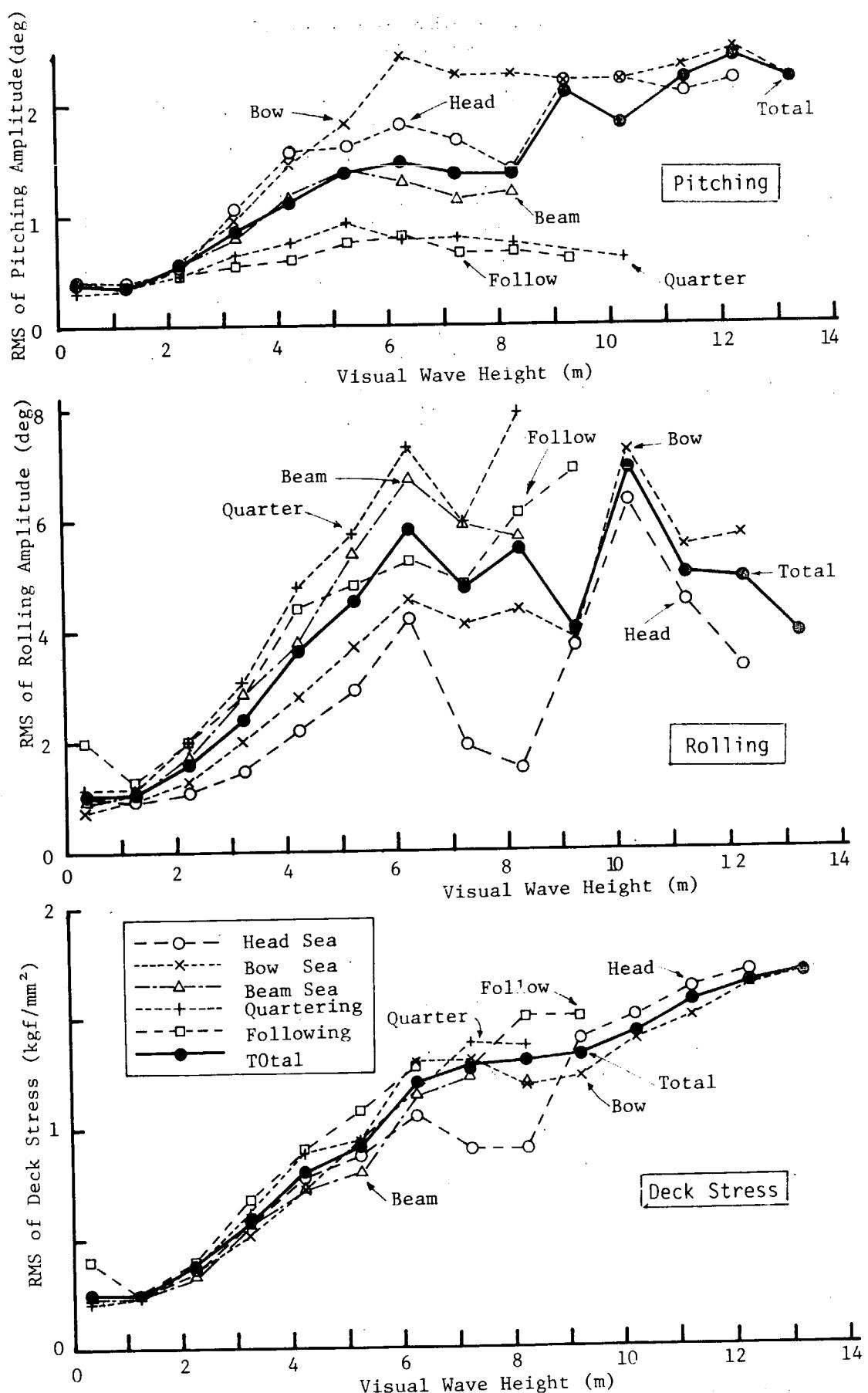


Fig. 2.19 RMS Values of Response Amplitude vs. Wave Height
波高と応答振巾 RMS 値との関係（出合角別）

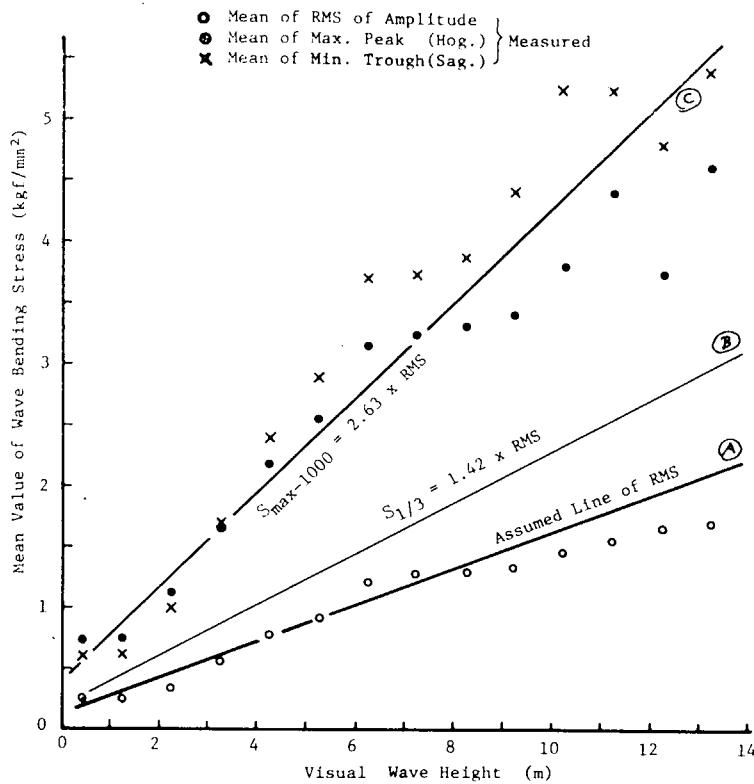


Fig. 2.20 Estimation of Max. Values from the RMS Values
 RMS 値から最大値の推定

Ships	D.W.(t)	Length(m)	I/y(Deck) (cm^3)	Number of Data
● Beishu Maru(Container)	24,191	200.0	18.5×10^6	5,135
○ Ship (W) (Ore)	93,113	240.0	32.2×10^6	13,891
✖ Ship (C) (Ore)	164,644	278.8	49.6×10^6	7,352
△ Ship (J) (Bulk)	57,911	210.0	21.8×10^6	10,517

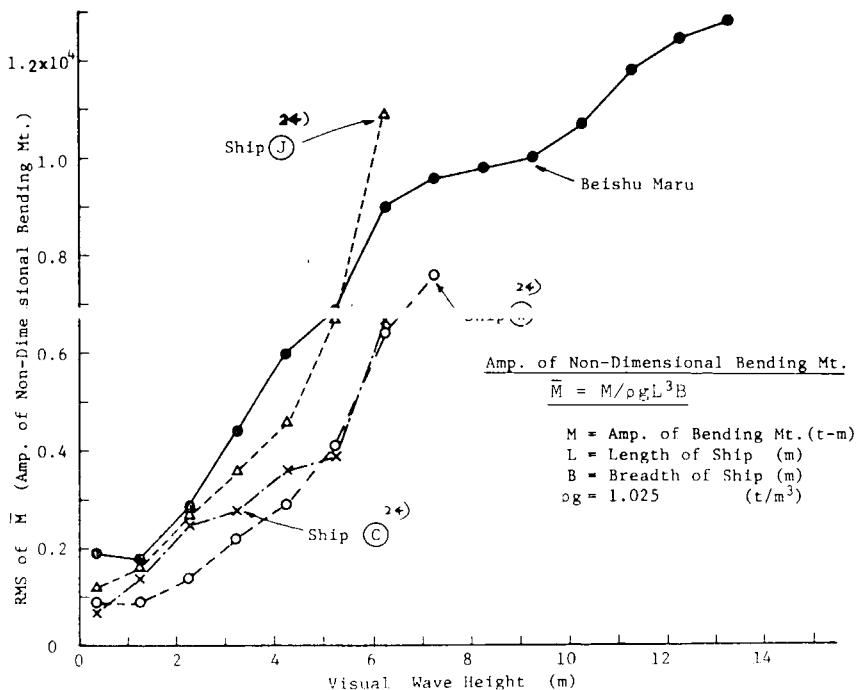


Fig. 2.21 Non-Dimensional Bending Moment vs. Wave Height
 波高の無次元曲げモーメントとの関係

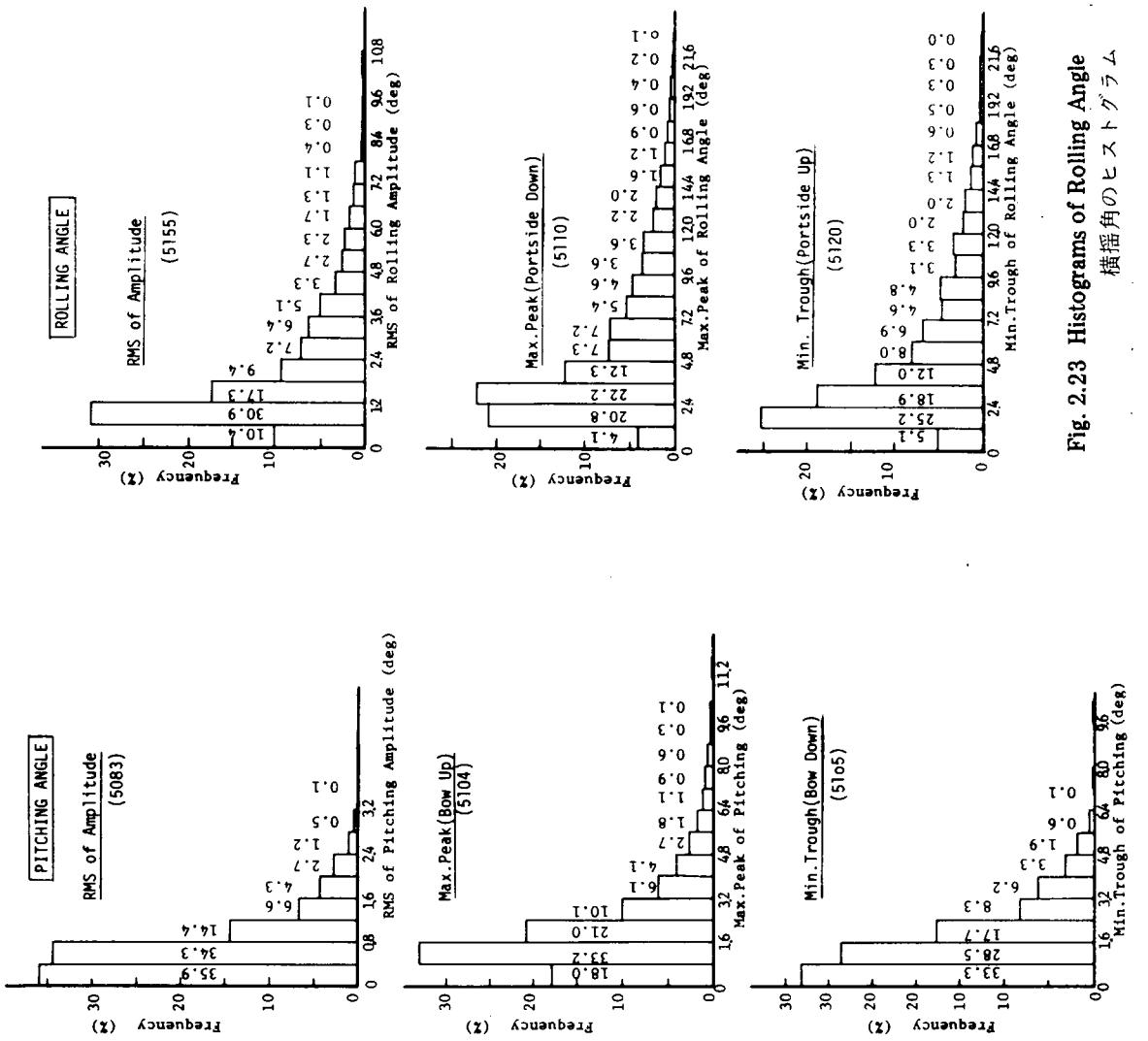


Fig. 2.22 Histograms of Pitching Angle
縦搖角のヒストグラム

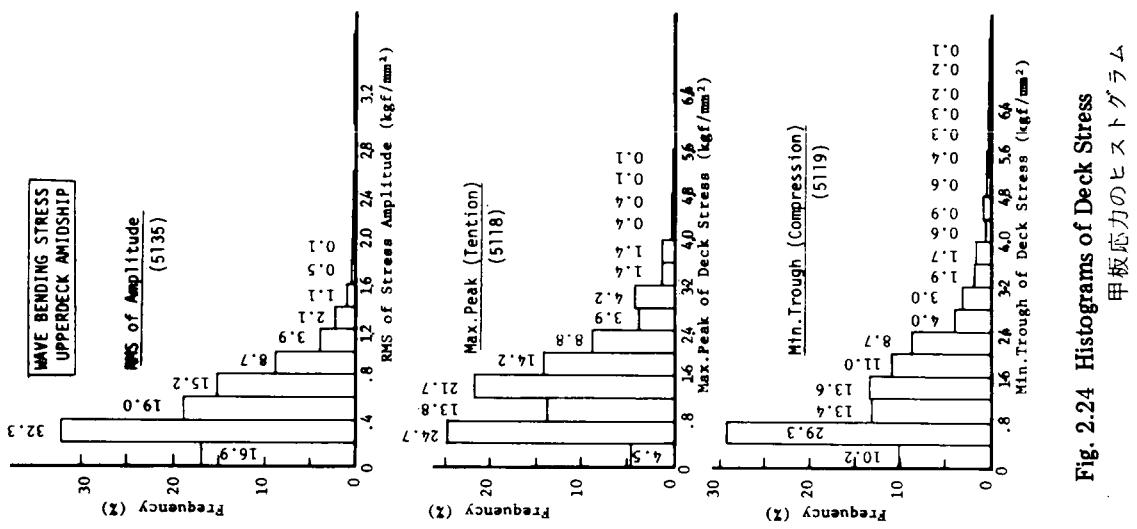


Fig. 2.23 Histograms of Rolling Angle
横搖角のヒストグラム



Fig. 2.24 Histograms of Deck Stress
甲板応力のヒストグラム

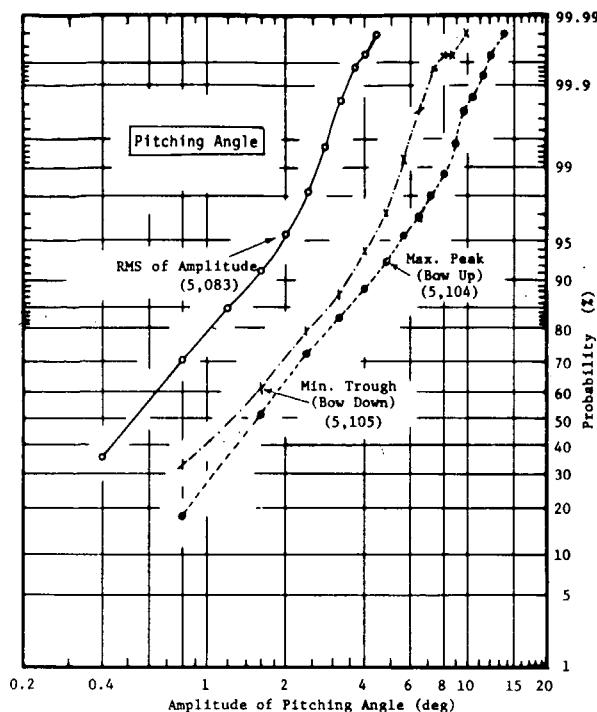


Fig. 2.25 Cumulative Probability of Pitching Angle
縦搖角の累積確率

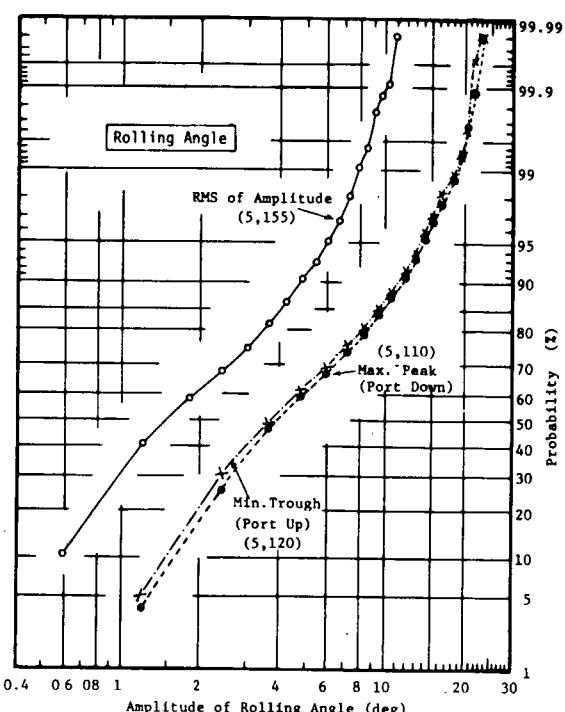


Fig. 2.26 Cumulative Probability of Rolling Angle
横搖角の累積確率

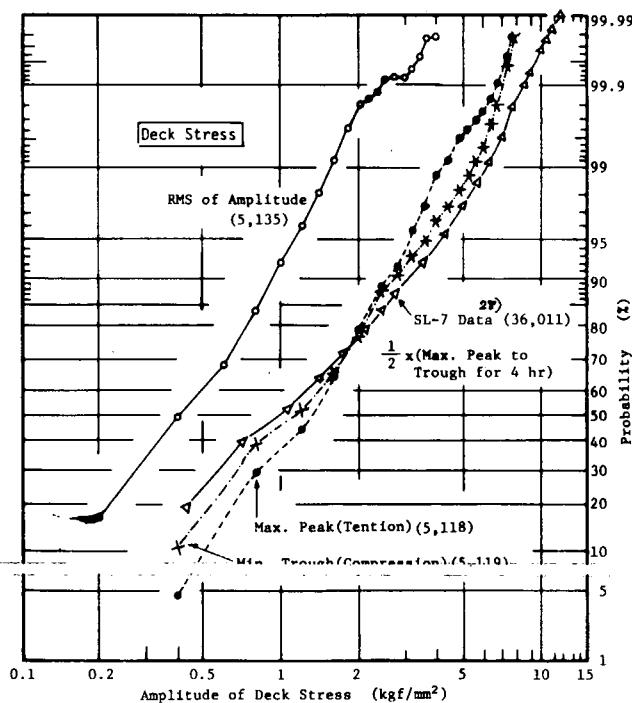


Fig. 2.27 Cumulative Probability of Deck Stress
甲板応力の累積確率

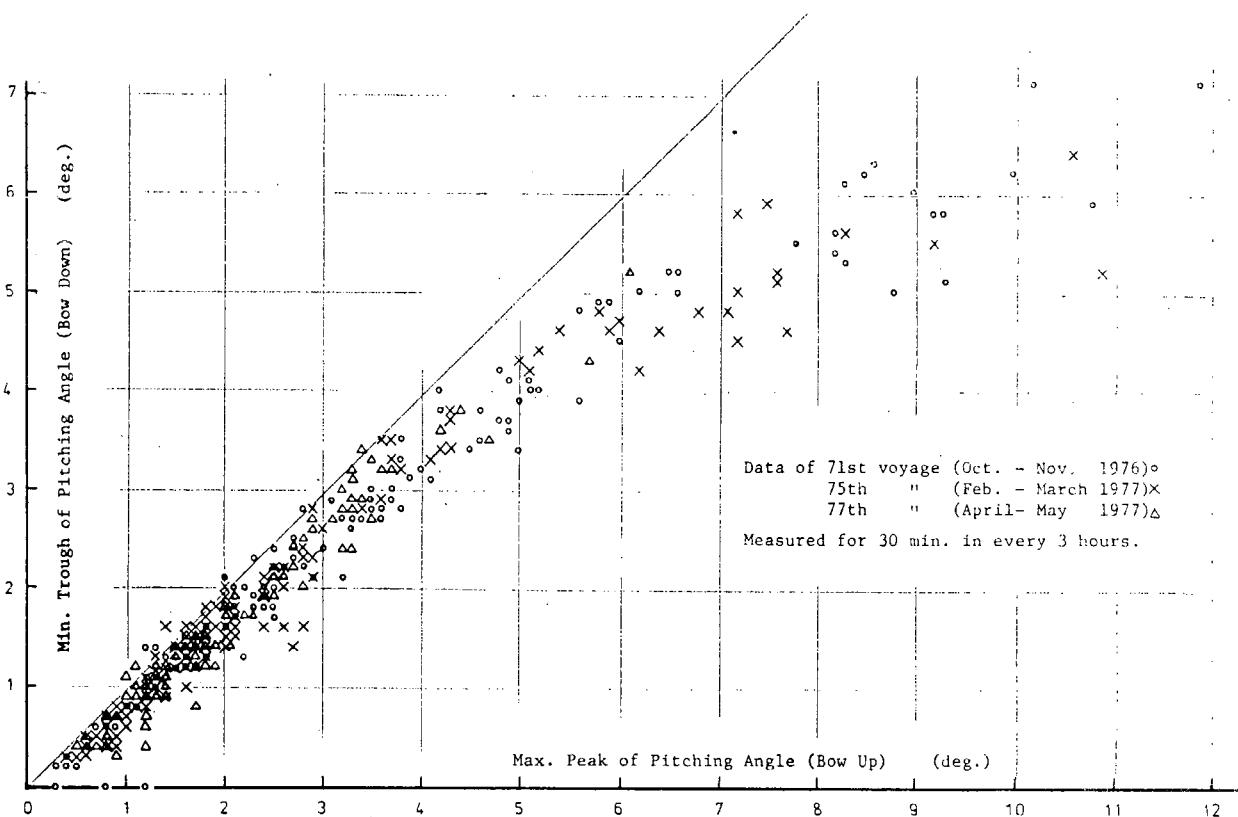


Fig. 2.28 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Pitching Angle

縦搖角の最大値と最小値の関係

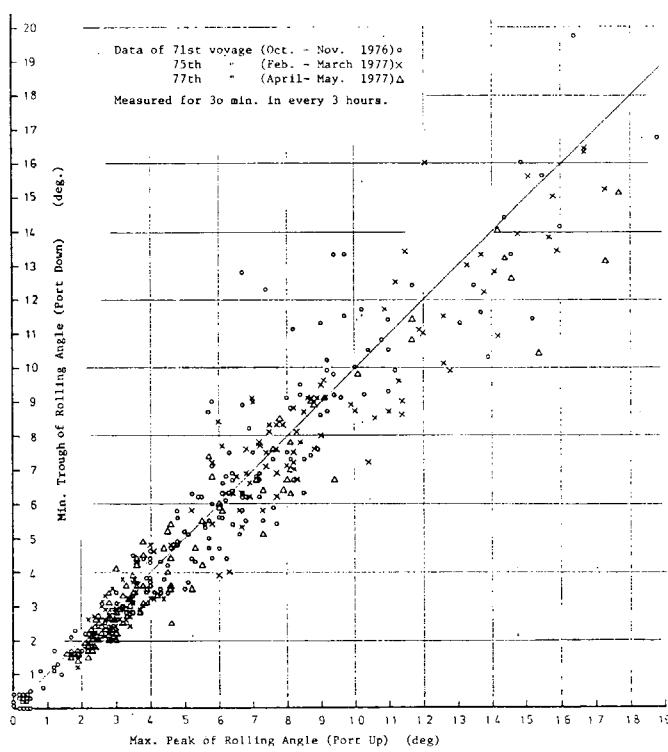


Fig. 2.29 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Rolling Angle

横搖角の最大値と最小値の関係

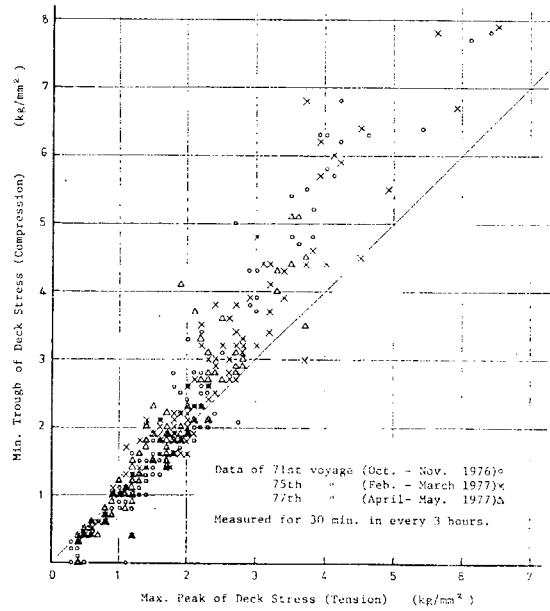


Fig. 2.30 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Deck Stress

甲板応力の最大値と最小値の関係

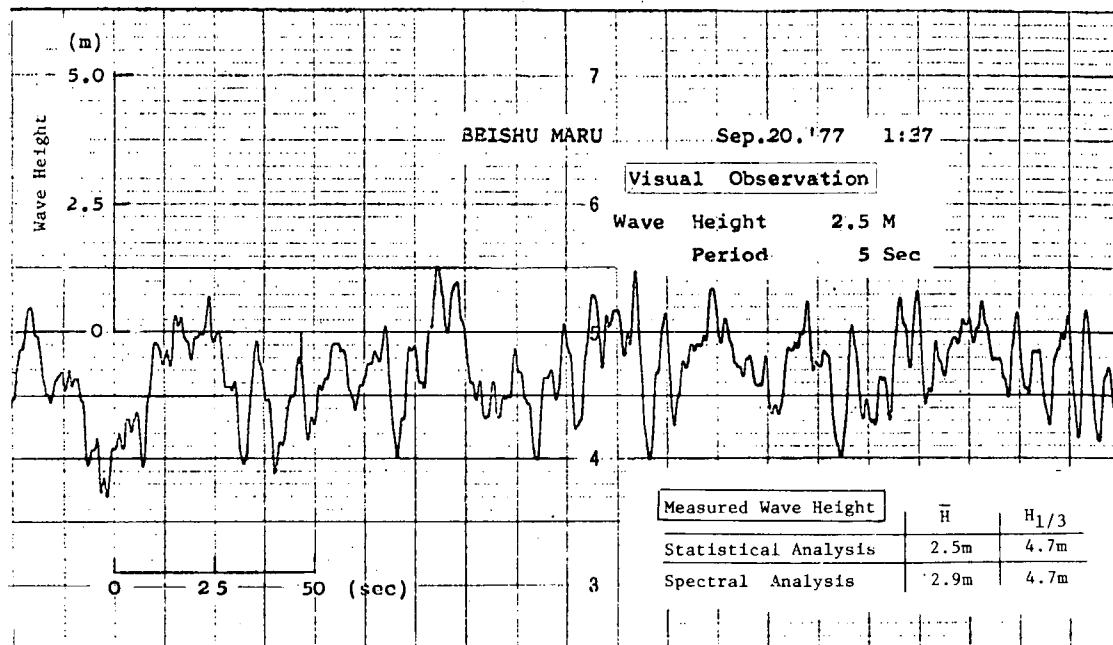


Fig. 2.31 Sample of Wave Record

波浪計測の記録例

Tab. 2.20 Notations of the Symbols in Tab. 2.21

統計およびスペクトル解析表 (Tab. 2.21) の記号

Date and Time : Greenwich Mean Time	
Y	: Peak to Peak Range of Response
Units	: Stress (kgf/mm ²), Pitching (deg), Rolling (deg), Wave (m)
<u>(Statistical Analysis)</u>	
\bar{Y}	: Mean of P-P Range
Y_{rms}	: RMS of P-P Range
$Y_{1/3}$: 1/3 Highest Mean of P-P Range
Y_{max}	: Max. of P- Range
σ	: Standard Deviation of Peaks
T_0	: Zero-cross Mean Period (sec)
<u>(Spectral Analysis)</u> Sampling Interval = 0.5 sec	
\bar{Y}	: Mean of P-P Range
$Y_{1/3}$: 1/3 Highest Mean
$Y_{1/10}$: 1/10 Highest Mean
ω_p	: Peak Frequency (rad/sec)
σ	: Standard Deviation of Amplitude = $\left(2\int_{\omega_L}^{\omega_H} S(\omega)d\omega\right)^{1/2}$
ω_L	: Lower Limit of Integral = 0.0111 (rad/sec)
ω_H	: Upper Limit of Integral = 3.1415 (rad/sec)
ϵ	: Band Parameter = $\sqrt{(m_0 m_4 - m_2^2)/m_0 m_4}$
T_0	: Zero-cross Mean Period (sec) = $2\pi(m_0/m_2)$
T_p	: P-P Mean Period (sec) = $2\pi\sqrt{m_2/m_4}$
m_n	: n-th Order Moment = $2\int \omega^n S(\omega)d\omega$
<u>(Automatic RMS Meter)</u>	
Y_{max}	: Max. Peak to Min. Trough
σ	: Standard Deviation of Peaks = RMS of Amplitude
T_0	: Zero-cross Mean Period (sec)
<u>(Visual Observation)</u>	
Y_v	: Visual Wave Height (m)
T_v	: Visual Mean Wave Period (sec)
Angle	: Wave Encounter Angle Head=0°, Beam=90°, Follow=180°

Tab. 2.21 Statistical and Spectral Analysis of Analogue Data

統計およびスペクトル解析結果

	Date Year Time	Position	Item	Analogue Data Recorder											Automatic RMS Meter			Visual Observation							
				Statistical Analysis						Spectral Analysis															
				Peak to Peak Range			Y		T₀	P-P Range			Y₁/₁₀		ωₚ	σ	ε	T₀	Tₚ	Yₘₐₓ	σ	T₀	Y₀	T₀	Angle
1	Sept. 20 1977 01:37	43-26 N 157-52 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.9 5.7 2.5	0.9 5.9 3.2	1.1 7.1 4.7	1.9 9.9 11.1	0.4 2.1 1.8	6.7 13.4 4.7	0.7 4.1 2.9	1.2 6.5 4.7	1.5 8.3 6.0	0.89 0.46 0.46	0.30 1.63 0.84	0.70 0.84 0.75	5.0 7.1 5.1	3.6 3.8 3.4	3.3 10.2 10.2	0.5 2.3 2.3	12.3 15.8 15.8				2.5 5	70° S
2	Oct. 8 1977 01:40	48-12 N 159-08 E	Stress Pitch. Roll. Wave	1.7 6.1 3.3	1.8 6.4 4.0	2.5 8.0 6.0	3.9 14.3 10.4	0.7 2.5 2.1	9.7 16.6 5.2	1.1 3.7 3.9	1.7 5.8 6.3	2.1 7.4 8.0	1.05 0.43 0.59	0.42 1.46 1.57	0.66 0.83 0.80	5.3 5.9 6.0	3.9 3.5 3.6	4.5 15.8 15.8	0.9 2.9 2.9	14.5 13.2 13.2				3.0 5	10° P
3	Jan. 26 1978 14:05	34-18 N 137-36 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.6 0.9 1.7	0.6 0.9 2.4	0.8 1.1 3.6	1.0 1.2 6.1	0.2 0.4 1.0	7.6 5.2 2.1	0.5 0.8 3.4	0.8 1.2 4.3	1.0 1.6 4.3	0.86 0.68 0.43	0.20 0.31 0.85	0.70 0.74 0.86	5.1 5.1 7.1	3.6 2.9 3.6	1.0 2.4 5.2	0.2 0.4 0.9	90.0 12.5 12.8				1.5 9	70° S
4	Nov. 1 1978 02:40	41-22 N 153-32 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.4 1.2 0.8	0.5 1.3 0.9	0.7 1.8 1.1	1.1 2.6 1.7	0.18 0.48 0.31	5.9 7.1 7.2	0.4 1.2 0.8	0.7 2.4 1.6	0.8 2.4 1.6	0.83 0.80 0.77	0.16 0.47 0.31	0.66 0.54 0.62	6.2 7.2 7.0	4.7 6.1 5.5	1.6 3.3 5.5	0.2 0.6 1.1	12.1 8.7 10.9				2.0 7	63° S
5	Nov. 21 1978 04:24	50-17 N 158-22 E	Stress Pitch. Roll. Wave	1.6 2.6 7.1	1.8 3.0 8.4	2.6 4.2 12.1	4.8 6.4 18.1	0.67 1.06 3.24	7.8 7.6 11.5	1.5 2.6 8.0	2.4 4.2 12.8	3.1 5.3 16.3	0.77 0.77 0.43	0.60 0.52 0.31	0.52 0.52 0.71	7.4 7.6 9.9	6.3 6.9 7.5	6.0 7.9 25.8	0.9 8.0 5.5	9.5 8.0 14.1				4.0 8	43° P
6	Dec. 2 1978 02:53	43-22 N 156-47 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.4 1.0 3.9	0.5 1.1 4.5	0.7 1.6 6.5	1.3 2.3 9.4	0.21 0.42 1.70	7.9 5.9 9.9	0.4 1.1 3.4	0.6 2.1 5.5	0.7 2.1 7.0	0.49 0.83 0.43	0.14 0.42 1.37	0.66 0.48 0.62	6.8 6.7 9.5	5.7 5.9 7.5	1.6 3.0 11.0	0.2 0.5 2.3	23.1 10.1 11.5					
7	Dec. 23 1978 15:05	44-16 N 152-00 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.3 0.3 2.1	0.3 0.4 2.4	0.4 0.6 3.4	0.7 1.1 3.4	0.13 0.15 0.91	5.8 4.3 10.8	0.2 0.4 2.2	0.3 0.6 3.5	0.4 0.7 4.4	0.43 0.86 0.43	0.09 0.14 0.86	0.69 0.59 0.86	5.6 6.5 7.6	4.0 5.2 6.5	6.0 7.9 12.0	0.9 1.2 1.3	66.7 32.1 13.5				1.0 6	27° P
8	Jan. 4 1979 03:00	47-24 N 168-36 E	Stress Pitch. Roll. Wave	1.2 2.6 10.5	1.4 2.9 11.9	1.9 3.9 16.9	2.6 6.4 30.4	0.53 1.04 4.44	8.6 7.0 13.8	1.0 2.6 10.9	1.6 4.2 22.2	2.0 5.3 20.0	0.43 0.86 0.40	0.39 1.04 4.37	0.63 0.38 0.75	6.7 7.1 9.7	5.2 6.6 6.3	3.9 7.3 16.0	0.6 7.9 3.5	12.0 7.9 14.3				4.0 8	30° S
9	Jan. 21 1979 03:00	50-12 N 161-18 W	Stress Pitch. Roll. Wave	1.4 2.1 6.8	1.6 2.4 7.4	2.2 3.3 10.0	3.8 4.9 16.3	0.64 0.85 2.67	8.1 7.6 17.5	1.1 2.1 4.7	1.8 2.3 7.5	2.3 4.3 9.5	0.68 0.84 0.34	0.44 0.84 1.87	0.62 0.54 0.87	6.3 7.4 13.8	4.9 6.3 6.9	4.9 6.6 20.4	0.8 1.2 3.2	10.3 7.3 17.0				4.0 10	55° S
10	Feb. 6 1979 01:00	48-54 N 149-42 W	Stress Pitch. Roll. Wave	1.4 0.7 16.8	1.7 0.8 25.2	2.5 1.1 31.9	3.9 1.1 6.32	0.64 0.30 1.73	17.4 7.0 14.7	0.8 0.7 23.4	1.3 1.7 29.8	1.7 2.6 6.8	0.34 0.77 0.66	0.38 0.26 1.34	0.82 0.55 0.75	13.5 7.5 15.5	7.8 6.2 12.0	3.0 2.6 34.0	0.6 0.4 7.3	19.0 11.3 15.8				3.0 8	135° P
11	Feb. 19 1979 01:00	55-06 N 178-12 W	Stress Pitch. Roll. Wave	1.6 3.0 1.9	1.8 3.5 2.3	2.5 4.9 3.3	3.9 7.4 5.2	0.65 0.85 0.88	7.2 7.3 7.0	1.6 3.2 2.0	2.6 5.0 4.0	3.3 5.4 4.0	0.57 0.65 0.71	0.65 0.58 0.78	0.58 0.65 0.65	7.4 7.6 7.3	6.0 6.9 5.6	6.2 6.2 5.7	0.8 1.6 1.0	8.1 8.6 9.9				3.0 10	0°
12	Feb. 22 1979 03:00	45-42 N 151-48 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.8 1.2 3.1	0.9 1.4 3.6	1.2 2.0 5.3	2.1 2.0 8.2	0.33 0.51 1.46	5.5 5.9 9.0	0.8 1.3 2.5	1.3 2.0 4.0	1.6 2.6 5.1	1.21 1.4 0.44	0.31 0.50 1.00	0.58 0.48 0.68	5.5 6.0 7.8	4.5 5.3 6.9	3.0 3.6 13.0	0.5 0.6 2.6	8.6 7.3 11.8				5.0 8	85° S
13	March 7 1979 02:00	47-06 N 173-06 E	Stress Pitch. Roll. Wave	2.5 4.7 13.2	2.8 5.3 20.8	3.8 7.4 5.41	7.4 12.5 9.9	0.97 1.95 12.2	8.6 7.9 19.4	2.4 4.9 24.7	3.8 5.9 5.5	4.9 4.85 0.80	0.71 0.91 1.08	0.95 0.59 0.72	8.0 6.5 6.4	6.5 7.2 4.9	3.0 2.6 7.3	0.6 0.4 0.7	6.9 15.4 10.9				2.5 6	88° P	
14	March 18 1979 21:00	53-24 N 139-00 W	Stress Pitch. Roll. Wave	1.3 2.9 1.3	1.4 3.2 4.6	2.0 4.6 7.3	3.2 6.8 1.16	0.52 1.86	7.4 8.2 10.0	1.3 2.9 4.4	2.0 4.7 5.9	2.6 5.9 6.0	0.77 0.67 0.54	0.50 1.16 1.77	0.62 0.50 0.66	7.6 8.2 10.3	5.9 7.1 7.8	5.0 7.7 14.3	0.7 1.7 2.5	9.5 8.6 11.0				4.0 8	30° P
15	March 23 1979 02:00	50-36 N 165-54 E	Stress Pitch. Roll. Wave	1.5 2.3 4.4	1.6 2.6 5.0	2.3 3.7 7.1	2.8 6.4 9.6	0.63 0.93 1.87	8.3 7.6 14.5	1.2 3.5 3.5	1.9 5.7 5.7	2.4 4.7 7.2	0.91 0.93 0.34	0.46 0.32 1.41	0.44 0.32 0.80	6.4 6.5 12.3	5.7 7.1 7.4	5.7 7.1 21.5	0.8 1.4 3.7	9.1 7.3 14.2				4.0 8	47° P
16	Nov. 18 1979 20:30	51-48 N 138-00 W	Stress Pitch. Roll. Wave	1.9 4.9 1.9	2.3 5.4 11.0	3.4 7.4 1.96	5.4 7.4 8.3	0.89 1.96	6.3 8.3 10.0	2.1 4.9 10.0	3.4 4.9 10.4	4.4 4.7 10.4	0.57 0.86 0.74	0.86 0.72 0.64	0.86 0.72 0.64	7.8 5.4 7.7	5.4 6.2 7.7	9.0 15.2 17.1	1.3 2.6 2.7	30.9 17.5 21.8				4.0 8	30° P
17	Dec. 2 1979 06:00	41-42 N 159-12 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.6 1.9 5.3	0.6 2.2 5.8	0.8 2.3 8.2	1.2 4.7 11.8	0.24 0.79 2.16	5.7 6.6 10.0	0.6 2.0 5.1	0.9 3.2 8.1	1.1 4.1 5.4	1.04 1.41 0.47	0.22 0.79 2.03	0.59 0.41 0.69	5.7 6.8 9.9	4.6 6.2 7.2	2.1 5.5 12.8	0.3 1.0 <br; style="background-color: #cccccc;">10.1 7.4 2.9</br;>	10.1 8.6 10.6				2.5 5	55° S
18	Dec. 15 1979 22:00	50-28 N 137-26 E	Stress Pitch. Roll. Wave	4.6 5.3 2.7	5.3 7.6 3.0	7.6 12.6 4.2	12.6 2.00 5.8	9.6 6.6 1.11	5.9 5.9 8.1	1.2 3.4 3.4	12.1 2.0 5.4	0.52 2.37 0.45	0.74 0.74 0.78	9.3 6.3 8.1								6.0 11	140° S		
19	Dec. 21 1979 05:00	47-00 N 163-00 E	Stress Pitch. Roll. Wave	0.4 0.5 2.4	0.5 0.6 3.1	0.7 1.4 4.6	2.2 4.7 7.1	0.22 0.21 1.22	6.3 5.5 12.6	0.3 0.5 2.3	0.7 1.63 4.7	1.44 1.03 0.34	0.13 0.20 0.66	0.51 0.84 0.92	0.51 0.80 0.76	4.4 3.8 4.7	1.6 2.1 9.5	0.3 0.4 2.0	14.5 8.4 17.0				2.5 5	8° S	
20	Nov. 2 1980 22:29	41-24 N 163-18 E	Wave	3.2	3.6	5.1	8.0	1.35	8.2	3.4	5.4	6.9	0.52	1.35	0.78	8.3	5.1							3.5 9	158° S
21	Nov. 22 1980 21:32	51-00 N 164-06 E	Wave	2.0	2.3	3.3	5.9	0.87	7.1	2.2	3.5	4.4	0.57	0.87	0.74	7.4	5.0							2.0 7	180°
22	Nov. 24 1980 01:15	46-42 N 153-06 E	Wave	2.0	2.2	3.0	4.3	0.77	6.6	1.9	3.1	3.9	0.71	0.77	0.70	6.2	4.5							3.0 8	90° S
23	Dec. 24 1980 07:09	36-54 N 147-18 E	Wave	3.3	3.7	6.1	8.5	1.45	6.8	3.6	5.8	7.4	0.73	1.45	0.71	7.2	5.0							4.5 9	70° S
24	Dec. 23 1980 23:25	46-42 N 159-54 E	Wave	1.2	1.6	2.0	3.4	0.54	5.8	1.4	2.2	2.8	0.63	0.54	0.75	4.4	2.9							3.0 8	75° S

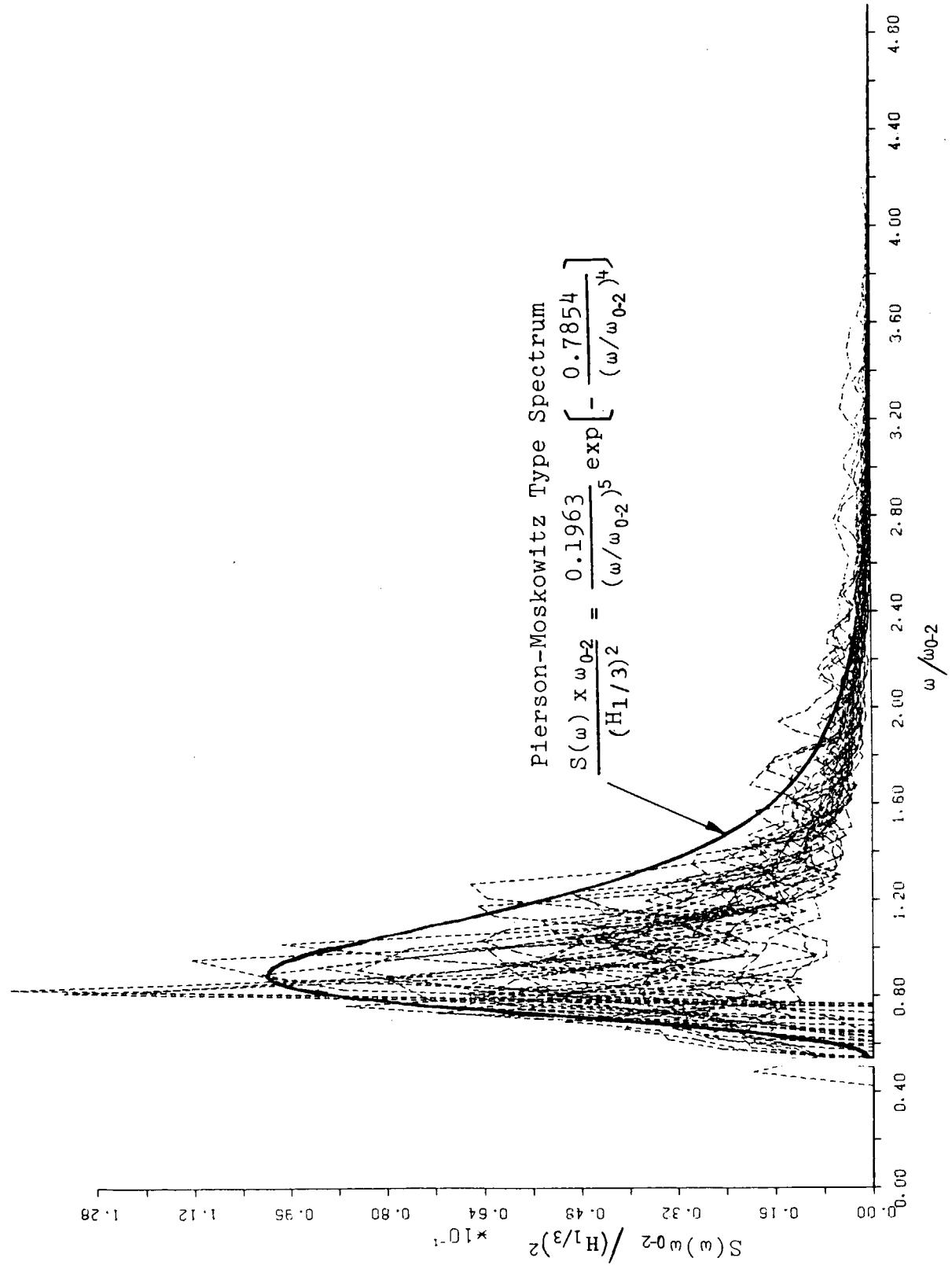


Fig. 2.32 Normalized Wave Spectra
標準波スペクトル

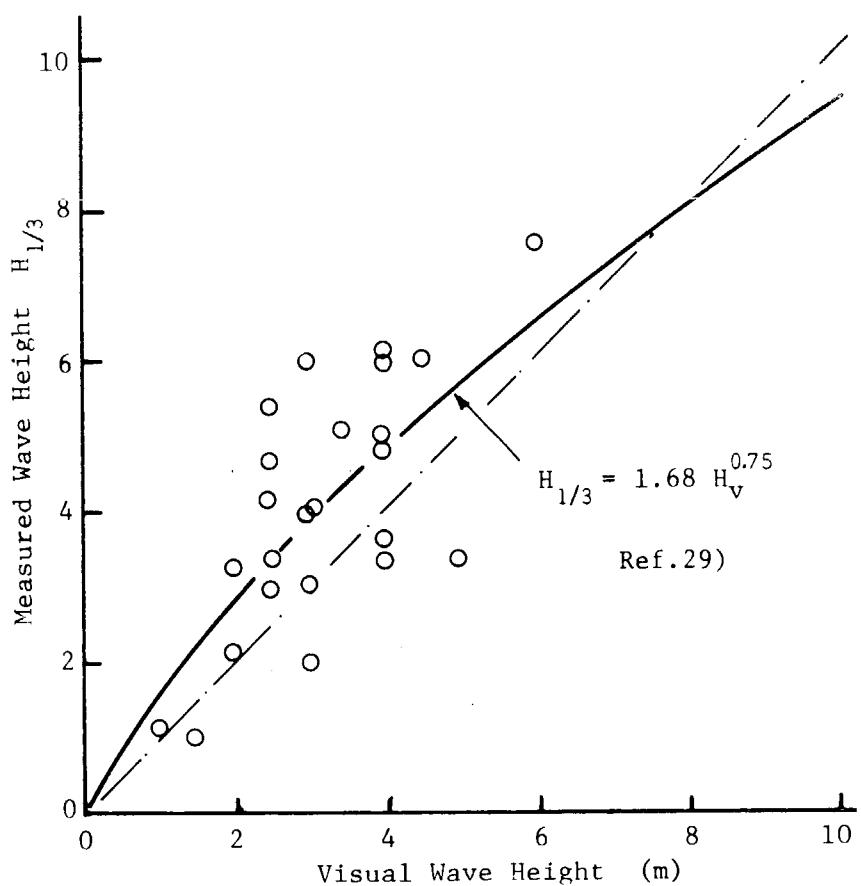


Fig. 2.33 Measured Wave Height vs. Visual Wave Height
波高の計測値と目視観測値との関係

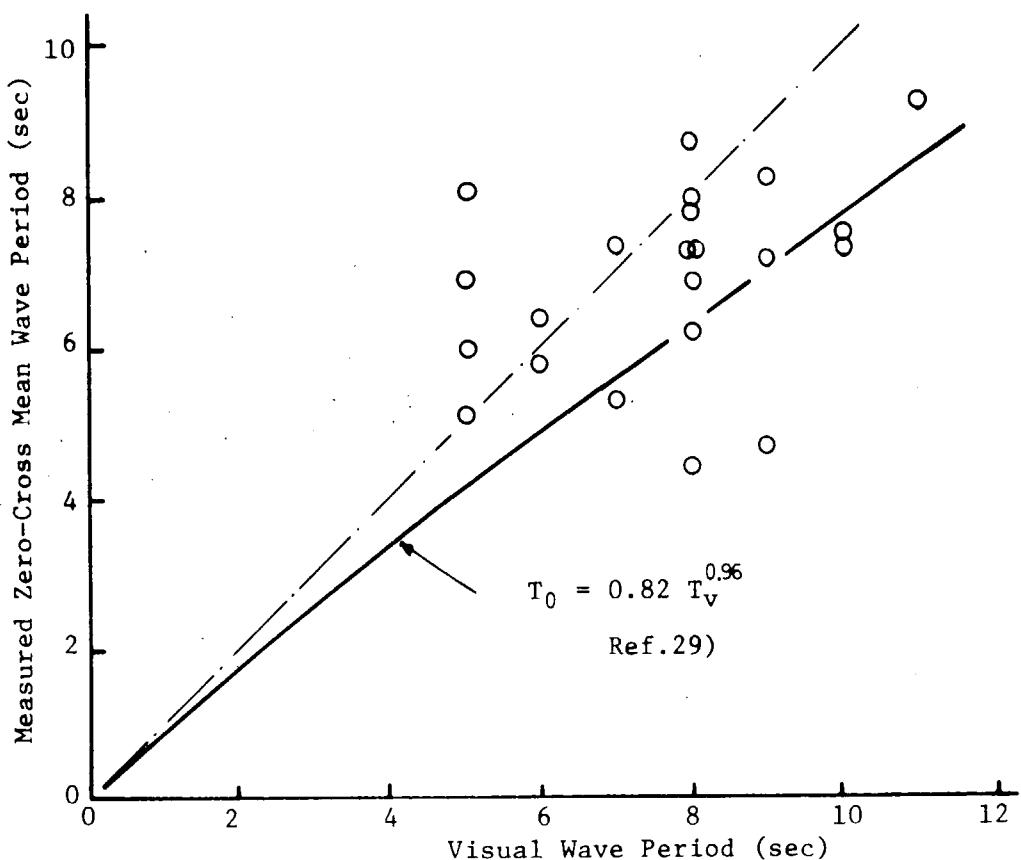


Fig. 2.34 Measured Wave Period vs. Visual Wave Period
波周期の計測値と目視観測値との関係

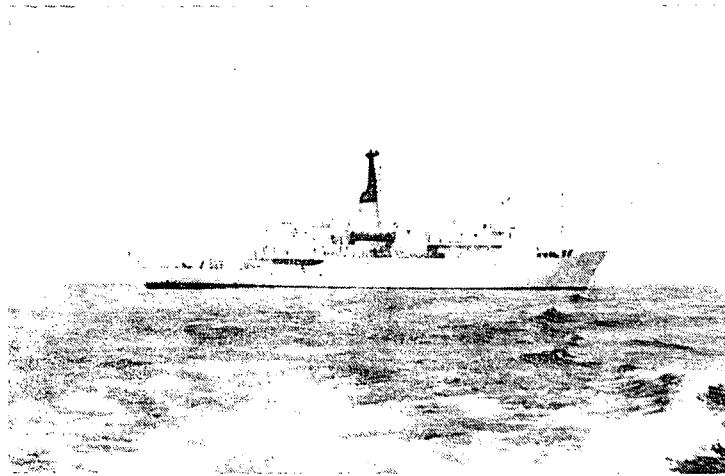


Fig. 3. 1 Ocean Weather Ship "Keifu-Maru"
海洋気象観測船啓風丸

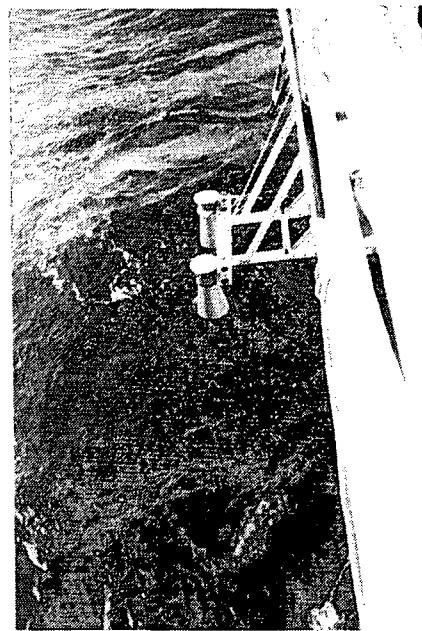


Fig. 3. 3 Ultra-Sonic Wave Meter on Board
船載の超音波式波浪計

Tab. 3. 1 Principal Dimension of Keifu-Maru
啓風丸の要目表

Length (o.a.)	81.70 (m)
Length (p.p.)	72.00 (m)
Breadth(mld.)	12.60 (m)
Depth (mld.)	6.50 (m)
Draught	4.61 (m)
Gross Tonnage	1795.76 (ton)
Speed	14 (kt)

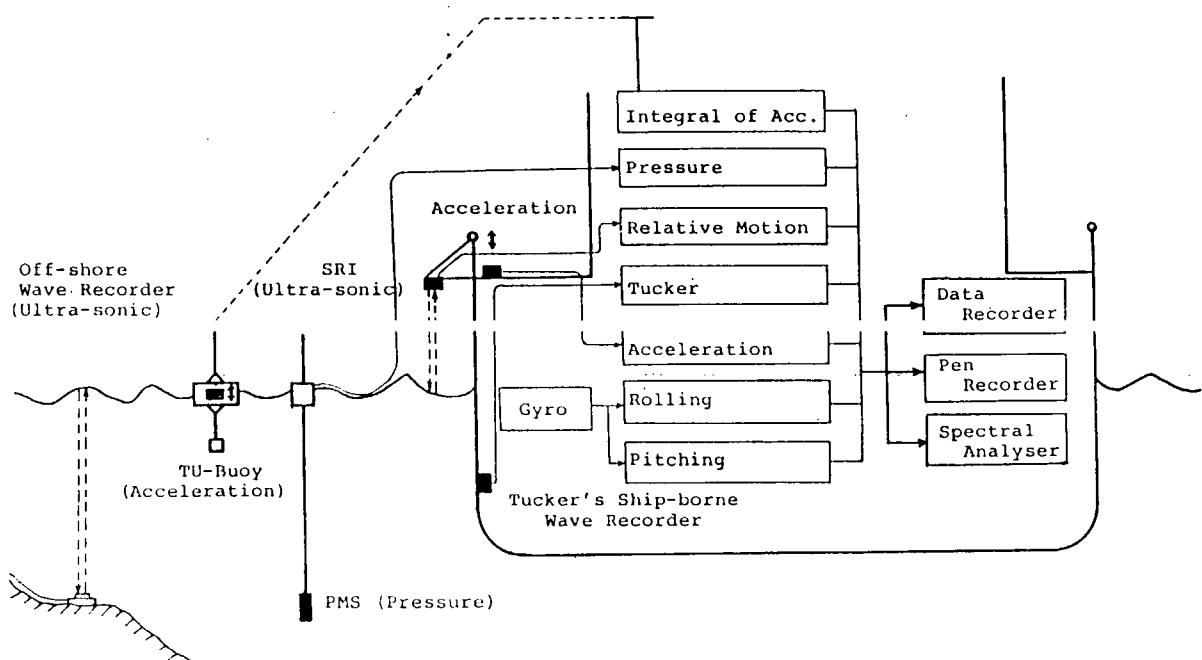


Fig. 3. 2 Arrangement of Experiment on Board
実船実験計測装置

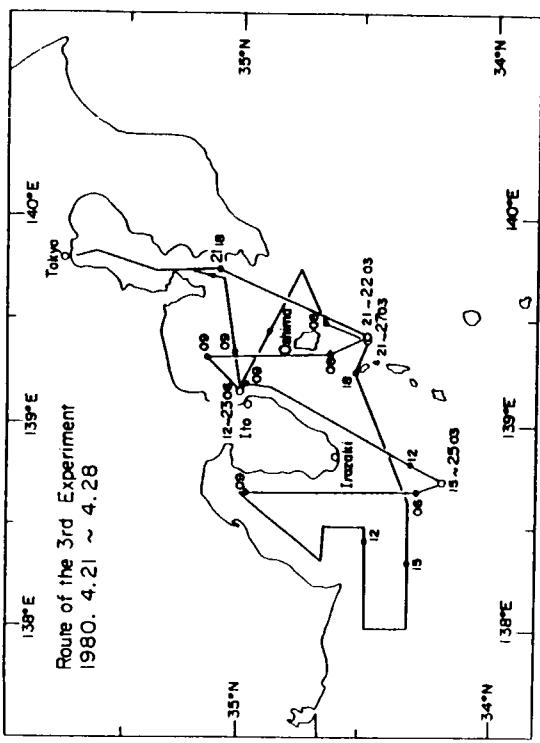


Fig. 3. 6 Ship Route of the 3rd Experiment
第3回実船計測航路図

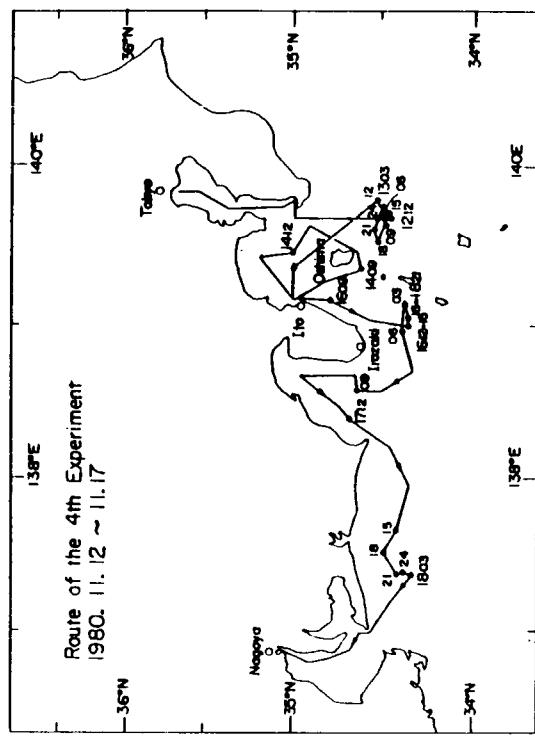


Fig. 3. 7 Ship Route of the 4th Experiment
第4回実船計測航路図

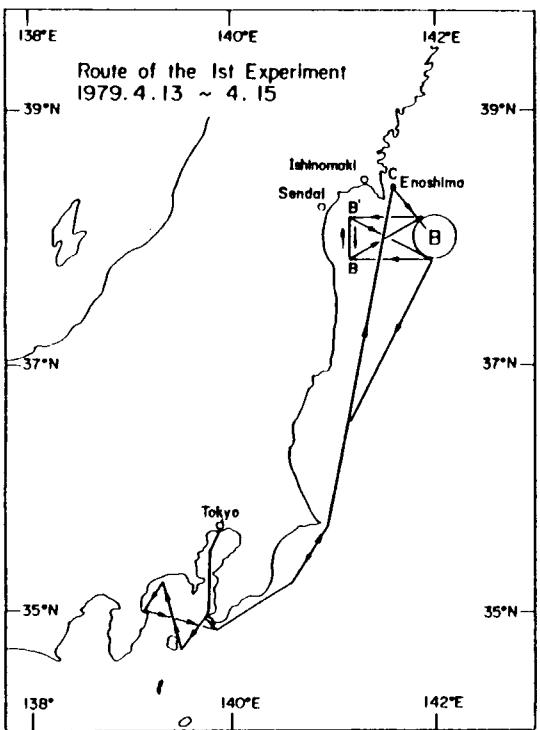


Fig. 3. 4 Ship Route of the 1st Experiment
第1回実船計測航路図

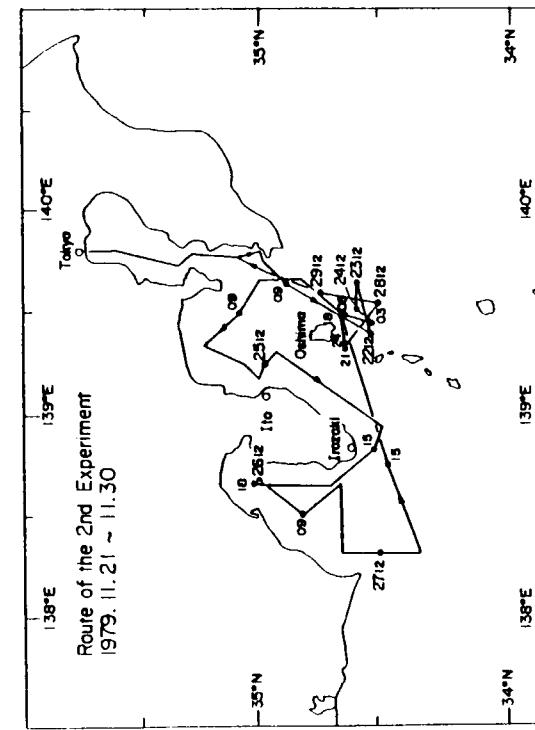


Fig. 3. 5 Ship Route of the 2nd Experiment
第2回実船計測航路図

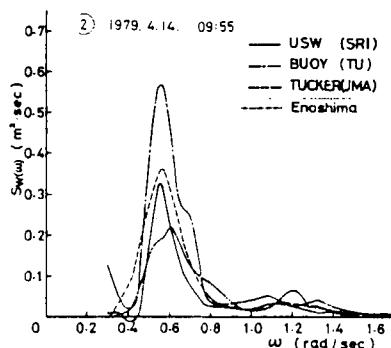


Fig. 3. 8

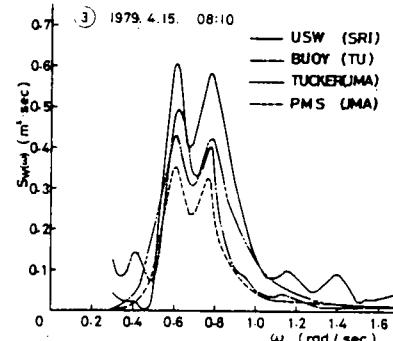


Fig. 3. 9

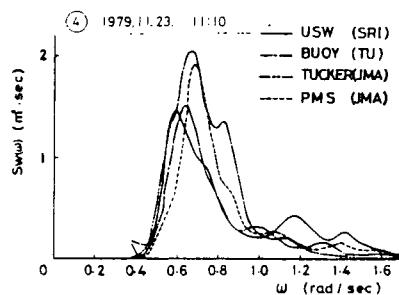


Fig. 3.10

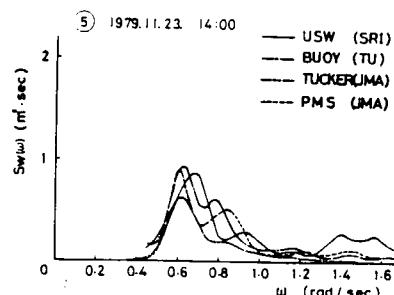


Fig. 3.11

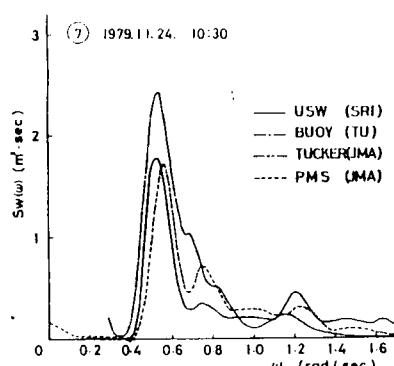


Fig. 3.12

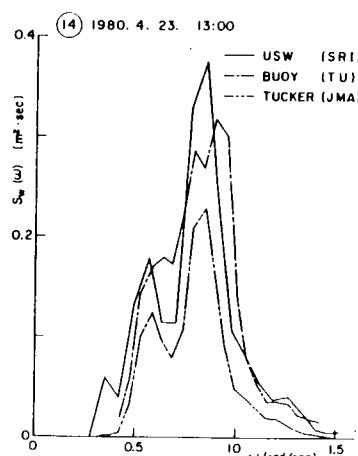


Fig. 3.13

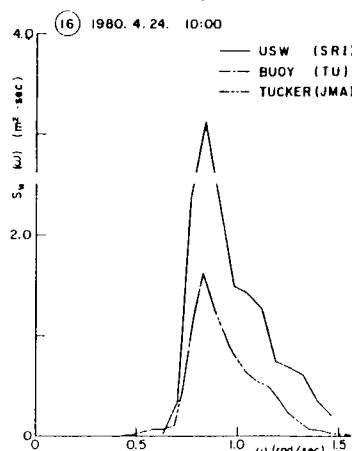


Fig. 3.14

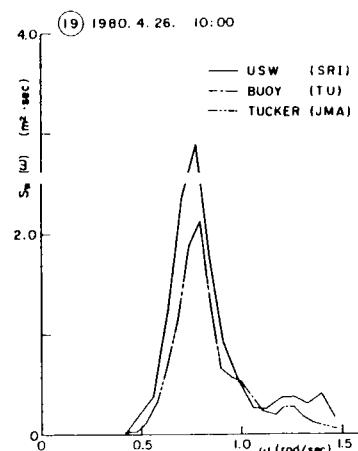


Fig. 3.15

Fig. 3. 8 ~ Fig. 3.15 Comparison of Measured Wave Spectra
波スペクトルの比較

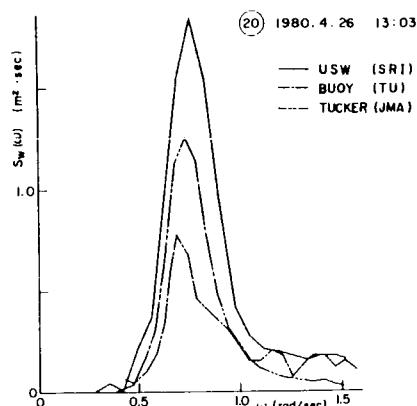


Fig. 3.16

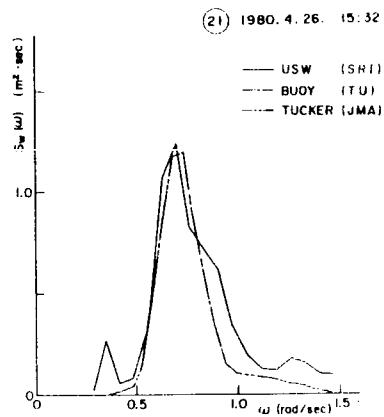


Fig. 3.17

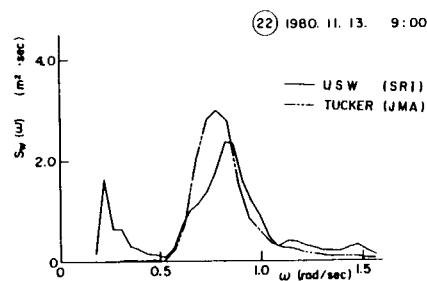


Fig. 3.18

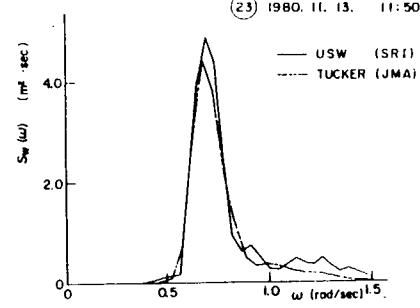


Fig. 3.19

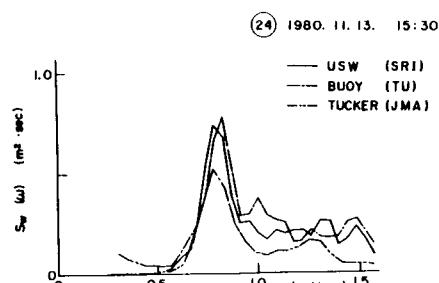


Fig. 3.20

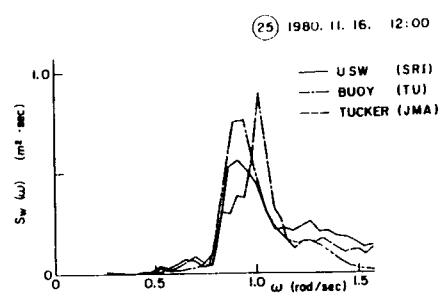


Fig. 3.21

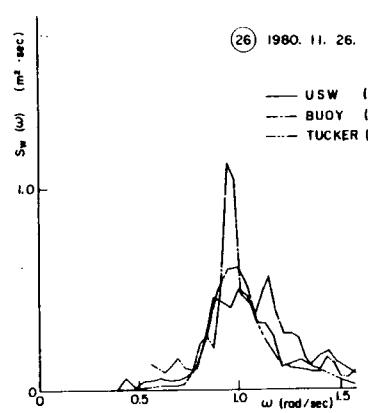


Fig. 3.22

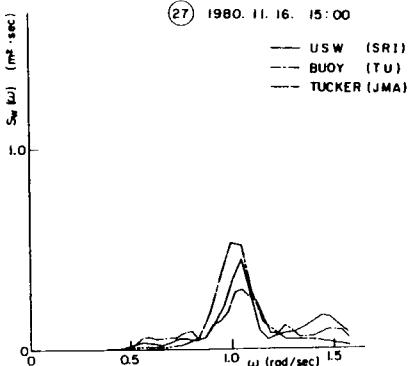


Fig. 3.23

Fig. 3.16 ~ Fig. 3.23 Comparison of Measured Wave Spectra
波スペクトルの比較

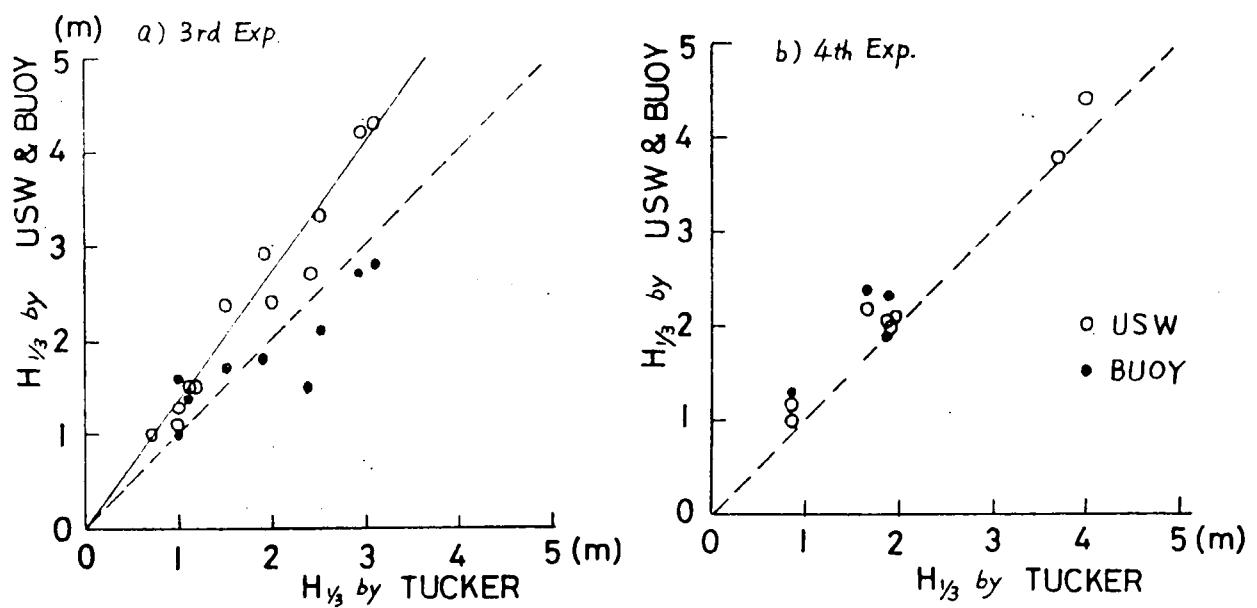


Fig. 3.24 Comparison of Wave Heights Measured by Various Wave Meter
各種波浪計による計測波高の比較

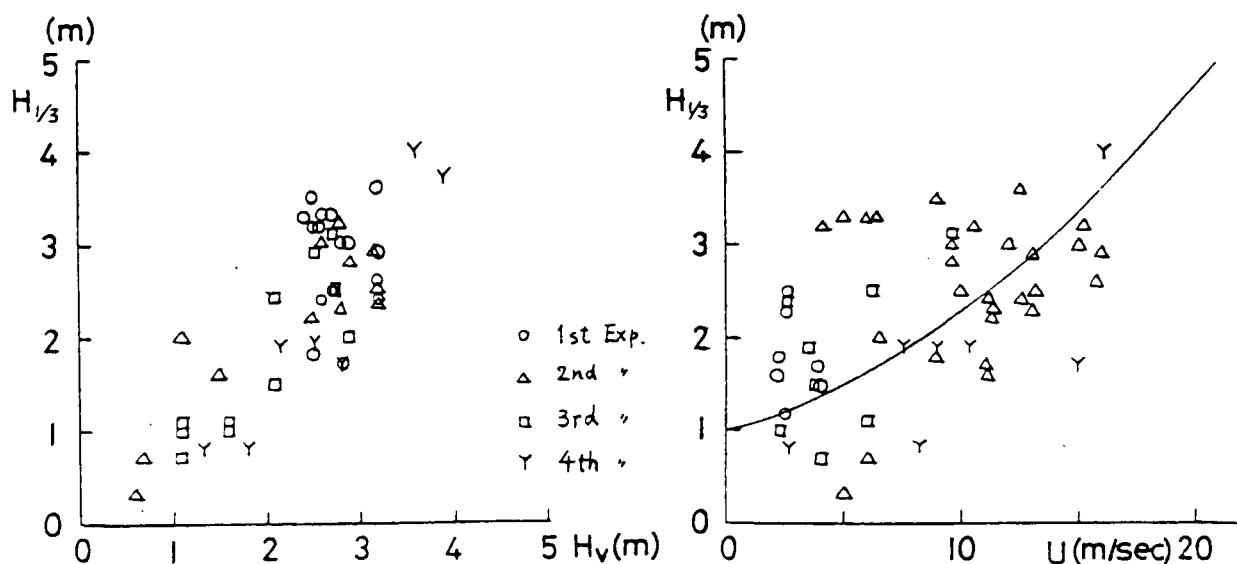


Fig. 3.25 Relation Between Observed and Measured Wave Heights
目視波高と計測波高の関係

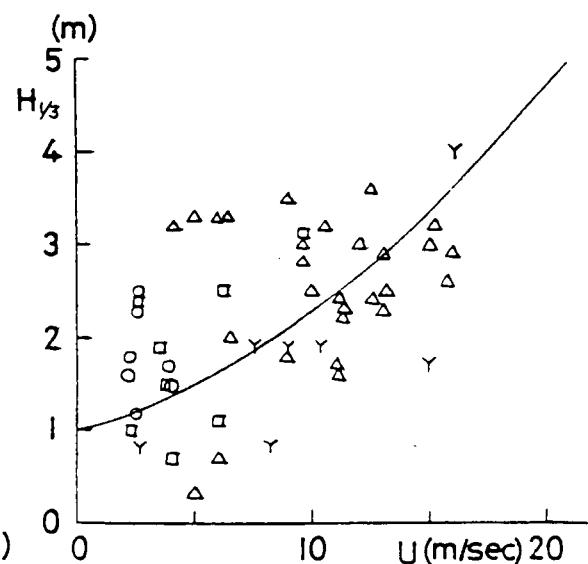


Fig. 3.26 Relation Between Wind Speed and Wave Heights
風速と計測波高の関係

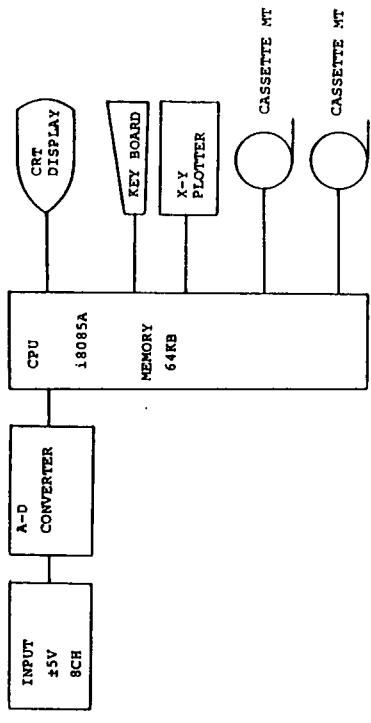


Fig. 3.28 System of Spectral Analyser
スペクトル解析装置の構成

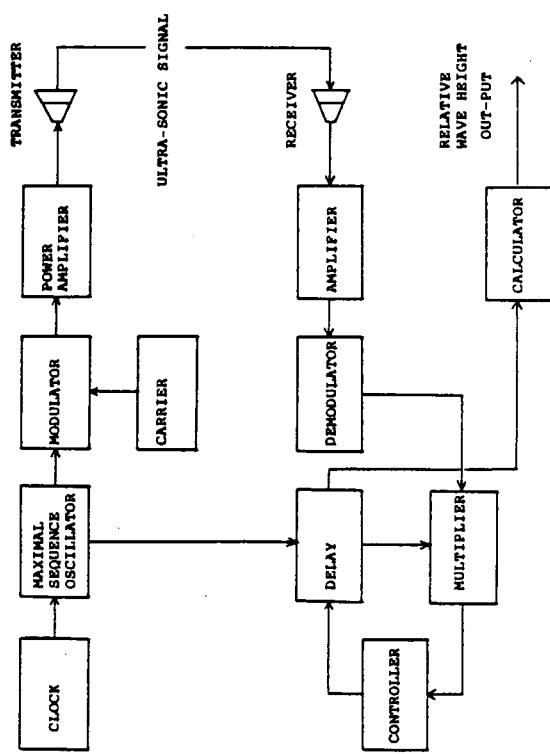


Fig. 3.27 Block Diagram of Ultra-Sonic Wave Meter
超音波式波浪計のブロック図

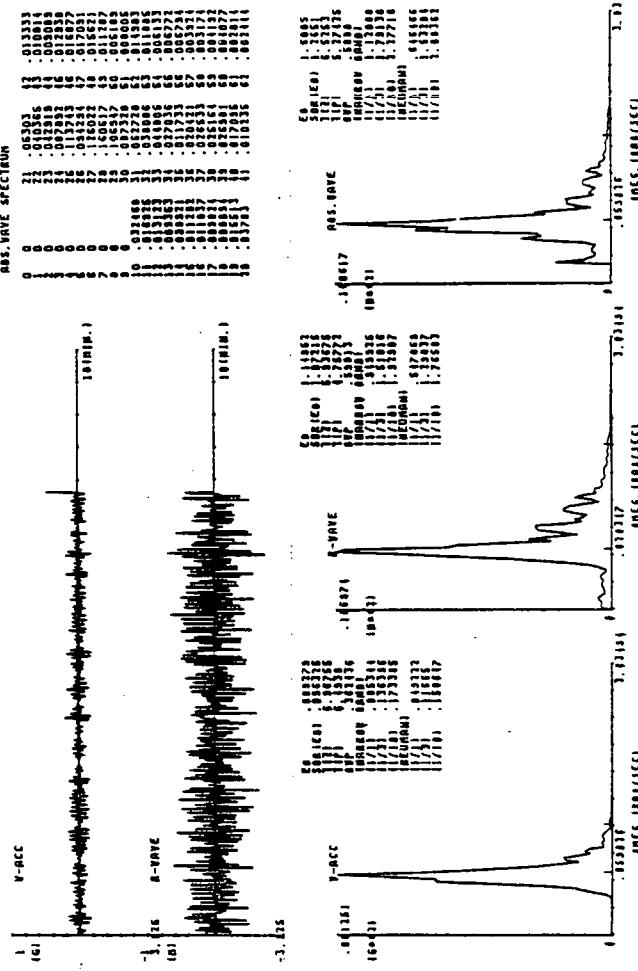


Fig. 3.29 Spectral Analyser
スペクトル解析装置の写真

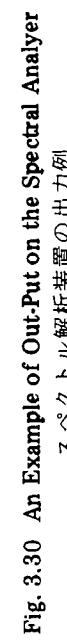
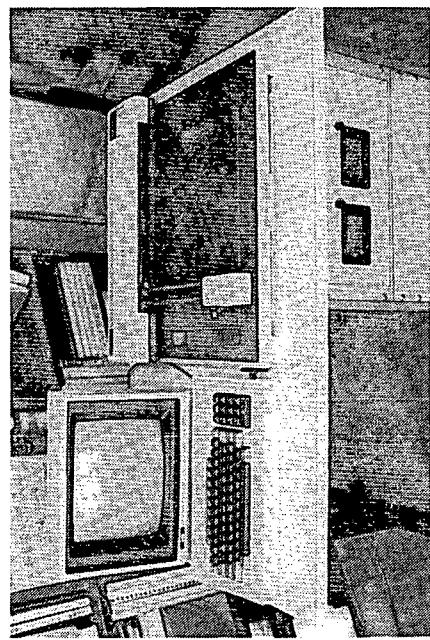
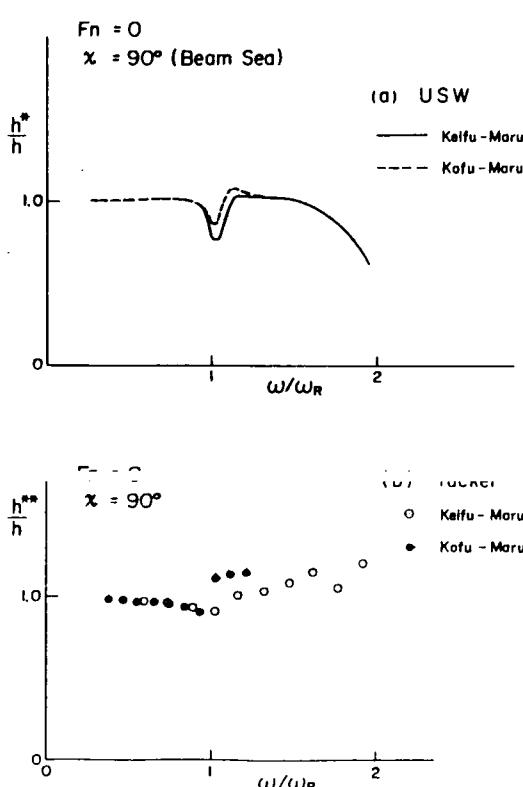
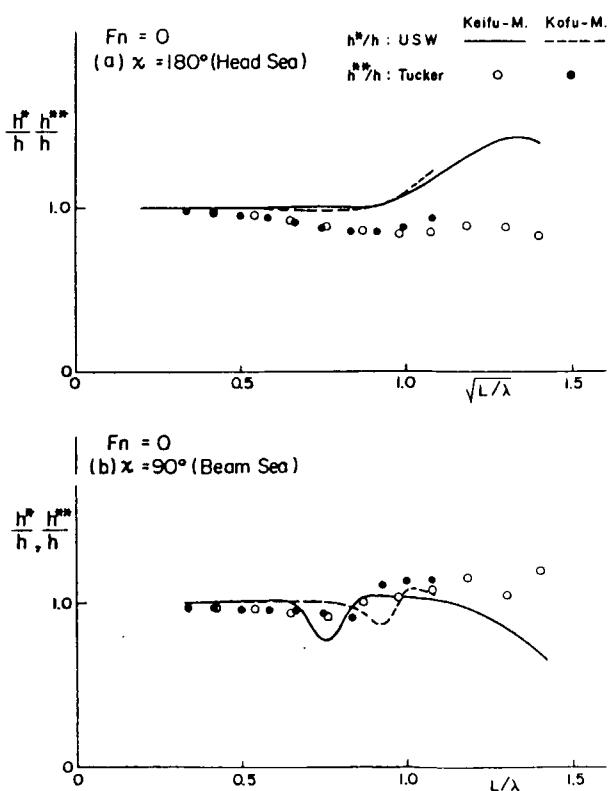
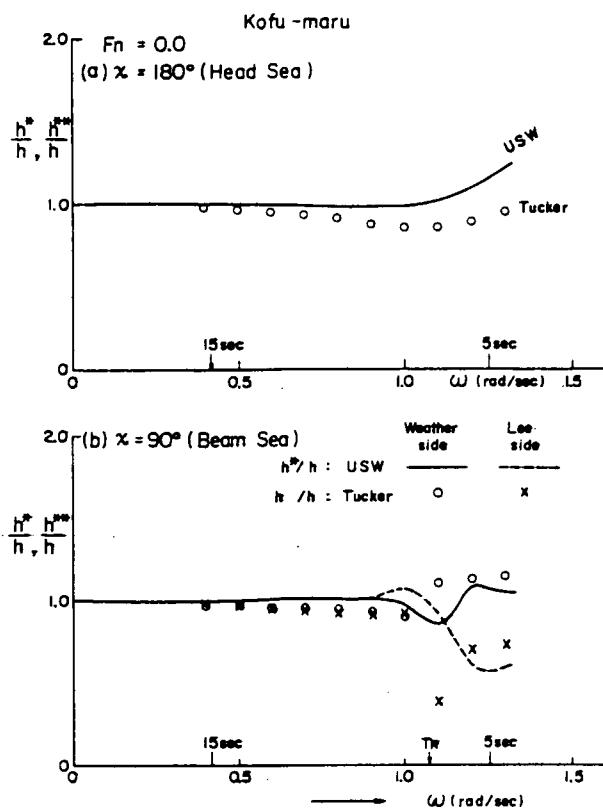
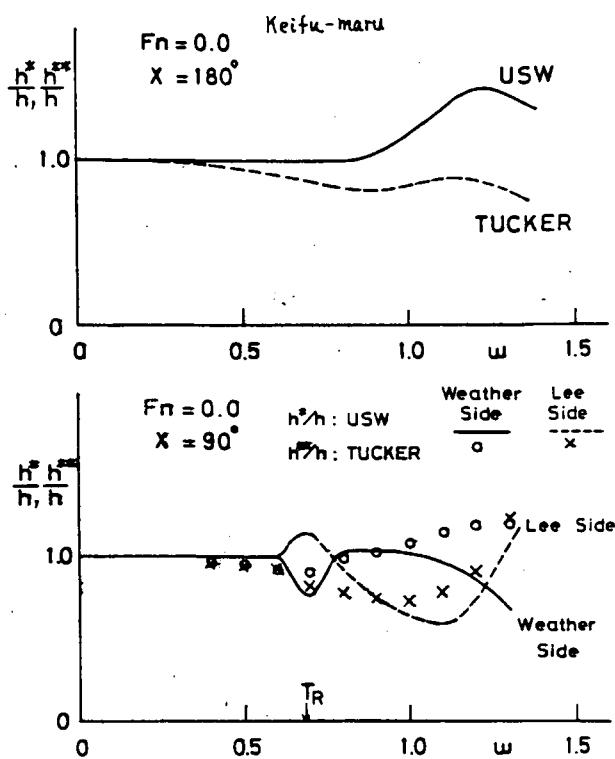


Fig. 3.30 An Example of Out-Put on the Spectral Analyser
スペクトル解析装置の出力例



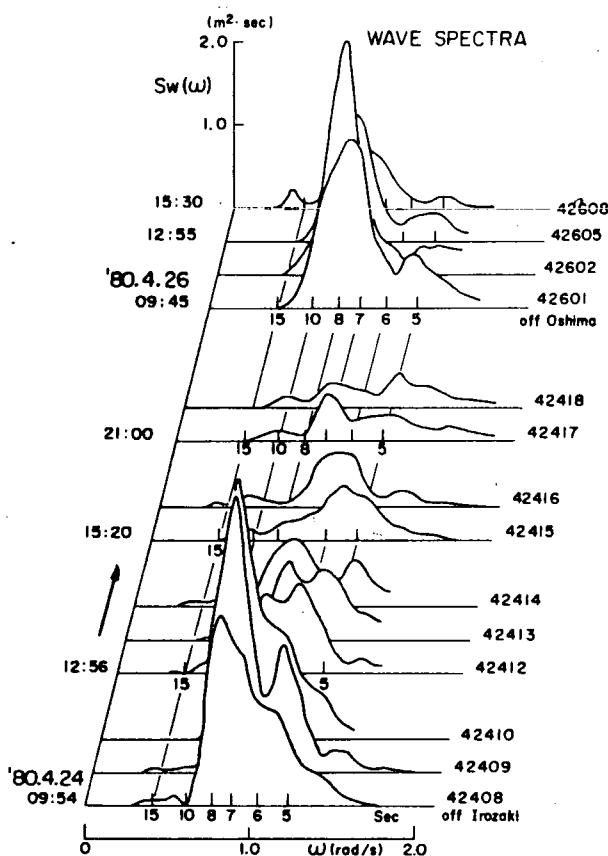


Fig. 3.35 Wave Spectra Measured During the 3rd Experiment

第3回実船計測で測定された波スペクトル

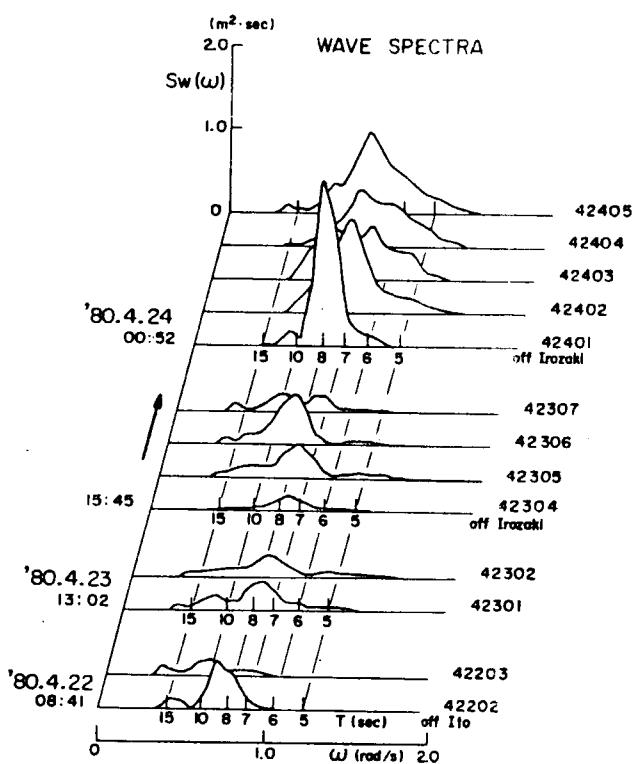


Fig. 3.36 Wave Spectra Measured During the 3rd Experiment

第3回実船計測で測定された波スペクトル

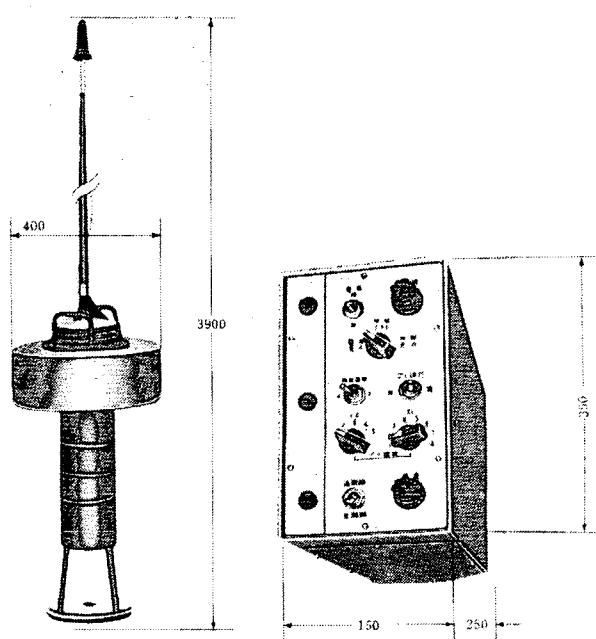


Fig. 3.37 Radar Responder Buoy

レーダーブイ

Fig. 3.38 Control Box of Radar Buoy

レーダーブイ制御箱

Tab. 3.11 Specification of the Radar Responder
レーダーブイの性能規格表

1. 距 離	
最大探知距離	約20浬 使用レーダーの送信電力 高さによる。
最小探知距離	0.1浬以下
2. ブ イ	
マイクロ波アンテナ	水平偏波用スロットアレイ形
指向性水平	360度
垂直	±20度
受信周波数帯	9310~9500MHz
VHF返送信号	主パルス及び副パルス2コ
形 式	Po
周波数	42, 59MHz
送信出力	1W
パルス巾	50μs
スプリアス抑圧比	-40dB以上
電 源	バッテ式乾電池 約500H
3. 受信制御装置	
VHF返送信号受信器	スーパー・ヘテロダイン方式
アンテナ	片波長ホイップ形
中間周波数	10MHz
帯域巾	300kHz
雜音指数	4.5dB以下
信号処理方式	デジタル回路方式
相間回数	2および4回
識別コード数	40個
4. 電 源	
交流 1φ 100V 220V	
直流 24V 100/110V	

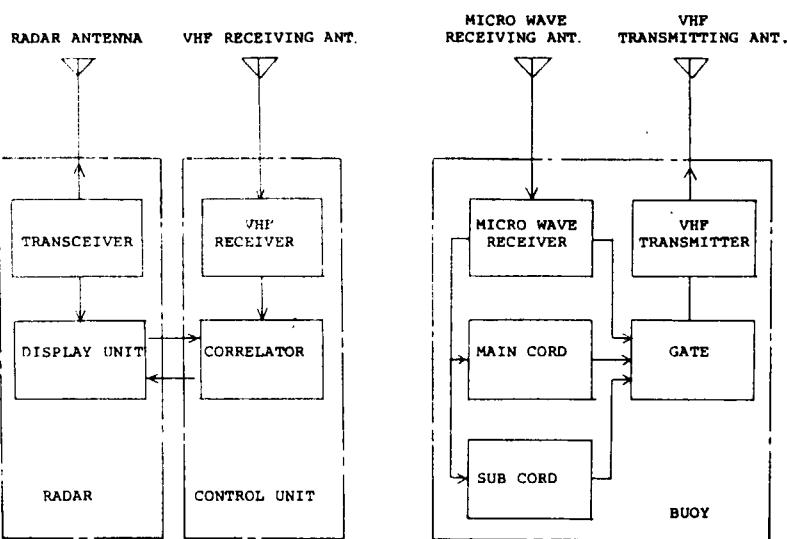


Fig. 3.39 Radar Buoy System
レーダーブイシステム図

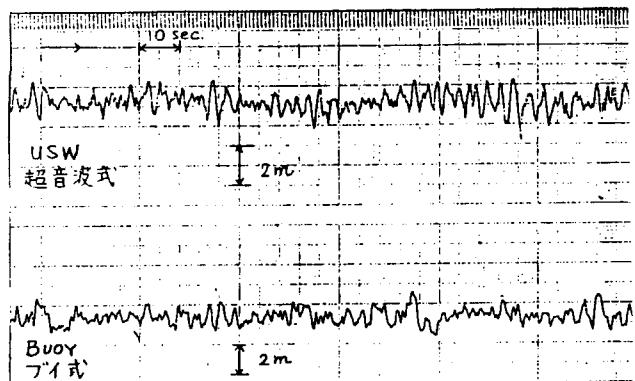


Fig. 3.41 Example of Wave Records
波浪計測記録例

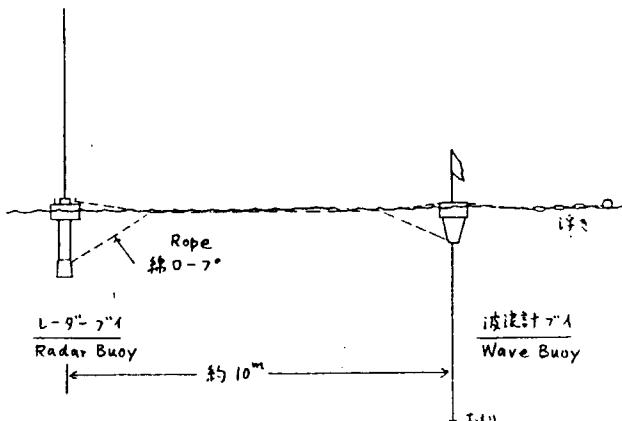


Fig. 3.40 Connection of Wave Buoy and Radar Buoy
レーダーブイと波浪計ブイの結合方法

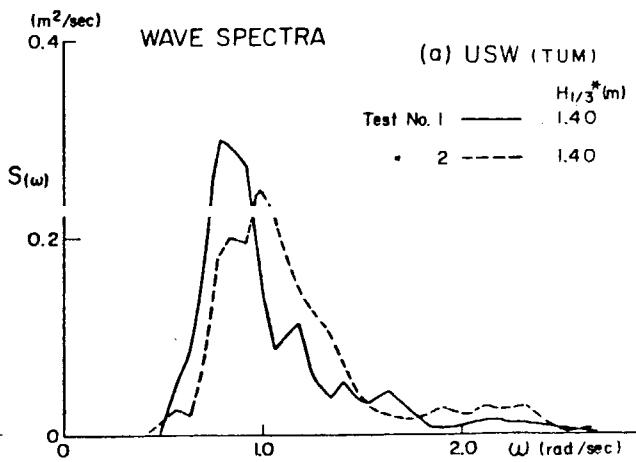
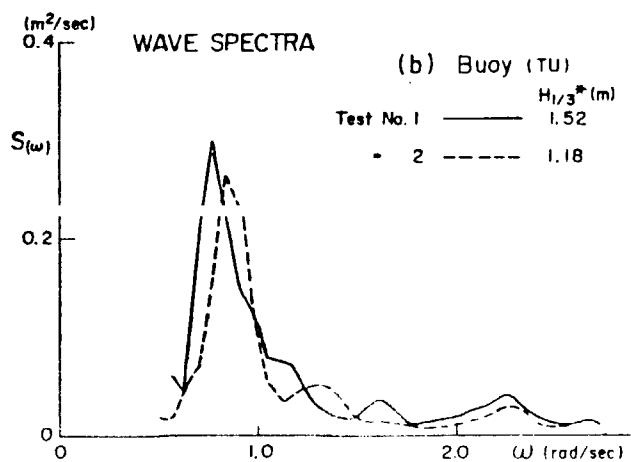


Fig. 3.42 Wave Spectra Measured by USW and BUOY
ブイ式及び超音波式波浪計による波スペクトル

Tab. 3. 2 Observed and Measured Waves of the 1st Experiment

第1回実船計測における派浪の観測結果

Test No.	Month / Day Time	Wind	Visual Observation								Course - Speed deg hr	SRI		TU		JMA		Number of Comparative Exp & Comments		
			Sea				Swell					U.S.W.		BUOY		TUCKER				
			Direction deg	Speed yrs	Direction deg	Period sec	Height m	Duration deg	Period sec	Height m		Sea	Swell	Hrs m	To Sec	Hrs m	To Sec			
11	4/13 10:40 ~ 10:55	60	2.3	60	2	0.5	16	7	0.5									0.7		
12	11:40 ~ 11:55	60	2.3	60	2	0.5	16	7	0.5									0.7		
13	13:12 ~ 13:37	90	3.9	90	2	0.5	120/80	9/6	0.8/05	△	195 - STOP			1.3	5.4	1.3*	4.0*	1.1		
14	15:37 ~	110	5.0	110	2	0.5	90	7	1.5		62 - 15.0							1.6		
21	4/14 8:30 ~ 8:44	340	2.6	340	1	0	40/140	9/6	15/10							2.5	9.5	1.8		
22	9:04 ~ 9:16	30	2.5	340	1	0.2	40/140	9/6	15/10	△	240 - STOP					2.3	9.4	1.8		
23	9:55 ~ 10:15	340	2.2	340	1	0.2	40/140	9/6	15/10	△	75 - STOP	1.7		2.9	6.4	1.8	2.5	1.8		
24	11:00 ~ 11:14	350	2.1	340	1	0.2	40/140	9/6	10/10	△	90 - STOP					1.6	8.4	1.4		
25	11:36 ~ 11:47	320	2.6	320	1	0.1	40/140	9/5	10/10	△	210 - STOP					1.2	9.5	1.4		
26	13:47 ~	360	8.2	360	2	0.5	150/90	6/9	10/05		180 - 15.0							1.2		
27	14:00 ~	360	8.2	360	2	0.5	150/90	6/9	10/05		180 - 15.0							1.2		
28	14:11 ~ 14:23	360	8.2	360	2	0.5	150/90	6/9	10/05		180 - 15.0							1.2		
31	4/15 8:10 ~	360	4.0	360	1	0.2	60/360	9/1	15/10	△	120 - STOP	2.8		2.5	5.8	2.0*	6.0*	1.8		
																		(3) * PMS		

Tab. 3. 3 Observed and Measured Waves of the 2nd Experiment

第2回実船計測における波浪の観測結果

Test No.	Month / Day Time	Wind	Visual Observation								Course - Speed deg hr	SRI		TU		JMA		Number of Comparative Exp & Comments		
			Sea				Swell					U.S.W.		BUOY		TUCKER				
			Direction deg	Speed yrs	Direction deg	Period sec	Height m	Duration deg	Period sec	Height m		Sea	Swell	Hrs m	To Sec	Hrs m	To Sec			
1	11/22 9:10 ~ 9:25	20	13.7	20	4	1.5	205	9	1.0		205 - 15							1.8		
2	11:00 ~ 11:15	30	15.7	30	5	2.5	110	8	20	△	245 - STOP					2.6	6.7	3.2		
3	14:00 ~	40	6.0	49	3	1.0	100	8	25	△	310 - STOP					3.3	7.9	2.7		
4	17:00 ~	160	5.0	160	3	1.0	100/40	8/5	20/10	△	40 - STOP					3.3	8.0	2.4		
5	11/23 8:00 ~	220	11.2	220	3	1.3	100/40	8/5	20/10	△	40 - STOP					2.4	8.4	2.6		
6	10:38 ~ 11:10	220	6.4	220	2	0.7	100/60	8/6	20/15	△	70 - STOP					3.3	8.0	2.6		
7	11:10 ~	220	4.1	220	2	0.5	100/60	8/6	20/15	△	65 - STOP					3.2*	6.1*	2.5		
8	13:30 ~	250	11.1	250	3	1.2	100/50	8/6	20/15	△	145 - STOP					1.7	7.7	2.8		
9	14:00 ~	240	10.0	240	3	1.0	100/50	8/8	20/15	△	135 - STOP					2.5*	5.2*	2.7		
10	15:15 ~	240	10.0	250	3	1.0	100	8	20		300 - 15							2.2		
11	11/24 7:40 ~	20	9.0	20	3	1.5	90	8	20	△	285 - STOP					3.5	9.2	2.5		
12	8:10 ~	20	9.0	20	3	1.5	90	8	20	△	280 - STOP					1.5	10.8	2.5		
13	10:10 ~ 10:55	201	10.5	20	3	1.5	70	8	20	△	310 - STOP					3.2	8.7	2.5		
14	11:10 ~ 11:25	20	12.0	20	4	20	70	8	20	△	285 - STOP					3.0	5.8*	2.8		
15	13:33 ~	30	12.5	30	5	20	70	9	25	△	305 - STOP					3.6	8.4	3.2		
16	14:00 ~																			
17	11/25 5:30 ~ 5:50	10	16.0	10	5	20	70	9	25	△	270 - STOP					2.9	7.8	3.2		
18	6:43 ~ 6:53 (325)	(18.5)	40	4	1.5	45	7	25	△	38 - 15										
19	7:09 ~ 7:23	10	15.0	10	5	25	80	9	20	△	265 - STOP					3.0	7.0	2.9		
20	10:07 ~	5	11.9	10	3	0.7	-	-	-	△	270 - STOP							0.7		
21	11/25 11:40 ~ 11:55	5	11.2	10	4	1.5	-	-	-	△	285 - STOP					1.6	6.5	1.5		
22	11/27 7:47 ~ 7:56	10	5.0	360	2	0.3	180	6	0.5	△	270 - STOP					0.3	8.1	0.6		
23	9:50 ~ 10:05	10	6.0	10	10	0.5	170	7	0.5	△	250 - STOP					0.7	8.5	0.7		
24	12:47 ~ 13:07	70	6.5	70	2	0.5	120	9	1.0	△	325 - STOP					2.0	7.8	1.1		
25	13:35 ~ 13:50	50	12	0	4	1.5	100	9	15	△	70 - 14							2.1		
26	17:45 ~ 18:00	35	11.3	340	4	1.5	90	8	20	△	300 - STOP					2.2	8.3	2.5		
27	11/28 7:30 ~ 7:45	30	13	30	4	20	80	8	20	△	-					2.3	7.6	2.8		
28	8:30 ~	15	15.2	20	4	20	80	8	20	△	280 - STOP					3.2	5.6	2.8		
29	10:33 ~ 10:50	20	11.4	20	4	20	170/80	10/8	15/20	△	215 - STOP					2.3	7.9	3.2		
30	11:10 ~ 11:17																	(10)		
31	13:32 ~ 14:05	20	12.5	20	4	2.0	170/80	10/7	20/15	△	280 - STOP					2.4	7.7	3.2		
32	11/29 7:30 ~	250	9.6	250	5	20	160/70	10/8	15/15	△	120 - STOP					2.8	8.7	2.9		
33	8:18 ~ 8:27	220	9.6	220	4	1.5	160/70	10/8	15/15	△	120 - STOP					3.0	5.9*	2.6		
34	10:30 ~	230	13.1	230	5	2.0	80/60	9/8	20/15	△	130 - STOP					2.5	8.8	3.2		
35	10:57 ~ 11:13	240	13.0	240	5	2.0	80/60	9/8	20/15	△	140 - STOP					2.9	2.6	3.2		
																		(12)		

Tab. 3. 4 Observed and Measured Waves of the 3rd Experiment

第3回実船計測における波浪の観測結果

Test No.	Month / Day	Wind	Visual Observation								Course - Speed	SRI		TU		IMA		Number of Comparative Exp. & Comments		
			Sea		Swell		Height m	Direction deg	Period sec	Height m		H _m m	T _m Sec	BUOY H _m m	T _m Sec	TUCKER H _m m	T _m Sec	Hy m		
			Direction deg	Speed m/s	Direction deg	Period sec														
42201	4/22 08:25-08:34	50	4.0	40	2	0.5	140	7	1.0	1.0	305 - Stop	1.0	7.3			0.7	4.3	1.1	Tucker: Sbd.	
42202	08:47-08:56	50	6.0	40	2	0.5	140	7	1.0	1.0	165 - Stop 150	1.5	8.7			1.1	8.6	1.1	Tucker: Port	
42203	09:36-09:45	50	2.3	50	1	0.5	140	7	1.0	1.0		1.1	9.0	1.0	5.1	1.0	8.3	1.1	(3)	
42301	4/23 13:02-13:12	250		250	3	0.8	99/60	7/7	1.0	1.0	340 - Stop	1.5	2.7	1.4	5.1	1.1	7.1	1.6	(4)	
42302	(3:12-13:21)											1.5	5.1							
42304	13:45-15:55	230		230	3	0.8	99/60	8/7	1.0	1.0	335 - Stop	1.3	4.4	1.6	5.4	1.0	7.0	1.6	(5)	
42305	(5:55-16:04)											1.8	5.6							
42306	16:04-16:13											1.8	7.9							
42307	16:14-16:23											1.3	7.6							
42401	4/24 00:52-01:01	310	164	310	5	2.5	X	X	1.5	1.5	200 - Stop	2.4	7.0			2.0	7.0	2.9	TUCKER: Sbd. and Port	
42402	01:01-01:10											2.5	6.9							
42403	01:10-01:19											2.3	6.7							
42404	01:19-01:28											2.2	6.5							
42405	01:28-01:37											2.4	6.3							
42407	09:45-09:54											3.9	6.3						TUCKER: Port	
42408	09:54-10:03											4.0	6.1							
42409	10:03-10:12											4.2	6.2	2.7	5.6	2.9	6.4	2.5	(6)	
42410	10:12-10:21											4.2	6.3							
42412	12:56-13:05											2.9	5.7							
42413	13:05-13:14	270	3.5	270	2	0.5	280	8	2.5	2.5	20 - Stop	2.9	5.4	1.8	5.0	1.9	6.0	2.5	(7)	
42414	13:14-13:23											2.7	5.4							
42415	15:20-15:29	280	3.8	280	2	0.5	280	6	2.0	2.0	5 - Stop	2.4	5.2	1.7	5.0	1.5	5.8	2.1	(8)	
42416	15:29-15:37											2.3	5.4							
42417	21:00-21:09											2.3	5.1							
42418	21:09-21:18	240	104	240	4	1.5	X	X	2.0	2.0	- Stop	2.1	4.9							
42419	21:18-21:27											2.1	4.8							
42420	21:27-21:38											2.2	4.9							
42421	21:38-21:43											2.1	4.7							
42601	4/26 09:45-09:54											3.9	6.4							
42602	09:54-10:03											3.9	6.8							
42603	10:03-10:12	50	4.6	50	5	2.0	73	7	2.5	2.5	155 - Stop	4.3	6.4	2.8	5.4	3.1	7.0	3.2	(9)	
42604	10:12-10:21											3.9	6.4							
42605	12:55-13:04											3.1	6.4							
42606	13:04-13:13	50	6.2	45	3	1.0	70	8	2.5	2.5	165 - Stop	3.3	6.8	2.1	5.2	2.5	7.5	2.7	(10)	
42607	13:13-13:22											3.1	6.2							
42608	15:30-15:39											2.7	6.9	1.5	5.7	2.4	7.9	2.1	(11)	
42609	15:39-15:45	80	26	80	2	0.5	80	8	2.0	2.0	180 - Stop	3.1	7.3							

Tab. 3. 5 Observed and Measured Waves of the 4th Experiment

第4回実船計測における波浪の観測結果

Test No.	Month / Day	Wind	Visual Observation								Course - Speed	SRI		TU		IMA		Number of Comparative Exp. & Comments		
			Sea		Swell		Height m	Direction deg	Period sec	Height m		H _m m	T _m Sec	BUOY H _m m	T _m Sec	TUCKER H _m m	T _m Sec	VISUAL H _m m		
			Direction deg	Speed m/s	Direction deg	Period sec														
1	1/12 10:10~10:25	0	4.5	5	2	—	180	5	—	0	185 - 15	0.8	4.3							
2	1/12 12:05~12:20	25	26	30	2	0.3	190	9	1.0	0.7	307 - Stop	1.0	4.7	1.2	4.7	0.8	6.5	1.3		
3	1/12 15:00-15:15	140	8.2	190	3	0.8	190	9	1.2	1.0	90 - Stop	1.2	4.7	1.3	4.4	0.8	6.0	1.8		
4	1/13 09:00~09:20	230	17.0	230	6	2.5	190	8	3.0	0	126 - Stop	3.8	7.2			3.7	7.3	3.9		
5	1/13 11:50~12:10	250	16.1	250	6	2.0	190	8	3.0	0	140 - Stop	4.4	7.6			4.0	7.7	3.6		
6	1/13 12:36~12:52	245	22.0	250	4	1.0	200	8	5.0	20	324 - 14.0	3.4	10.2			5.1				
7	1/13 15:30~15:50	250	15.0	250	5	2.0	200	7	20	0	145 - Stop	2.2	5.7	2.4	6.0	1.7	6.0	2.8		
8	1/14 08:45~09:00	10	7.8	10	3	1.0	190	8	1.5	0	163 - 15.0	1.1	5.8					2.1		
9	1/14 09:40~09:55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							N.G.		
10	1/14 10:53~11:10	15	5.0	15	4	0.5	110	8	1.0	0	0 - 14.5	1.0	6.8					1.1		
11	1/14 12:00~12:20	40	10.3	40	6	2.0	60	7	1.5	0	297 - Stop	2.1	5.2	2.1	4.8	1.9	5.8	2.5		
12	1/14 12:40~13:00	40	9.0	40	6	2.0	60	7	1.5	0	300 - Stop	2.1	5.5	2.3	5.0	1.9	5.7	2.5		
13	1/14 15:00~15:20	40	7.5	40	5	1.5	60	7	1.5	0	300 - Stop	2.0	4.8	1.9	3.5	1.9	5.6	2.1		
14	1/17 09:00~09:20	100	30	100	2	0.5	150	5	1.0	0	90 - 14.0	0.6	4.0					1.1		

Tab. 3. 7 Wave Data Obtained by BUOY Wave Meter (Analyzed by TU)
ブイ式波浪計による波浪データ (東大生研の解析)

Experimental Number		5	6	7	9	10	11	14	15	16
Date		4/22	4/23	4/23	4/24	4/24	4/24	4/26	4/26	4/26
Time		9:35	13:00	15:40	10:00	13:00	15:20	10:00	13:00	15:30
Statistical	Number of Waves (Zero Cross) N	68	111	126	104	123	124	110	117	99
	Mean Wave Height H (m)	0.73	0.92	0.91	1.70	1.12	1.05	1.73	1.29	1.01
	R.M.S. of Wave Height H _{rms} (m)	0.83	1.05	1.06	1.90	1.24	1.17	1.92	1.49	1.13
	Significant Wave Height H _s (m)	1.19	1.50	1.55	2.65	1.74	1.64	2.67	2.17	1.59
	Max. Wave Height H _{max} (m)	1.64	2.31	2.54	3.83	2.48	2.53	4.03	3.33	2.26
	Standard Deviation S (m)	0.33	0.40	0.41	0.69	0.47	0.44	0.72	0.57	0.41
Spectrum	Mean Wave Period(Zero C.) T _z (sec)	5.8	5.3	4.7	5.7	4.8	4.8	5.4	5.1	6.0
	Number of Samples N'	750	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
	Peak Frequency ω _p (rad)	0.70	0.89	0.79	0.94	1.0	1.1	0.78	0.68	0.73
	Standard Deviation S _s (m)	0.25	0.36	0.41	0.67	0.46	0.43	0.70	0.53	0.37
	Band Parameter E _s	0.78	0.75	0.77	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.73
	Mean Wave Height H' (m)	0.64	0.90	1.02	1.69	1.16	1.08	1.76	1.34	0.93
	Significant Wave Height H' _s (m)	1.02	1.43	1.62	2.69	1.84	1.73	2.82	2.14	1.49
	Highest 1/10 H ₁₀ (m)	1.30	1.82	2.07	3.43	2.35	2.20	3.58	2.72	1.89
	Zero Cross Period T _z (sec)	5.1	5.1	5.4	5.6	5.0	5.0	5.4	5.2	5.7
Visual Prof.	Peak-to-peak Period T _p (sec)	3.2	3.4	3.4	4.3	3.7	3.7	3.9	3.7	3.9
	Narrow Band Spectrum Period T _b (sec)	5.8	5.7	6.1	6.0	5.4	5.4	5.9	5.6	6.2
Visual Prof.	Wave Height H _v (m)	1.5	1.3	1.5	2.5	1.7	1.5		2.0	1.5
	Period T _v (sec)									

Band Pass Filter 2-14 sec
Sampling Interval=0.48 sec, WLOW=0.62830 rad/sec, WUPP=3.14150 rad/sec.

KEIFU MARU	H _s	Spectrum Anal.	0.95	1.12	0.98	2.86	1.91	1.50	3.13	2.48	2.36
		Statistical An.	0.91	1.05	0.95	2.71	1.81	1.44	2.93	2.37	2.27
		Observation 矢印	1.1	1.6	1.6	2.5	2.5	2.1	3.2	2.7	2.1

Tab. 3. 8 Wave Data Obtained by TUCKER Wave Meter (Analyzed by JMA)
タッカー式波浪計による波浪データ (気象庁の解析)

WAVE ANALYSIS	SERIES NUMBER	172					173					YEAR	1980	AREA
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3			
RUN NUMBER		1	1	2	1	3	4	1	9	1	2	1	2	1
DATE		APR. 22	APR. 22	APR. 23	APR. 23	APR. 23	APR. 23	APR. 24						
TIME		8:10	8:40	9:40	13:0	15:40	23:35	8:10	10:0	13:0	13:25	19:0	13:3	15:32
SHIP POSITION (LATITUDE)		35° 1'	35° 1'	35° 0'	34° 12'	34° 13'	34° 11'	34° 5'	34° 5'	34° 5'	34° 13'	34° 14'	34° 28'	34° 28'
(LONGITUDE)		139° 19'	139° 19'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 20'	139° 27'	139° 25'
WAVE METER CODE		1022	1012	1012	1012	1012	1022	1022	1012	1012	1012	1012	1012	1012
AVERAGE LEVEL (DEPTH OF SENSOR)		-0.20	0.35	0.50	0.56	0.60	-0.35	-0.56	0.44	0.40	0.56	0.56	0.58	0.64
SENSITIVITY COEFFICIENT		0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
SPECTRAL ANALYSIS														
NUMBER OF DATA		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
LAG NUMBER		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6
ENERGY SPECTRUM PHAS		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
PERIOD OF PHAS (SEC)		7279	20436	14222	12008	48003	80594	103021	34031	19160	134151	74911	75360	75360
E - VALUE (CHW2 SEC)		16.0	10.0	10.0	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7	6.3	8.0	8.6	8.6	8.6
WAVE HEIGHT (MEAN) (M)		0.42	0.70	0.59	0.70	0.61	1.25	1.47	1.79	1.19	1.96	1.55	1.47	1.47
(SIGNIFICANT) (M)		0.67	1.12	0.95	1.12	0.96	1.99	2.35	2.66	1.91	2.38	2.13	2.36	2.36
(HIGHEST 1/10) (M)		1.05	1.42	1.20	1.18	1.25	2.53	2.90	3.64	2.92	3.48	3.18	3.00	3.00
WAVE PERIOD (ZERO UP CROSS) (SEC)		9.3	6.8	8.0	7.1	7.1	7.2	7.2	6.8	5.7	7.9	7.9	7.9	7.9
(PEAK TO PEAK) (SEC)		6.1	5.6	4.8	4.7	4.7	5.9	5.9	5.8	4.7	4.9	5.4	5.4	5.4
STATISTICAL ANALYSIS														
NUMBER OF WAVE (PEAK TO PEAK)		135	176	212	228	182	169	204	221	229	195	180	178	178
(ZERO UP CROSS)		124	136	138	166	174	167	164	190	194	202	195	195	195
WAVE HEIGHT (MEAN) (M)		0.43	0.70	0.58	0.69	0.58	1.23	1.46	1.62	1.21	1.92	1.58	1.42	1.42
(SIGNIFICANT) (M)		0.64	1.10	0.91	1.05	0.95	1.98	2.23	2.71	1.81	2.93	2.37	2.27	2.27
(HIGHEST 1/10) (M)		0.79	1.33	1.15	1.33	1.23	2.52	3.46	4.06	2.20	3.57	2.88	2.95	2.95
WAVE PERIOD (MEAN) (SEC)		9.5	6.8	6.8	7.2	6.8	7.2	7.2	6.8	5.2	5.18	4.92	5.21	5.21
(SIGNIFICANT) (SEC)		9.7	9.6	9.7	8.2	8.1	7.2	7.5	8.6	6.4	7.9	6.3	6.6	6.6
(HIGHEST 1/10) (SEC)		9.5	9.2	7.7	8.1	7.3	7.4	7.5	8.6	6.2	9.1	7.7	8.2	8.2
WAVE PERIOD (MAX) (SEC)		10.8	9.0	8.5	8.0	7.5	8.0	7.0	6.5	5.0	8.0	6.0	8.0	8.5
(PEAK TO PEAK) (SEC)		8.9	6.8	5.7	5.7	5.2	6.8	7.1	5.9	5.4	5.2	6.7	6.7	6.7
RAW DATA														
STANDARD DEVIATION (CM)		16.7	28.0	23.6	28.0	24.8	46.8	58.7	71.5	47.6	37.4	78.2	62.0	58.9
MAX - SQUARE (CM)		34.5	30.9	17.4	30.9	27.8	48.0	16.2	45.8	55.5	14.7	36.5	24.1	30.0
MAXIMUM DEVIATION (CM)		-46.4	83.1	-86.8	-109.8	80.9	-176.7	-165.9	-234.1	-195.8	-137.1	-275.6	202.1	216.2
OBSERVATION														
WIND DIRECTION (DEG)		50	50	48	250	250	310	290	260	270	50	50	70	
WIND SPEED (M/SEC)		6.1	5.4	8.2	6.7	10.7	5.0	3.0	3.8	3.8	9.6	8.2	2.4	
TEMPERATURE (°C)		13.9	13.8	13.5	13.7	16.7	12.7	12.3	13.4	13.4	12.6	12.6	13.3	
SEA SURFACE TEMPERATURE (°C)		15.7	15.7	15.7	16.5	17.0	16.7	16.7	16.7	16.8	17.1	17.2	17.5	18.0
COMBINED WAVE HEIGHT (M)		1.1	1.1	1.1	1.6	2.9	3.0	2.5	2.5	2.1	3.2	2.7	2.1	
REMARK														

Tab. 3. 9 Wave Data Obtained by BUOY Wave Meter (Analyzed by TU)
ブイ式波浪計による波浪データ (東大生研の解析)

TEST NUMBER		1	2	6 *	7	8 *	
DATE		11/12	11/12	11/16	11/16	11/16	
TIME		12:00	15:00	12:00	12:40	15:00	
Statistical Analysis	N (No. of Zero-Cross Cycle)	186	186	174	176	184	
	H (Mean of P-P Range) (m)	0.72	0.76	1.31	1.39	0.91	
	H _{ms} (RMS of P-P Range) (m)	0.79	0.84	1.45	1.59	1.02	
	H _{ms} (Significant) (m)	1.08	1.18	1.99	2.27	1.42	
	H _{max} (Max. of P-P Range) (m)	1.79	1.98	3.26	3.95	2.72	
	a (STD Amplitude) (m)	0.30	0.32	0.52	0.59	0.37	
Spectral Analysis	T _z (Zero-Cross Mean) (sec)	4.8	4.8	5.1	5.1	4.9	
	N (Number of Samples)	1875	1875	1875	1875	1875	
	w _p (Peak Frequency) (rad/sec)	0.87	0.84	1.01	0.94	1.05	
	c _s (Band Parameter)	0.70	0.72	0.66	0.66	0.67	
	H _s (Mean Height) (m)	0.74	0.79	1.30	1.46	0.94	
	(H _{ms}) (Significant) (m)	1.18	1.26	2.08	2.33	1.50	
Waves	(H _{ms}) (1/10 Highest Mean) (m)	1.51	1.61	2.64	2.97	1.91	
	a _s (STD) (m)	0.30	0.32	0.52	0.58	0.38	
	T _{zg} (Zero-Cross Mean) (sec)	4.7	4.4	4.8	5.0	4.7	
	T _{pp} (Peak to Peak Mean) (sec)	3.4	3.1	3.6	3.8	3.5	
	T _B (Narrow B.Spec.Per.) (sec)	5.1	5.0	5.1	5.3	5.0	
	H _z (m)	0.83	0.84	1.90	1.87	1.52	
Wind	T _w (sec)	6.5	6.0	5.8	5.7	5.6	
	H _w (m)	0.79	0.77	1.87	1.82	1.49	
	T _{wg} (sec)	7.6	7.1	6.3	6.0	5.9	
	H _w (m)	1.0	1.2	1.5	1.5	1.5	
	T _w (sec)	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	

* 平均波高

Tab. 3.10 Wave Data Obtained by TUCKER Wave Meter (Analyzed by JMA)
タッカー式波浪計による波浪データ (気象庁の解析)

WAVE ANALYSIS	SERIES NUMBER	188	RUN	1 - 5	YEAR	1980	SERIES NUMBER	189	RUN	1 - 5	YEAR	1980	AREA
WAVE NUMBER													
DATE	NOV. 12	NOV. 12	NOV. 13	NOV. 13	NOV. 16	NOV. 16	NOV. 16	NOV. 17	NOV. 17	NOV. 22	NOV. 22	NOV. 23	NOV. 23
TIME	12:00	15:00	11:50	15:30	12:00	15:00	15:00	15:45	21:30	21:30	0:15	11:45	11:45
SHIP POSITION (LATITUDE)	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'	32°40'
(LONGITUDE)	139°40'	139°45'	139°37'	139°47'	139°45'	139°40'	139°40'	139°40'	139°40'	139°37'	139°37'	139°37'	139°37'
WAVE METER CODE	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022
AVERAGE LEVEL (DEPTH OF SENSOR)	1.10	1.20	0.92	0.99	0.93	0.77	0.80	0.81	2.07	0.64	0.62	1.04	1.03
SENSITIVITY COEFFICIENT	0.06	0.05	0.12	0.12	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	0.12	0.12	0.17	0.12
SPECTRAL ANALYSIS													
NUMBER OF DATA	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
LAG NUMBER	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
ENERGY SPECTRUM PMAX (CM ² /SEC)	731.9	422.4	1574.0	377.0	3268.0	4804.9	3867.1	3372.5	6460.0	24410.0	122054.0	161063.0	149200.0
PERIOD OF PEAK (SEC)	7.19	7.24	7.00	9.2	5.00	4.97	5.2	5.6	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
E - VALUE (CM ² /SEC)	0.04	0.04	1.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
WAVE HEIGHT (MEAN) (M)	0.52	0.53	2.31	2.47	1.05	1.19	0.55	1.24	2.22	2.20	2.20	2.20	2.20
(SIGNIFICANT) (M)	0.83	0.84	3.78	3.95	1.65	1.70	1.52	2.02	4.35	4.52	3.18	3.07	3.07
(HIGHEST 1/10) (M)	1.06	1.07	4.71	5.02	2.09	2.51	2.37	3.93	5.53	6.40	5.94	5.90	5.90
WAVE PERIOD (ZERO UP CROSS) (SEC)	6.5	7.3	7.7	8.0	5.0	5.7	5.7	7.9	8.3	7.0	6.2	6.1	6.1
(PEAK TO PEAK) (SEC)	4.7	4.4	4.6	4.8	3.0	4.1	4.3	6.3	9.7	4.9	5.7	5.7	5.7
STATISTICAL ANALYSIS													
NUMBER OF ZERO CROSS (M)	113	114	161	159	203	207	216	147	148	147	148	148	148
WAVE HEIGHT (MEAN) (M)	0.50	0.51	2.34	2.52	1.03	1.16	1.15	1.91	2.27	2.59	2.19	1.90	1.92
(SIGNIFICANT) (M)	0.79	0.77	3.54	3.09	1.56	1.67	1.62	1.49	1.95	2.13	3.32	3.01	2.97
(HIGHEST 1/10) (M)	0.99	0.93	3.26	3.73	1.96	2.27	2.28	1.90	2.37	3.11	4.07	3.73	3.85
WAVE PERIOD (SEC)	1.27	1.17	5.03	5.00	2.37	2.64	2.93	3.20	3.20	3.01	4.72	4.77	4.65
(MAX) (SEC)	0.55	0.61	7.6	7.9	0.50	5.9	5.7	8.1	8.2	8.2	7.1	6.4	6.0
(SIGNIFICANT) (SEC)	1.71	1.71	8.0	8.4	0.70	6.4	6.3	9.3	9.3	9.3	7.0	6.9	6.9
(HIGHEST 1/10) (SEC)	2.7	2.4	7.8	7.0	1.5	6.3	6.3	8.9	8.9	8.9	7.3	9.3	9.3
(MAX) (SEC)	6.5	7.5	6.5	6.5	6.0	6.3	7.0	6.5	6.0	7.0	9.3	9.3	9.0
(PEAK TO PEAK) (SEC)	5.3	5.0	6.2	6.0	5.2	5.3	5.1	7.1	7.1	6.9	6.2	6.3	6.3
RAM DATA													
STANDARD DEVIATION (CM)	20.8	21.0	92.5	98.7	41.1	47.4	46.7	38.0	50.4	108.6	88.1	79.6	76.6
KHI - SQUARE	25.6	24.8	29.5	22.6	30.5	40.4	40.4	56.1	15.7	42.0	43.9	14.0	44.5
MAXIMUM DEVIATION (CM)	-72.5	-64.8	-276.3	-319.4	-411.4	-171.4	-195.0	-142.8	-165.0	-359.3	-337.2	260.3	-277.4
OBSEERVATION													
WIND DIRECTION	25	190	230	250	40	40	40	45	40	20	45	50	
WIND SPEED (M/SEC)	2.6	4.2	17.0	16.1	10.3	9.0	7.5	6.0	11.7	12.6	8.7	8.0	
TEMPERATURE	19.3	23.0	20.2	21.0	19.7	19.7	19.7	20.2	20.2	20.1	21.0	21.0	22.8
SEA SURFACE TEMPERATURE	23.1	23.2	22.3	21.6	20.2	21.6	23.8	23.7	20.4	24.6	23.0	23.0	23.0
CONTINUED WAVE HEIGHT (M)	1.3	1.8	3.0	3.0	2.8	2.5	2.5	2.1	2.9	3.6	2.9	3.1	
NOTE													

訂 正

「北太平洋の風と波の統計図表（1964－1973）」

Wind and Waves of the North Pacific Ocean March 1980 日本造船研究協会

本研究部会の研究成果をとりまとめた上記報告書に下記の誤りがありますので訂正いたします。折込の訂正用紙を用いて、使用上の間違いを防いで下さい。

1. Table 5 (7ページ) の Wave Period の欄

誤 正

Calm Calm or Period not determined

2. Wave Height - Period (107ページ)

AREA M21 の表で、最下段の 2 行、TOTAL 及び MAX の欄が脱落していますので、下表のように加えます。

HEIGHT (M)	PERIOD (SEC)						DATA NUMBER MEAN OF DATA	10859 1.93 M
	-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14+		
0.00 -	600	29	19	24	1	3	61	737
0.75 -	3148	872	473	77	69	34		4673
1.75 -	1169	1102	723	169	150	79		3398
2.75 -	288	479	466	71	123	40		1467
3.75 -	18	130	156	35	52	19		410
4.75 -	8	23	35	10	11	4		96
5.75 -	9	17	3	11	2			42
6.75 -	5	1				1		5
7.75 -	5							5
8.75 -								
9.75 -								
10.75 -								
11.75 -			1					1
12.75 -								
13.75 -								
14.75 -								
CALM							25	25
TOTAL	5231	2657	1937	389	417	132	86	10859
MAX	5.00	8.00	12.50	6.00	6.00	7.50	.00	12.50

3. Wind Speed Rose について

27ページの図と31ページの図が入れ替っています。即ち、

- (1) 31ページの図が Wind Speed Rose の Spring です。
- (2) 27ページの図が Wind Speed Rose の Summer です。

従って、26ページと31ページの図が1組となり Spring を30ページと27ページの図が1組となり Summer を表します。

4. 平均風速及び平均波高についての注意

- (1) MEAN WIND SPEED (20ページ, 22ページ) の図中に示される平均風速の値と同じです。
- (2) MEAN WAVE HEIGHT (21ページ; SPRING, SUMMER, AUTUMN) の値は、WAVE HEIGHT-PERIOD (64～99ページ) の表の中の平均波高 (MEAN OF DATA) の値と同じです。
しかし、MEAN WAVE HEIGHT (23ページ; Winter, ALL SEASON) の値は、WAVE HEIGHT ROSE (56～63ページ) の図中に示される平均波高の値と同じです。
- (3) § 7 の WAVE HEIGHT ROSE の図中の平均波高の値と、§ 8 の TABLES OF WAVE HEIGHT VS. WAVE PERIOD の表中の平均波高の値は、小数点以下2桁目が僅かですが異っています。それは、両方の解析に用いたデータの総数が若干違っているためです。両者とも間違いではありません。

(以上)

"WIND AND WAVES OF THE NORTH PACIFIC OCEAN"

March 1980

The Shipbuilding Research Association of Japan

ERRATA

(1) PAGE 7: Table 5 Classes of Wave Period (NOAA)

Calm → Calm or Period not determined

(2) PAGE 107: WAVE HEIGHT-PERIOD SEASON WINTER

CORRECTED TABLE OF AREA M21 (TOTAL AND MAX ARE TO BE ADDED)

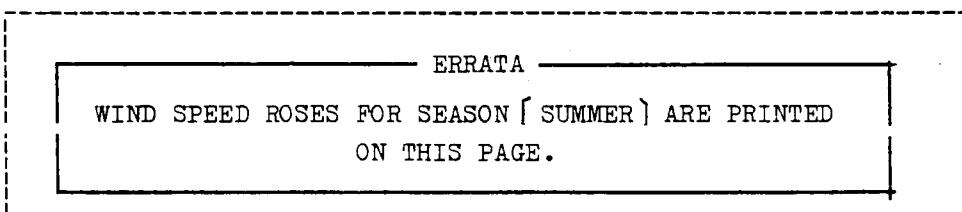
AREA M21 (1UN-2UN, 150E-170F)	PERIOD (SEC)						DATA NUMBER MEAN OF DATA	1.93 M
	-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14+		
0.00 -	600	29	19	24	1	3	61	737
0.75 -	3148	872	473	77	69	34		4673
1.75 -	1169	112	723	169	150	79		3398
2.75 -	288	479	466	71	123	40		1467
3.75 -	18	130	156	35	52	19		410
4.75 -	8	23	35	10	11	4		96
5.75 -		9	17	3	11	2		42
6.75 -		5	1			1		5
7.75 -		5						5
8.75 -								
9.75 -								
10.75 -								
11.75 -			1					1
12.75 -								
13.75 -								
14.75 -								
CALM							25	25
TOTAL	5231	2657	1937	389	417	132	86	10859
MAX	5.00	8.00	12.50	6.00	6.00	7.50	.00	12.50

(3) §6. Maps of Wind Speed Roses for Adjacent Sea of Japan and the North Pacific Ocean

- (a) The figure of page 27 shows wind speed roses for season [SUMMER], while page 26 shows season [SPRING].
- (b) The figure of page 31 shows wind speed roses for season [SPRING], while page 30 shows season [SUMMER].

Please stick the following notations on the top of the pages 27 and 31 to avoid misusage.

For page 27



For page 31

