

REPORT
OF
HYDROGRAPHIC RESEARCHES
No. 24, March, 1988

船用波浪計による外洋波浪の観測[†]

道田 豊*

**CHARACTERISTICS OF OCEAN WAVES
MEASURED WITH SHIPBORNE WAVE METER[†]**

Yutaka Michida*

Abstract

Wave observation data obtained with Tucker type shipborne wave meter in 1984, 1985 and 1986 were analysed with data processing method which was developed by Tokuda and Michida(1986).

As the first step to clarify characteristics of waves in the open ocean, following investigations were made.

- 1) Analysed wave data were compared with wave data indicated in Ocean Wave Charts presented by JMA.
- 2) Regional mean values of the significant wave heights and periods were calculated.
- 3) Calculating the ratio of the significant wave height between the lee-side and the weather side, relationships between the ratio and wind wave direction relative to the ship heading were examined.

From above investigations, following results were obtained.

- 1) Ocean Wave Charts presented by JMA generally illustrate the real ocean conditions excepting a few cases when weather fronts happened to pass over the observation area.
- 2) In average, the significant wave heights are large in the region of the northern part of 30°N and that of the trade wind. On the other hand, they are small in the equatorial region and the area of the middle latitude.
- 3) The ratio of the wave height of the lee-side to the weather side is the smallest in the case when wind waves come from the ship side.

[†]Received 12th January 1988

1. はじめに

船舶の安全運航のためには、波の情報が最も重要なものの一つである。また、近年の海洋性レクリエーションの進展や、海洋開発への気運の高まりから、波浪情報の重要性はますます増大している。沿岸波浪については、各関係機関によって、測器を用いた高精度の観測が実施されている。一方、外洋波浪の情報は、沖合での活動にとってはもちろん、沿岸域の海況を理解するうえでも非常に重要なものであるにもかかわらず、外洋における波浪観測は、固定した基準を設定することの困難さもあって、そのほとんどを目視に頼っているのが現状である。このような状況の中で、測器を用いた、客観的・定量的な外洋波浪の観測データを蓄積することによって、外洋波浪の特性を明らかにしていくことが急務となっている。

現在実用化されている外洋波浪の測定方法は、①加速度計搭載の漂流ブイ ②吊り下げ圧力計式ブイ ③タッカー式船用波浪計 などである。最近は、広域の波浪を同時に観測する手法としてリモートセンシングによるものも開発中であるが、実用化には到っていない。

本報告で議論するタッカー式波浪計（以下、T波浪計と記す）は、船体の上下運動を加速度計によって計測し、船体を海面昇降（すなわち波浪）の相対運動を水圧計によって計測して、両者を合成することで波浪を測定するものである。測定原理については、徳田・道田（1986）に詳しい記述がある。ECOR日本委員会の報告書（1975）によれば、「タッカー式波浪計は圧力計により検出される波による水圧変動が、船体の存在によりあるいは船体の運動により乱されていること、短周期の波に対しては水位変動と圧力変動との関係が簡単でないこと、など精密な波浪情報を得るためには問題点を含んでいるが、波浪計を取り付けた船の出動が可能な限り、いかなる荒天時でも波浪の観測が可能であるという利点がある。」という評価がなされていた。我々はこの長所に着目し、精度上の問題点を克服すれば外洋波浪に関する定量的な資料の蓄積が進むものと考え、T波浪計の新しい処理システムを開発した（徳田・道田；1986）。そして、高精度の波浪計や目視観測との比較を行うことにより、このシステムの精度を評価した。その結果、高精度のブイ式波浪計とT波浪計の新システムは、スペクトル分布において非常によい一致をみた（道田・徳田ら 1987）

現在、新しい処理システムの適用が可能なT波浪計は、「昭洋」「拓洋」「みうら」に搭載されており、徐々にデータの蓄積が進んできている。ここではT波浪計による外洋波浪特性の解明に向けての手がかりとして、これまでに集められたデータに若干の解析を行なった結果を述べる。

2. タッカー式船用波浪計のデータ処理システム

この節ではT波浪計の新しいデータ処理システムについて概要を述べる。このシステムを確立するまでの種々の問題点については徳田・道田（1986）に詳しく記述されている。

第1図に、T波浪計の従来の処理システムを模式的に示す。これは片方の舷について描いたものであり、全く同じ機能のものが両舷に独立に設置してある。加速度センサーからの信号は、ローカットフィルター（アンプ）を通してそのまま出力される一方、積分回路を通った後、船体の変位としても出力される。また、圧力センサーからの信号は、ローカットフィルター（アンプ）を通してそのまま出力される一方、先の船体の変位とともに加算回路に入り、その結果が波高として出力される。すなわち、片舷で4チャンネル両舷で8チャンネルのデータが出力され、これらはアナログ表示計に表示されるとともに、それぞれA-D変換されてデジタルデータがCMTに記録される。第1図のローカットフィルターや積分、加算の演算はすべて電気回路で行なわれている。これらの回路は、それぞれ周波数特性を持っているうえ、その特性は時間の経過とともに変化することが予想される。第2図は回路の周波数特性の例として、「拓洋」搭載のT波浪計の加速

度出力に対するローカットフィルターの特性を示したものである。ゲインは低周波側で急激に減少する形のフィルターとなっていて、後の積分演算を正常に行うために低周波のノイズをカットする効果がある。位相は、高周波側でズレがゼロであるが、波浪のエネルギーが集中する0.08Hz~0.3Hz付近ではズレが30°~120°という特性をもっている。このことは、センサーからの入力信号がローカットフィルターを通過すると、周波数毎に位相のズレが異なるものに変形されることを示している。ゲインは、問題とする周波数領域(0.08~0.3Hz)ではほぼ1であることから、このローカットフィルターの前後でエネルギー密度は周波数毎に保存され、波のエネルギースペクトルを考える上では問題ないと考えられる。しかし、後の演算で圧力変位と加速度変位を合わせた波高データから、有義波等を定義に従って計算する場合に、位相のズレは大きな問題となる。すなわち、第1図のようなアナログ処理では、フィルターによって変形された波形を検出して、真の波高をとらえているとは言えない。

このような問題点を解決するために、次のようなデジタル処理手法が開発された。これは、CMTに記録された加速度と圧力の出力データから、デジタル計算によって波高を計算するものである。CMTに記録されたデータは、第1図からもわかるように、すでにローカットフィルターによって変形(位相のズレ)を受けたものであるため、まずこのフィルターについての補正を行なって、真の加速度及び真の圧力データに直す必要がある。具体的には、出力データにフーリエ変換を施して、周波数領域上であらかじめ検定されたフィルター特性(例えば第2図)を補正するという操作を行う。こうして得られた真の加速度は、周波数領域上で項別に2回積分して変位とする。すなわち、 f_i なる周波数の成分波については、振幅を $1/(2\pi f_i)^2$ 倍し、位相を π だけ変えればよい。この計算にあたっては、アナログ処理でも行なったように、適当なデジタルフィルターで低周波のノイズを除去する必要がある。一方、波浪による水圧変動は、センサーの水深と個々の成分波の周波数によって決まる、ある減衰率を持っているので、上で得られた真の水圧は適当な補正フィルターを通して、真の水圧変位にする必要がある。以上の処理の後、加速度変位と水圧変位の各時系列を加算すれば真の波高が得られる。

この計算の流れ図を第3図に示す。時系列から周波数領域への変換はFFTに、また周波数領域から時系列への計算は逆FFTによった。こうして新しいデジタル処理システムが開発された結果、アナログ処理の問題点が解決され、T波浪計による高精度の波浪観測が可能となった。

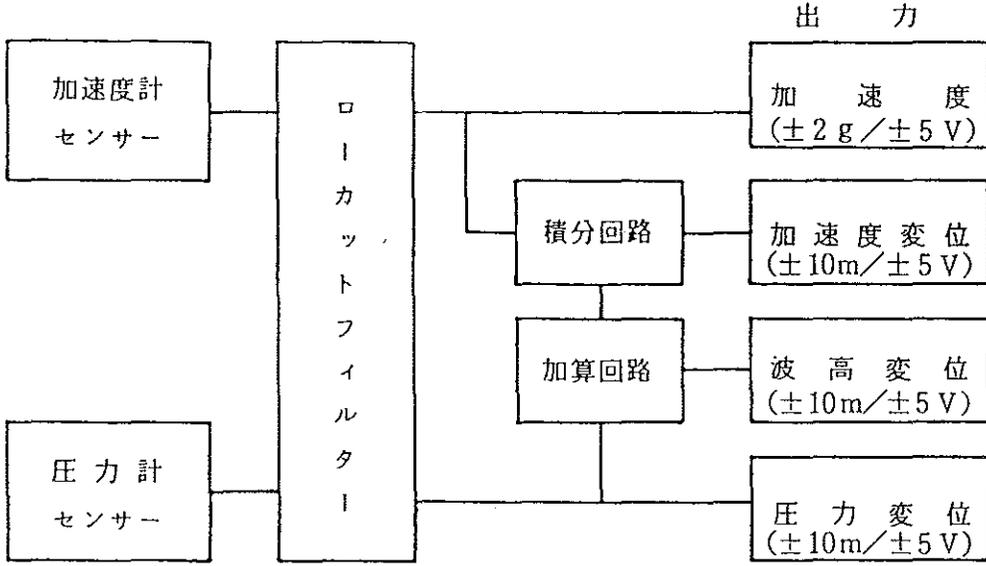


Figure 1. Block diagram of analogue data processing system

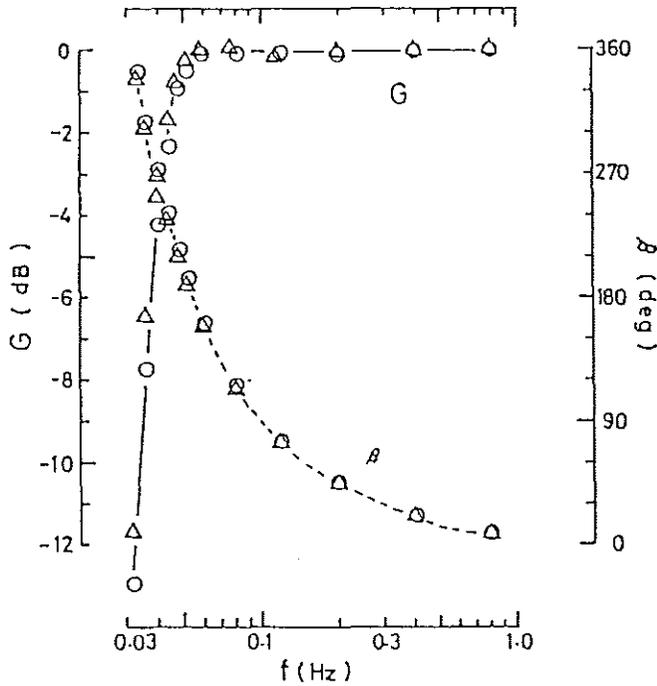


Figure 2. Characteristics of low-cutting-filter for output of acceleration data. Solid line shows the characteristic of the gain and dashed line shows that of the phase.

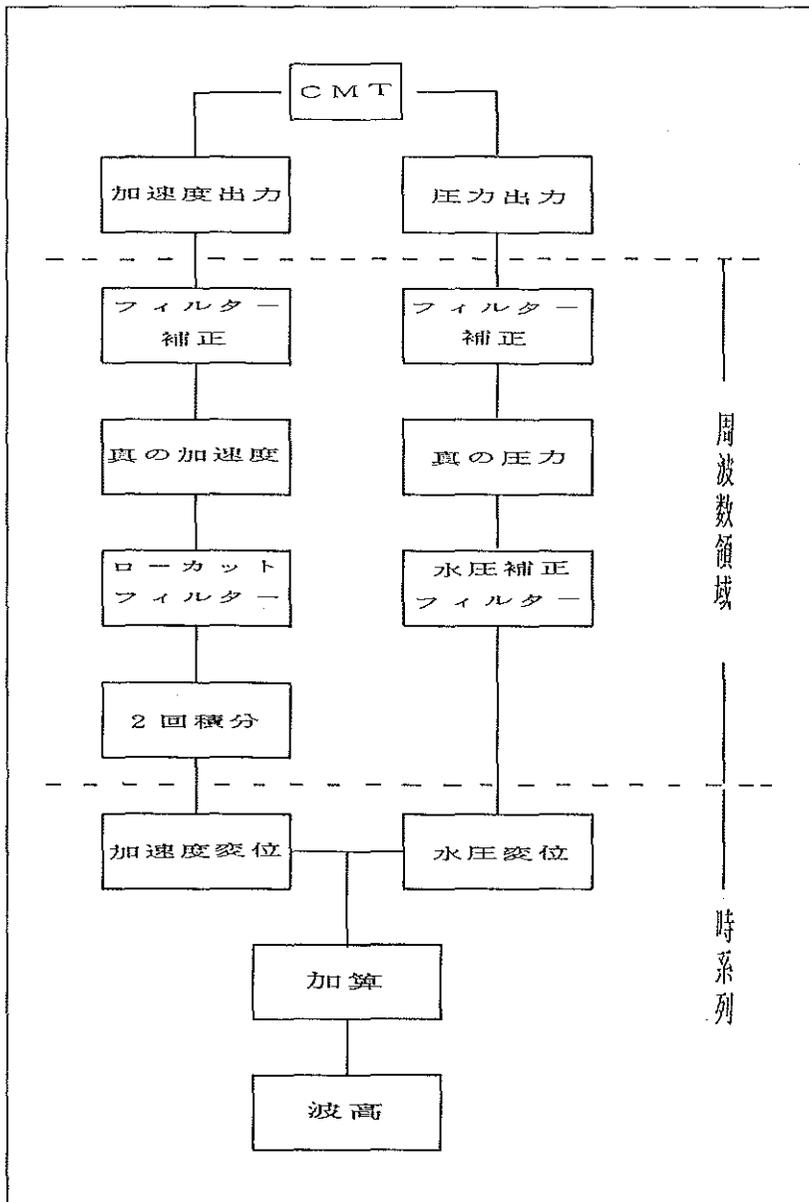


Figure 3. Flow of new data processing method

3. 外洋波浪の観測

3-1 観測の概要

前節で述べたT波浪計の新しいデータ処理システム（以下、新システムと呼ぶ）の適用可能なT波浪計は昭和58年「拓洋」の就役と同時に初めて搭載され、続いて昭和59年に「昭洋」「みうら」に搭載された。「拓

洋」は1984年2月～3月の第1回 WESTPAC 航海から波浪データを取得し、昭和62年3月には、第1回から第3回の WESTPAC 航海時の波浪観測データを新システムで処理した結果をまとめた、「水路部観測報告・波浪編」が出版された。そのデータの解析結果を報告する。

図4 a)～c)はここで用いた波浪観測の測点図である。3年間で合計283回の観測が実施された。いずれの年も時期は2月から3月にかけての40日間程度であり、測点は図に示すように本州南岸から赤道、また東シナ海に至る広い範囲に分布している。しかし、海域毎の平均的な波浪特性を論じるほどのデータの蓄積はないと言ってよいであろう。観測は、ほとんどすべての場合、CTD 観測を行うために停船した際合わせて実施された。従って、CTD 観測が困難であるような海況すなわち波がある程度以上高い時のデータは、はじめから含まれていないという点に注意する必要がある。観測時間は20分で、CMT には0.1秒毎に各チャンネルのデータが収録されているが、データの処理には0.5秒間隔に間引いたものを用いた。

第2節で述べた方法によって波高の時系列を計算し、スペクトル解析を行なった。波浪のスペクトルは、一般に図5のような2つのピークを持つ形になることが多い。低周波側のピークがうねりに、高周波側のピークが風浪に対応する。このようにスペクトルが2つのピークを持つ場合には、両ピークの間の極小値を与える周波数を境界として低周波側と高周波側に分け、それぞれを時系列に戻すことによって、うねりと風浪の時系列を分離して抽出した。この手法については、徳田・道田(1986)に詳しい記述がある。

3-2 気象庁外洋波浪図との比較

日本付近を含む北西太平洋域の外洋波浪の現況は、毎日1回、気象庁がFAX 放送を実施しており、1年分をまとめたものが次の年に「気象庁外洋波浪図」として出版されている。この波浪図に示された波浪と、T 波浪計データの比較を試みた。

気象庁外洋波浪図(以下本節では外洋波浪図と呼ぶ)には、風浪とうねりの合成波高の等高線(最小2 m, 1 m 毎)、卓越波向、高・低気圧・台風の中心位置と気圧、前線系、船舶気象実況値(風向・風速、風浪とうねりの波高・周期・波向、船のコールサイン)等が示されている(気象庁外洋波浪図1984～1986による)。上記のデータが毎日1回0000Zの実況として放送されている。対象海域は図6に示した。

T 波浪計の観測時刻に近い外洋波浪図から、観測点の波高を0.5m 単位で読み取り、T 波浪計で得た有義波高値(風浪とうねり両者を含むもの)と比較した。その結果を図7 a)～c)に示す。各年とも、いくつかの例外を除いて、対応関係がある。差のある場合は、外洋波浪図から読み取った波高の方が大きくなることが多い。外洋波浪図は1日1回のデータであるため、短時間の波浪場の変化は本来表現できないと考えられる。このことを考慮すれば、外洋波浪図はほぼ実況を表現しているといえよう。また、外洋波浪図に示された波高を実際の有義波高が越す例の少ないことは評価されるべきである。

T 波浪計による有義波高が外洋波浪図の値を2 m 以上上まわった例が二例ある。1986年の第109番、110番観測点である。表1は、これらの観測点の解析結果を前後のものを含めて示したものである。比較に用いた外洋波浪図は3月16日0000Zのものである。この時刻と、109番観測点の観測時刻には約4時間の、また110番観測点の方は約2時間の時間差があるとはいえ、外洋波浪図の2 m 以下の表示に対して、実際の波高は4 m 前後となっており、その差は大きい。前後の気象条件等を見ると、107番観測点までは南風が吹いていたのに対して、108番観測点以後は北北東に風向が変わっている。この間に寒冷前線が通過したことが、外洋波浪図に示された前線の位置からも推定される。先に述べた、T 波浪計と外洋波浪図の波高の差異は、前線の通過に伴う波浪場の急激な変化を、外洋波浪図では表現しえないことが一因と思われる。また、表1によれば、

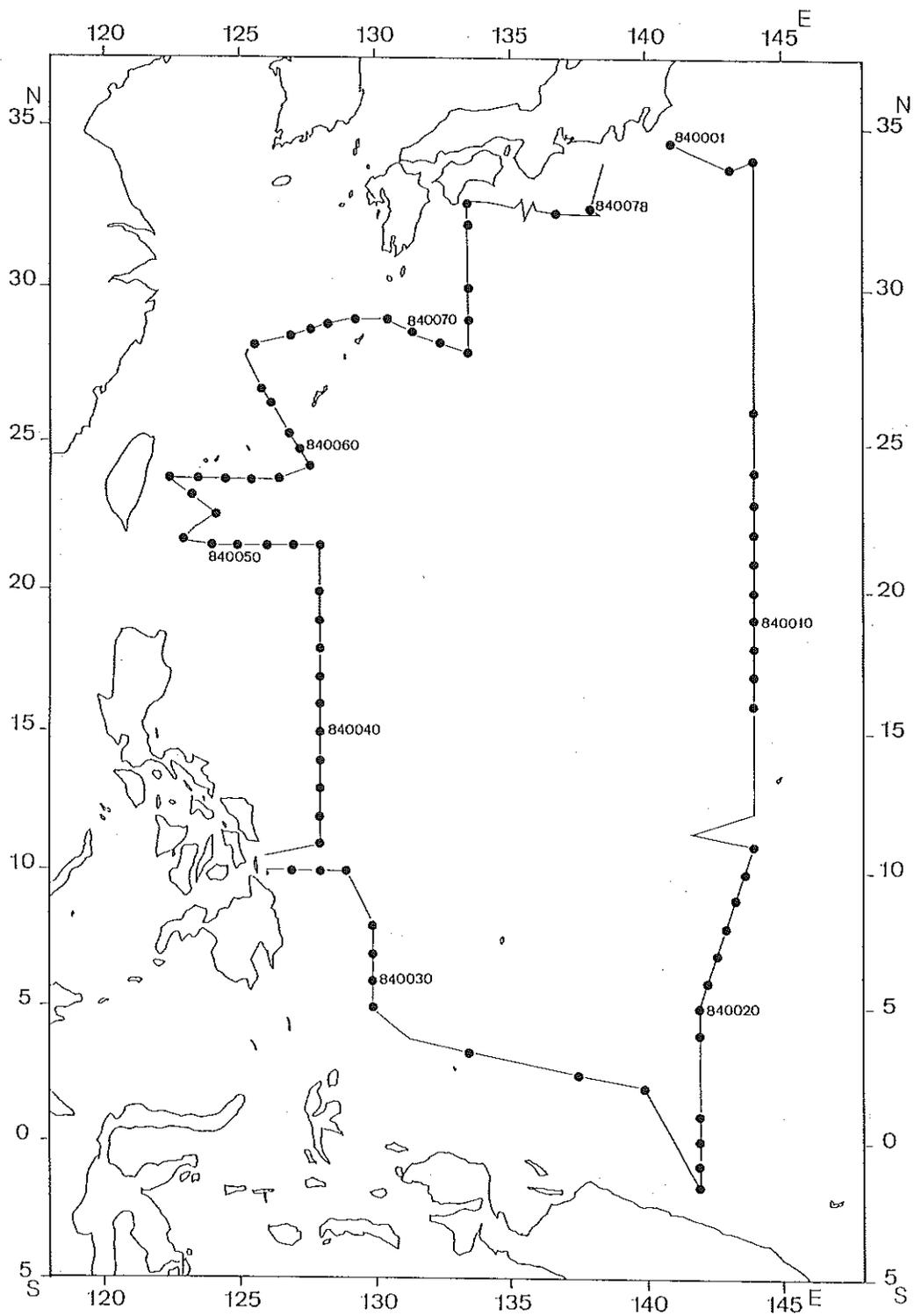


Figure 4 (a). Station maps of wave observation in WESTPAC cruises Feb. - Mar. 1984

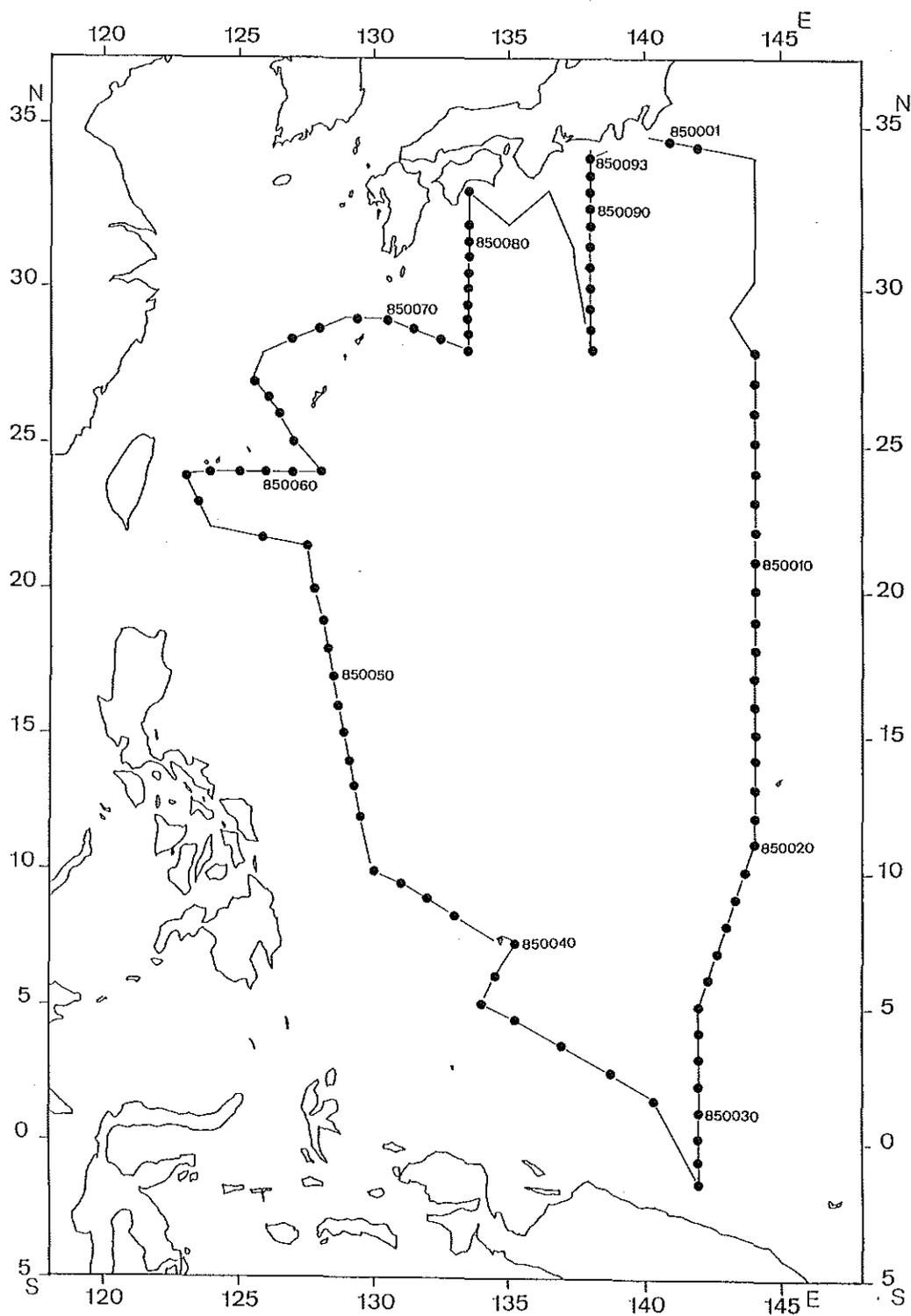


Figure 4 (b). Station maps of wave observation in WESTPAC cruises Feb.—Mar.1985

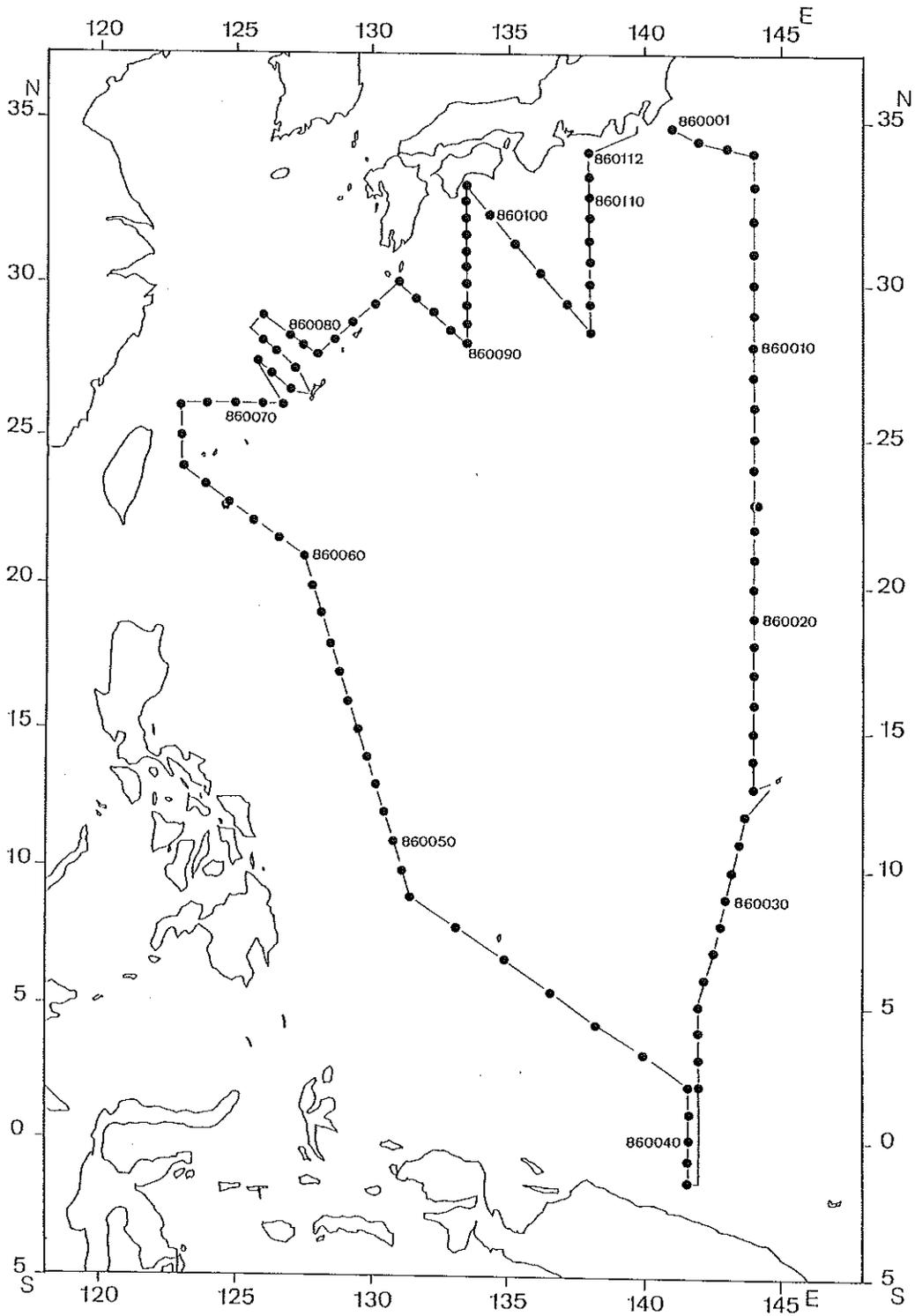


Figure 4(c). Station maps of wave observation in WESTPAC cruises

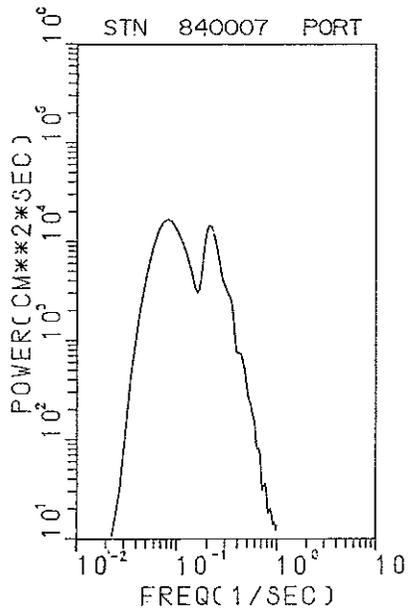


Figure 5. Example of power spectra

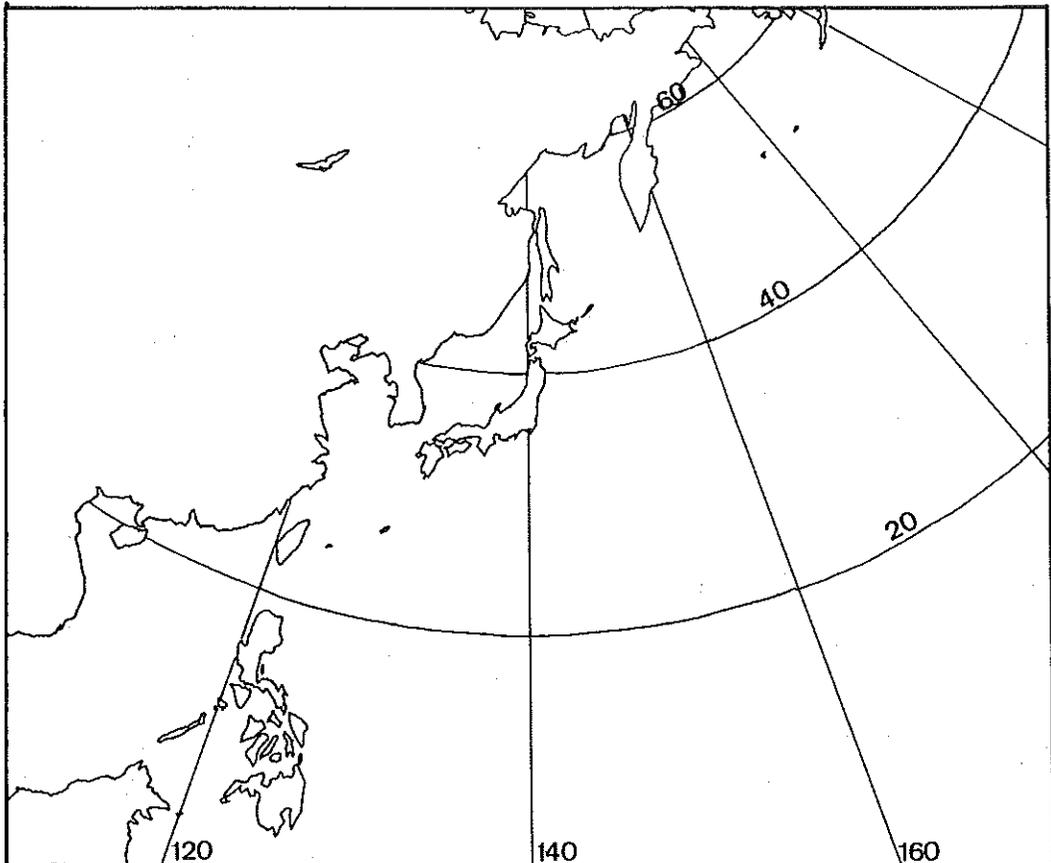


Figure 6. Service area of Ocean Wave Charts presented by JMA

109番110番観測点では風は 8 m/s と特に強くなく、それに対応して風浪成分も 2 m 程度であるのに対して、うねりが 3~4 m と卓越している。外洋波浪図においては、うねりの波高を過小評価していたことも考えられる。

3-3 海域毎の平均波高と周期

3-1節でも述べたように、3年間の WESTPAC 航海時の T 波浪計データは、観測期間が各年 1 か月以上にわたっていることや、荒天時のデータが欠けていること等から、海域毎の波浪特性を議論するには充分とは言えない。また、平均的な波浪を議論するにはデータの数も十分多いとは言えず、偶然遭遇した海況の影響を強く受けると考えられる。これらのことを考慮した上で、T 波浪計による海域毎の波浪をみることにする。

図 7 a) ~ c) には、T 波浪計による有義波高の観測点に関する推移と、観測点の緯度を描いてある。これを見ると、4 m 以上の波高は 30°N 以北でのみ観測されていること、赤道付近は波高が小さいのに対して、10°N~15°N では比較的大きな波高が観測されること、といった緯度による違いのあることがわかる。そこで図 7 の 3 年分のデータから、緯度 5° 毎の平均有義波高と平均有義周期を求めてみた。表 2 がその結果である。標準偏差の値からわかるようにそれぞれバラツキが大きいが、20°~30°N と 5°以南の波高が小さく、30°N 以北と 10°~15°N で波高が大きいう傾向がある。30°N 以北は時々出会う低気圧によって、また 10°~15°N は貿易風帯のため波高が大きくなるものと解釈できる。周期については、5°N 以北と以南で大きく異なる。これは、赤道域で風浪が弱く、うねりが卓越していることを示すものである。

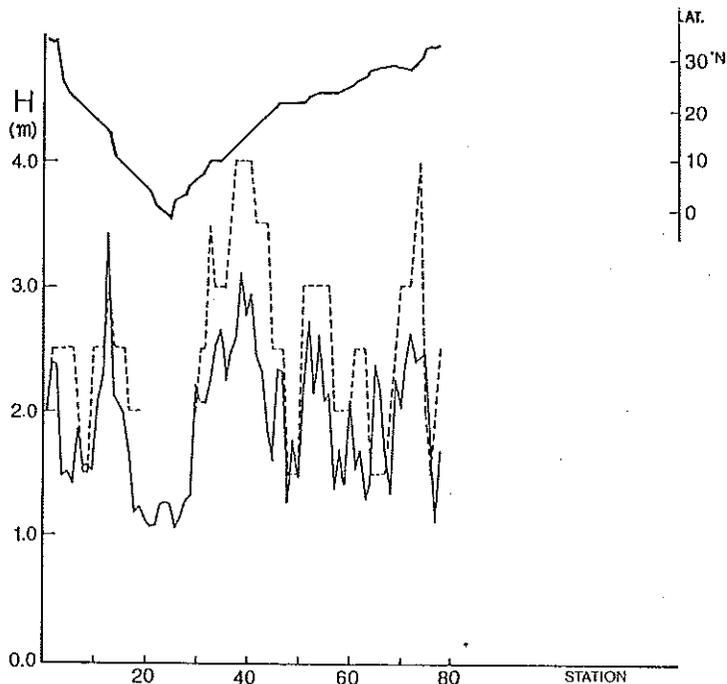


Figure 7(a). Comparison of wave heights between shipborne wave meter and Ocean Wave Charts. Upper thick line shows latitude of stations. Feb.~Mar.1984

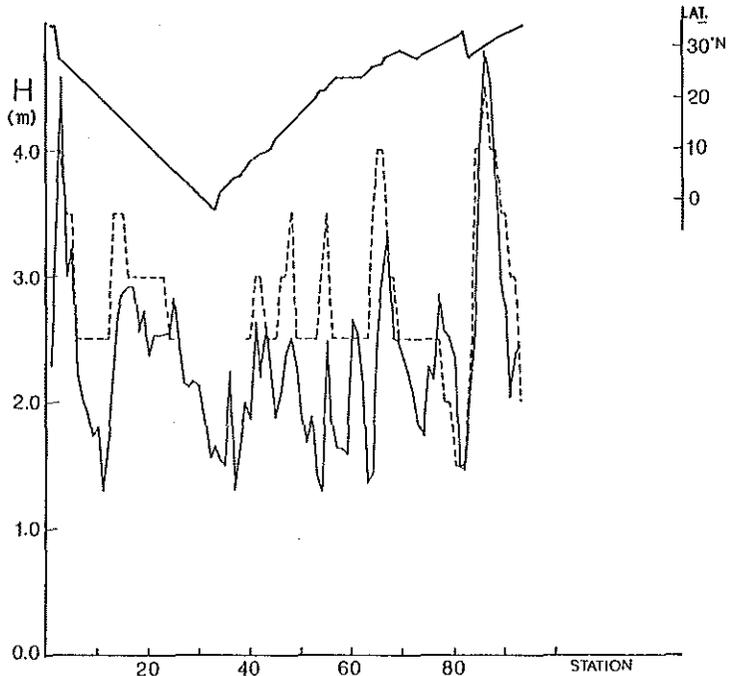


Figure 7(b). Comparison of wave heights between shipborne wave meter and Ocean Wave Charts. Upper thick line shows latitude of stations. Feb.~Mar.1985

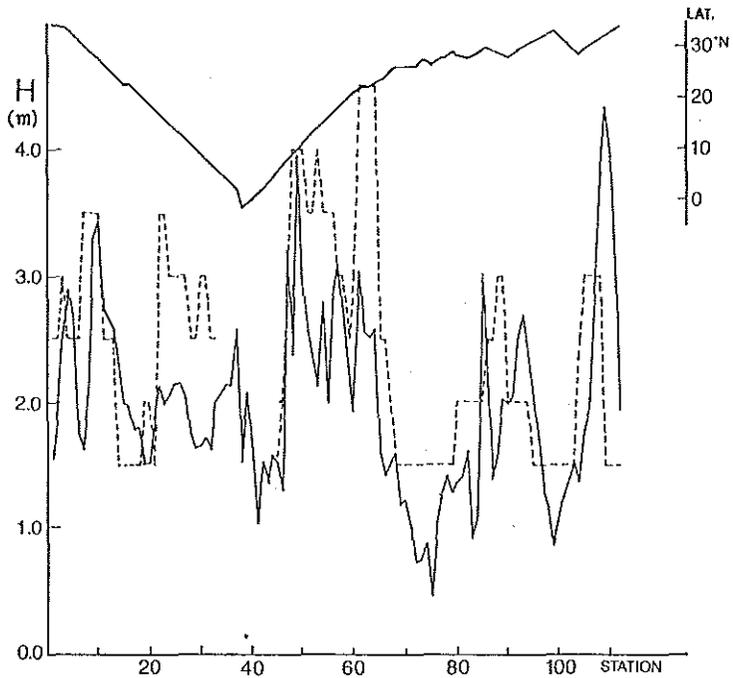


Figure 7(c). Comparison of wave heights between shipborne wave meter and Ocean Wave Charts. Upper thick line shows latitude of stations. Feb.~Mar.1986

Table 1. Results of data processing in the stations where observed wave height was larger above 2m than the wave height indicated in Ocean Wave Charts, including results in the nearest stations.

STATION 860105 (TAKUYO)			PORT			STARBOARD									
DATE, TIME	1986/ 3/15	0:22	WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		
LAT., LONG.	29°20'N	138° 0'E	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	
WIND	SSW	12(M/S)													
WIND WAVE	SSW	5	MAX	296	5.4	98	9.1	281	5.2	238	5.5	98	9.6	233	5.4
SWELL	SSE	3	1/10	213	5.2	89	9.8	226	5.6	156	5.2	80	9.8	172	6.2
SHIP HEADING	230(DEG)		1/3	165	5.1	72	9.7	177	5.7	121	5.2	57	9.5	131	5.7
PRESSURE	1008(MB)		MEAN	104	4.4	44	9.6	112	4.7	73	4.1	33	9.1	79	4.4
DELTA T	0.5(SEC)		NUMBER	233		105		217		248		110		231	
CP	7.67(SEC)														
STATION 860106 (TAKUYO)			PORT			STARBOARD									
DATE, TIME	1986/ 3/15	4:50	WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		
LAT., LONG.	29° 0'N	138° 0'E	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	
WIND	SSW	12(M/S)													
WIND WAVE	SSW	5	MAX	281	3.3	259	6.7	292	10.1	234	3.3	190	7.0	318	4.2
SWELL	SW	3	1/10	162	3.6	188	7.1	235	5.7	134	3.6	156	8.0	207	5.7
SHIP HEADING	240(DEG)		1/3	122	3.7	150	7.0	195	5.6	97	3.6	131	7.4	164	6.2
PRESSURE	1005(MB)		MEAN	76	3.6	96	6.5	124	4.9	59	3.5	85	6.7	103	5.0
DELTA T	0.5(SEC)		NUMBER	286		155		206		295		150		201	
CP	4.73(SEC)														
STATION 860107 (TAKUYO)			PORT			STARBOARD									
DATE, TIME	1986/ 3/15	9:40	WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		
LAT., LONG.	30°40'N	138° 0'E	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	
WIND	S	8(M/S)													
WIND WAVE	S	3	MAX	285	4.4	342	9.2	450	6.6	182	3.8	339	7.6	416	7.7
SWELL	SW	9	1/10	180	4.3	304	8.9	362	7.9	127	4.0	292	9.0	315	8.5
SHIP HEADING	280(DEG)		1/3	142	4.2	257	8.7	294	8.0	100	4.1	226	8.9	248	8.5
PRESSURE	1006(MB)		MEAN	90	3.9	163	8.2	179	6.2	65	3.6	143	8.6	152	6.5
DELTA T	0.5(SEC)		NUMBER	264		123		166		280		118		156	
CP	5.62(SEC)														
STATION 860108 (TAKUYO)			PORT			STARBOARD									
DATE, TIME	1986/ 3/15	14:39	WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		WIND WAVE		SWELL		SEA & SWELL		
LAT., LONG.	31°20'N	138° 0'E	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	
WIND	NNE	8(M/S)													
WIND WAVE	NNE	5	MAX	0	0.	0	0.	538	12.6	0	0.	0	0.	506	11.2
SWELL	SSW	9	1/10	0	0.	0	0.	462	8.3	0	0.	0	0.	425	9.8
SHIP HEADING	45(DEG)		1/3	0	0.	0	0.	378	8.1	0	0.	0	0.	334	9.5
PRESSURE	1004(MB)		MEAN	0	0.	0	0.	233	6.2	0	0.	0	0.	211	6.9
DELTA T	0.5(SEC)		NUMBER	0		118		164		0		118		148	
CP	0. (SEC)														

STATION 860109 (TAKUYO)
 DATE/TIME 1986/ 3/15 19:53
 LAT./LONG. 32° 0'N 138° 0'E
 WIND NNE 8(M/S)
 WIND WAVE NNE 3
 SWELL NNE 4
 SHIP HEADING 60(DEG)
 PRESSURE 1006(MB)
 DELTA T 0.5(SEC)
 CP 5.62(SEC)

	PORT		SWELL		SEA & SWELL		STARBOARD		SWELL		SEA & SWELL	
	WIND	WAVE	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)
MAX	365	3.9	556	10.5	640	7.2	252	3.8	534	10.6	568	10.6
1/10	256	4.4	480	9.7	518	9.0	190	4.1	440	9.5	480	9.6
1/3	202	4.4	391	9.3	433	8.5	148	4.1	371	9.8	393	9.4
MEAN	125	3.9	261	8.9	285	6.8	93	3.7	233	9.0	246	7.2
NUMBER	263		114		149		274		112		142	

STATION 860110 (TAKUYO)
 DATE/TIME 1986/ 3/16 1:55
 LAT./LONG. 32°39'N 138° 0'E
 WIND NNE 5(M/S)
 WIND WAVE NNE 3
 SWELL NNE 4
 SHIP HEADING 35(DEG)
 PRESSURE 1006(MB)
 DELTA T 0.5(SEC)
 CP 5.62(SEC)

	PORT		SWELL		SEA & SWELL		STARBOARD		SWELL		SEA & SWELL	
	WIND	WAVE	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)
MAX	511	4.1	470	8.7	751	5.7	357	3.9	419	8.6	479	7.4
1/10	309	4.2	401	8.5	512	7.4	233	4.1	322	8.9	394	7.8
1/3	237	4.3	313	8.4	395	6.8	179	4.3	251	8.9	305	7.0
MEAN	147	4.0	194	7.8	245	5.7	110	3.8	155	8.1	183	5.7
NUMBER	257		131		178		270		126		180	

STATION 860111 (TAKUYO)
 DATE/TIME 1986/ 3/16 6:17
 LAT./LONG. 33°15'N 138° 0'E
 WIND WNW 6(M/S)
 WIND WAVE WNW 2
 SWELL NNE 3
 SHIP HEADING 0(DEG)
 PRESSURE 1005(MB)
 DELTA T 0.5(SEC)
 CP 0. (SEC)

	PORT		SWELL		SEA & SWELL		STARBOARD		SWELL		SEA & SWELL	
	WIND	WAVE	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)
MAX	0	0.	0	0.	498	7.6	0	0.	0	0.	362	8.1
1/10	0	0.	0	0.	387	7.5	0	0.	0	0.	294	8.4
1/3	0	0.	0	0.	315	7.7	0	0.	0	0.	233	8.0
MEAN	0	0.	0	0.	202	6.4	0	0.	0	0.	146	6.3
NUMBER	0		126		159		0		126		162	

STATION 860112 (TAKUYO)
 DATE/TIME 1986/ 3/16 11:39
 LAT./LONG. 33°58'N 138° 0'E
 WIND NW 12(M/S)
 WIND WAVE NW 4
 SWELL NW 3
 SHIP HEADING 0(DEG)
 PRESSURE 1004(MB)
 DELTA T 0.5(SEC)
 CP 7.07(SEC)

	PORT		SWELL		SEA & SWELL		STARBOARD		SWELL		SEA & SWELL	
	WIND	WAVE	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)	H(CM)	T(SEC)
MAX	298	5.0	190	10.8	331	5.7	270	5.8	156	10.6	305	5.9
1/10	207	5.0	136	10.7	241	6.3	196	5.3	138	10.7	228	6.7
1/3	166	4.9	109	10.2	192	5.9	140	5.3	103	10.2	169	6.7
MEAN	108	4.5	68	9.9	126	5.1	84	4.5	66	10.2	102	5.2
NUMBER	229		103		200		229		99		195	

Table 2. Regional mean (in every 5° in latitudes) values of the significant wave heights and periods measured with Tucker type wave meter in 3 years—1984, 1985 and 1986.

LATITUDE	NUMBER OF DATA	SIGNIFICANT WAVE HEIGHT(cm)		SIGNIFICANT WAVE PERIOD(s)	
		MEAN	RMS	MEAN	RMS
30°N—	43	227	82	6.5	1.1
25°—30°N	71	205	86	6.4	1.4
20°—25°N	49	197	43	6.8	1.6
15°—20°N	29	215	54	6.8	0.8
10°—15°N	25	242	36	6.5	0.5
5°—10°N	32	217	58	6.8	1.0
0°—5°N	26	166	48	8.1	1.5
—0°	8	161	26	8.5	2.0

3-4 風上舷と風下舷の比較

徳田・道田(1986)は、T波浪計の風上舷(風浪の到来する側)と風下舷のデータを比較して、船体は波浪に対してローパスフィルターの役割を果たし、うねりのような低周波成分は船体通過の際あまり減衰しないが、高周波成分は船体の影響で減衰することを示した。そして、T波浪計のデータを解析する際は、風上舷のデータを使用すべきであることを指摘した。これに従って、前項までの解析にはすべて風上舷のデータだけを使用した。この項の目的は、これまでに得られた多くのデータを用いて船体による風浪の減衰特性を知ることである。

ここで、風浪の船体による減衰率にあたるものとして、両舷の波高比 r を、 $r = (\text{風下舷の風浪の有義波高}) / (\text{風上舷の風浪の有義波高})$ と定義する。風浪とうねりに分離できない場合は除外して、 r の、波の到来方向と船首方向とのなす角に対する依存性を調べた。その結果を図8に示す。図中横軸の θ は、図9に示すような、船首方向から測った風浪の到来する方向の角度である。船の真横から風浪を受ける時、 $\theta = 90^\circ$ であり、真後ろから受ける時、 $\theta = 180^\circ$ である。図8によれば、 $\theta = 90^\circ$ 付近で r が小さく、 θ が 0° または 180° に近づくほど r が1に近くなることがわかる。すなわち、風浪を船体の真横から受ける時、風上舷の波高に比べて風下舷の波高が最も小さくなり、風浪の到来方向が、船首または船尾寄りになるほど両舷の波高の差が少なくなることがわかる。

以上の結果から、T波浪計の観測は風浪を船首または船尾から受ける状態で行う方がよいと簡単に結論づけることはできない。それは、船首または船尾から風浪を受けた時に両舷の波高値の差が最小になるのは、船体の影響で同様に減衰した波が両舷で観測されたからだと考えるのが妥当と思われるからである。T波浪計は、船体を直接計測センサーとしているため、船体による波の変形の問題は常に忘れてはならない事であるが、今のところ決定的な解決策がないので、観測時の気象要素と共に船首の方向を記録しておき、波の方向と船体の関係を考慮できるようにするのが実用的な策であると考えられる。

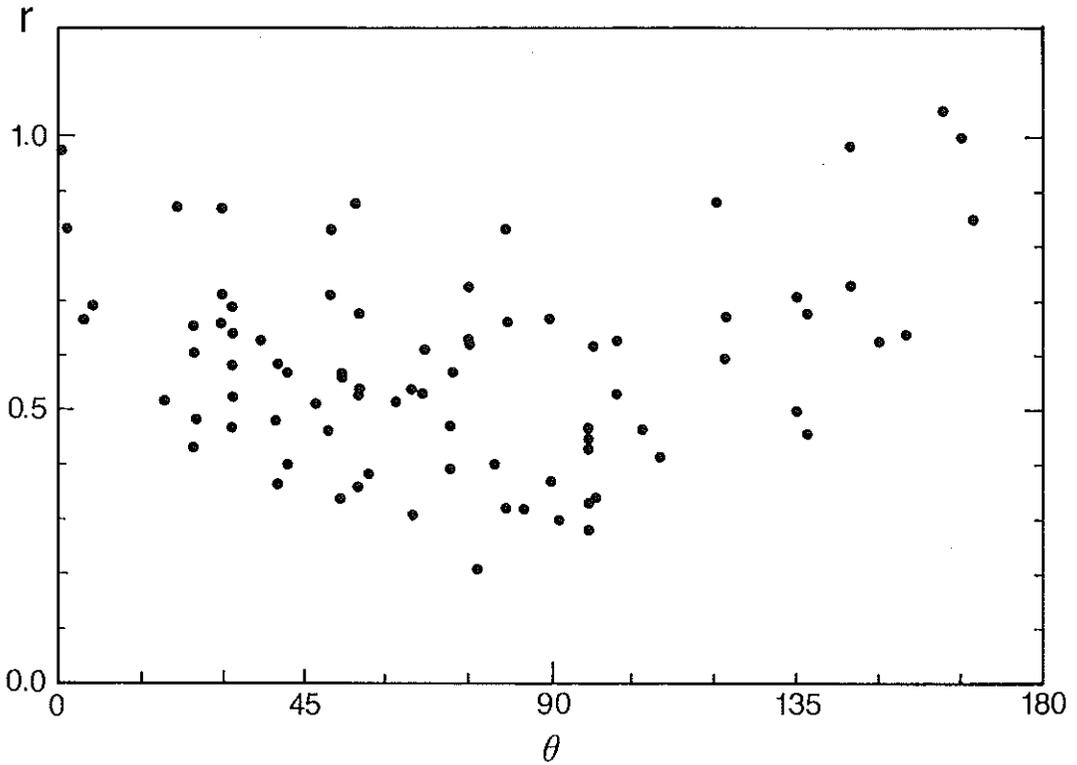


Figure 8. Relationship between wave height ratio (r) and wind wave direction relative to the ship heading. ' r ' is defined as follows;
 $r = (\text{significant wave height observed in lee-side}) / (\text{significant wave height observed in the weather side})$

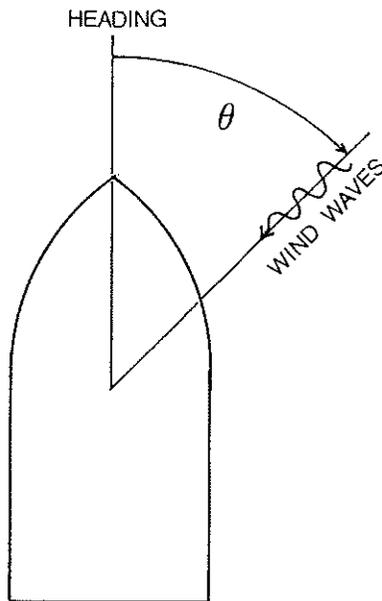


Figure 9. Definition of θ

4. まとめ

タッカー式船用波浪計の新しい計測処理システムが徳田・道田 (1986) によって開発され、1984~86年のWESTPAC 航海時に得られた、タッカー式船用波浪計による波浪観測データが、この新しいシステムで処理され、水路部観測報告波浪編として公表された。本報告では、外洋波浪の特性を説明する手がかりとしてこの資料を解析し、気象庁外洋波浪図との比較を行い、また、海域毎の平均的な有義波高・周期を求めた。さらに、タッカー式船用波浪計の特性解析の一例として、風上舷と風下舷の波高の比較を行い、両舷の波高の比と船首方向の関係について調べた。その結果、次のようなことがわかった。

- (1)タッカー式船用波浪計によって観測された有義波高と、気象庁外洋波浪図に示された波高には対応関係がある。しかし、前線の通過のような短時間の風の変動による波の変化は、外洋波浪図は表現し切れず、観測値が外洋波浪図の値を2 m程上まわる例もみられた。
 - (2)1984~86年の3年間のデータを緯度5°毎に整理して、緯度別の平均的な有義波高・周期を求めた結果、赤道付近の波高の小さな海域、貿易風帯の波高の大きな海域等の海域特性が得られた。
 - (3)風浪は船体を通過する際減衰し、風上舷と風下舷では波高値に差が生ずる。風上舷と風下舷の風浪成分の有義波高の比は船首方向と風浪の到来方向のなす角に依存する。
- 今後は、スペクトルの特性についても解析を進め、外洋波浪の特性説明をめざす必要がある。
- おわりに、波浪観測データの取得に御尽力いただいた、測量船の乗組員の方々に謝意を表します。

参 考 文 献

- 徳田正幸・道田 豊：タッカー式船用波浪計に関する研究I，計測処理システムについて，国立防災科学技術センター研究速報，72 (1986)
- ECOR 日本委員会波浪委員会：海洋波浪の調査研究に関する現況報告書 (1975)
- 道田 豊・徳田正幸・上野義三・石井春雄：タッカー式船用波浪計に関する研究II，目視およびブイ式波浪計との比較観測，国立防災科学技術センター研究報告，39,p.171-182 (1987)
- 海上保安庁水路部：水路部観測報告，波浪編 (1987)
- 気象庁：気象庁外洋波浪図1984年。(1985)
- 気象庁：気象庁外洋波浪図1985年。(1986)
- 気象庁：気象庁外洋波浪図1986年。(1987)