

日本船舶振興会昭和53年度補助事業
“船舶の外力と設計基準に関する研究”

研究資料 No. 312

第163研究部会

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

報 告 書

昭 和 54 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

本研究は気象海象および船舶の波浪中応答の検討を目的として、昭和51年度から5か年計画で開始したもので、第3年度である今年度は1) 船舶気象観測データ（北太平洋）の統計解析、2) 波浪荷重、波浪等の実船計測を行なった。

1)については、気象庁およびNOAAのデータを合せて、北太平洋のはゞ全域に対する気象・海象の統計を求め、2)についてはコンテナ船米州丸を利用して、北太平洋航路の船体応答の長期傾向を求め、また波浪計測を行ない、北太平洋海域の波浪スペクトルデータを集積した。

本報告では、これらの解析結果を中間的にとりまとめたものであり、統計解析結果については昨年度までと同様コンピュータ処理のアウトプットの一例を示すにとどめると共に風速および波高のROSEを示した。

Research Memoir, No. 312

**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 1979

The Shipbuilding Research Association of Japan
(Toranomon 1-15-16, Minato-kū, 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）

第1幹事会主査 高石 敬史（船舶技術研究所）

第2幹事会主査 高橋 幸伯（東京大学）

委 員 員

真能 劇¹⁾²⁾（防衛大学校）

前田 久明¹⁾（東京大学）

小畠 和彦²⁾（東京大学）

能勢 義昭²⁾（東京大学）

長沢 準²⁾（船舶技術研究所）

大松 重雄¹⁾（船舶技術研究所）

竹永 一雄¹⁾（気象庁）

川口 昇¹⁾（三菱重工業）

田崎 亮（石川島播磨重工業）

越智正雄（石川島播磨重工業）

復本 圭助²⁾（三井造船）

小林 正典¹⁾（三井造船）

高木 又男¹⁾（日立造船）

岡本 洋¹⁾（川崎重工業）

南 真和²⁾（三井造船）

秦 敷実²⁾（日本钢管）

永松 秀一¹⁾（住友重機械工業）

山崎 芳嗣¹⁾（佐世保重工業）

久田 靖二（函館ドック）

日下 幹生（大阪造船所）

新田 順¹⁾²⁾（日本海事協会）

大橋 誠三（日本造船技術センター）

奥山 孝志（日本中型造船工業会）

川路 正¹⁾（昭和海運）

前島 孝雄（北辰電機製作所）

竹沢 誠二（横浜国立大学）

（1）：第1幹事会、（2）：第2幹事会）

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 解析方法	3
1.2.1 解析内容	3
1.2.2 海区の区分	3
1.2.3 要素の区分	3
1.3 解析結果	3
1.3.1 解析されたデータの数	3
1.3.2 結果の表示	4
1.3.3 風速、波高、波周期の頻度分布	4
1.3.4 ローズ表示による気象・海象図	4
1.4 波高の頻度分布	5
1.4.1 分布の形状	5
1.4.2 分布の特性	6
1.4.3 SR80との比較	6
1.4.4 最大波高の分布	7
1.5 強風・高波について	7
1.5.1 用いた観測データ	7
1.5.2 強風、高波の海域分布	7
1.5.3 大波高(15m以上)の観測データ	8
1.5.4 考察	8
1.6 結言	10
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	14
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計による計測結果	15
2.5.3 ダイナミック自動データ集録装置による計測結果	17
2.6 結言	17
参考文献	18
附図および附表	19
附 錄	87

CONTENTS

Preface

1. Statistical Analysis of Ship's Weather Reports

 1.1 Introduction

 1.2 Analysing Method

 1.3 Results of the Analysis

 1.4 Considerations on the Statistical
 Distribution of Wave Heights

 1.5 Analysis of Strong Wind and High Waves

 1.6 Conclusion

2. Full Scale Measurements of Wave and Wave Loads

 2.1 Introduction

 2.2 Ship and Schedule

 2.3 Measuring Item and Position

 2.4 Apparatus and Method of the Measurements

 2.5 Results of the Measurements

 2.6 Conclusion

References

Figures and Tables

Appendix

ま　え　が　き

本研究部会（SR163）は、昭和51年度から発足し5ヶ年継続計画で、気象・海象および船舶の波浪中応答の研究を行うことを目的として、次の二つの研究題目を持っている。

- | | |
|--------------------|-------|
| (1) 船舶気象観測データの統計解析 | 第1幹事会 |
| (2) 波浪荷重・波浪等の実船計測 | 第2幹事会 |

このうち、(1)は過去10年間の船舶気象通報による膨大な資料を統計解析して、北太平洋海域の気象・海象を整理し、長期予測、船舶設計の基礎資料などを得ようとするものである。国内資料による昭和51年度の 170°W 以西の統計解析に引き続き、昭和52年度は米国の資料を購入して 170°W 以東の解析処理を実施した。昭和53年度は、前2年度の統計を合わせて、北太平洋のほぼ全域に対する気象・海象の統計を求めた。

研究題目(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、北太平海域の波浪スペクトルデータを蓄積しようとするものである。コンテナ運搬船「米州丸」において、満2年余の計測が連続して行われ、なお続行している。ここには第71次航から第97次航までの計測結果を報告する。

なお、昭和53年度から第3幹事会が発足し、波浪中船体応答の総合的な実船試験を実施する計画であったが、諸般の都合により実現しなかった。

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、理論的にも実験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なお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で北太平洋の気象海象の統計（1954年から1963年までの10年間のデータ）が行われたが⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾、その後の期間にさらに膨大な数のデータが蓄積されつつあるので、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3ヶ年の計画で順次解析を進めてきた。まず、昭和51年度は、わが国の気象庁海洋気象部に蓄積保管されている、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。⁸⁾

次いで昭和52年度は、北太平洋の東半分（170°W～100°W, 0°N～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。⁹⁾

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を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。また前年度にひき続き、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。

本報告書では昭和53年度に行った解析結果の主要な部分を述べる。即ち、下記のような内容である。

- (1) 北太平洋のほぼ全域（110°E～110°W, 0°N～50°N）における風及び波の月別、季別、通年の統計、
- (2) 同じく北太平洋を北緯30°の南北に分けた海域及び長期実船計測の海域に対する同様の統計、
- (3) 冬季及び通年に対する風速及び波高の方位別頻度分布をRose図で示した気象・海象図、
- (4) 北太平洋における波高の頻度分布の形状に対する解析、

- (5) 170°W 以東の東部北太平洋における強風(50ノット以上)と高波(10m以上)の海域別観測頻度の分布,
- (6) 波高15m以上の異常高波が観測されたときの気象・海象状況の検討。

1.2 解析方法

1.2.1 解析内容

昭和51年度と52年度の2年間にわたり、北太平洋の170°W以西および以東のそれぞれの海域についての統計解析が行なわれた。そして解析結果はそれぞれ別の磁気テープに保存されている。今年度はそれらを統合して北太平洋全海域にわたる総合解析を行った。したがって解析項目は前年度と同じく

- イ) 風向 — 風速
- ロ) 波向 — 波高
- ハ) 波向 — 波周期
- ニ) 波高 — 波周期
- ホ) 風速 — 波高
- ヘ) 風速 — 波周期

の6つの組合せである。これらの組合せの出現頻度(回数および百分率)を次項に述べる4つの海区ごとに、月別・四季別および通年について求めた。また、波高と風速については最大値と平均値も求めて表示した。ただし、ホ)ヘ)については北太平洋全海域の通年についての統計のみ行った。

1.2.2 海域の区分

海域の区分は次に示す4大海区である。

- イ) 30°N — 55°N, 110°E — 110°W の海区
(Fig. 1.1 に太線で示してある)
- ロ) 0° — 30°N, 110°E — 110°W の海区
(Fig. 1.1 に太線で示してある)
- ハ) 実船計測海区 (Fig. 1.1 に斜線で示してある)
- ニ) 0° — 55°N, 110°E — 110°W の海区
(イ) + ロ)

なお、W01, W02, W29の3つの小海区を除外したのは前回のSR80の統計にこれらの海域が含まれていなかつたこと、北太平洋の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。

1.2.3 要素の区分

風向、波向、風速、波高、波周期の各要素の区分は前年度の解析と同様で Tab. 1.1 ~ Tab. 1.4 に示す通りである。波のデータはうねりおよび風浪のうち波高の高い方のデータを採って解析した。

1.3 解析結果

1.3.1 解析されたデータの数

統計解析の対象とした1964年1月から1973年12月までの船舶報告による気象・海象のデータの数は風向 — 風速に関しては統計約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。各小海区別に示すと Fig. 1.2 のようになる。また今回の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

- | | | |
|------------|-------------|-------------|
| イ) 30°N 以北 | 2200730 (風) | 1945817 (波) |
| ロ) 30°N 以南 | 1901977 (〃) | 1703270 (〃) |

ハ) 実船計測区 900257(風) 794945(波)
 ニ) 全海域 4102707(〃) 3649087(〃)

であった。

1.3.2 結果の表示

統計解析の結果は前年度と同様、計算機のラインプリンタの表として出力されると同時に磁気テープにも集録された。

出力表は解析内容4種類については月別・四季別・通年計17種類、海区4種類で $4 \times (12 + 4 + 1) \times 4 = 272$ 枚、および風速一波高、風速一波周期については通年、全海域の2枚で合計274枚である。

本報告書にはこのうちから風向一風速、波向一波高の2つの項目について四季および通年の全海域に対する結果10枚、および風速一波高、風速一波周期の統計2枚、合計12枚を附録Iとして末尾に載した。これらの表の右肩にあるPAGEのあとに3つの数字A, B, Cはそれぞれ次表のような内容を表示したものである。

A : 解析の内容	B : 期間	C : 海区
1 風向一風速	1 ~ 12 月	201 30°N 以北
2 波向一波高	13 春季	202 30°N 以南
3 波向一波周期	14 夏季	203 実船計測区
4 波高一波周期	15 秋季	204 全海域
5 風速一波高	16 冬季	
6 風速一波周期	17 通年	

また数表中の2段の数字は上段が観測数、下段が百分率を表わす。

1.3.3 風速、波高、波周期の頻度分布

風速、波高、波周期の出現頻度を四季および通年、4大海区についてヒストグラムで表わしたものを作成したものをFig. 1.3 ~ Fig. 1.17に示す。風速、波高、波周期のCalmの頻度はそれぞれ0~10kt, 0~1m, 0~5secのところに含めて横線で示してある。

風速のヒストグラムを見ると、四季の中では冬季が最も大きな値を示し、海域では実船計測区が最も大きい。また30°N以南の海域で最も小さく、四季による変動も小さい。これらは前々年度および前年度の結果から推察されるところである。

波高についても風速とほぼ同じ傾向であることがわかる。

波周期についても、例えば実船計測区の夏と冬を比較すると冬季には長い周期の波の頻度が大きくなり、高波高の頻度が大きくなっていることと符号する。また他の海区を見ると5sec以下の頻度がかなり高いが、この海区では5sec以上の頻度も高い。

風速と波高(平均値)、風速と波周期(平均値)の関係をそれぞれFig. 1.18及びFig. 1.19に示す。この図には、北太平洋の西半分に対するもの、東半分に対するもの、両者を合せた北太平洋のほぼ全域に対するものの3つの値が示されている。

また北大西洋におけるOcean Weather Shipの観測値から求められた値も比較のため示される。

これによると、波高は西太平洋が高く、波周期は東太平洋が大きいことがわかる。また北大西洋と比較すると、波高は西太平洋が、周期は東太平洋がそれ北大西洋の値に近い。しかし北大西洋の観測値は観測船によるものであり、北太平洋の値は大部分が一般商船の目視観測によるもので、両者の観測精度が異なることに注意する必要がある。

1.3.4 Rose表示による気象・海象図

昭和51年度、52年度の統計解析で東西あわせて89の小海区別に、月別・四季別・通年ごとの風および波の出現頻度などが求められているわけであるが、これらの解析結果の利用には、数表で示すのみでなく、視覚化しておくことが望ましい。そこで今回もさきのSR80が行ったデータ解析の図示法にならいRose形式を用いて図化することとした。その方法は12方向ごとに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多角形を作るものである。またSR80の表現にならい、強風、高波の出現頻度を強調するため、風速30 kt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。このため、Roseの形は実際の頻度分布よりかなり歪んだ形となっている。また強風、高波の出現頻度が高い場合はRose全体の大きさが大きくなる。

図化の作業は磁気テープに保存されているデータをつかって計算機(XYプロッタ)によって行なわれた。図化したものは風向-風速、波向-波高の2種類で、これを89の小海区ごとに、四季および通年について行った。したがってRoseの数は $2 \times 89 \times 5 = 890$ 個である。

これらを縮尺して地図上に配列して北太平洋各海域の傾向がつかめるようにしたが、日本近海では海区が小さすぎてRoseが海区内におさまらないためスケールを大きくして別の地図にした。

本報告書にはそのうち冬季と通年についての結果を末尾の附録[II]に示す。Roseの右上の数字は上段がデータの数、下段が平均値である。またRoseの円内の数字はCalmの百分率である。

これらから、風速と波高のRoseはたがいによく似た傾向にあることがわかる。またSR80の結果と比較してみると風速、波高ともに同じような傾向を示しているようである。

昭和54年度にはこれらのRoseの地図を数表とともにまとめて出版する予定であるが、その際には、日本近海の海区をもう少し大きな海区に統合して解析しなおしてRoseを作成し、北太平洋全域図上の日本近海にもRoseを配置するとともに、Roseの縮尺や配列を工夫してもっと見やすいものにする予定である。

1.4 波高の頻度分布

1.4.1 分布の形状

波浪の長期観測による波高の頻度分布を表わす分布関数として、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

$$P(x) = \begin{cases} \frac{r}{(H_c - H_o)^r} \exp \left[-\left(\frac{x - H_o}{H_c - H_o} \right)^r \right] & x \geq H_o \\ 0 & x < H_o \end{cases} \quad (1.1)$$

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

(ii) 対数正規分布

$$P(x) = \frac{\log e}{\sqrt{2\pi} \sigma' x} \exp \left[-\frac{(\log x - m')^2}{2\sigma'^2} \right] \quad x > 0 \quad (1.2)$$

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

波高の統計量を近似する分布関数が(i), (ii) のどちらが最も適当であるかを次に検討をする。

Fig. 1.20～1.22に波高の観測結果をワイブル確率紙上にプロットした1例を示す。例は北太平洋全海域通年の値を使用したものであり、以下解析は通年を対象とする。なお、Calmは波高0又は分類不明なので統計からは除外した。

Fig. 1.20～1.21は式(1.1)において観測波高の最小値 H_0 を零とした場合で、**Fig. 1.22**は式(1.1)の分布のパラメータをGumbel¹⁰⁾によって提案された方法によって求め前者の統計量をプロットした結果である。**Fig. 1.20, 1.21**では観測値は確率紙上で曲線となり、2パラメータのワイブル分布では近似できないことがわかる。**Fig. 1.22**では、3パラメータワイブル分布に従うと仮定すると確率紙上でより直線に近くなる。しかし、分布のパラメータをTab. 1.5に示すように、波高の最小値 H_0 は0.75mより大きい場合もあり、波高が0～0.75mのランクの観測値が実際に多数報告されているにもかかわらず確率紙上にプロットできなくなり無視することになる。したがって、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る。同様のことが、3パラメータワイブル分布を用いて波高頻度解析を行ったNordenström¹¹⁾, Battjes¹²⁾, Robinson¹³⁾の確率紙においても最小波高ランクの省略がおこなわれている。

Fig. 1.20, 1.21に前記の観測値を対数正規確率紙にプロットした結果を示す。各周期とも低波高から高波高まで全領域で直線性が良く、ワイブル分布よりも分布の適合性が良いと言える。3パラメータワイブル分布では低波高の観測値を無視しなければ分布のあてはまりが良くないが、対数正規分布では全ての観測値が確率紙上で直線となる。

Fig. 1.25～1.29に北太平洋西半分($00^{\circ}\text{N} - 50^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\text{E} - 170^{\circ}\text{W}$), 東半分($00^{\circ}\text{N} - 50^{\circ}\text{N}$, $170^{\circ}\text{W} - 110^{\circ}\text{W}$), 全海域四季別のそれぞれ通年の観測値を対数正規分布にプロットをして示す。これらの図より、地域別、季節別に対しても対数正規確率紙上で直線性が良好である。したがって、本報告では波高の頻度分布は対数正規分布で近似できるものとする。

1.4.2 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値 m' 、標準偏差 σ' を求めた。**Fig. 1.30**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秒以上の場合はそれぞれ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。

Fig. 1.31に全海域の全周期について、四季毎の波高の対数の平均値、標準偏差を示す。標準偏差は一定の値となっているが、平均値は夏季が最も低く、冬季が最も高い。板倉等¹⁴⁾が $0^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{W}$ の範囲の月別平均波高を解析した結果では、1, 2, 3, 11, 12月は平均波高2.5m以上の地域が千島からカムチャッカ半島南東海上および本州はるか東方海上の相当広い範囲に拡がっており、逆に6, 7, 8月は平均波高2m以上の地域は現われない。したがって、冬季は地域的にも荒い海域が広く、夏季は穏やかである。

1.4.3 SR80部会との比較

Fig. 1.32～1.33にSR80部会⁶⁾によって1954～1963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。SR80部会の統計は、波高の区分が粗く、7.5m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。なお、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. 1.30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、SR80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SR80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、SR80部会の統計量より信頼度が高いと考えられ、Fig. 1.30に示されたような差が表わされたと推定される。

1.4.4 最大波高の分布

Tab. 1.6に1966～1975年の各年毎に観測された最大波高を示す。大波高は冬期から春期にかけて、低気圧域および季節風域で遭遇している。Fig. 1.34にそれぞれの波が観測された位置を示す。

Fig. 1.35にTab. 1.6の値を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。同図にThomによって整理された気象観測船“V”(34°N, 164°N)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Fig. 1.34の斜線で囲まれた海域(30°N～40°N, 150°E～170°E)について各年ごとの最大値分布も示す。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30,000個、太平洋全海域では350,000個中での最大値である。Fig. 1.36に年間平均観測数Nrと最大波高Hmaxの平均値の関係を示す。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. 1.35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. 1.37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、観測数の差が表われたと考えられる。

1.5 強風・高波について

1.5.1 用いた観測データ

昭和52年度の報告書(研究資料No.293)では、1977年現在気象庁に収集された1966～1975年の10年間の北太平洋における船舶気象観測データと、NOAA(アメリカ合衆国海洋大気庁)発行のMariners' Weather Log記載のデータから、風速50kt、以上または波高10m以上のデータを抽出した。今回は、さらに2年さかのぼって、気象庁に収集された北太平洋のデータ1964～1965年の2ヶ年分とNOAAに収集された1964～1973年の10ヶ年分について、風速50ノット以上または波高10m以上のデータを抽出した。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、うねりの波高の上限値は20mに抑えられており、風浪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年前にさかのぼったのは、前述の気象海象の統計解析データと歩調を揃えるためである。

1.5.2 北東太平洋における強風・高波の海域分布の特長

昭和52年度の報告書では、1966～1975年の10ヶ年間の観測データを用いて、北西太平洋(ここでは0°～56°N, 100°E～180°～170°Wをさす)について述べたが、今回は北東太平洋(ここでは、0°～56°N, 170°W～100°W)について、1964～1973年の10ヶ年の観測データの統計解析の結果について述べる。統計は各月ごとに、緯度2°×経度5°ごとの小海域に分けて、それぞれ強風(50kt.以上)と高波(10m以上)について、観測回数を求めたものである。これらの各月ごとの統計を基にした分布図を、強風についてはFig. 1.38～1.49に、高波については、Fig. 1.50～1.61に示した。

次に、これらの各月ごとの分布図の特長の概略を述べる。

1月：強風・高波の観測回数は、昭和52年度報告書で示した北西太平洋に比べて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：1月とはほぼ類似の分布傾向を示すが、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めだつ。

- 3月：1～2月とは似た分布傾向を示すが、全般にやや減少し、北偏する。
- 4月：1～3月に比べて、強風・高波の観測数が急減し、5回程度の観測域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：4月に似た分布を示すが、さらに観測数が減少する。
- 7月：年間でもっとも観測数が少なく、強風観測がアメリカ西岸とメキシコ西岸に僅かに見られる程度で、高波は1回も観測されていない。
- 8月：強風・高波の観測数はやや増加し、北部海域とメキシコ西岸沖に分布するようになる。
- 9月：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し、5回以上の観測域がアラスカ半島南東沖に分布するようになる。
- 10月：30°N以南海域での強風・高波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。とくに、アリューシャン東部からカナダ西岸にかけての強風観測数の増加がめだつ。
- 11月：さらに、10月の分布傾向が強まり、10回以上の強風観測域がアリューシャン東部とカナダ西岸沖に見られるようになる。
- 12月：強風・高波観測域が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著増と共に、年間最大値を示す。

1.5.3 大波高（15 m以上）の観測データ

前述の1964～1965年の2ヶ年の気象庁収集データおよび1964～1973年の10ヶ年のNOAA収集データのうち、60kt. 以上の大風速および15 m以上の大波高の観測データならびに1966～1975年の気象庁収集の60kt. 以上の大風速データ（大波高データについては昭和52年度報告に掲載済）をとくに選び出して各年別に整理し、天気図や近傍の船舶データなどと比較して再度データのチェックを行なった。これらのデータは他の気象要素と共に作表したが、ここでは紙面の都合で15 m以上の大波高データのみをTab. 1.7に示した。Tab. 1.7には、15 m以上の大波高が観測された海域の天気図型の分類（Tab. 1.8による）を付加してある。なお、Tab. 1.7には、すでに昭和52年度の報告書に記載済（1966～73年の気象庁収集分とNOAA発行のWeather Log記載分）のデータ19通は除外した。

1.5.4 考 察

(1) 北太平洋における風速と波高の平均的分布

昭和52年度の報告書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が掲載されている。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3 m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. 1.62～1.69に示した。前者と後者はいずれも10ヶ年間の観測資料に基いているが統計年次が若干ずれている。前者は1964～1973年であり、後者は1961～1970年となっている。これらの分布図を比較すると、大勢は非常によく一致している。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、3 m以上の高波に着目して月ごとの分布海域をFig. 1.70～1.71に示した。強風・高波は大勢として、同じ傾向を示し、10月に千島北部に出現し始め、11月にはアリューシャン中部に拡がり、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・高波ともに急速にその範囲を狭め、4月には3 m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、11～12月には

南シナ海北部にも強風・高波域が存在している。

(2) 強風・高波の観測回数の分布

昭和52年度の報告書⁹⁾では、170°W以西の北太平洋について月別の50kt. 以上の強風と波高10m以上の観測回数の海域分布を示した。本報告書では170°W以東の北太平洋について同様の分布をFig. 1.38～1.61に示してある。これらの分布図を比較して、まず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. 1.72～1.73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。昭和52年の報告書には北太平洋における各海域ごとの観測データが掲載されており、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ろう。また、北西太平洋のみを見ると、統計年次が若干古いが、Fig. 1.74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。

(3) 強風・高波出現と他の気象・海象との関係

i) 顕著低気圧および海面気圧分布

日本周辺を通過する顕著低気圧（中心気圧994mb以下）の統計的調査については、柴山武²¹⁾、気象庁予報部²²⁾、松本次男²³⁾らの研究がある。これらの報告によると、顕著低気圧は年間約70個発生し、主要経路はお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、または千島列島沿いに北上する。
- 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. 1.9には本報告作成のために最近調査した1967～1976の10ヶ年間の北西太平洋における海域別顕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顕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. 1.75に示した。

Tab. 1.9で明らかなように、顕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1/6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. 1.76～1.79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。これらは前述の顕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、顕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顕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・高波は顕著低気圧の南側、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。

ii) 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. 1.80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。Fig. 1.80で明らかなように、急下降域は43°N、150°Eを中心にはば半径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、前述の顕著低気圧の経

路や強風・高波の出現海域を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. 1.81～1.84 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. 1.85 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. 1.86 に示した。Fig. 1.86 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. 1.80 と Fig. 1.85～1.86 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。

iii) 低気圧または台風と 15 m 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、15 m 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. 1.87 に示した。海域区分は前掲の Fig. 1.75 を用いた。すなわち、北西太平洋は 9 区分であるが、北東太平洋は全海域を 1 海域とした。図で明らかなように、ペ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と思われる。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。

1.6 結 言

本年度は、前 2 年間で行われた東及び西北太平洋の気象・海象のデータの統計解析を統合して、北太平洋のほぼ全域にわたる風と波に関する統計を求めた。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。この統計的性質、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・気象図で表した。

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) 従って使用データ数も 400 万データをこえる数となった。
- (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 年の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）度数の海域での分布や、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。

本年度の統計解析は、前2年度と同じくセンチュリ・リサーチ・センター(株)(C.R.C)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現在CRCが来年度の若干の追加解析のため保管中であるが、最終的には船舶技術研究所運動性能部に保管される予定である。

来年度(昭和54年度)はこれまでの3年間の解析結果をまとめ、総合報告書でかつ日常の利用に便利な本として出版する計画である。

本部会の3年間の作業を行うに当たり次の方々にはデータの入手、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、研究遂行に当た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(前)竹永一雄課長(現)、長谷川禮三技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、これらの方々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いた。

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。

本報告の執筆は下記の者が担当した。

解析については、高石敬史、大松重雄（船舶技術研究所）、波高の頻度分布については眞野創、河辺寛（防衛大学校）、強風・高波については松本次男（気象庁）が担当した。

また本研究の実施に当たり日本造船研究協会と船舶技術研究所が共同研究を行い、気象庁の協力をいただいた。以上付記する。

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的解析は、最近非常に進歩してきており、その理論の適合度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、その結果は大きいバラツキ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、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ためには、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、実船計測といつても短期間の単発的のものが多く、間口は狭くても息の長い長期連続の計測例が少ないのは残念である。

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SR124で実施した、7隻の船による自動計測²⁴⁾などはこの方向を指向したもので、ある程度の成果をあげたものといえるであろう。

現在、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スペクトルの形で与えているのが普通で、その表示式には、ISSCスペクトル、ITTCスペクトルなど各種の提案がなされている。これらはいずれも、北大西洋海域における波浪計測結果に基いたもので、有義波高と平均波周期との二つのパラメタからスペクトル構造を推定しようとするものである。この表示式には、まだ議論の余地も多く残されており²⁵⁾欧米では現在もなお大型プロジェクトによる波浪計測が活発に進められている。

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、とくに波スペクトルが求められる形でのデータはきわめて少ない。実船計測時に船体応答と同時計測を行なって解析の精密化をはかるためにも、また波スペクトルの特性やその長期傾向を知るためにも、ある海面またはある航路における長期の波浪計測の必要性が痛感される。

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r.m.s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、波スペクトルのデータをできるだけ多く集積すること。
- を計画し、昭和51年10月から計測を継続実施している。

2.2 計測船および計測期間

計測は、山下新日本汽船株の好意によって、同社のコンテナ運搬船「米州丸」(24,191tDW)によって行っている。同船の主要要目はTab. 2.1に示すとおりである。

研究計画としては、昭和51～55年の5ヶ年継続の予定であったが、準備の関係もあって、計測開始は昭和51年10月からの第71次航からである。

航路は、神戸→名古屋→横浜→シアトル→バンクーバー→ポートランド→神戸の順ではば一定で、約1ヶ月の周期で巡航している。これまでの航路の概要をFig. 2.1に示す。往航(アメリカ向け)はやや南寄り、復航(日本向け)はやや北寄りを通ることが多いようである。

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、計測項目は最小限に簡易化して、船体応答としては、波浪曲げ応力と船体動揺のみとした。

波浪曲げ応力は、船体中央上甲板の左右玄の応力を合成し、水平曲げ成分を除いた上下曲げ応力のみの1エレメントとし、これに縦揺れ、横揺れを加えた3エレメントの連続計測を行っている。

外界条件については、ときたま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、外界条件記録表に3時間ごとに記入して貰っている。

2.4 計測装置および計測方法

昭和51年度からの継続研究であるため、詳細は51年度の報告⁸⁾に譲り、要点だけを記すに止める。

船体応力は抵抗線ひずみゲージおよび株式会社共和電業製の動ひずみ計によって計測する。毎回計測開始時(3時間ごと)に自動的に零バランスをとり直すようになっている。

動揺角は神戸電波株式会社製の動揺計を用いて計測している。2ヶの振子の回転角をポテンシオメータで検出して、縦揺れ、横揺れを検出するようになっている。

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²⁶⁾。ブイの上下加速度を抵抗線ひずみゲージ式の加速度計で検出し、FMテレメータで本船上で受信し、2回積分を行って上下動(波高)の連続記録をとる。波浪記録は陸上でスペクトル解析するためアナログで連続記録をとっている。ブイは神戸電波株式会社製のものである。

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各1台ずつを用いている。前者で3エレメントの3時間ごとのデジタル計測を行い、後者で毎日1回上記の3エレメントのアナログ記録をとっている。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う。記録システムのブロック図をFig.2.2に示す。

自動RMS計測装置は株式会社計測技術研究所製のもので、3時間ごとに、3エレメントを30分間ずつ切換えて90分間の計測記録を行っている。計測結果は

1. 日 時
2. エレメント番号
3. ピーク値のrms 値 (\sqrt{E})
4. 正のピークの最大値 $X_{p,\max}$
5. 負のピークの最大値 $X_{n,\min}$
6. ゼロクロスのサイクル数 N

の6項目として、パンチテープに打出すようになっている。

計測方法および各値の算出方法はFig.2.3に示すとおりである。サンプリング間隔0.18secでとった瞬時値 X_i を用いている。(3)の \sqrt{E} は累積エネルギー密度Eの平方根で、ピーク計数法によるピーク値 X_i のrms値に相当する値であるが、ほぼRayleigh分布に適合するものと考えて

$$\sqrt{E} = (\text{ピーク値 } X_i \text{ の rms }) = \sqrt{2} (\text{瞬時値 } X_i \text{ の rms })$$

として求めている。

ダイナミック自動データ集録装置は株式会社共和電業製のもので、幅1/4インチの磁気テープに連続50時間のアノログ記録をとることができるものである。記録は、縦揺れ・横揺れ・甲板応力・波高の4エレメントであったが、本年度後半これを5エレメントに改造して、積分する前の波浪データ(ブイの上下加速度)も記録するようにした。

毎日30分間だけ、波浪を除く3エレメントの記録をとり、波浪ブイ投入時には5エレメントの記録をとるようにな

っている。

波浪ブイは、船の乗組員の判断で適時投入して貰うようにしているが、数がきわめて限られているので、なるべく $150^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{E}$ の間で投入するようにしている。

2台の記録装置によるパンチテープと磁気テープは、陸上において各種の処理解析装置を用いて、統計解析、スペクトル解析を行っている。磁気テープの再生装置のエレメント増設工事はまだ完了していない。

乗組員に依頼して得た海象気象の外界条件表（Fig. 2.4）は、陸上においてパンチテープに転記し、上記計測データと合わせて処理を行っている。

2.5 計測結果

2.5.1 外界条件

第71次航～第97次航における外界条件の頻度分布をFig. 2.5に示す。航海区間中、内海および沿岸の神戸～名古屋～横浜間およびシアトル～バンクーバー～ポートランド間などは記録に含まれていない。

区分は

波 高 :	1 m ごと	12段階
船 速 :	2 kt ごと	13段階
波 周 期 :	2 sec ごと	7段階
風 速 :	10 kt ごと	9段階
出 合 角 :	45deg ごと	8方向

として頻度分布を求めた。

51年度報告⁸⁾では冬期のみのデータ370, 52年度報告⁹⁾では1年余のデータ1,517であったが、今回は2年余のデータが集積されて3,516となった。年間を通じては、ビューフォート風力で4、波高で2～3 m、風速で10～20 ktが最も頻度が多くなっているが、冬期のみのデータではピークはいずれも1段ずつ高い方にあった。

風力と目視波高の関係をFig. 2.6に、風速と波高との関係をFig. 2.7に示す。図中の黒丸印は平均値を示すもので、各波高段階の中央値に枠内のデータ数を乗じて算術平均をとったものである。昨年度は波高7 mを超えるデータは10ヶ（0.7%）しかなかったが、今回は67ヶ（1.9%）記録されている。

出合角は、向い波と左前方波が非常に多く、右前方波がこれに次いでいる。この3者を合わせて50%を占めており、横波が左右合わせて20%，斜後方と追い波とが合わせて30%となっている。

2.5.2 自動R.M.S.計による計測結果

縦揺・横揺および甲板応力の振幅（ピーク値）のRMS値と目視波高との関係をFig. 2.8, 2.9, 2.10に示す。いずれも3時間ごとに30分間ずつ計測したもので、データ総数は3,469である。前記のデータ数3,516との差は、出合角別に整理するために、出合角の不明な波高を記録されているデータを若干切捨てたためである。

各枠内の数字はデータ数で、上から向い波・斜前方波・横波・斜後方波・追い波および合計数となっている。図中の黒丸印は、各波高段階でのR.M.S.値の平均値を示すものである。前報とはほぼ同様に、波高5～6 mの段階では縦揺は1.4度、横揺は4度、甲板応力は約1 kg/mm²のR.M.S.を示している。

横揺角（Fig. 2.9）は0.6度刻みとしたが、予想外に大きい横揺が多くて、5.4度以上が231データも計数された。平均値の算出の場合に、これらの値はすべて $5.4 + 0.3 = 5.7$ 度として計算したので、実際の平均値はもう少し高く出てくるものと思われる。次回には段数を増して整理する計画である。

このR.M.S.値は、前述の通り片振幅（ピーク値）のR.M.S.値で \sqrt{E} に相当する値である。ピーク値の短期分布はRayleigh分布に適合すると考えられるので、ピーク値の $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 最大平均値（有義値）は

$$X_{1/3} = 1.416\sqrt{E}$$

となり、また n 回に 1 回の最大期待値 $X_{\max-n}$ の平均値は、たとえば

$$X_{\max-100} = 2.28 \sqrt{E}$$

$$X_{\max-200} = 2.43 \sqrt{E}$$

と推定できる。これによると本船の場合有義波高 5.5 m で

	\sqrt{E}	$\frac{1}{3}$ 最大平均	$\frac{1}{100}$ 最大期待値
縦搖角振幅 deg	1.4	2.0	3.2
横搖角振幅 deg	4.0	5.7	9.1
甲板応力振幅 kg/mm ²	1.0	1.4	2.3

程度と推定される。

自動 RMS 計では、RMS 値のほかに正負の最大値も記録されている。ピーク値の計測は、その時点 (Short term) における平均値を基準として読み取っており、絶対ゼロの値またはある特定時点における基準値からの平均値の長周期の変動は検出できない。それでもなお、平均値から読みだす正負の最大振幅 (30 分間における一番高い山と一番低い谷の振幅) には有意の差があるようであったので、正負別々に整理してみた。

縦搖振幅の最大値の頻度分布を Fig. 2.11 および Fig. 2.12 に示す。記載方法はさきの RMS 値の場合と同様である。船首が浮上する方向に揺れる場合を正として Fig. 2.11 に、船尾が浮上する場合を負として Fig. 2.12 に示した。船首浮上の方が平均的に大きい値を示している。横搖振幅の最大値分布を Fig. 2.13 および Fig. 2.14 に示す。この場合は正負の値に有意差は認められない。甲板応力の場合を Fig. 2.15 および Fig. 2.16 に示す。甲板収縮のサギング状態の方が大きい値を示している。

これらの 6 図の場合にも、設定レベルの最高段の値がやや低過ぎて、縦搖で 7.2 度、横搖で 10.8 度、甲板応力で 3.6 kg/mm² 以上の振幅が相当数計数されている。今後はもう少し段数を増す必要がありそうである。

Fig. 2.8 から Fig. 2.16 までの 9 図の大要をヒストグラムの形で示したもののが Fig. 2.17 である。各図とも右端の方に破線で示した部分は、上記の通り設定最高値以上となったデータ数のパーセントを示すもので、面積の対応は成立しない。

同じ測定時 (30 分間) における正負の最大値の対応をプロットしたものが Fig. 2.18 ~ 2.20 である。こゝには 3 航海分だけのデータを記載した。縦搖および甲板応力における正負の差が顕著に表れている。荒天時ほどその差が大きくなっている。船首の波浪衝撃などによって、船首浮上の縦搖や甲板のサギング応力などの波形が急峻になる傾向があるものと考えられる。この 3 航海 (比較的荒天時の例をとった) だけに限っていえば

縦搖 11.9 度、横搖 19.8 度、応力 7.9 kg/mm²

の最大振幅が現れている。

RMS 値および正負の最大値を統計確率紙にプロットしたものが Fig. 2.21, 2.22, 2.23 である。前述の通り (Fig. 2.8 ~ Fig. 2.16), 各項目ともレベル数を 10 段に設定して整理してあるので、最高レベル値 (10 段目の値) は

	レベル間隔	最高レベル値
縦搖振巾 RMS 値 最大値	0.4 deg	3.8 deg
	0.8 "	7.6 "
横搖振巾 RMS 値 最大値	0.6 "	5.7 "
	1.2 "	11.4 "
応力振巾 RMS 値 最大値	0.2 kg/mm ²	1.9 kg/mm ²
	0.4 "	3.8 "

となり、各図の上部枠外に矢印で記入してある通りである。9 段目を超える値はすべてこの値であったと想定すると、確率曲線が不連続になる。図中正負の最大値の最高位の値については、さきに示した Fig. 2.18 ~ 2.20 の最高値

をプロットした。これは、僅か3航海だけのデータであるので、全体ではこれより大きい値が現れている可能性はある。

2.5.3 ダイナミック自動データ集録装置による計測結果

ダイナミック自動データ集録装置の磁気テープに記録されたデータは、0.5 secのサンプリング間隔でパンチテープに写したのち、スペクトル解析は大型計算機で、統計解析はミニコンで処理している。

冬期波浪ブイ投入時の解析結果例をTab. 2.2に示す。約17分間の記録について、統計解析はゼロクロスの振幅計数法(Zero - Cross Range Count)で、スペクトル解析は相関法で実施している。比較のため、自動RMS計による同時刻の計測結果と、波浪の目視観測結果を併記してある。

標準偏差値 σ は、統計・スペクトル両解析法ともよく一致している。RMS計の σ' と T_0' が他に比べて若干大きいのは、±0.2 kg/mmまたは±0.2°の設定レベルによって無効振巾を設けているので、小さい振巾が計数されないためと思われる。

最大値も、統計解析では一つの波の山から谷までの変動幅(range)の最大値をとっているが、RMS計では30分間における正負の最大振巾の合計をとっている。正負の最大値が同一サイクル中に現れることは少ないので、複振巾としては過大な値を示すものと考えられる。これらの相関については、将来さらに検討を要するものである。

波高の解析値は目視観測ともよく合っている。

スペクトル解析結果の数例をFig. 2.24～2.26に示す。

波浪ブイの投入は、一応150°E～160°Eの間で投入するようにしているが、冬期では北米西岸またはアリューシャン海域の方が荒天に遭遇することが多いので、今年度から特に荒天に遭遇した場合には、指定海域以外でも投入するようにしている。なお、波浪ブイは昭和53年11月からレベルアップして出力を0.5 Wから2.0 Wに上げ、周波数も変更して受信性能の向上を計っている。このため、夏から秋にかけての波浪計測は中断した。

2.6 結 言

長期連続の半自動的実船計測も満2年余を経過した。各装置とも、ときどき簡単な補修を必要とする程度で、まずまず順調に作動を続けている。終始絶大な御協力を頂いている「米州丸」乗員各位に深甚の謝意を表する。

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" 報告書, 造研研究資料 № 277 (1977)
- 9) 同 上 № 293 (1978)
- 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, H.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 (1977); 北太平洋海洋気候表10年報 (1961~1970)
- 19) 板倉博・首藤康雄 (1978); 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
- 20) 松本次男・高埜聰・土田正夫 (1978); 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
- 21) 柴山武 (1951); 本邦付近を通過する顕著低気圧について, 研究時報, 3-18
- 22) 気象庁予報部 (1971); 日本付近を通る顕著低気圧の統計的調査, pp 14
- 23) 松本次男 (1975); 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
- 24) SR 124 ; "大型鉱石船の船首部波浪荷重および鉱石圧に関する実船試験", 造船研究協会報告, 81 (1976)
- 25) I.S.S.C. Committee I-1; "Environmental Conditions", Proc. 6th I.S.S.C., 1976, Boston (1976)
- 26) SR 132 ; "実船搭載用波浪計に関する研究", 造船研究協会報告, 82 (1976)

Figures and Tables

附図および附表

Fig. 1. 1 Map of Sea Zones
海域の分割図

Fig. 1. 2 Number of Observations for Each Zone (Wind Velocity)
各海域ごとの観測データ数（風速）

Fig. 1. 3 Histogram of Wind Velocity (Annual)
風速のヒストグラム（通年）

Fig. 1. 4 Histogram of Wind Velocity (Spring)
風速のヒストグラム（春季）

Fig. 1. 5 Histogram of Wind Velocity (Summer)
風速のヒストグラム（夏季）

Fig. 1. 6 Histogram of Wind Velocity (Autumn)
風速のヒストグラム（秋季）

Fig. 1. 7 Histogram of Wind Velocity (Winter)
風速のヒストグラム（冬季）

Fig. 1. 8 Histogram of Wave Height (Annual)
波高のヒストグラム（通年）

Fig. 1. 9 Histogram of Wave Height (Spring)
波高のヒストグラム（春季）

Fig. 1.10 Histogram of Wave Height (Summer)
波高のヒストグラム（夏季）

Fig. 1.11 Histogram of Wave Height (Autumn)
波高のヒストグラム（秋季）

Fig. 1.12 Histogram of Wave Height (Winter)
波高のヒストグラム（冬季）

Fig. 1.13 Histogram of Wave Period (Annual)
波周期のヒストグラム（通年）

Fig. 1.14 Histogram of Wave Period (Spring)
波周期のヒストグラム（春季）

Fig. 1.15 Histogram of Wave Period (Summer)
波周期のヒストグラム（夏季）

Fig. 1.16 Histogram of Wave Period (Autumn)
波周期のヒストグラム（秋季）

Fig. 1.17 Histogram of Wave Period (Winter)
波周期のヒストグラム（冬季）

Fig. 1.18 Average Wave Height for Wind Velocity
風速に対する平均波高

Fig. 1.19 Average Wave Period for Wind Velocity
風速に対する平均波高

Fig. 1.20 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Weibull Paper,
Whole Year, All Area ($H_0 = 0$)
ワイブル確率紙上へのプロット，通年，全海域 ($H_0 = 0$)

Fig. 1.21 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Weibull Paper,
Whole Year, All Area, All Period ($H_0 = 0$)
ワイブル確率紙上へのプロット，通年，全海域，全周期 ($H_0 = 0$)

Fig. 1.22 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Weibull Paper,
Whole Year, All Area
ワイブル確率紙上へのプロット，通年，全海域

Fig. 1.23 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Whole Year, All Area

対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 全海域

Fig. 1.24 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Whole Year, All Area, All Period

対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 全海域, 全周期

Fig. 1.25 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Whole Year, Zone (00°N – 50°N , 110°E – 170°W)

対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 海域 (00°N – 50°N , 110°E – 170°W)

Fig. 1.26 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Whole Year, Zone (00°N – 50°N , 110°E – 170°W), All Period

対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 海域 (00°N – 50°N , 110°E – 170°W), 全周期

Fig. 1.27 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Whole Year, Zone (00°N – 50°N , 170°W – 110°W)

対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 海域 (00°N – 50°N , 170°W – 110°W)

Fig. 1.28 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Whole Year, Zone (00°N – 50°N , 170°W – 110°W), All Period

対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 海域 (00°N – 50°N , 170°W – 110°W), 全周期

Fig. 1.29 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper, Each Season, All Area

対数正規確率紙上へのプロット, 四季別, 全海域, 全周期

Fig. 1.30 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. 1.31 Mean and Standard Deviations for Each Seasons, All Area, All Period

四季別平均値, 標準偏差, 全海域, 全周期

Fig. 1.32 Cumulative Probabilities of Visual Wave Heights on Log-Normal Paper, According to SR 80's Data, Whole Year, All Area

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

Fig. 1.33 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. 1.34 Location of Observed Maximum Wave Height for Each Years

各年毎に観測された最大波高の位置

Fig. 1.35 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. 1.36 Relation of Average Observed Number in Year (N_Y) and Average Maximum Wave Height

年間平均観測数 N_Y と平均最大波高の関係

Fig. 1.37 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

Tab. 1. 1 Classes of Direction of Winds and Waves

風向および波向の区分

Tab. 1. 2 Classes of Wind Velocity

風速の区分

Tab. 1. 3 Classes of Wave Height

波高の区分

Tab. 1. 4 Classes of Wave Period

波周期の区分

Tab. 1. 5 Estimated Parameters of Weibull Distribution for Each Wave Periods

周期別ワイブル分布のパラメータ

Tab. 1. 6 Observed Maximum Wave Heights for Each Years

年別最大観測波高

Tab. 1. 7 Ship's Meterological Data when Wave Height Greater than 15 m were Observed (1964~1973)

15m以上の大波高を観測したときの船舶気象データ

Fig. 1.38~49 Distribution of Number of Wind Speed Observations Greater than 50 Knots for Each Area During Ten Years (1964~1973)

10年間に各海域で50 Kt.以上の風速を観測した回数の分布
(1964~1973)

Fig. 1.50~61 Distribution of Number of Wave Height Observations Greater than 10 Meters for Each Area during Ten Years (1964~1973)

10年間に各海域で10m以上の波高を観測した回数の分布
(1964~1973)

Fig. 1.62~65 Distribution of Mean Wind Speed in North-West Pacific Ocean (Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)

北西太平洋における平均風速分布(2月, 5月, 8月, 11月)
(1961~1970)

Fig. 1.66~69 Distribution of Mean Wave Height in North-West Pacific Ocean (Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)

北西太平洋における平均波高分布(2月, 5月, 8月, 11月)
(1961~1970)

Fig. 1.70 Monthly Areas Distribution of Strong Wind Speed Grater than 22.5 Knots in North West Pacific Ocean (Numbers: Month)

北西太平洋における22.5ノット以上の強風域の月ごと分布

Fig. 1.71 Monthly Areas Distribution of Wave Height Higher than 3 Meters in North West Pacific Ocean (Numbers: Month)

北西太平洋における3m以上の高波域の月ごと分布

Fig. 1.72 Monthly Areas Distribution of Observed Number Greater than Ten of Strong Wind Speed (50 Kt. \leq) in North Pacific Ocean During Ten Years

北太平洋における強風(50ノット以上)の観測回数10以上の海域の月ごと分布(1964~1973)

Fig. 1.73 Monthly Areas Distribution of Observed Number Greater than Ten of High Wave Height (10 m \leq) in North Pacific Ocean During Ten Years

北太平洋における高波(10m以上)の観測回数10以上の海域の月ごと分布(1964~1973)

Fig. 1.74 Number Distribution of Observed Total Data by Ships in North-West Pacific Ocean During Ten Years (1961~1970)

10年間の北西太平洋における全船舶気象観測データ数の分布(図中の枠内は3,000個以上、実線は10,000個以上を示す)

Tab. 1. 8 Weather System and Mark

天気図型と記号

Tab. 1. 9 Passed Frequencies of Developed Extratropical Cyclone (Center Pressure 990 mb \geq) at Each Areas in North-West Pacific Ocean During 1967~1976

北西太平洋における海域別顕著低気圧(中心気圧994mb以下)の出現回数(1967~1976の10ヶ年間)

Fig. 1.75 Sea Area Demarcation

海域区分

Fig. 1.76~79 Distribution of Monthly Mean Sea Surface Air Pressure in North-West Pacific Ocean (Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)

北西太平洋における月平均海面気圧の分布(2月, 5月, 8月, 11月)(1961~1970)

Fig. 1.80 Abnormally Developed Positions of Extratropical Cyclone in North-West Pacific Ocean (1972~1973)

北西太平洋における低気圧の異常発達の位置(1972~1973)

Fig. 1.81~84 Monthly Distribution of ΔT in North-West Pacific Ocean (Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)
(ΔT = Air Temperature - Sea Surface Temperature)

北西太平洋における2月, 5月, 8月, 11月の月平均気温, 海面水温差の分布(1961~1970)

Fig. 1.85 Stream Axis of Kuroshio During Winter Season at Each Year (1961~1970)
各年冬期における黒潮流平均 (1961~1970)

Fig. 1.86 15°C Isotherm of Sea Surface Temperature at February of Each Year and
15°C Isotherm at Each Month from December to March during Ten Years
(1961~1970)

各年2月における15°C等海面水温線および10ヶ年平均の12月~3月
の15°C等温线 (1961~1970)

Fig. 1.87 Relation between Observed Position when Wave Height Greater than 15
Meters and Cyclone Center
15m以上の大波高観測位置と低気圧中心との関係

Tab. 2. 1 Details of "Beishu Maru"
「米州丸」主要要目

Fig. 2. 1 Course of "Beishu Maru"
「米州丸」の航路

Fig. 2. 2 Block Diagram of Measuring and Recording System
計測・記録システムブロック図

Fig. 2. 3 Block Diagram of Automatic R.M.S. Meter
自動R.M.S.計のブロック図

Fig. 2. 4 Table of Environmental Conditions
外界条件記録表

Fig. 2. 5 Frequency Distribution of Environmental Condition
外界条件の頻度分布

Fig. 2. 6 Beaufort Wind Scale vs. Wave Height
風力と波高の関係

Fig. 2. 7 Wind Velocity vs. Wave Height
風速と波高の関係

Fig. 2. 8 Frequency Distribution of RMS Values of Pitching Angle
縦搖角のRMS値の頻度

Fig. 2. 9 Frequency Distribution of RMS Values of Rolling Angle
横搖角のRMS値の頻度

Fig. 2. 10 Frequency Distribution of RMS Values of Deck Stress
甲板応力のRMS値の頻度

Fig. 2. 11 Distribution of Max. Value of Pitching Angle (Plus)
縦搖角の最大値の頻度 (船首浮上)

Fig. 2. 12 Distribution of Max. Value of Pitching Angle (Minus)
縦搖角の最大値の頻度 (船尾浮上)

Fig. 2. 13 Distribution of Max. Value of Rolling Angle (Plus)
横搖角の最大値の頻度 (右玄浮上)

Fig. 2. 14 Distribution of Max. Value of Rolling Angle (Minus)
横搖角の最大値の頻度 (左玄浮上)

Fig. 2. 15 Distribution of Max. Value of Deck Stress (Plus)
甲板応力の最大値の頻度 (引張り)

Fig. 2. 16 Distribution of Max. Value of Deck Stress (Minus)
甲板応力の最大値の頻度 (圧縮)

Fig. 2. 17 Histograms of RMS Value, Max. Peak and Min. Trough
RMS値および正負の最大値の分布

Fig. 2. 18 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Pitching Angle
縦搖角の正負のピーク

Fig. 2. 19 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Rolling Angle
横搖角の正負のピーク

Fig. 2.20 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Deck Stress
甲板応力の正負のピーク

Fig. 2.21 Probability of Pitching Angle
縦揺角の確率

Fig. 2.22 Probability of Rolling Angle
横揺角の確率

Fig. 2.23 Probability of Deck Stress
甲板応力の確率

Tab. 2. 2 Sample of Statistical and Spectral Analysis
統計解析およびスペクトル解析結果例

Fig. 2.24 Examples of Spectral Analysis (1)
スペクトル解析例(1)

Fig. 2.25 Examples of Spectral Analysis (2)
スペクトル解析例(2)

Fig. 2.26 Examples of Spectral Analysis (3)
スペクトル解析例(3)

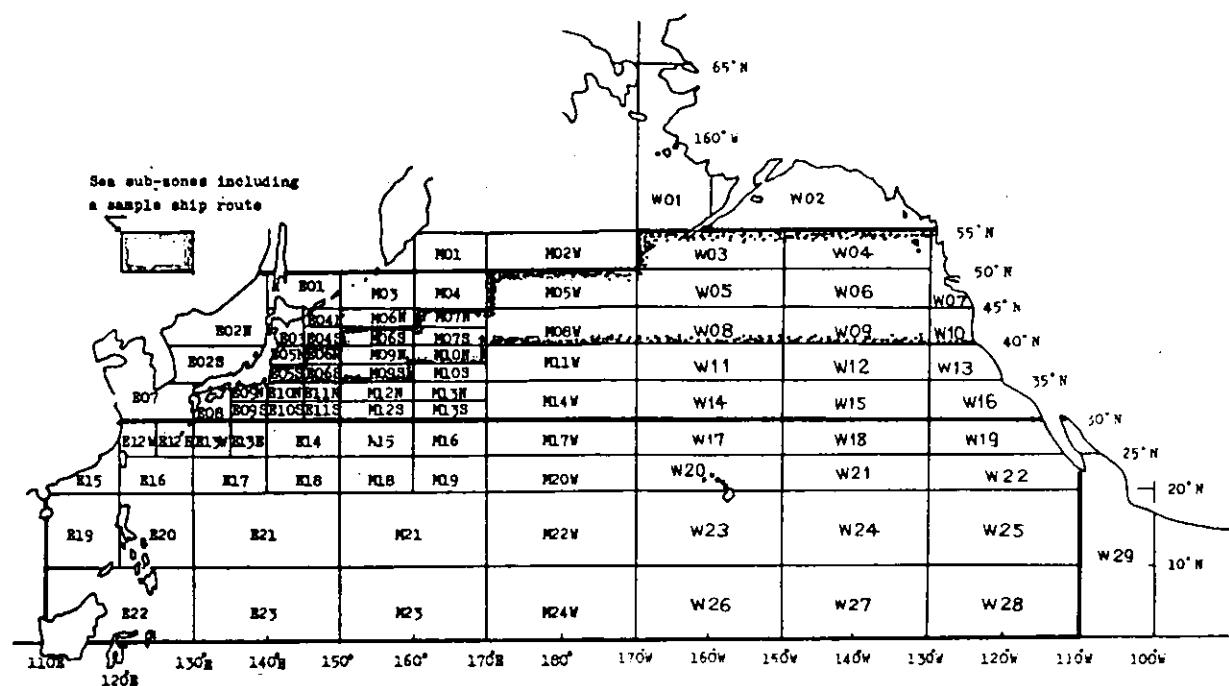


Fig. 1. 1 Map of Sea Zones

海域の分割図

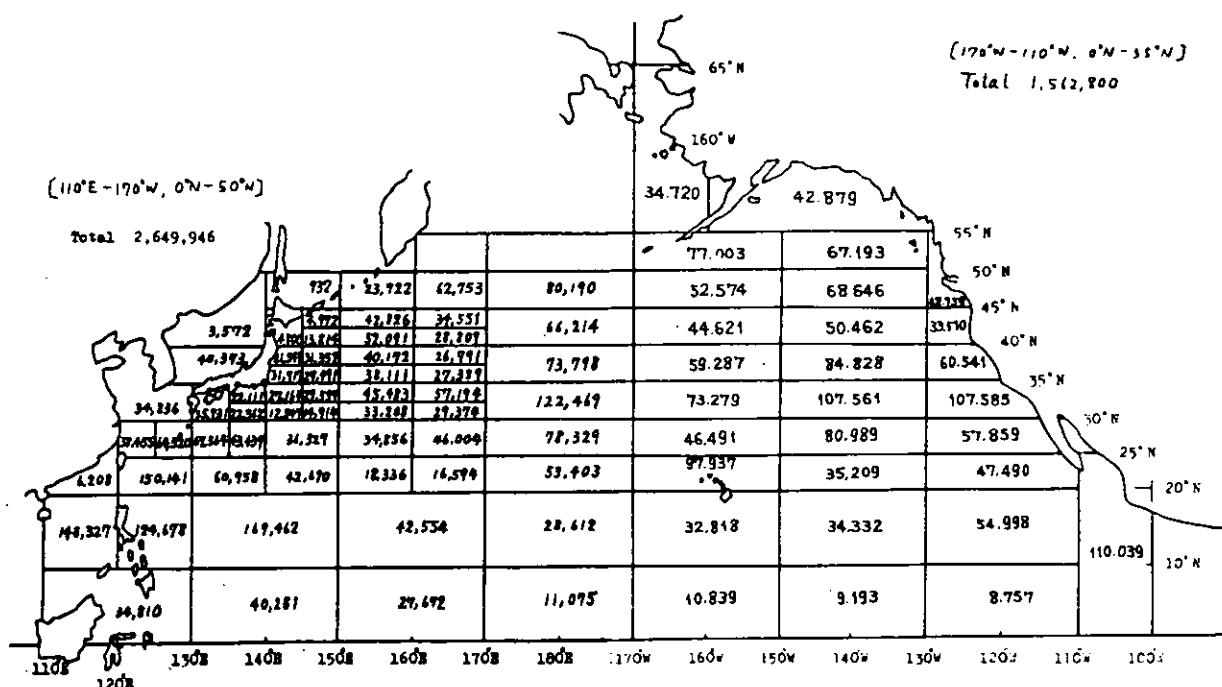


Fig. 1. 2 Number of Observations for Each Zone (Wind Velocity)

各海域ごとの観測データ数 (風速)

(a) North of 30° N
2200730
16.770 (kt)

(b) South of 30° N
1901977
13.446 (kt)

(c) Ship Route
900257
16.802 (kt)

(d) Whole Area
4102707
14.693 (kt)

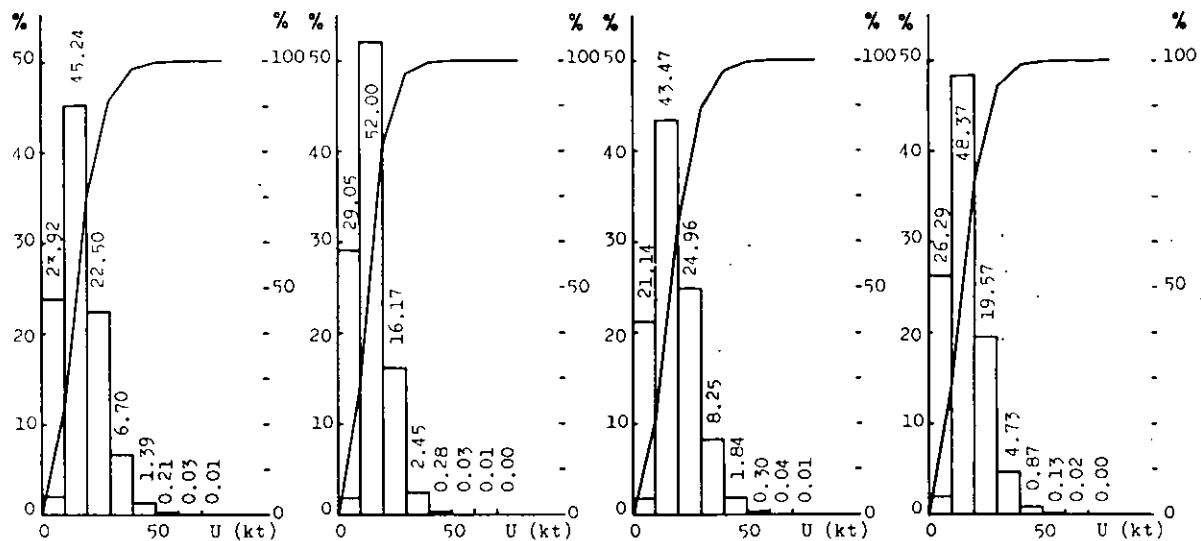


Fig. 1. 3 Histogram of Wind Velocity (Annual)
風速のヒストグラム（通年）

(a) North of 30° N
569521
15.927 (kt)

(b) South of 30° N
477848
12.852 (kt)

(c) Ship Route
2292738
17.108 (kt)

(d) Whole Area
1047369
14.524 (kt)

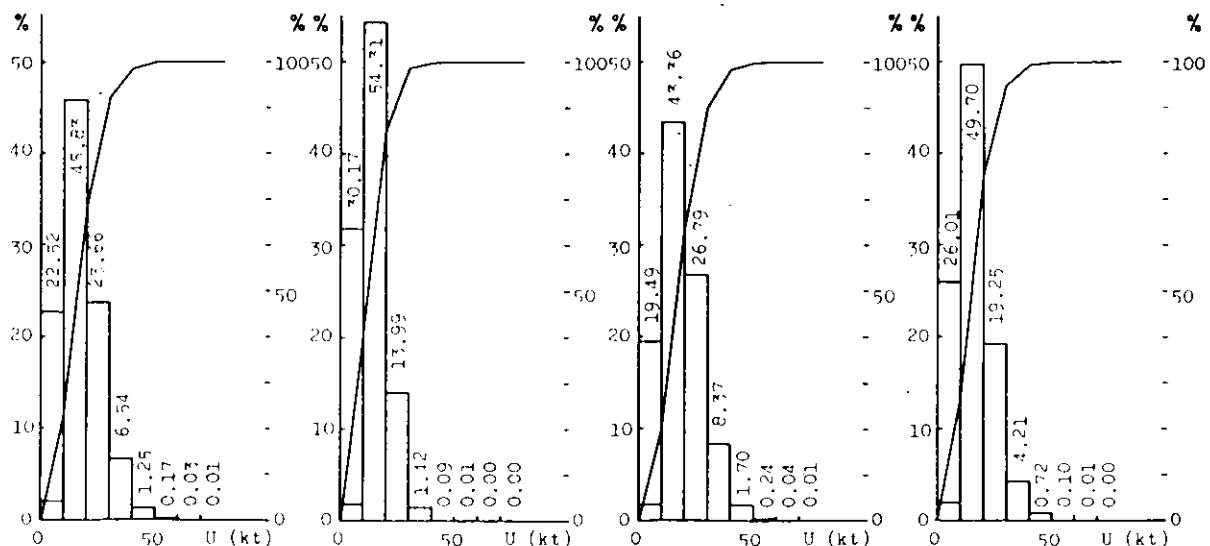


Fig. 1. 4 Histogram of Wind Velocity (Spring)
風速のヒストグラム（春季）

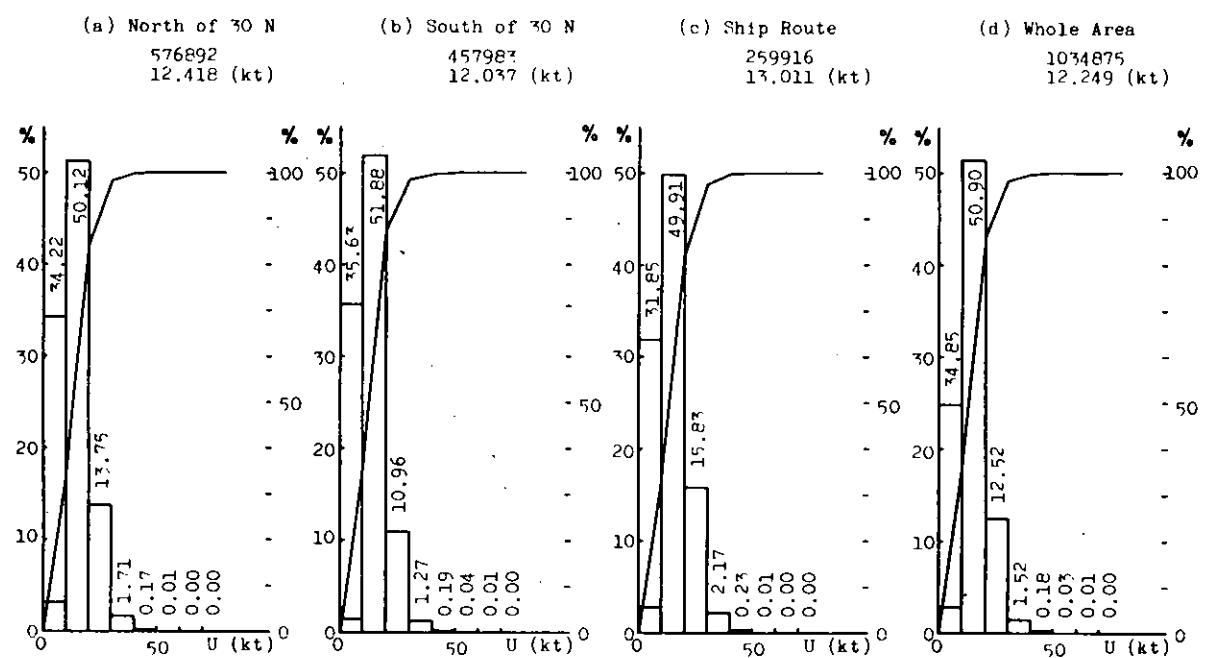


Fig. 1. 5 Histogram of Wind Velocity (Summer)
風速のヒストグラム（夏季）

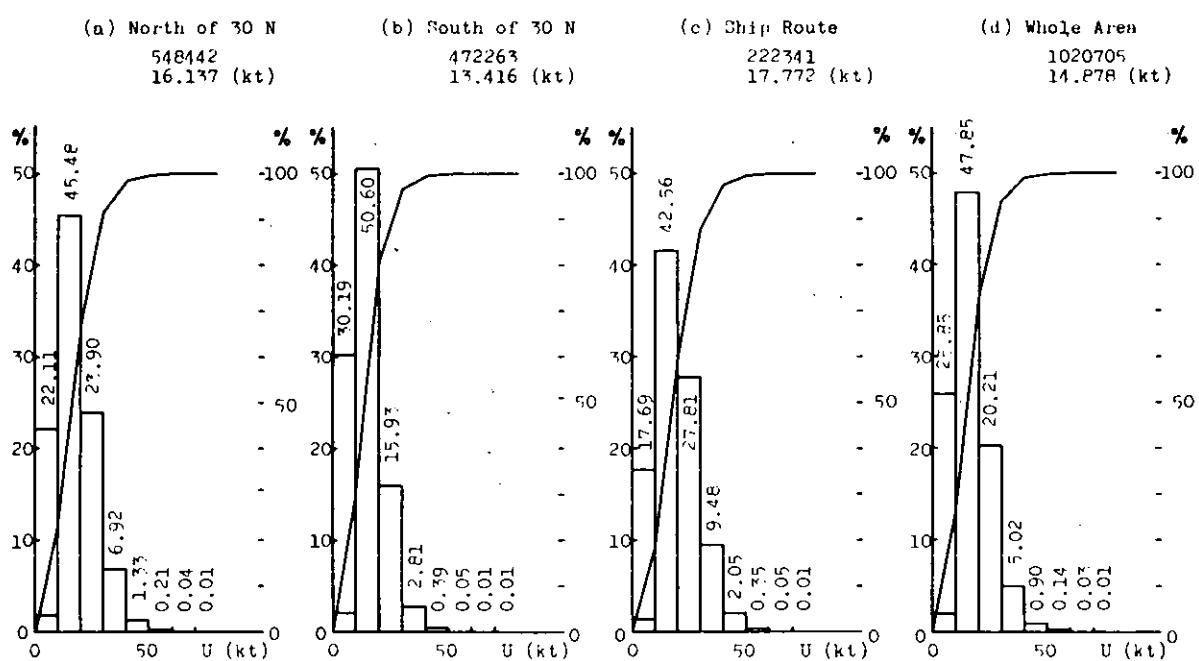


Fig. 1. 6 Histogram of Wind Velocity (Autumn)
風速のヒストグラム（秋季）

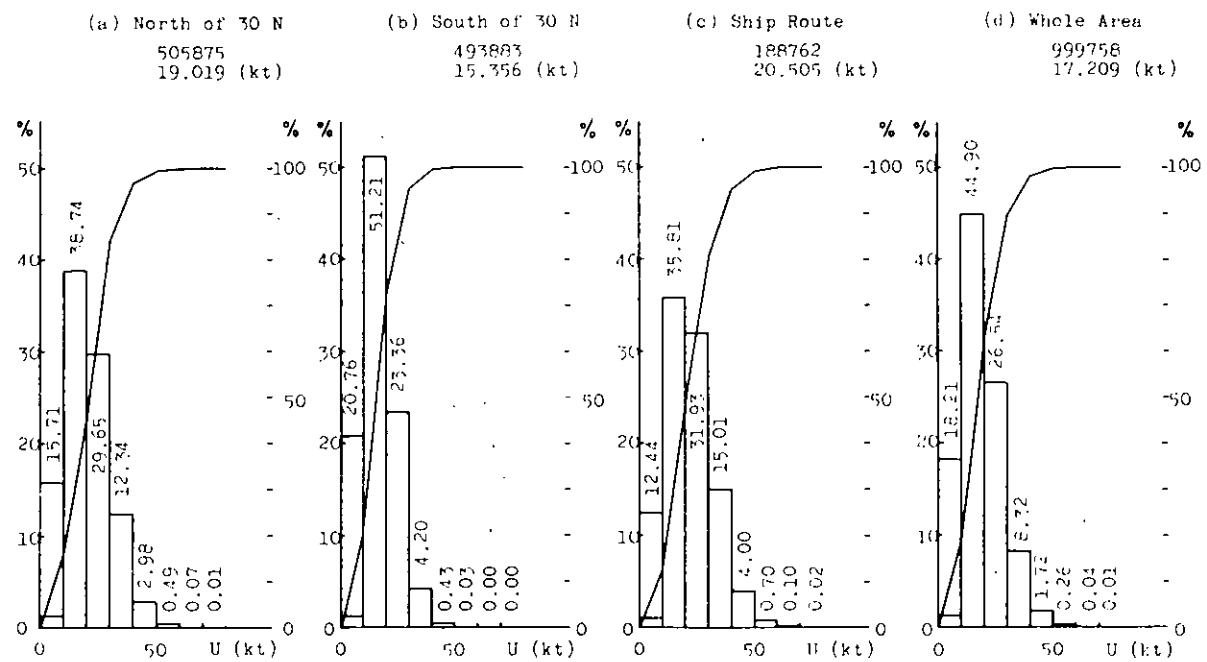


Fig. 1. 7 Histogram of Wind Velocity (Winter)
風速のヒストグラム（冬季）

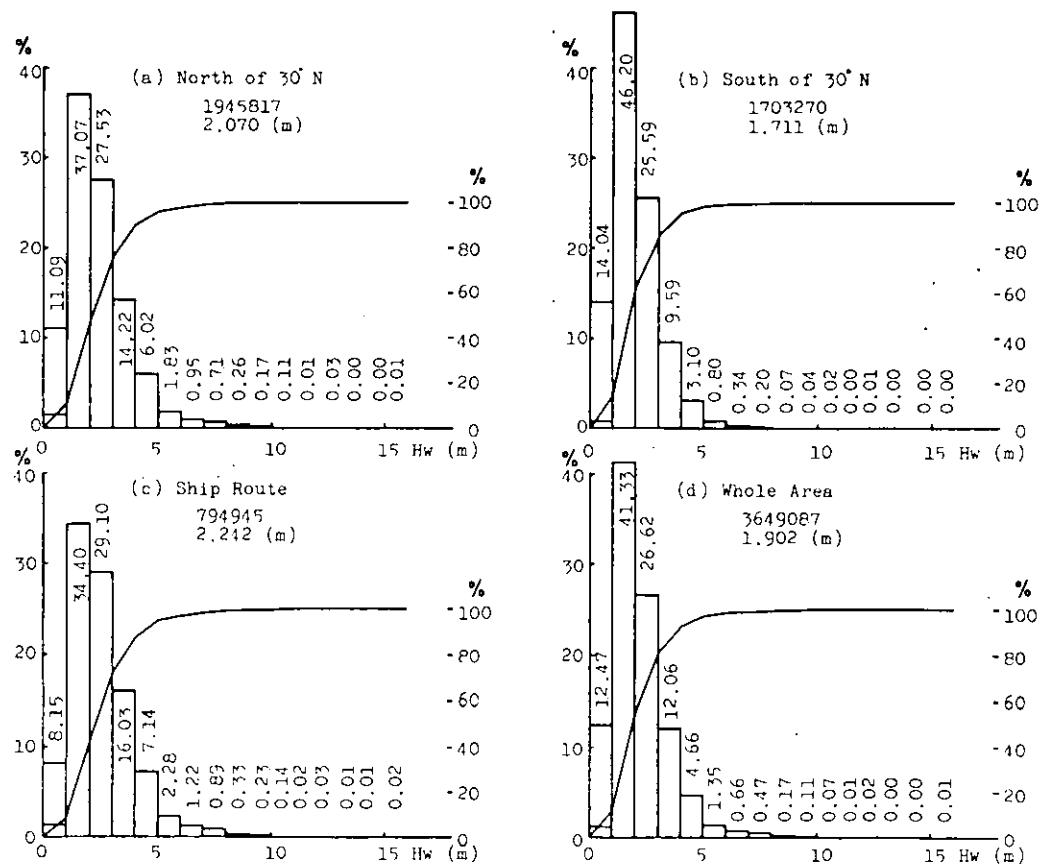


Fig. 1. 8 Histogram of Wave Height (Annual)
波高のヒストグラム（通年）

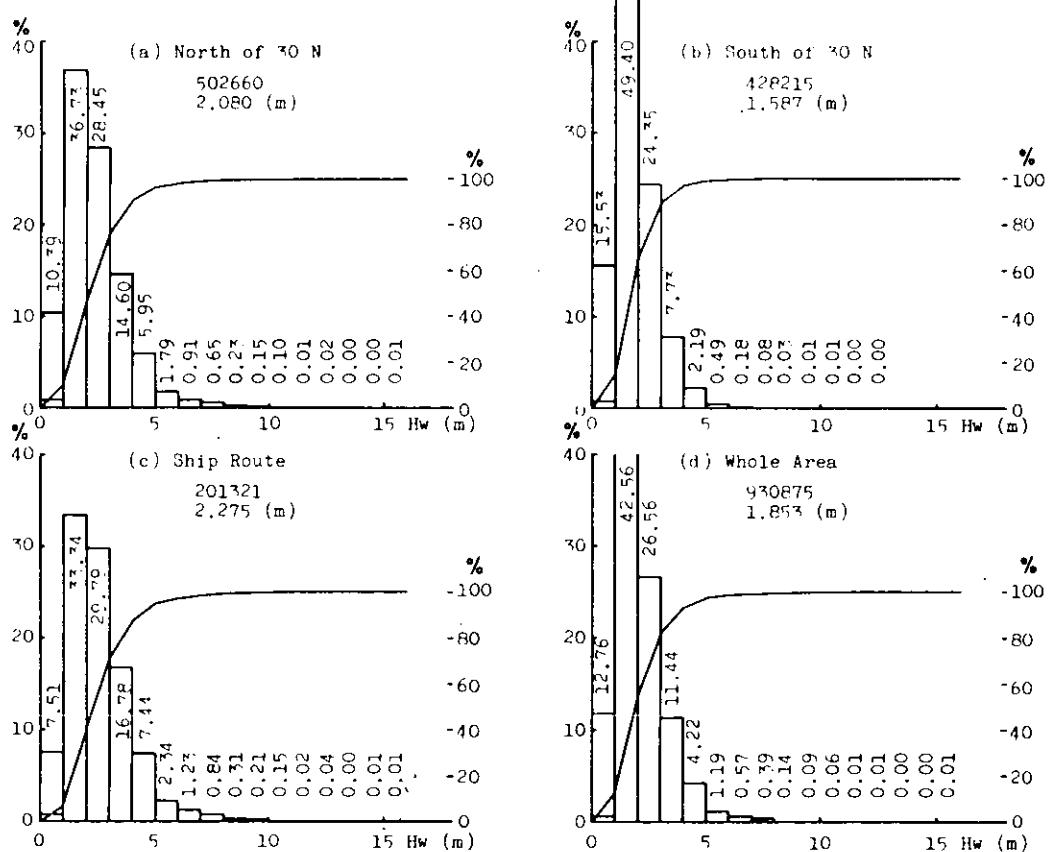


Fig. 1.9 Histogram of Wave Height (Spring)

波高のヒストグラム（春季）

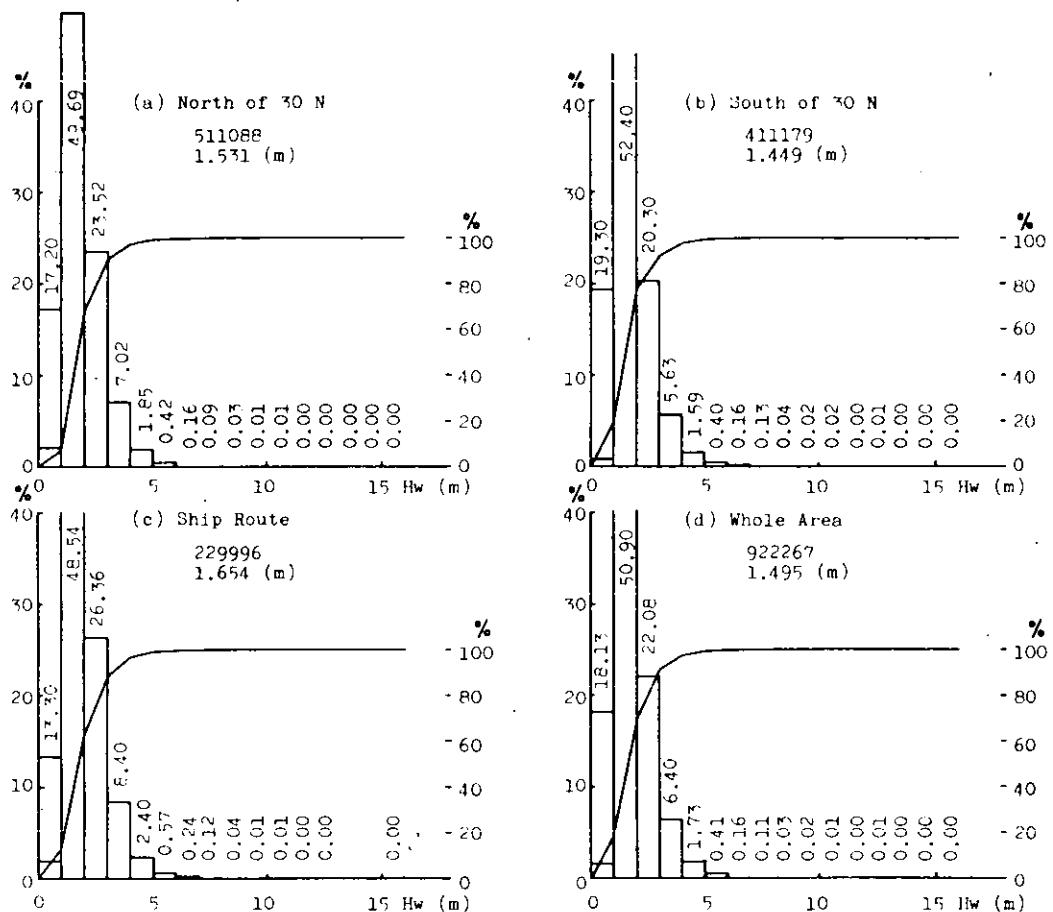


Fig. 1.10 Histogram of Wave Height (Summer)

波高のヒストグラム（夏季）

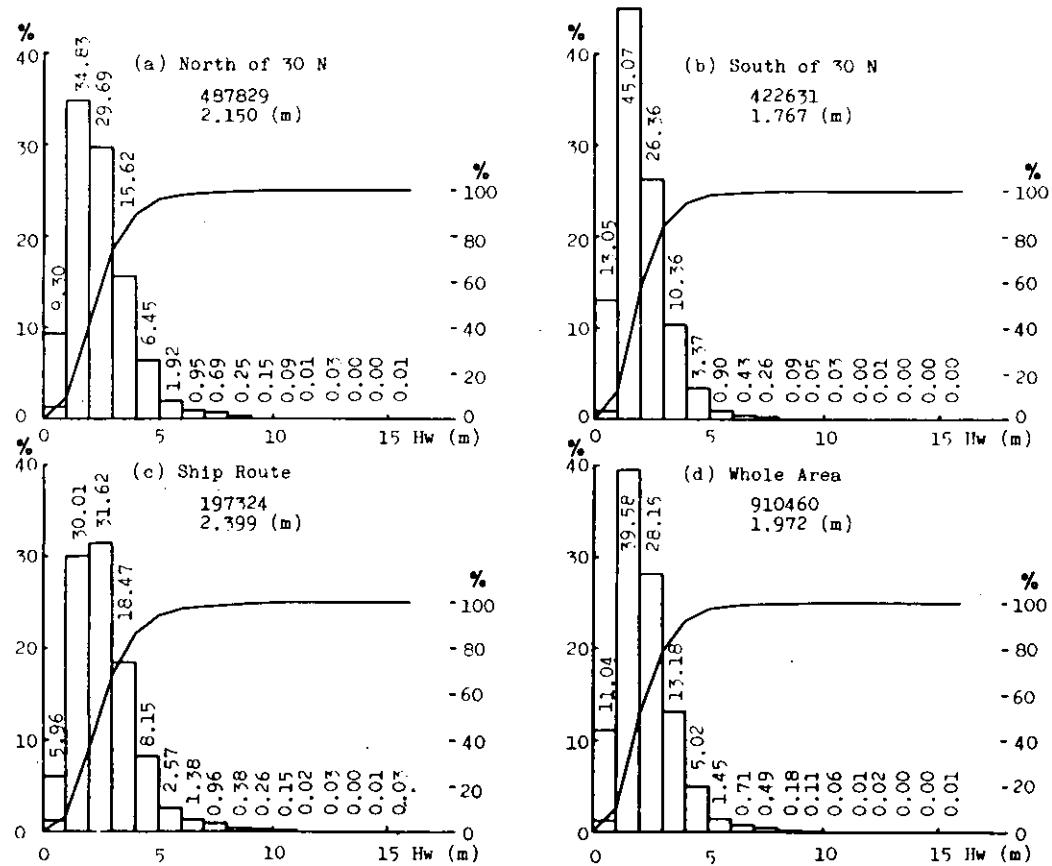


Fig. 1.11 Histogram of Wave Height (Autumn)

波高のヒストグラム (秋季)

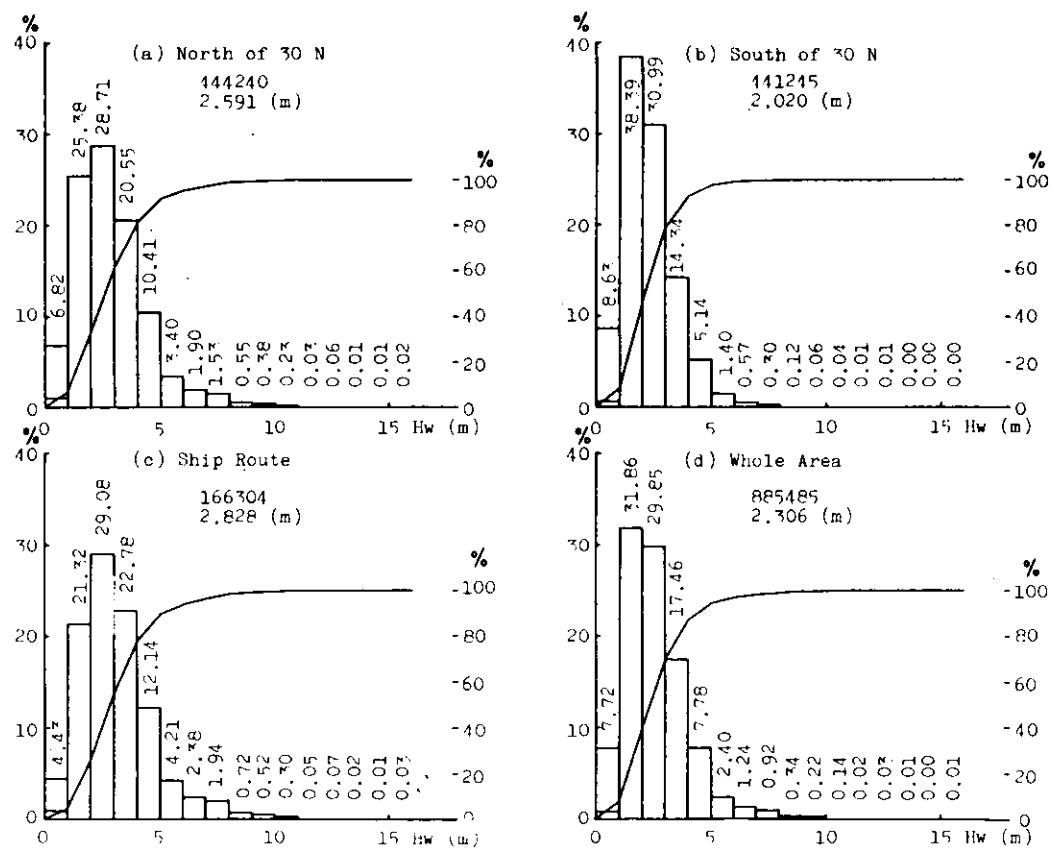


Fig. 1.12 Histogram of Wave Height (Winter)

波高のヒストグラム (冬季)

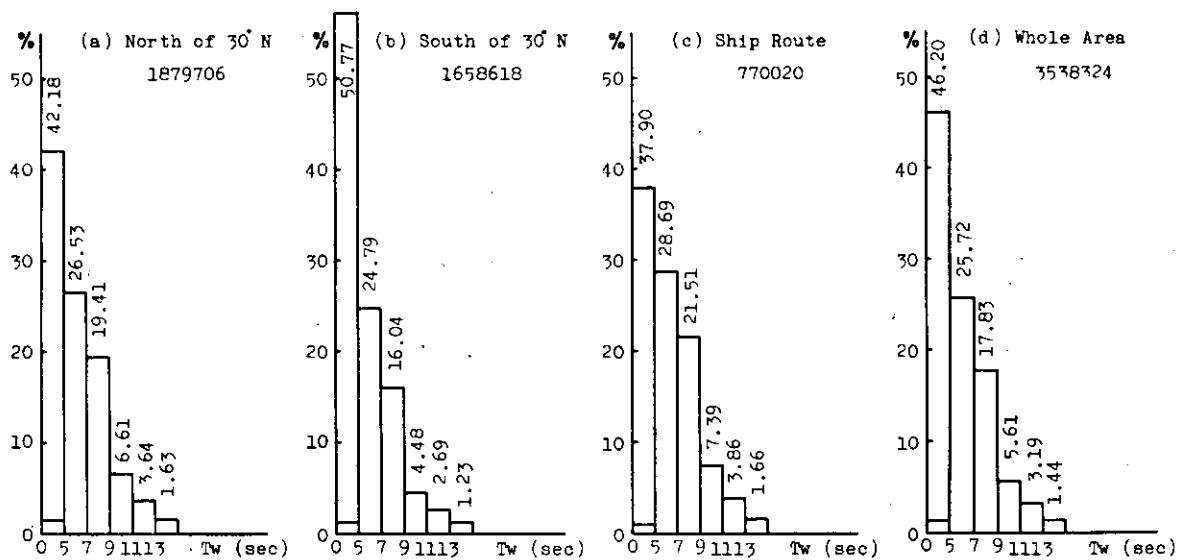


Fig. 1.13 Histogram of Wave Period (Annual)

波周期のヒストグラム（通年）

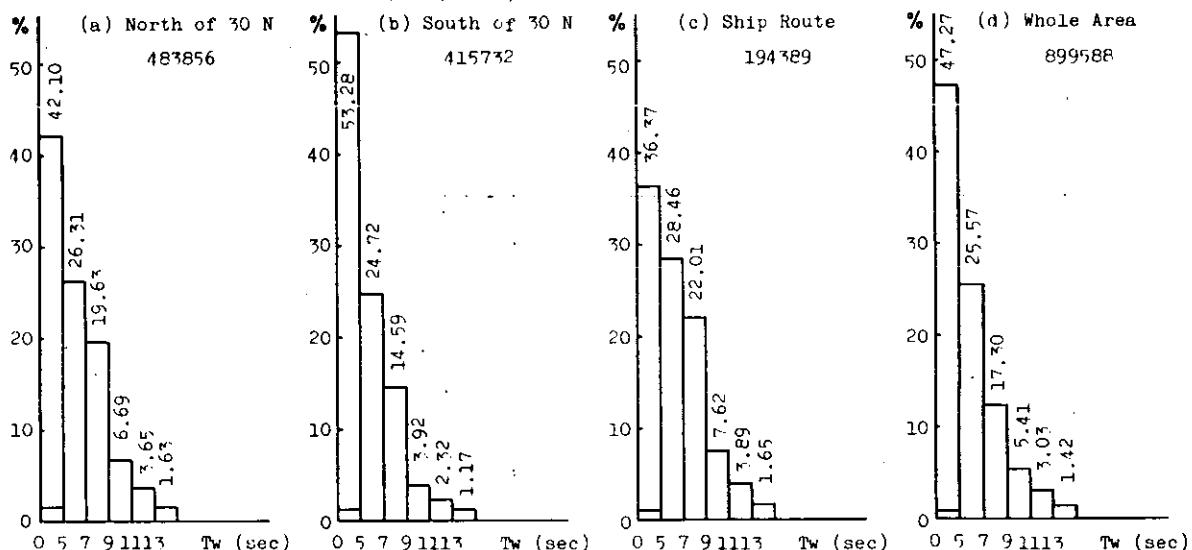


Fig. 1.14 Histogram of Wave Period (Spring)

波周期のヒストグラム（春季）

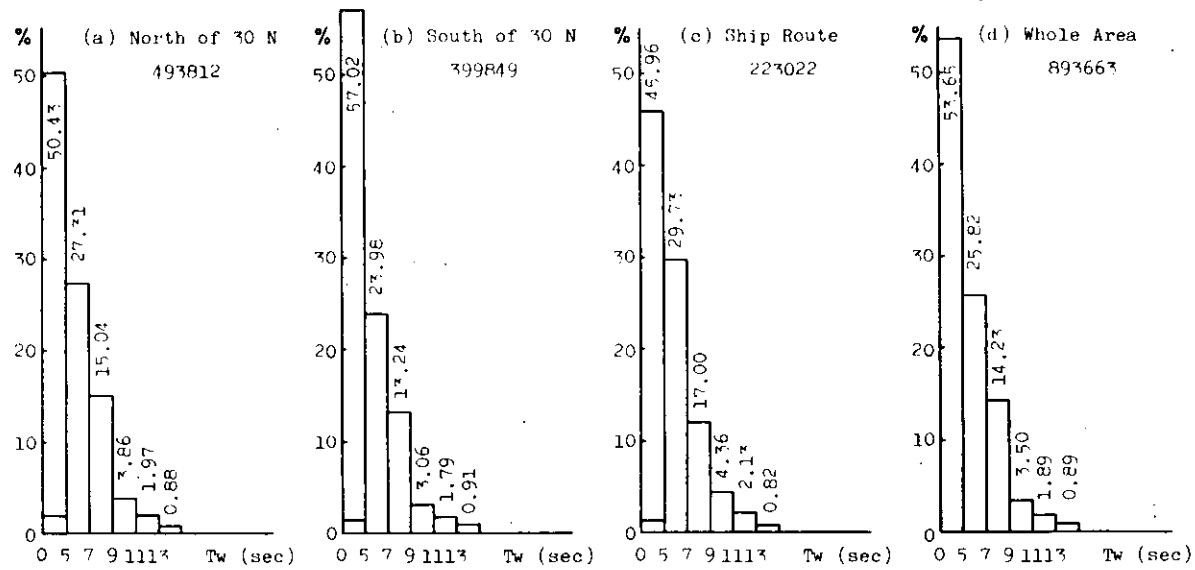


Fig. 1.15 Histogram of Wave Period (Summer)

波周期のヒストグラム（夏季）

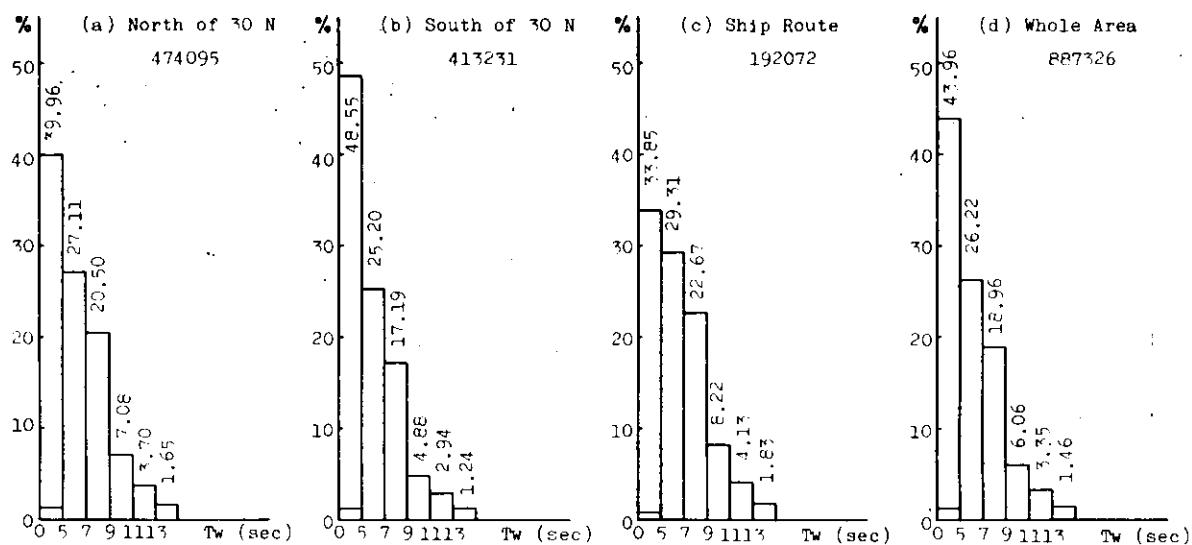


Fig. 1.16 Histogram of Wave Period (Autumn)

波周期のヒストグラム（秋季）

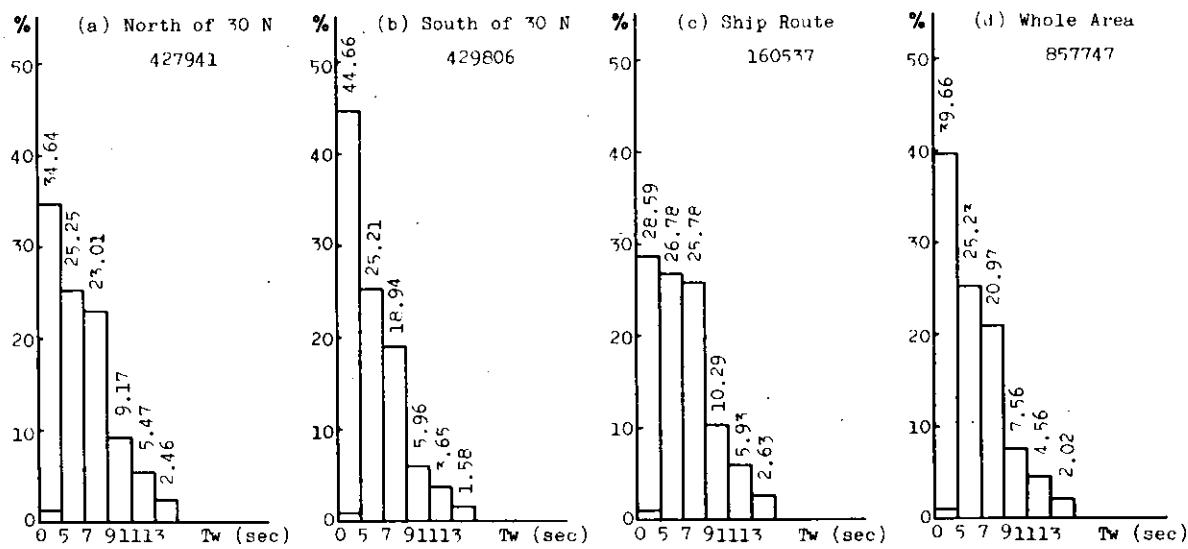


Fig. 1.17 Histogram of Wave Period (Winter)
波周期のヒストグラム（冬期）

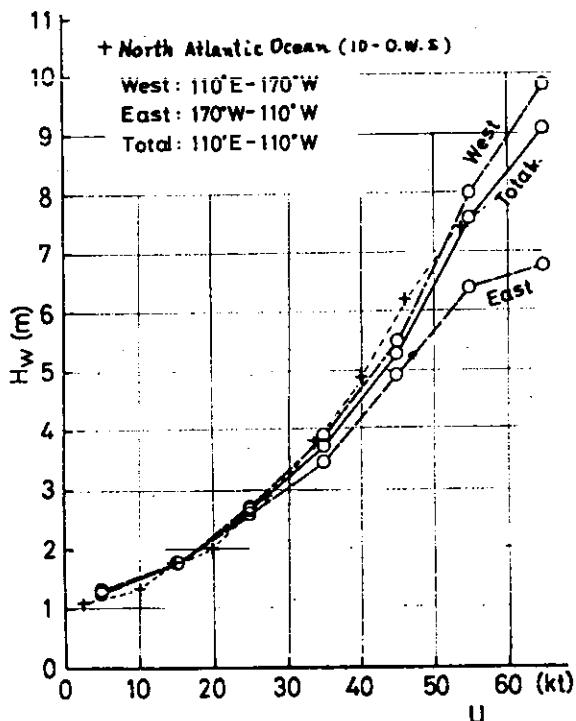


Fig. 1.18 Average Wave Height for Wind Velocity
風速に対する平均波高

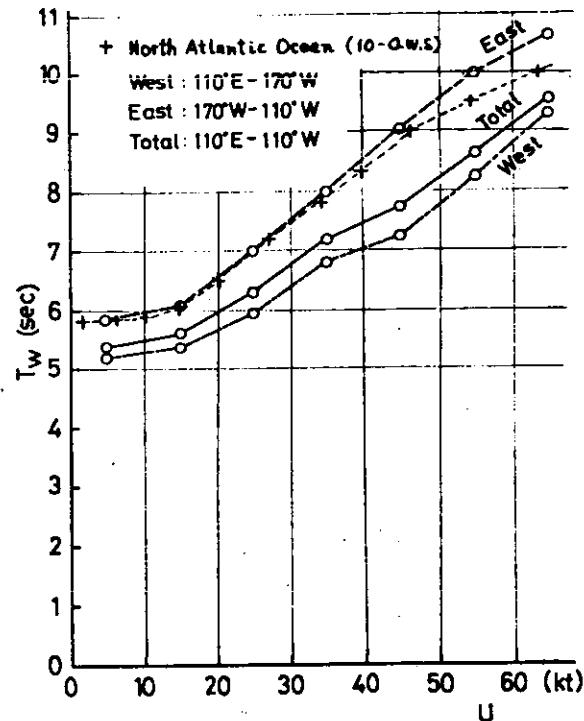


Fig. 1.19 Average Wave Period for Wind Velocity
風速に対する平均波高

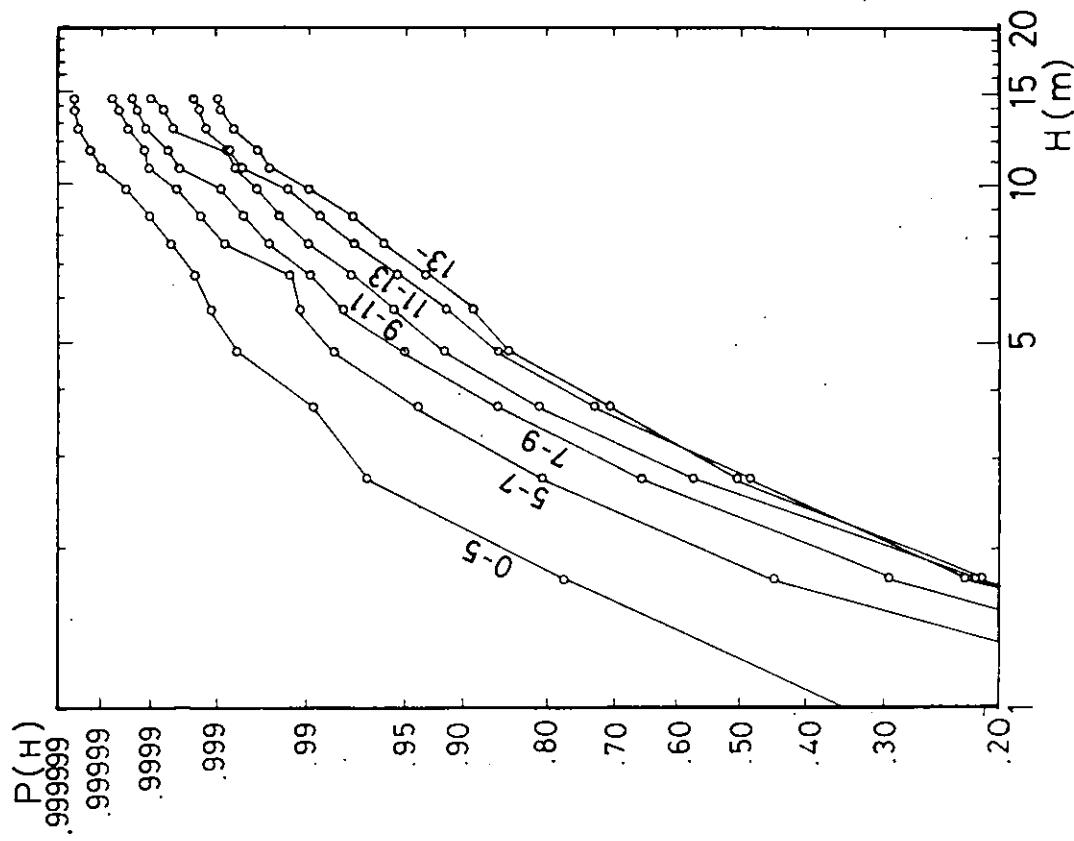


Fig. 1.20 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Weibull Paper,
Whole Year, All Area ($H_0 = 0$)
ワイブル確率紙上へのプロット、通年、全海域 ($H_0 = 0$)

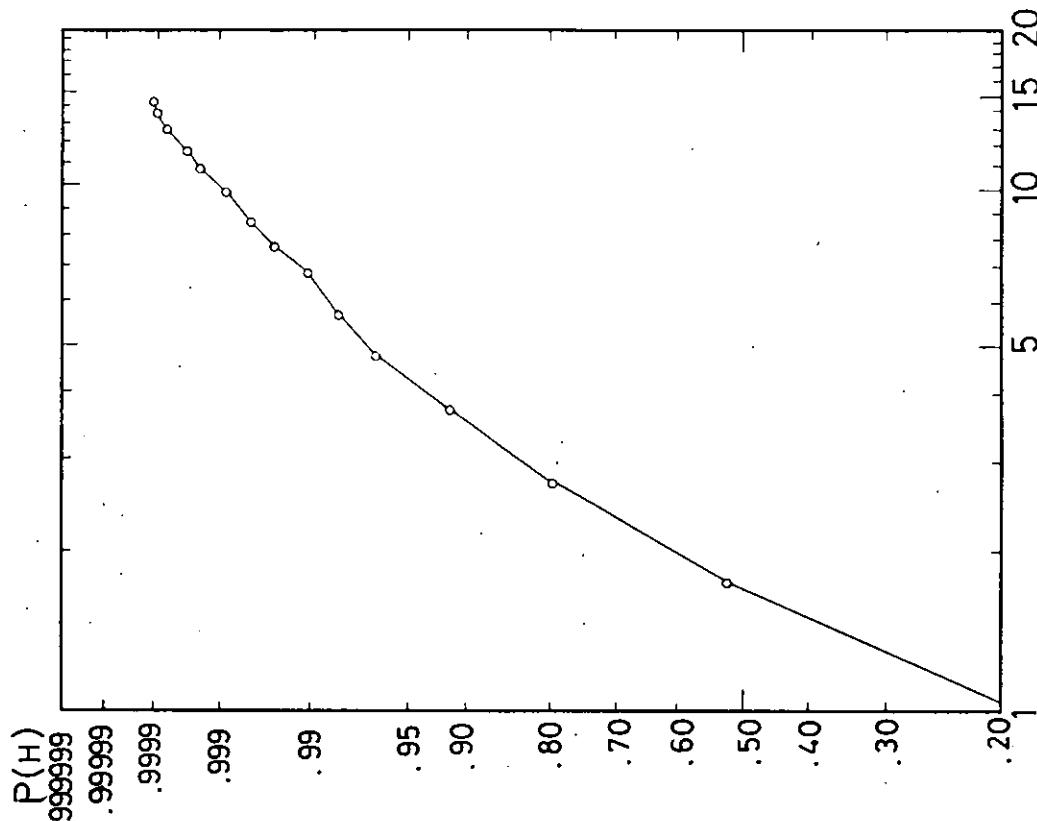


Fig. 1.21 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Weibull Paper,
Whole Year, All Area, All Period ($H_0 = 0$)
ワイブル確率紙上へのプロット、通年、全海域、全周期 ($H_0 = 0$)

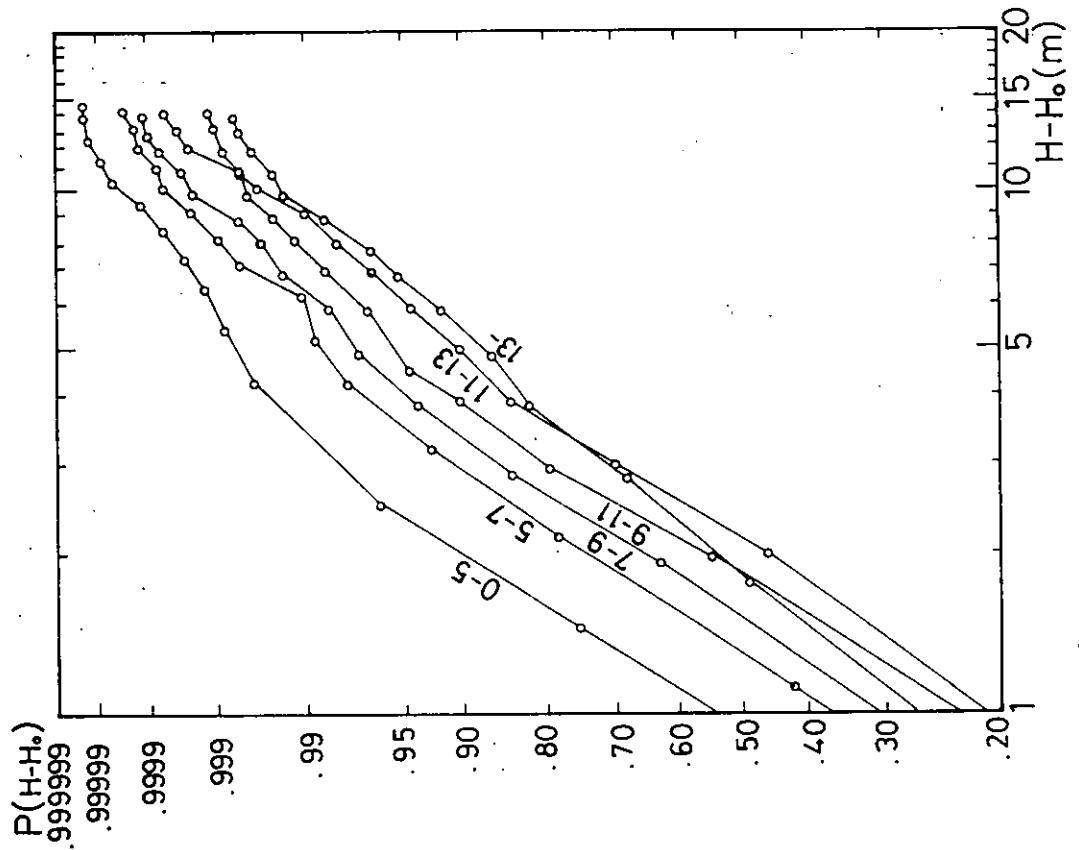


Fig. 1.22 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Weibull Paper,
Whole Year, All Area
ワイブル確率紙上へのプロット、通年、全海域

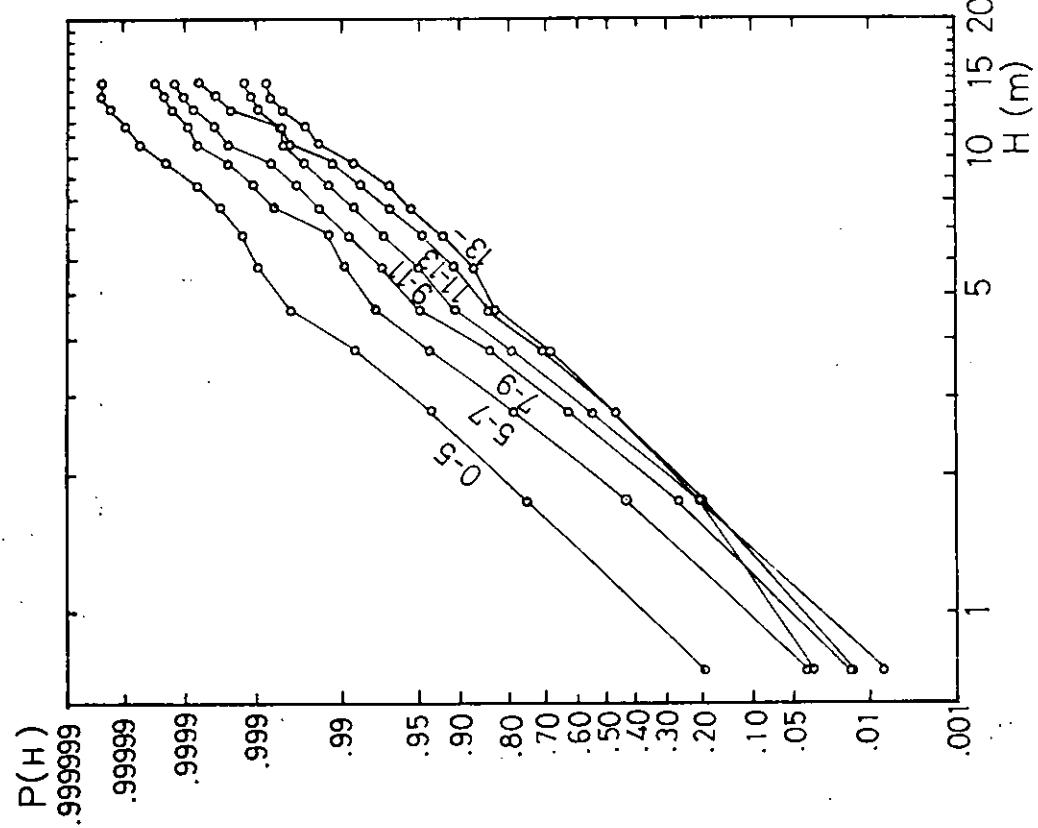


Fig. 1.23 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Whole Year, All Area
対数正規確率紙上へのプロット、通年、全海域

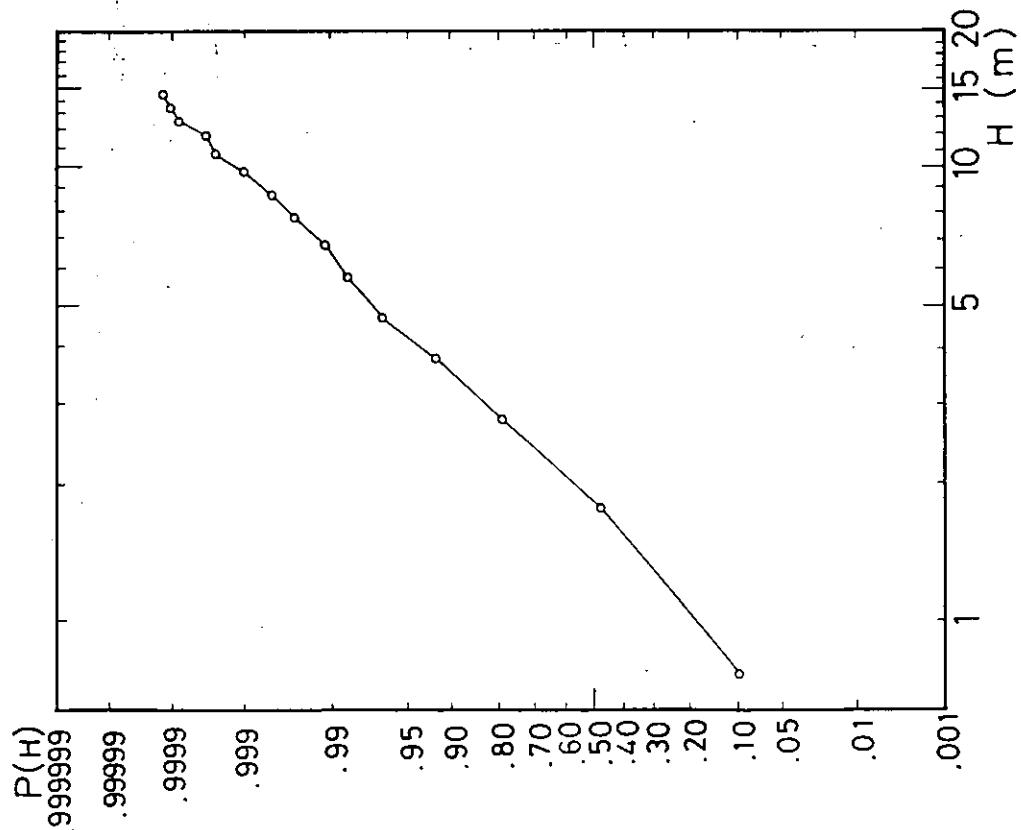


Fig. 1.24 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Whole Year, All Area, All Period
対数正規確率紙上へのプロット、通年、全海域、全周期

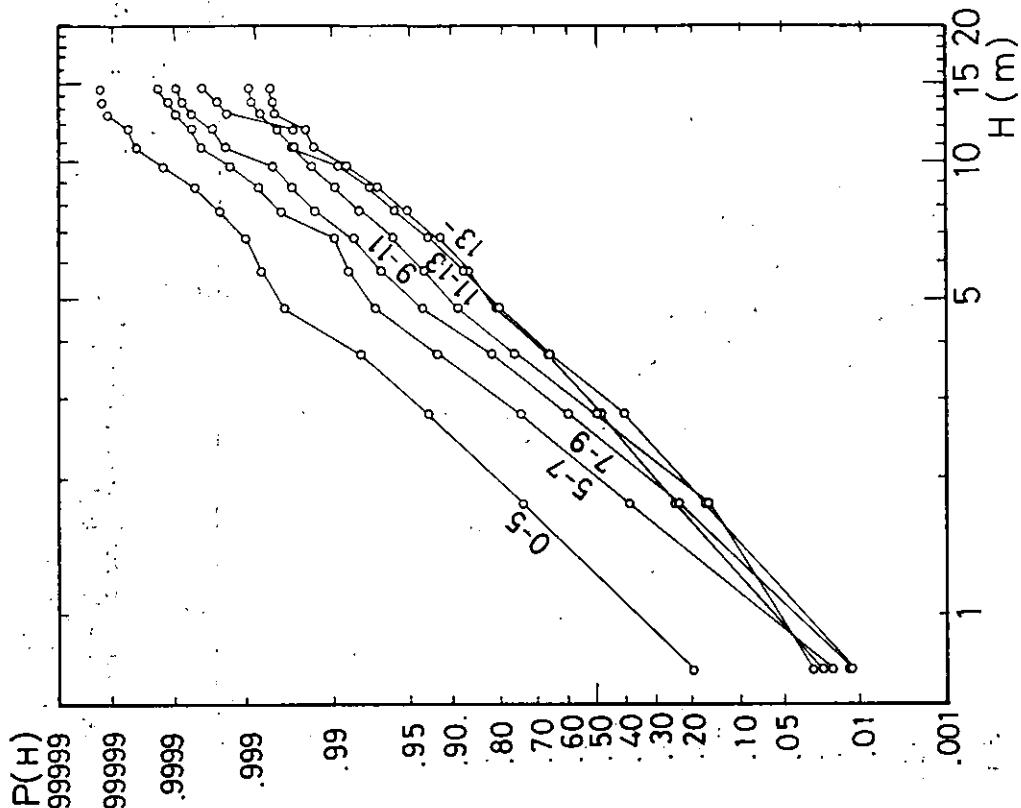


Fig. 1.25 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Whole Year, Zone (00°N-50°N, 110°E-170°W)
対数正規確率紙上へのプロット、通年、海域 (00°N-50°N, 110°E-170°W)

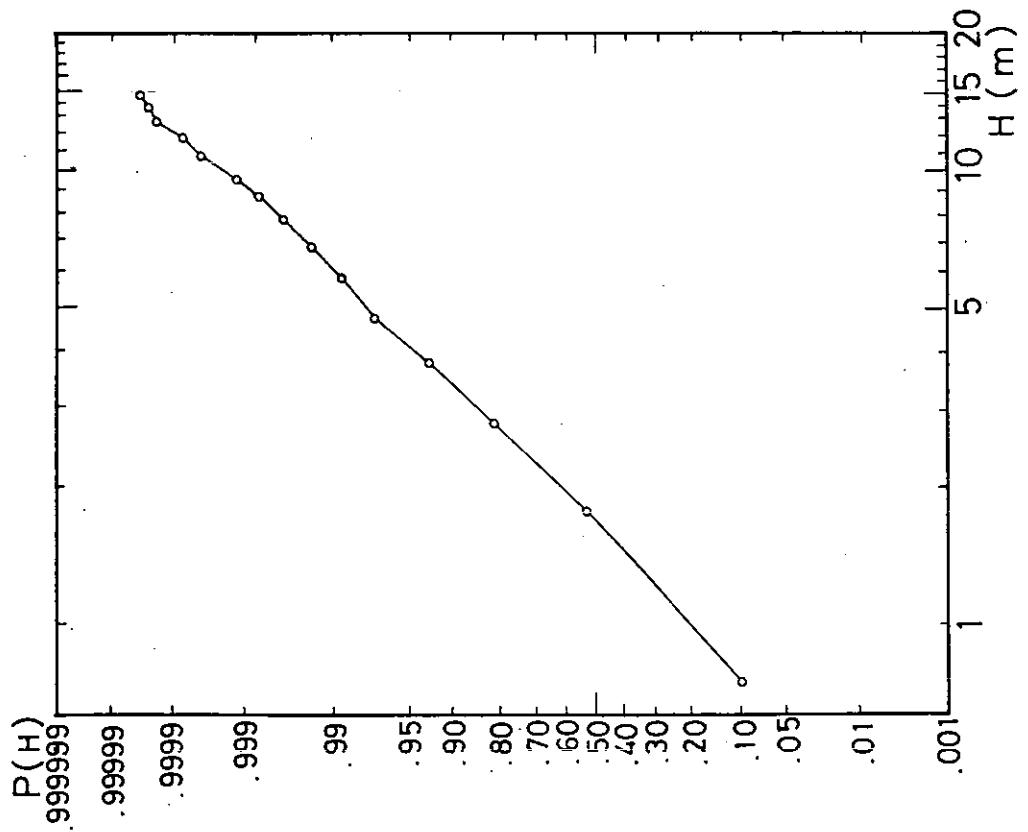


Fig. 1.26 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Whole Year, Zone (00°N-50°N, 110°E-170°W), All Period
対数正規確率紙上へのプロット、通年、海域 (00°N-50°N, 110°E-170°W), 全周期

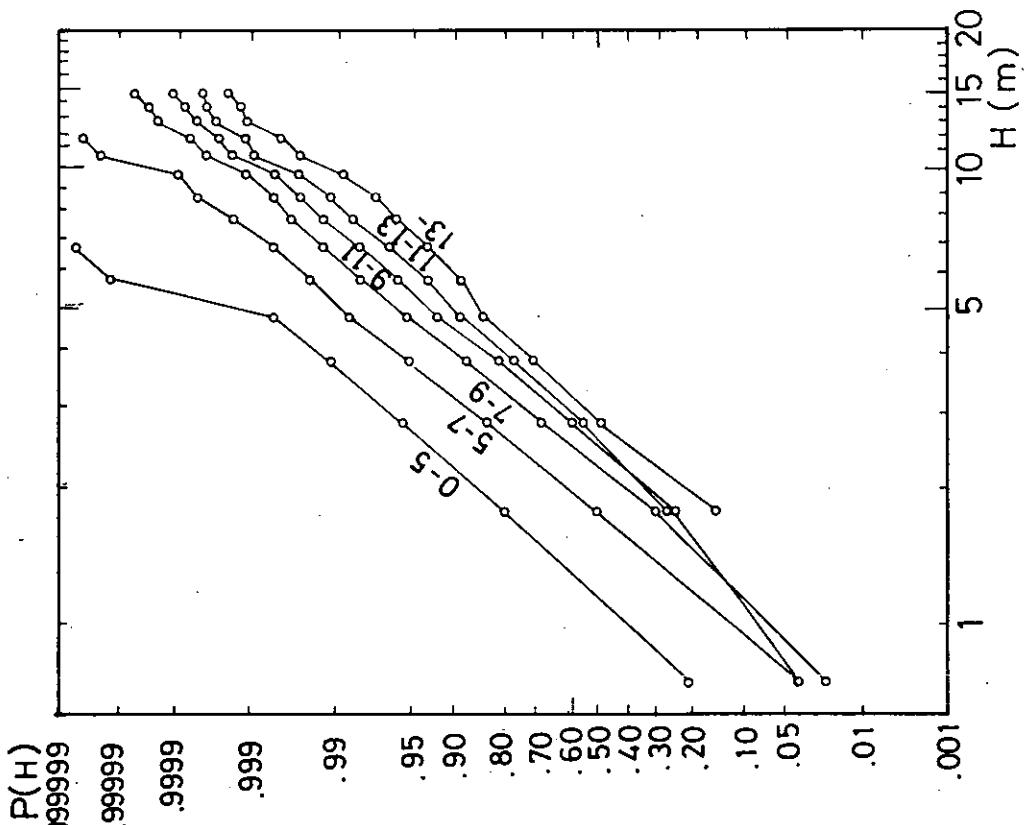


Fig. 1.27 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Whole Year, Zone (00°N-50°N, 170°W-110°W)
対数正規確率紙上へのプロット、通年、海域 (00°N-50°N, 170°W-110°W)

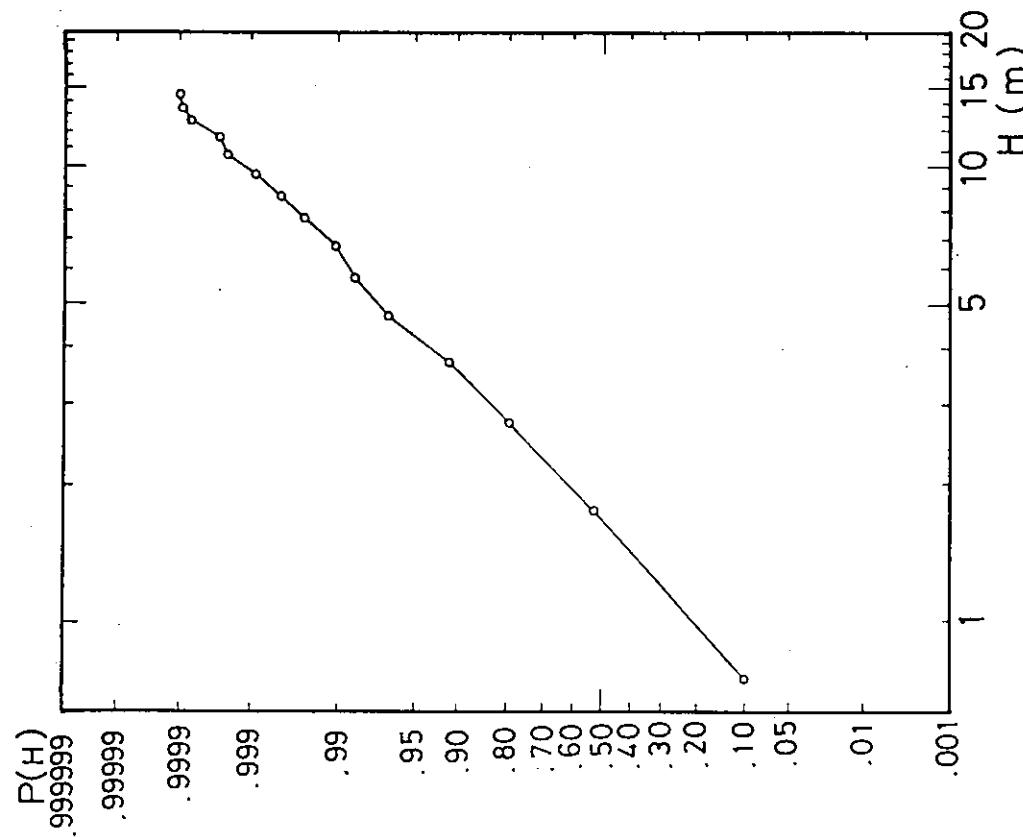


Fig. 1.28 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Whole Year, Zone (00°N - 50°N , 170°W - 110°W), All Period
対数正規確率紙上へのプロット, 通年, 海域 (00°N - 50°N , 170°W - 110°W), 全周期

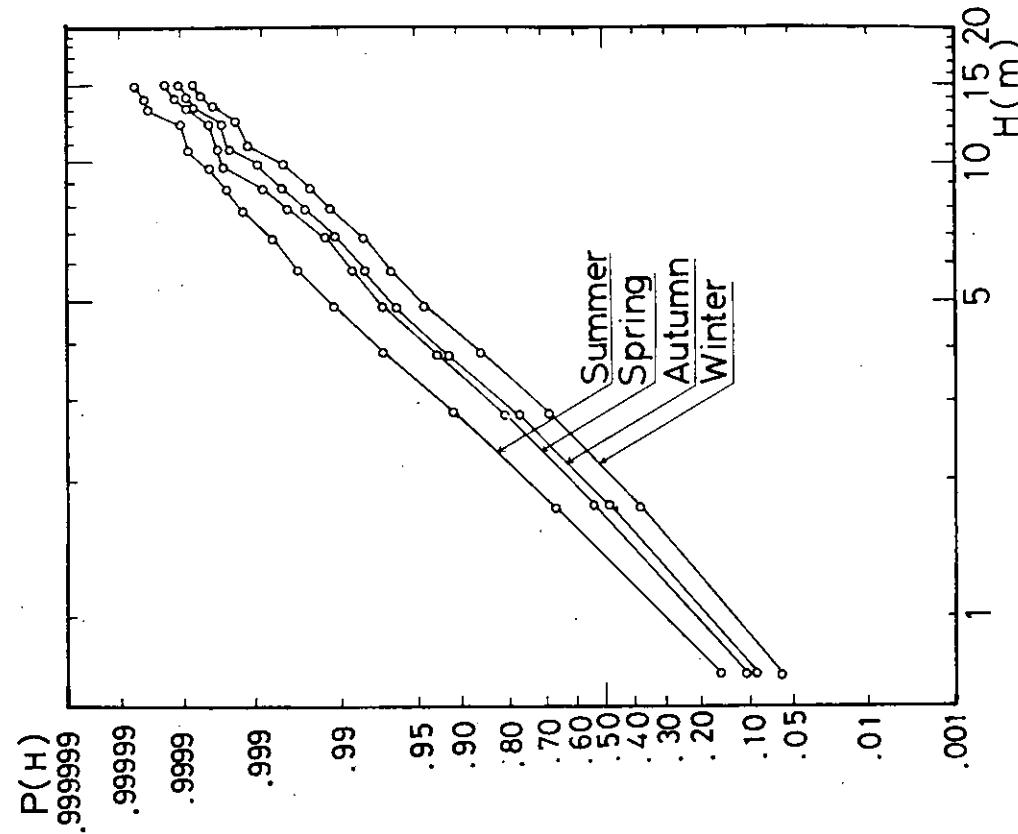


Fig. 1.29 Cumulative Probabilities of Significant Wave Heights on Log-Normal Paper,
Each Season, All Area
対数正規確率紙上へのプロット, 四季別, 全海域, 全周期

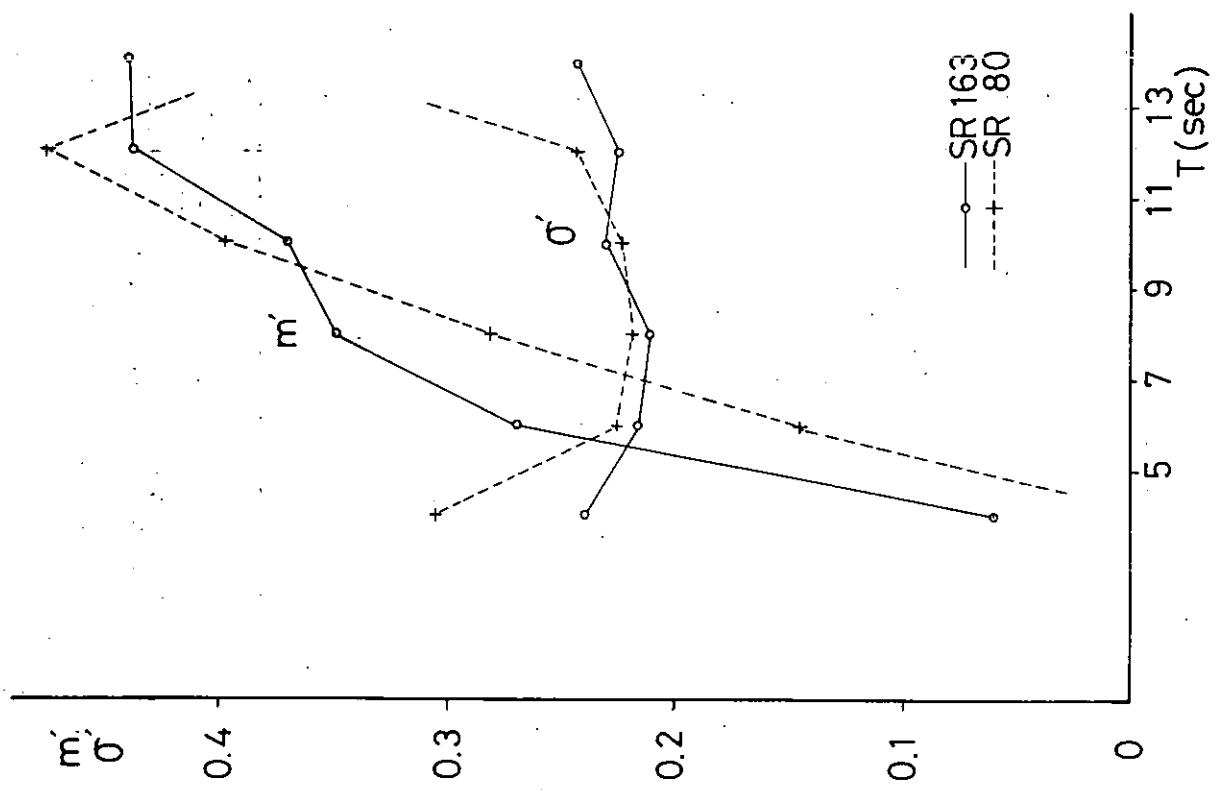


Fig. 1.30 Mean and Standard Deviations for Each Wave Periods, Whole Year, All Area
波周期別平均値、標準偏差、通年、全海域

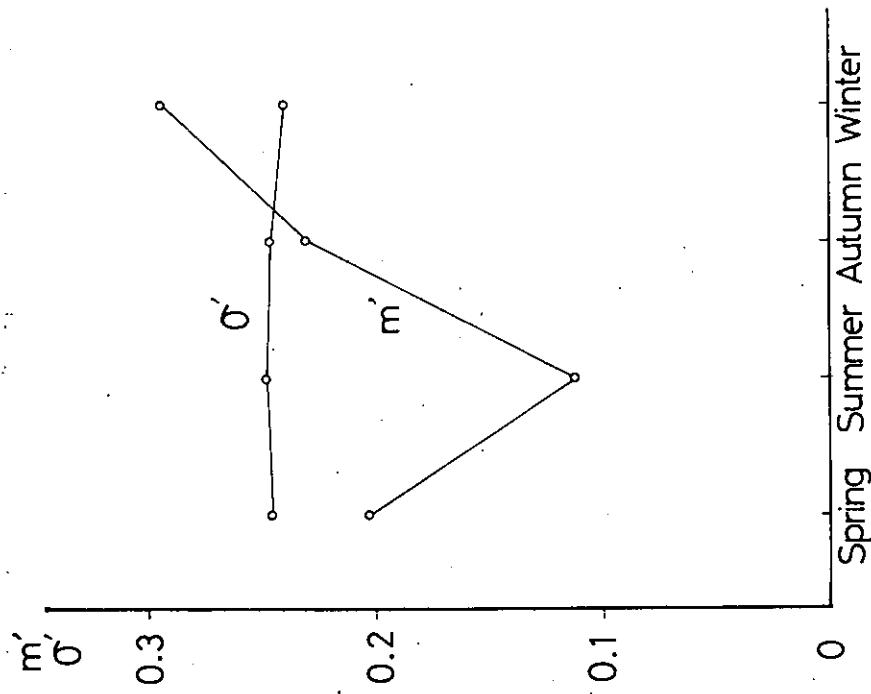


Fig. 1.31 Mean and Standard Deviations for Each Seasons, All Area, All Period
四季別平均値、標準偏差、全海域、全周期

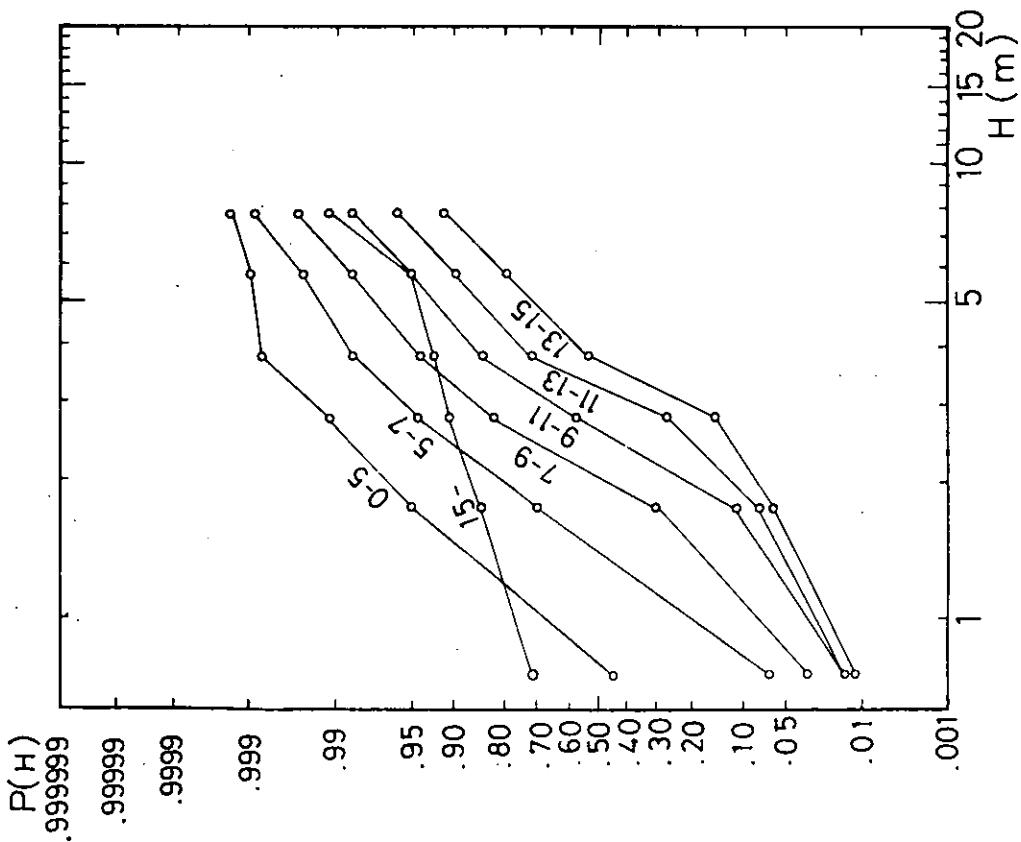


Fig. 1.32 Cumulative Probabilities of Visual Wave Heights on Log-Normal Paper,
According to SR 80's Data, Whole Year, All Area

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

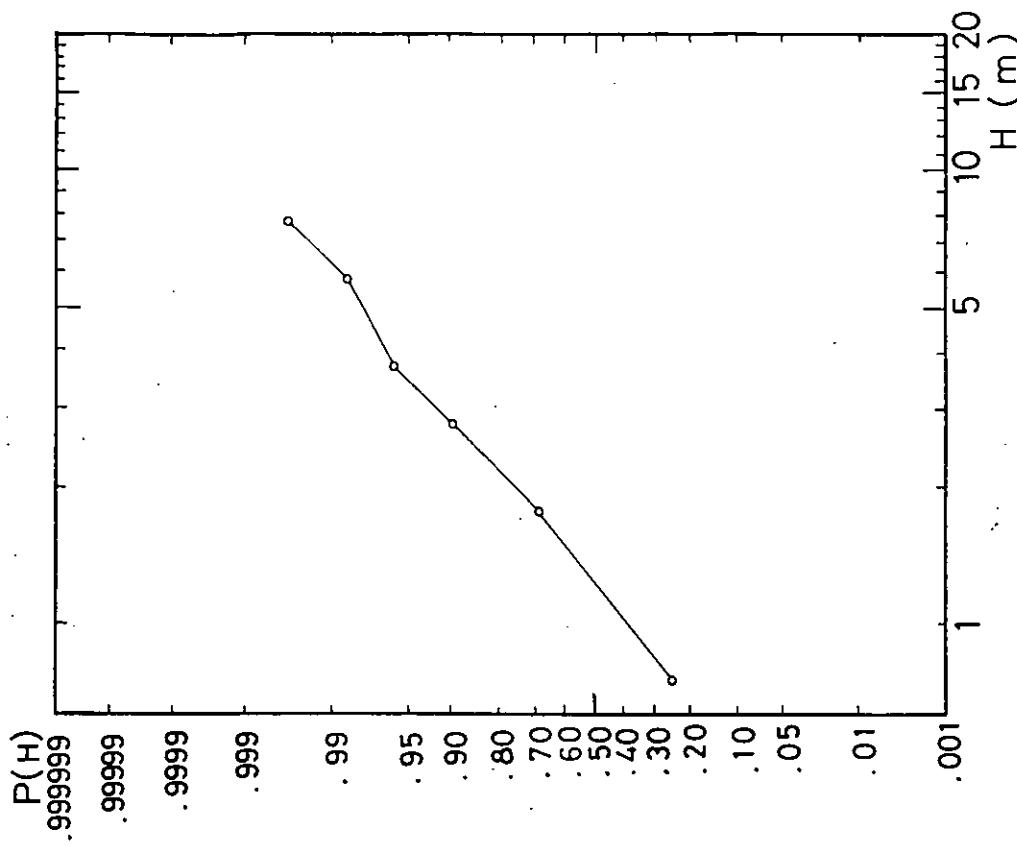


Fig. 1.33 Cumulative Probabilities of Visual Wave Heights on Log-Normal Paper,
According to SR 80's Data, Whole Year, All Period

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

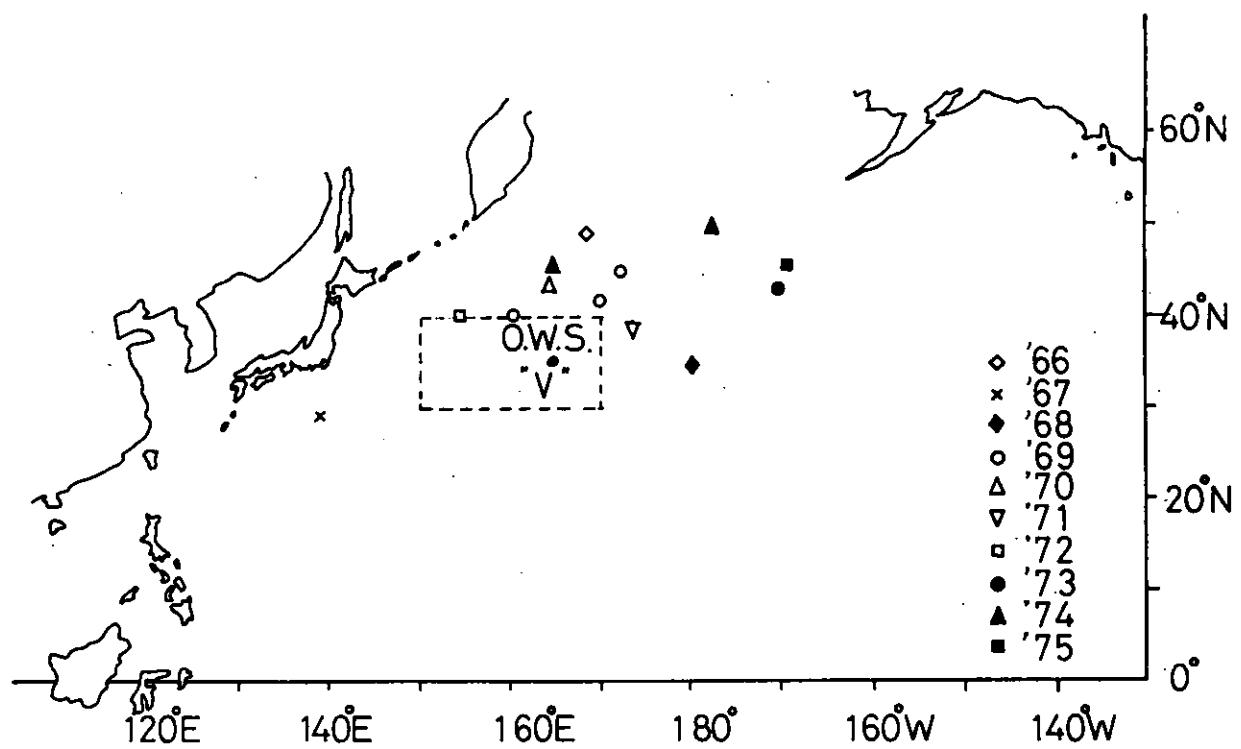


Fig. 1.34 Location of Observed Maximum Wave Height for Each Years
各年毎に観測された最大波高の位置

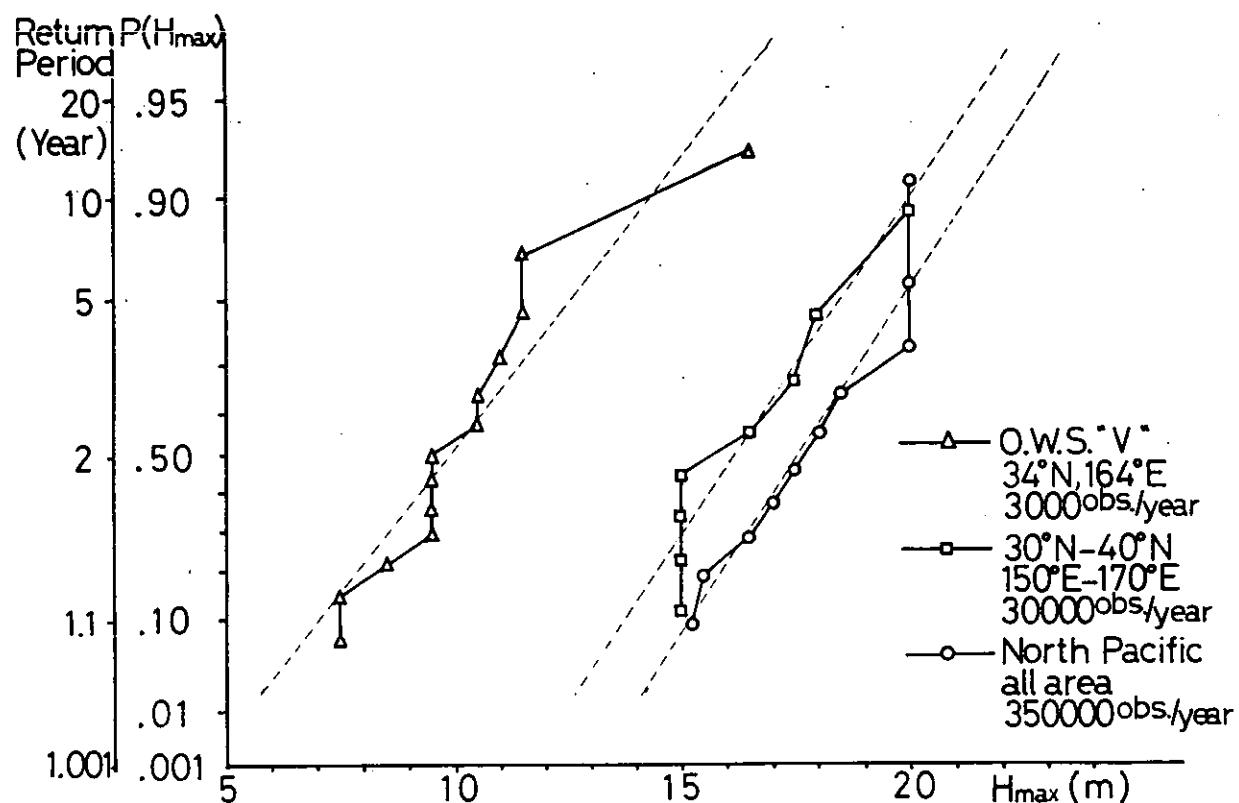


Fig. 1.35 Cumulative Probabilities of Maximum Wave Heights on Gumbel Paper
最大波高のGumbel 極値確率紙上へのプロット

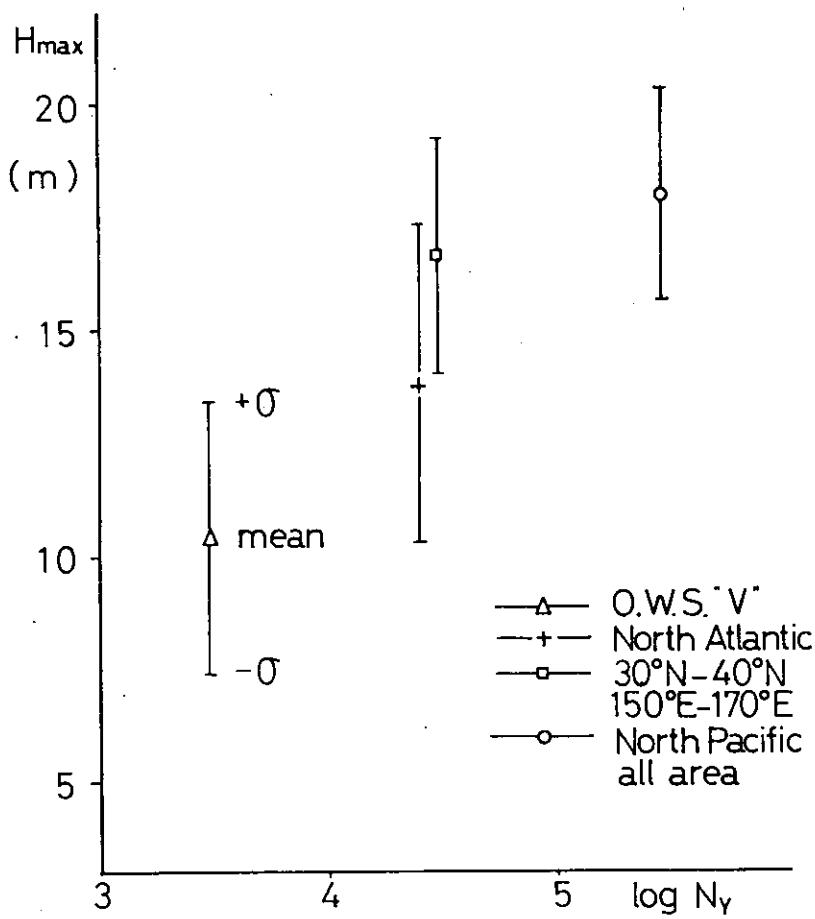


Fig. 1.36 Relation of Average Observed Number in Year (N_Y) and Average Maximum Wave Height
年間平均観測数 N_Y と 平均最大波高の関係

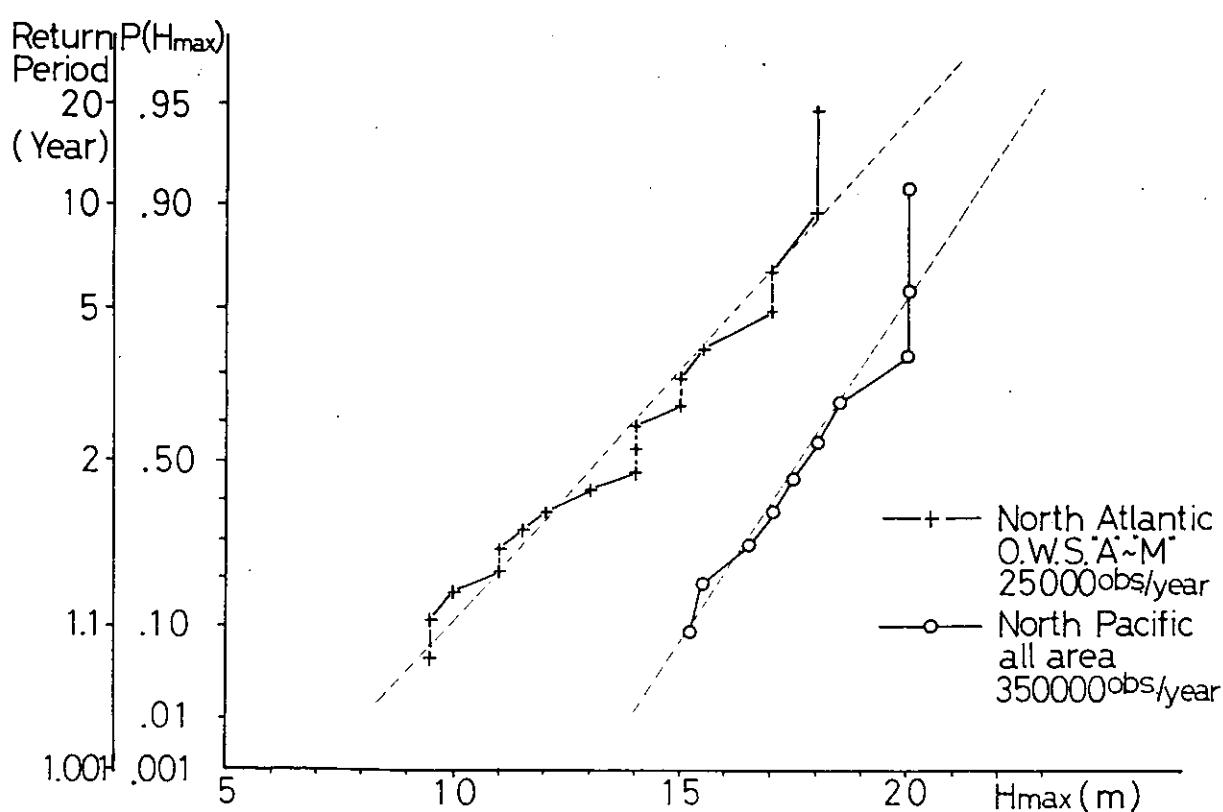


Fig. 1.37 Comparison of Cumulative Probabilities of Maximum Wave Heights of North Pacific and North Atlantic
北太平洋と北大西洋の最大波高分布の比較

Tab. 1. 1 Classes of Direction of Winds and Waves
風向および波向の区分

Code	Ship code	Direction
1	3 5 3 6 0 1	345°— 15°
2	0 2 0 3 0 4	15 — 45
3	0 5 0 6 0 7	45 — 75
4	0 8 0 9 1 0	75 — 105
5	1 1 1 2 1 3	105 — 135
6	1 4 1 5 1 6	135 — 165
7	1 7 1 8 1 9	165 — 195
8	2 0 2 1 2 2	195 — 225
9	2 3 2 4 2 5	225 — 255
10	2 6 2 7 2 8	255 — 285
11	2 9 3 0 3 1	285 — 315
12	3 2 3 3 3 4	315 — 345
13	0 0	Calm
14	Total	

Tab. 1. 2 Classes of Wind Velocity
風速の区分

Code	Ship code	Wind Velocity
1	0 1 … 0 9	0 \leq U \leq 10 (KT)
2	1 0 … 1 9	10 \leq U \leq 20
3	2 0 … 2 9	20 \leq U \leq 30
4	3 0 … 3 9	30 \leq U \leq 40
5	4 0 … 4 9	40 \leq U \leq 50
6	5 0 … 5 9	50 \leq U \leq 60
7	6 0 … 6 9	60 \leq U \leq 70
8	7 0 … 9 9	70 \leq U
9	0 0	Calm
10	Total	
11		Max. value of U

Tab. 1. 4 Classes of Wave Period
波周期の区分

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 \leq T _w \leq 7
3	4	8 9	4	7 \leq T _w \leq 9
4	5	0 1	5	9 \leq T _w \leq 11
5	6	2 3	6	11 \leq T _w \leq 13
6	7 8 9 0 1	4	7 8 9 0 1	13 \leq T _w
7				Calm
8	Total			

Tab. 1. 6 Observed Maximum Wave Heights for Each Years
年別最大観測波高

Year	H _{max} (m)
1966. 2	15.2
67. 9	15.5
68. 3	18.0
69. 9	20.0
70. 3	17.0
71. 1	17.5
72. 2	20.0
73. 4	16.5
74. 5	20.0
75. 4	18.5

Tab. 1. 5 Estimated Parameters of Weibull Distribution for Each Wave Periods
周期別ワイブル分布のパラメータ

Period	H _c (m)	H _o (m)	r
0 — 5	1.4898	0.3125	1.333
5 — 7	2.2688	0.5949	1.408
7 — 9	2.7386	0.8712	1.323
9 — 11	3.0385	0.8157	1.330
11 — 13	3.3966	0.8279	1.300
13 —	3.4264	0.9827	1.145
Total	2.0812	0.3889	1.258

Tab. 1.7 Ship's Meteorological Data when Wave Height Greater than 15 m were
Observed (1964~1973)

15 m 以上の大波高を観測したときの船舶気象データ

年	月	日	觀示度	緯度 N	經度 W	全風量 36 kt	風向 36	風速 気圧山	乾球溫度 °C	溫球溫度 °C	海面水温 °C	水温差 °C	方錨	錨	風浪	周期	波高	うねり	露点	溫度	天候の型	
1964	1	30	12	53.4	146.5	32.02	A	987.4	4.0												Lc	
	12	21	06	32.3	179.7	4.30.45	97.01	1	992.0	15.0	13.0	3	4	5	1	0	17.0	-2.0	29.5	7.9	28.7	18.0
1965	2	21	00	45.8	172.6	8.21.09	96.1	2	984.1	6.7	5.6	8	7	2	X	X	6.1	0.6	20.0	X	15.0	
	4	21	18	25.6	138.6	5.1	93.2	2	1101.9	20.5	5	8	6	5	0	24.0	-3.5	X	X	3.5	X	15.0
1968	1	12	06	55.3	134.5	8.05.35	9.9	02	2	999.7	-3.9	0	0	9	0	2	6.7	-10.6	25.4	15.2		Lc
	2	23	18	34.6	163.7	6.27.35	91.15	9	993.0	13.3			4	3	4	2	0	13.8	-0.5	27.0	7.0	99.11
1969	2	24	06	34.5	167.1	8.20.35	97.03	2	994.2	14.4	8	8	3	X	X	X	15.0	-0.6	20.4	7.0	24.12	15.0 Lc(f)
	2	24	00	34.5	166.1	8.27.60	96.15	6	1000.5	14.4	9	6	3	X	X	X	15.6	-1.2	27.4	7.5	27.8	15.0 Lc(f)
1970	4	3	26	51.6	159.3	6.27.30	98.01	2	991.2	3.9	6	6	4	5	0	3.3	0.6	27.5	3.5	26.10	15.0 Lc	
	10	22	00	23.9	135.6	23.25	97.25	8	984.8	10.0							12.8	-2.8	23.0	23	14.15.0	Lc
1971	10	22	12	55.8	139.7	10.35.97	02.8	9	997.6	6.7							11.8	-5.1	30.0	X	30.0	14.15.0 Lc
	12	05	06	35.3	151.5	7.05.50	97.02	2	1017.3	13.3	7	5	3	X	X	X	16.1	-2.8	05.0	X	05	12.15.0 L
1972	12	15	12	23.6	147.2	05.12.96	02	2	1019.6	21.1							23.2	-2.2	05.2	2	1.0	54.14.17.0 録
1973	12	20	00	34.2	156.7	4.28.45	99.15	2	1005.5	14.9	4	1	4	0	0	18.3	-3.4	28.6	7.5	30.14.15.0 Lm		
	12	20	00	31.5	153.5	8.29.39	98.25	8	1006.9	14.5	8	7	4	X	X	X	14.5	0.0	29.3	5.0	30.12.15.0 Lm	
	12	23	06	48.4	143.9	6.23.40	97.03	2	981.0	6.5	3	7	4	2	2	6.0	0.5	23.2	2	5.5	26.12.15.0 Lc(f)	
1974	1	1	19	33.8	166.5	3.28.42	96.01	1	1001.2	15.0	2	4	5	1	0	17.0	-2.0	28.3	4.0	28.10.15.0 L		
	1	2	30	55.2	164.1	7.27.45	91.01	1	999.0	14.0	7	7	2	X	X	X	15.0	-1.0	27.4	5.0	26.10.15.0 Lc	
1975	1	2	06	35.0	165.0	7.29.35	97.02	2	1008.0	13.0	7	7	2	X	X	X	16.0	-3.0	29.4	5.0	26.10.15.0 L	
	2	25	00	51.6	138.1	6.29.36	97.70	7	1015.0	1.5	5	3	2	0	0	8	4.5	-3.2	29.8	10.0	30.14.15.0 4(nw)	
1976	2	25	00	52.0	140.4	5.32.55	98.02	0	1017.9	5.5	3	2	5	7	0	5.6	-0.1	32.4	4.5	34.10.20.0 M(nw) 録		
	3	4	15	32.6	117.5	0.0	96.00	0	1013.9	11.1	0	0	9	0	0	13.3	-2.2	X	0.0	34.10.20.0 L		
1977	3	11	00	47.0	132.1	6.33.45	97.26	8	1009.7	5.7	4	6	4	6	0	5.4	0.3	33.3	4.5	28.13.15.0 L		

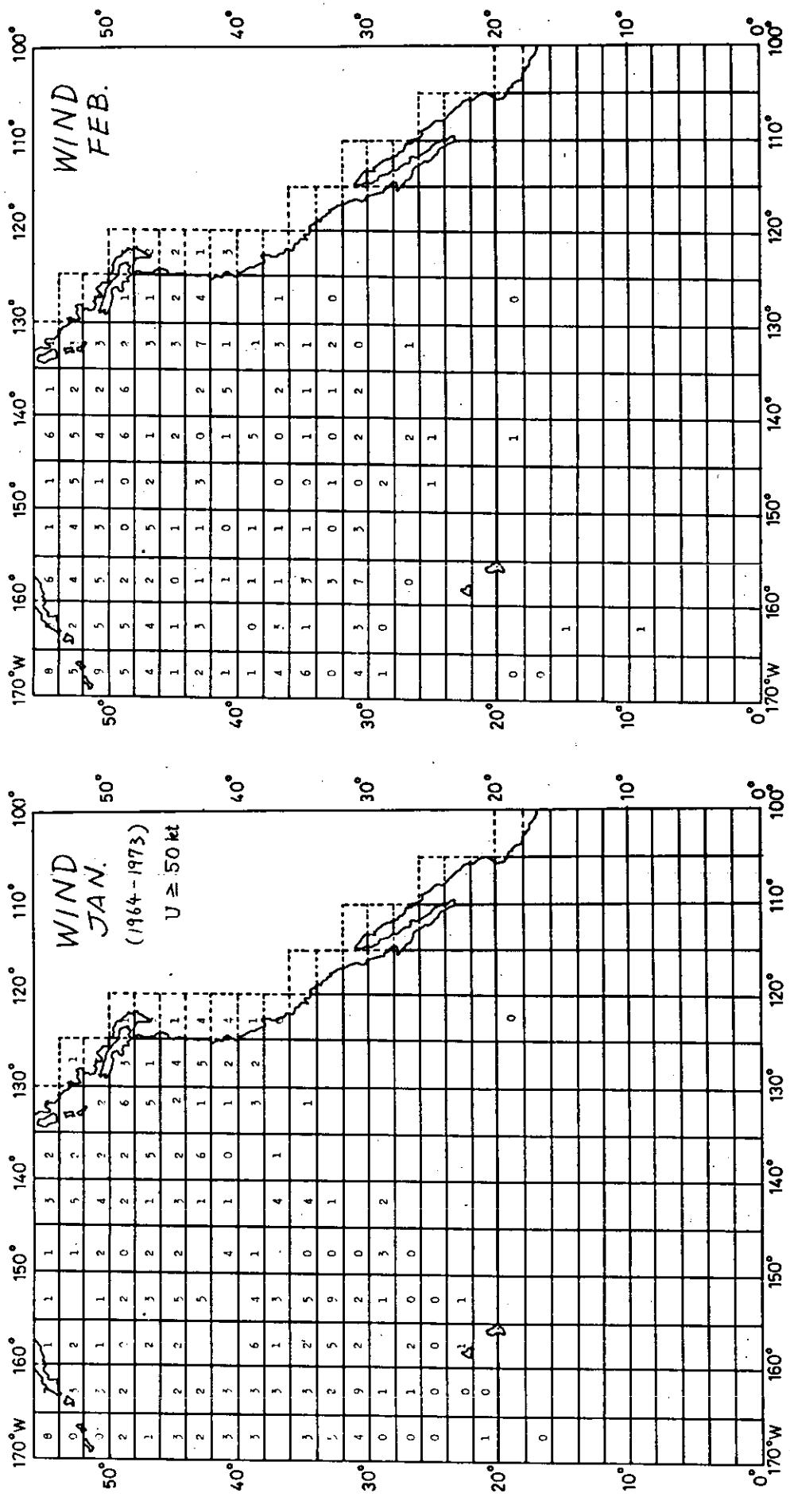


Fig. 1.38~49 Distribution of Number of Wind Speed Observations Greater than 50 Knots for Each Area During Ten Years (1964~1973)
10年間に各海域で50 Kt. 以上の風速を観測した回数の分布
(1964~1973)

Fig. 1.39

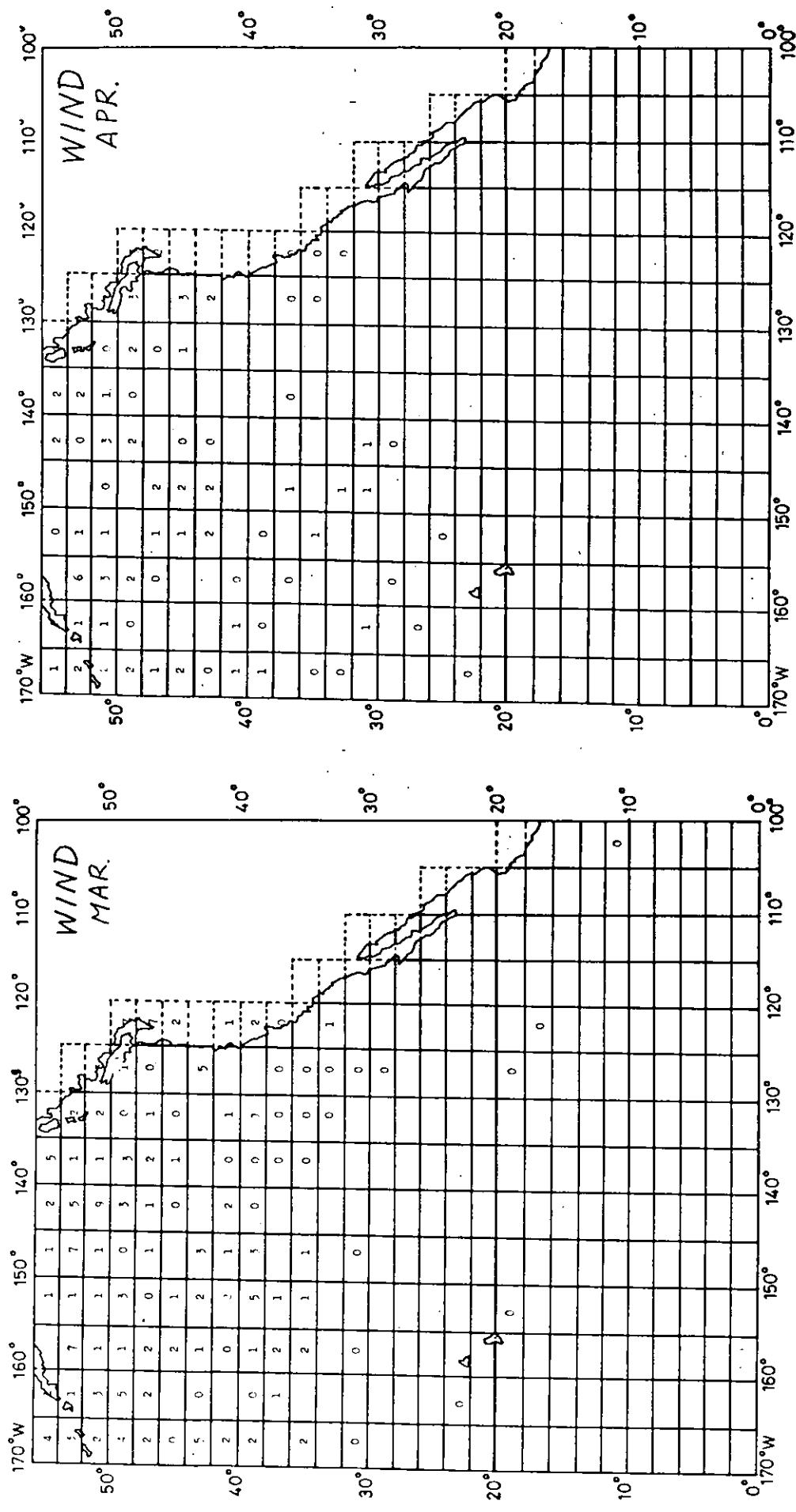


Fig. 1.40

Fig. 1.41

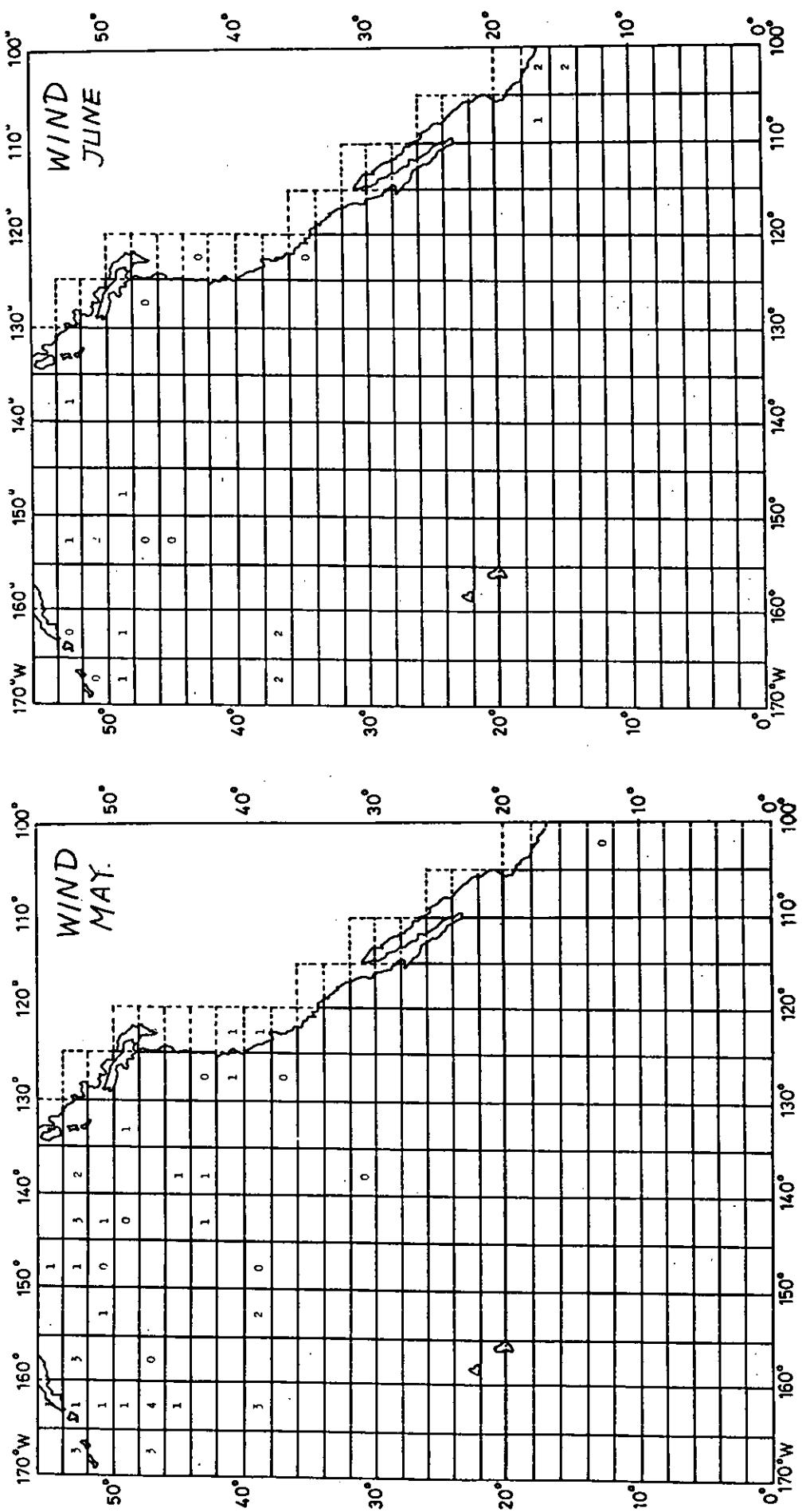


Fig. 1.42

Fig. 1.43

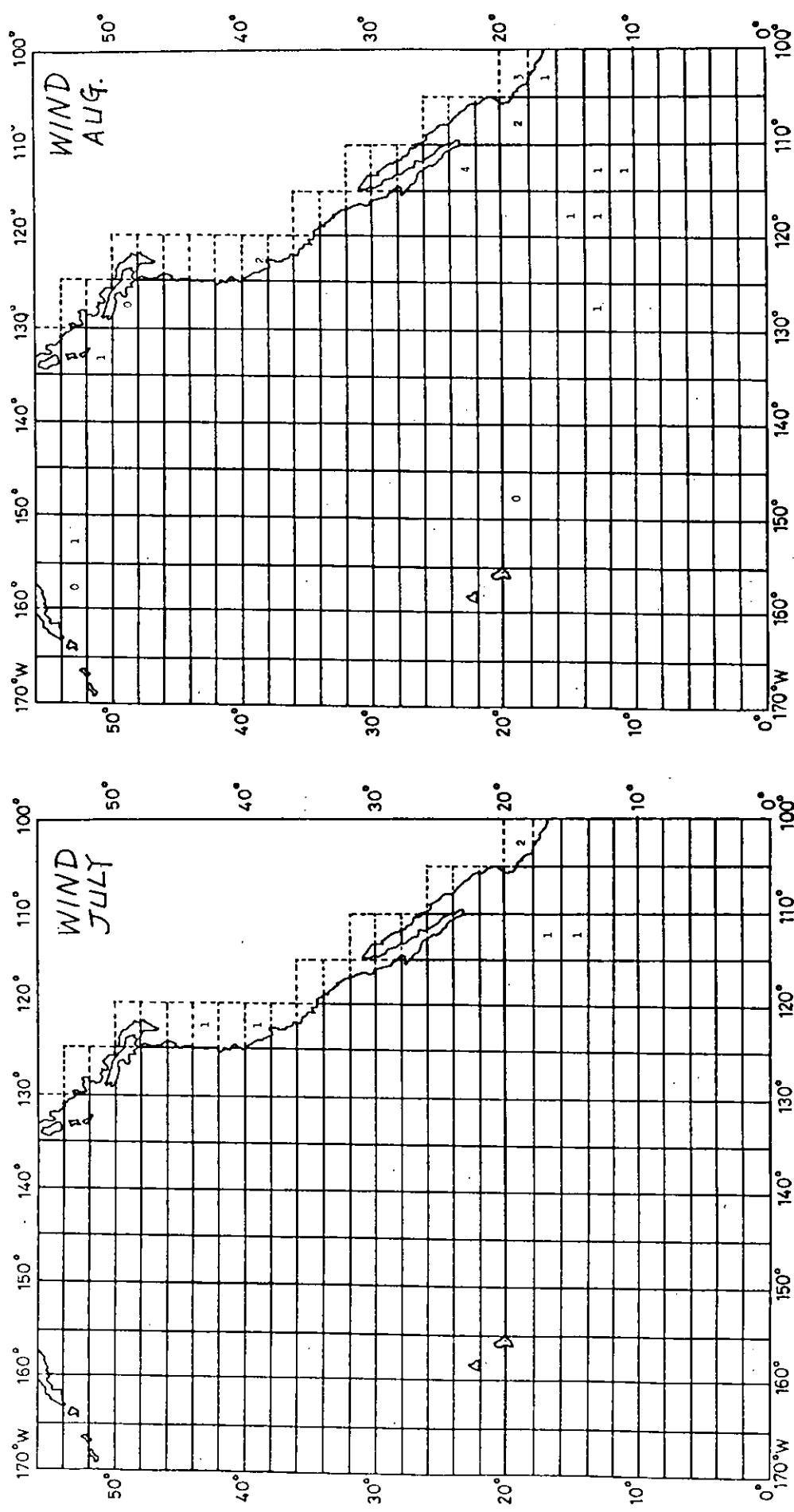


Fig. 1.44

Fig. 1.45

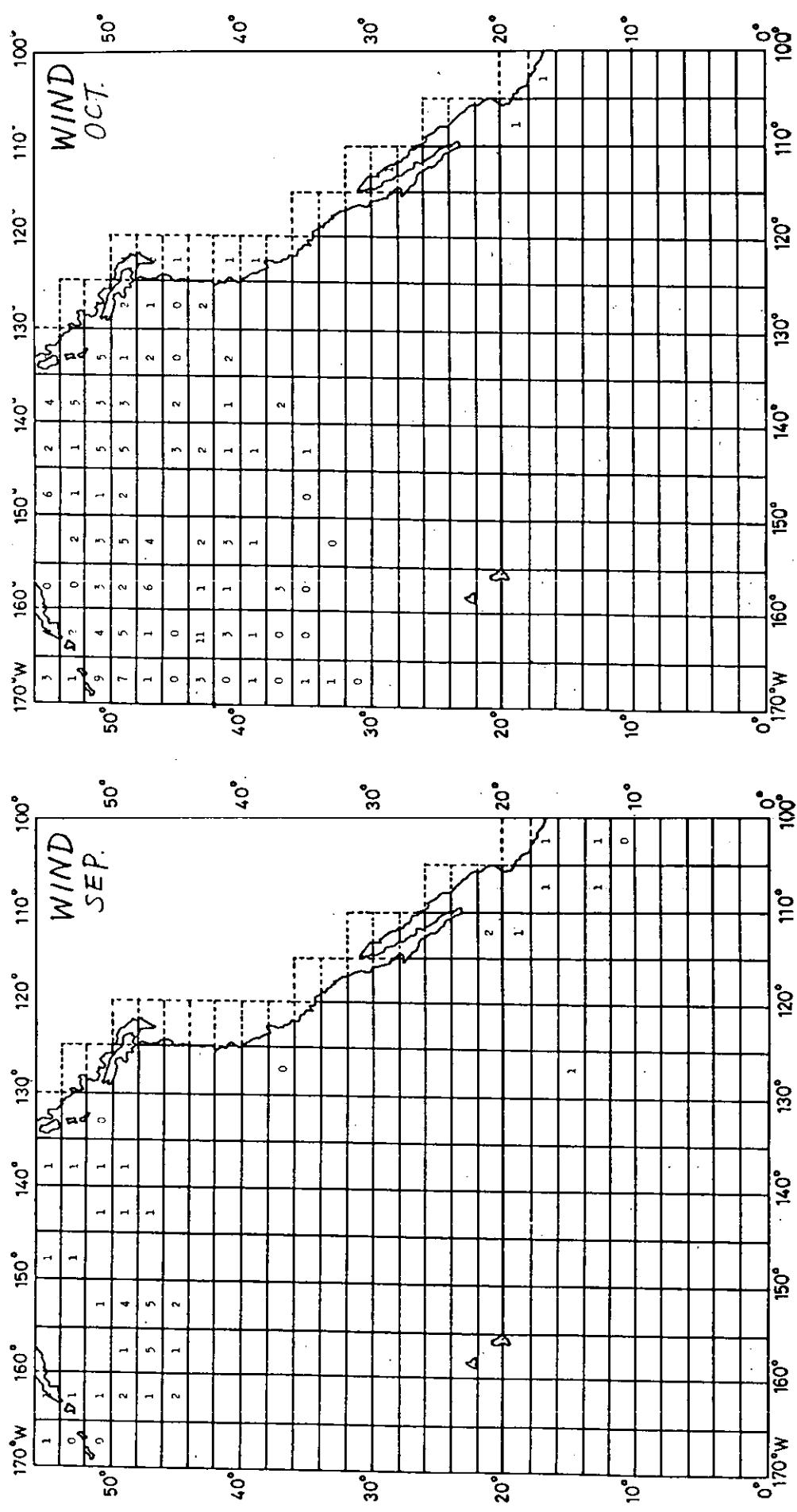


Fig. 1.46

Fig. 1.47

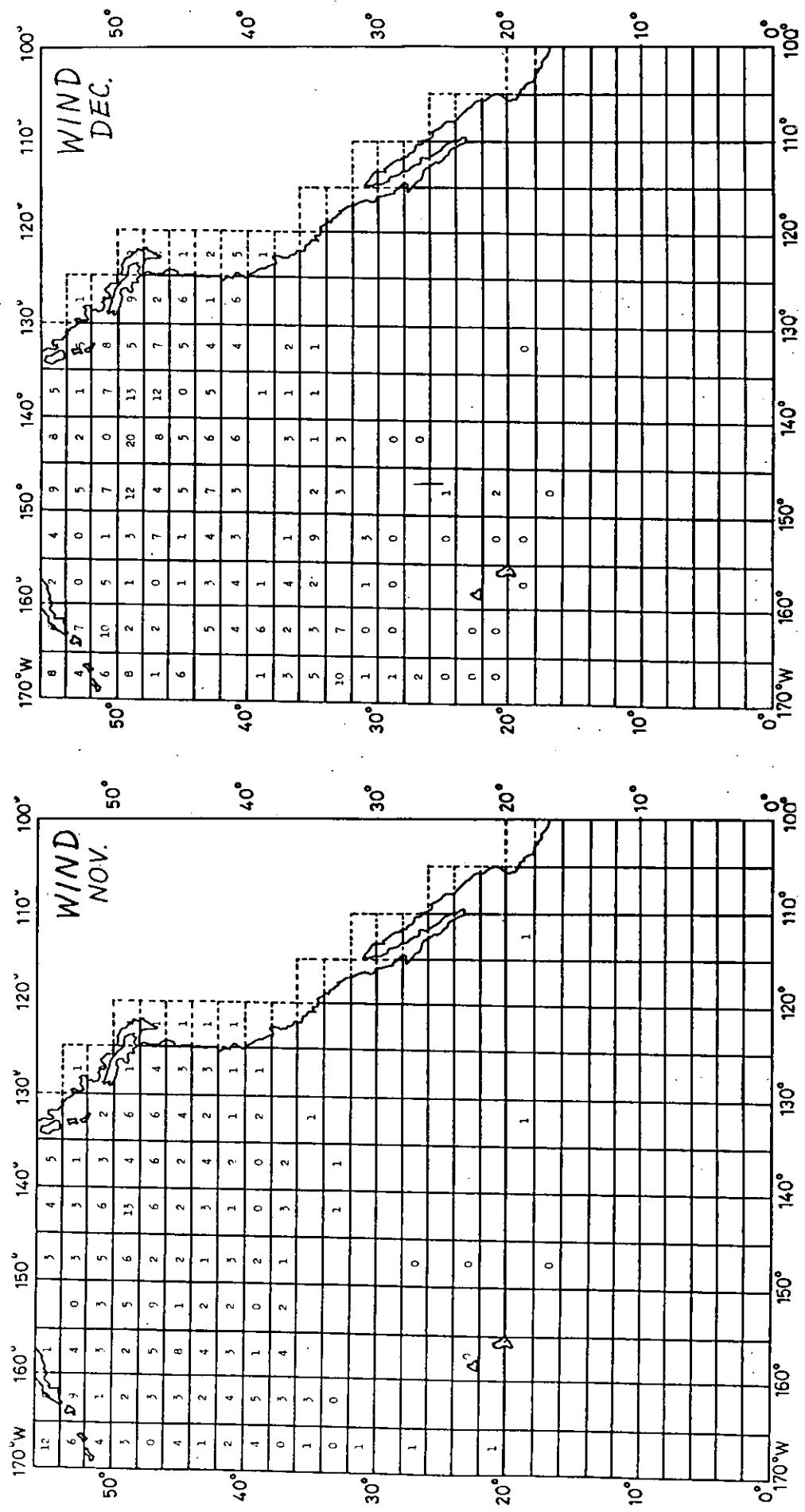


Fig. 1.48

Fig. 1.49

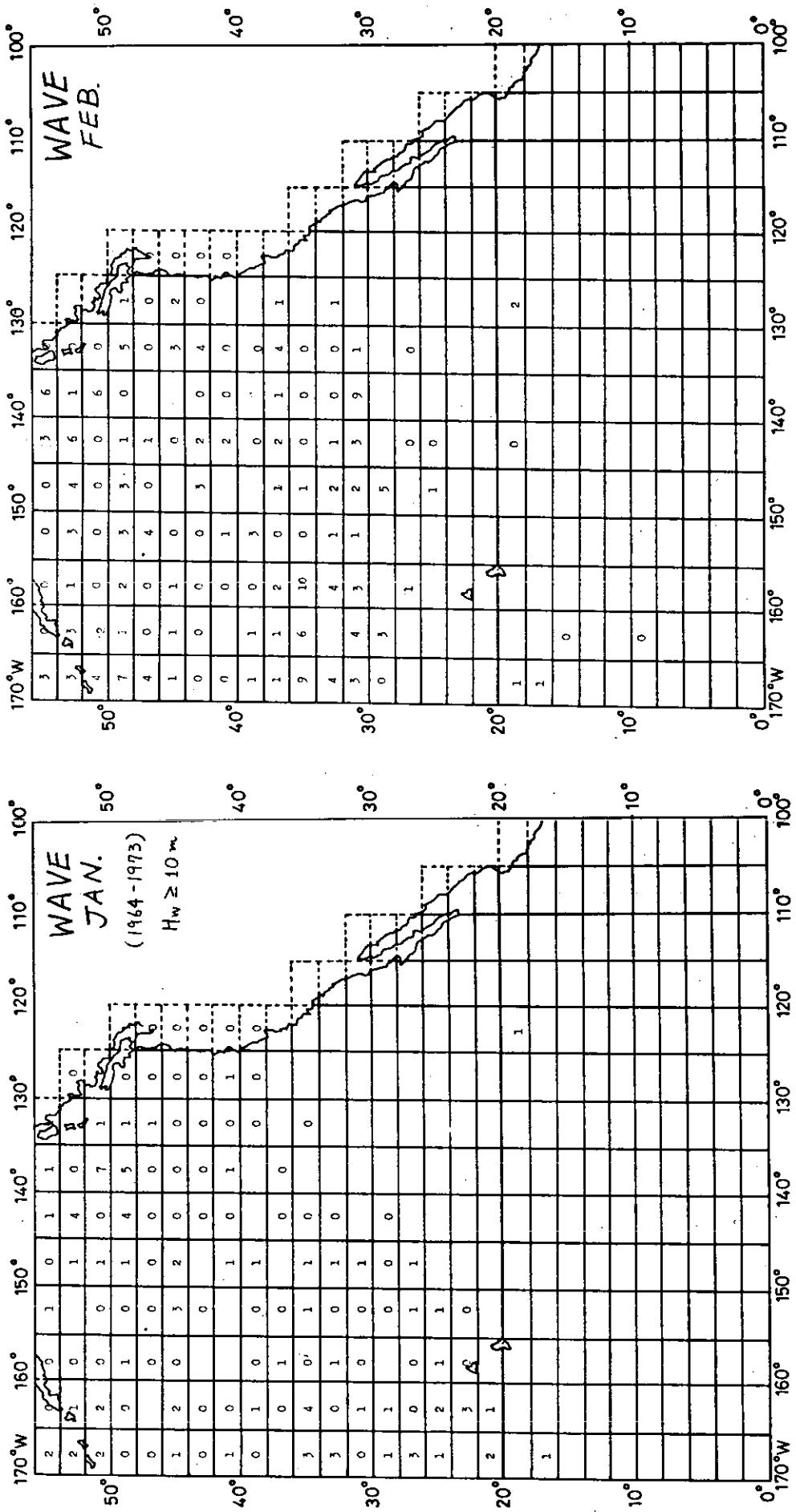


Fig. 1.50~61 Distribution of Number of Wave Height Observations Greater than 10 Meters for Each Area during Ten Years (1964~1973)
10年間に各海域で10m以上の波高を観測した回数の分布
(1964~1973)

Fig. 1.51

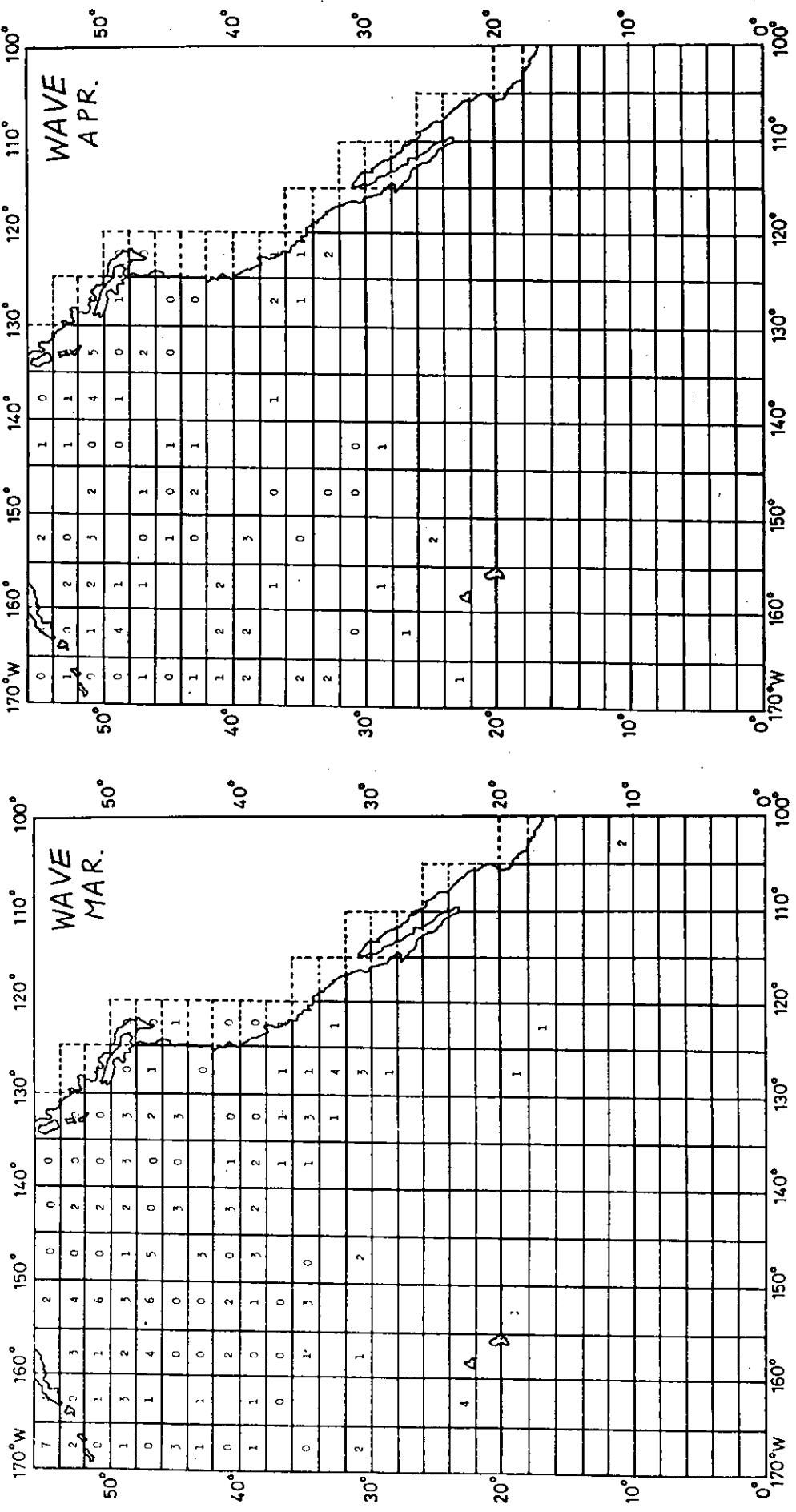


Fig. 1.52

Fig. 1.53

Fig. 1.54

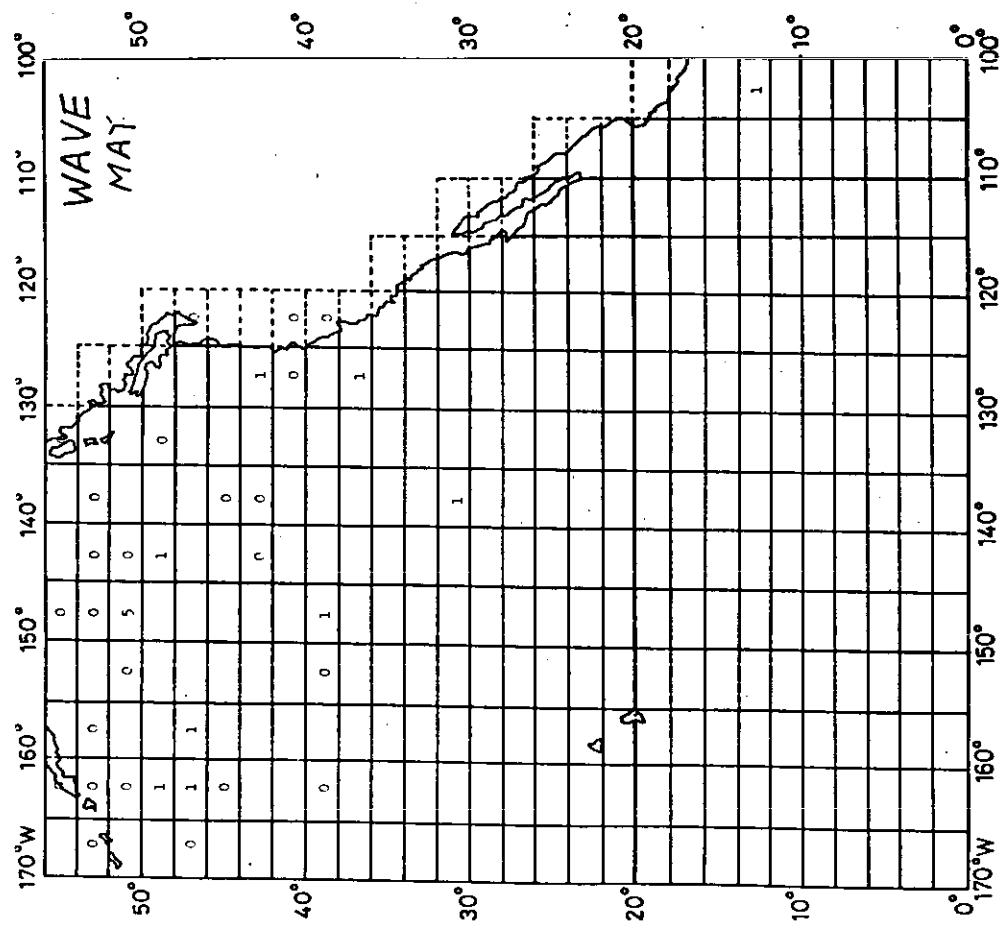
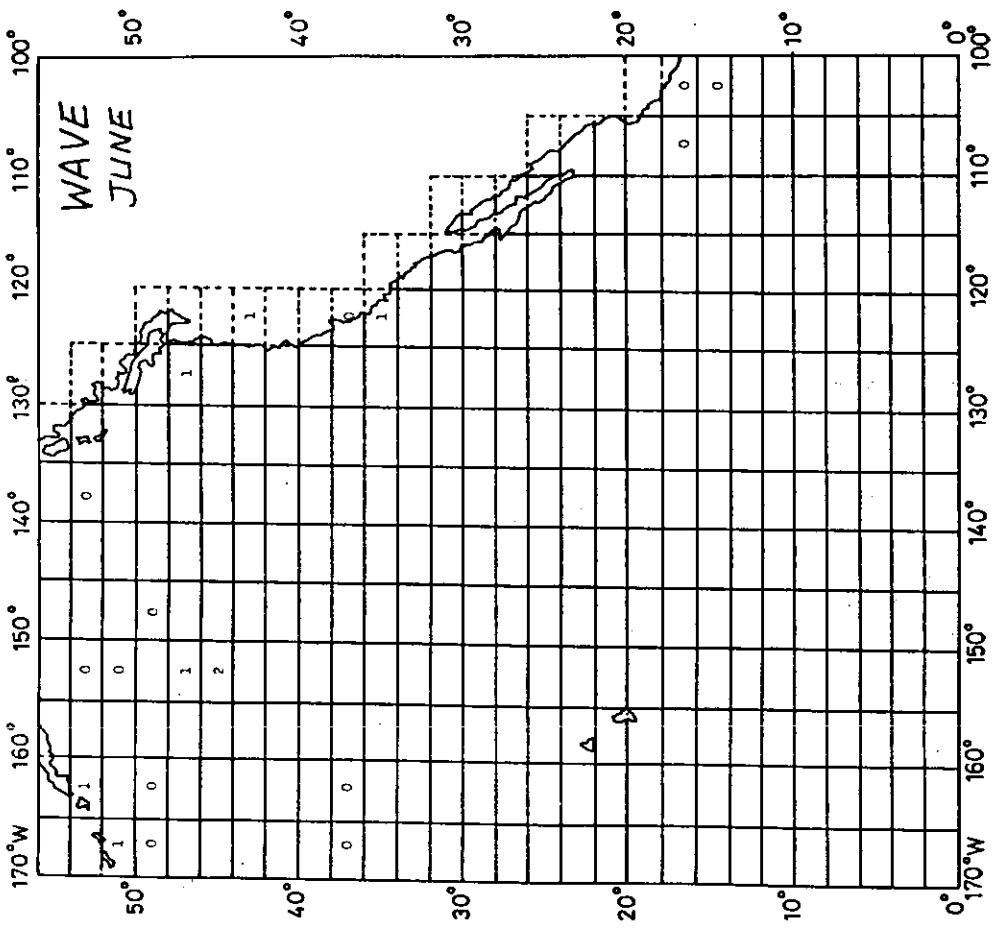


Fig. 1.55



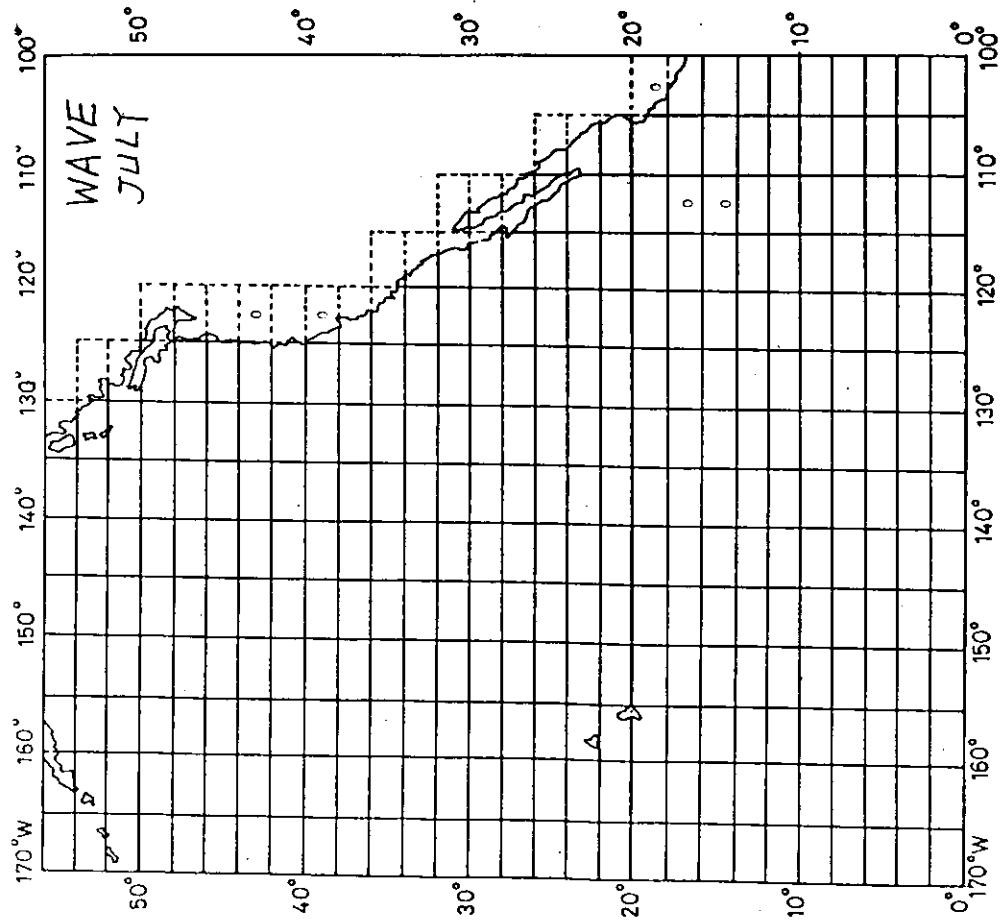
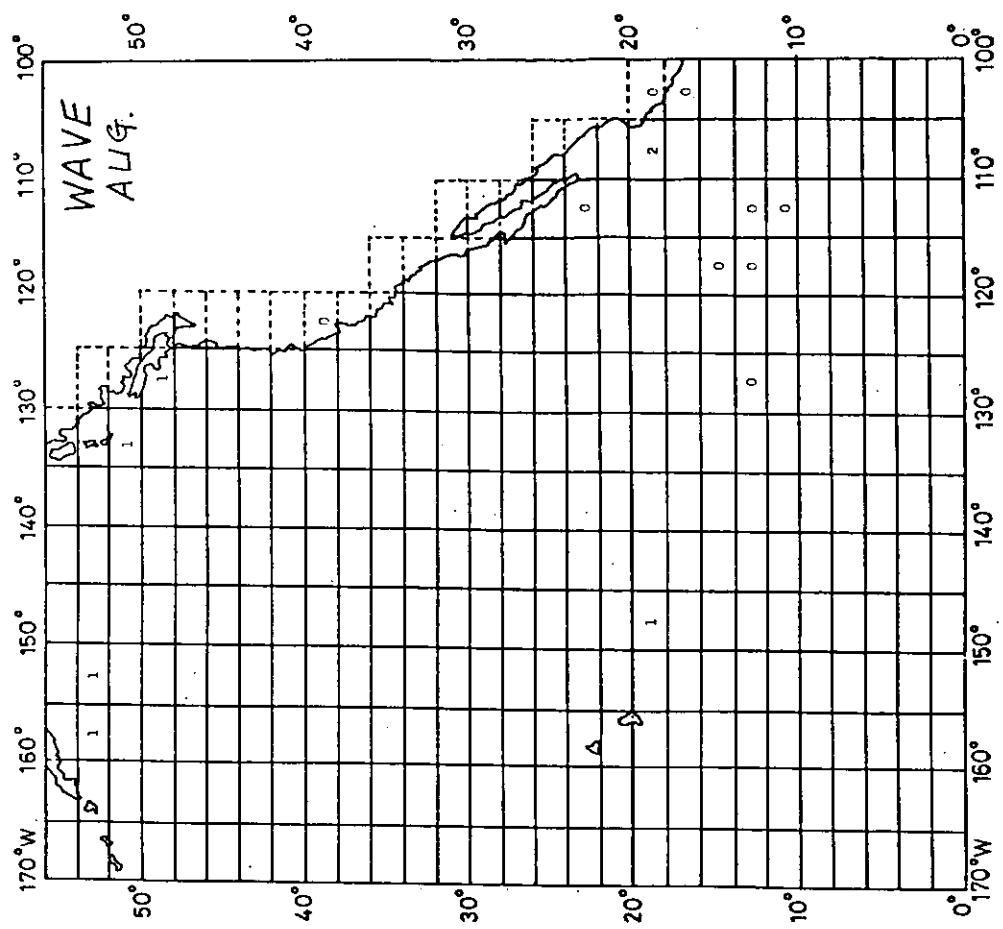


Fig. 1.56

Fig. 1.57

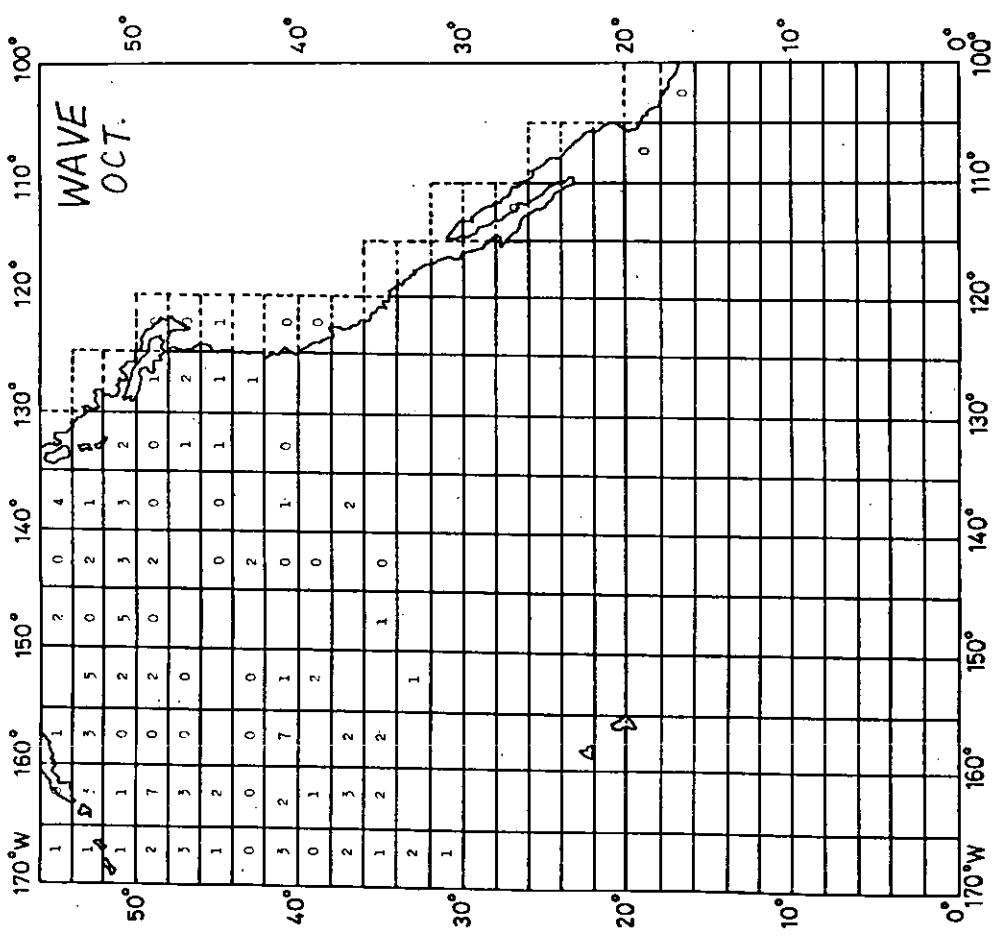


Fig. 1.59

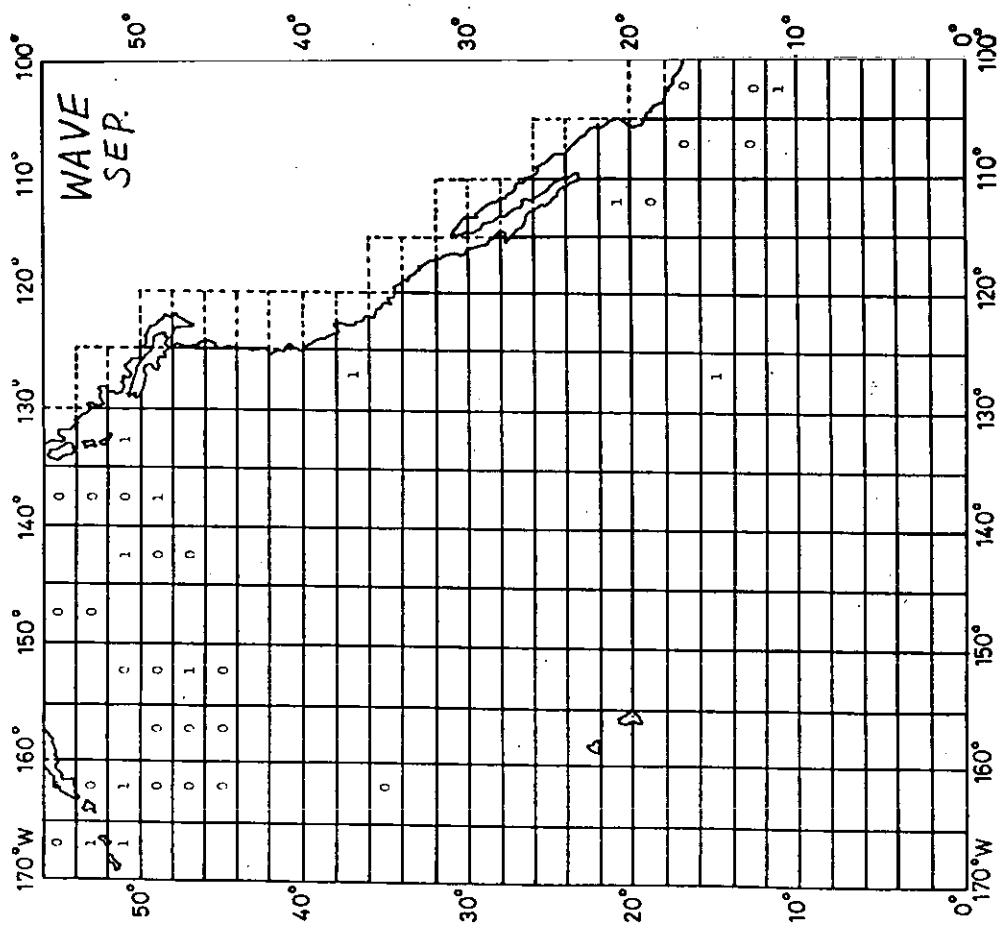


Fig. 1.58

Fig. 1.60

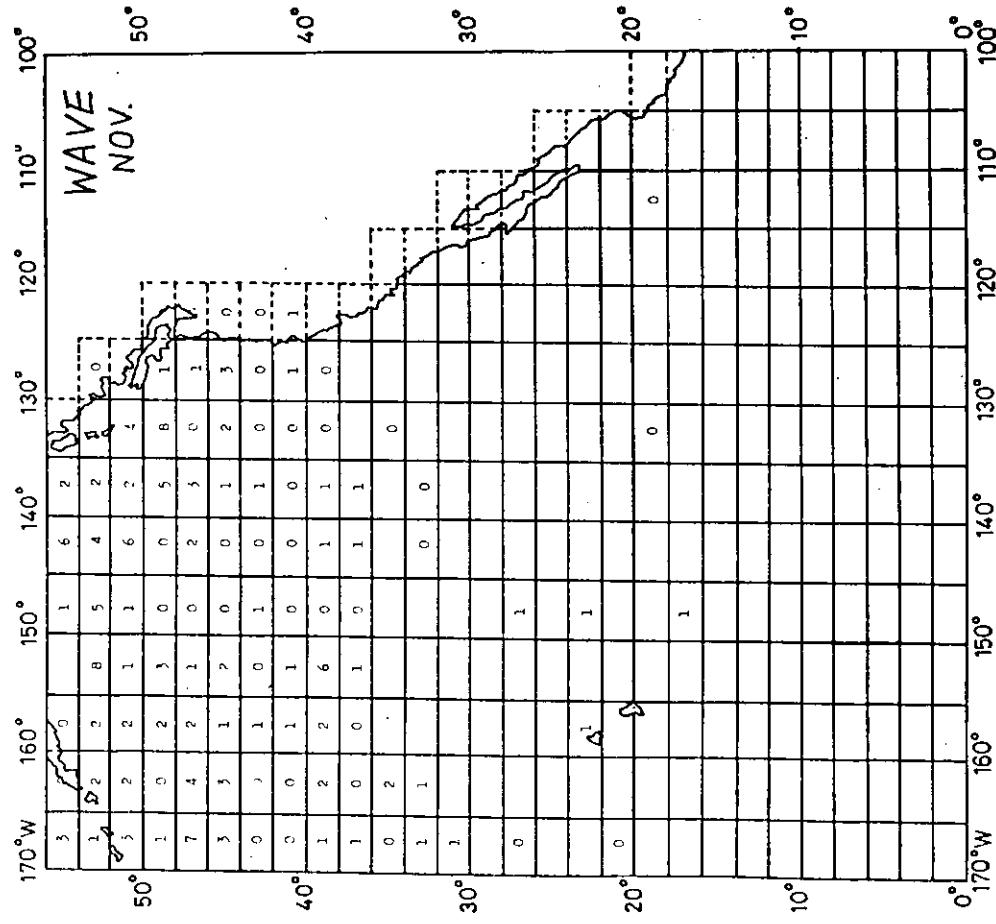
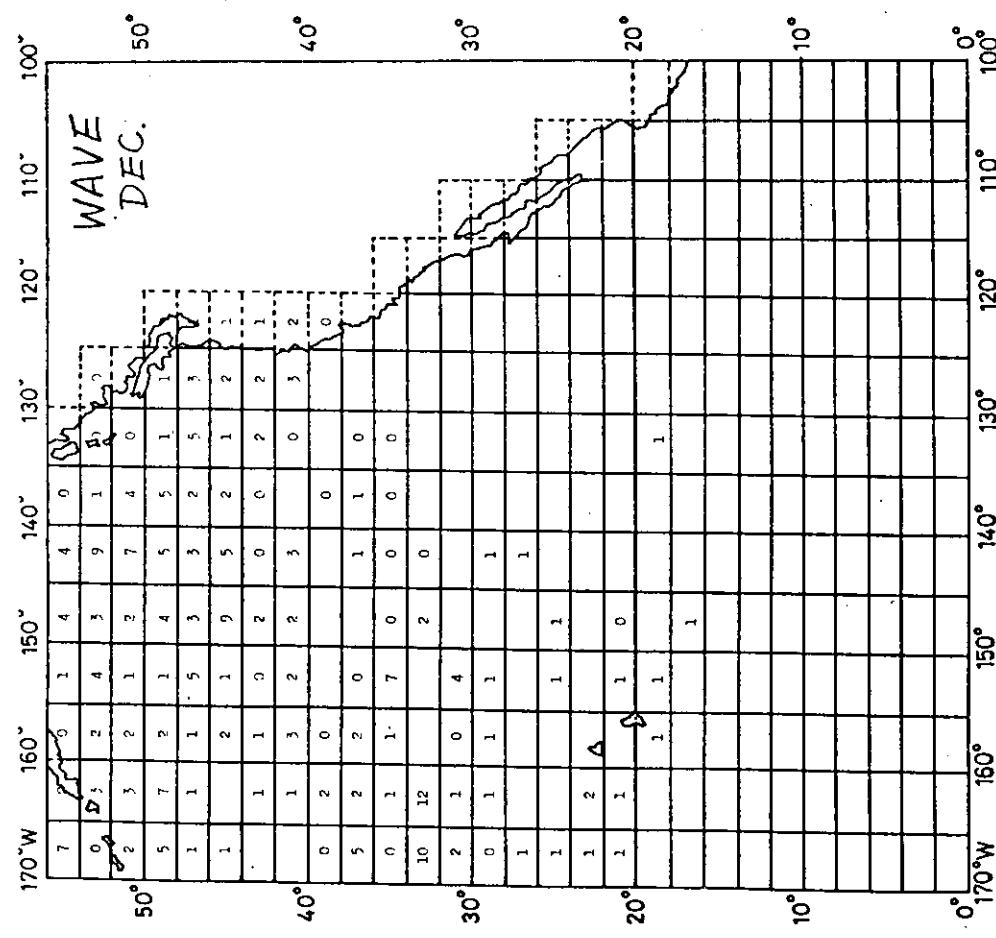


Fig. 1.61



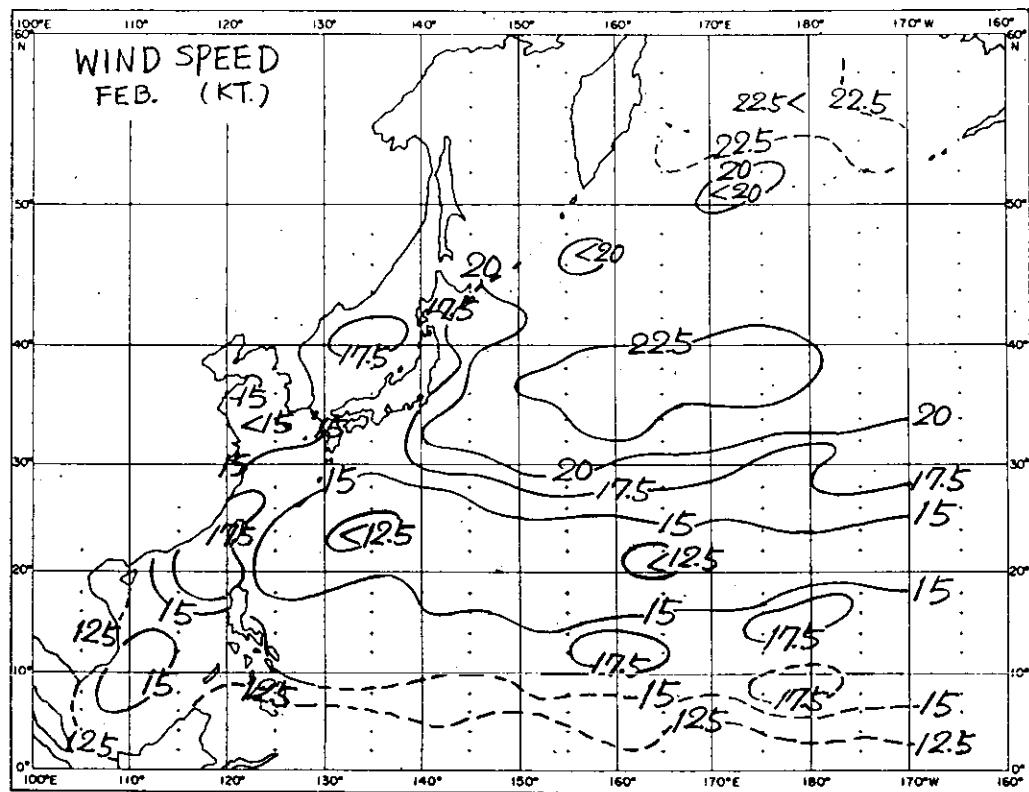


Fig. 1.62~65 Distribution of Mean Wind Speed in North-West Pacific Ocean
(Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)

北西太平洋における平均風速分布（2月，5月，8月，11月）
(1961~1970)

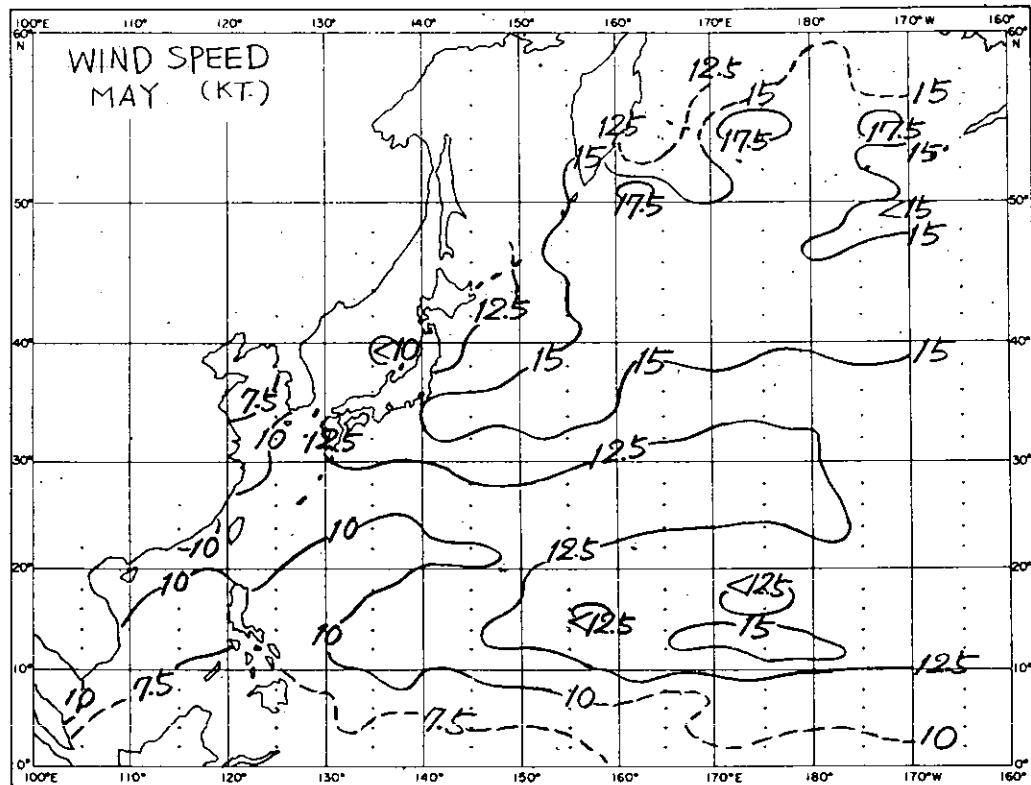


Fig. 1.63

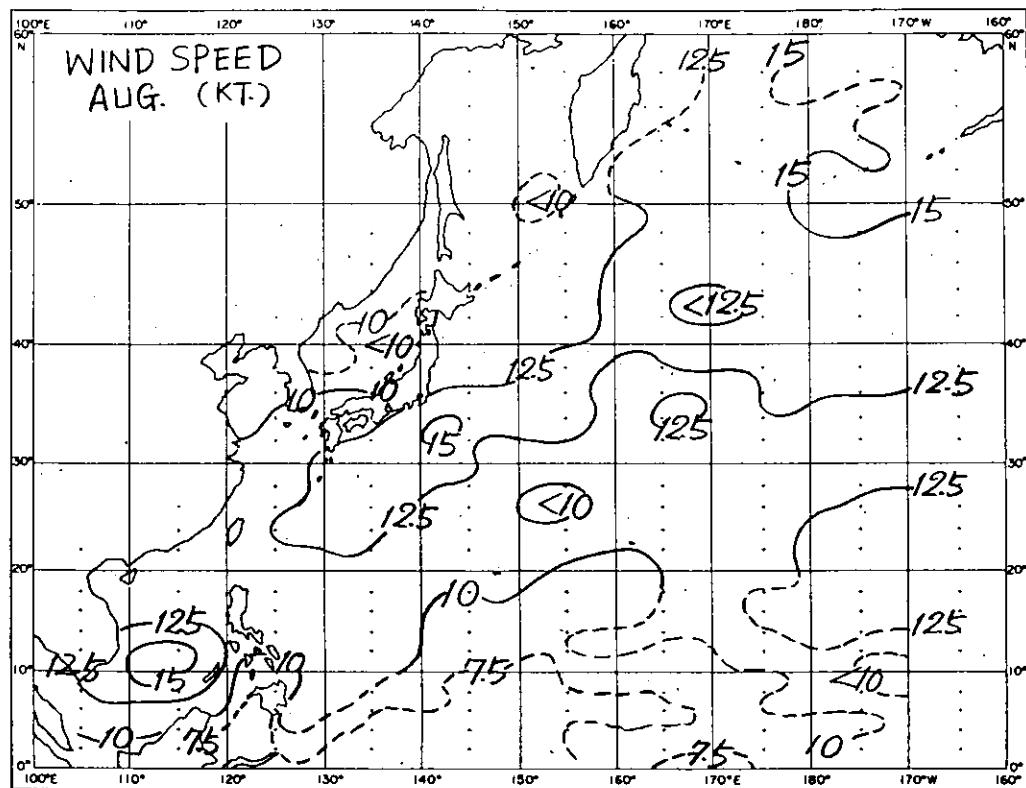


Fig. 1.64

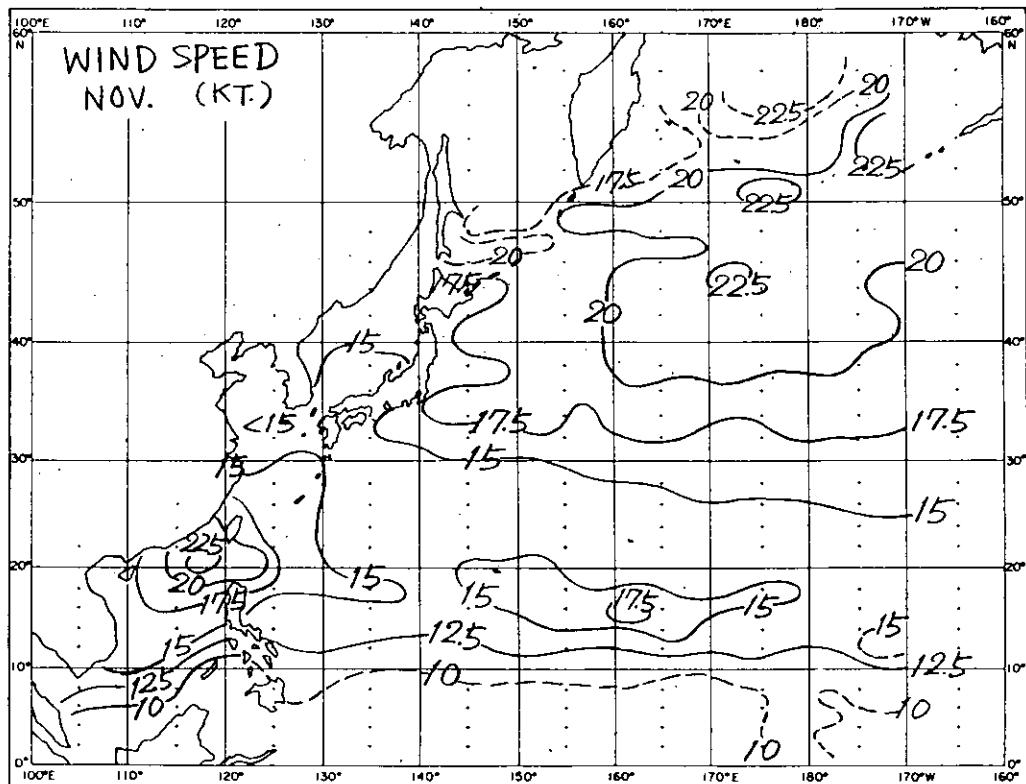


Fig. 1.65

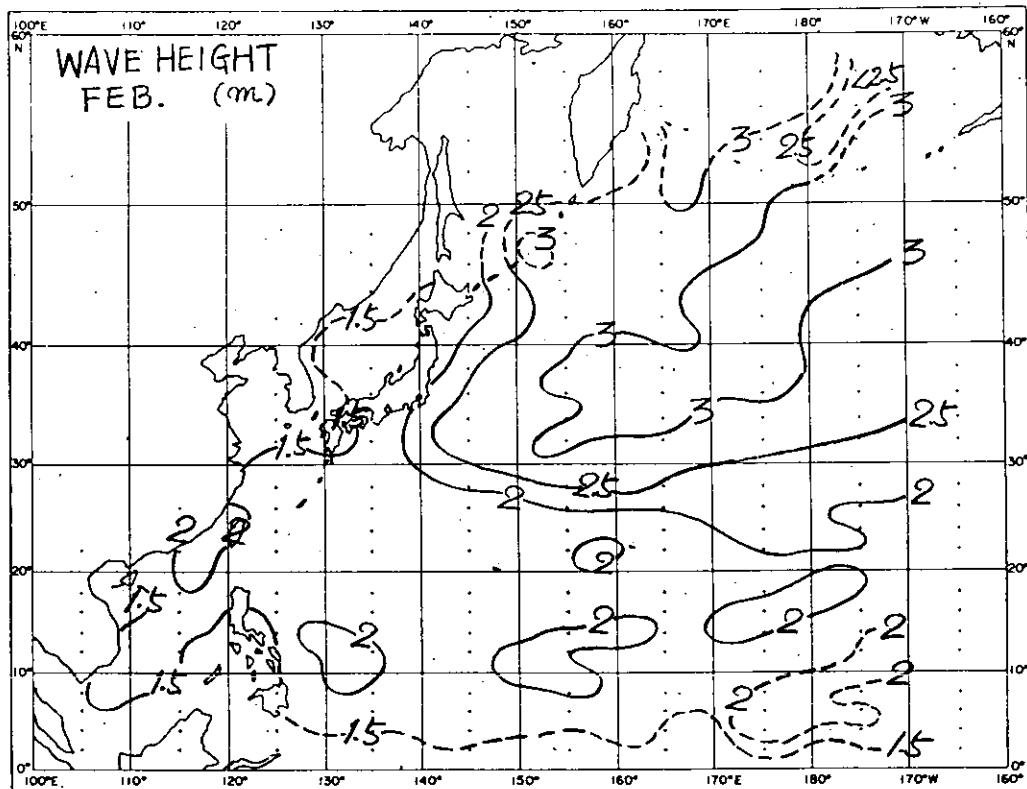


Fig. 1.66~69 Distribution of Mean Wave Height in North-West Pacific Ocean
(Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)

北西太平洋における平均波高分布（2月，5月，8月，11月）
(1961~1970)

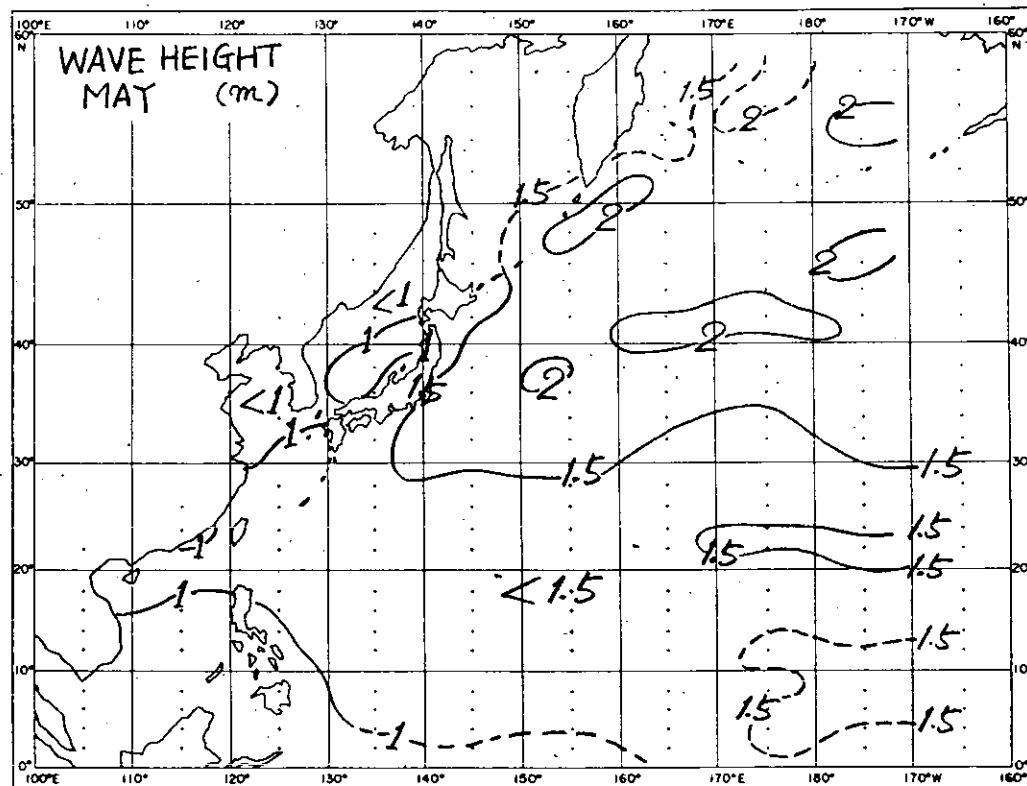


Fig. 1.67

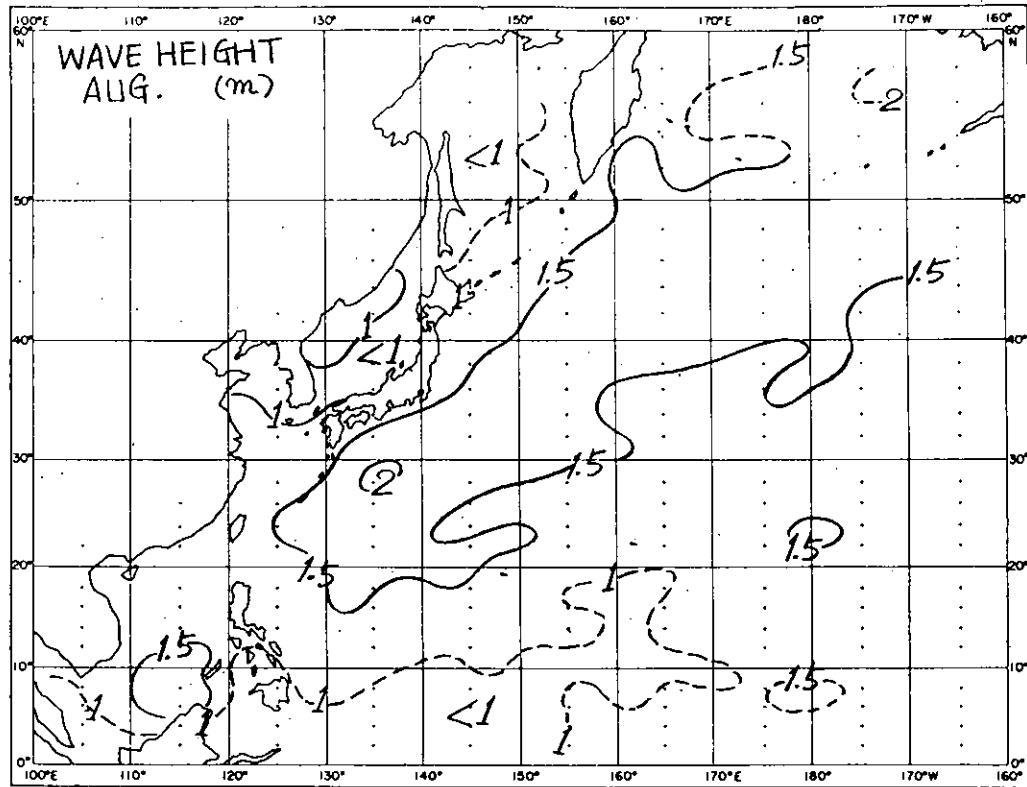


Fig. 1.68

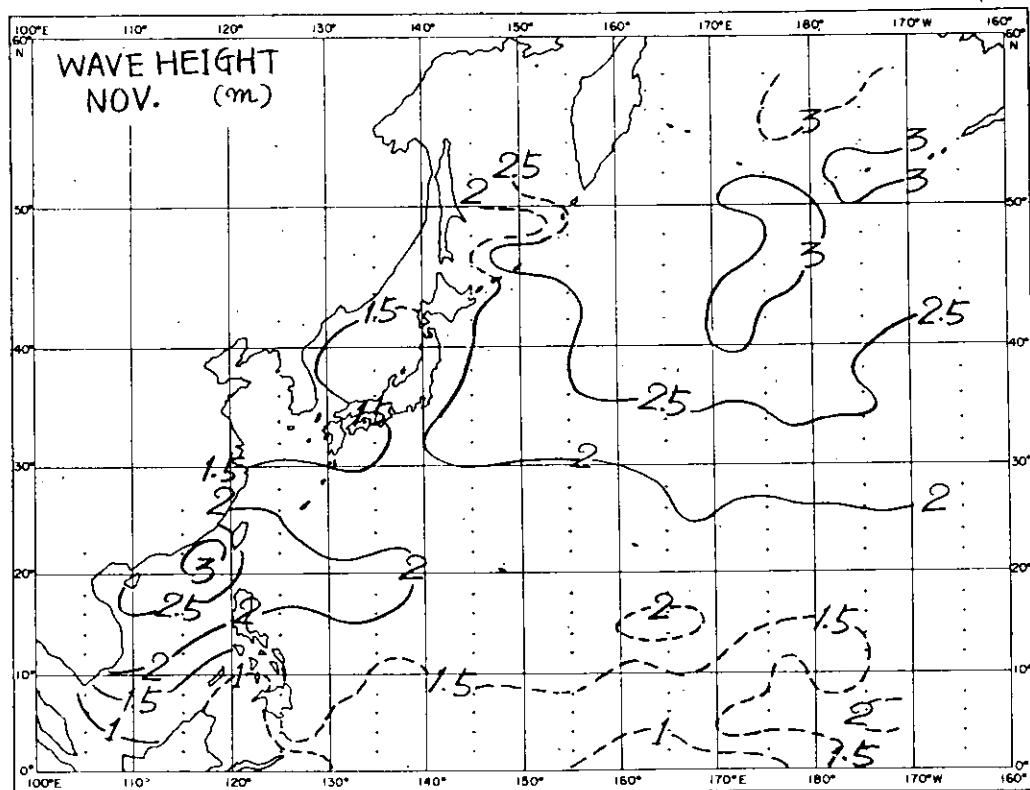


Fig. 1.69

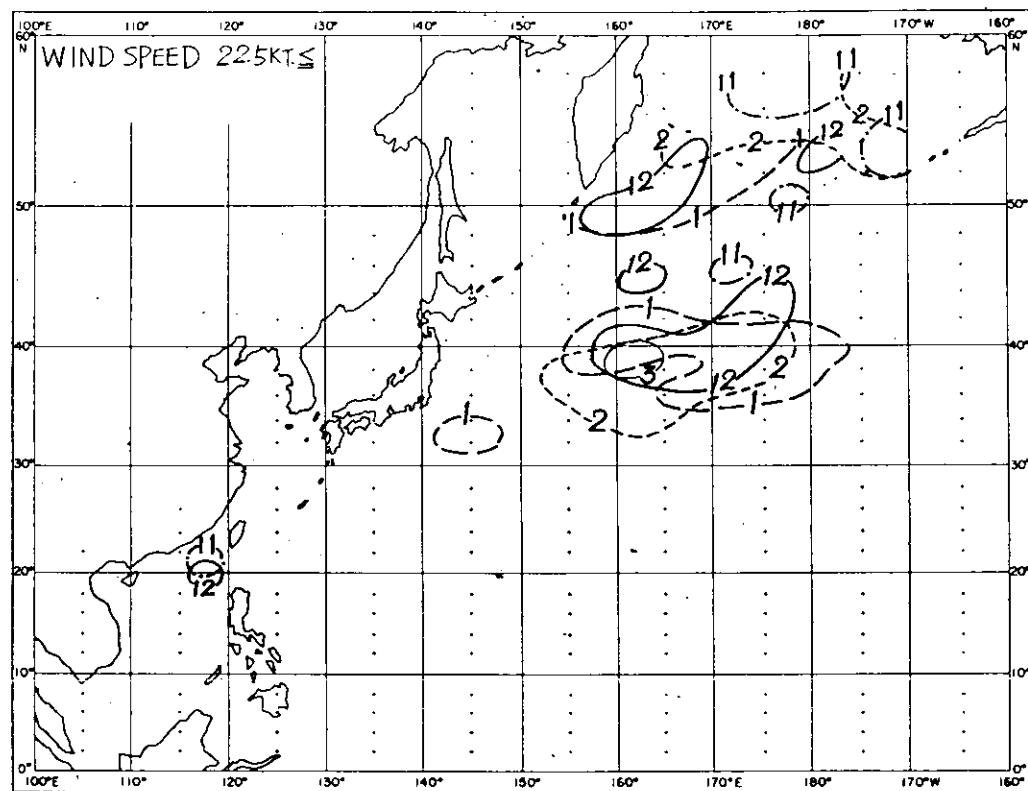


Fig. 1.70 Monthly Areas Distribution of Strong Wind Speed Grater than 22.5 Knots in North West Pacific Ocean (Numbers: Month)

北西太平洋における 22.5 ノット以上の強風域の月ごと分布

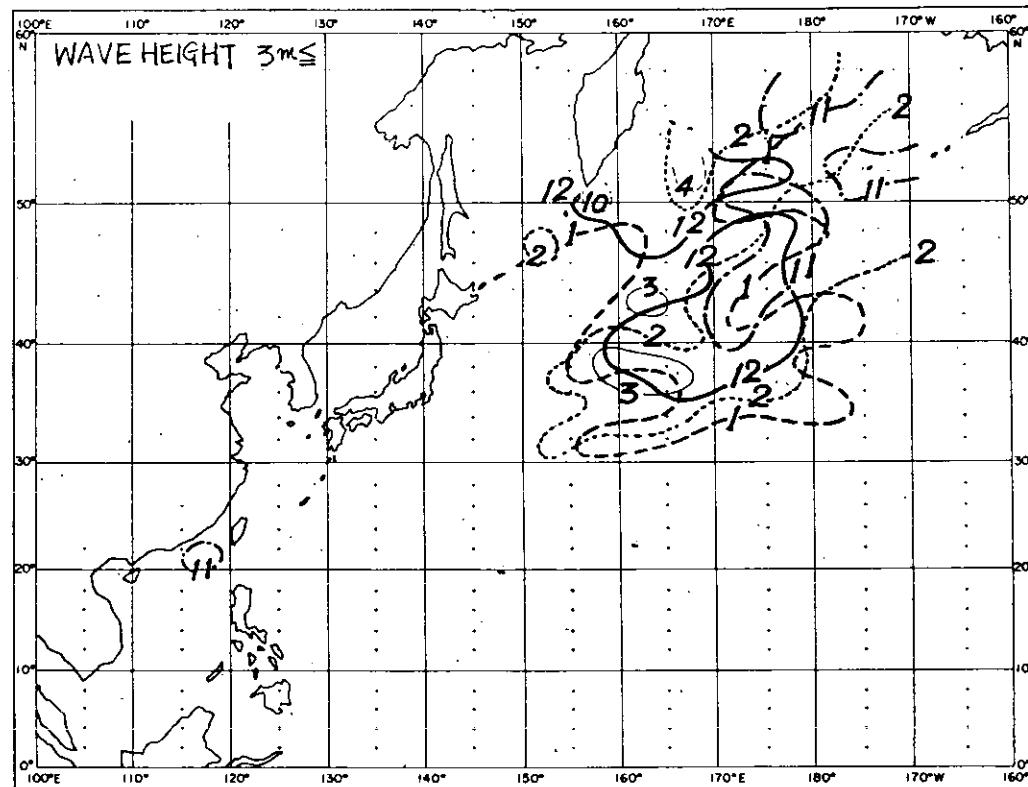


Fig. 1.71 Monthly Areas Distribution of Wave Height Higher than 3 Meters in North West Pacific Ocean (Numbers: Month)

北西太平洋における 3 m 以上の高波域の月ごと分布

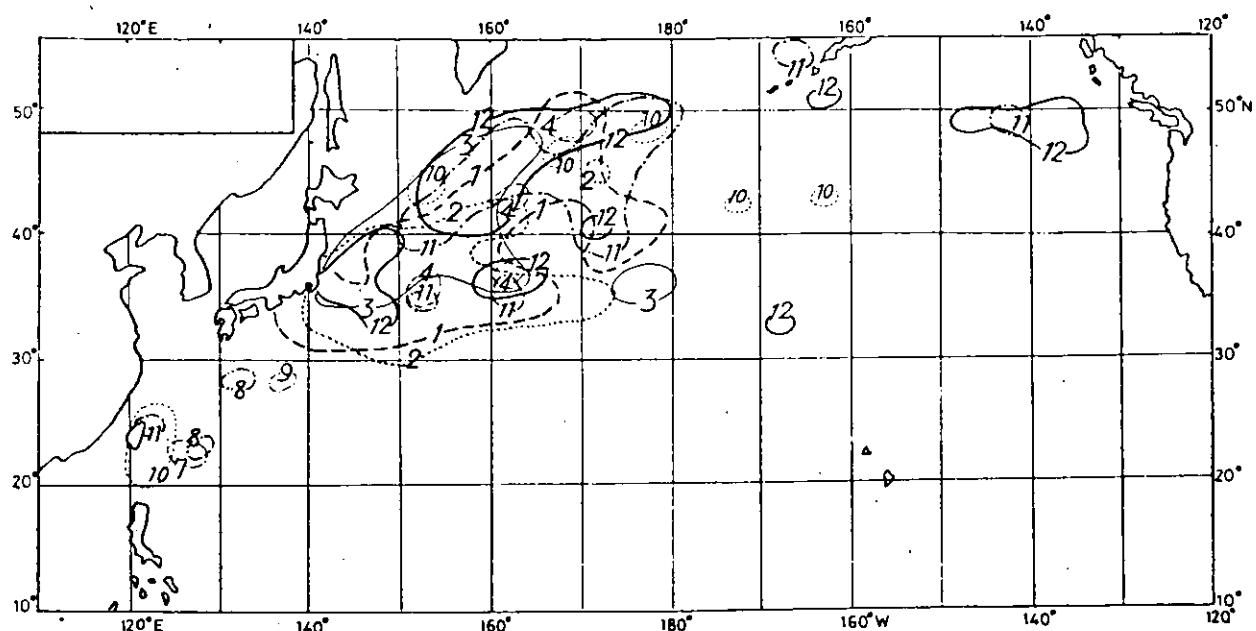


Fig. 1.72 Monthly Areas Distribution of Observed Number Greater than Ten of Strong Wind Speed (50 Kt. \leq) in North Pacific Ocean During Ten Years

北太平洋における強風（50ノット以上）の観測回数10以上のある海域の月ごと分布（1964～1973）

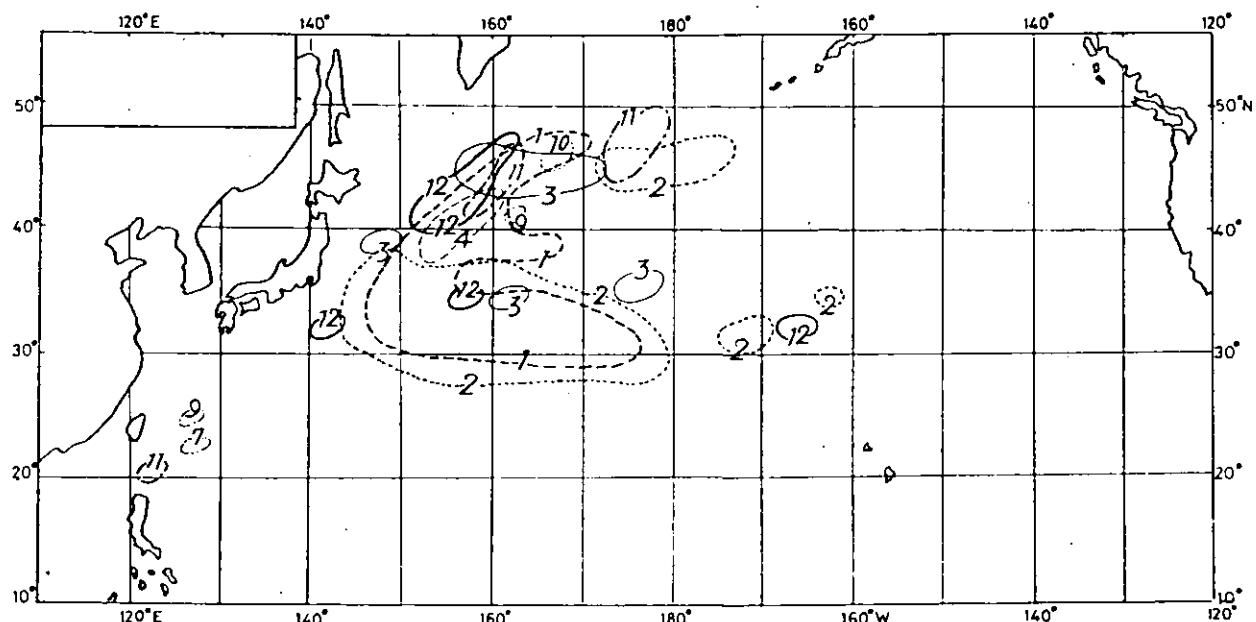


Fig. 1.73 Monthly Areas Distribution of Observed Number Greater than Ten of High Wave Height (10 m \leq) in North Pacific Ocean During Ten Years

北太平洋における高波（10m以上）の観測回数10以上のある海域の月ごと分布（1964～1973）

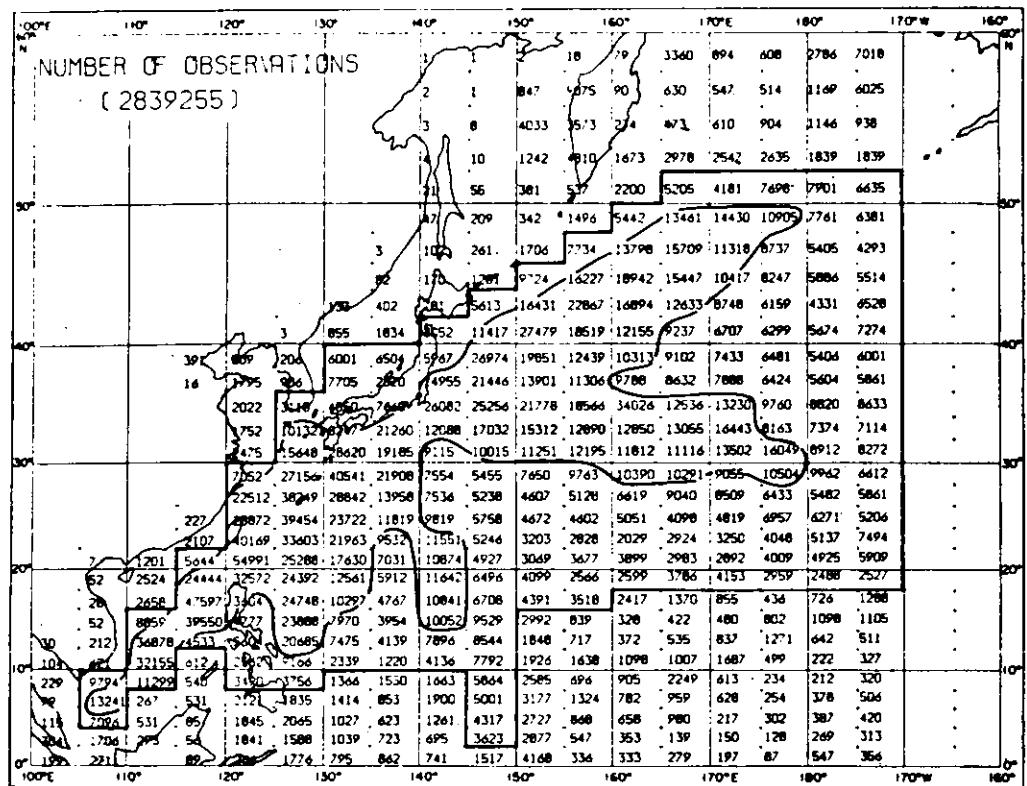


Fig. 1.74 Number Distribution of Observed Total Data by Ships in North-West Pacific Ocean During Ten Years (1961~1970)

10年間の北西太平洋における全船舶気象観測データ数の分布（図中の枠内は3,000個以上、実線は10,000個以上を示す）

Tab. 1. 8 Weather System and Mark

天気図型と記号

Weather System			Mark
Cyclone Area (in 1000 mb Isobar)	Vicinity of Warm Front	Lc	
	Vicinity of Cold Front	Lc (W . F)	
	Vicinity of Occluded Front	Lc (C . F)	
			Lc (O . F)
Cyclone Area (off 1000mb Isobar with Cyclonic Curvature)		L	
	Vicinity of Warm Front	L W . F	
	Vicinity of Cold Front	L C . F	
	Warm Sector	L W	
NW Monsoon			L M
Typhoon		T	
NW Monsoon		M (NW)	
NE Monsoon		M (NE)	
SW Monsoon		M (SW)	
Others		SONOTA	
Off Sea Area of Fig. 1.25			KAIKIGAI

Tab. 1. 9 Passed Frequencies of Developed Extratropical Cyclone (Center Pressure 990 mb \geq) at Each Areas in North-West Pacific Ocean During 1967~1976

北西太平洋における海域別顕著低気圧（中心気圧 994 mb 以下）の出現回数（1967~1976 の10ヶ年間）

季節 海 域	寒候期 (12~3月)	移候期 (4,5,10,11月)	暖候期 (6~9月)	全 年
A(オホーツク海)	264	217	84	564
B(ベーリング海)	624	468	235	1327
C(日本海)	39	56	37	132
D(北海道東方)	201	95	37	333
E(アリューシャン南方)	580	219	150	949
F(東シナ海)	0	4	14	18
G(本州南方・東方)*	99	32	24	155
H(本州はるか東方)	121	19	12	152
全海域	1928	1110	593	3631
出現率(%)	53.1	30.6	16.3	100

* 海域 I(本州はるか南方)を含む。

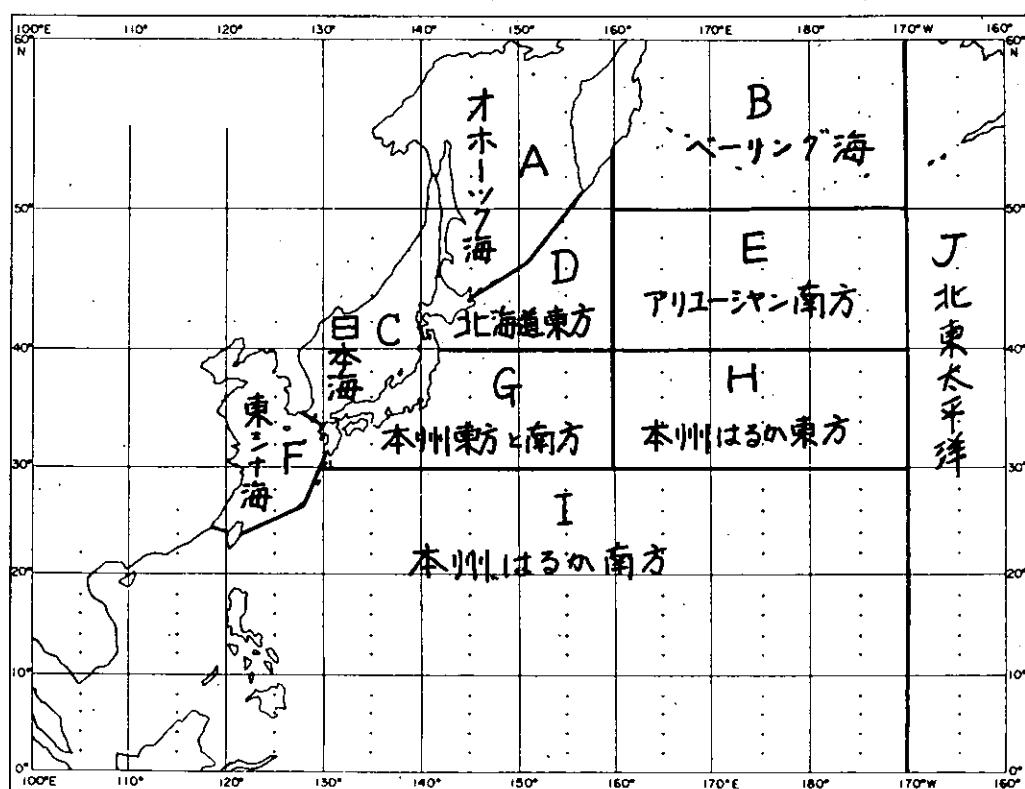


Fig. 1.75 Sea Area Demarcation

海域区分

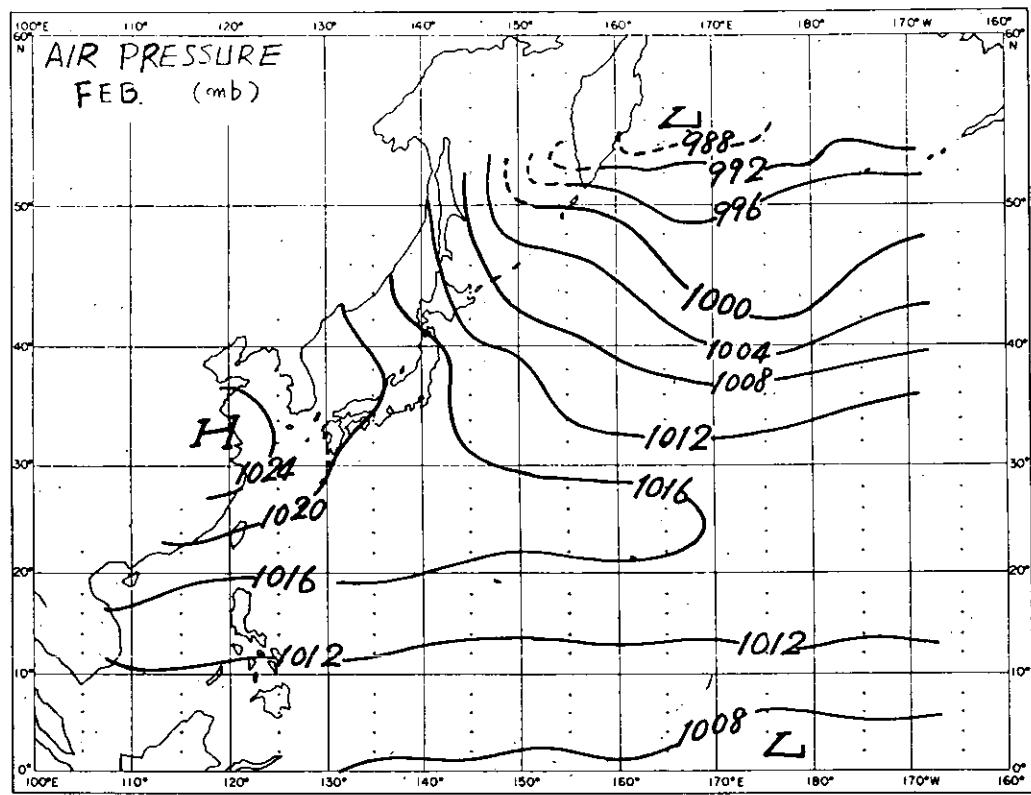


Fig. 1.76~79 Distribution of Monthly Mean Sea Surface Air Pressure in North-West Pacific Ocean (Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)

北西太平洋における月平均海面気圧の分布（2月，5月，8月，11月）（1961～1970）

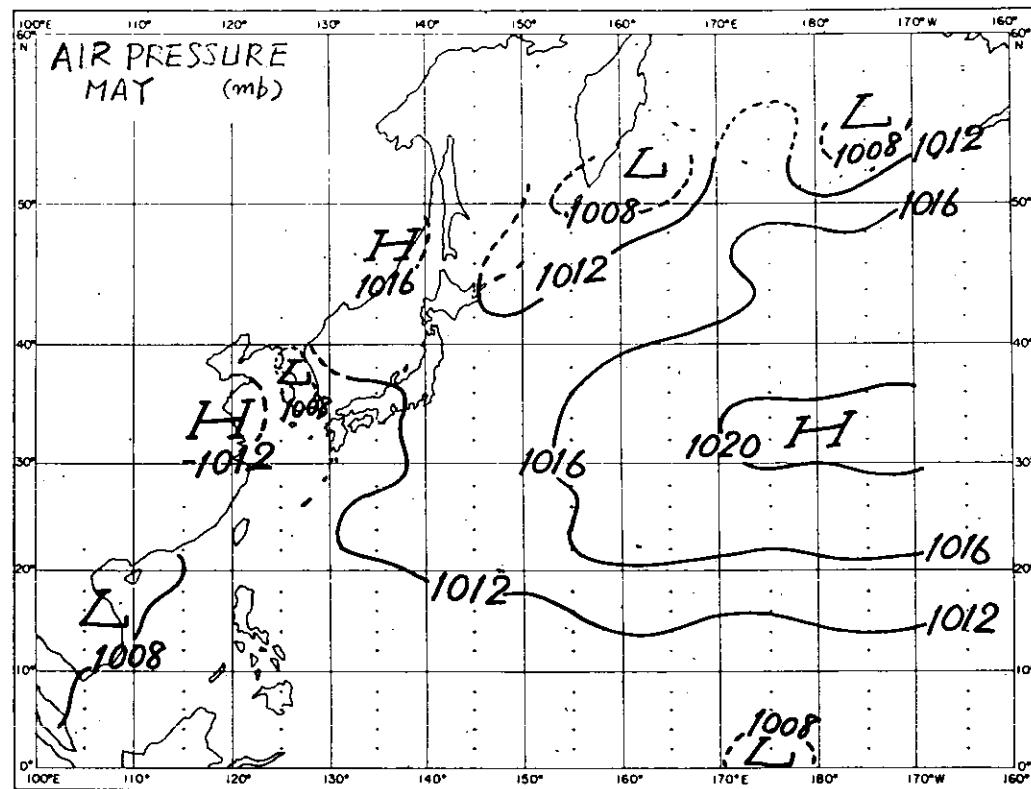


Fig. 1.77

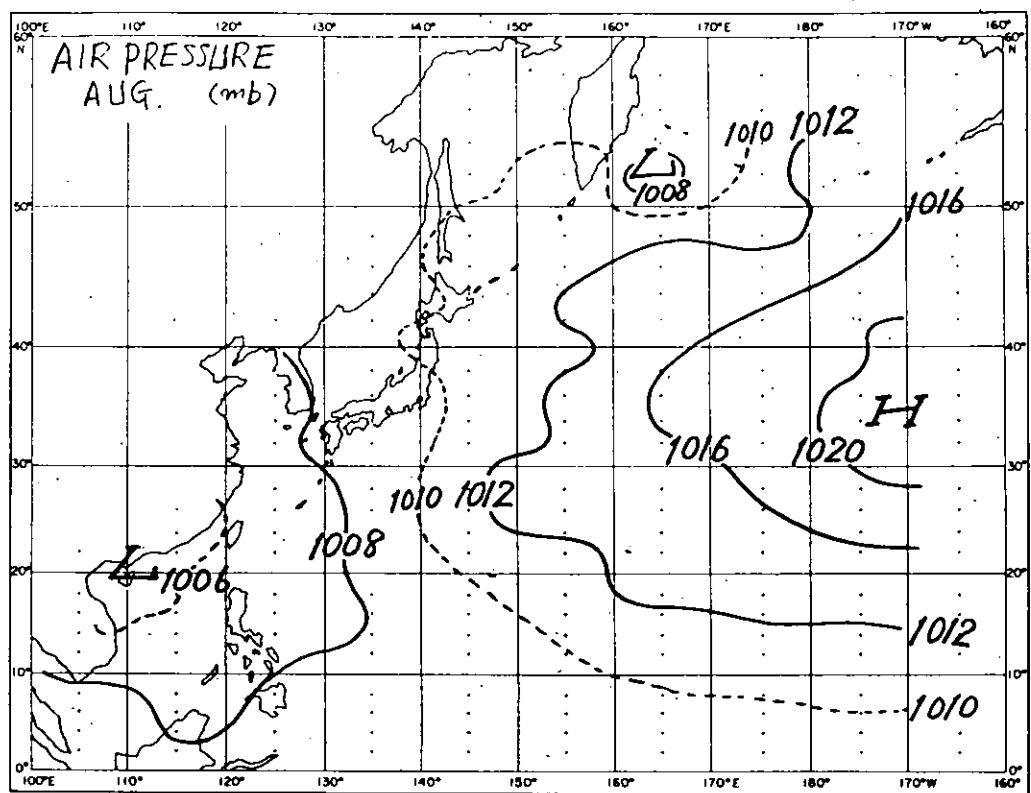


Fig. 1.78

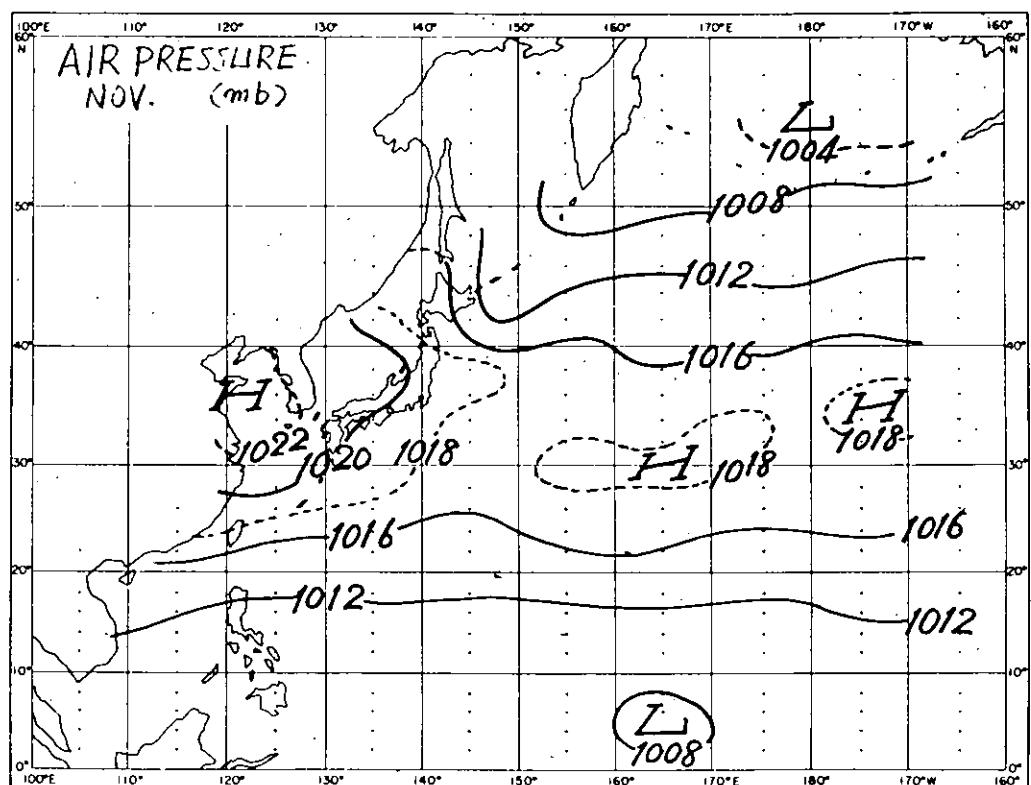


Fig. 1.79

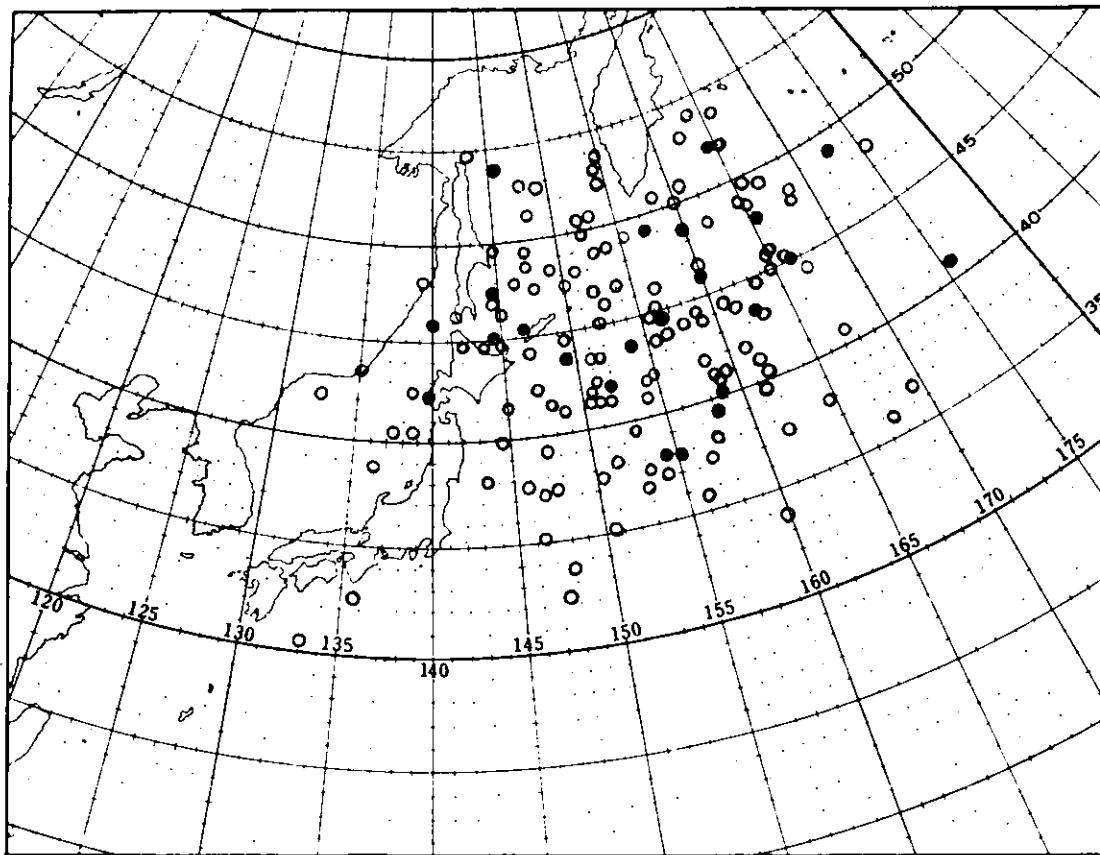


Fig. 1.80 Abnormally Developed Positions of Extratropical Cyclone in North-West Pacific Ocean (1972~1973)

北西太平洋における低気圧の異常発達の位置（1972～1973）

(図中の○印は前24時間以内に中心気圧が20 mb以上,) (●印は30 mb以上下降したことを示す)

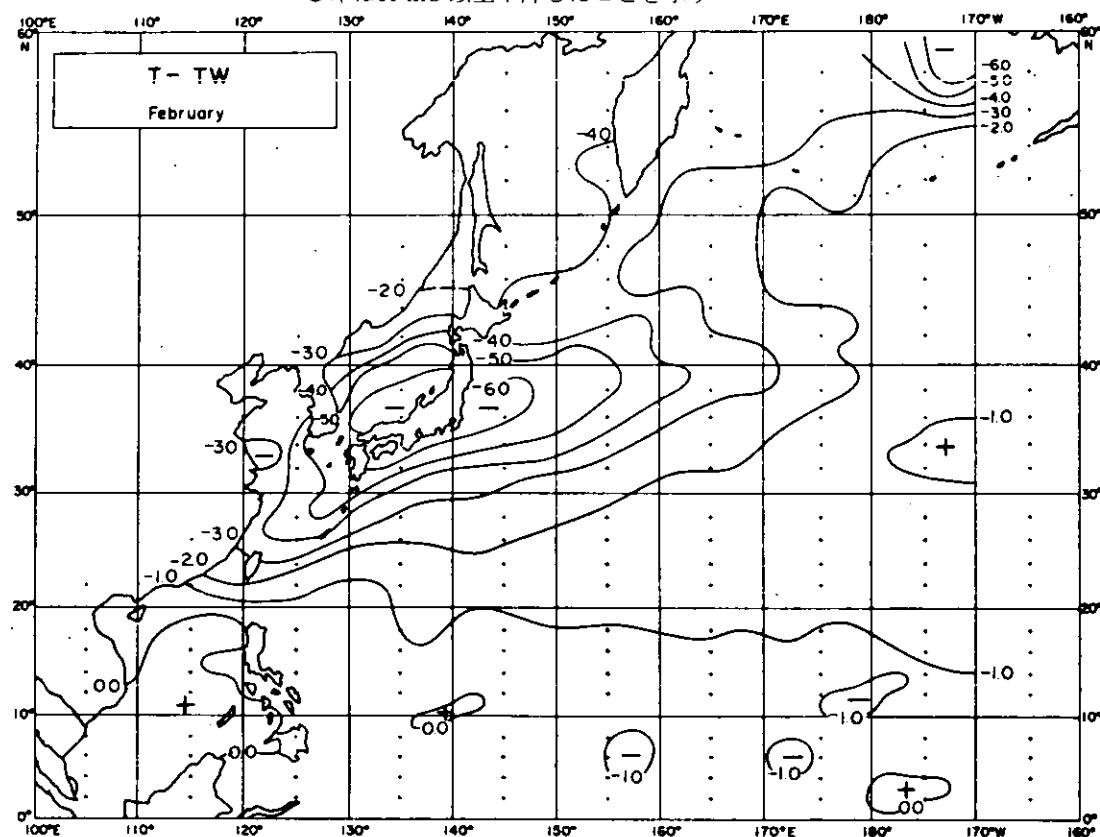


Fig. 1.81~84 Monthly Distribution of ΔT in North-West Pacific Ocean (Feb., May, Aug., Nov.) (1961~1970)
(ΔT = Air Temperature - Sea Surface Temperature)

北西太平洋における2月、5月、8月、11月の月平均気温、海面水温差の分布（1961～1970）

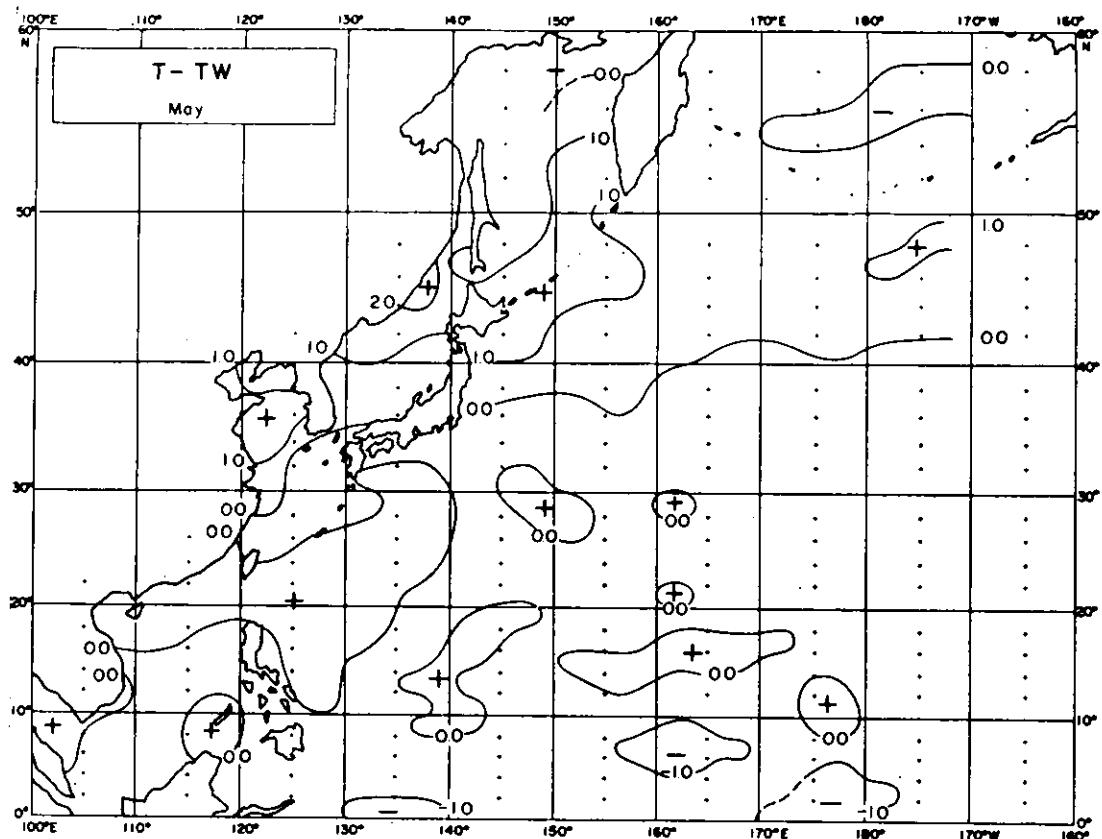


Fig. 1.82

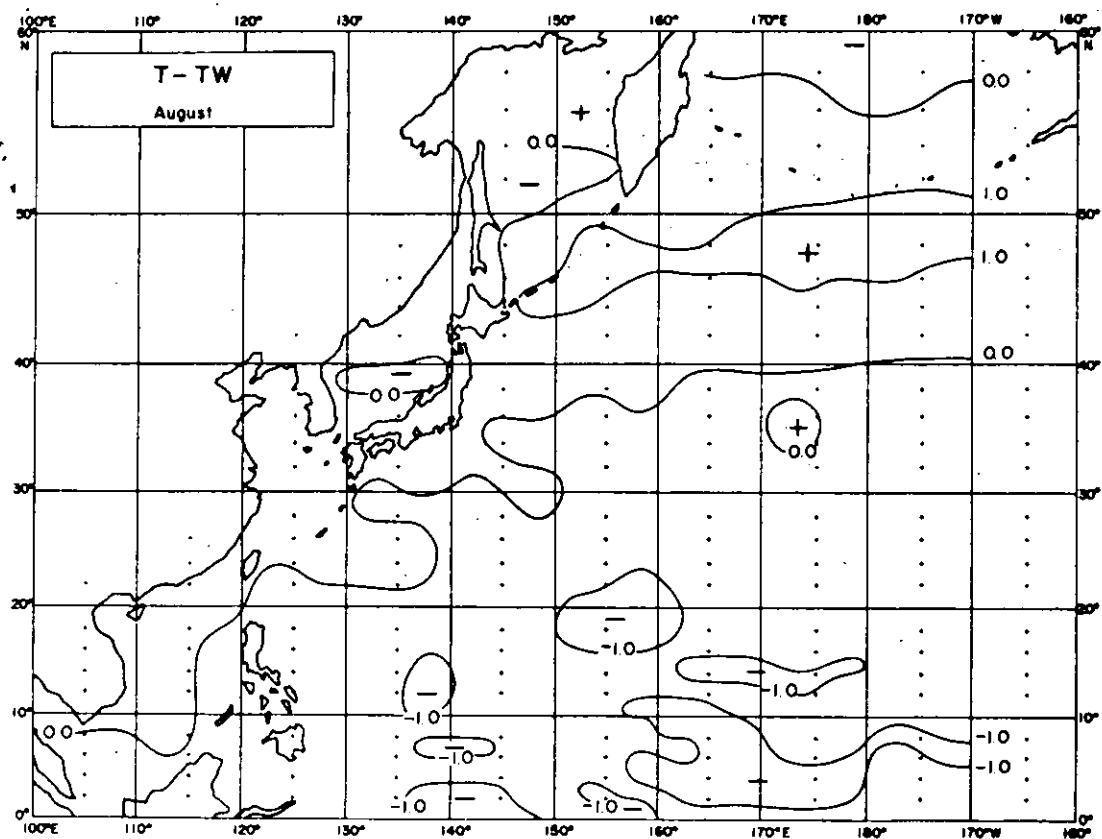


Fig. 1.83

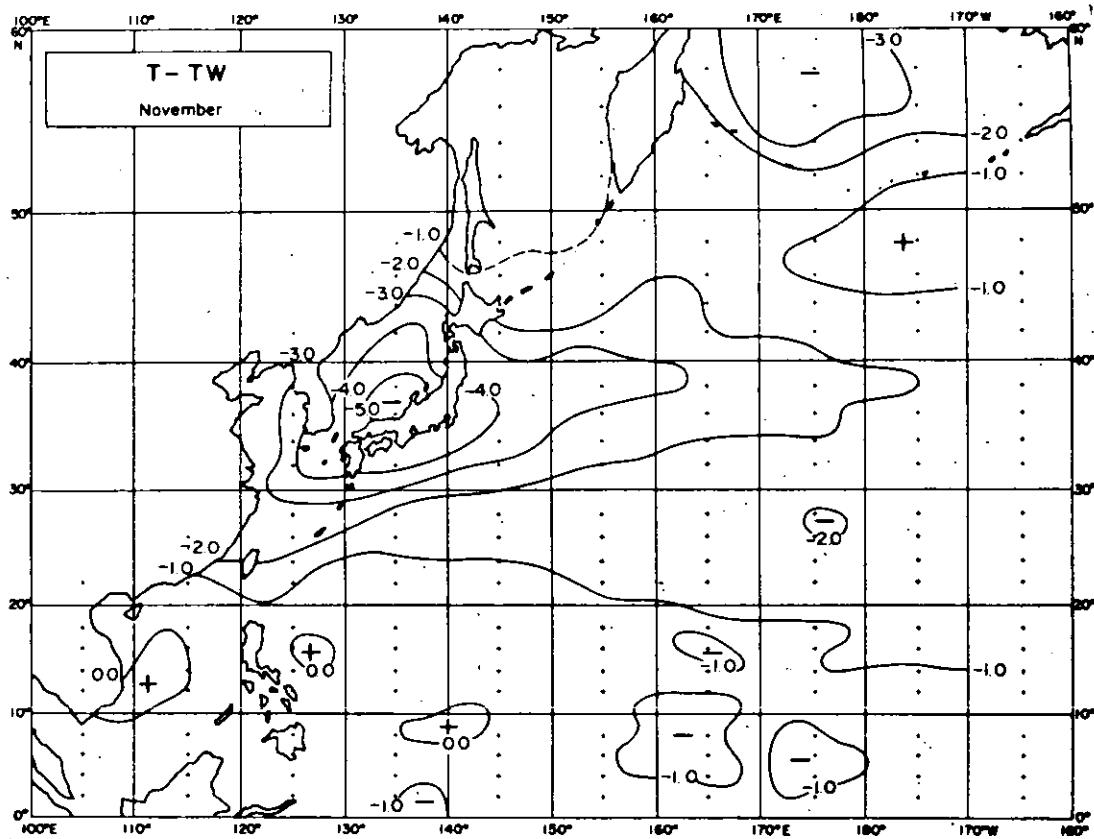


Fig. 1.84

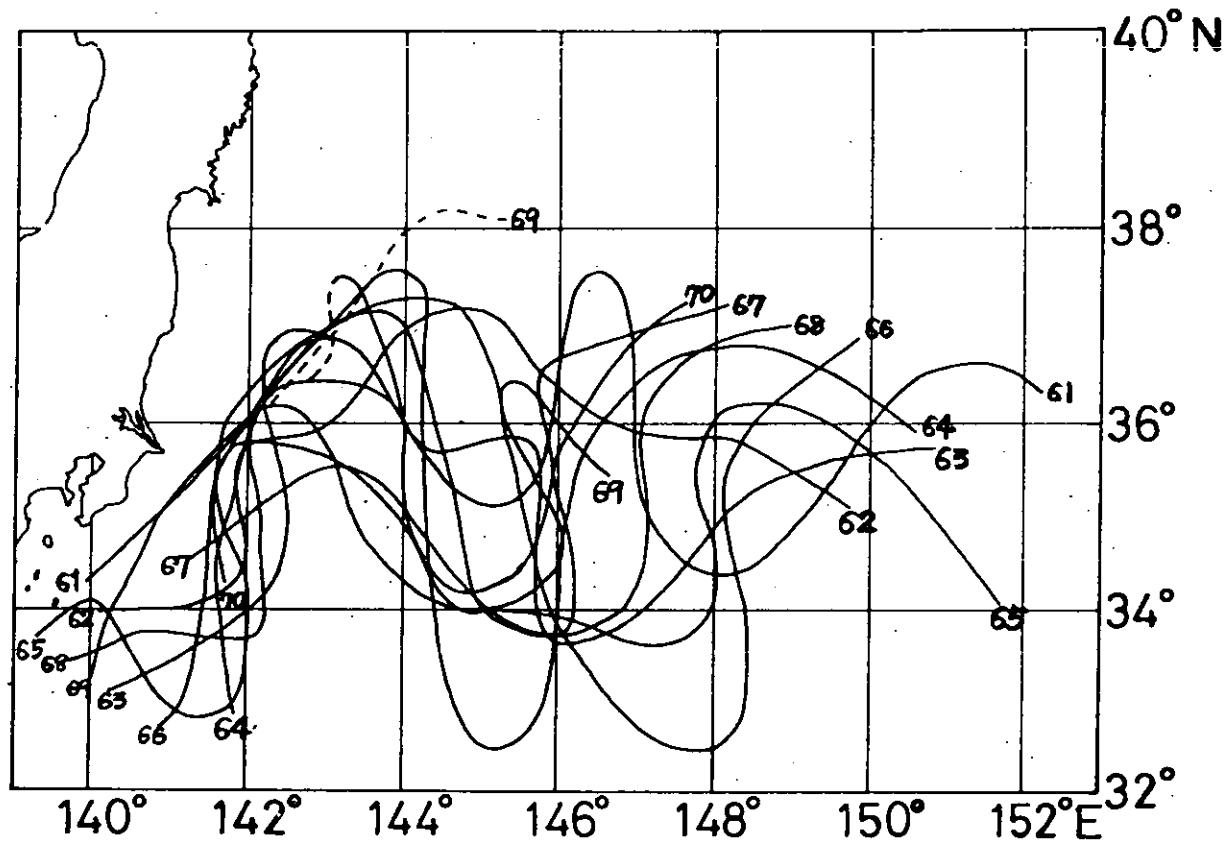


Fig. 1.85 Stream Axis of Kuroshio During Winter Season at Each Year (1961~1970)
各年冬期における黒潮流流平均 (1961~1970)

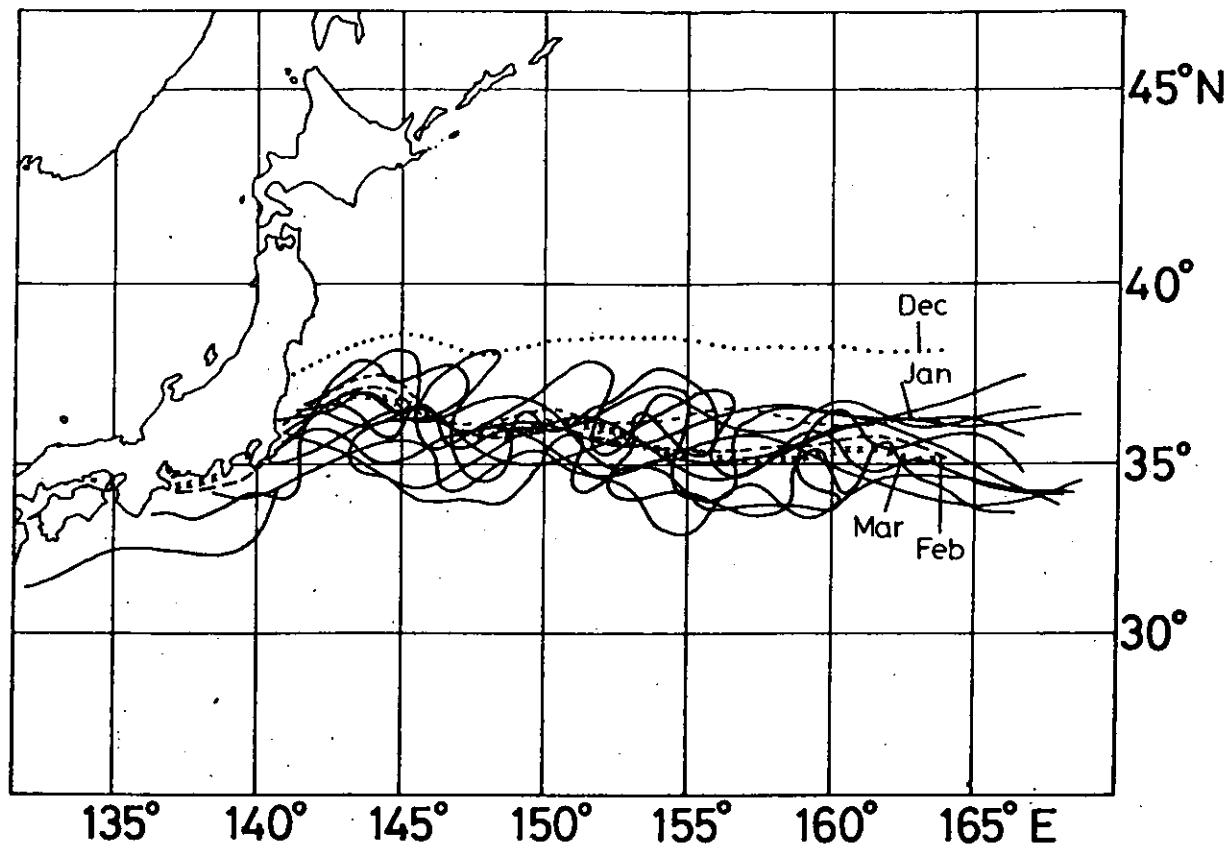
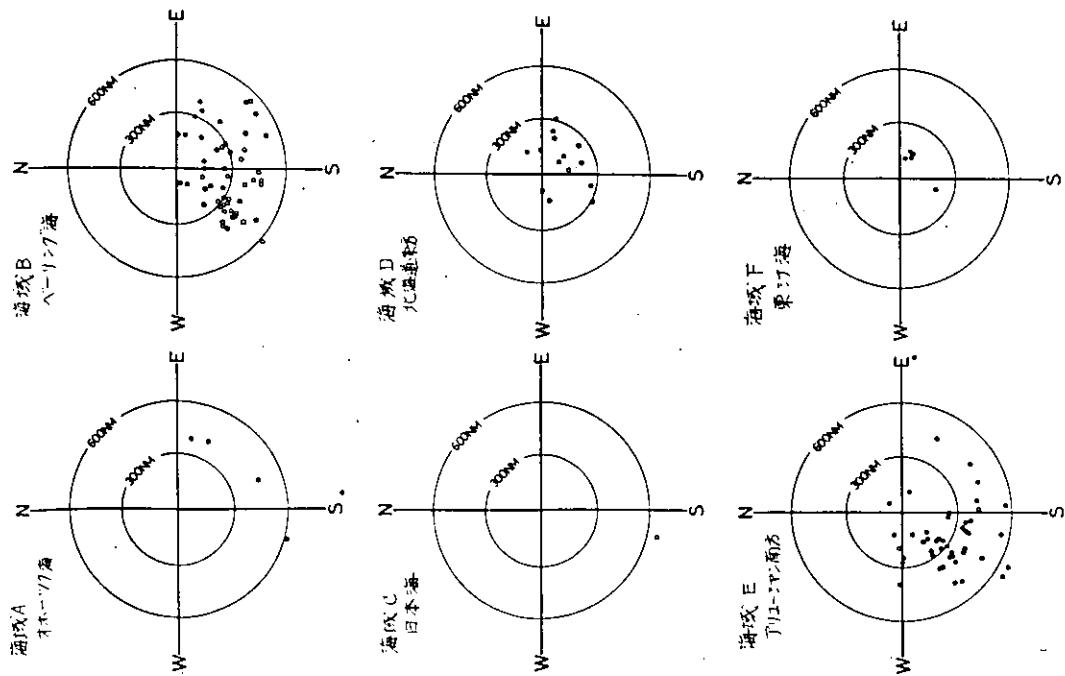


Fig. 1.86 15°C Isotherm of Sea Surface Temperature at February of Each Year and 15°C Isotherm at Each Month from December to March during Ten Years (1961~1970)

各年2月における15°C等海面水温線および10ヶ年平均の12月～3月の15°C等温线（1961～1970）



(図中の○は低気圧、●は台風を表わす)

Fig. 1.87 Relation between Observed Position when Wave Height Greater than 15 Meters and Cyclone Center (1964 ~ 1973)

15 m以上の大波高観測位置と低気圧中心との関係（1964～1973）

Tab. 2. 1 Details of "Beishu Maru"
「米州丸」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
Depth mld	16.3 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 ² -m
" "	I/y Keel 198,291 cm ² -m

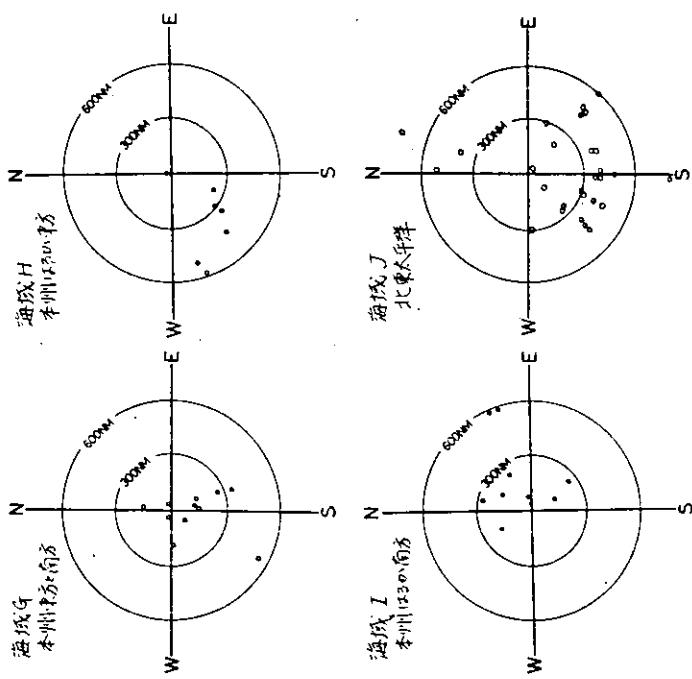


Fig. 1.87 Relation between Observed Position when Wave Height Greater than 15 Meters and Cyclone Center (1964 ~ 1973)
15m以上の大波高観測位置と低気圧中心との関係 (1964 ~ 1973)
(図中の○は低気圧、●は台風を表わす)

b

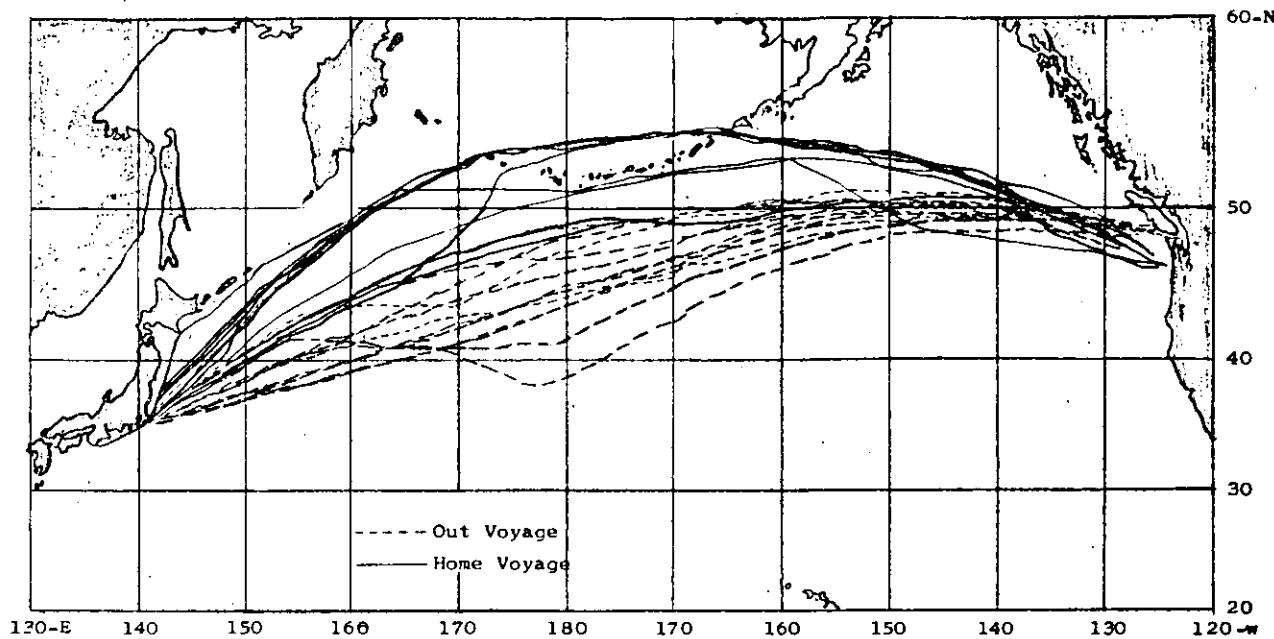


Fig. 2. 1 Course of "Beishu Maru"
「米州丸」の航路

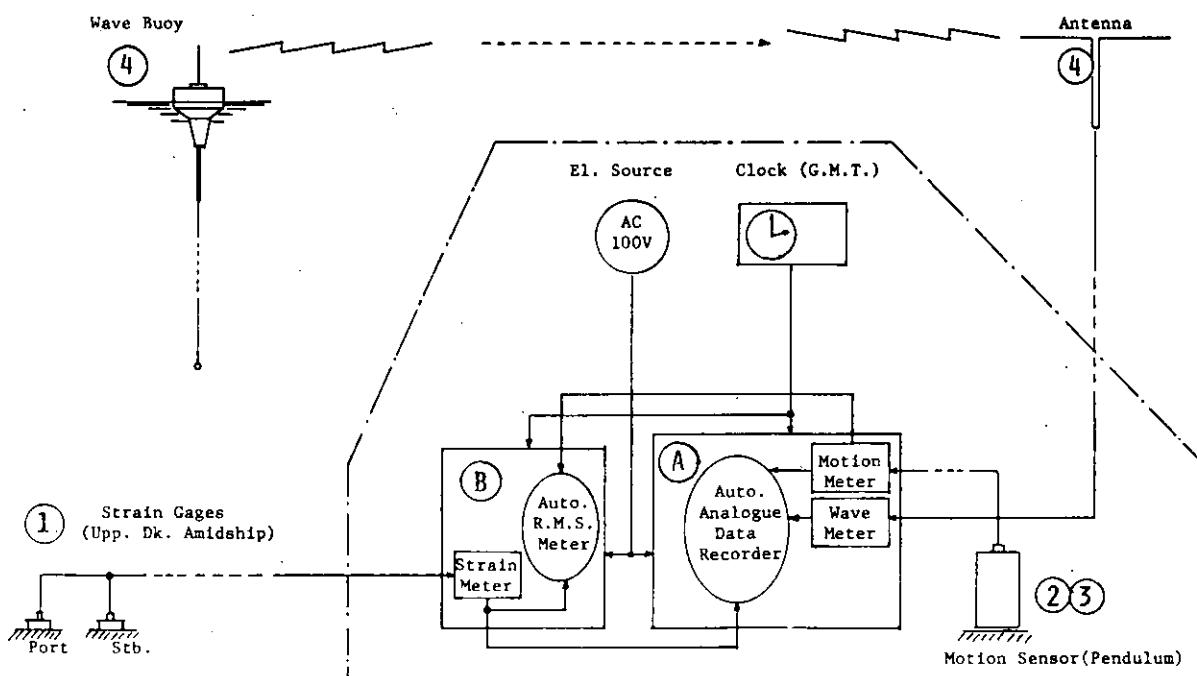


Fig. 2. 2 Block Diagram of Measuring and Recording System
計測・記録システムブロック図

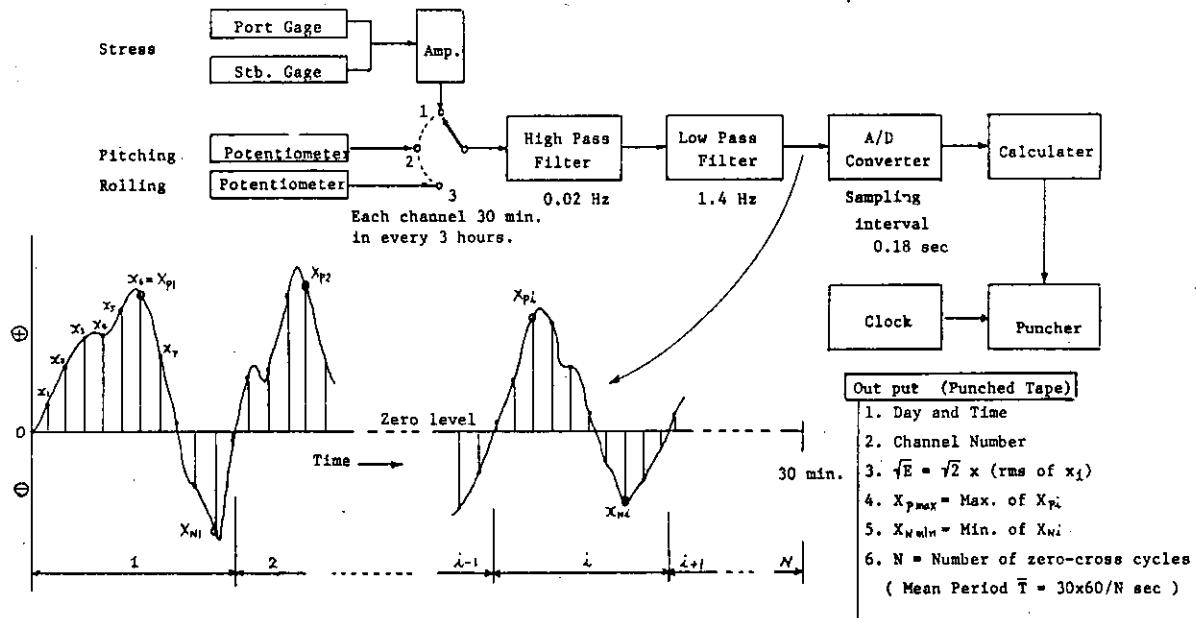


Fig. 2. 3 Block Diagram of Automatic R.M.S. Meter
自動R.M.S.計のブロック図

Date	Position	Time	Wind	Weather	Ship	Windsea	Swell	Beaufort's	Windforce Memo	Remarks	Sheet Number	Voyage Number		
											15 16 17 18 19 20 21 24 25	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42		
13 付														
(17) 二・4 横帶付	d.g.	L _a	1.0	1.5	5.5	0.0	1.8	1.7	0.2	2.2	2.0	0.8	2.0	0.5
年 月 日 (01-11)	10 1 100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1	100 10 1
緯度 度	經度 度	航向 度	風速 kn	風向 度	浪高 m	波高 m	浪期 s	波期 s	風速 km/h	風向 度	浪高 m	波高 m	浪期 s	波期 s
7.6 11 14	55.6 0	15.9 7	1.6 3.5	1.2 2.2	1.8 0.3	2.0 0.3	2.2 0.3	2.0 0.2	0.3 0.2	2.2 0.2	0.6 0.5	0.5 0.5	0.6 0.5	0.6 0.5
54.5 16.6 2	1.8 3.3	1.9 2.1	2.6 4.2	2.0 0.9	2.0 0.9	2.0 0.9	2.0 0.8	2.0 0.8	2.0 0.8	2.0 0.8	0.6 0.5	0.6 0.5	0.6 0.5	0.6 0.5
54.3 16.9 2	0.0 3.1	3.2 2	2.6 4.4	1.8 0.8	0.9 2.0	0.9 2.0	0.9 2.0	0.9 2.0	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.7 0.7	0.7 0.7
54.1 17.2 8	0.6 3.3	2.9 6.4	2.6 4.4	1.8 0.9	0.9 2.0	0.9 2.0	0.9 2.0	0.9 2.0	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.7 0.7	0.7 0.7
53.9 17.5 2	1.5 2.2	3.2 2	2.6 6.0	1.8 0.8	0.9 2.0	0.9 2.0	0.9 2.0	0.9 2.0	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.7 0.7	0.7 0.7
53.6 17.9 1	2.9 1	1.8 2.1	1.8 0.8	1.8 0.8	1.9 0.9	1.9 0.9	1.9 0.9	1.9 0.9	0.2 0.2	0.2 0.2	0.3 0.3	0.3 0.3	0.4 0.4	0.4 0.4
7.6 11 16	52.2 2	12.6 4.0	2.2 7.4	0.2 2.5	1.8 0.9	2.0 0.9	2.0 0.9	2.0 0.9	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
52.1 17 3.8 0.9	2.5 4.3	2.5 2.3	2.0 3.0	0.9 0.9	0.7 0.7	0.3 0.3	0.3 0.3	0.3 0.3	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
51.3 17 2.9 1.5	2.6 4.3	0.2 1.0	0.2 1.0	0.2 1.0	0.2 0.2	0.2 0.2	0.2 0.2	0.2 0.2	0.2 0.2	0.2 0.2	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
50.0 17 3.8 2	1.9 2.7	3.2 2.2	2.0 2.0	1.1 0.7	0.7 0.7	0.3 0.3	0.3 0.3	0.3 0.3	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
49.5 17 4.1 1.0	2.8 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
48.7 17 4.5 0.6	3.2 6.0	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.2 3.9	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
48.8 17 4.8 0.9	2.8 3.0	1.8 3.0	1.8 3.0	1.8 3.0	1.6 0.9	0.9 0.9	0.9 0.9	0.9 0.9	0.3 0.3	0.3 0.3	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
47.4 17 4.8 1.6	3.2 3.7	2.8 3.7	2.8 3.7	2.8 3.7	2.8 3.7	2.8 3.7	2.8 3.7	2.8 3.7	0.2 0.2	0.2 0.2	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
47.2 17 4.9 1.5	3.6 2.9	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 0.2	0.2 0.2	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
47.1 17 5.0 1.6	3.6 2.0	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 2.3	0.2 0.2	0.2 0.2	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
7.6 11 17	47.2 1.7	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	1.7 2.0	0.6 0.9	0.6 0.9	0.6 0.6	0.6 0.6
Year Month Day	Latitude	Longitude	Course	RPM	H _w (1/2m)	Period	Speed (kt)	Speed (kt)	Period	Direct	H _w (1/2m)	Wave Down	Avoidance	Green Sea

Fig. 2. 4 Table of Environmental Conditions
外界条件記録表

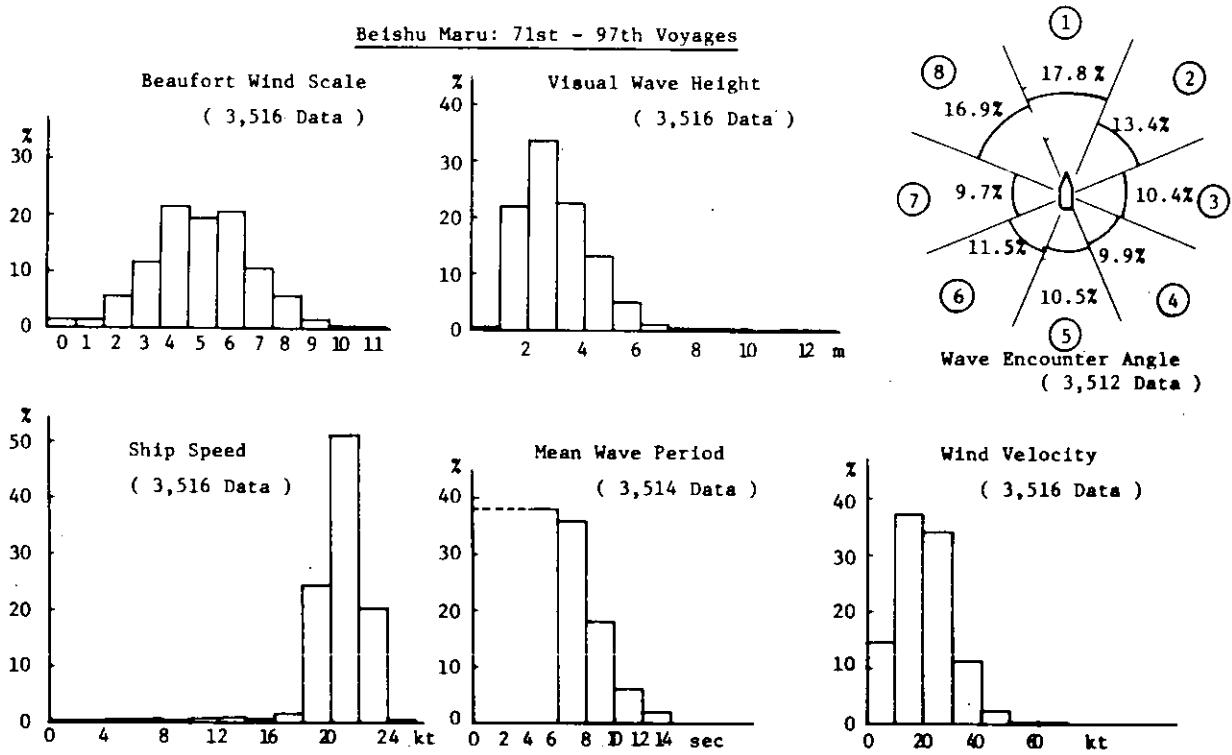


Fig. 2. 5 Frequency Distribution of Environmental Condition
外界条件の頻度分布

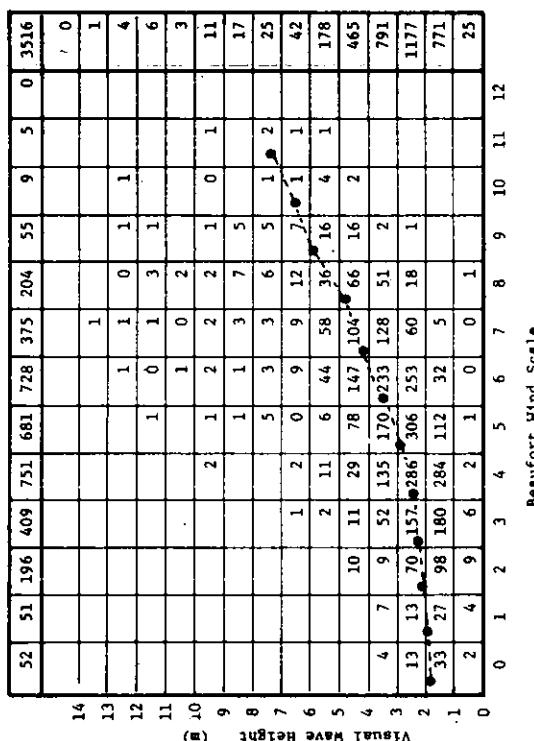


Fig. 2. 6 Beaufort Wind Scale vs. Wave Height
風力と波高の関係

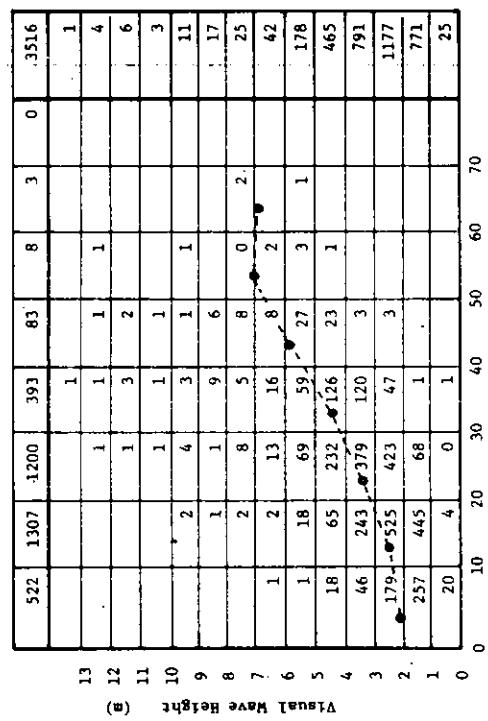


Fig. 2. 7 Wind Velocity vs. Wave Height
風速と波高の関係

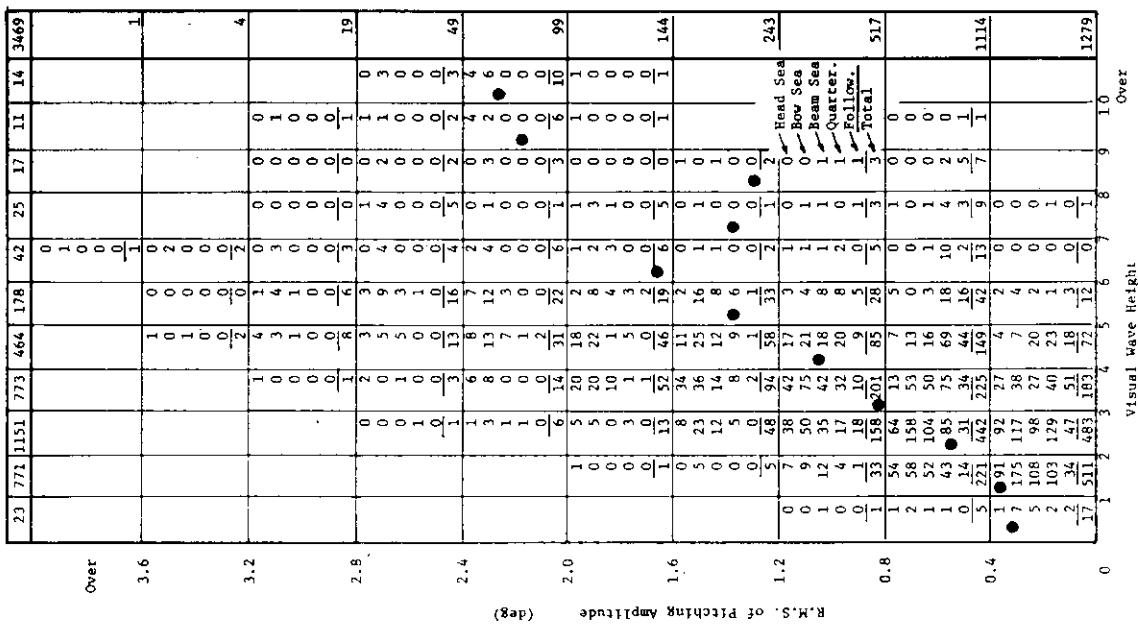


Fig. 2.8 Frequency Distribution of RMS Values of Pitching Angle
横揺角の RMS 値の頻度

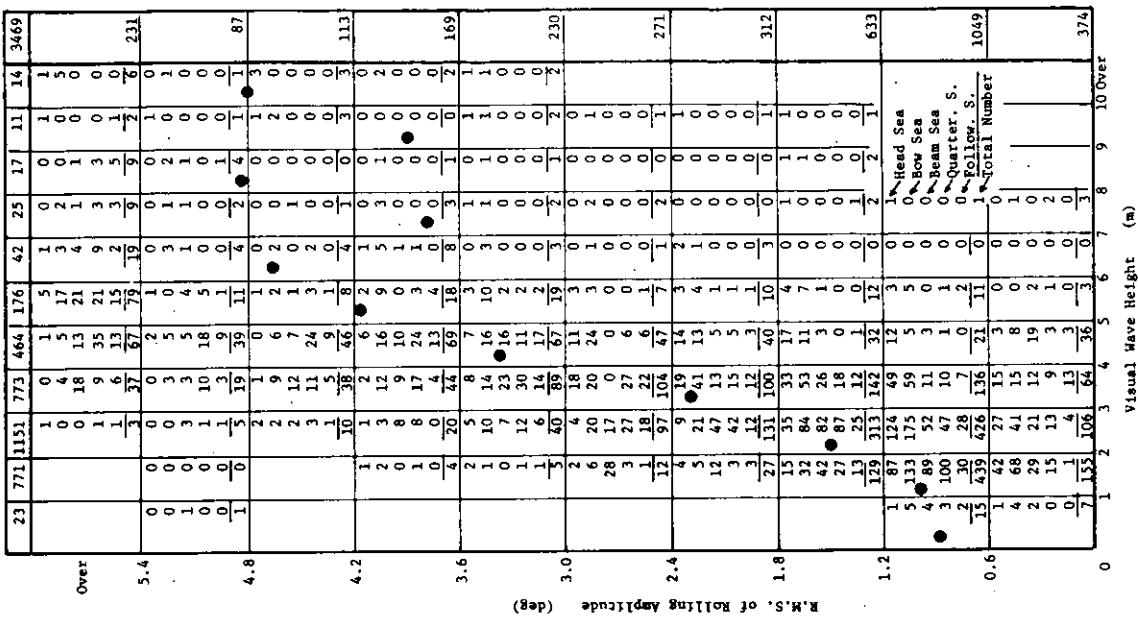


Fig. 2.9 Frequency Distribution of RMS Values of Rolling Angle
横揺角の RMS 値の頻度

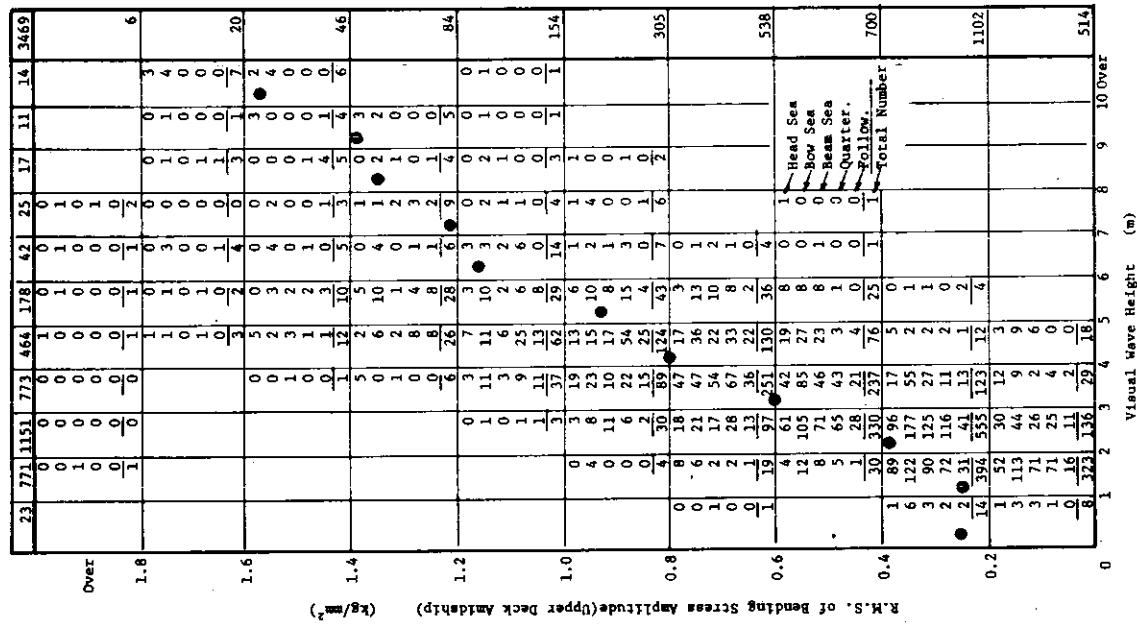


Fig. 2.10 Frequency Distribution of RMS Values of Deck Stress
甲板応力のRMS値の頻度

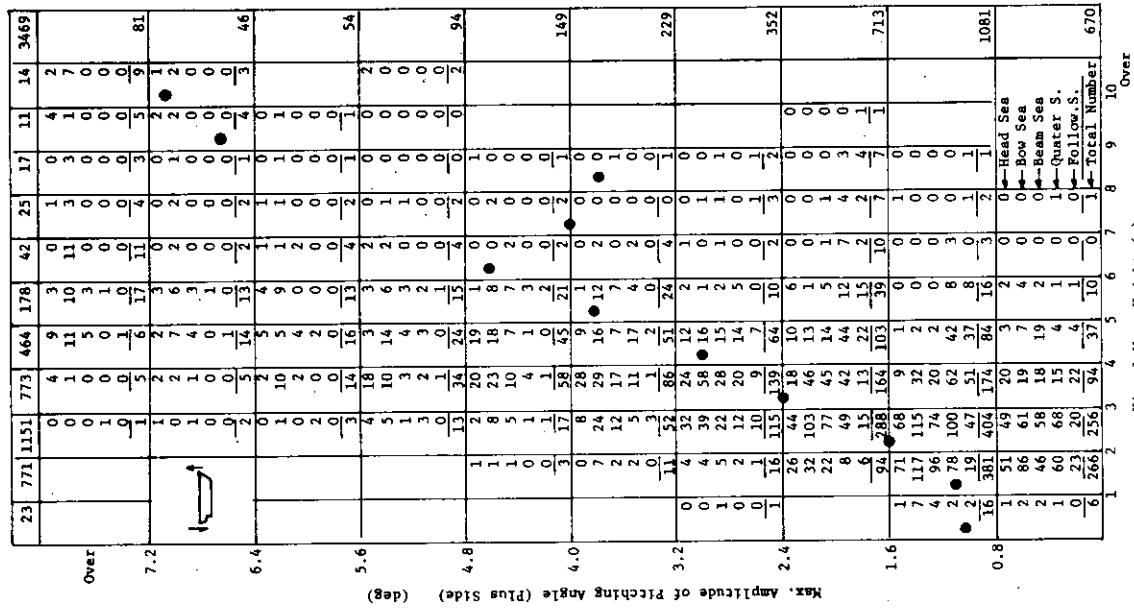


Fig. 2.11 Distribution of Max. Value of Pitching Angle (Plus Over)
縦搖角の最大値の頻度（船首浮上）

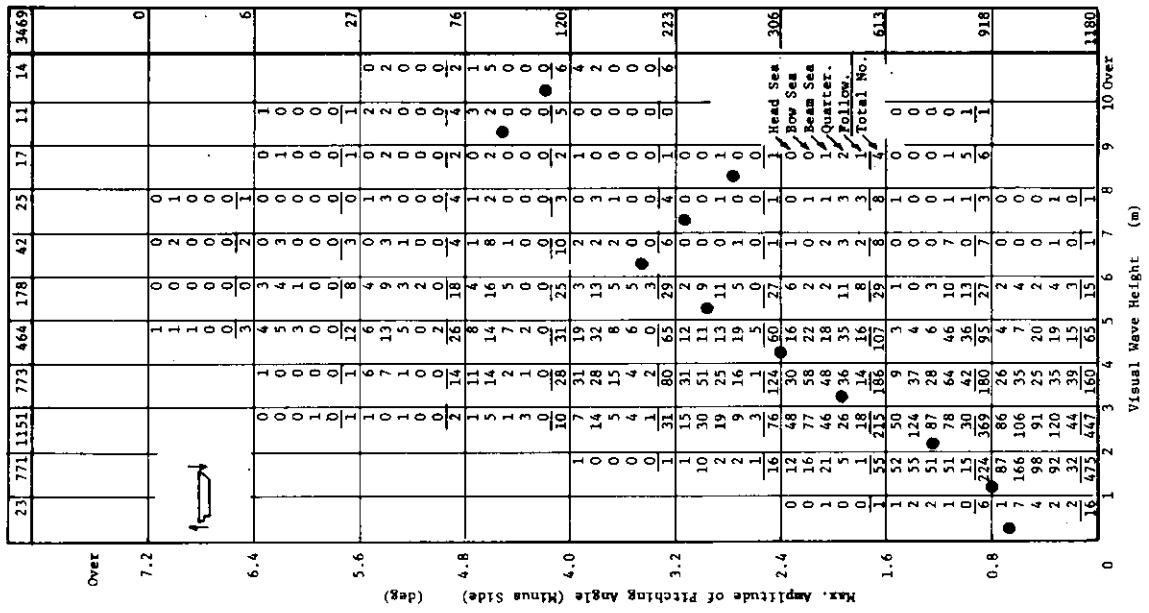


Fig. 2.12 Distribution of Max. Value of Pitching Angle (Minus)
縦搖角の最大値の頻度(船尾浮上)

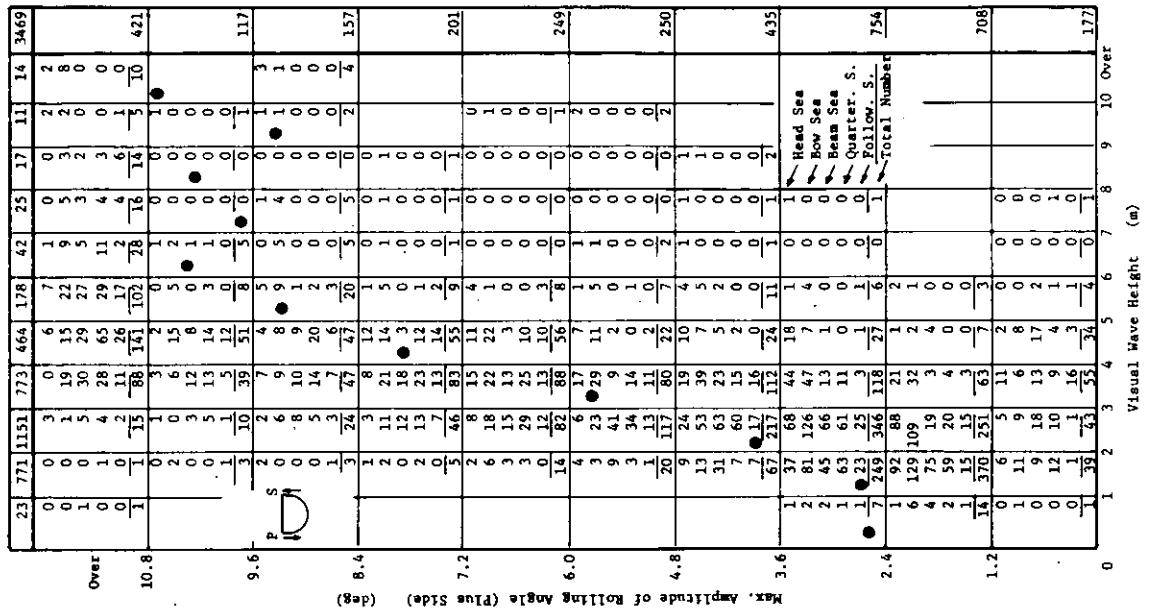
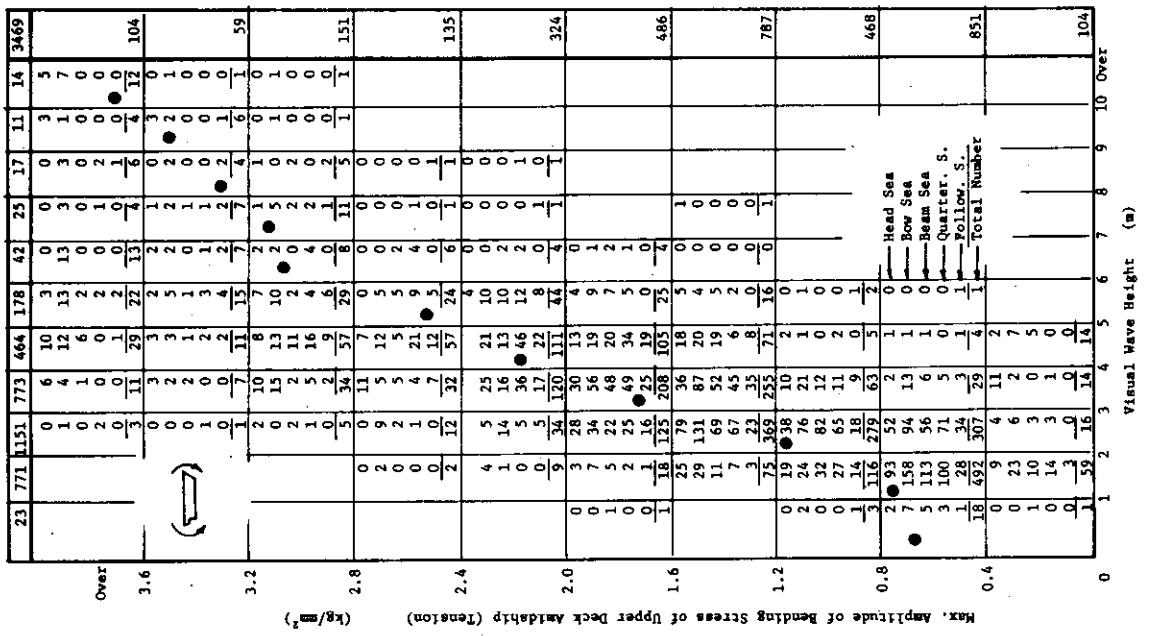
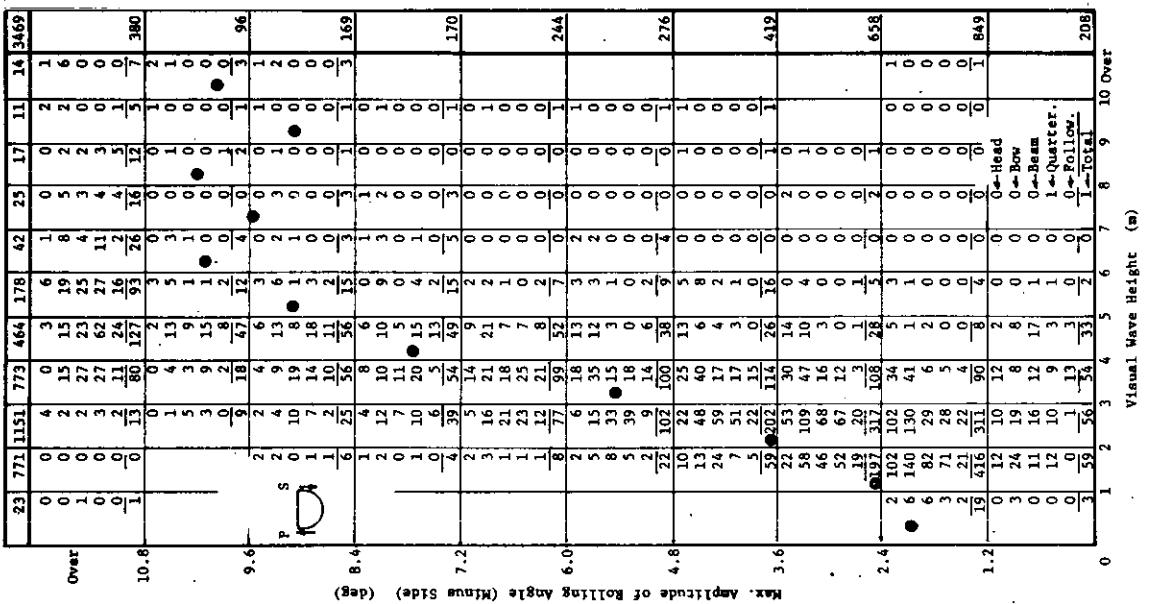


Fig. 2.13 Distribution of Max. Value of Rolling Angle (Plus)
横搖角の最大値の頻度(右舷浮上)



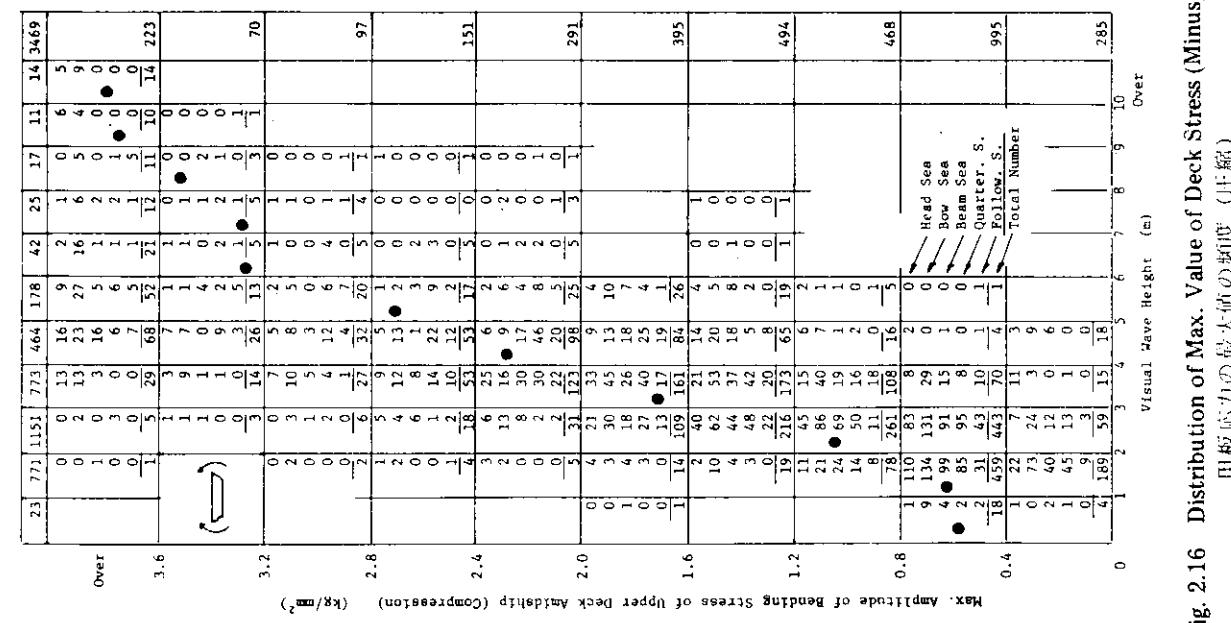


Fig. 2.16 Distribution of Max. Value of Deck Stress (Minus)

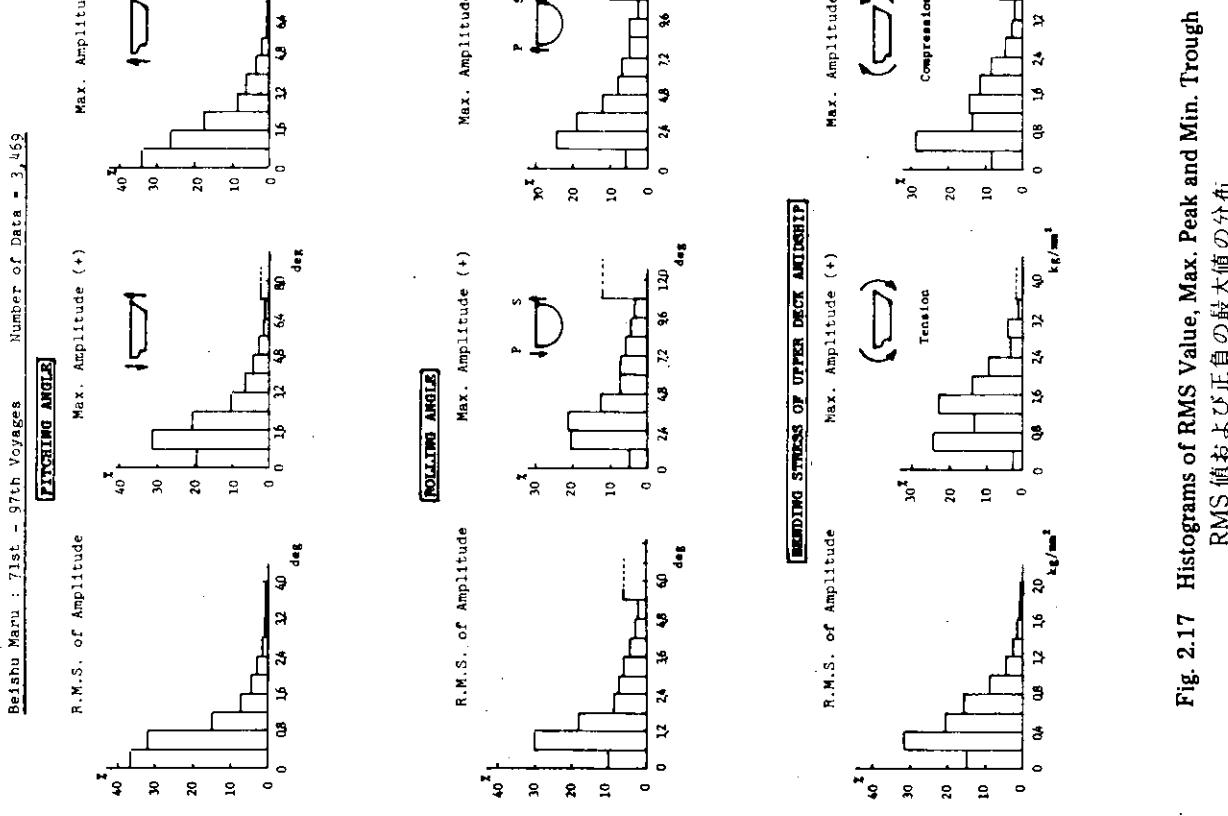


Fig. 2.17 Histograms of RMS Value, Max. Peak and Min. Trough RMS 値および正負の最大値の分布
甲板底力の最大値の頻度 (主縮)

Fig. 2.17 Histograms of RMS Value, Max. Peak and Min. Trough RMS 値および正負の最大値の分布

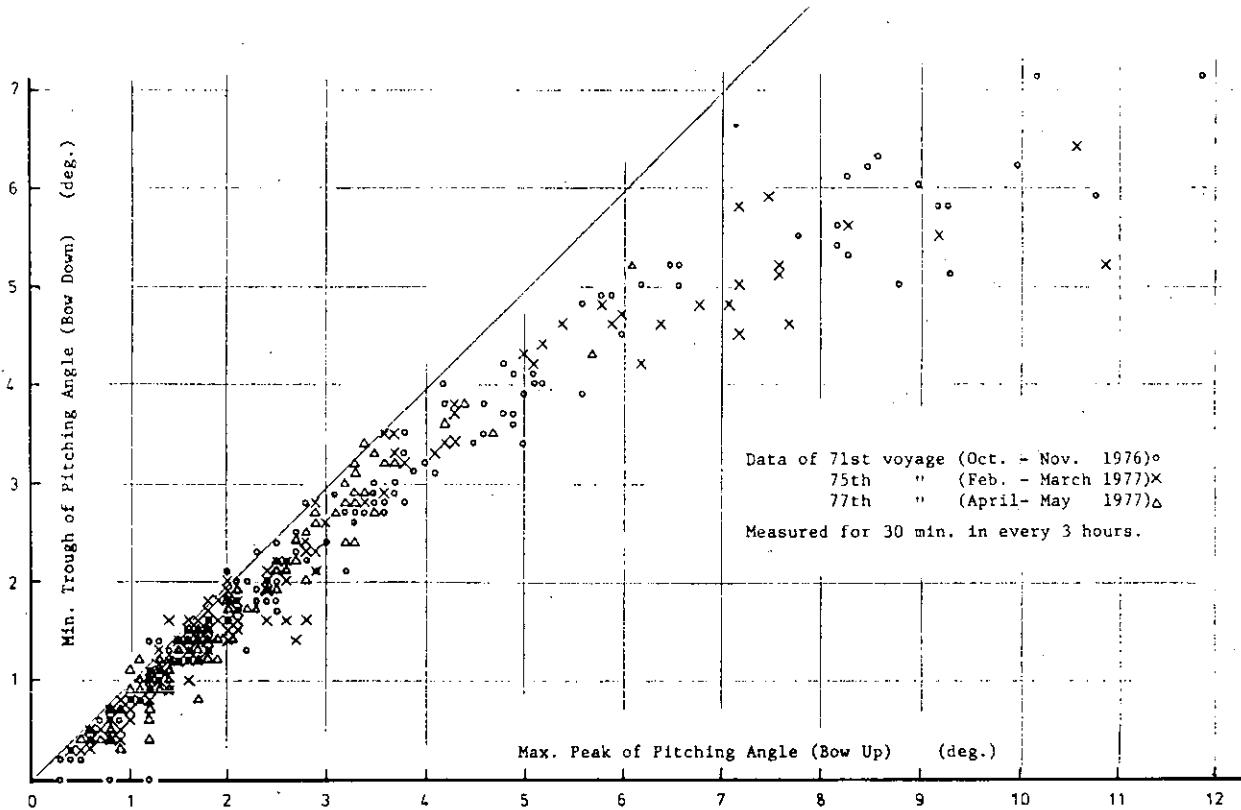


Fig. 2.18 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Pitching Angle
縦搖角の正負のピーク

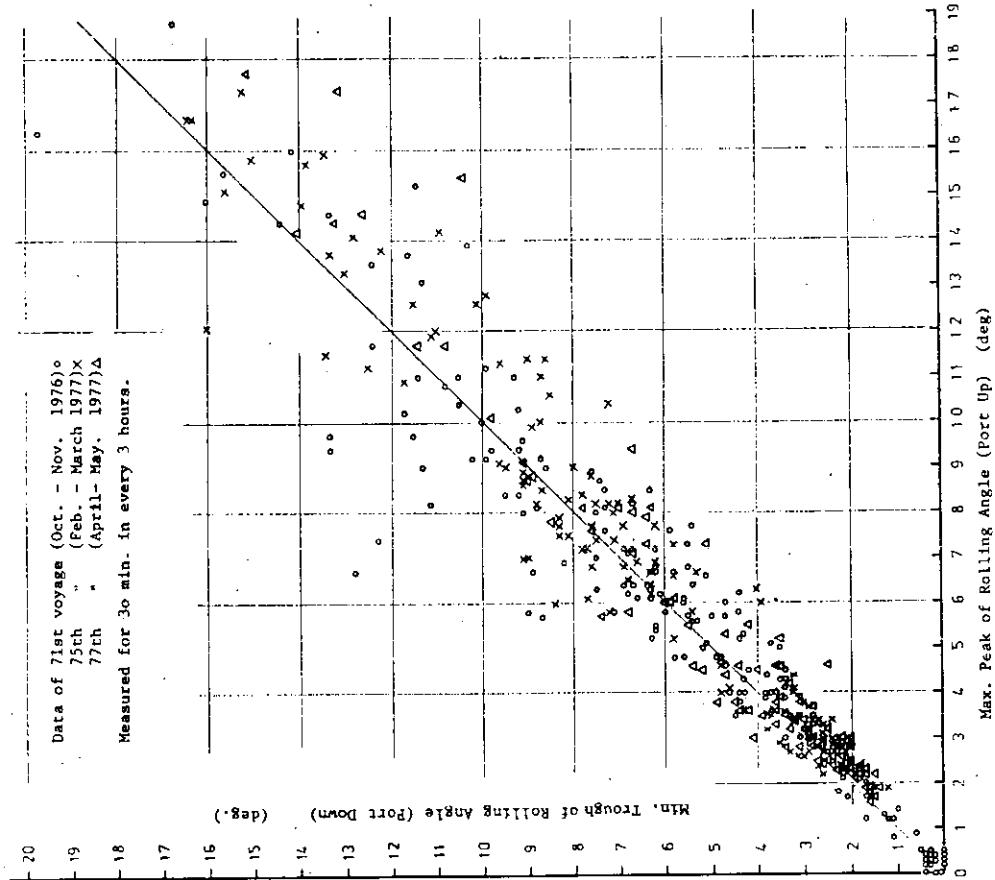


Fig. 2.19 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Rolling Angle
横搖角の正負のピーク

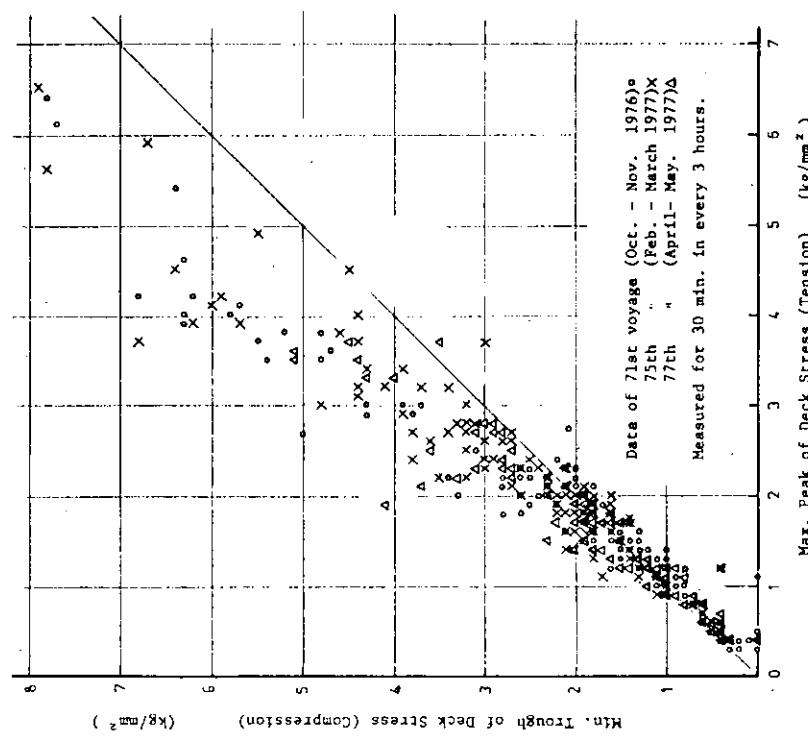
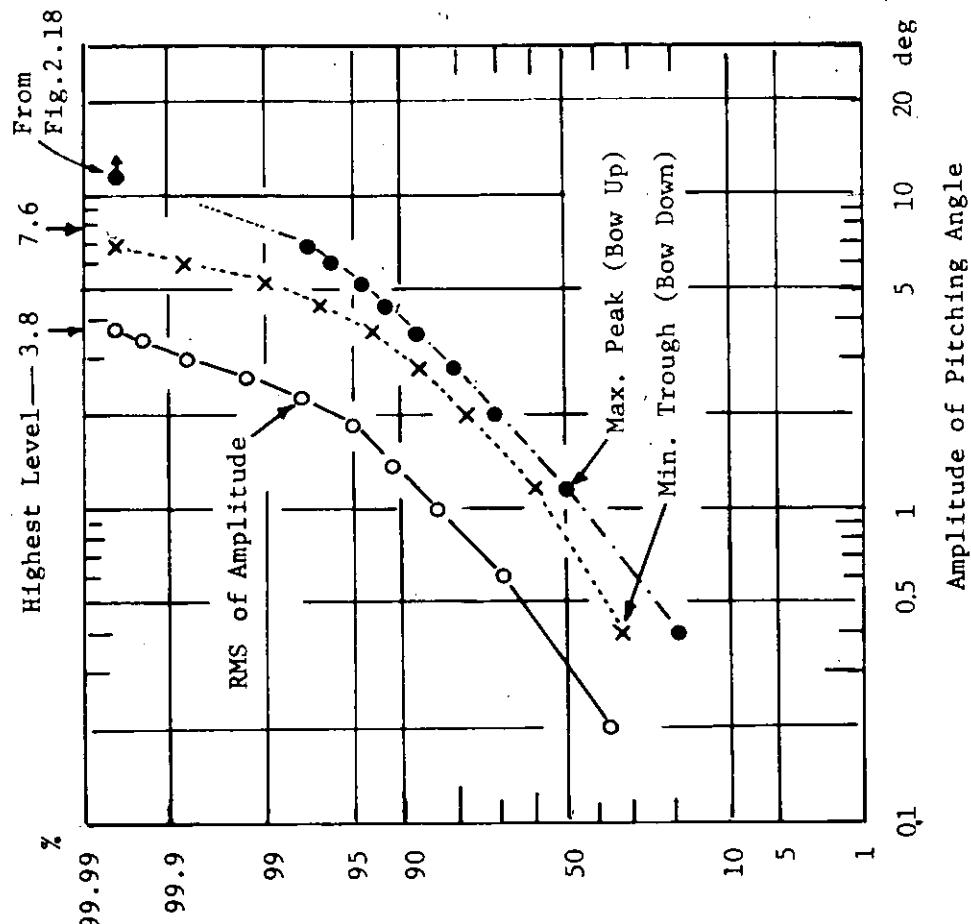
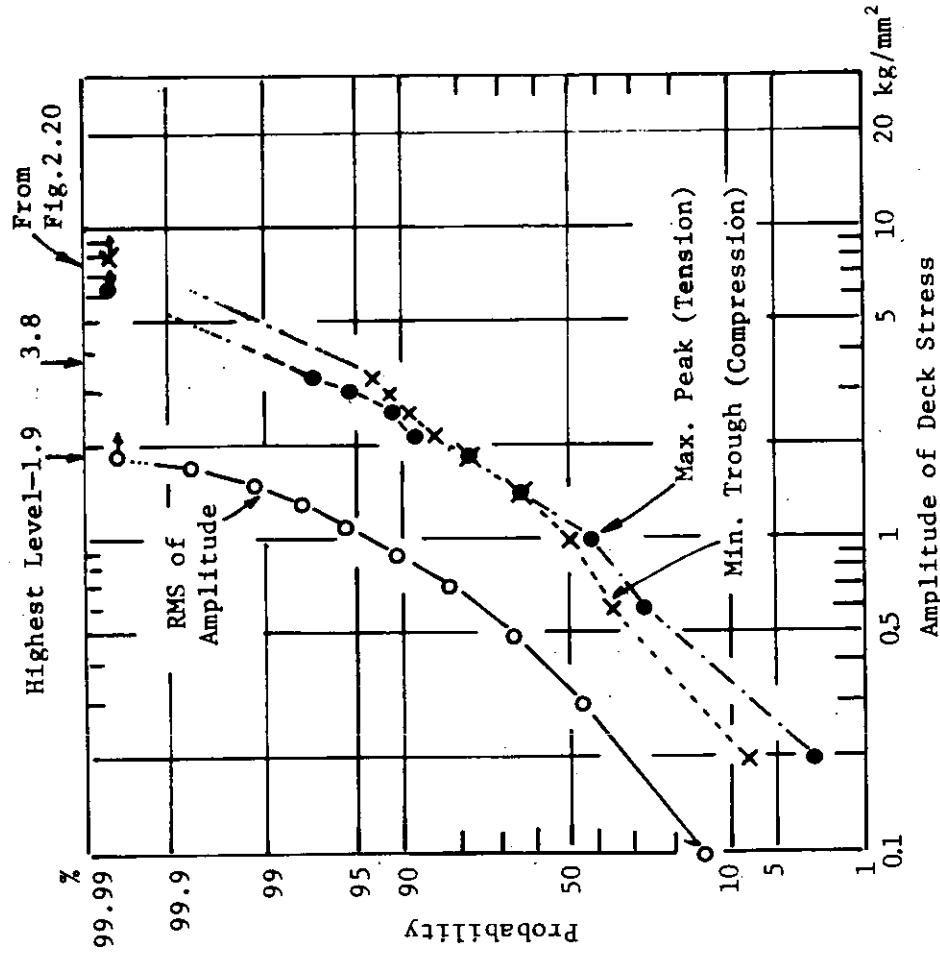
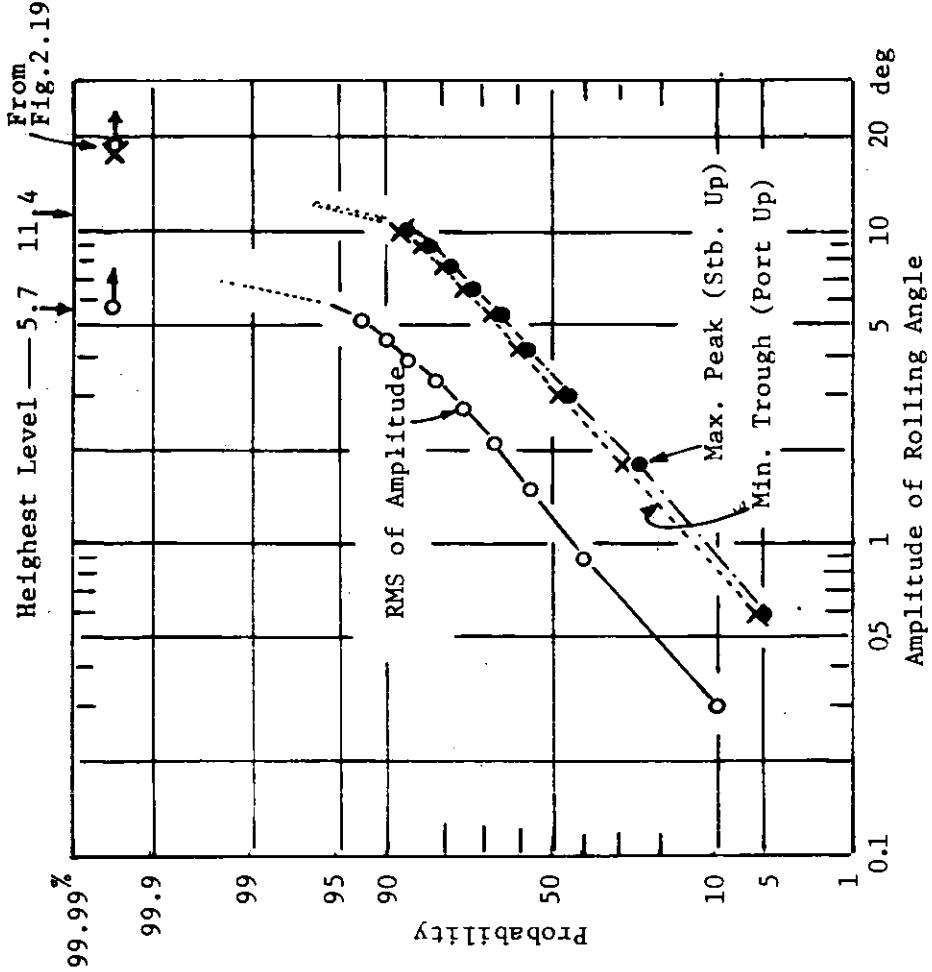


Fig. 2.20 Max. Peaks vs. Min. Troughs of Deck Stress
甲板応力の正負のビーグ

Fig. 2.21 Probability of Pitching Angle
縦搖角の確率



Tab. 2. 2 Sample of Statistical and Spectral Analysis
統計解析およびスペクトル解析結果例

Item	Statistical Analysis		Spectral Analysis *		RMS Meter		Visual Observation	
	N (No. of Zero-cross Cycle)	H _{max} (RMS of P-P Range)	H _{rms} (RMS of P-P Range)	H _{max} (Mean of P-P Range)	H _{rms} (STD of P-P Range)	T ₀ (Zero-cross Intensity)	T _v (Mean Period)	E _c (Encounter Angle)
Stress (kg/mm ²)	173	0.41	0.47	0.67	1.05	0.18	5.88	2048
Pitch. (deg)	143	1.19	1.32	1.80	2.64	0.48	7.12	2048
Roll. (deg)	142	0.78	0.86	1.14	1.68	0.31	7.15	2048
Wave (m)	148	1.32	1.50	2.15	3.25	0.74	5.94	1800
Stress (kg/mm ²)	130	1.60	1.83	2.55	4.77	0.67	7.82	2048
Pitch. (deg)	134	2.59	2.95	4.23	6.41	1.06	7.58	2048
Roll. (deg)	88	7.12	8.39	12.09	18.10	3.24	11.45	2048
Wave (m)	103	3.20	3.64	5.10	6.90	1.36	8.58	1800
Stress (kg/mm ²)	129	0.42	0.51	0.73	1.29	0.21	7.90	2048
Pitch. (deg)	172	0.95	1.10	1.58	2.32	0.42	5.94	2048
Roll. (deg)	102	3.85	4.47	6.47	9.43	1.70	9.87	2048
Wave (m)	157	1.29	1.52	2.20	3.75	0.64	5.68	1800
Stress (kg/mm ²)	177	0.25	0.29	0.41	0.69	0.13	5.75	2048
Pitch. (deg)	235	0.31	0.38	0.56	1.05	0.15	4.33	2048
Roll. (deg)	94	2.10	2.41	3.39	4.74	0.91	10.81	2048
Wave (m)	191	0.70	0.85	1.22	2.10	0.37	4.69	1800
Stress (kg/mm ²)	118	1.21	1.36	1.89	2.61	0.53	8.58	2048
Pitch. (deg)	145	2.59	2.88	3.93	6.40	1.04	7.02	2048
Roll. (deg)	74	10.49	11.90	16.90	30.35	4.44	13.78	2048
Wave (m)	112	3.06	3.43	4.77	7.58	1.45	7.94	1800
Stress (kg/mm ²)	126	1.38	1.56	2.20	3.79	0.64	8.08	2048
Pitch. (deg)	134	2.14	2.38	3.34	4.89	0.85	7.61	2048
Roll. (deg)	58	6.76	7.44	10.00	16.28	2.67	17.45	2048
Wave (m)	78	3.60	4.19	5.95	9.24	1.68	10.11	1800

* Sampling Interval = 0.5sec; No. of Lag = N/10; Lower Limit of Integ. $\omega_c = 0.31415 \text{ rad/sec}$; Upper Limit of Integr. $\omega_F = 3.1415 \text{ rad/sec}$

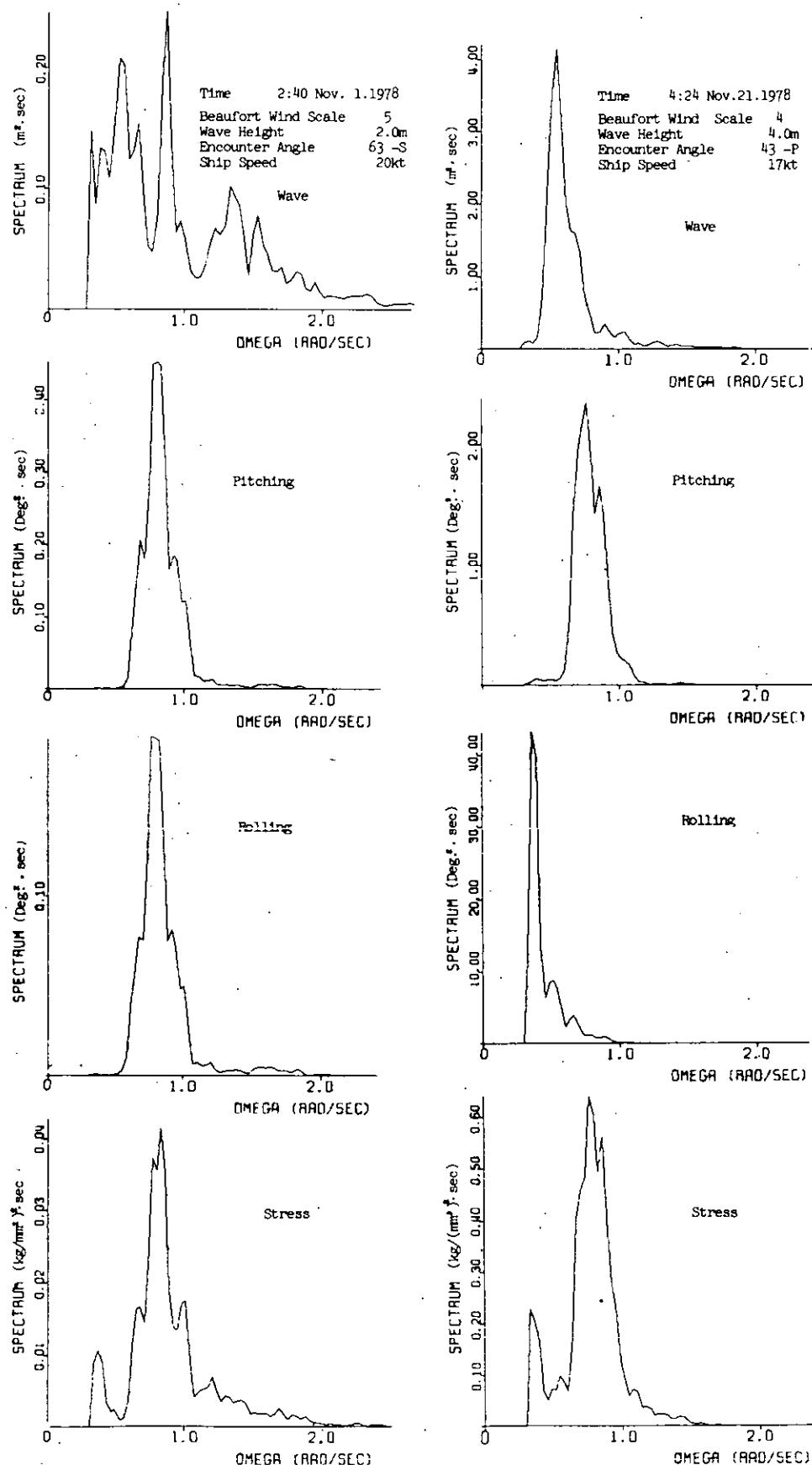


Fig. 2.24 Examples of Spectral Analysis (1)

スペクトル解析例(1)

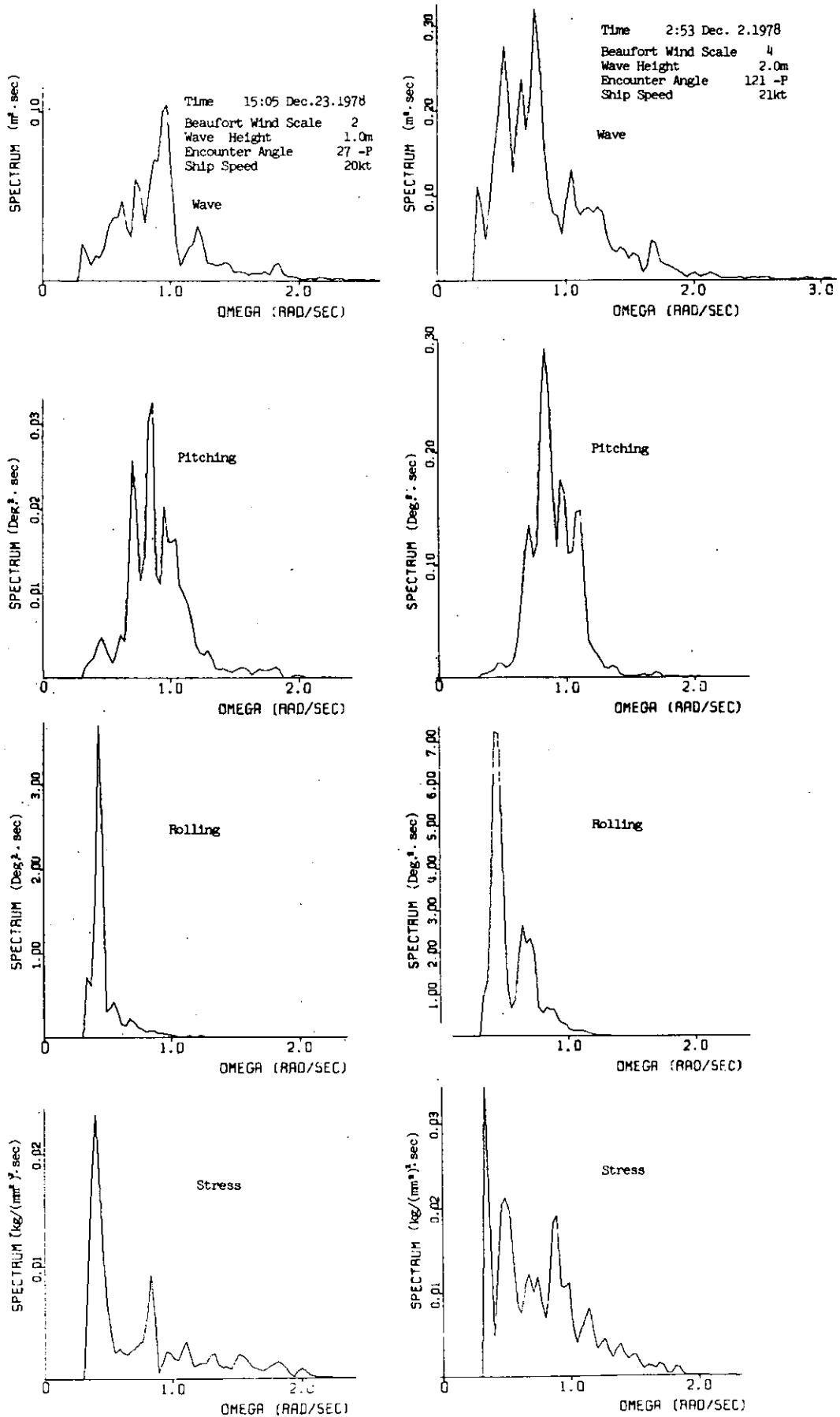


Fig. 2.25 Examples of Spectral Analysis (2)
スペクトル解析例(2)

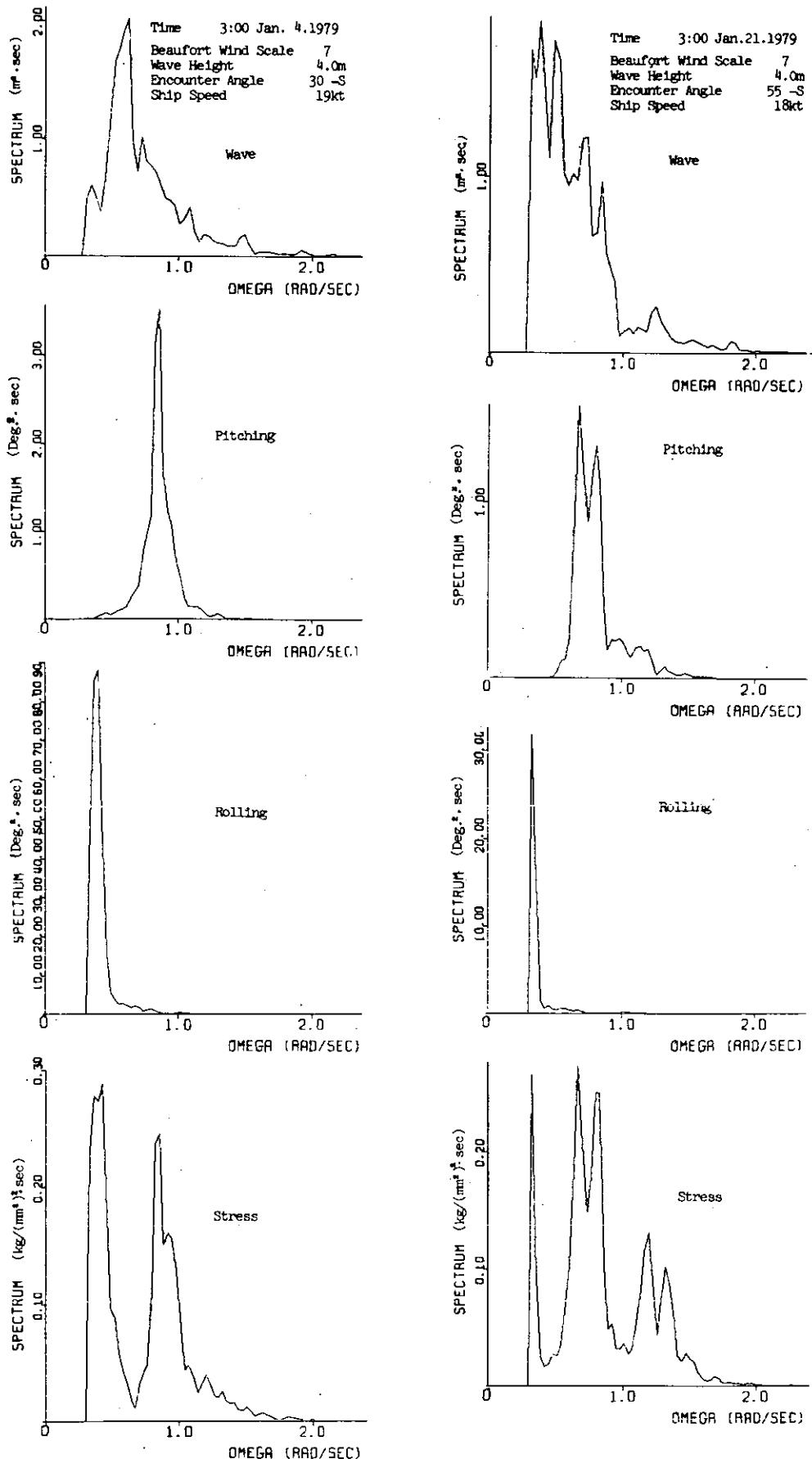


Fig. 2.26 Examples of Spectral Analysis (3)
スペクトル解析例(3)

APPENDIX

附 錄

(I)

北太平洋における風及び波の統計解析表

110°E-170°W, 0°N-50°N

&

170°W-110°W, 0°N-55°N

1964-1973

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

PAGE 1.13.204

DIRECTION WIND SPEED (KNOTS) SEASON SPRING (1964-1973) 1047369 14524 TOTAL MEAN OF DATA

AREA	(00N-55N + 110E - 110W)	CODE	00	1	10	2	20	3	30	4	40	5	50	6	60	7	70	8	CALM	TOTAL	MAX
1	NORTH	20429	37993	15394	3196	472	.05	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	77542	99.00	
	1.95	33.63	1.47	.31	.31	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	77.40		
2	(02)	22976	50176	17959	2890	312	.34	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	94353	96.00	
	2.19	4.79	17.71	.28	.28	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	9.01		
3	(03)	31242	65372	27989	3224	311	.42	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	148196	85.00	
	2.98	8.15	2.67	.31	.31	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	14.15		
4	EAST	31781	72632	19153	2056	266	.32	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	125925	72.00	
	3.03	6.93	1.33	.20	.20	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	12.02		
5	(05)	23134	35619	9133	1723	293	.44	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	69951	95.00	
	2.21	3.40	.87	.16	.16	.03	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	6.68		
6	(06)	21282	33195	10598	2437	461	.59	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	69041	99.00	
	2.03	3.17	1.01	.23	.23	.04	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	6.50		
7	SOUTH	19293	34144	16055	3514	587	.62	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	71676	90.00	
	1.84	3.26	1.34	.34	.34	.06	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	6.84		
8	(08)	15666	31804	14376	3209	520	.65	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	65653	80.00	
	1.56	3.04	1.37	.31	.31	.05	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	6.27		
9	(09)	15715	30521	14122	3669	745	.33	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	64593	80.00	
	1.46	2.91	1.35	.35	.35	.07	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	6.17		
10	WEST	15743	28589	16353	5968	1622	.23	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	67957	90.00	
	1.46	2.73	1.56	.57	.57	.16	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	6.49		
11	(11)	16275	35169	20857	6827	1383	.17	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	60705	88.00	
	1.55	3.36	1.99	.65	.65	.13	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	7.71		
12	(12)	19486	45319	21529	5335	793	.95	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	92579	99.00	
	1.86	4.33	2.06	.51	.51	.08	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	8.94		
13	CALM	.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20205	3.00	
	.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.93		
14	TOTAL	252223	520533	201578	44048	7565	1016	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	1047369	99.00	
	24.08	49.70	19.25	.21	.21	.72	.10	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	-	-	100.00		

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

PAGE 4.13.204

WAVE HEIGHT PERIOD (SEC)

SEASON SPRING (1964-1973)

906317 1.072 ... SAMPLE TOTAL
 MEAN OF DATA

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

CODE	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	CALM	TOTAL
1 0.00 -	83472	6301	2606	1851	.08	1.82	.004	98644
2 0.75 -	233869	94269	39990	9161	.6346	2575	.45	10.88
3 1.75 -	25.80	10.40	4.41	1.01	.70	.28	.25	386489
4 2.75 -	72104	82645	59441	17264	.7341	4.115	.16	42.86
5 3.75 -	77.96	86.12	56.55	17.90	.81	.45	.16	244365
6 4.75 -	18225	33858	31918	11410	6377	2550	.521	104859
7 5.75 -	2.01	3.74	3.52	1.26	.70	.28	.06	11.57
8 6.75 -	3816	9785	14398	5205	3576	1.659	.60	38599
9 7.75 -	.42	1.08	1.59	.57	.39	.18	.02	4.26
10 8.75 -	493	2197	4367	1623	1406	.531	.60	10.77
11 9.75 -	.05	.24	.46	.20	.16	.06	.01	1.20
12 10.75 -	158	783	1769	998	1003	.459	.30	5200
13 11.75 -	.02	.09	.20	.11	.11	.05	.00	.57
14 12.75 -	.01	.02	.04	.04	.02	.02	.00	.14
15 13.75 -	.37	107	179	131	1.82	1.38	.2	775
16 14.75 -	.00	.01	.02	.01	.02	.02	.00	.09
17 CALM	2811	.49	.00	.00	.01	.00	.00	125
18 TOTAL	445173	231286	156237	48825	27386	12814	14596	906317
19 MAX	45.81	25.52	17.24	5.39	3.02	1.41	1.61	106.00

THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY

PAGE 1.14.20*

= = = NORTH PACIFIC OCEAN = = =
DIRECTION SPEED (KNOT) SEASON SUMMER (1964-1973) 1034875 12.249 * * * SAMPLE TOTAL
WIND SPEED (KNOT) MEAN OF DATA

CODE	AREA	(00N-55N , 110W - 110W)	1	2	3	4	5	6	7	8	CALM	TOTAL	MAX
1	NORTH	21195	27845	7355	850	.93	.12	.00	.00	.00	.00	57355	80.00
2	(12)	21965	31122	5965	616	.03	.20	.00	.00	-	-	59769	66.00
3	(13)	31154	61518	12145	930	.14	.23	.7	.3	-	-	105893	80.00
4	EAST	36108	69054	12513	979	.132	.27	.4	.00	.00	.00	11973	90.00
5	(05)	30082	49682	7452	985	.163	.27	.9	.7	.00	.00	79406	99.00
6	(16)	31353	39593	8758	1420	.239	.36	.10	.00	.00	.00	81354	80.00
7	SOUTH	31072	45308	11154	1823	.214	.37	.14	.2	-	-	90424	97.00
8	(08)	29565	56329	17252	2101	.267	.30	.10	.00	.00	.00	104559	91.00
9	(09)	28099	52214	10785	2420	.249	.32	.08	.03	-	-	101705	97.00
10	WEST	24278	34388	9973	1315	.150	.14	.3	.00	.00	.00	69922	70.00
11	(11)	22320	31546	7984	1075	.91	.11	.5	.00	.00	.00	63034	90.00
12	(12)	23394	37278	10239	1204	.91	.6	.1	.00	.00	.00	72245	97.00
13	CALM	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29438	6.00
14	TOTAL	331179	526782	129525	15688	1.085	2.66	.77	.01	.00	.00	1034875	99.00

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

PAGE 4.14.204

WAVE HEIGHT PERIOD (SEC)

SEASON SUMMER (1964-1973)

099596..... SAMPLE TOTAL
1.514..... MEAN OF DATA

AREA (00N-55N, 110E - 110W)	CODE	- 1	- 2	- 3	- 4	- 11	- 13	- CALM	TOTAL
1 0.00 -	117466	9951	4262	1898	353	.317	.6469	140707	
2 0.75 -	113.06	1.11	.47	.21	.04	.04	.72	15.64	
3 1.75 -	273109	121558	47633	9041	6921	2953	.2%	463462	
4 2.75 -	58999	74147	49137	11691	4554	2662	.66	292076	
5 3.75 -	6.56	8.24	5.46	11.3	.51	.30	.10	22.46	
6 4.75 -	10186	22175	18207	5610	2894	1099	1.63	58364	
7 5.75 -	1616	4333	5890	2035	1388	461	.26	15741	
8 6.75 -	.18	.48	.65	.23	.15	.05	.00	1.75	
9 7.75 -	.61	.616	1417	575	.96	.82	.00	9	3738
10 8.75 -	.03	.09	.16	.06	.06	.02	.00	.42	
11 9.75 -	.60	.04	.02	.01	.02	.01	.00	.11	960
12 10.75 -	.03	.36	.79	.69	.60	.41	-	.29%	
13 11.75 -	.02	.38	.03	.01	.01	.01	.00	.01	.01
14 12.75 -	.02	.06	.5	.4	.6	.1	.00	.00	.00
15 13.75 -	-	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00
16 14.75 -	.00	-	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
17 CALM	.49	.01	.01	-	.00	.00	-	.00	.00
18 TOTAL	466172	231013	127618	31446	16262	8048	17537	899596	
	51.82	25.77	14.19	3.50	1.89	.69	1.95	100.03	
19 MAX	16.50	18.10	18.00	17.50	14.50	15.00	7.00	18.00	

THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY

= = = NORTH PACIFIC OCEAN = = =

DIRECTION WIND SPEED (KNOT) SEASON AUTUMN (1964-1973)

1020705 14.878 ... SIMPLE TOTAL
14.878 ... MEAN OF DATA

AREA	(00N-55N + 110E - 110W)	SEASON	AUTUMN (1964-1973)	TOTAL	MEAN
CODE	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - CALM				
1 NORTH	21085 37271 15075 40039 656 120 .01 .00 .00 .00 .00			-	72034 80.00
2 (02)	24493 53201 24503 5987 651 133 .01 .00 .00 .00 .00			-	109196 95.00
3 (03)	31759 81799 31367 5341 670 87 .01 .00 .00 .00 .00			-	151049 92.00
4 EAST	29432 64212 18418 2727 56 .04 .01 .00 .00 .00 .00			-	115235 120.00
5 (05)	19495 33549 10035 2148 69 .35 .01 .00 .00 .00 .00			-	65755 88.00
6 (06)	18149 30371 11450 3056 708 69 .07 .01 .00 .00 .00			-	63526 75.00
7 SOUTH	16363 28173 13056 3950 710 .07 .01 .00 .00 .00 .00			-	6.22
8 (08)	14298 28077 13954 3665 676 107 .07 .01 .00 .00 .00			-	62375 95.00
9 (09)	15790 31173 15559 3856 755 141 .07 .01 .00 .00 .00			-	6.11
10 WEST	16116 28287 15921 5577 1212 .06 .02 .00 .00 .00 .00			-	60802 97.00
11 (11)	16412 31548 18403 6211 1249 .01 .02 .00 .00 .00 .00			-	67274 90.00
12 (12)	20566 40752 18113 4719 791 111 .08 .01 .00 .00 .00			-	6.59
13 CALM	.00 .3 - - - - - - - - - -			-	85081 80.00
14 TOTAL	243961 48843 20631 51237 9146 .90 .14 .03 .01 .00 .00			-	1020705 120.00

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

PAGE 4.15.204

WAVE HEIGHT PERIOD (SEC) SEASON AUTUMN (1964-1973) 894015 1.988..... SAMPLE TOTAL
AREA (00N-55N + 110E - 110W)

CONE	- 5	- 2	- 3	- 11	- 5	- 13	CALM	TOTAL ^B
1 0.00 -	69862	5492	2379	1519	.153	.168	3471	83044
2 0.75 -	7.81	.61	.27	.17	.02	.02	.39	9.29
3 1.75 -	208026	90043	38071	8594	.5372	.2123	2191	356020
4 2.75 -	20094	37456	65174	19079	.7525	.3504	1429	256299
5 3.75 -	2.25	4.19	7.29	2.13	.84	.39	.16	28.44
6 4.75 -	4526	10695	36578	13707	.7872	.2674	.94	118875
7 5.75 -	.51	1.20	1.67	.71	.88	.30	.06	13.30
8 6.75 -	703	2650	5190	2157	1653	.654	.68	130555
9 7.75 -	.08	.30	.58	.24	.18	.07	.01	1.46
10 8.75 -	205	1024	2049	1193	.1231	.694	.17	6413
11 9.75 -	.02	.11	.23	.13	.14	.08	.02	.72
12 10.75 -	146	1310	1060	693	.711	.446	.7	4395
13 11.75 -	.02	.15	.12	.08	.08	.05	.00	.49
14 12.75 -	.62	211	375	297	.411	.218	.3	1577
15 13.75 -	.01	.02	.04	.03	.05	.02	.00	.16
16 14.75 -	.00	.55	180	.83	.139	.87	.3	550
17 CALM	.00	.01	.02	.01	.01	.01	.00	.06
18 TOTAL	380767	233897	168920	53972	29813	12998	13648	894015
19 MAX	16.00	20.00	20.00	15.00	17.50	20.00	10.00	20.00

THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY

= = = NORTH PACIFIC OCEAN = = =

DIRECTION (WIND SPEED (KNOT)) SEASON WINTER (1964-1973)

9999750 17.269..... SAMPLE TOTAL
115.00..... MEAN OF DATA

PAGE 1.16.204

AREA (00N-55N , 110E - 110W)	CODE	00	1	10	2	20	3	30	4	40	5	50	6	60	7	70	8	CALM	9	TOTAL	M AX
1 NORTH	17390	37521	20246	5347	916	.09	133	.01	.03	.01	.03	.01	.03	.01	.03	.01	-	.01	81629	70.00	
2 (02)	19400	56545	34051	7863	935	.09	75	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	-	110895	80.00		
3 (03)	1.94	5.06	3.41	.79	.09	.09	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	-	11.89	80.00		
4 EAST	18840	52287	19770	3200	494	.05	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	142993	99.00	
5 (05)	11887	25088	9509	2411	552	.05	121	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	49582	70.00	
6 (06)	11112	23541	10689	3587	854	.05	118	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	50116	70.00	
7 SOUTH	9800	21941	13694	4963	1246	.05	189	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	51669	115.00	
8 (08)	8334	21235	14909	5347	1046	.05	147	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	51043	90.00	
9 (09)	9665	24771	18022	6725	1563	.05	305	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	61110	60.00		
10 WEST	10979	27751	24298	12679	3676	.05	645	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	80139	99.00		
11 (11)	12432	34479	31861	15075	3344	.05	458	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	97723	92.00		
12 (12)	16077	43529	28219	9493	1659	.05	262	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	100274	90.00		
13 CALM	11	4.35	2.82	.95	.19	.03	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	12689	15.00		
14 TOTAL	169332	448930	265363	83472	17209	.05	2627	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	999750	115.00		

THE STATISTIC ANALYSIS OF THE MARINE METEOROLOGY
 = = NORTH PACIFIC OCEAN * * *

PAGE 4-16-204

WAVE HEIGHT (H_{100} SEC)

SEASON WINTER (1964-1973)

064761 2.322 *** SAMPLE TOTAL
 2.322 **** MEAN OF DATA

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

CODE	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	CALM	TOTAL
1 0.00 -	45455	3256	1506	1611	.19	.05	2399	54340
2 0.75 -	168173	69029	29599	7501	.59	.17	2056	6.28
3 1.75 -	80436	60274	63731	20686	2.42	1.07	4505	276487
4 2.75 -	27426	46226	45924	17462	10317	4010	1652	31.97
5 3.75 -	7140	16086	25221	9216	6364	.46	.01	17.61
6 4.75 -	1002	3729	8520	3643	2954	.01	.01	2.41
7 5.75 -	376	1473	3486	2205	2122	1.030	.69	10685
8 6.75 -	243	2247	2054	1288	1382	.15	.06	.01
9 7.75 -	141	358	686	559	750	.09	.04	.03
10 8.75 -	.02	.04	.00	.06	.00	.00	.00	.00
11 9.75 -	.08	.01	.05	.02	.02	.02	.00	.00
12 10.75 -	.02	.00	.00	.01	.53	.39	.37	.173
13 11.75 -	.07	.03	.05	.05	.04	.05	.04	.02
14 12.75 -	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
15 13.75 -	-	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
16 14.75 -	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
17 CALM	2365	.51	.01	.00	-	.00	-	.00
18 TOTAL	332666	217615	160649	6516	39212	17412	11899	864761
19 MAX	20.00	17.50	20.00	20.00	17.50	16.00	12.50	28.00

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

DIRECTION WIND SPEED (KNOT)

ALL SEASONS (1964-1973)

4102707 14.693 * * * SAMPLE TOTAL
14.693 * * * MEAN OF DATA

CODE	(00N-55N, 110E - 110W)								CALM	TOTAL	MEAN
	00	1	2	3	20	3	30	4			
1 NORTH	80089 140700	58870 13393	2135 .05	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.95	3.43	1.43	.33								
2 (02)	88834 191044	82478 17346	2181 .05	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2.17	4.66	2.01	.42								
3 (03)	116770 308960	111396 15977	1827 .04	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.285	7.53	2.72	.39								
4 EAST	116161 259085	69854 8962	1264 .03	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2.83	6.31	1.70	.22								
5 (05)	84598 134918	36129 7267	1443 .04	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2.06	3.29	.88	.18								
6 (06)	81394 126705	41345 10480	2262 .06	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2.00	3.09	1.01	.26								
7 SOUTH	77328 129566	51969 10250	2757 .07	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.88	3.16	1.27	.35								
8 (08)	67863 133645	60491 14322	2511 .05	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.65	3.33	1.47	.35								
9 (09)	68859 138679	66498 16670	3312 .08	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.68	3.38	1.62	.41								
10 WEST	66516 119035	61545 25539	6520 1.03	.03	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.62	2.90	1.62	.62								
11 (11)	67439 132742	79105 29108	6066 .05	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.64	3.24	1.93	.71								
12 (12)	80323 166878	78100 20751	3525 .074	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.96	4.07	1.90	.51								
13 CALM	21 .00	1 .00	-	-	-	-	-	-	-	.00	.00
14 TOTAL	926695 1564658	602780 194145	35803 .07	.013	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	24.29	48.37	19.57								

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

PAGE 4.17.204

HAVE HEIGHT PER 100 (SEC)

ALL SEASONS (1964-1973)

3564687 1.920 ... SAMPLE TOTAL
 MEAN OF DATA

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

CODE	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	CALM	TOTAL ^a
1 0.00 -	316255 8.87	25000 .70	10753 .30	6879 .19	8112 .02	752 .02	16284 .46	376755 10.57
2 0.75 -	883977 24.80	368899 10.35	155293 4.36	34377 .96	23649 .66	9568 .27	8695 .24	1484451 41.64
3 1.75 -	2864372 287.96	322318 329.04	237483 6.66	68922 1.93	28636 .80	14786 .41	5622 .16	962133 26.93
4 2.75 -	75933 2.13	137715 3.86	132627 3.72	48217 1.35	27460 .77	10333 .29	2057 .06	434342 12.18
5 3.75 -	17088 .48	40897 1.15	62267 1.75	22611 .64	15792 .44	7474 .21	784 .02	167110 4.63
6 4.75 -	2439 .07	9394 .26	19494 .55	8198 .23	6509 .18	2231 .06	214 .01	48679 1.36
7 5.75 -	810 .02	3572 .10	7654 .21	4701 .13	4552 .13	2364 .07	121 .00	23774 .67
8 6.75 -	524 .01	4911 .14	4324 .12	2718 .08	2663 .07	1583 .04	43 .00	16766 .47
9 7.75 -	277 .01	801 .02	1485 .04	1134 .03	1508 .04	792 .02	15 .00	6012 .17
10 8.75 -	152 .00	456 .01	866 .02	629 .02	872 .02	740 .02	25 .00	3740 .10
11 9.75 -	48 .00	237 .01	792 .02	329 .01	617 .02	378 .01	8 .00	2409 .07
12 10.75 -	9 .00	34 .00	84 .00	55 .00	74 .00	71 .00	4 .00	331 .01
13 11.75 -	10 .00	46 .00	93 .00	318 .01	97 .00	96 .00	2 .00	662 .02
14 12.75 -	2 .00	12 .00	29 .00	20 .00	22 .00	25 .00	- .00	110 .00
15 13.75 -	- .00	13 .00	13 .00	20 .00	17 .00	13 .00	- .00	76 .00
16 14.75 -	6 .00	28 .00	43 .00	31 .00	77 .00	66 .00	- .00	251 .01
17 CALM	13076 .37	278 .01	124 .00	- .00	16 .00	- .00	23799 .67	37293 1.05
18 TOTAL	1594978 44.74 1.1.	914611 25.66	633424 17.77	199159 5.59	113373 3.18	51272 1.44	57670 1.62	3564687 100.00
19 MAX	20.00	20.00	20.00	17.50	20.00	12.50	20.00	

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

PAGE 5.17.204

WAVE HEIGHT SPEED (KNOT) ALL SEASONS (1964-1973)
 368971.903... SAMPLE TOTAL
 14.715.... MEAN OF DATA

368971.903... SAMPLE TOTAL
 14.715.... MEAN OF DATA

AREA (00N-55N, 110E - 110W)		CALM										TOTAL		MAX		
CODE	00 1 0 2 0 3 30 4 40 5 50 6 60 7 70 8															
1 0.00 -	243971 145065 2808 .08 .01 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	78	14	6	6	5	50 -	40 -	30 -	20 -	10 -	00 -	2	23296	415628	
2 0.75 -	438331 920564 140128 3.93 .08 .01 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	2708	137	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.63	11.26	
3 1.75 -	133049 506367 296644 2.61 8.09 13.72 .09 .01 .02 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	37279	811	42	8	8	00	00	00	00	00	00	00	7475	1525430	
4 2.75 -	349999 156782 188338 4.25 5.10 .95 .025 .025 .025 .025 .025 .025 .025 .025 .025 .025 .025	55081	7423	121	12	12	00	00	00	00	00	00	00	1967	444704	
5 3.75 -	94885 41586 66596 45929 1.13 1.80 .26 .1.13 1.80 .26 .20 .20 .20 .20 .20 .20	7248	234	37	5	5	00	00	00	00	00	00	00	410	171530	
6 4.75 -	24880 10435 18169 14666 .07 .028 .07 .04 .028 .04 .04 .04 .04 .04 .04 .04 .04	3848	154	10	10	10	00	00	00	00	00	00	00	112	49375	
7 5.75 -	804 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02	8581	3437	152	29	29	00	00	00	00	00	00	00	32	24533	
8 6.75 -	299 1456 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01	4862	4640	2404	209	4	00	00	00	00	00	00	00	13	17296	
9 7.75 -	404 475 1354 2197 .00 .01 .00 .01 .00 .01 .00 .01 .00 .01 .00 .01	1604	432	55	1	1	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
10 8.75 -	38 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	1186	1261	458	86	3	00	00	00	00	00	00	00	00	3916	
11 9.75 -	40 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	479	775	681	271	35	1	00	00	00	00	00	00	00	2460	
12 10.75 -	12 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	210	663	1.03	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	70.00
13 11.75 -	10 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	19	37	84	128	86	200	137	137	137	137	137	137	1	702	115.00
14 12.75 -	8 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	178	479	775	681	271	35	1	00	00	00	00	00	00	00	00
15 13.75 -	6 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	19	37	84	128	86	200	137	137	137	137	137	137	1	702	115.00
16 14.75 -	4 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00 .00	24	63	71	45	23	9	00	00	00	00	00	00	1	269	85.00
17 CALM	23230 .63 .10 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01 .01	3610	315	81	16	7	2	00	00	00	00	00	00	00	13656	42317
18 TOTAL	886884 1790504 728882 173993 4.72 .85 .45 .9 .12 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02 .02	4540	4549	743	174	174	00	00	00	00	00	00	00	72502	368971	
19 MAX	20.00 17.50 20.00 18.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 100.00													1.96	100.00	

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

PAGE 6.17.204

WIND SPEED (KNODS) (SEC)
 WAVE PERIOD (SEC)
 (00N-55N , 110E - 110W)

ALL SEASONS (11964-1973)

3544317
 14.825 * * * * * SAMPLE TOTAL
 MEAN OF DATA

AREA	CODE	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	CALM	TOTAL
1	00 -	423158	203730	121477	33876	20084	.9312	22003	633840
	11.94	5.75	3.43	.96	.57	.26	.62	.23	.53
2	1.0 -	829267	448868	294494	84498	45621	.20587	10594	1734023
	23.40	12.66	8.31	2.38	1.29	.58	.30	.48	.92
3	20 -	266958	191259	154023	54397	29171	11410	3217	710435
	7.53	5.40	4.35	1.53	.82	.32	.09	.20	.04
4	30 -	471110	41769	43042	17817	12378	6046	595	168757
	1.33	1.18	1.21	.50	.35	.17	.02	.47	.76
5	40 -	6869	7762	7387	3394	3002	1951	128	30493
	.19	.22	.21	.10	.08	.06	.00	.00	.83
6	50 -	94	2010	896	475	435	450	22	4382
	.00	.06	.03	.01	.01	.01	.00	.00	.12
7	60 -	10	217	83	210	70	.92	7	689
	.00	.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.02
8	70 -	2	2	7	120	6	.13	-	150
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	CALM	13541	13169	8337	3172	1869	961	20493	61542
	.38	.37	.24	.09	.05	.03	.58	.58	.74
10	TOTAL	1587209	908786	629746	197959	112636	50822	57159	3544317
	44.78	25.64	17.77	5.59	3.18	1.43	1.61	1.61	100.00
11	MAX	91.00	70.00	80.00	115.00	80.00	80.00	63.00	115.00

APPENDIX

附 錄

[II]

北太平洋における気象・海象図

a) 風向-風速のローズ

b) 波向-波高のローズ

1964-1973

