

## 北西太平洋の風波の特性

## (その1: 波浪ブイデータの解析)

富田 宏\*

Wind and Wave Characteristics in Western  
North-Pacific Ocean  
(Part 1 : Analysis of Wave Buoy Data)By  
Hiroshi TOMITA

## Abstract

In this paper, sea-state qualities are estimated based upon the wave buoy data acquired in the western North-Pacific Ocean (32N, 147E) during Oct. 1983 and Mar. 1984.

Many aspects to the wind and wave characteristics around the eastern off-shore of Japan are shown statistically, accompanied with the brief discussion. In part-1, we deal with the long term behaviors of the sea-state. Averaged quantities such as mean wave height, mean wave period and mean spreading of the ocean wave, etc. are analysed and using them, the synoptical properties of this sea-area are discussed. Some a posteriori verification of the reliability of the buoy data is made by use of the other information.

## 目 次

1. 始めに.....	22	3.7波高, 波周期の対数正規分布.....	31
2. 波浪観測ブイの概要.....	22	3.8風速の分布.....	31
3. 長期統計.....	25	3.9波高の分布.....	31
3.1風速-風向に関するローズ.....	25	3.10波周期の分布.....	36
3.2波高一波向に関するローズ.....	26	3.11波高一波周期の結合分布.....	36
3.3波周期-波向に関するローズ.....	28	3.12風向と波向の差の分布.....	43
3.4風速, 波高, 波周期の時系列.....	28	3.13風速-波高分散図.....	43
3.5風速の自己相関.....	28	3.14気圧, 気温, 水温の時系列.....	48
3.6風速-波高, 風速-波周期の相互相関.....	28	3.15流速の分布.....	48
		3.16最大波高の分布.....	48
		3.17最大波周期の分布.....	49
		3.18平均分散角の分布.....	49
		3.19スペクトル幅の分布.....	59
		3.20ブイデータと波浪図(実況値)との比較.....	59
		4. 気象環境について.....	59

\* 運動性能部

原稿受付: 昭和63年5月26日

5. むすび.....63  
 付録Ⅰ.....69  
 付録Ⅱ.....70  
 付録Ⅲ.....72

1. 始めに

房総半島野島崎沖における相次ぐ大型船舶の遭難事故の発生に鑑み、運輸省では、船舶の安全航行を確保することを目的として、昭和57年度から昭和61年度までの5か年にわたって「異常海難防止システムの総合研究開発」を実施した。これの一環として気象庁では、波浪観測ブイを製作し、昭和58年10月、野島崎沖の北緯32度0分、東経147度0分に設置し、冬季における北西太平洋の波浪の長期にわたる連続観測を行い、大量の海象気象データを取得することに成功した。観測海域及びブイの位置を図-1に示す。ブイ設置点は本邦東

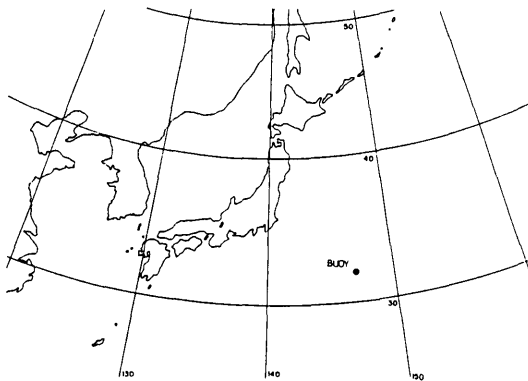


Fig.1 観測海域，◎印：ブイの位置

方400海里の大洋中にある。従来、海洋波の観測は沿岸域を除けば目視によるものが主であり、この様な外洋において測器による波浪の連続観測が行われた例は気象庁の海洋気象ブイロボットリによる定点観測（6基のブイによる常時観測を行っているが波に関する項目は波高と周期のみである）を除けば殆どない。観測は3時間毎に自動的に行われ、得られたデータはブイに搭載されたコンピュータによる1次処理を施された後、静止気象衛星「ひまわり」で中継され、気象衛星センターに伝送された。データ取得率は97%であったが、初期のデータにはスケールアウト等異常値が散見された。この1次データは毎月専用の磁気テープに編集され船舶技術研究所、港湾技術研究所及び気象研究所に

送付された。各研究機関ではこれを各々独自の観点から分析し、研究を行った。その一部は「異常海難防止システムの総合研究開発特別講演会」<sup>2)</sup>において発表されている。本論では蓄積されたデータについての更により一層の詳細な整理と分析を行い、その結果を提示して、大洋における波浪の発達伝播については航行船舶等の安全性に対する今後の研究に役立てようとするものである。尚、当該ブイは昭和59年6月に撤収されている。

2. 波浪観測ブイの概要

使用された波浪観測ブイの概要を図-2に示す。ブイの本体は直径10米の鋼鉄製円盤で、通常ディスクスプイと呼ばれるタイプのものである。このブイは定置式のものであって、水深6000mにおいてアンカーにより係留される。中央には高さ12米の気象観測用のマストを有し、風速計（風杯式）、風向計（矢羽根式）、温度計（白金抵抗体式）を備えている。また、ここには衛星通信用のアンテナ（アルキメデス、スパイラル型）も設置されている。海象観測用センサーは船底部に装

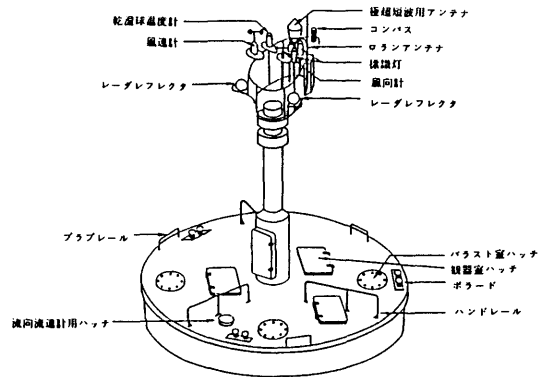
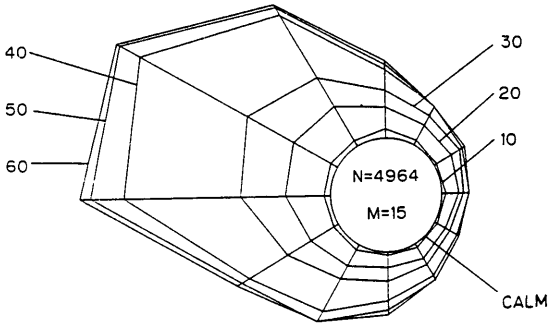


Fig.2 波浪観測ブイの概観

Table.1 気象海象データの観測項目

1 風 向	2 風 速	3 気 温
4 温 度	5 気 圧	6 水 温
7 波 高	8 波 周 期	9 方 位
10 流 向	11 流 速	12 緯 度
13 経 度	14 モ ニ タ	15 異 常
16 有義波高	17 平均波高	18 平均周期
19 最大波高	20 最大波周期	21 最大ロール
22 最大ピッチ	23 平均ロール	24 平均ピッチ
25 平均波向	26 平均分散角	27 歪 度
28 尖 度	29 卓越波向	30 集 中 度
31 平均方位		



付 Fig. 1 風速のローズの説明

風向の12方位について風速(単位ノット)の相対度数分布を重なり合う12角形の中の帯グラフで示してある。(30ノット以上の風速の度数は5倍に誇張して表されている)  
 中央の円の中のNはデータ総数, Mは風速の最頻値(単位ノット)

備され、波計測用のセンサーとしては加速度計及び波向計の2系統、水温計(白金抵抗体式)、流速計(サボニアスロータ式)等がある。更に、船内には気圧計(ペローズとポテンショメータの組合せ方式)及びコンピュータ、発信器、電源等を搭載している。計測された原始データは31項目(16から30迄の項目が波向計によるものである)の1次データに分類整理され、リアルタイムで陸上へ向け送信される。計測項目の一覧表を表-1に示す(直読式でないものについては演算方式を付録Iに記載してある)。ここに書かれている各項目については全て毎回の観測時間(気象関係は正時から20分間、波浪関係は正時の±10分間)での平均値情報のみを与えられる。更に、新しい試みとして、詳細な波浪情報を得るためにこれとは別に、観測時間中の連続した波ピーク値の時系列並びに2次元スペクトル情報が送信されているが、後者については前記「講演会」

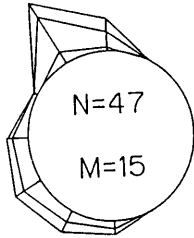


Fig. 3a 風速のローズ(パイデータ)  
 1983年10月

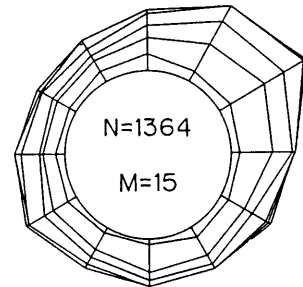


Fig. 4a 風速のローズ(目視データ)  
 1964~1973年10月

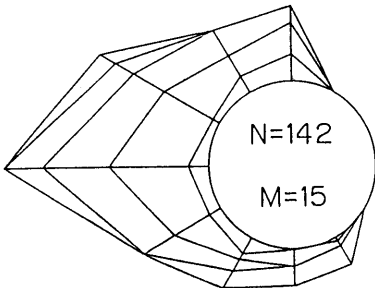


Fig. 3b 風速のローズ(パイデータ)  
 1983年11月

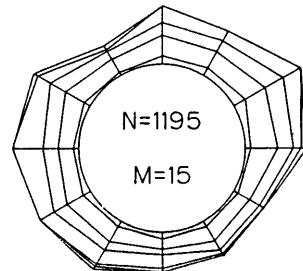
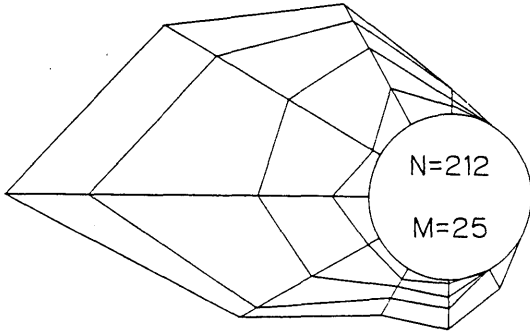
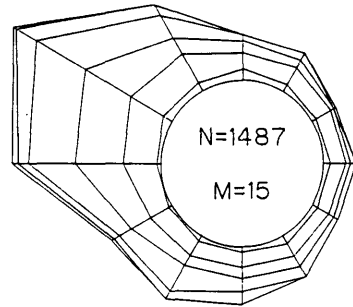


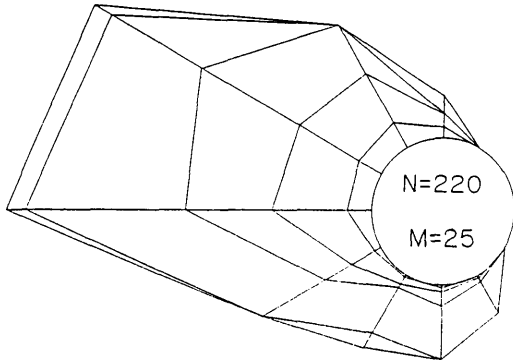
Fig. 4b 風速のローズ(目視データ)  
 1964~1973年11月



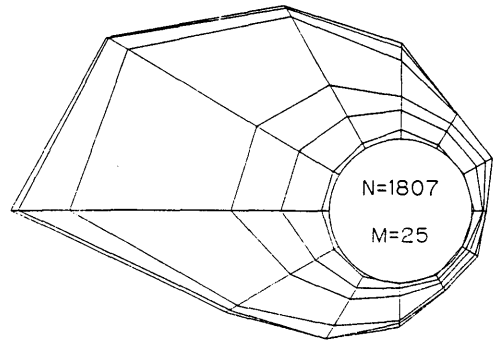
**Fig. 3c** 風速のローズ (パイデータ)  
1983年12月



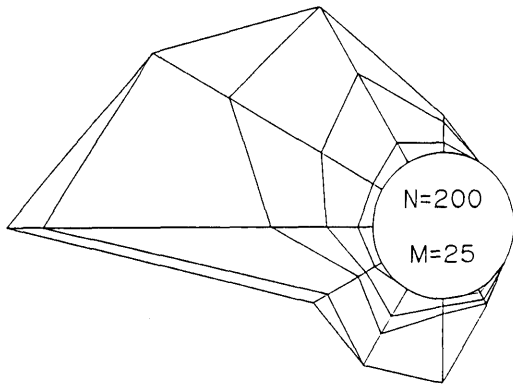
**Fig. 4c** 風速のローズ (目視データ)  
1964~1973年12月



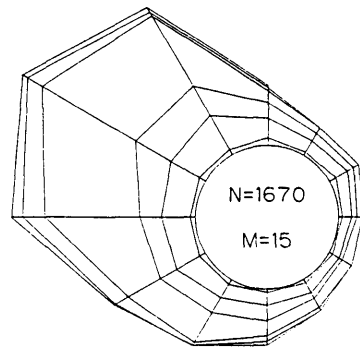
**Fig. 3d** 風速のローズ (パイデータ)  
1984年1月



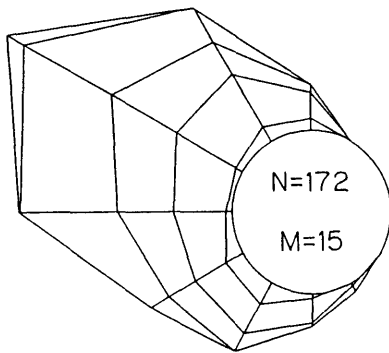
**Fig. 4d** 風速のローズ (目視データ)  
1964~1973年1月



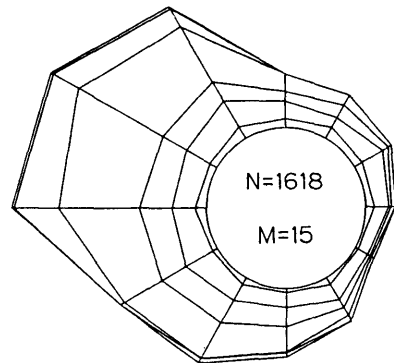
**Fig. 3e** 風速のローズ (パイデータ)  
1984年2月



**Fig. 4e** 風速のローズ (目視データ)  
1964~1973年2月



**Fig. 3f** 風速のローズ (ブイデータ)  
1984年3月



**Fig. 4f** 風速のローズ (目視データ)  
1964~1973年3月

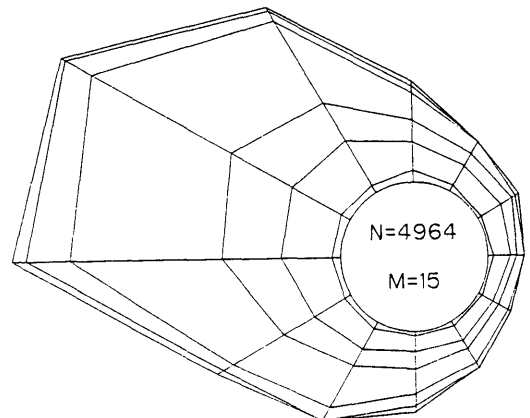
における港湾技術研究所よりの発表を参照して頂きたい。本論ではこのようにして得られた1次データについてこれを海面の長期的性質を表すものと短期的性質を表すものとに分けて、計算機処理を行い、統計解析したが、〈その1〉では、主に長期的データについて得られた結果を次節以降順次述べて行きたい。短期的データは非常に多量であり、またそれ自身理論的考察の対象になりうるものであるため、これについては稿を改めて詳しく述べたいと思う。そうしても尚、本論では図面の種類が非常に多岐にわたるため、索引のための一覧表を付録IIとして添付した。尚、データの分析方法とその処理フローの概念図も巻末に付録IIIとして掲げる。

### 3. 長期統計

観測期間のうち実際にデータが入手出来たのは昭和58年10月18日から昭和59年3月31日までの164日間である。これは北西季節風が卓越し、荒天が続くと言われる冬季をはさんで晩秋から初春にいたる北西太平洋の気象海象に関する貴重な資料と言える。本節では、ブイデータの諸項目について主に月別の統計図を掲げる。この種の長期統計については一般に理論的根拠が薄弱な場合が多いので、ここでは各種データの間の整合性に留意した。得られた観測値(2次処理された値)の信頼性を検証する意味からもその一部について他の手段によって得られた結果との比較も行っている。

#### 3.1 風速一風向に関するローズ

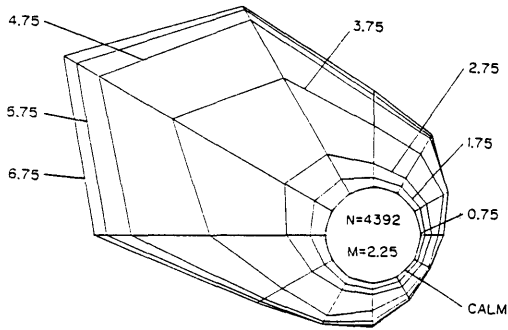
風や波のように大きさと方向とを有する量について、



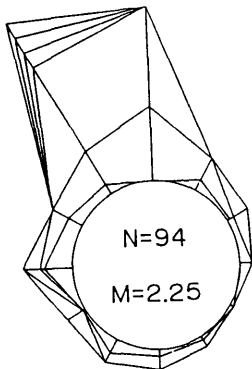
**Fig. 4g** 風速のローズ (12-2月, 永年値)  
1964年~1973年

それらを同時に表現するためには、ポーラープロット等がよく用いられる(緑川等(1982)<sup>9)</sup>参照)。しかし、その統計的分布をも併せて表現するためにここでは、Takaishi等(1980)<sup>4)</sup>に倣ってローズを用いた表記法を採用した。ここで用いたローズの表記法とその見方については、付図-1とその説明を参照して頂きたい。

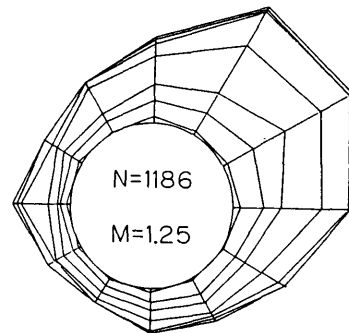
図3-a~図3-fにはブイデータによる各月の統計図、同じく図4-a~図4-fには1964年~1973年の10年間にわたる当該海域近傍(30~32.5N, 145~150E)での船舶等による観測データより整理した各月の統計図を、さらに図4-gには、冬季(12~2月)の総括図を掲げてある。後者は非常に長年月にわたる大数統計であるた



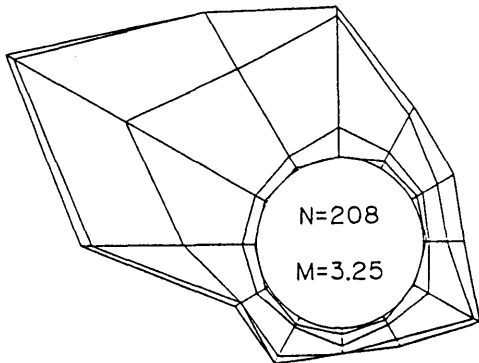
**付 Fig.2** 波高一波向のローズの説明  
 波向の12方位について波高(単位 m)の相対度数分布を重なり合う12角形の中の帯グラフで示している。  
 (2.75m以上の波高の度数は4倍に誇張して表されている)  
 中央の円の中のNはデータ総数, Mは波高の最頻値(単位 m)



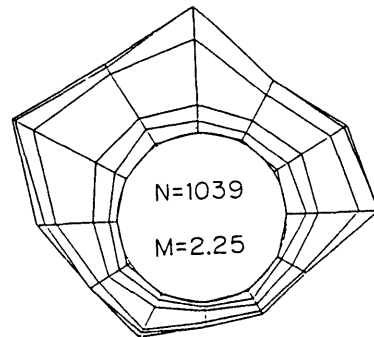
**Fig.5a** 波高一波向のローズ (パイデータ)  
 1983年10月



**Fig.6a** 波高一波向のローズ (目視データ)  
 1964~1973年10月



**Fig.5b** 波高一波向のローズ (パイデータ)  
 1983年11月



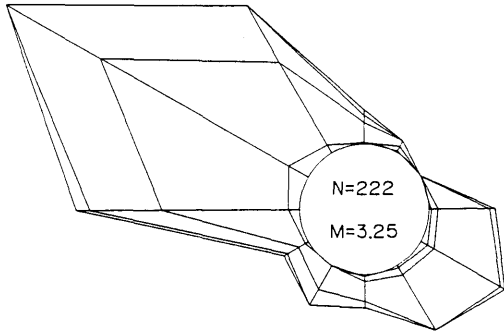
**Fig.6b** 波高一波向のローズ (目視データ)  
 1964~1973年11月

め統計的変動性も少なくブイ設置位置を含む海域の各月における平年値をよく表しているものと思われる。この永年統計を見ると、10、11月にはほぼ等方的であった風向が12~2月の冬季には、はっきりと北西方向の卓越する季節風のパターンに変わる北西太平洋の一般傾向が現れている。ブイによる観測結果ではサンプル数が少ないためやや変動性大きい、同一の傾向がより極端に認められる。

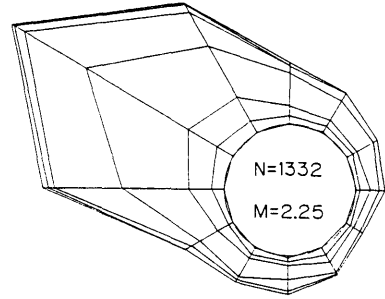
**3.2 波高一波向きに関するローズ**

同様にして波向別の有義波高の分布を描いたものを図-5~図-6に示してある。ローズの表記法とその見方については、付図-2とその説明を参照して頂きたい。

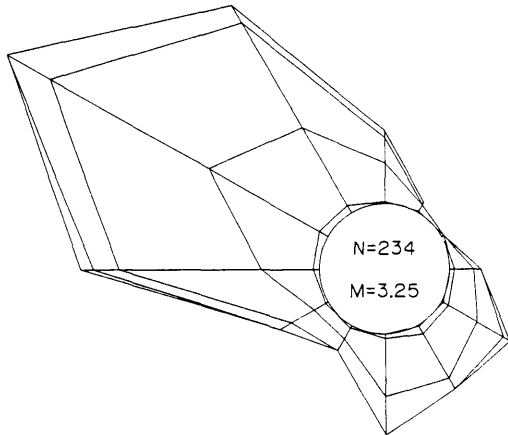
これについても風と同様に12月以降で北西方向の波向が卓越して来るのが分かる。但し、10月については



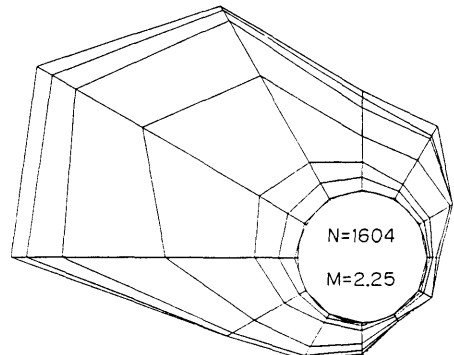
**Fig. 5c** 波高一波向のローズ (ブイデータ)  
1983年12月



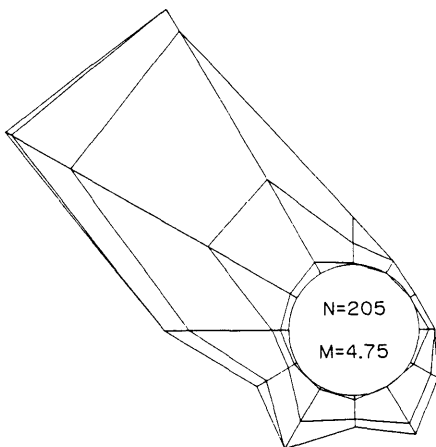
**Fig. 6c** 波高一波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年12月



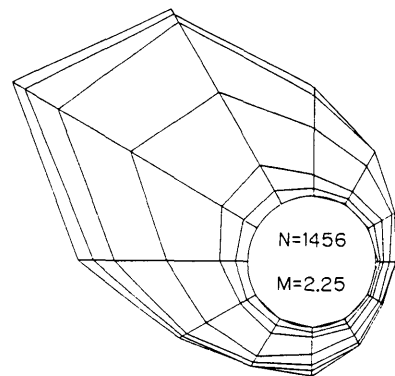
**Fig. 5d** 波高一波向のローズ (ブイデータ)  
1984年1月



**Fig. 6d** 波高一波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年1月



**Fig. 5e** 波高一波向のローズ (ブイデータ)  
1984年2月



**Fig. 6e** 波高一波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年2月

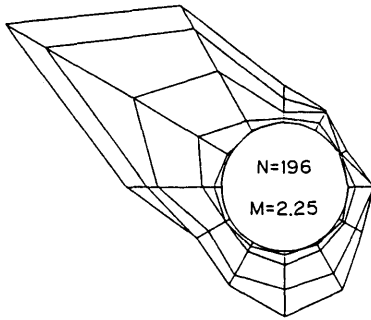


Fig. 5f 波高一波向のローズ (パイデータ)  
1984年3月

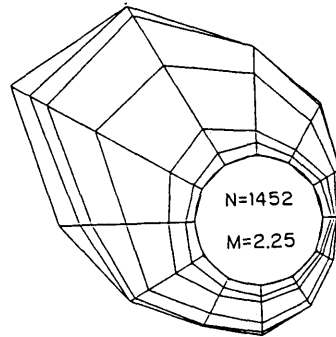


Fig. 6f 波高一波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年3月

永年統計では北東の波向がやや目だつ様である。パイデータでは統計的変動性を別にしても極端に北西-南東の線上に結果が集中しそれと直交する方向には殆ど分布が見られない。これが何か特別の意味を持っているか或はパイによる測定に伴う系統的誤差（係留索の影響、風圧による動揺等）に起因するのかは不明である。

### 3.3 波周期—波向に関するローズ

波向別の平均周期の分布を図-7~図-8に掲げる。ローズの表記法とその見方については、付図-3とその説明を参照して頂きたい。

波周期の変化のパターンは波高のそれと平行的に推移する。これら大略  $H \propto T^2$  であるから当然と言えよう。パイデータについては波高の場合と同じことが言える。

### 3.4 風速、波高、波周期の時系列

図-9に各月（10、11月のデータは欠測が多いため省略した）における風速、波高及び波周期の時間的推移を示す。風速の変化はかなりランダムで変動が大きいのが分かる。波高の変化は、ほぼこれに追従しているが、やや変動性が小さい。波周期の変化は一見風速や波高と無関係に見え、一定値の周りを細かく変動している様である。これらの主要な特性は各月とも同じである。

### 3.5 風速の自己相関

前節に述べた関係をもう少し良く見るためにこれらのデータの間の相関を取ったものを図-10に示す。図から次のような事が分かる。

(1)どの月でも相関は指数的に減少し、15~24時間で0になる。これはマルコフ過程の特徴を表しており、吹

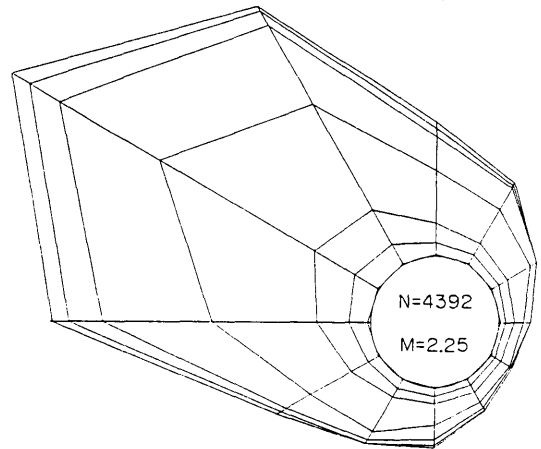


Fig. 6g 波高一波向のローズ (12~2月, 永年値)  
1964年~1973年

き始めた風は1日程度はその傾向を保つことを意味する。

(2)12月及び2月のデータでは、相関関数の裾野は周期的に変化している。

このことは風の強さに周期的性質があることを意味している。図からその周期は3日程度である事が読み取れる。

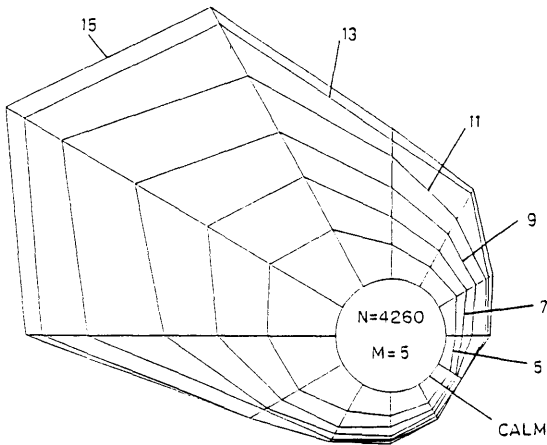
(3)1月及び3月のデータには、上のような周期性は現れないが5日~6日のあたりに正の相関が見られる。

### 3.6 風速—波高、風速—波周期の相互相関

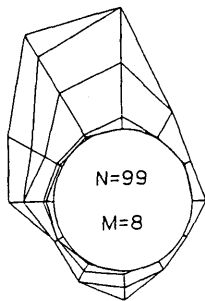
同じく図-10に風と波の間の相関を調べたものを掲げてある。

(1)風速と波高の間には図-9で見られるように明かな正の相関がある。これは風から波にエネルギーが移るこ

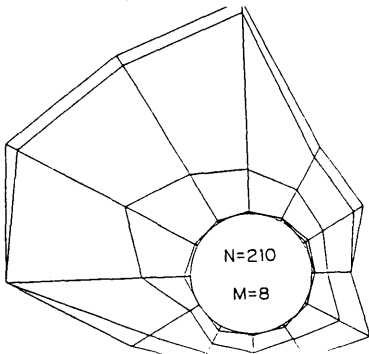




**付 Fig.3** 波周期一波向のローズの説明  
 波向の12方位について波周期(単位秒)の相対度数分布を重なり合う12角形の間の帯グラフで示してある。  
 (9秒以上の波周期の度数は4倍に誇張して表されている)  
 中央の円の中のNはデータ総数、Mは波周期の最頻値(単位秒)

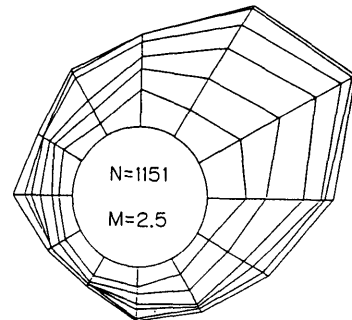


**Fig.7a** 波周期一波向のローズ(パイデータ)  
 1983年10月

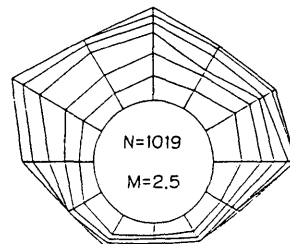


**Fig.7b** 波周期一波向のローズ(パイデータ)  
 1983年11月

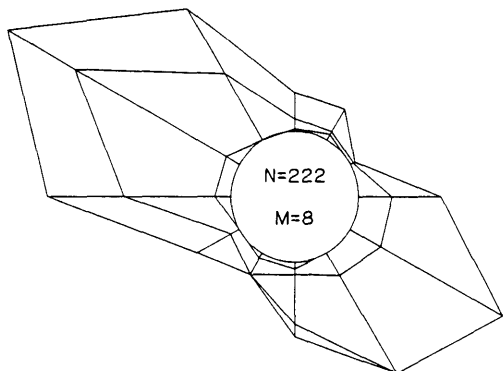
とを考えれば当然と言える。  
 (2) 相関のピークは風に対して6時間程度の遅れがある。これは全ての月に共通しており不偏的な事実と思われる。すなわち、風が吹き始めてから波が高くなるまでにおおよそその程度の時間がかかるということである。これは言わば、あらかじめうねりの存在する海面の風に対するレスポンス時間と考えられる。ちなみに、初めに静穏な水面に波浪が十分発達するためには通常この3倍程度の時間を要する<sup>5)</sup>。  
 (3) 波周期と風速の間には顕著な相関は見られない。唯、全ての月に共通して、原点近傍で負の相関が認められる(風速が増大すると直ちに波周期が短くなるということ)。これは恐らく、風の吹き始めに伴って、その海域で新たな波が発生し、そのような波齢の若い波はそれまでに存在していた波齢の古い波に比べて周期が短



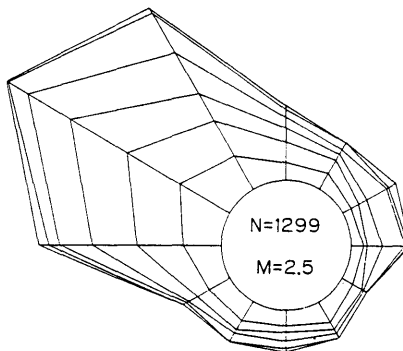
**Fig.8a** 波周期一波向のローズ(目視データ)  
 1964~1973年10月



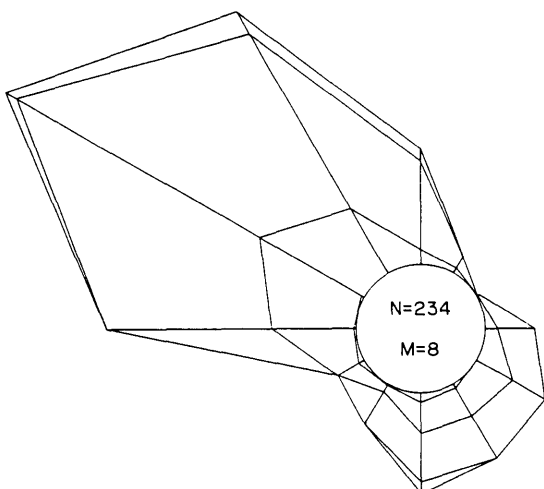
**Fig.8b** 波周期一波向のローズ(目視データ)  
 1964~1973年11月



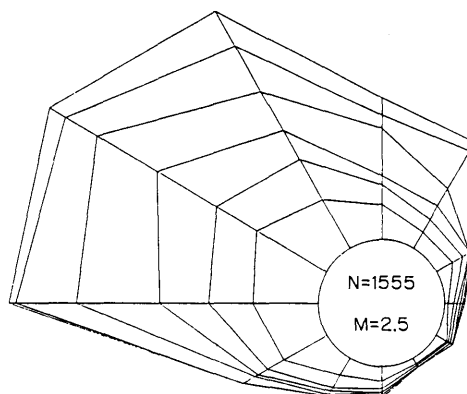
**Fig. 7c** 波周期-波向のローズ (アイデータ)  
1983年12月



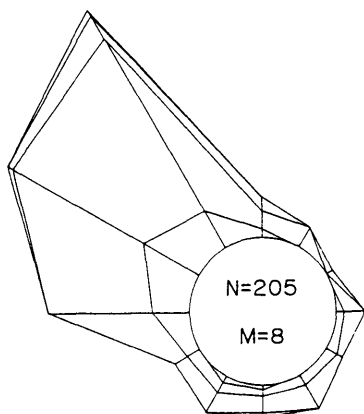
**Fig. 8c** 波周期-波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年12月



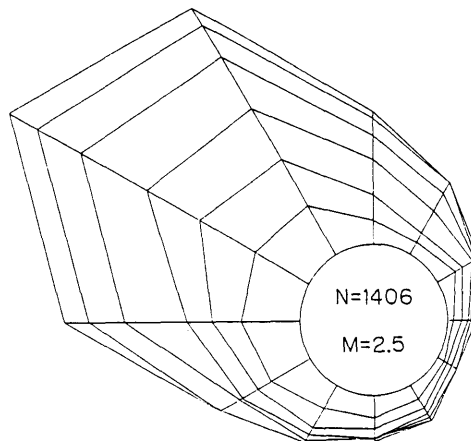
**Fig. 7d** 波周期-波向のローズ (アイデータ)  
1984年1月



**Fig. 8d** 波周期-波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年1月



**Fig. 7e** 波周期-波向のローズ (アイデータ)  
(512) 1984年2月



**Fig. 8e** 波周期-波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年2月

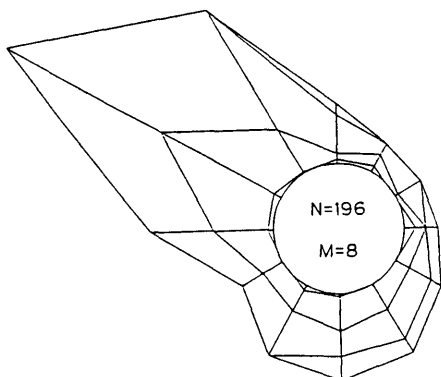


Fig.7f 波周期一波向のローズ (ブイデータ)  
1984年3月

いために現れる現象と思われる。

(4)この現象に対するもう一つの説明として次のようにも考えられる。即ち、風が吹き始める前には海面にはうねりが存在するが、うねりはその分散効果のために伝播に伴って周期の短い波を置き去りにして行く。これを固定された観測点で見れば、観測周期は徐々に小さくなって行くであろう。この傾向は新たに風が吹き始めるまで続く。

(5)小さいけれども正の相関のピークが20~30時間程度の遅れで現れる。

### 3.7 波高、波周期の対数正規分布

一般に負の値を取り得ない確率変数の分布は対数正規分布となることが多いと言われている。そこで、有義波高について10月~3月の全てのデータを用いてその累積分布を作り、対数正規座標にプロットしたのが図-11である。出現頻度の高い中央値近辺では、データはほぼ直線上に乗っているが、高波高及び低波高の両端ではやや外れている。この様な極限的な場合を吟味するためにはより多くのサンプルが必要である。同図には、比較のために Takaishi 等(1980)による北太平洋全域における有義波高のデータ(目視)を載せてある。今回の観測海域では明かにデータが高波高よりにずれている事が分かる。図-12は平均周期についてのものである。結果から、平均周期は非常に良く直線上に乗っている事が分かる。即ち、対数正規分布によって良く近似出来ると言える。

### 3.8 風速の分布

分布の最頻値は秋期には10数ノットであったものが

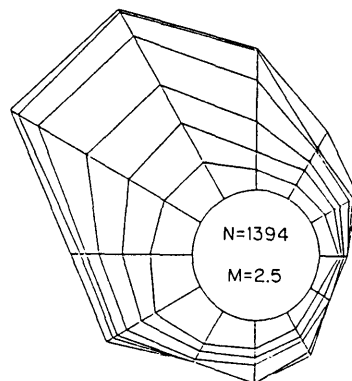


Fig.8f 波周期一波向のローズ (目視データ)  
1964~1973年3月

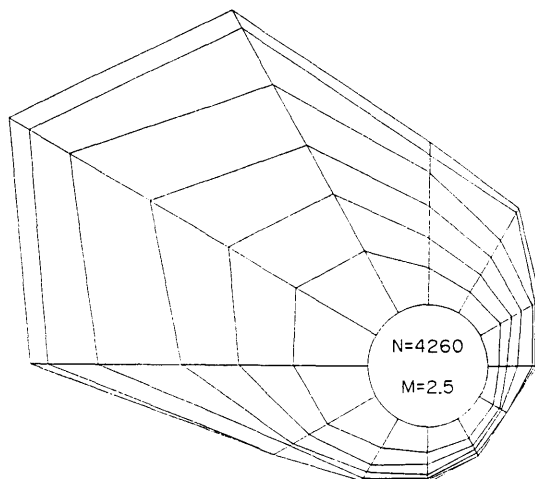


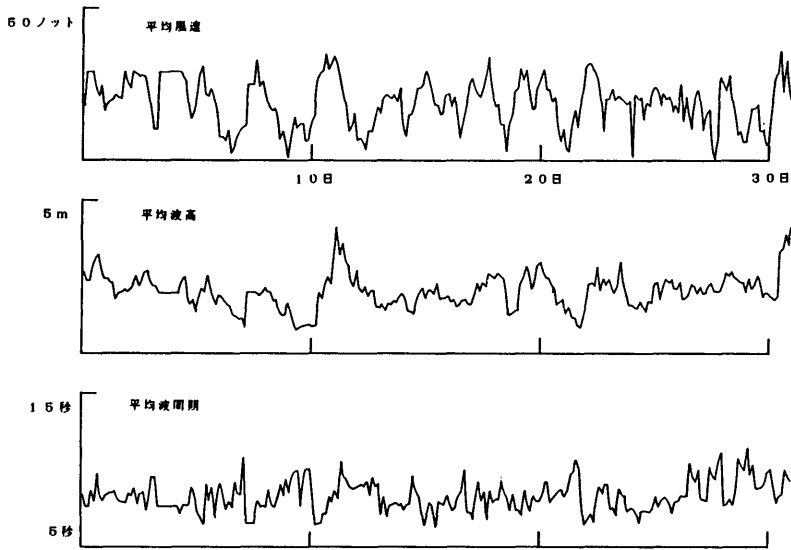
Fig.8g 波周期一波向のローズ (12~2月, 永年値)  
1964年~1973年

冬季(12~2月)20数ノットにまで強まり、春とともに、10数ノットに戻るようである。特に1, 2, 3月には40ノットを越える例が2~3見られる(この時季は台風シーズンから外れているために、極端な強風は見られない)。

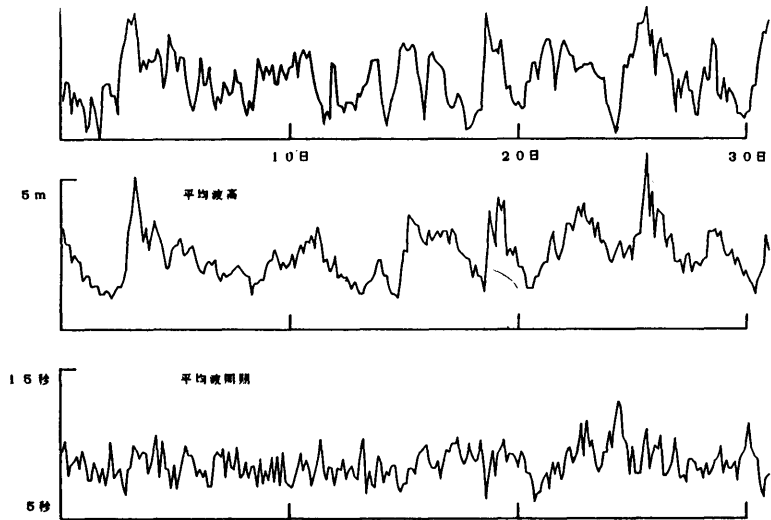
この例に見られるように、気象海象に関する変動量には左右非対称な分布形状を示すものが多い。そのため、一般に変動量の平均値と最頻値(most probable value)とが一致しない。実用上は後者のほうがより重要な統計量と言える。

### 3.9 波高の分布

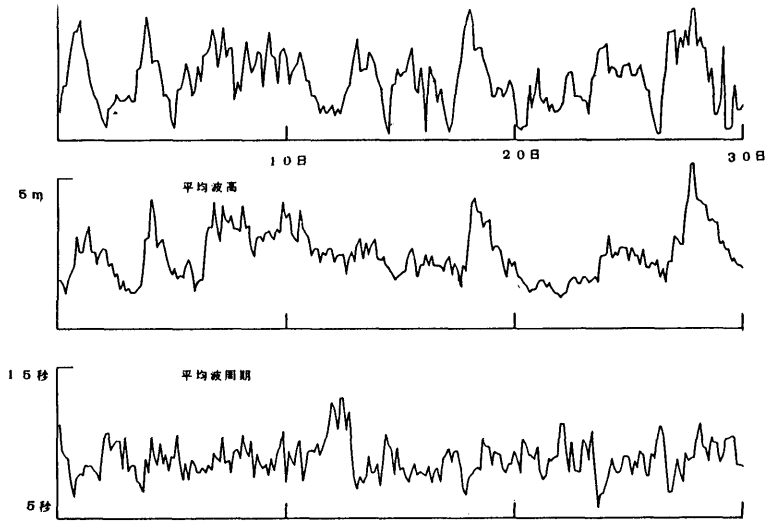
波高の分布を図-14に示す。やはり、冬季における最



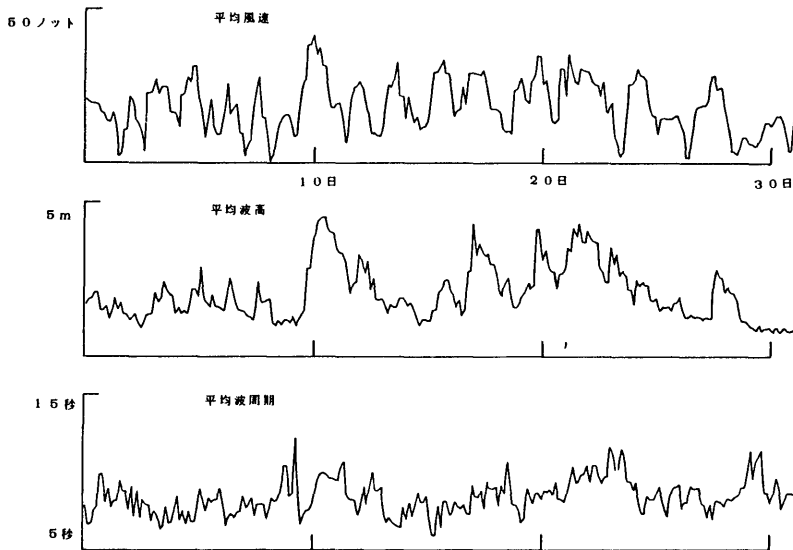
**Fig.9a** 風速, 波高, 波周期の時系列  
 1983年12月 上段: 平均風速(単位ノット)  
 中段: 平均波高(単位m)  
 下段: 平均波周期(単位秒)



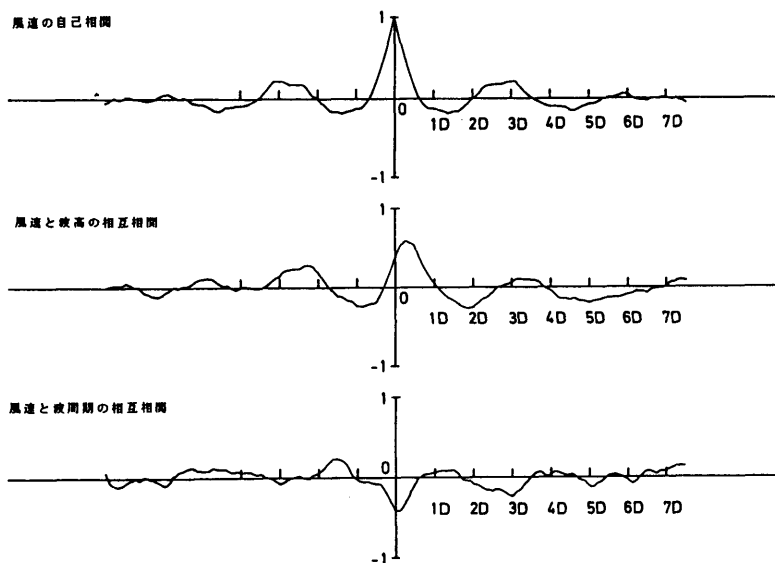
**Fig.9b** 風速, 波高, 波周期の時系列  
 1984年1月



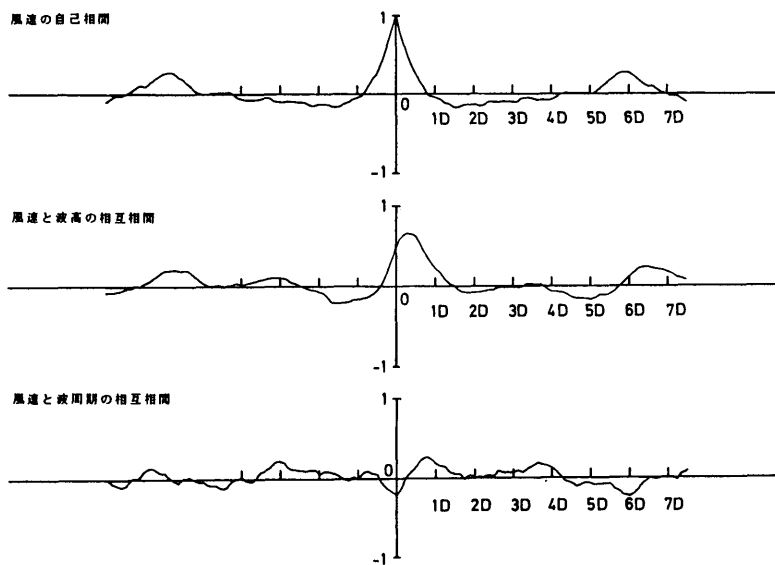
**Fig.9c** 風速, 波高, 波周期の時系列  
1984年2月



**Fig.9d** 風速, 波高, 波周期の時系列  
1984年3月



**Fig. 10a** 風速、波高、波周期の時間相関  
 1983年12月 上段：風速の自己相関  
 中段：主速と波高の相互相関  
 下段：風速と波周期の相互相関  
 (横軸の単位は日数である)



**Fig. 10b** 風速、波高、波周期の時間相関  
 1984年1月

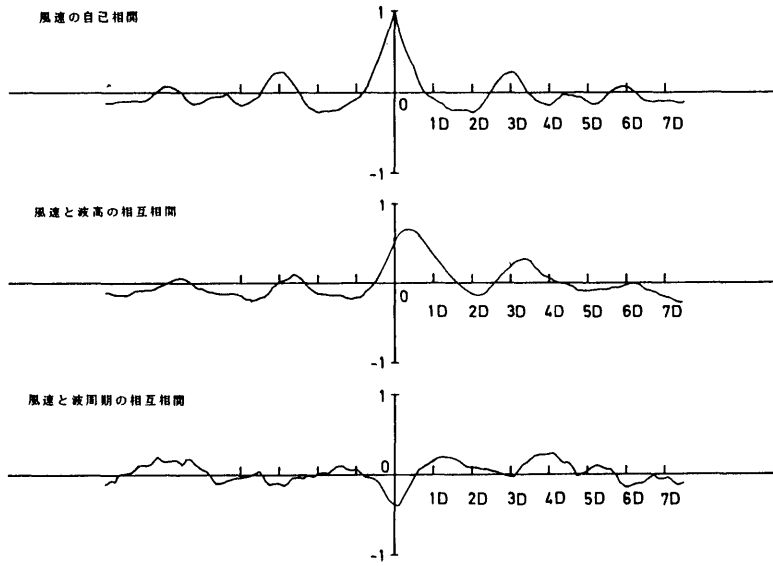


Fig. 10c 風速, 波高, 波周期の時間相関  
1984年2月

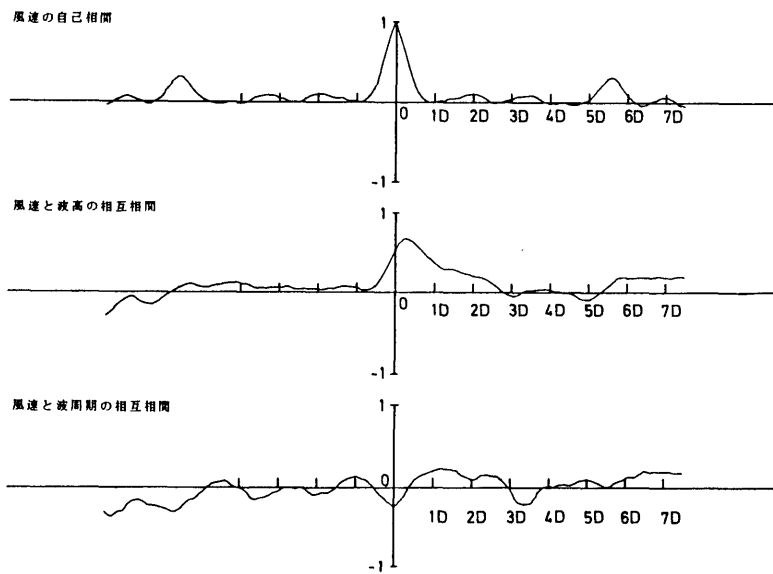


Fig. 10d 風速, 波高, 波周期の時間相関  
1984年3月

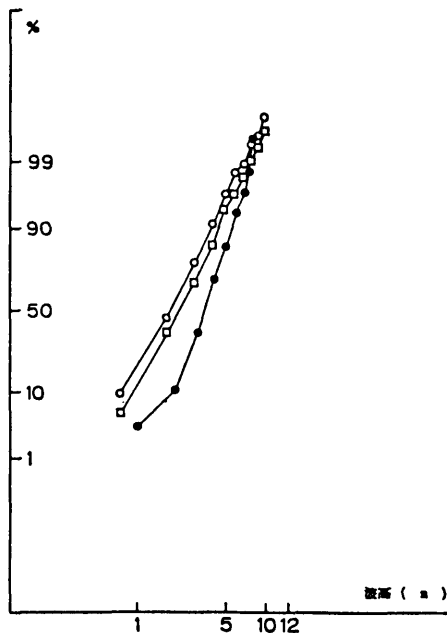


Fig. 11 有義波高の累積分布 (対数正規座標)

- ブイデータ
- 目視データ (冬季)
- 目視データ (通年)

頻値は 2 m ~ 2.4 m 辺りにあり、その前後より 1 m 程度高くなっている。有義波高と風速との関係には数々の実験式があり、吹送距離が  $\infty$  の場合には、波高を m、風速を m/s で計って、

$$H_{1/3} = \beta U^2 \quad (1)$$

の形で与えられている (Kinsman<sup>6)</sup> ch8 及びそこで示されている諸文献参照)。上の係数  $\beta$  を概算するために波高の最頻値を 2.2 m として有義波高に換算し、一方風速の最頻値として前述の 25 ノットを採用するとそれから  $\beta = 2.13 \times 10^{-2}$  が得られる。これは Darbyshire による  $1.39 \times 10^{-2}$  と Sverdrup-Munk による  $2.67 \times 10^{-2}$  の丁度中間にあたり、オーダー的には、ほぼ妥当なもののように思われる。Pierson-Moskowitz スペクトルから理論的に導いた値は  $\beta = 2.14 \times 10^{-2}$  程度であって、非常に近い値となっている。

### 3.10 波周期の分布

平均波周期の分布を図-15に示す。各月の分布形状は驚くほど類似しており、最頻値は10月を除き、8~9秒となっている。3.7で示したように、この分布形は良い近似で対数正規分布である。平均波周期に関する限り、その統計的性質を評価する際にこのモデル分布を

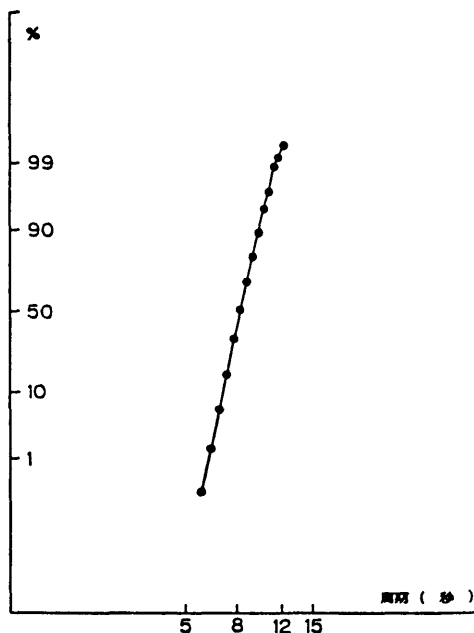


Fig. 12 平均周期の累積分布 (対数正規座標)

利用することが出来ると思われる。

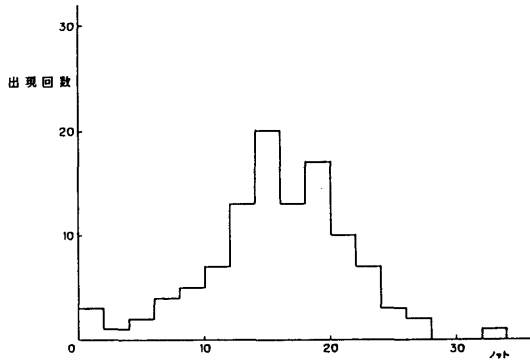
### 3.11 波高一波周期の結合分布

表-2にまとめられた結合分布のうち、ブイデータによるものと目視観測によるものとを比べてみると (同一海域、同一季節であるにもかかわらず) かなり大きな相違があるのに気が付く。目視データでは6秒以下の短波長側が非常に多く現れ、且つ全体に値の散らばりが大きい。ブイデータでは (H, T) の組合せにははっきりした傾向が現れており、10~11月及び3月には、最頻値は  $H = 1.75 \sim 2.75$  m,  $T = 8 \sim 10$  秒のクラスにあり、冬季の3カ月間は、 $H = 2.75 \sim 3.75$  m,  $T = 8 \sim 10$  秒のクラスに移っている。

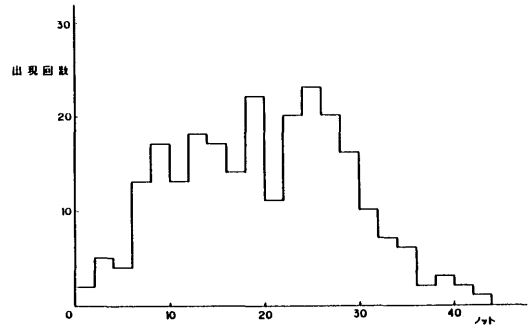
目視データの散らばりが大きい理由は次のように推量される。

- (1) 目視データはサンプル数が非常に多いこと。
- (2) ブイデータではゼロアップクロス法によって1波を定義しているが、目視観測では基準水位が定めにくく、個人差も入ること。
- また、目視データでは、短波長側の出現頻度が多い理由としては
- (3) 目視データでは、風波とうねりを識別し、そのうち

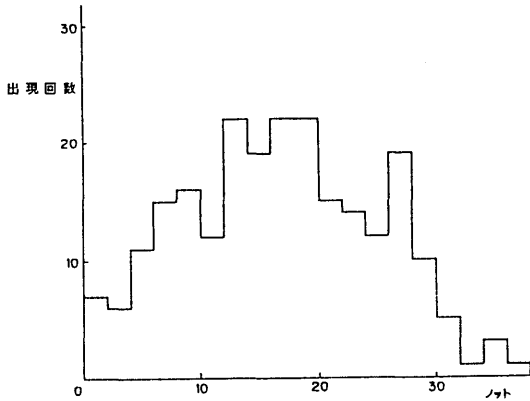




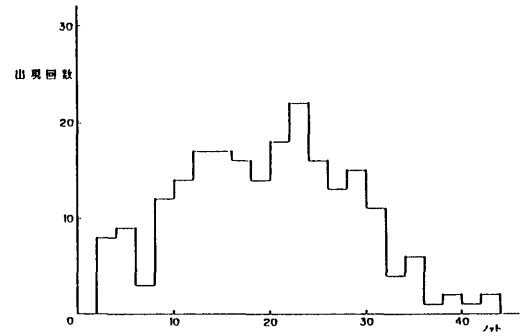
**Fig. 13a** 平均風速の出現頻度分布  
1983年10月



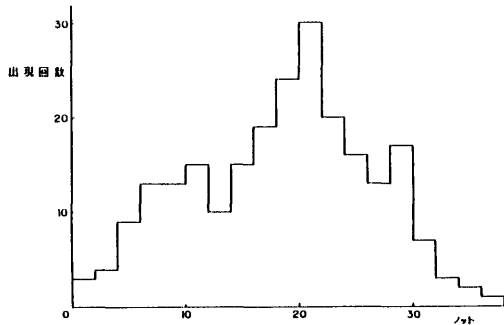
**Fig. 13d** 平均風速の出現頻度分布  
1984年1月



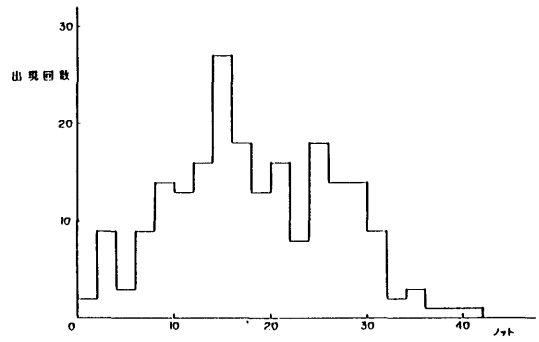
**Fig. 13b** 平均風速の出現頻度分布  
1983年11月



**Fig. 13e** 平均風速の出現頻度分布  
1984年2月



**Fig. 13c** 平均風速の出現頻度分布  
1983年12月



**Fig. 13f** 平均風速の出現頻度分布  
1984年3月

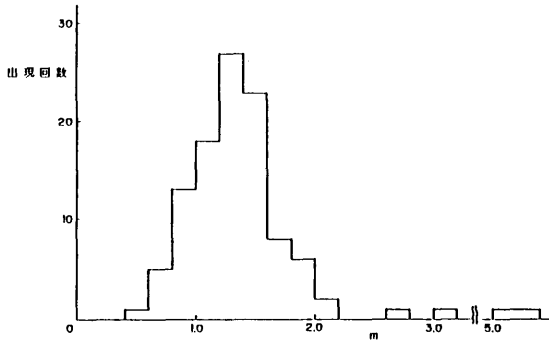


Fig. 14a 平均波高の出現頻度分布  
1983年10月

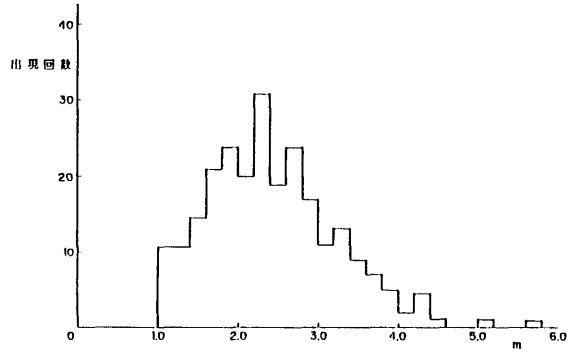


Fig. 14d 平均波高の出現頻度分布  
1984年1月

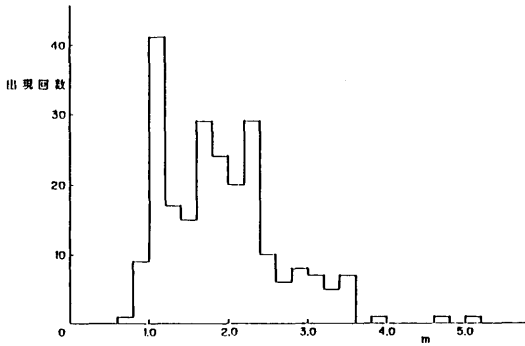


Fig. 14b 平均波高の出現頻度分布  
1983年11月

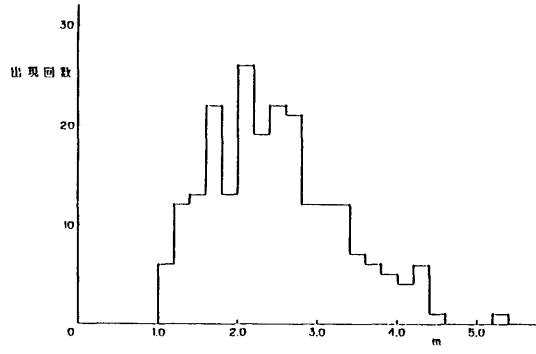


Fig. 14e 平均波高の出現頻度分布  
1984年2月

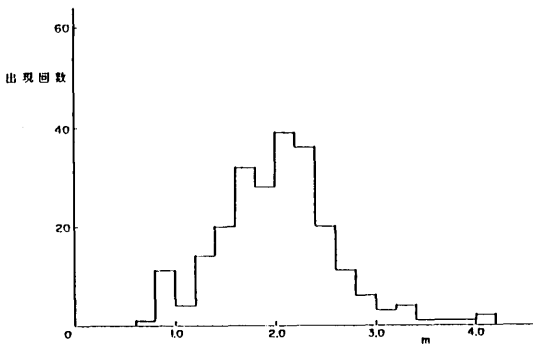


Fig. 14c 平均波高の出現頻度分布  
1983年12月

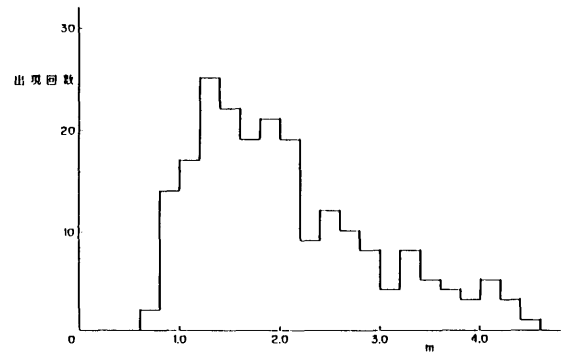
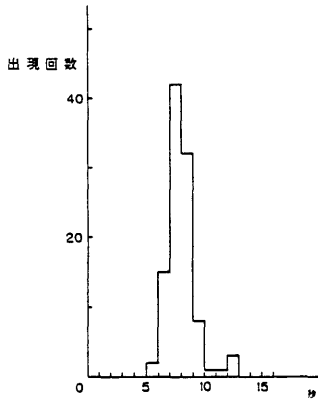
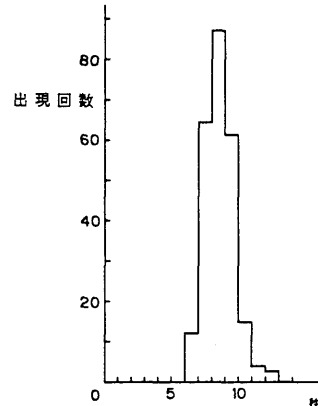


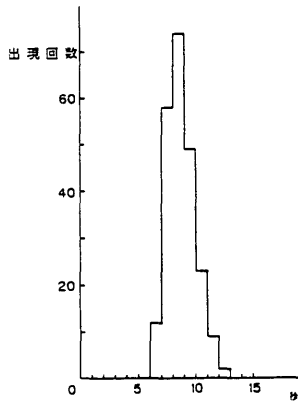
Fig. 14f 平均波高の出現頻度分布  
1984年3月



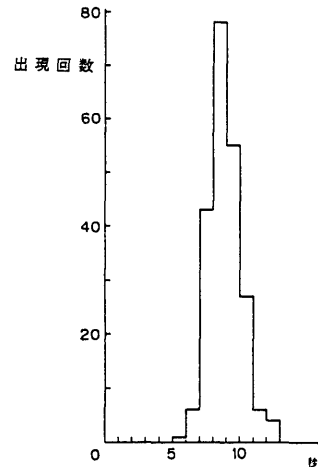
**Fig. 15a** 平均波周期の出現頻度分布  
1983年10月



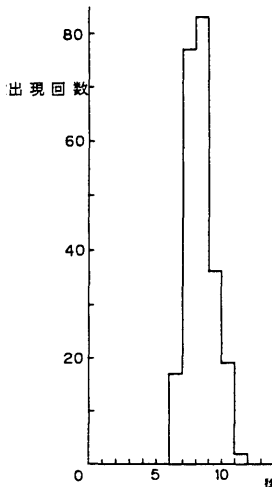
**Fig. 15d** 平均波周期の出現頻度分布  
1984年1月



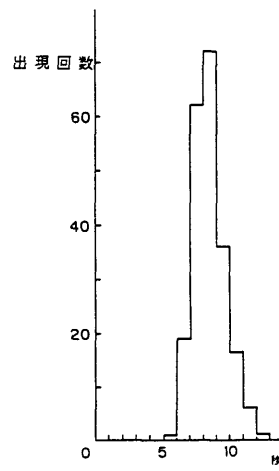
**Fig. 15b** 平均波周期の出現頻度分布  
1983年11月



**Fig. 15e** 平均波周期の出現頻度分布  
1984年2月



**Fig. 15c** 平均波周期の出現頻度分布  
1983年12月



**Fig. 15f** 平均波周期の出現頻度分布 (521)  
1984年3月

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m							
~1.75m	1	8	27	14	9		59
~2.75m		22	77	25	3		127
~3.75m		10	70	13	2		95
~4.75m		4	15	11			30
~5.75m			6	11	1		18
~6.75m			1				1
~7.75m						1	1
~8.75m				1			1
~9.75m							
~10.75m							
~11.75m							
~12.75m							
~13.75m							
~14.75m							
合計	1	44	196	75	15	1	332

昭和58年10~11月

Table. 2a

波高一波周期結合分布

1983年10~11月

ハッチを施した部分は出現頻度の多い  
主要なクラスを示す

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m							
~1.75m		1	2	9			12
~2.75m		7	36	7			50
~3.75m		18	76	24	1		119
~4.75m		3	31	4	1		39
~5.75m			7	3			10
~6.75m			1	3			4
~7.75m							
~8.75m							
~9.75m							
~10.75m							
~11.75m							
~12.75m							
~13.75m							
~14.75m							
合計		29	153	50	2		234

昭和58年12月

Table. 2b

波高一波周期結合分布

1983年12月

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m							
~1.75m		1		1			2
~2.75m		6	2 6	5	1		3 8
~3.75m		1 2	5 3	1 9			8 4
~4.75m		6	3 2	1 8	2		5 8
~5.75m		1	2 4	1 5	1		4 1
~6.75m			8	6	1		1 5
~7.75m				5			5
~8.75m				1			1
~9.75m				1			1
~10.75m							
~11.75m							
~12.75m							
~13.75m							
~14.75m							
合計		2 6	1 4 3	7 1	5		2 4 5

有義波高

昭和59年1月

Table. 2c

波高一波周期結合分布  
1984年1月

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m							
~1.75m					1		1
~2.75m		2	2 5	1 4	2		4 3
~3.75m		5	3 4	2 0	2		6 1
~4.75m		2	2 8	2 2	2	2	5 6
~5.75m			2 5	1 0			3 5
~6.75m			7	9			1 6
~7.75m			2	4	1		7
~8.75m							
~9.75m			1				1
~10.75m							
~11.75m							
~12.75m							
~13.75m							
~14.75m							
合計		9	1 2 2	7 9	8	2	2 2 0

有義波高

昭和59年2月

Table. 2d

波高一波周期結合分布  
1984年2月

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m							
~1.75m		1	14	4	4		23
~2.75m		16	43	6			65
~3.75m		14	34	9			57
~4.75m		3	17	10	1		31
~5.75m			10	6	2		18
~6.75m			4	9			13
~7.75m				4			4
~8.75m							
~9.75m							
~10.75m							
~11.75m							
~12.75m							
~13.75m							
~14.75m							
合計		34	122	48	7		211

昭和59年3月

Table. 2e

波高一波周期結合分布  
1984年3月

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m							
~1.75m		2	2	10	1		15
~2.75m		15	87	26	3		131
~3.75m		35	163	63	3		264
~4.75m		11	91	44	5	2	153
~5.75m		1	56	28	1		86
~6.75m			16	18	1		35
~7.75m			2	9	1		12
~8.75m				1			1
~9.75m			1	1			2
~10.75m							
~11.75m							
~12.75m							
~13.75m							
~14.75m							
合計		64	418	200	15	2	699

昭和58年12月~59年2月

Table. 2f

波高一波周期結合分布  
1983年12月~1984年2月

有義周期

	6秒以下	6~8秒	8~10秒	10~12秒	12~14秒	14秒以上	合計
~0.75m	7 5	3	5	1	4		8 8
~1.75m	6 5 5	1 4 7	6 7	1 6	1 0	5	9 0 0
~2.75m	5 1 5	3 9 1	3 0 6	7 2	4 3	9	1 3 3 6
~3.75m	2 2 6	3 5 6	2 9 4	8 0	3 7	1 3	1 0 0 6
~4.75m	6 3	1 2 2	2 0 8	5 4	3 1	1 9	4 9 7
~5.75m	7	3 8	7 9	2 9	3 0	9	1 9 2
~6.75m	6	1 5	2 8	1 7	2 1	7	9 4
~7.75m	3	3 0	2 1	9	8	7	7 8
~8.75m	1	8	1 1	2	7	2	3 1
~9.75m		1	1 1		1	2	1 5
~10.75m		2	8	1	4	3	1 8
~11.75m		1	3				4
~12.75m		2	3	2			7
~13.75m						3	3
~14.75m		1					1
合計	1 5 5 1	1 1 1 7	1 0 4 4	2 8 3	1 9 6	7 9	4 2 7 0

1964-1973 冬季

波高の大なる方を採用しており、計測データでは海面変動のゼロアップクロス平均周期を用いているためにそれらを分離出来ない。従って、目視データでは計器による観測よりも短波長側に偏る傾向が強い。データの質に関する以上の点を考慮すれば、両データの差異はある程度見かけのものである事が分かる。尚、ここに言う有義周期は、通常言われるように、目視周期とは等しいものとし、一方、ブイデータから求められた平均周期の1.1倍<sup>7)</sup>として取り扱った。

### 3.12 風向と波向きとの差の分布

ブイを基準にした平均波向とブイの方位のデータから、波浪の真の伝播方向を定めることが出来る。うねりを無視すればこれは風の平均的方向と一致するはずである。図-16には、両者の差についてその分布を示した。この図を作るためには上記の3種類のデータが揃わなければならないので、他の統計に比べてやや欠測が多い。図から次の特徴が認められる。

- (1)大勢としては波向は風向を中心に±50度の間にある。
- (2)分布形状は Gauss 型かそれよりやや鋭い。
- (3)月によっては -150 度辺りに小さなピークが見られ

る（これについては後述する）。

### 3.13 風速一波高分散図

風速と波高の関係には実用的な意味からも古来注意が払われてきた。第1近似として(1)式のように有義波高が平均風速の自乗に比例するものと仮定し、比例定数  $\beta$  を観測から評価することが試みられた。従来、 $\beta$  として多くの値が提案されているが、それらは必ずしも一致していない。今回のデータから  $\beta$  の値について議論するために、図-17では、有義波高を平均風速の自乗で割ったもの(Jとする)を平均風速に対してプロットしてある。データにややバラツキがあるものの、各図とも際だった特徴がみられる。

(a)前述した風速の最頻値(24~26ノット)を境にして状況が異なる。

(b)低風速側では、 $J \sim U^{-2}$  のように振舞う。

(c)高風速側では、J は一定の値に漸近する。

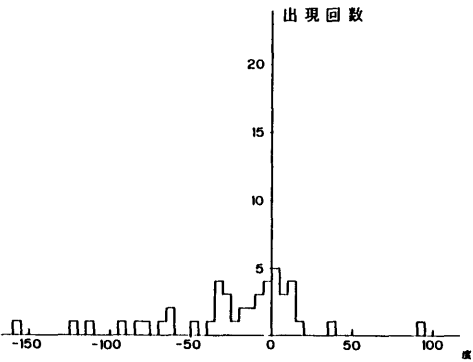
図中に引いた2本の実線 PM 及び D は各々 Pierson-Mospowitz 及び Darbyshire による  $\beta$  の値を示している(この図では  $\beta$  の値は平均波高に対するものに変換されている)。3.9で述べたように、卓越風速近傍で

Table. 2g

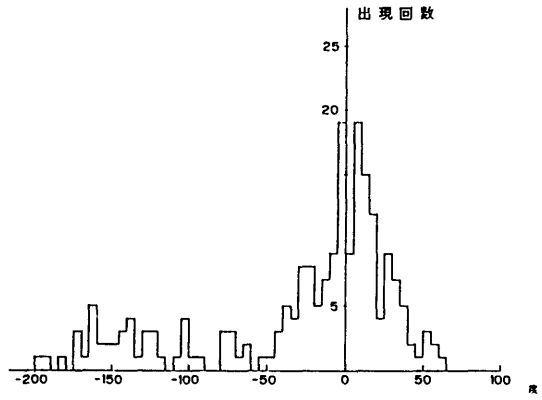
波高一波周期結合分布 (目視観測)

1964年~1973年

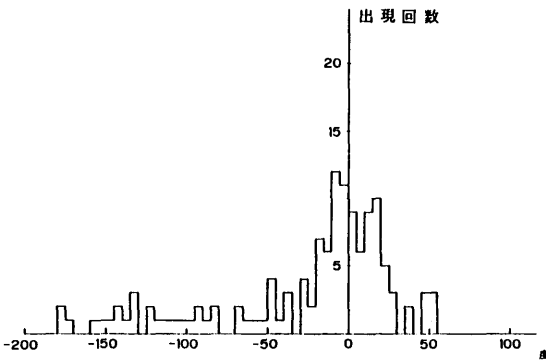
(冬季, 12月~2月)



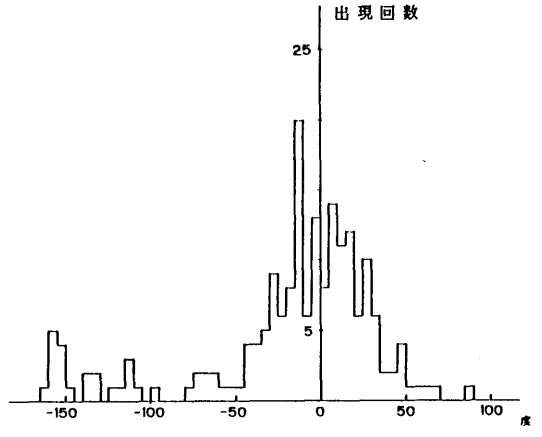
**Fig. 16a** 風と波の方向差の出現頻度分布  
1983年10月



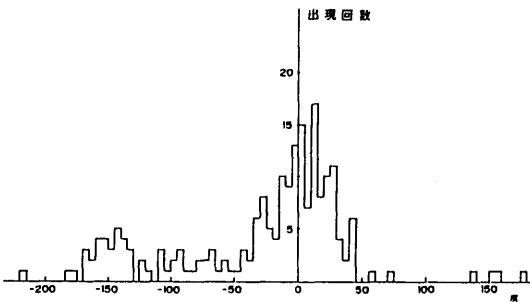
**Fig. 16d** 風と波の方向差の出現頻度分布  
1984年1月



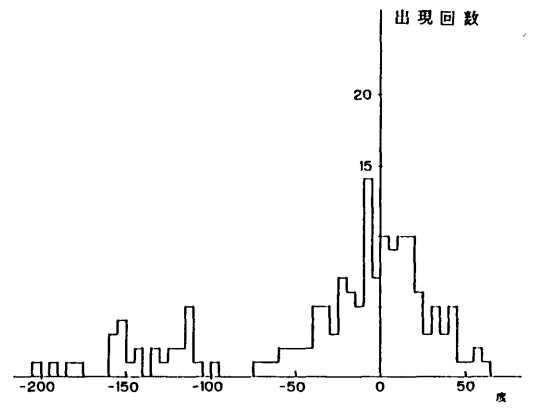
**Fig. 16b** 風と波の方向差の出現頻度分布  
1983年11月



**Fig. 16e** 風と波の方向差の出現頻度分布  
1984年2月

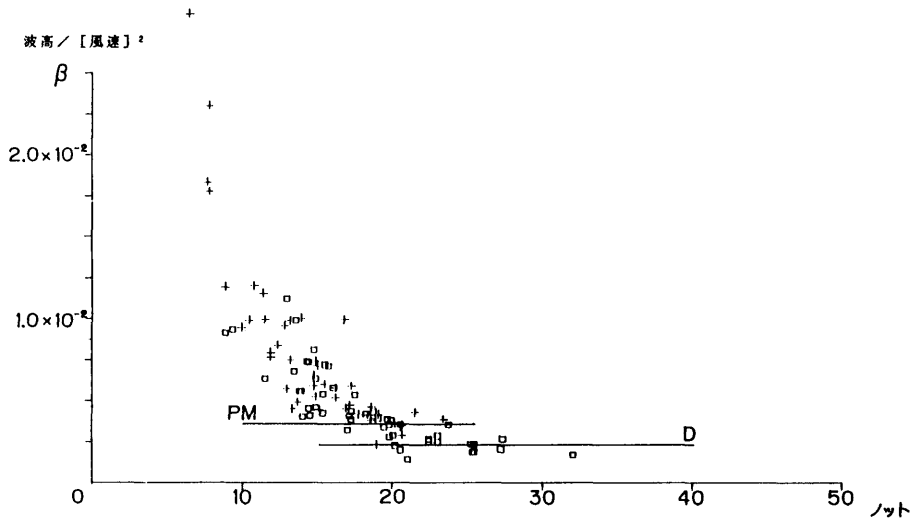


**Fig. 16c** 風と波の方向差の出現頻度分布  
1983年12月

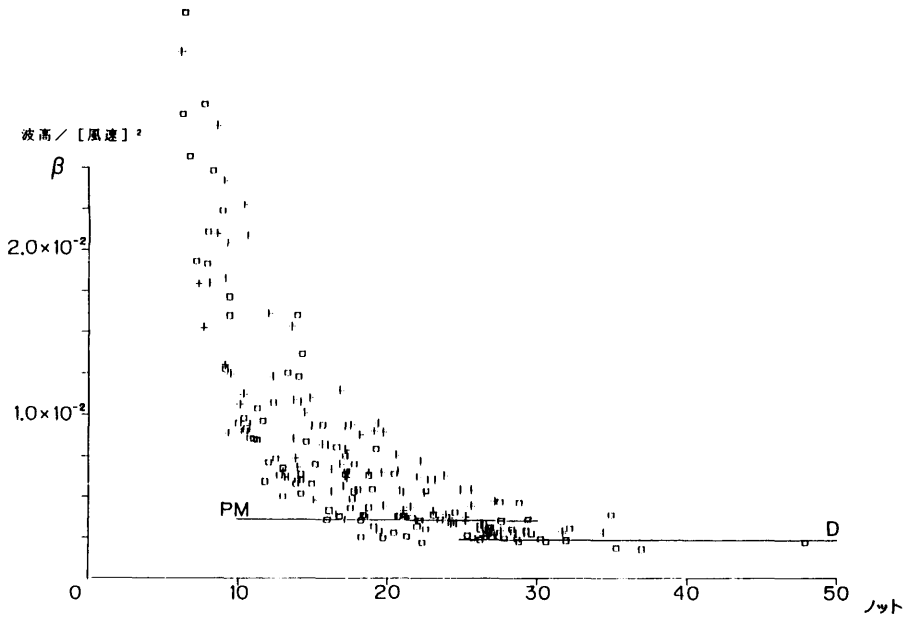


**Fig. 16f** 風と波の方向差の出現頻度分布  
1984年3月





**Fig. 17a** 波高と風速の関係  
 1983年10月  
 □ 風速が増大しつつある場合  
 + 風速が減少しつつある場合  
 PM : Pierson-Moskowitz による推定値  
 D : Darbyshire による推定値



**Fig. 17b** 波高と風速の関係  
 1983年11月

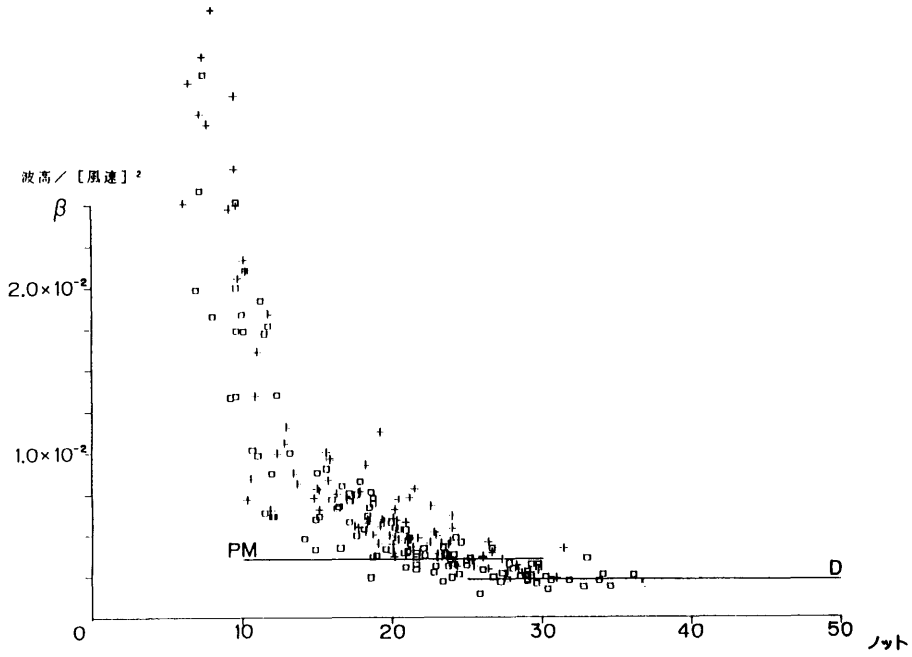


Fig. 17c 波高と風速の関係  
1983年12月

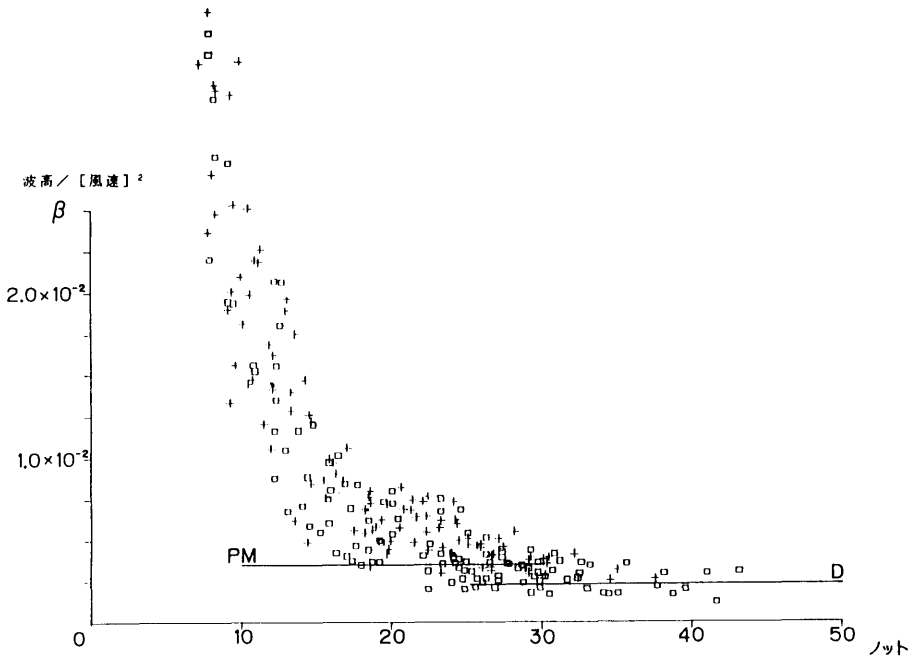


Fig. 17d 波高と風速の関係  
1984年1月

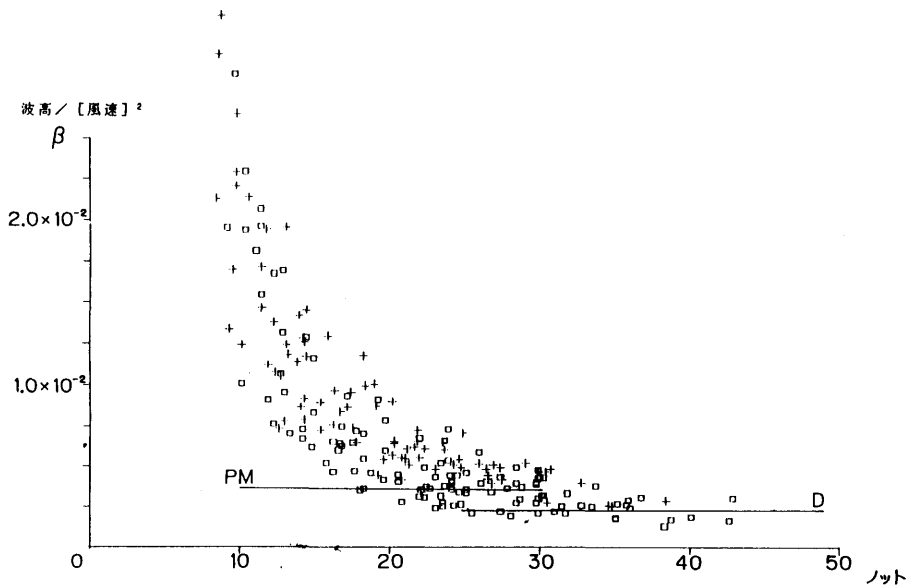


Fig. 17e 波高と風速の関係  
1984年2月

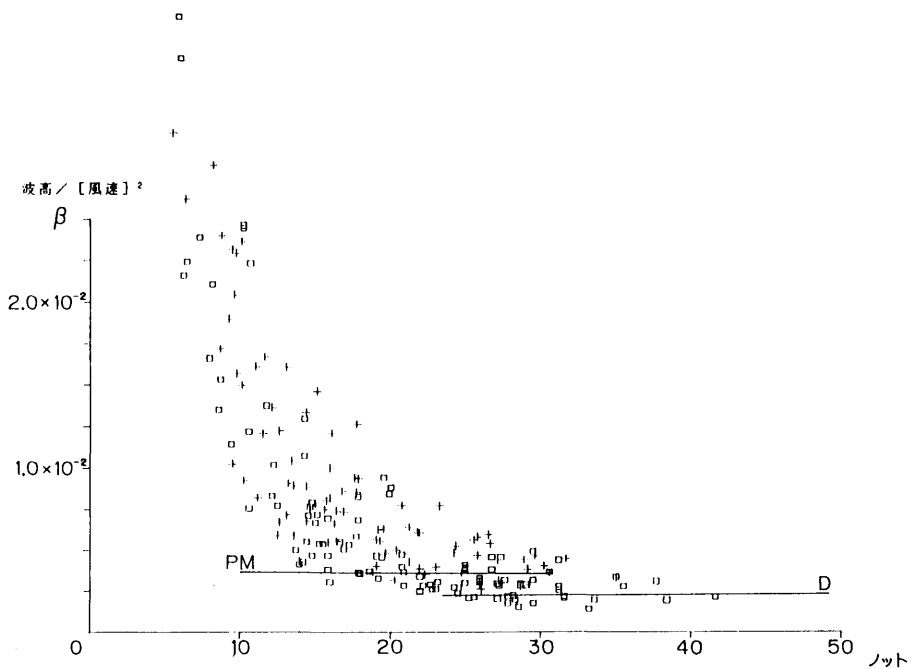


Fig. 17f 波高と風速の関係  
1984年3月

は、PMによる推定値がほぼ当てはまるが高風速の極限ではDによる推定値に近くなるのが分かる。また、低風速側の観測値は、そこで波高が風速に依らないことを意味し、遠方海域で発生した波がうねりとして存在することを暗示している。

尚、図中の記号□は風速が増大しつつある場合、+は風速が減少しつつある場合に対応する。風速が増大しつつある場合には上に述べた特徴がより顕著に現れるようである。

### 補遺；海上風の連吹時間について

Wilson(1965)<sup>8)</sup>の公式に依れば、無次元波高 $H^*$ と無次元フェッチ $F^*$ の関係は

$F^* > 1.56 \times 10^4$ では

$$H^* = 0.30 \quad (2-1)$$

$F^* < 1.56 \times 10^4$ では

$$H^* = 2.4 \times 10^{-3} F^{*1/2} \quad (2-2)$$

と表される。ここで、 $H^*$ 及び $F^*$ は有義波高 $H_{1/3}$ 、フェッチ $F$ 及び風速 $U$ に対して

$$H^* = gH_{1/3}/U^2, \quad F = gF/U^2 \quad (3)$$

で定義される量である。上の限界フェッチは $U=40$ ノットに対して $F=344$ 海里であるが、当該ブイの地理学的位置からは、 $F>388$ 海里であるから(2-1)が適用できる筈であるが、これに依って有義波高を見積ると、図-17において、 $\beta=0.5 \times 10^{-2}$ となり、かなり過大な評価となる。即ち、波は実際には、この公式から予測されるほどには増大していない。この理由は実際の波の発達が連吹時間によって制限されているためと考えられる。そこで逆に $U=40$ ノットで観測値に合うような「有効」フェッチを求めるとほぼ75海里となる。Bretschneider(1970)<sup>9)</sup>の与えたグラフからこれに等価な連吹時間は7.5時間に相当する。図-9を見ると、風速の変化は概ね三角形状を呈しているので、エネルギー的考察から、ここでの議論に見合う「有効」連吹時間はこの3倍、即ち22.5時間となって3.5での結果にほぼ合致しており、データからも首肯されることである。参考のためにDarbyshireの公式に基づいて、強風時について当該海域における風速に対する有義波高の推定曲線を図-18に示しておく。

### 3.14 気圧、気温、水温の時系列

図-19から次のことに気が付く。

- (1) 気温の変動幅は最大でも10度程度である。
- (2) 気温の顕著な上昇には必ず気圧の降下に対応している。

(530)

(3) 気温のトレンドは2月まで下がり続け、3月に至って回復を始める。

(4) 水温の変化は非常に滑らかで日周変動も殆どない。

(5) 水温は冬季を通して下がり続け、3月に至って平衡になる。

(6) 水温は気温より高い。

尚、2月のデータに見られるスパイク状の落込みは測器の不具合によるものである。

### 3.15 流速の分布

ブイまわりの表層水の流速のデータを図-20に示す。これは恐らく潮流或は吹送流と波流との重ね合わさった流れであろうが、そのうち波流(波による2次のオーダーの流れ)を卓越する波長及び有義波高より見積ると大略0.25ノット程度となり潮流とほぼ同程度の大きさと思われる。

### 3.16 最大波高の分布

図-21に最大波高の分布を示す。統計的に見ると、これは短時間(1日当り2時間40分)内での標本値に過ぎないが、船舶の耐航性ないし安全性に関する設計規

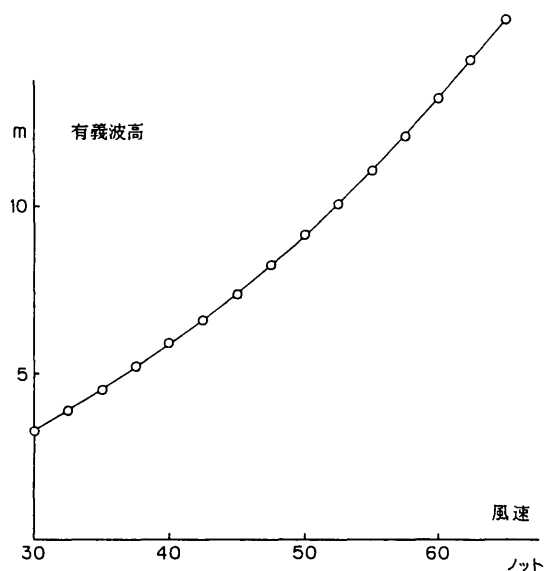
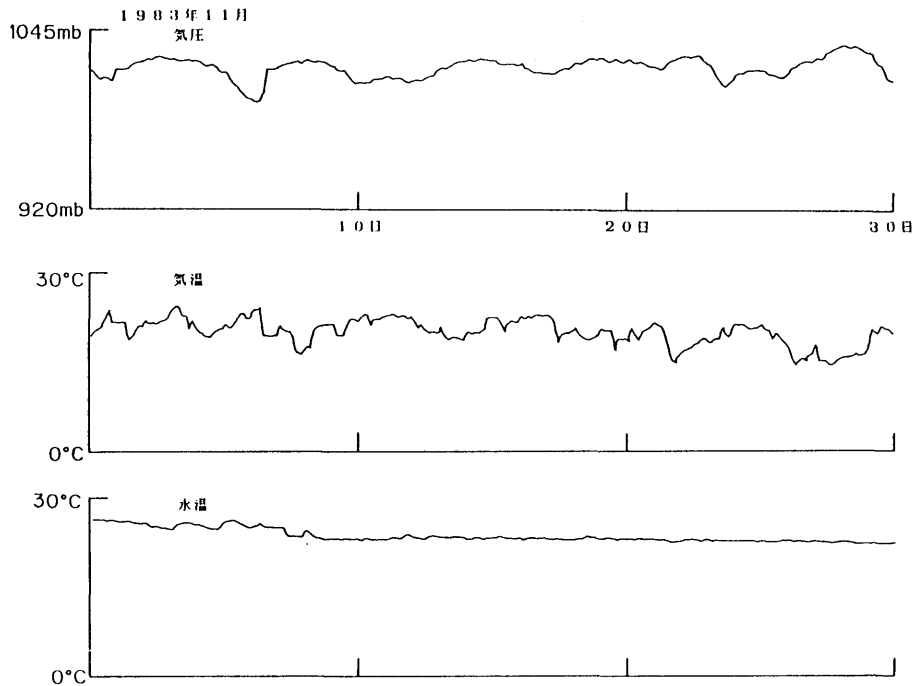


Fig. 18 風速に対する有義波高の推定値 (風速が大きい場合)



**Fig. 19a** 気圧, 気温, 水温の時系列  
 1983年11月 上段: 気圧(単位 mb)  
 中段: 気温(単位度)  
 下段: 水温(単位度)

準等の面からは、大波高の出現は注目すべき観測量であるので参考のために掲げることにした。1月、2月には12m、3月には13mを超える例が見られる。観測時間が全期間中の1/9であることを思えば、これらは恐らく出現し得る大波高の下限を与えるものであろう。

### 3.17 最大波周期の分布

観測された最大周期の分布を図-22に示す。冬季においては、周期15秒前後(波長350m)の非常に長い波が存在することが分かる。もしこの波が現場の風で起こされるとすると、風速50ノット以上の強風が十数時間連吹しなければならないが<sup>9)</sup>、その様な例は図-9には見られない。また、この波が上において述べた最大波高に対応するとしても、その波形勾配はおおよそ1/30程度になるので、長大なうねりであろうと思われる。しかし、今回のような機器による自動観測では風波とうねりを1次データの上で分離して論ずることは困難

である。

### 3.18 平均分散角の分布

近年海洋波の方向分布について殊に海洋工学的観点から興味が寄せられている。しかしながら、乏しい観測量から波浪の2次元スペクトルを評価することは容易ではなくより優れた解析手法の開発に重点が置かれている。前述したように本論ではパイによって得られた2次元スペクトルには言及しないが(このスペクトルは古典的な共分散法に基づいて解析されたもので波の主方向を推定するのが精一杯と思われる)、そのかわりに、3-12で議論した平均波向とそのまわりの分散角を以って代用しても大差ないものと思われる。図-23に得られた分散角の分布を示す。10月を除けば50~50数度辺りにピークがあり、両裾へは指数的に減少する分布形状が見られる。通常典型的な風波ではこの角度は30度程度<sup>10)</sup>と言われているので、このデータには風

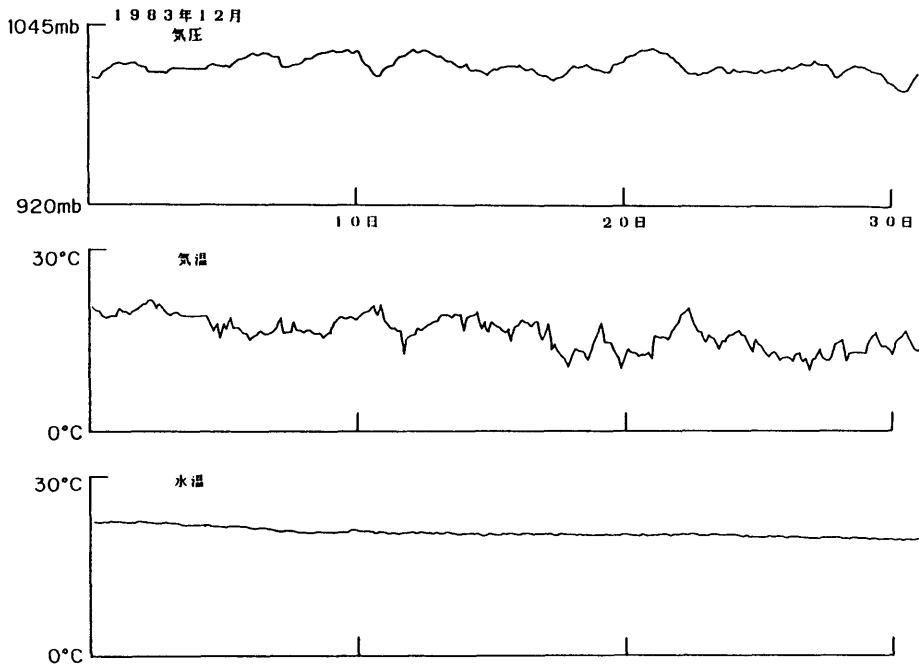


Fig. 19b 気圧, 気温, 水温の時系列  
1983年12月

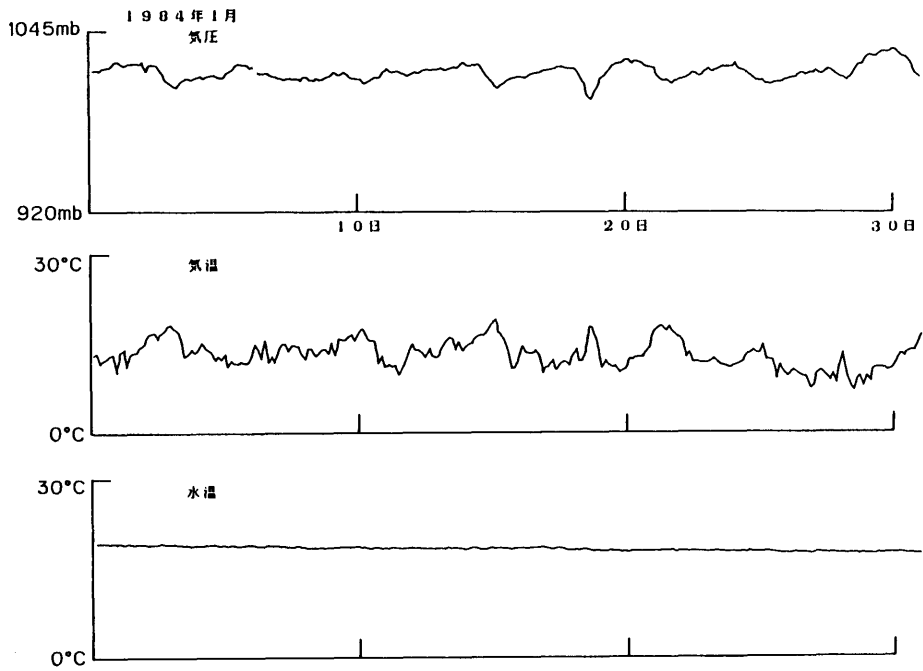
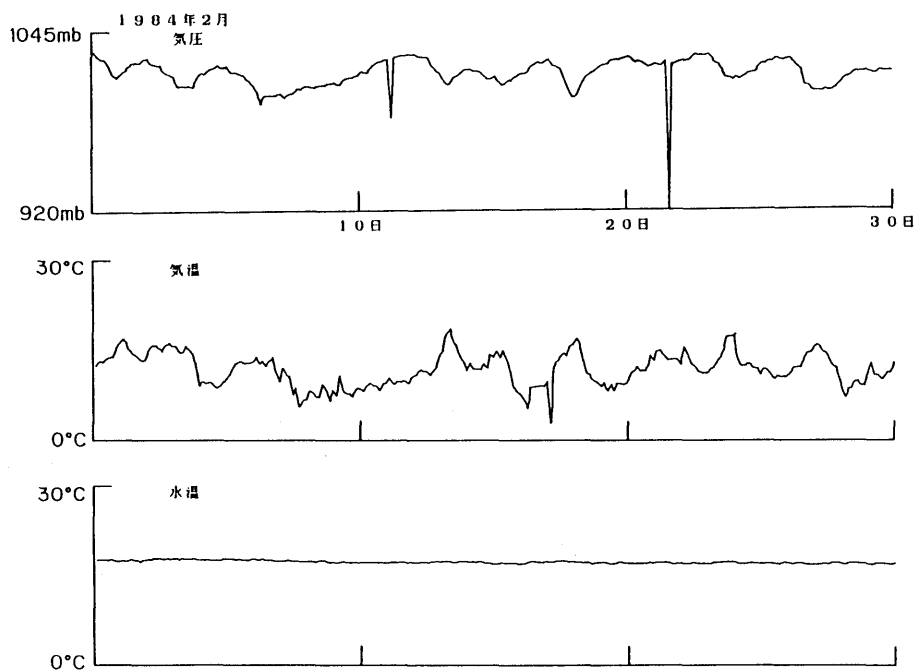
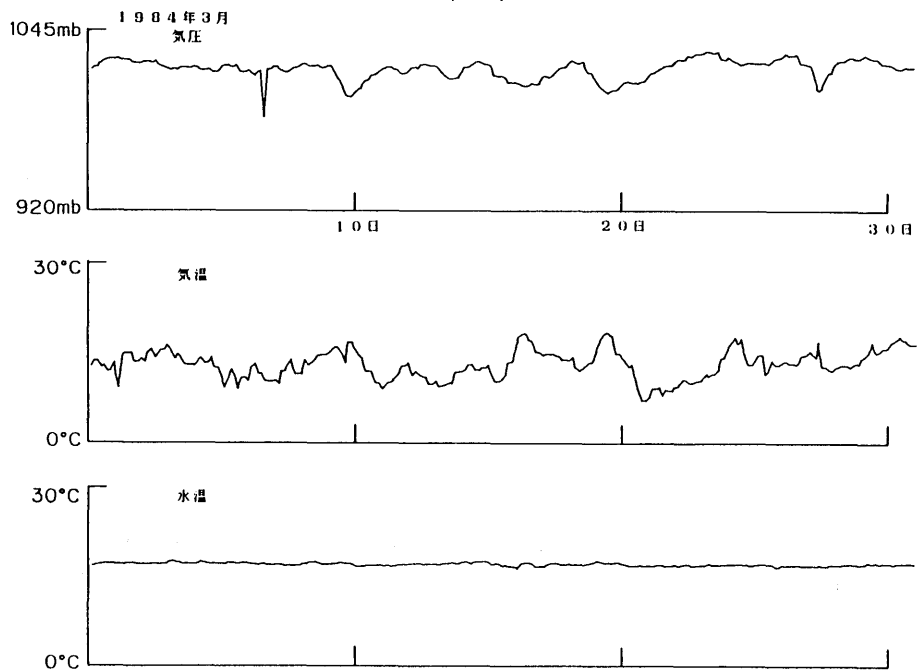


Fig. 19c 気圧, 気温, 水温の時系列  
1984年1月



**Fig. 19d** 気圧, 気温, 水温の時系列  
1984年2月



**Fig. 19e** 気圧, 気温, 水温の時系列  
1984年3月

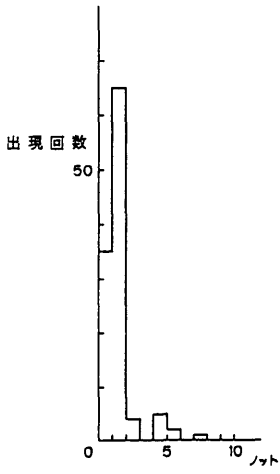


Fig. 20a 流速の出現頻度分布  
1983年10月

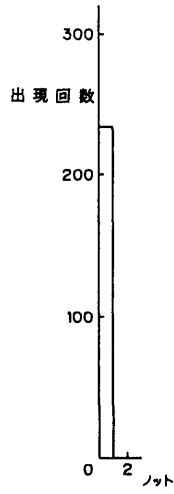


Fig. 20c 流速の出現頻度分布  
1983年12月

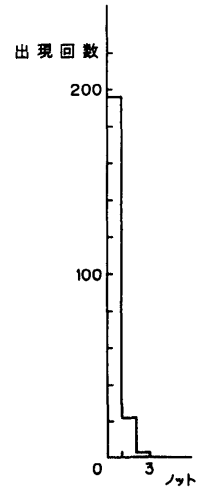


Fig. 20e 流速の出現頻度分布  
1984年2月

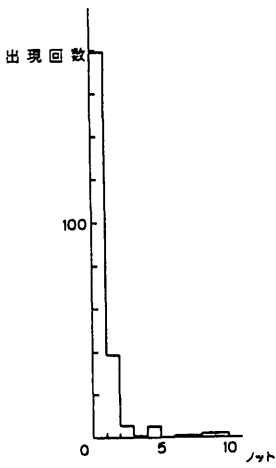


Fig. 20b 流速の出現頻度分布  
1983年11月

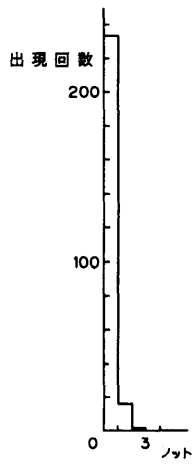


Fig. 20d 流速の出現頻度分布  
1984年1月

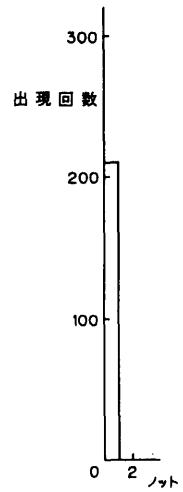


Fig. 20f 流速の出現頻度分布  
1984年3月



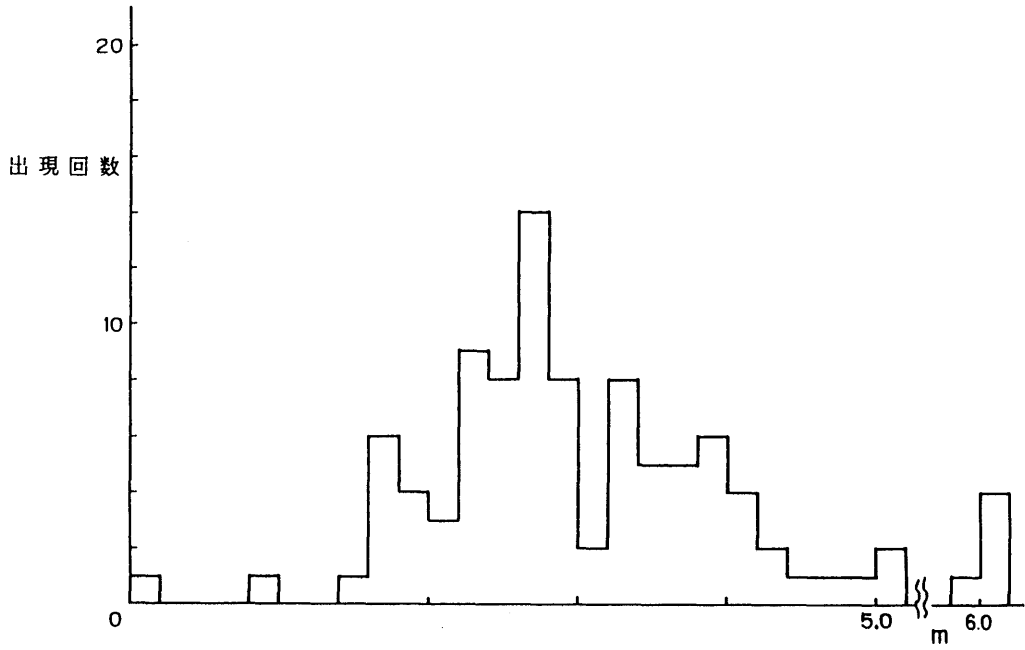


Fig. 21a 最大波高の出現頻度分布  
1983年10月

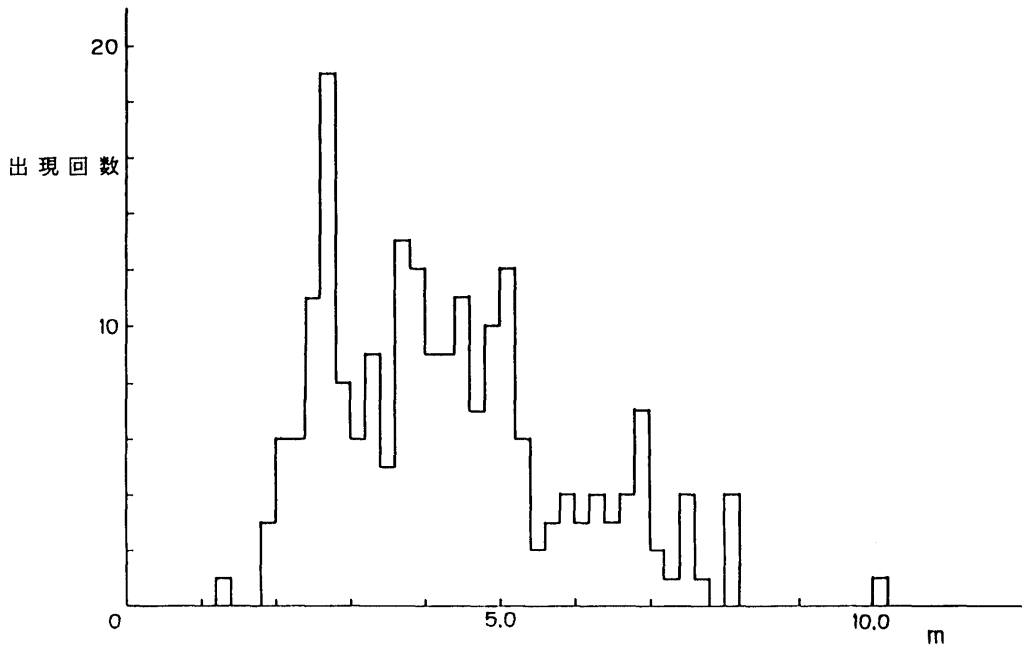


Fig. 21b 最大波高の出現頻度分布  
1983年11月

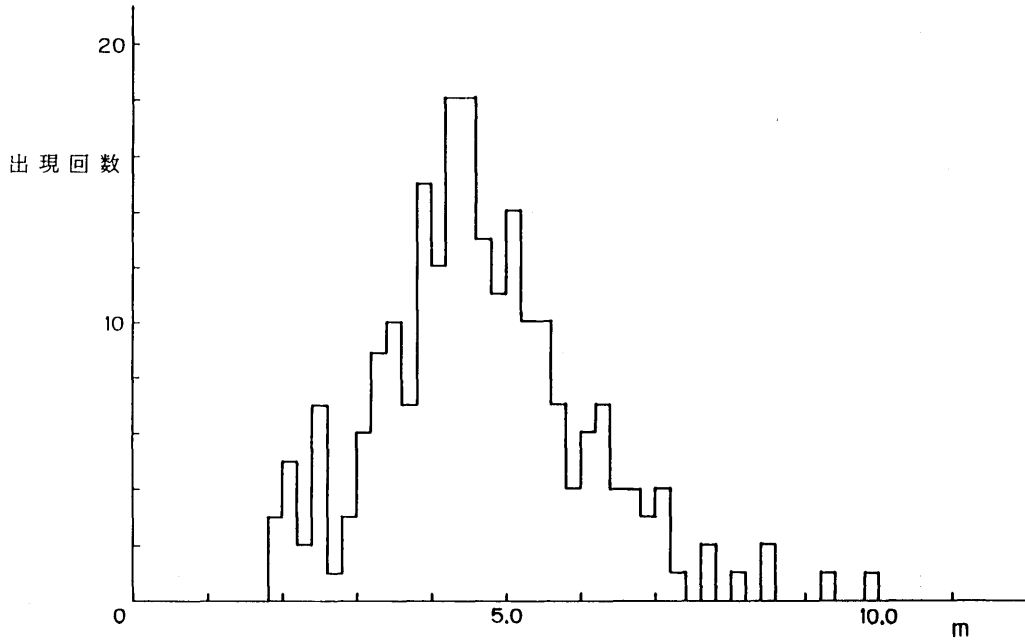


Fig. 21c 最大波高の出現頻度分布  
1983年12月

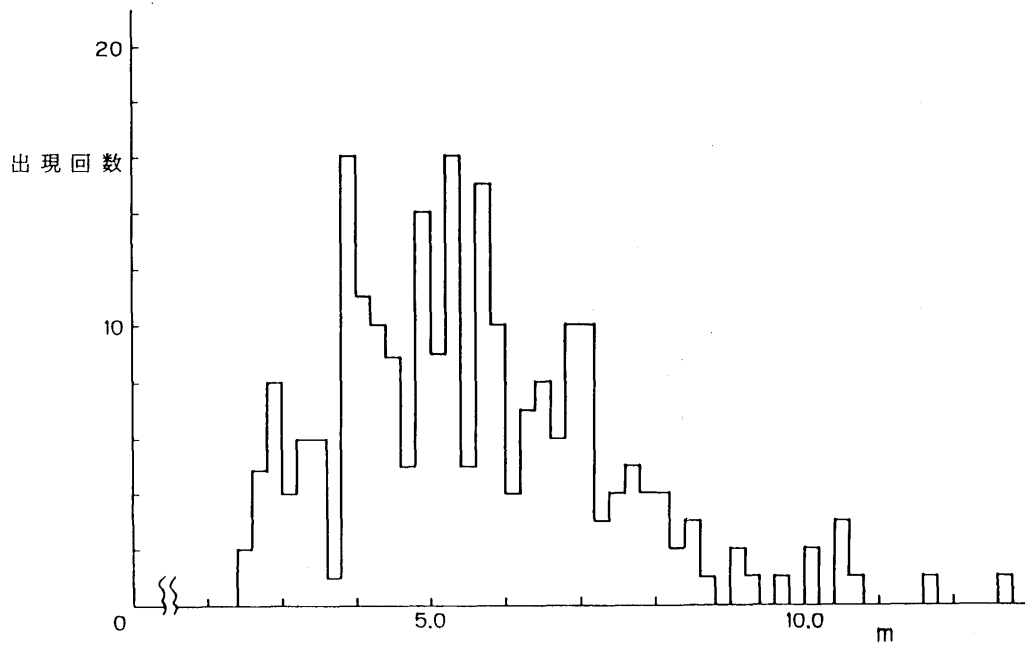


Fig. 21d 最大波高の出現頻度分布  
1984年1月

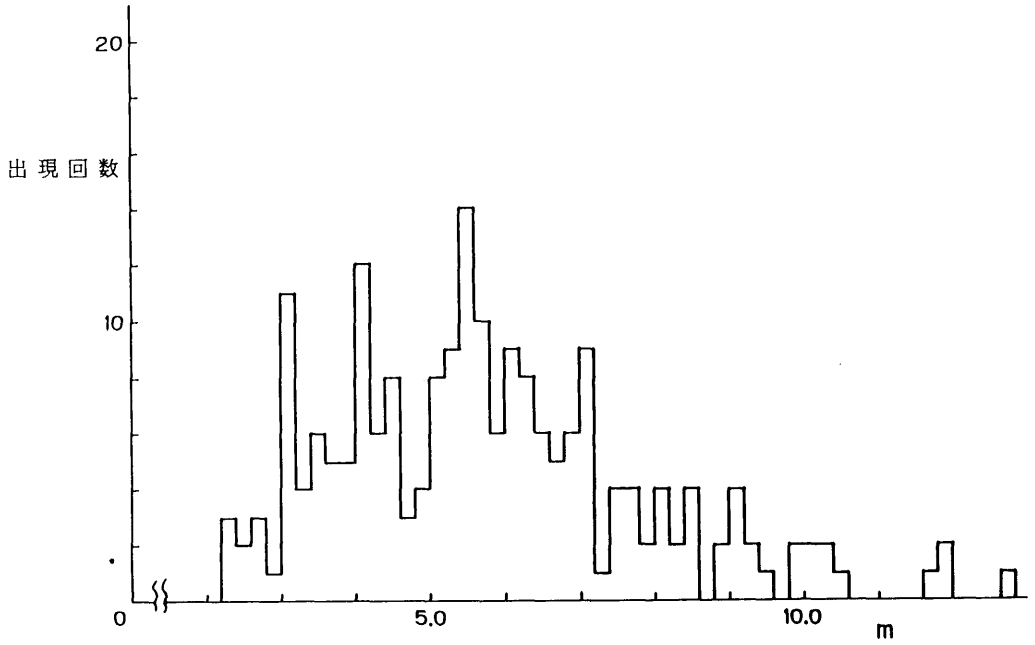


Fig. 21e 最大波高の出現頻度分布  
1984年2月

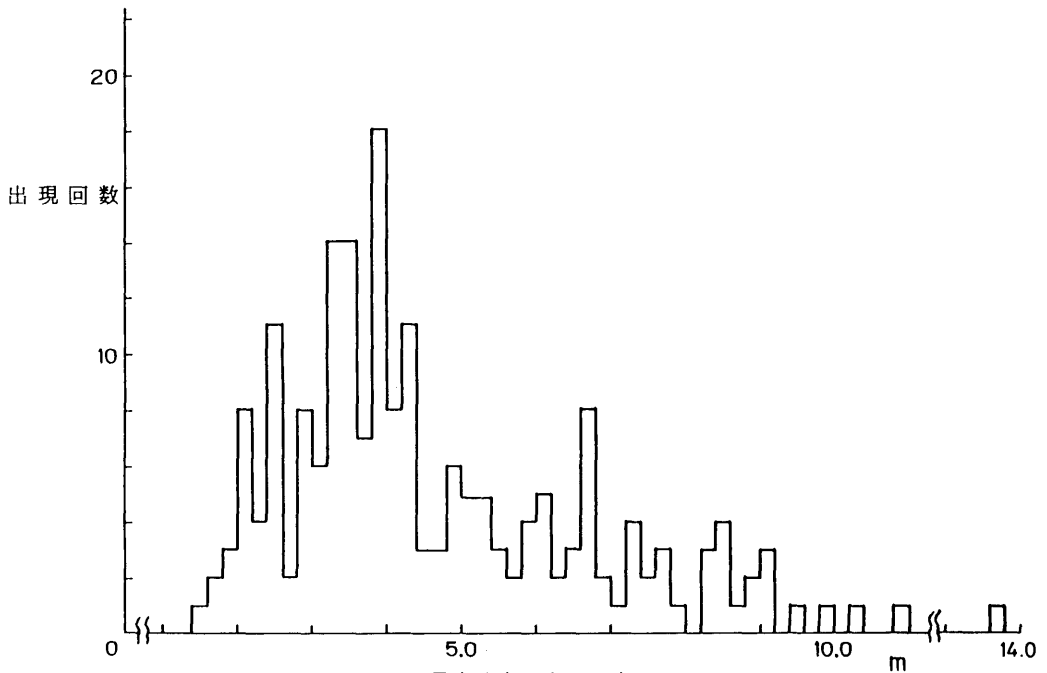
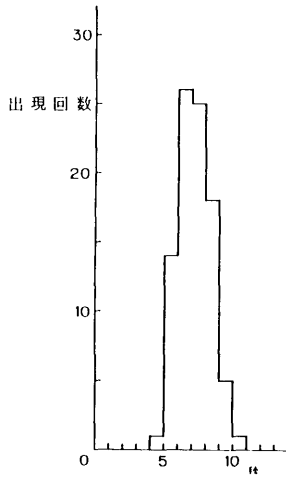
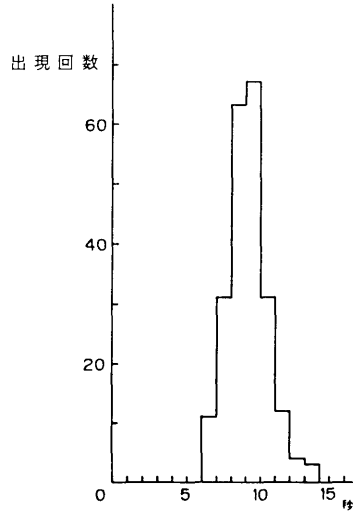


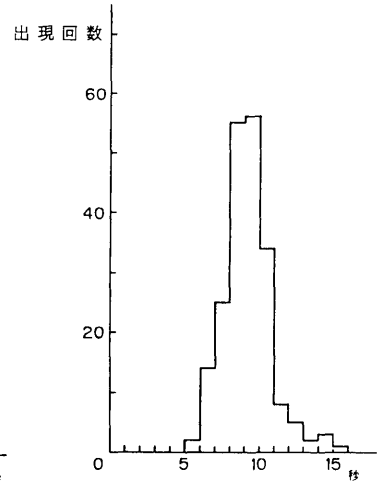
Fig. 21f 最大波高の出現頻度分布  
1984年3月



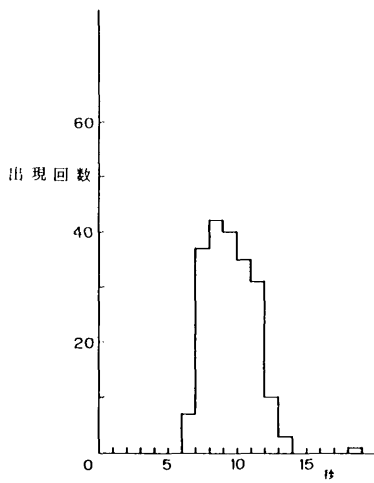
**Fig. 22a**  
最大波周期の出現頻度分布  
1983年10月



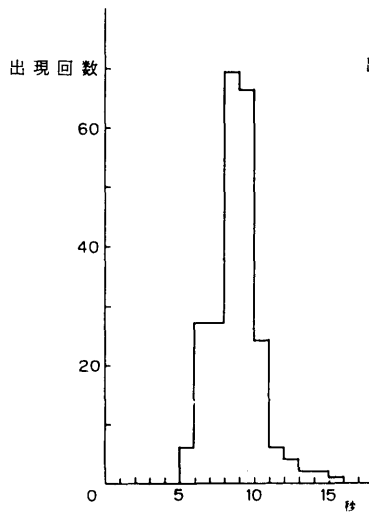
**Fig. 22c**  
最大波周期の出現頻度分布  
1983年12月



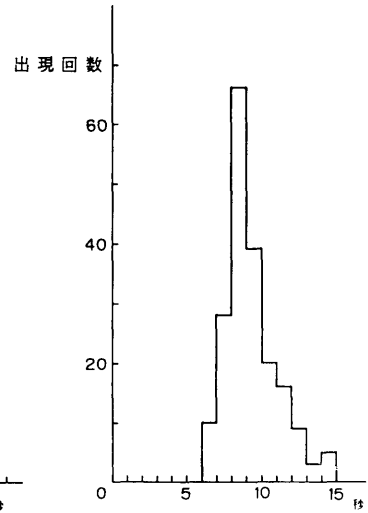
**Fig. 22e**  
最大波周期の出現頻度分布  
1984年2月



**Fig. 22b**  
最大波周期の出現頻度分布  
1983年11月



**Fig. 22d**  
最大波周期の出現頻度分布  
1984年1月



**Fig. 22f**  
最大波周期の出現頻度分布  
1984年3月

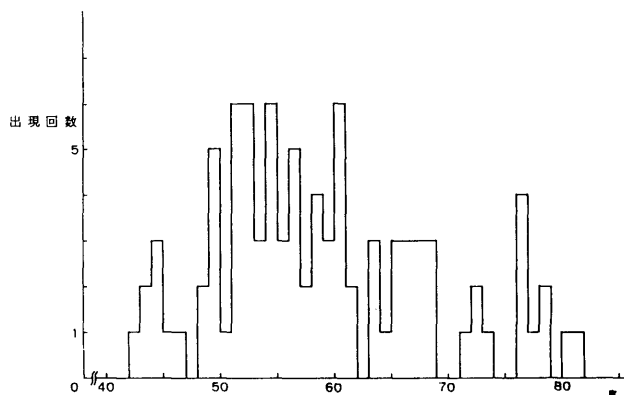


Fig. 23a 平均分散角の出現頻度分布  
1983年10月

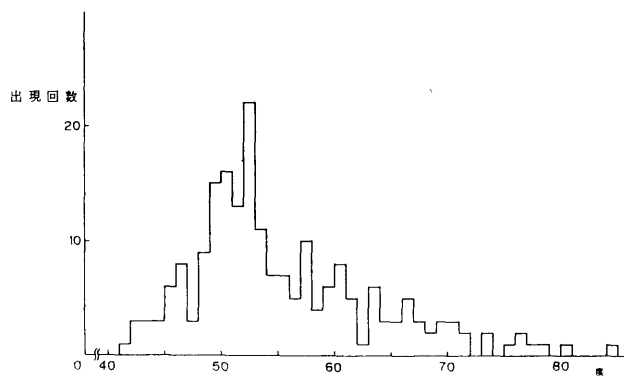


Fig. 23b 平均分散角の出現頻度分布  
1983年11月

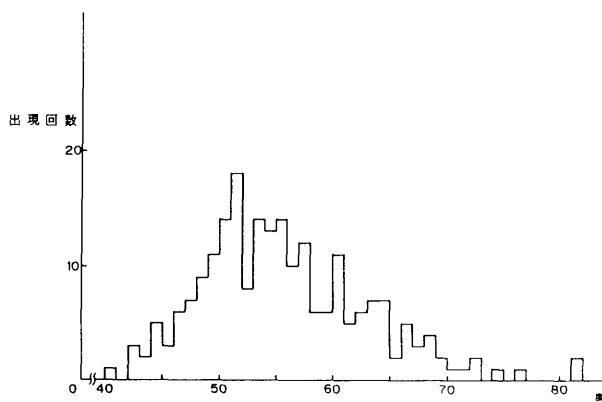
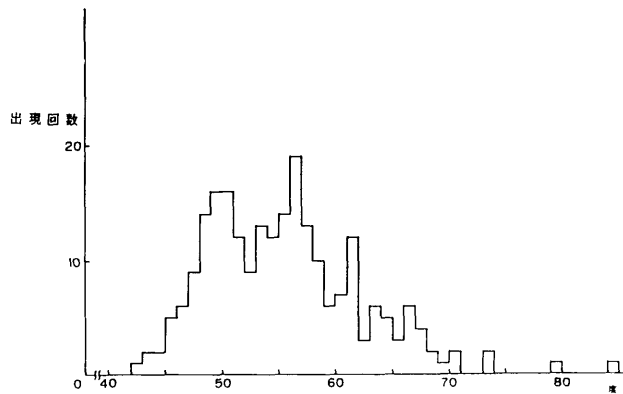
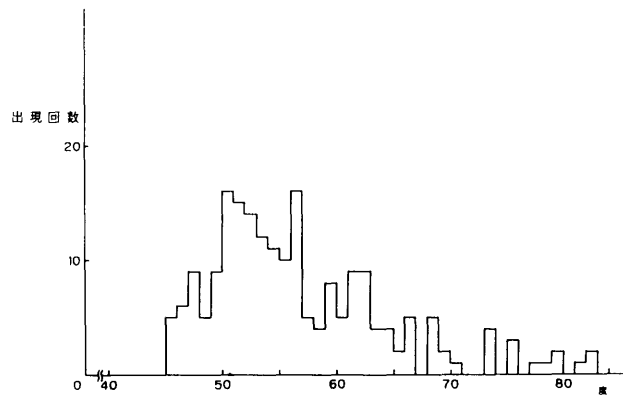


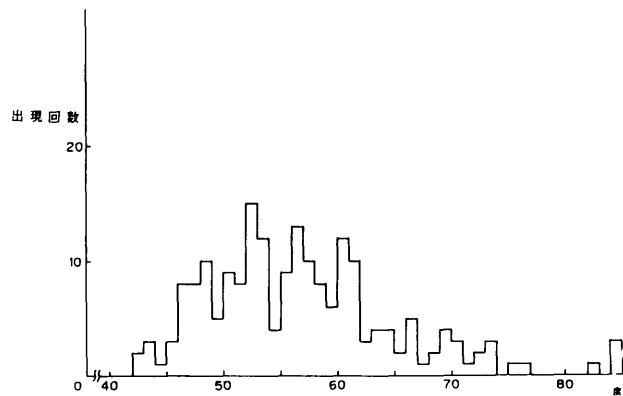
Fig. 23c 平均分散角の出現頻度分布  
1983年12月



**Fig. 23d** 平均分散角の出現頻度分布  
1984年1月



**Fig. 23e** 平均分散角の出現頻度分布  
1984年2月



**Fig. 23f** 平均分散角の出現頻度分布  
1984年3月

波とクロスするうねりの影響、または風によるブイ本体の動揺或は回転等の影響が含まれているものと推測される。

### 3.19 スペクトル幅の分布

スペクトルのバンド幅を表現するパラメータは一般に

$$\epsilon^2 = 1 - m_2^2 / m_0 m_4 \quad (4)$$

として定義されるが、ここではスペクトルモーメント  $m_k$  を用いず、ピーク値の時系列データから次式によって推定した。

$$\epsilon^2 = 1 - N_1^0 / N_1^1 \quad (5)$$

但し、 $N_1^0 = N_1^+ - N_2^+$ 、 $N_1^1 = N_1^+ + N_1^-$  で、 $N_1^+$  は正の極大値、 $N_1^-$  は負の極大値、 $N_2^+$  は正の極小値そして  $N_2^-$  は負の極小値の数である。式の形から分かるように  $0 \leq \epsilon \leq 1$  であり、 $\epsilon = 0$  が狭帯域に対応する。バンド幅の大数分布がどのようになるかについての理論は特にないが、図-24の解析結果を見ると、 $\epsilon$  は 0.4~0.6 程度の場合が多く、広帯域と狭帯域の間にある場合が多い（但し、この計算をするにあたって、波長10m以下の短波を無視してある）。

**注意**；バンド幅パラメーター  $\epsilon$  の値はデータの計測法や解析法によって見かけ上の変化を生じることが知られている。データのサンプリング間隔と代表的な周期との比  $\Delta$  が  $\epsilon$  に及ぼす影響については、合田<sup>11)</sup>によるシミュレーションがある。 $\Delta$  が大きくなるに従い、原データの高周波部分がカットされて  $\epsilon$  は小さくなる。本データの場合には、 $\Delta \sim 0.15$  程度に相当するので、シミュレーション結果からは  $\epsilon \sim 0.67$  となる。11月のデータはこのことを裏書しているように思われる。然るに、12月以降のデータを見ると、 $\epsilon \sim 0.4$  前後の出現頻度が多くなり、時に  $\epsilon = 0$  の場合さえ現れている。この結果は上の考察からは説明できず、うねりの影響が強いためと思われる。これについては、〈その2〉で更に考察する予定である。

### 3.20 ブイデータと波浪図<sup>12)</sup>(実況値)との比較

ブイによって得られたデータの信頼性を確かめるために、これまでにもその長期間にわたる統計的分布に対して既往のデータとの比較を行ってきた。ここでは更に、ひとつひとつの値についても他の手段によって得られた値との比較検証を行ってみた。図-25は11月~3月にわたって毎日9時の有義波高のデータ(○印)を外洋波浪図に記載された実況値(I印)と比較したものである。ブイデータの方がやや低めに出る傾向はあるものの、概ね良い一致が見られ、これによっても

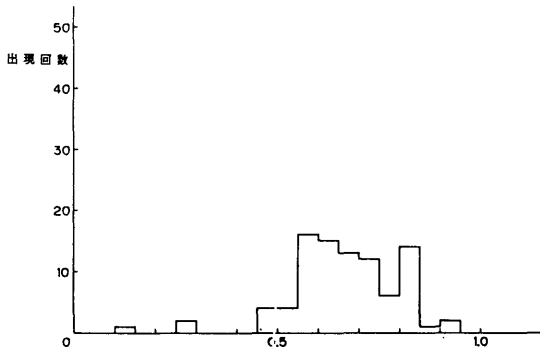
今回の観測データが総体として信頼性の高いものであることが分かる。

次に図-26においては、波の平均方向について調べている。これは1月~3月において波浪図に記載された当該海域直近の予測波向(○印)と同時刻のブイによる計測波向(□印)を比較可能な52例について示したものである(時系列ではない)。角度は風向から計ったものである。そのためこの図からも風向と波向の関係が良く分かる。北太平洋全域の気圧配置と船舶通報等の情報から推算された波向と局所的な観測値とがことのほか良く一致しているのが分かる。ちなみに、両データ間の相関係数は0.784である。波向が風向と殆ど180度異なっている5例について詳しく調べると、内4例は風向がこの時季には珍しい南東よりの風で風速も10~20ノットでさほど強くない。従ってこの海域に卓越する北西よりの波浪がうねりとなって侵入していることが考えられる(3-1, 3-2参照)。これは図-16の分布においても見られるところである。

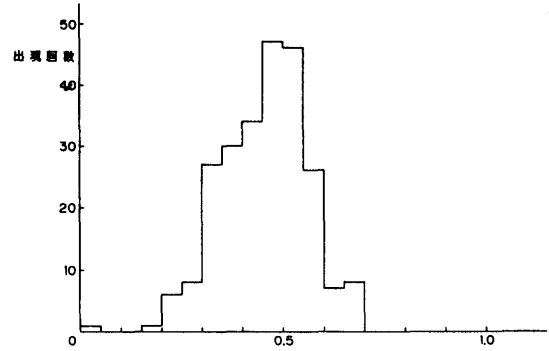
## 4. 気象環境について

言うまでもなく観測海域における海象諸要素の特性はその海域の地理学的位置に依存している。沿岸域はもちろん外洋においても、その例に洩れるものではない。ここでは得られたデータの背景を明らかにするために、本論で取り扱われた観測域についてグローバルな視点から見た特徴に触れてみたい。

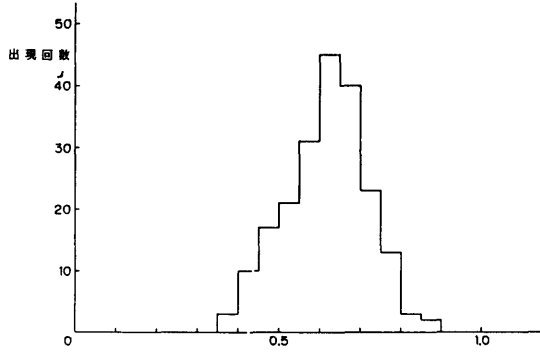
地球的規模における大気の流れは極めて複雑なものであるが、第1近似としてこれを見た場合、図-27に示すような大循環モデルとして現れる。赤道をまたいで赤道低気圧帯、±20度に亜熱帯高気圧帯、そして中緯度の低圧部をへて、高緯度には極高気圧が各々半永久的に存在する。これらをめぐる風系は、コリオリ力によって偏向され赤道東風(貿易風)、偏西風及び極偏東風となって地球を取り巻いている。この様子は図-28(67頁参照)に示す人工衛星による観測からも非常にはっきりと窺う事が出来る。図を見ると、北半球の夏には亜熱帯高気圧はハワイ近辺中部太平洋にあり北西太平洋では、風は弱く風向も定まらない。それに反して、北半球の冬季には、高圧帯は本邦の西、アジア大陸上に発達し、北西季節風(大西風)が卓越するようになる。これは北西太平洋上を移動性の低気圧が通過した後に顕著であり、今回のデータに現れている風向に北西風がかなり多いことから、低気圧の本邦南岸(観測海域の北側)通過と並んで、荒天は多くこの風によ



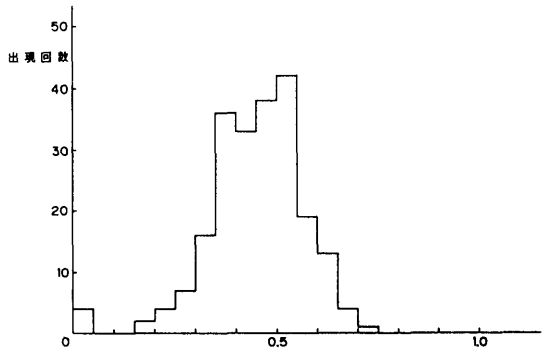
**Fig. 24a** バンド幅パラメーターの出現頻度分布  
1983年10月:  $\epsilon$  の定義は本文参照



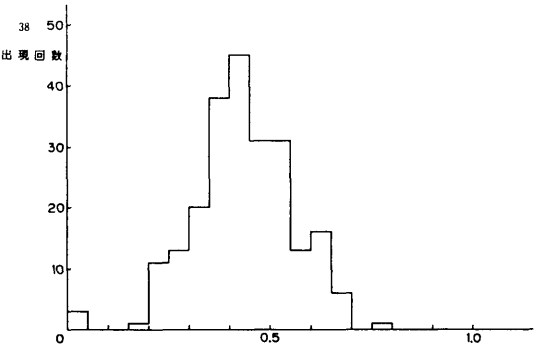
**Fig. 24d** バンド幅パラメーターの出現頻度分布  
1984年1月



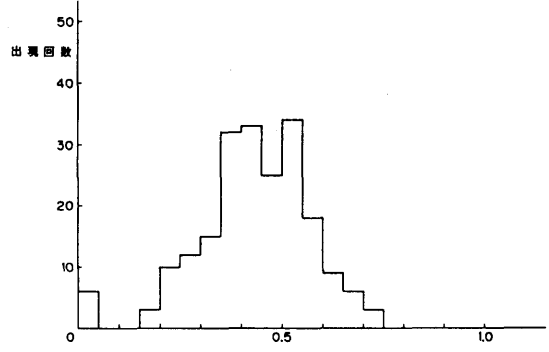
**Fig. 24b** バンド幅パラメーターの出現頻度分布  
1983年11月



**Fig. 24e** バンド幅パラメーターの出現頻度分布  
1984年2月



**Fig. 24c** バンド幅パラメーターの出現頻度分布  
1983年12月



**Fig. 24f** バンド幅パラメーターの出現頻度分布  
1984年3月



有義波高 (m)

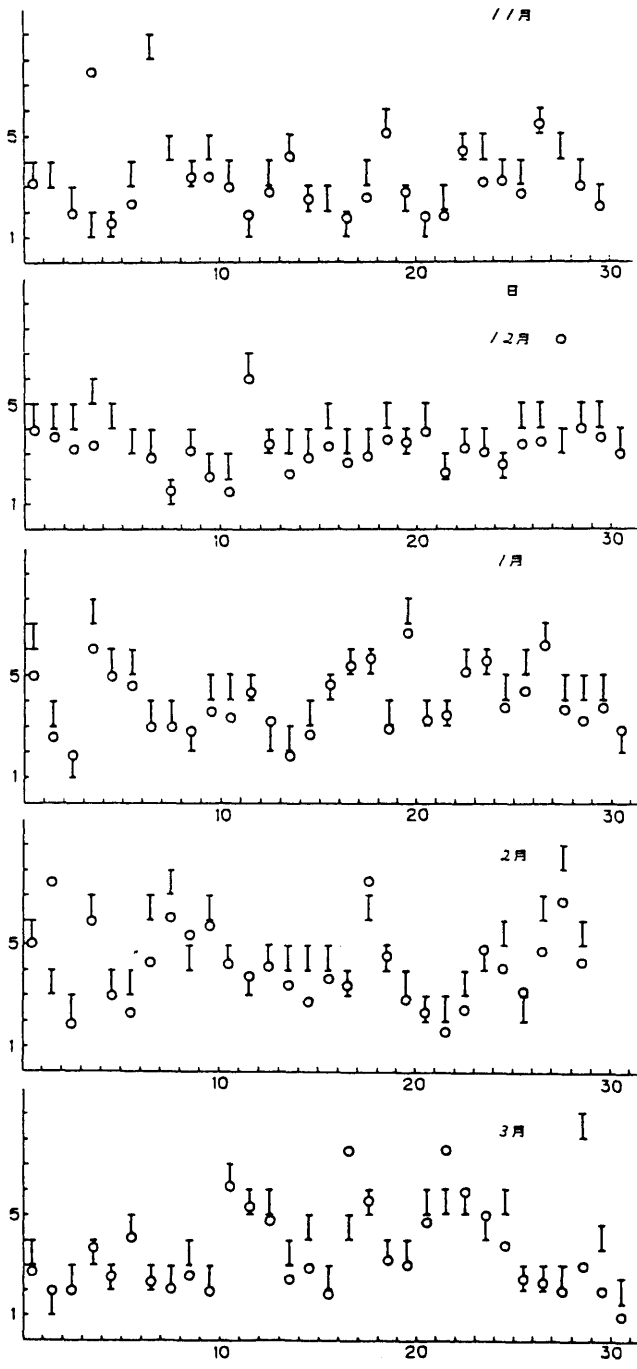
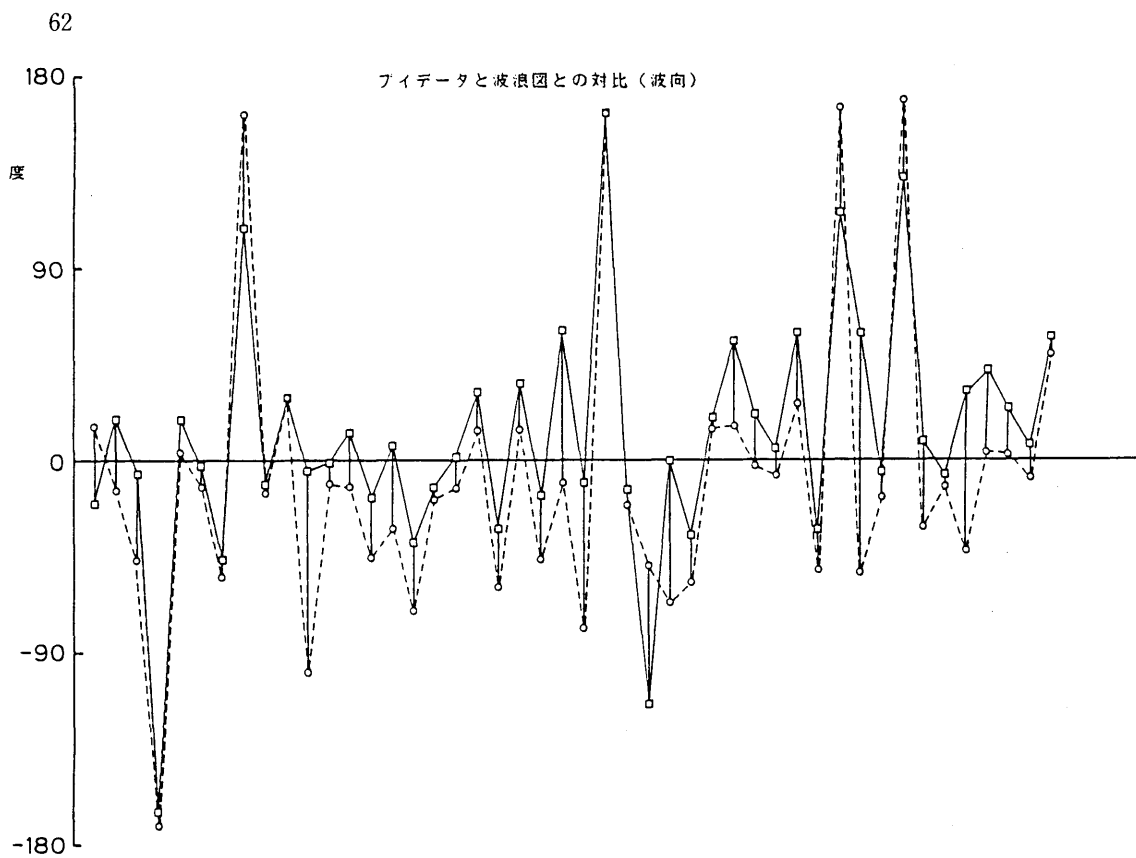


Fig. 25 ブイデータと波浪図との比較  
(有義波高に対して)  
1983年11月~1984年3月  
○ ブイデータ  
I 波浪図の階級 (階級幅 1 m)  
(横軸単位は日数である)



**Fig. 26** ブイデータと波浪図との比較  
 (平均波向に対して)  
 □ ブイデータよりの値  
 ○ 波浪図よりの値

るものと思われる。

一例として、昭和59年2月12日9時(GMT 0時)における天気図<sup>2)</sup>を図-29に示す。これに先立つ2月6日から11日の6日間は、大陸の高気圧と本邦東方洋上に発達した低気圧により典型的な西高東低型の気圧配置となり、前記の北西季節風が吹き続けたが、この図では、低気圧は東方に遠ざかり、東日本上空には高気圧が張り出して来ているのが分かる。観測点はこの高気圧域内に入り、晴天(恐らく)で風は北よりで弱い。同時刻の波浪図を図-30に掲げる。低気圧の南側に6mの高波高域が見え、波向は風向(西風)とほぼ一致して東へ進んでいる。観測点は高波高域の縁にあたり、図から有義波高は4mと読まれる。一方観測点で得られたデータより主要なものを表-3に示す。風向(北風)、風速、気圧、有義波高等は全て上の綜観図からの推測を裏書している。唯、この時波周期が13秒と非常に長い、その到来方向が北よりであることから、前日或は前々日にサハリン沖で発生した波がうねりとなって侵入しているものと考えれば説明できる(周期13秒の波の群は2日で160km進む)。

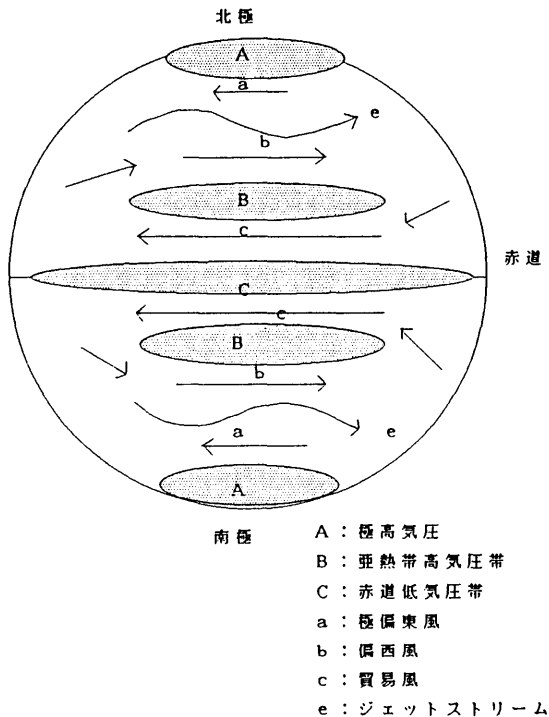


Fig. 27 大気大循環図(概念図)

3.1に示した風速のローズのうち、ブイによる観測データについて見ると、東よりの風が全く観測されていない点がやや奇異に感じられるが、この点を確認するために昭和59年2月の地上(海面)天気図(GMT 0時及び12時)58例によって、観測点近傍の風向を調べてみると、そのうち55例までが観測値とそれほど変わらないものであり、東ないし北東の風は皆無であった。これは本邦南岸沿いに進む低気圧が観測点の北を通ること、またそれが東方洋上に出たところで発達し、かわって観測海域の西側に高気圧が張り出して来る(図-29)パターンが多く、いわば、北西季節風の吹き出し口に当たっている当該海域の一つの特徴であると言える。

## 5. むすび

野島崎沖に設置された波浪観測ブイのデータを整理、分析し冬季北西太平洋海域における気象海象状態の概要を調べた。今回の観測ではブイ内部の高密度カートリッジに蓄積された0.25秒間隔の水位変動データが回収出来なかったので主に伝送データによって分析を行ったが、それでも当該海域の海況と海洋波浪の実態について多くの知見が得られた。分析結果によって推定される当該海域の風浪の特性について次のように総括することが出来る。

- (a) 冬季には、風、波とも西ないし北西方向が卓越する。
- (b) 局地的な風持続時間は1日程度である。
- (c) 局地的な風の変動周期は3日程度である。
- (d) 風の変化に対する海面のレスポンスは波高について6時間程度、波周期では更に遅れる。
- (e) 本海域における冬季の有義波高は北太平洋全域のそれより大きい。
- (f) 平均周期の大数統計は対数正規分布で表される。
- (g) 平均風速の最頻値は25ノット程度である。
- (h) 有義波高の最頻値は3.5m程度である。
- (i) 平均周期の最頻値は9秒程度である。
- (j) 有義波高と有義周期の最も多い組合せは3.25m—9秒前後である。
- (k) 風向と波向の間には±50度以内の開きがある。
- (l) 有義波高と風速の関係式としては、風速が比較的大きい場合にはDarbyshireの公式が最も良くあう。
- (m) 冬季には、水温は気温より高い。
- (n) 観測された最大波高は13m程度である。

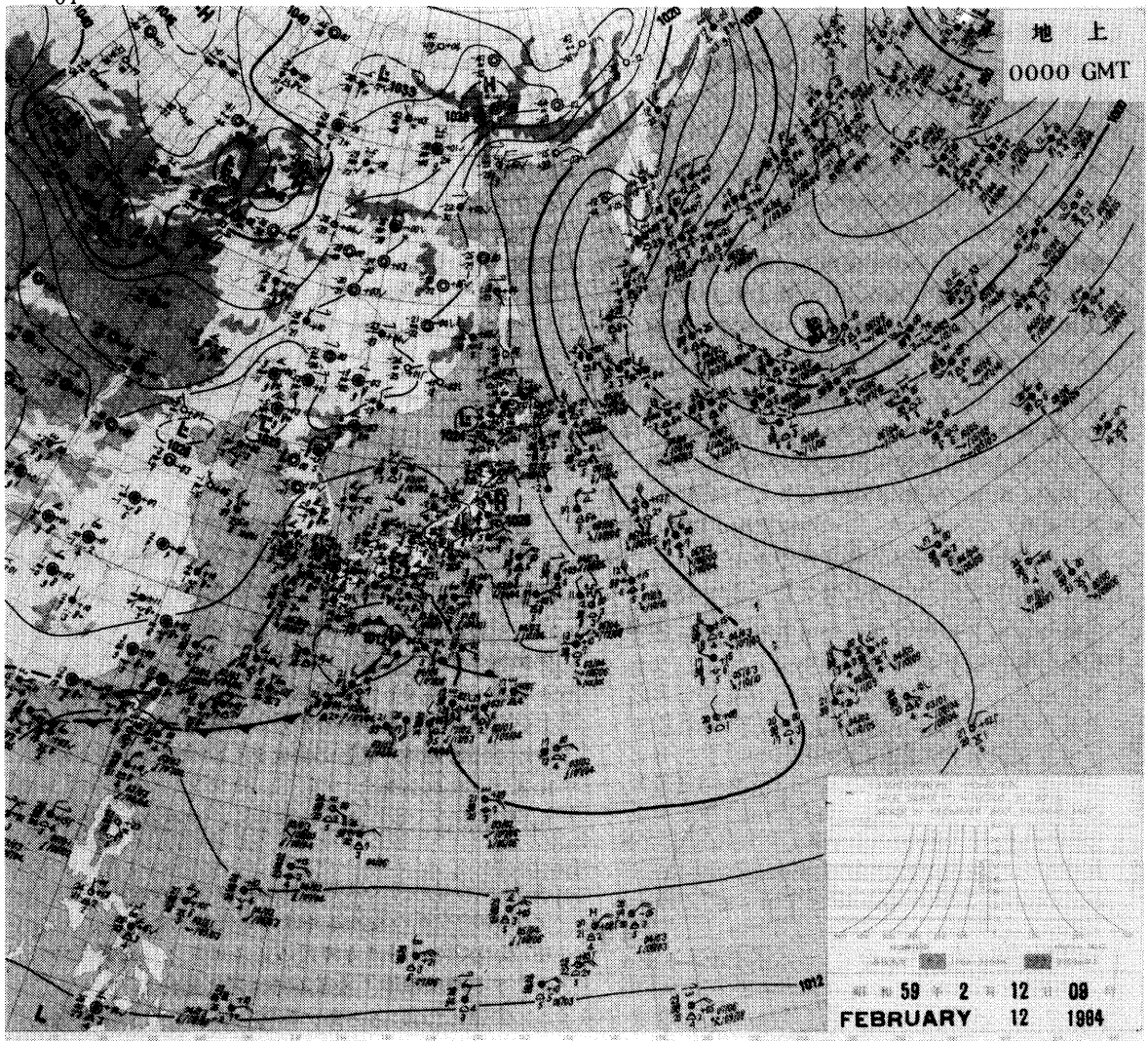


Fig. 29 地上天気図の例 (昭和 59 年 2 月 12 日 9 時)

- (o) 観測された最大波周期は15秒程度である。
- (p) 波列の主方向からの広がりを表す平均分散角は50度程度である。
- (q) スペクトルのバンド幅を表すバンドパラメータの最頻値は0.5程度である。

ブイの設置及び伝送を担当された気象庁海洋気象部の方々に感謝いたします。また、本論に対して多くの示唆と助言を頂き、更にブイ設置位置を含む広範な海域における風波の目視データを提供して頂いた運動性

(546)

能部長高石敬史博士に謝意を表します。膨大なデータを解析するに当たって、一部のプログラムの作製、出力データの整理と統計図の作成等に多大な助力をして頂いた、竹之内直子、友行洋二、坂口静、横手裕三子、川口英雄の諸氏にも、ここに記して感謝の意を示したい。本研究におけるデータ処理の主要部は船舶技術研究所のFACOM, M180 II ADによって為されたことを付記する。

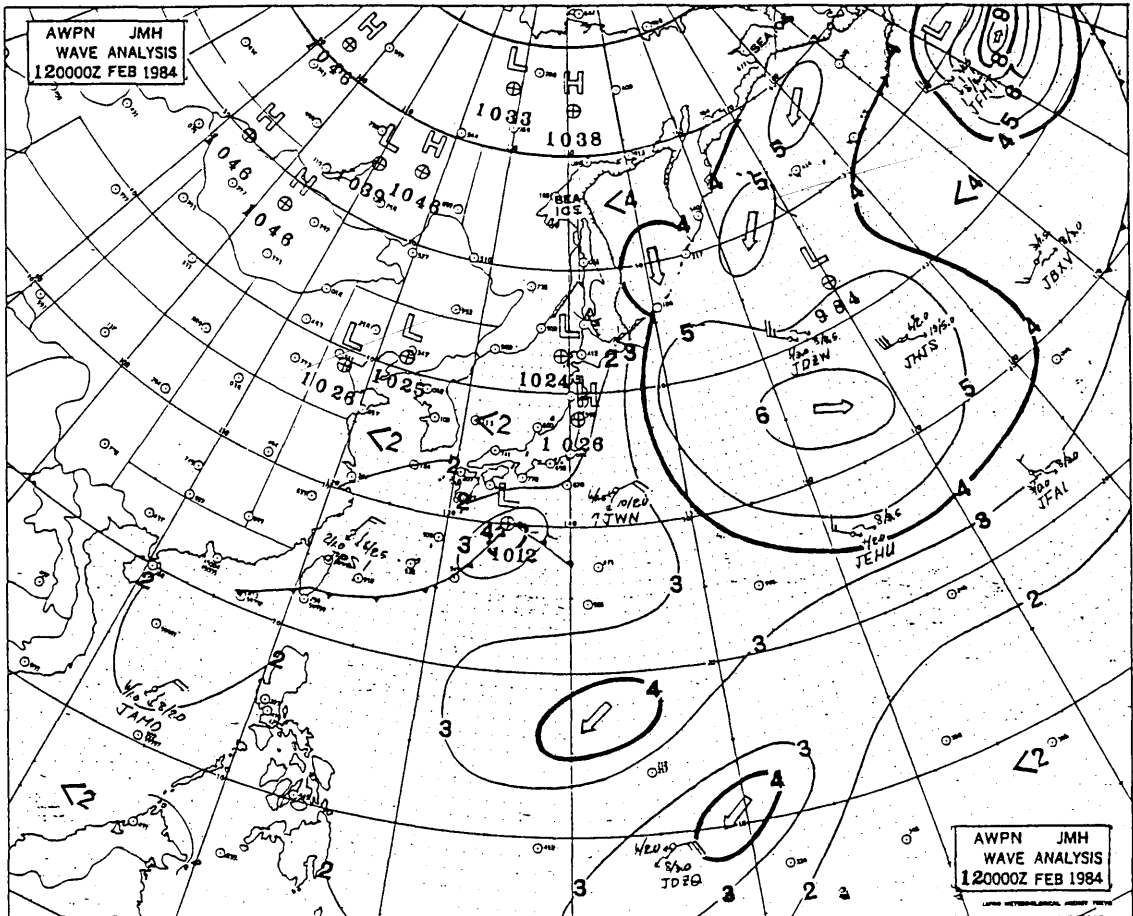


Fig.30 外洋波浪図の例

(昭和59年2月12日9時)

コンターは等波高線(有義波高, 単位m)

矢印は波向を表している

Table.3 プイによる観測値の例

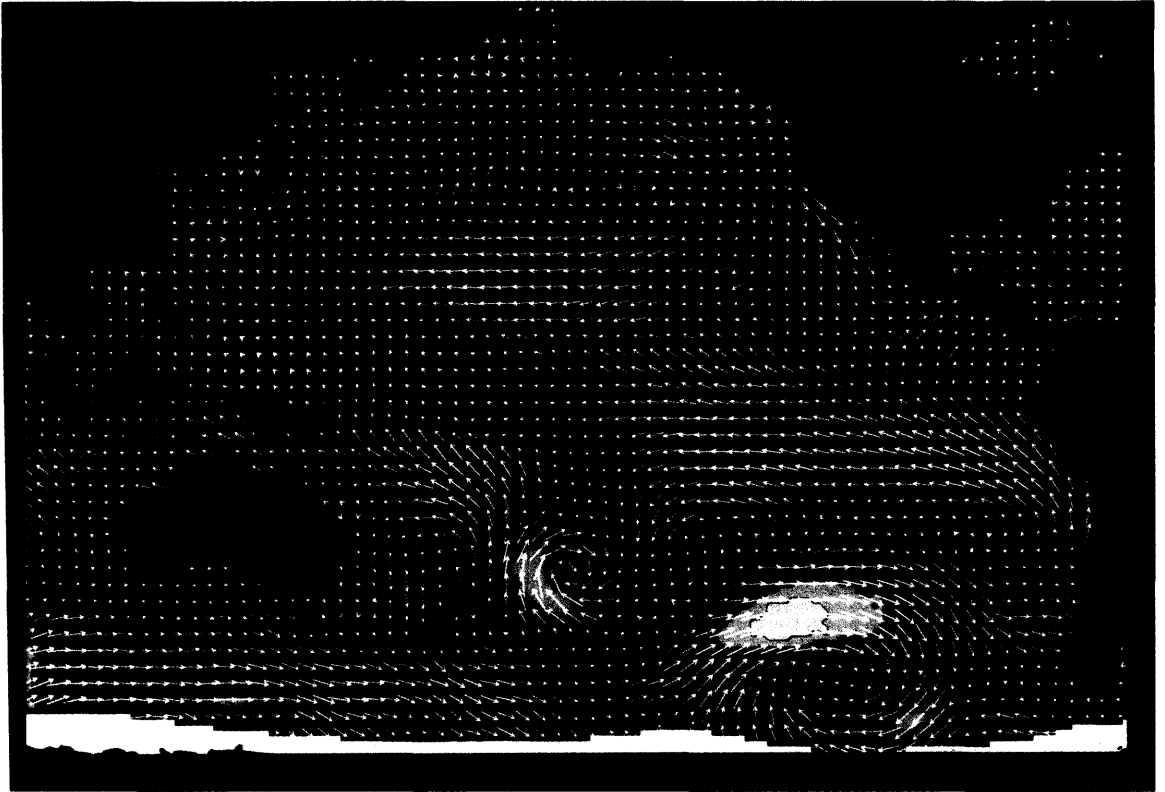
(昭和59年2月12日9時)

比較可能と思われる項目のみ抄録

風向	360.0 dg	風速	12.24 kt
気温	11.55 dg	水温	17.05 dg
気圧	1022 mb	有義波高	3.99 m
平均周期	13.0 sec	平均波向	333 dg

## 参 考 文 献

- 1) 気象庁海洋気象ブイロボット観測資料, 気象庁
- 2) 異常海難防止システムの総合研究開発特別講演会講演集, 1987
- 3) 緑川弘毅, 高橋賢一; 日本海由良沖の波の特性(第2報), JAMSTEC TR 8, pp29~35, 1982
- 4) Takaishi, Y., Matsumoto, T. & Ohmatsu, S.; Winds and Waves of the North Pacific Ocean 1964-1973. Papers of S.R.I. Suppl. No3, 1980
- 5) 淵秀隆外; 海の波, 地人書館
- 6) Kinsman, B; WIND WAVES, Prentice Hall
- 7) 合田良実, 永井康平; 波浪の統計的性質に関する調査. 解析, 港湾技術研究所報告, 13巻1号, pp3~37, 1974
- 8) Wilson, B.W.; Numerical Prediction of Ocean Waves in the North Atlantic for December, 1959. Deutche Hydrogr. Zeitschrift, Jz18, pp114~130, 1965
- 9) Bretschneider, C.L.; Forcasting Relations for Wave Generation. Look Lab. Hawaii, Vol.1, pp31~34, 1970
- 10) ピアーソン, W.J., ノイマン, G., ジェームス, R. W.; 大洋の波の新しい予報法, 気象協会
- 11) 合田良実; 波の連なりの統計的性質について, 港湾技術研究所報告, 15巻3号, pp3~19, 1976
- 12) 気象庁外洋波浪図1983年, 1984年, 気象庁
- 13) 天気図(昭和59年2月), 気象庁



**Fig. 28** 太平洋全域平均風系（実測図）  
（1978年9月6日～8日）

Seasat 衛星搭載のマイクロ波散乱計による観測（NASA の承認を受けて転載）

1. 図中の矢印は風向を表し、その長さは風速に比例している。
2. 風速はカラーコンターによっても示されている。寒色系が弱風で、青が4m/s、暖色系が強風で黄色が14m/s以上である。
3. 黒は大陸、白は南極流氷塊である。
4. 解像度は風速について緯度経度とも1度である。

### 付録 I (波の統計量の定義)

表-1に掲げた各種の項目のうち波浪に関する統計量について、その定義を与えておく。数字は表-1における項目の番号である。

7. 波高；これは通常平均波高であり、ゼロアップクロス法による波高の平均として与えられる（原始データは加速度計による）。
8. 波周期；ゼロアップクロス法による周期の平均として与えられる（原始データは加速度計による）。
19. 最大波高；ゼロアップクロス法による波高の最大値として与えられる（原始データは波向計による）。
25. 平均波向；次の式で与えられる（原始データは波向計による）。

$$\tan^{-1}(\overline{\eta v} / \overline{\eta u})$$

ここに、 $u$ ,  $v$ ,  $\eta$  は波向計（ピッチロール計）によるロール、ピッチ、ヒープである。

26. 平均分散角；次の式で与えられる（原始データは波向計による）。

$$\tan^{-1} \left\{ \frac{\overline{\eta^2}(\overline{\eta v^2} \cdot \overline{u^2} - 2\overline{\eta u} \cdot \overline{\eta v} \cdot \overline{uv} + \overline{\eta u^2} \cdot \overline{v^2}) \right\}^{1/2} / \overline{\eta u^2 + \eta v^2}$$

ここに、 $\overline{\eta u}$  はヒープとロールとの相互相関を表している。

17. 及び18. の項目は7. 及び8. と同様の統計量である（原始データとして波向計のヒープ値によっている）が、結果の信頼性にやや欠けるので本論では取り扱わなかった。有義波高としては、平均波高の1.597倍を用いた。また、波向を表す指標としては平均波向を採用した。



## 付録Ⅱ(図面の索引)

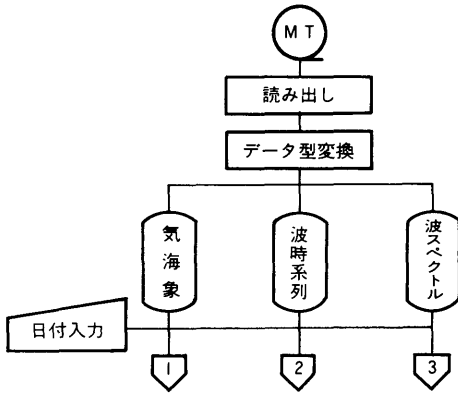
付 Table. 1a (図面索引)

統計図表	総括図	10月	11月	12月	1月	2月	3月
観測位置	図1						
ブイの概要	図2						
風のローズ	付図1	図3 a	3 b	3 c	3 d	3 e	3 f
(永年値)	図4 g	図4 a	4 b	4 c	4 d	4 e	4 f
波高 "	付図2	図5 a	5 b	5 c	5 d	5 e	5 f
(永年値)	図6 g	図6 a	6 b	6 c	6 d	6 e	6 f
波周期 "	付図3	図7 a	7 b	7 c	7 d	7 e	7 f
(永年値)	図8 g	図8 a	8 b	8 c	8 d	8 e	8 f
風速、波高、波周期時系列				図9 a	9 b	9 c	9 d
風速、波高、波周期時間相関				図10 a	10 b	10 c	10 d
波高の対数正規分布		図11					
波周期の "		図12					
風速分布		図13 a	13 b	13 c	13 d	13 e	13 f
波高 "		図14 a	14 b	14 c	14 d	14 e	14 f
波周期 "		図15 a	15 b	15 c	15 d	15 e	15 f
波高周期 "	表2 g	表2 a		2 b	2 c	2 d	2 e
風と波の方向差分布		図16 a	16 b	16 c	16 d	16 e	16 f
風波分散図	図18	図17 a	17 b	17 c	17 d	17 e	17 f
気温、水温、気圧時系列			図19 a	19 b	19 c	19 d	19 e
風速の分布		図20 a	20 b	20 c	20 d	20 e	20 f

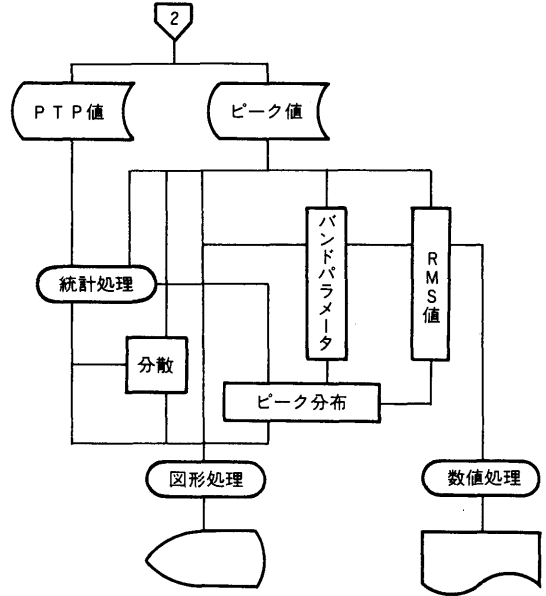
付 Table. 1b (つづき)

最大波高 "		図21 a	21 b	21 c	21 d	21 e	21 f
最大周期 "		図22 a	22 b	22 c	22 d	22 e	22 f
分散角 "		図23 a	23 b	23 c	23 d	23 e	23 f
バンド幅 "		図24 a	24 b	24 c	24 d	24 e	24 f
予測値との比較 (有義波高)			図25	25	25	25	25
予測値との比較 (平均波向)					図26		
大気大循環図		図 2 7					
平均風速図		図 2 8					
綜観気象図		図 2 9					
波浪図分析		図 3 0					
処理フロー		付図 4 a ~ b					

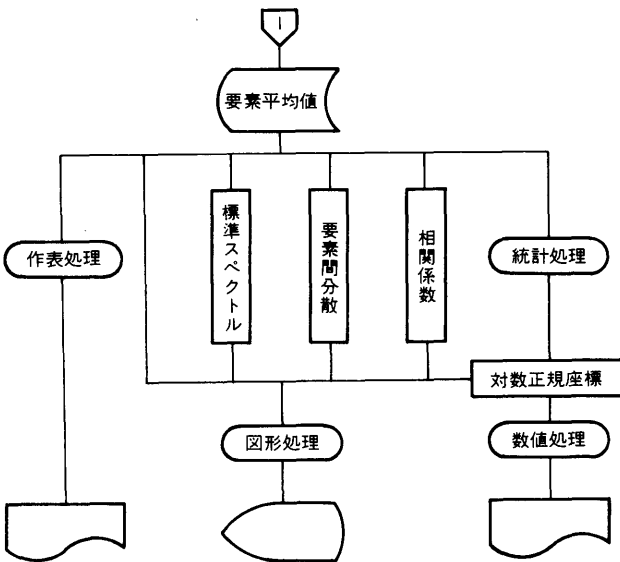
付録Ⅲ(データ処理フロー)



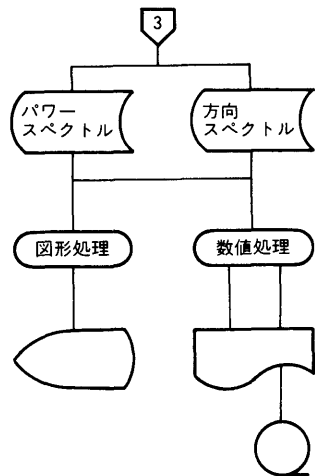
付 Fig. 4a データ処理フロー



付 Fig. 4c データ処理フロー (つづき)



付 Fig. 4b データ処理フロー (つづき)



付 Fig. 4d データ処理フロー (つづき)