

日本船舶振興会昭和45年度補助事業

研究資料 No.135

“巨大船に関する調査研究”

## 第118研究部会

# 大型鉱石運搬船の船体各部 応力に関する実船試験

## 報告書

昭和46年3月

社団法人

日本造船研究協会

# はしがき

本報告書は日本船舶振興会の昭和45年度補助事業「巨大船に関する調査研究（大型鉱石運搬船の船体各部応力に関する実船試験）」として、日本造船研究協会が第118研究部会においてとりまとめたものである。

## 第118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）	
幹事	安藤 文隆（船舶技術研究所）	梅崎 一夫（三菱重工業）
	尾花 皓（運輸省）	金井 一十三（昭和海運）
	熊倉 靖（石川島播磨重工業）	郷田 国夫（船舶技術研究所）
	小杉 隆祥（大阪商船三井船舶）	高城 清（川崎汽船）
	寺田 邦夫（三菱重工業）	長沢 準（船舶技術研究所）
	中村 昭和（川崎重工業）	萩原 孝一（三菱重工業）
	藤田 譲（東京大学）	松村 治雄（日本钢管）
	舛田 吉郎（日本海事協会）	渡辺 昌建（三菱重工業）
委員	小林 三蔵（名村造船所）	酒井 利夫（日立造船）
	真田 良（日本船主協会）	田添 英士（大阪造船所）
	西牧 興（日立造船）	野沢 登（函館ドック）
	服部 堅一（住友重機械工業）	堀之北 克朗（運輸省）
	綿屋 吾郎（佐世保重工業）	

## 乗船計測員名簿（敬称略、順不同）

遠藤 久芳（船舶技術研究所）	小畠 和彦（東京大学）
久保米 豊（三菱重工業）	小林 佑規（船舶技術研究所）
平岡 善博（日本海事協会）	松岡 孝典（三菱重工業）
渡辺 佐千雄（東京大学）	

# 大型鉱石運搬船の船体各部応力に関する実船試験

## 目 次

1. まえがき .....	1
2. 試験の概要 .....	2
2. 1 試験船、期間および航路等 .....	2
2. 2 計測方法 .....	4
2. 3 理論計算 .....	8
3. 試験結果 .....	9
3. 1 海象・気象 .....	9
3. 2 動 摆 .....	37
3. 3 縦応力頻度 .....	40
3. 4 横応力頻度 .....	68
3. 5 積荷、揚荷時静的応力 .....	76
3. 6 静的応力計算 .....	90
3. 7 波浪縦曲げモーメントの計算 .....	106
3. 8 青波水圧 .....	109
4. 試験結果の考察 .....	110
4. 1 波浪曲げ応力 .....	110
4. 2 振動応力 .....	112
4. 3 波浪中の横応力 .....	112
4. 4 積荷時静的応力 .....	113
4. 5 鉱石圧 .....	115
4. 6 計 器 .....	115
5. あとがき .....	118

## 1. まえがき

最近の大型撒積貨物兼鉱石運搬船は、その構造配置、載貨状態等が従来の一般貨物船や小型鉱石運搬船とは著しく異なるため、船体構造強度に関して多くの特異な問題があるものと思われる。

本研究は、これらの大型撒積貨物兼鉱石運搬船の貨物積み卸し時および波浪中航走時における船体に加わる荷重および船体各部の応力を実船において計測し、就航中の実態、問題点の所在を明らかにして、構造強度検討の基礎資料を求めようとするものである。

日本造船研究協会第118研究部会は、昨昭和44年度発足し、日本船舶振興会の研究補助金の交付を得て本研究を実施している。昨年度は、川崎汽船株式会社“八雲川丸”，昭和海運株式会社“昭武丸”の2隻について、それぞれ2航海ずつの計測を行なつたが、本年度は、大阪商船三井船舶株式会社“紀見丸”について3航海の計測を行なつた。

計測項目は、大別して静的計測と動的計測の2種類で、静的計測は空艤状態、バラスト状態および満載状態における応力状態、荷役中の応力変動などを求めるものであり、動的計測は波浪荷重を求めるための航走中の計測である。動的計測では、波浪曲げ応力の頻度計測のほかに、多点同時記録装置によつて船体各部の局部的応力分布、横強度部材における応力分布などの計測も行なつた。

この実船計測と併行して、最近非常に発達してきた理論解析と電子計算機による近似計算結果と実測結果を比較対照して、解析解の精度を確認するため、荷役時の静的応力および波浪荷重の統計的推定値などについての計算も行なつた。

実測航海終了後日が浅く、まだ資料を十分解析し終つていないが、本年度得られた研究結果をここに報告する。理論値との比較、統計的考察などの詳細は引続いて来年度行なう予定である。

本研究に御協力をいただいた、日本船舶振興会、日本船主協会、大阪商船三井船舶株式会社、三菱重工業株式会社および紀見丸の関係者各位に心から謝意を表する次第である。

## 2. 試験の概要

### 2.1 試験船、試験期間および航路等

本年度の計測対象として実施した試験船は1隻で、昨年度実験を行なつた八雲川丸および昭武丸とほぼ同じ大きさのばら積兼鉱石運搬船紀見丸である。同船の要目を八雲川丸および昭武丸とともに表2.1-1に示す。

表 2.1-1

	紀 見 丸	八 雲 川 丸	昭 武 丸
船 种	Bulk Carrier	Bulk Carrier	Bulk Carrier
Lpp (M)	238.00	220.00	236.22
Bmld (M)	32.20	32.20	31.852
Dmld (M)	18.20	18.50	18.745
D.W. (T)	62,325	64,880	63,420
船 主	大阪商船三井船舶	川崎汽船	昭和海運
竣 工	昭44.6.27	昭42.10.25	昭41.12.1



図 2.1-1 紀 見 丸

本年度計測を実施した紀見丸の試験期間は、同船の就航後の最初のドックのあとの3航海であつて、その航路は第1次が北米航路、第2次がパナマ経由のノーホーク往復航路および第3次が北米航路である。

紀見丸の計測航海の日程を表2.1-2に、計測乗船者を表2.1-3に、また各回の航路概略を図2.1-2～2.1-3に示す。第3次航は第1次航とほとんど同じである。

表2.1-2 紀見丸計測日程

年 月 日		発 着 港	
第一 次 航	昭45. 6. 22	神 戸 港	発
	45. 7. 2	ロバートバンク(アメリカ)	着
	45. 7. 7	"	発
	45. 7. 18	和 歌 山 港	着
第二 次 航	昭45. 7. 25	和 歌 山 港	発
	45. 8. 19	ハンプトン沖(アメリカ)	着
	45. 8. 22~23	ニューポートニュースで積荷	
	45. 8. 23~27	ハンプトン沖	泊
	45. 8. 28~29	ノーホークで積荷	
	45. 8. 29	ノーホーク	発
	45. 9. 25	鹿 島 港	着
第三 次 航	昭45. 12. 7	和 歌 山 港	発
	45. 12. 8	ロバートバンク(アメリカ)	着
	45. 12. 21	"	発
	46. 1. 4	和 歌 山 港	着

表2.1-3 紀見丸乗船者

一 次 航	速 藤 久 芳 大 畑 和 彦 久 保 米 豊	運輸省船舶技術研究所 東京大学生産技術研究所 三菱重工業㈱神戸造船所
二 次 航	小 林 佑 規 渡 邁 佐 千 雄 松 岡 孝 典	運輸省船舶技術研究所 東京大学工 学 部 三菱重工業㈱神戸研究所
三 次 航	平 岡 善 博	日本海事協会 技術研究所

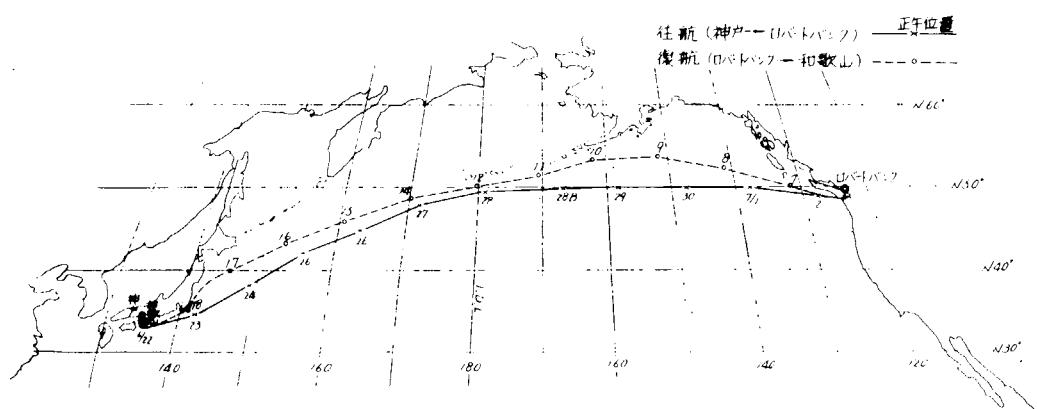


図2.1-2 紀見丸第一次航航路図

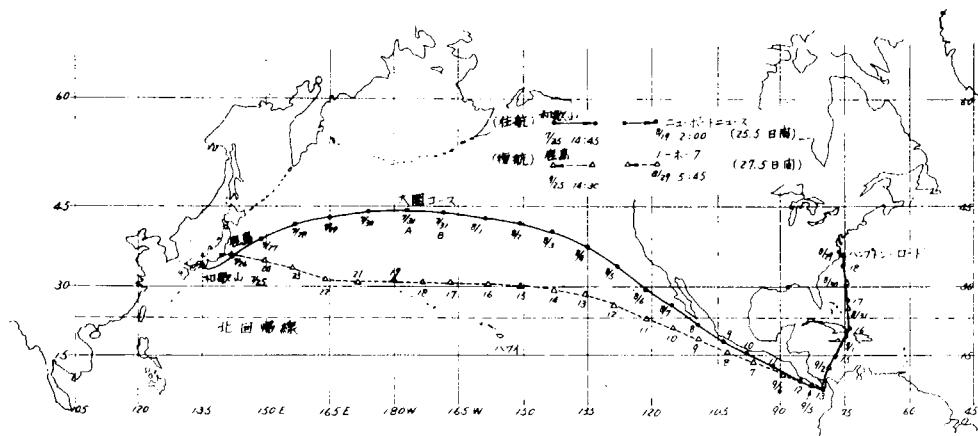


図 2.1-3 紀見丸第2次航々路図（正午位置）

## 2.2 計測方法

### (1) 計測項目

本実験における主要な計測項目は次のとおりである。

- 1) 航海中波浪によつて船体の受ける動的応力
- 2) 鉱石等の積荷による荷役時の船体各部応力

このほか上記計測に関連して、航海中における気象、海象および船体運動ならびに船首上甲板部の波浪による打込水圧等を計測した。

### (2) 計測位置

船体応力の計測位置は、上甲板上の縦応力と船体中央部断面での横応力に分れるが、これらを表 2.2-1 および図 2.2-1～図 2.2-6 に示す。

表 2.2-1 応力計測位置

	動的計測		静的計測	
	計測点	ゲージ数	計測点	ゲージ数
上甲板	6	6	11	11
No. 1 船倉内	5	5	5	5
No. 3 船倉内	二重底上	1	2	3
	二重底内	4	12	14
	ホッパー部	0	0	14
	フレーム上	3	3	18
合計	19	28	65	97

このほかに、上甲板上に R.M.S. 計および応力頻度計用ゲージ各 1、土圧計用ゲージ 3。

上甲板

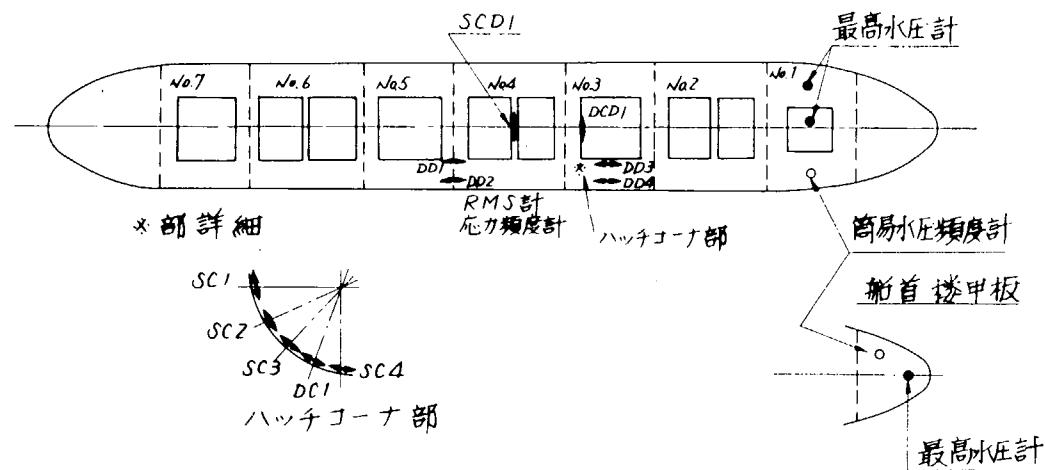


図 2.2-1 ゲージ配置(上甲板上)

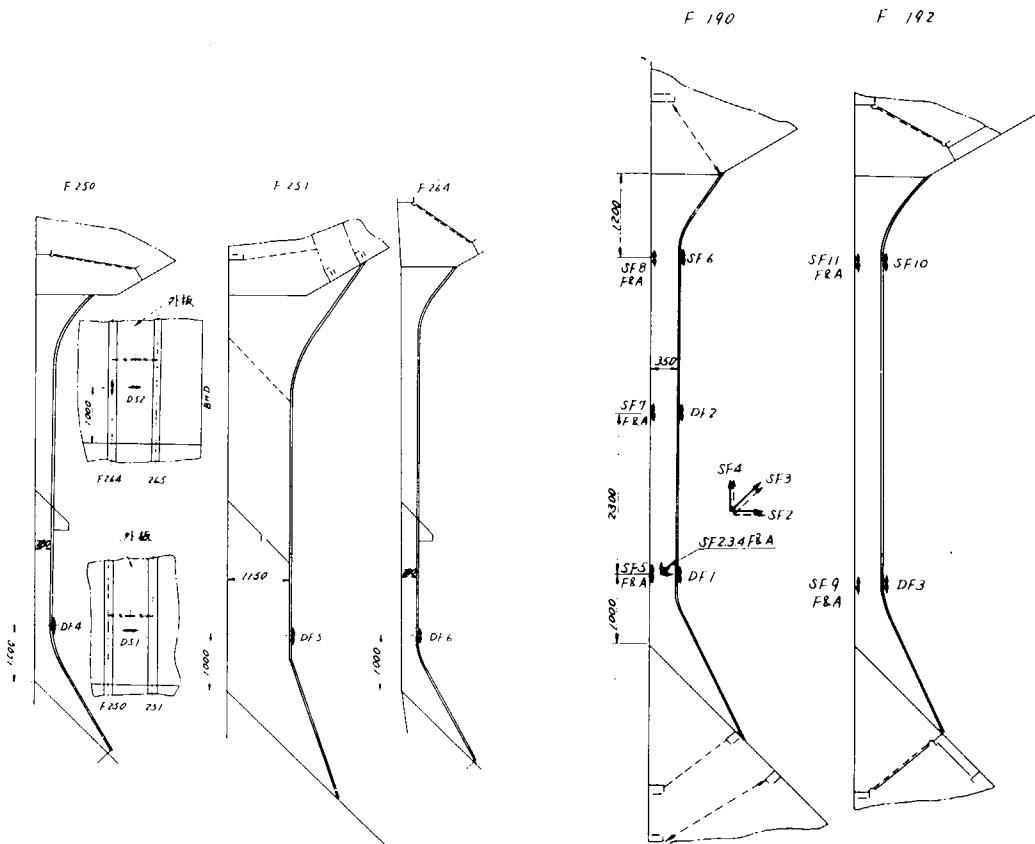


図 2.2-2  
ゲージ配置(No.1船倉内フレームおよび外板)

ゲージ配置(No.3船倉内フレーム)

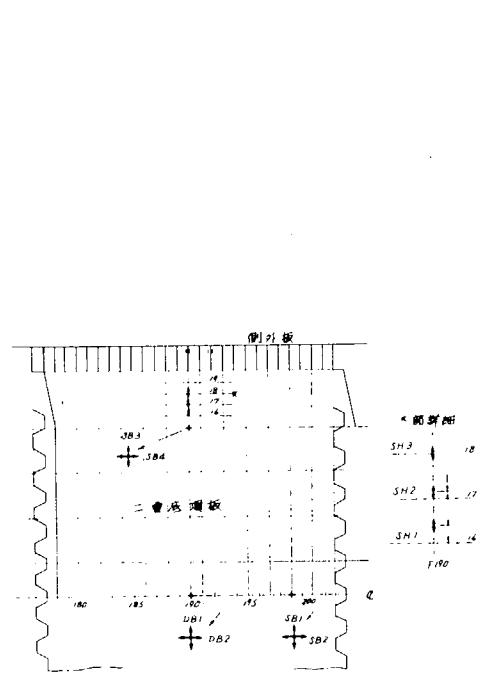


図 2.2-4  
ゲージ配置(No.3船倉内フレーム)

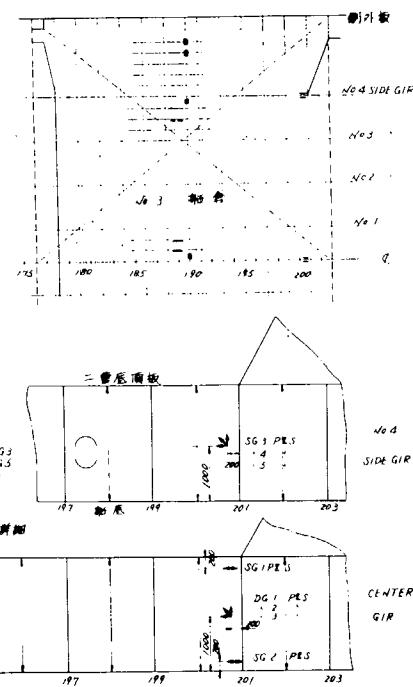


図 2.2-5 ゲージ配置(二重底内)

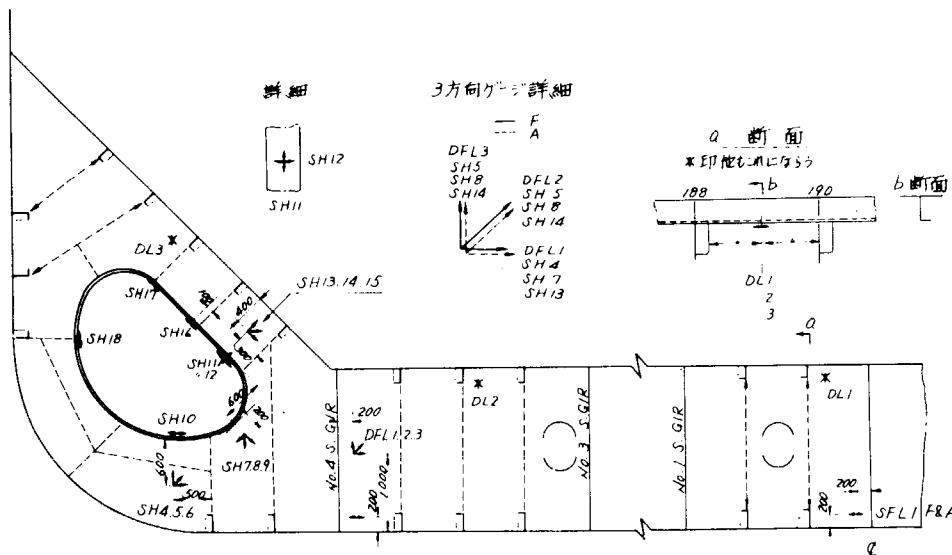


図 2.2-6 ゲージ配置(二重底内)

### (3) 計測装置

本年度紀見丸において使用した主要な応力計測計器は、昨年度昭武丸において使用したものと同一である。すなわち、荷役時の静的応力計測には120点の自動切換多点デジタル歪計測装置を使用し、航海中の動的応力の計測には高速A-D変換器をもつ高速歪集録装置（データツク1500）を使用した。

静的歪計測装置の記録は、紙テープによるデジタル記録および集孔テープによつて求め、動的歪の記録は磁気テープによつて求めた。これらの記録はすべて電子計算機によつて解析を行なつた。

これら的主要応力計測装置のほか、従来の実船実験において使用した応力頻度計およびR.M.S.計を使用した。

一方船体の動揺の記録にはジャイロ式動揺計を用いて計測を行ない、さらに荒天時における青波の打込水圧の測定のため、最高水圧計と簡易型水圧頻度計の2種を使用した。

これらの計測機器は、昨年度昭武丸において使用したものと全く同じものである。

第3次航においては、当初の計画を変更して追加して行なつた実験であるため、第1次、第2次航に比して小規模の実験とし、R.M.S.計、応力頻度計各1台のほか、DM6チャンネル1台のみを使用して計測を行なつた。

### (4) 計測方法

#### a. 航海中の計測

原則として1日1回定時に約20分間動的応力の計測を行ない、これに伴なつて関連する海象、気象、および本船条件などの計測を行なつた。

このほか、荒天時においては定時計測と同じような方法で随時計測を追加して行なつた。

長期間における統計的な計測を目的とする応力頻度計、R.M.S.計の計測は、毎日午前8時～午後8時の間4時間ごとに記録を行ない、さらに20分ずつの短期分布の計測を行なつた。

#### b. 静的応力計測

各港において荷役の開始から終了まで、一定の時間間隔で、船体各部の歪の計測および関連する船体の吃水、積載量などの計測を行なつた。

### (5) ひずみゲージおよび配線の防水保護

ひずみゲージの多くは長期間水中にあることになるので、前年度の経験を参考として、ゲージおよび導線の防水処理および機械的保護には特に注意した。

図2.2-7はゲージプロテクターの一例である。図は内径5インチのものであるが、このほか4インチのものと2.5インチのものと3種製作して、測定場所によつて使い分けた。また、所によつては、キャブタイヤ引出用のパイプが2本のもの、頂板でなく側面に取付けたものなどもいくつか使用した。

図2.2-8はプロテクター事前処理を示すもので、陸上においてダミーゲージの貼付、ハンタ付け、防水コーティングおよび引出キャブタイヤのしめつけなどを済ませてしまつた。このため、湿度の多いタンク内での防水処理作業が大幅に軽減でき、防水効果の信頼度を高めることもできだし、準備工事期間を大幅に短縮することができた。

このように、キャブタイヤの末端処理を予めしておく方式では、計測点から計測室まで継目なしのキャブタイヤを配線することは非常に厄介なので、甲板上に引出したところ附近で接続することとした。その要項は図2.2-9に示す通りで、圧着接続したキャブタイヤの先端を束ねて箱の中に入れ樹脂を充填する方法をとり、ハンタ付け、テープ巻きの手数を省いた。

図2.2-10は甲板上のプロテクターの機械的保護および導線保護の概略を示したものである。

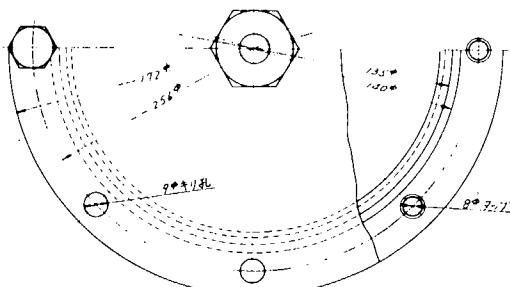
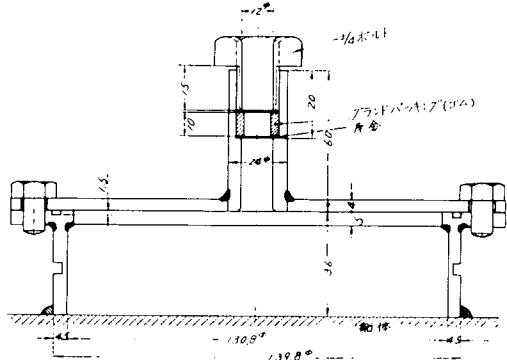


図 2.2-7 プロテクター詳細

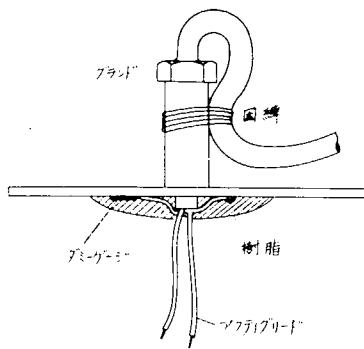


図 2.2-8 プロテクター事前処理

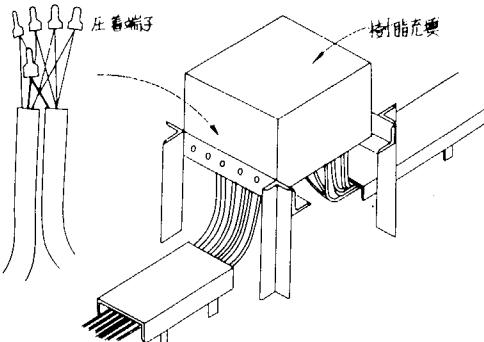


図 2.2-9 導線接続

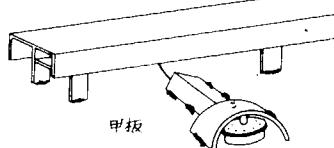


図 2.2-10 保護カバー

### 2.3 理論計算

#### (1) 静的計算

強度計算には電算プログラム FRAME (立体) (三菱重工で開発されたもの) を用いた。このプログラムは大型骨組構造を解析することを目的として開発されたもので、等断面部材よりなる立体骨組構造を曲げ剛性のほか、剪断剛性、捩り剛性も考慮して解くものである。

現状では、電子計算機の能力からばら積荷物船のような複雑な構造を完全に置換することはできないので、ここでは次のような 2 段階の計算を行なつた。まず、船体横断面を簡単化した立体モデルに置換して 3 船倉にわたつて解き、応力を計測した Transverse Ring 位置における変形および縦通部材からかかる力とモーメントを求め、ついで、この変形および力とモーメントを用いて、詳細に分割した横断面のモデルについて骨組構造計算と有限要素法により計算し、各部の部材力および応力を求めた。

#### (2) 波浪縦曲げモーメント

波浪縦曲げモーメントによつて船体中央部上甲板の縦応力の計測値を解析するため、波浪縦曲げモーメントの理論計算を行なつた。ストリップ法により、波浪縦曲げモーメントの規則波中の振巾すなわち応答函数を計算し、この応答函数を用いて線型重ね合せの原理により、大洋を航行中の波浪曲げモーメントの統計値を計算した。

計算の対象とした船は昭武丸である。前年度においては本船の満載状態 (44 年度第 1 次航サンニコラス出港時の状態) で船速が 14 kt ( $F_n = 0.15$ ) について計算したが、本年度は同船でバラスト状態 (44 年度第 1 次航横浜出港時の状態) で、船速が同じく 14 kt の場合と、上記の満載状態で船速が 4.7 kt ( $F_n = 0.05$ ) の場合について計算した。

### 3. 試験結果

#### 3.1 気象、海象

航海中において遭遇した気象および海象の全記録を表3.1-1～3に示した。

この表において、天候、船速、プロペラ回転数は航海士が観測した4時間ごとの航海日誌によるものであり、その他の波浪、風力などの記録は実験乗船者によつて記録したものである。船体に加わる外力条件となる波浪の観測値は、計測装置としてはとくに準備せず目視観測によらざるをえなかつた。したがつて観測値として記録した値は、観測者によつてかなりの誤差があることはさけられないが、ここに示した値はおおむね最大に近い波高または波長の数個の平均値と考えられる。周期についてもほぼ同様のことといえる。

大洋での波は、成長している規則波に近いうねりと、風浪といわれる、波頂線の短かい尖つた形の波が複合して発生しており、これらの分別は必ずしも明らかではない場合もある。

第1次航において遭遇した海象は比較的平穏であり、バンクーバーからの復航時において2回8～10m程度の波高に遭遇したが、そのほかはほとんど波高2～3mにすぎなかつた。

第2次航においては、第1次航と航路が異なり北米東岸航路であるが、第1次航よりむしろ平穏であり、全航路を通じて波高は2～4m程度であつた。

これに反して追加実験として行なつた第3次航においては、かなりの荒天に遭遇し最大波高12mを記録している。このときは、船体の船首部上甲板上に青波が大きく打上がる状態であつた。

各航海中の毎日正午の気象の変化を図3.1-1～3に、波高の変化を図3.1-4～6に示す。

##### (1) 波高、波長の観測

観測された波高と波長の関係を、図3.1-7に示す。波高、波長として、うねりの波高、波長を用いている。図中に実線で Neumann-Pierson の完全発達不規則波に関する次の式から導いた波長  $L_w$ 、波高  $H_w$  の関係を示す。

$$R = 0.622 (U/10)^5$$

$$h^{1/3} = 2.832 \sqrt{R}$$

$$\lambda_m = 3\pi U^2/g$$

上式の中で、Uは風速(m/sec), Rは完全発達波のエネルギー密度、 $h^{1/3}$ は波高の $1/3$ 最大平均値、 $\lambda_m$ はエネルギー・スペクトラムのピークに対応する波長である。これらの式からUとRを消去し、 $\lambda_m$ と $h^{1/3}$ の関係を求めて、図中に曲線で示している。

今年度、計測した紀見丸の観測値を○で示し、比較のために、昨年計測を行つた八雲川丸の観測値を●で示す。観測した波高、波長の関係と、計算により求めた $h^{1/3}$ 、 $\lambda_m$ の関係を比較すると、観測値の波高が波長に対して低くなつておらず、この傾向は昨年度の八雲川丸の場合と同じである。これは、風浪とうねりは重り合つて存在しているため、うねりの山と谷の判別が困難で、一般にうねりの波高を低めに計測しているためと思われる。

##### (2) 風速および波高の関係

風向および風速は、船内に設置されているコーン型風力計および対船風力計から、約1分間観測してその平均値を記録したもので、更に針路、船速、対船風向、対船風力から計算により絶対風速を求めた。

図3.1-8は絶対風速と波高の関係をプロットしたもので、○印が紀見丸、●印が八雲川丸の観測値である。図中に実線で Rollによって北太平洋の10定点で観測された値、および北太平洋上の北方定点の観測値等を示しているが、紀見丸の観測値はこれより波高が幾分高くなっている。

これは、八雲川丸の観測値が、上記のR011の観測値等を中心に分布しているのとは、少し異つた傾向である。

### (3) ビューフォート階級と波高の関係

図3.1-9は、絶対風速からビューフォート階級に、概算して当てはめ縦軸に波高、横軸にビューフォート階級をとつてプロットしたものである。紀見丸の観測点は図中に示したWMOの値に比べて全体的に波高が高めに出ており、八雲川丸の観測値がWMOの値を中心に分布しているのと比べて、幾分異つている。

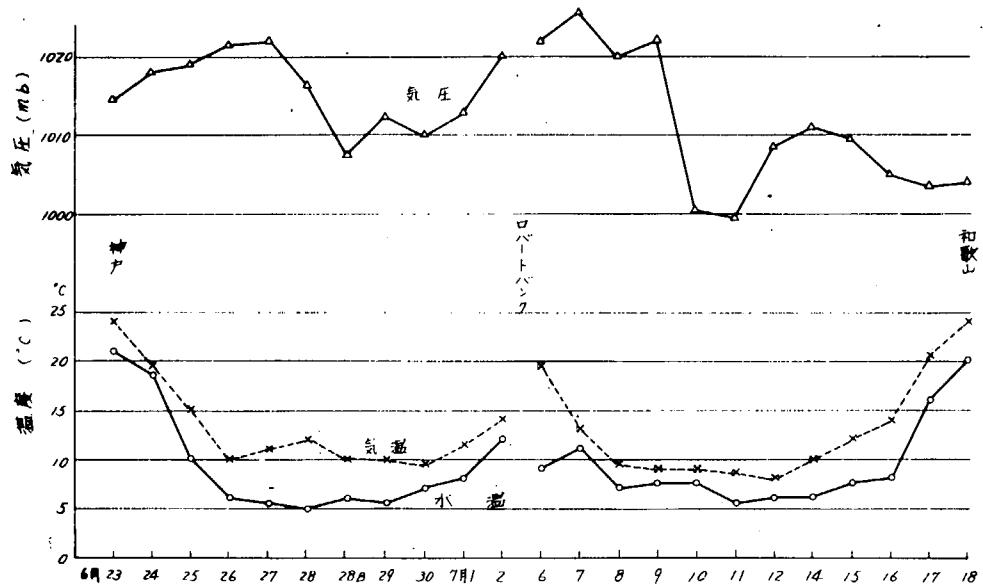


図 3.1-1 紀見丸第1次航 気象変化(正午計測)

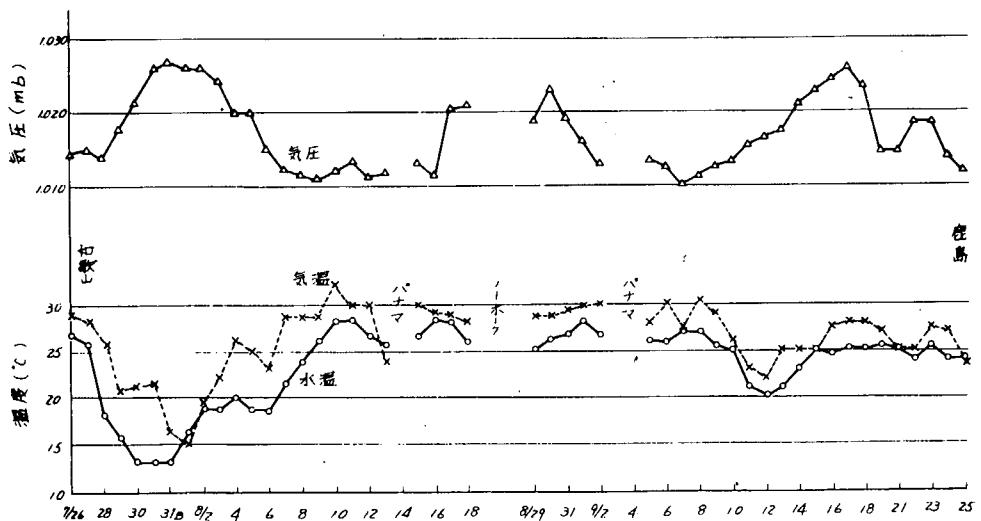


図 3.1-2 紀見丸第2次航 気象変化(正午計測)

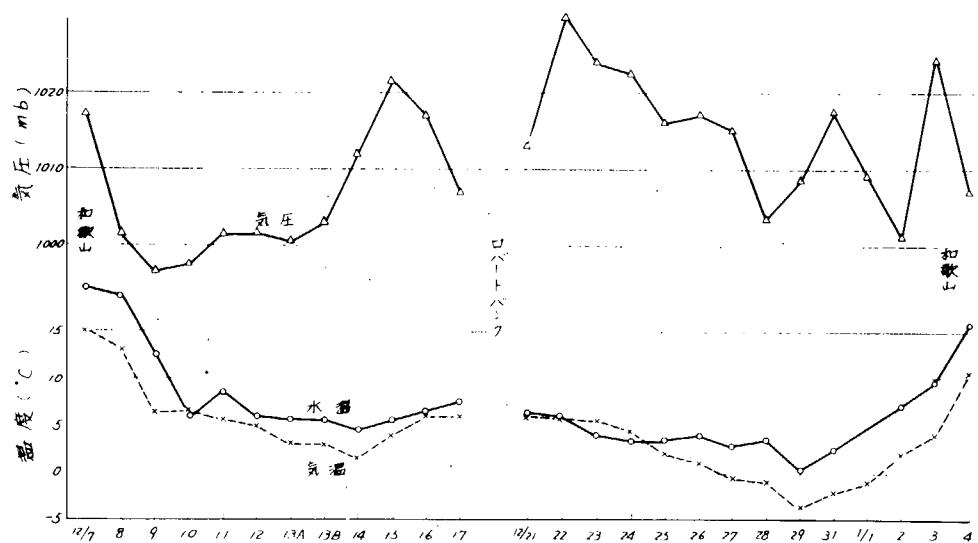


図 3.1-3 紀見丸第3次航 気象変化(正午計測)

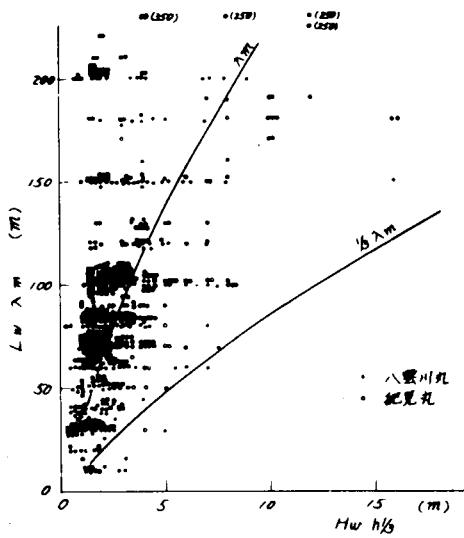


図 3.1-4 波高と波長の関係

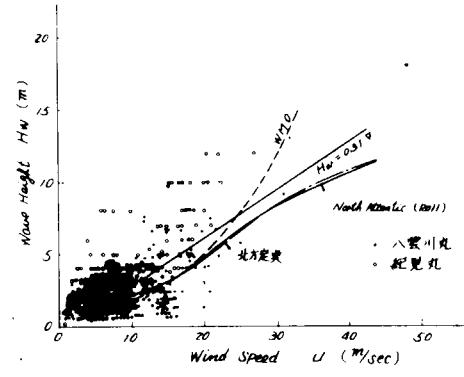


図 3.1-5 風速と波高の関係

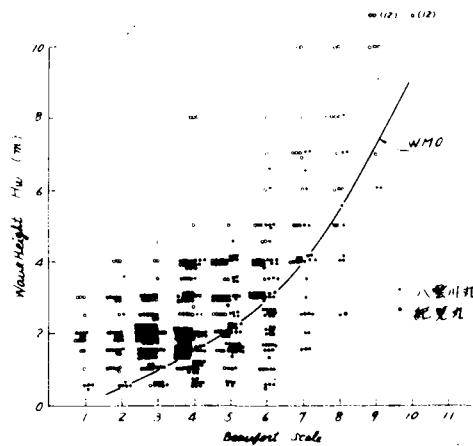


図 3.1-6 Beaufort Scale  
と波高の関係

表3.1-1 気象および海象観測記録(紀見丸第1次航)

月	日	天候	計測時間	横幅(Deg)	波浪			風級	風向及ひ風速(m/s)	対船方向及ひ風速(m/s)	絶対方向及ひ風速(m/s)	風力級	船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況	
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)									
6/24	8時	快晴	13:00~13:20			□	1.5 (1.0)	1.0 (5)	(2)	(3)	1 (3)	2.0 8.0	5.5 7.0	4 4	1.6.8.2 1.6.5	うねりによる 風浪による
						↗→↙風										
						↓→↖風										
6/25	8時	晴	12:30~12:50			↑→↖風	1.0 (0.7)	1.5 (3.5)	(2)	(3)	1 (3)	2.0 8.0	6.0 7.0	4 4	1.6.2.5 1.6.4	
						↑→↖風										
						↓→↖風										
6/26	8時	曇	12:30~12:50			↑→↖風	1.5 (0.5)	1.0 (3)	(2)	(3)	1 (3)	2.0 8.5	4.5 6.0	3 4	1.6.5.0 1.6.7.0	うねりによる 風浪あり
						↑→↖風										
						↑→↖風										
6/27	8時	霧	12:30~12:50			↑→↖風	1.5 (1.0)	1.0 (2.0)	(4)	(3)	1 (2)	2.0 8.0	8.0 8.0	4 4	1.6.5.0 1.6.6	うねりによる 風浪あり
						↑→↖風										
						↑→↖風										
6/A 28	8時	霧	12:30~12:50			↑→↖風	1.5 (0.1)	3.0 (0.3)	(5)	(3)	3 (3)	2.0 3.0	6.5 5.0	4 4	1.6.7.5 1.6.7.6	うねりによる 風浪あり
						↑→↖風										
						↑→↖風										
6/16	8時	曇	12:30~12:50			↑→↖風	1.5 (0.1)	3.0 (0.3)	(5)	(3)	3 (2)	2.5 5.0	6.0 5.0	4 4	1.6.7.5 1.6.7.9	おだやか
						↑→↖風										
						↑→↖風										

月	日	天候	計測番号	計測時間		横揺(Deg)		波浪(上段 うねりによる、下段 風浪による)			風力			船速 プロペラ		海象状況	
				片周期	周周期	周期(sec)	周期(sec)	波高(m)	波長(m)	波浪級	対船方向及び風速(m/s)	絶対方向及び風速(m/s)	風力級	(kts)	回転数		
6/28	8時	曇				3	15.0	2.5	(2.0)	(5.0)	(4)	3	5	1 6.5 0	1 1 7.7		
	12時	薄曇	7	12:30~12:50		2.5	14.0	2.5	(2.0)	(5.0)	(4)	4	5	1 6.9 0	1 1 7.3	向波で、風浪だけ激しい白波一面	
	16時	曇		1	1 0	4.0	13.0	4.0	(2.0)	(7.0)	(6)	3	4	1 6.2 5	1 1 7.8		
	20時	曇	8,9	22:00~22:50		3.9	11.0	3.9	(2.3)	(5.0)	(10)	3	4	1 6.2 5	1 1 7.4		
	8時	曇		4	1 1	3.5	10.0	3.5	(1.2)	(6.5)	(5)	3	4	1 6.2 5	1 1 7.3		
6/29	12時	薄曇	11	13:00~13:20	8	1 0	4.0	3.5	う風	8.0	(5)	4	6.0	1 6.1 7	1 1 7.1	三種のうねりが混つていいる	
	16時	曇		10	1 0	4.0	4.0	4.0	う風	10.0	(1.0)	5	6.0	1 6.2 5	1 1 7.3		
	20時	曇		10	1 1	4.0	5.0	5.0	う風	13.0	(1.0)	6	4.0	1 6.2 5	1 1 7.2		
6/30	8時	細雨		2	1 1	5.0	7.0	5.0	う風	10.0	(1.0)	7	7.5	4.5	3	1 6.5 0	1 1 7.1
	12時	薄曇	12	12:30~12:50	2	1 0	5.0	7.0	う風	10.0	(1.0)	7	6	6.0	4	1 6.8 2	1 1 7.3
	16時	曇		4	1 0	4.0	10.0	4.0	う風	10.0	(1.0)	6	2.0	7.5	4	1 6.0	1 1 7.7
	20時	薄曇		3	1 1	5.0	9.0	5.0	う風	10.0	(1.0)	6	3	8.2	5	1 6.2 5	1 1 7.3
	8時	曇		2	1 1	4.0	8.0	4.0	う風	10.0	(1.0)	5	3	2.5	2	1 6.2 5	1 1 7.3
7/1	12時	曇	13	12:30~12:50	3	1 1	4.0	8.0	う風	10.0	(1.0)	5	3	7.0	3.0	2	1 6.7 3
	16時	曇		2	1 2	3.0	6.0	4.0	う風	10.0	(1.0)	4	3	10.0	6.0	3	1 6.5 0
	20時	細雨		1	1 1	4.5	10.0	4.5	う風	10.0	(0.8)	1	6	14.0	4.5	3	1 6.5 0
	8時	霧		1	1 1	3.5	5.0	3.5	う風	10.0	(1.0)	5	4	14.0	6.0	4	1 6.5 0
	12時	雨	14	12:30~12:50	1	1 1	4.0	7.0	う風	10.0	(2.0)	5	4	17.0	10.0	5	1 6.9 1
7/2	16時	雨		1	1 2	3.0	5.0	3.0	う風	10.0	(1.0)	5	3	17.0	10.0	5	1 6.0
	20時																

月	日	天候	計測番号	計測時間	横揺(Deg)	波浪			風			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況
						片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階			
7/6	12時	晴			<		うねり風	(1.0)	(3)	(2)	(3)	14.0	5.0	<
	16時	曇			<	うねり風	(0.5)	(1.0)	4.0	1	(3)	14.0	5.5	<
	20時	霧			<	うねり風	(0.5)	(1.0)	1.0	(4)	(1)	10.0	1.0	<
7/7	12時	曇			1 7	うねり風	(4.0)	(9.0)	3	(2)	(2)	12.0	4.5	<
	16時	薄曇		12:50~13:10	2 7	うねり風	(8.0)	(1.0)	1.90	(6)	(4)	12.0	6.0	<
	20時	曇			2 10	うねり風	(8.0)	(1.5)	1.50	(2)	(2)	13.5	7.5	<
7/8	12時	曇			2 7	うねり風	(8.0)	(1.2)	1.80	(5)	(4)	14.0	6.5	<
	16時	細雨			1 10	うねり風	(4.0)	(9.0)	3	(2)	(2)	12.0	6.5	<
	20時	薄曇		12:30~12:50	2 10	うねり風	(3.5)	(8.0)	4.0	(4)	(2)	13.0	7.0	<
7/9	12時	細雨			1 10	うねり風	(4.0)	(8.0)	3	(3)	(3)	13.0	7.0	<
	16時	細雨			1 10	うねり風	(2.0)	5.0	(7)	(4)	(4)	14.0	6.0	<
	20時	薄曇			1 10	うねり風	(1.5)	(4.0)	(6)	(6)	(4)	10.5	2.5	<
7/10	12時	雨			5 10	うねり風	(2.0)	4.0	(7)	(4)	(5)	10.0	7.0	<
	16時	霧			3 10	うねり風	(4.0)	6.0	(2.0)	(6)	(5)	14.0	12.0	<
	20時	細雨			4 10	うねり風	(5.0)	(3.5)	5.0	(7)	(5)	22.0	15.0	<

月	日	天候	計測番号	横揺(Deg)		波浪(上段 うねりによる 下段 風浪による)			風			力		船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況
				片振巾	周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階級	対船方向及び風速(m/s)	絶対船方向及び風速(m/s)	風階級	風力級		
7/11	8時	曇		2	1.0	風 <small>→</small>	1.0.0 (6.0)	1.8.0 (3.0)	(5)	7 (7)	23.5 <small>→</small>	22.0 <small>→</small>	8	7.0	9 1.0	
	12時	薄曇	1.9	12:30~12:50	2 1.0	風 <small>→</small>	1.0.0 (6.0)	1.8.0 (3.0)	(5)	7 (7)	19.0 <small>→</small>	17.0 <small>→</small>	7	1 2.5 7	8 9.5	大波高し、うねり巨大
	16時	曇		8	1.0	風 <small>→</small>	1.0.0 (6.0)	1.9.0 (3.0)	(5)	7 (7)	18.0 <small>→</small>	15.0 <small>→</small>	7	1 1.0	9 2.3	
	20時	曇		2	1.0	風 <small>→</small>	3.9 (2.0)	8.5 (1.0)	(3)	3 (4)	16.0 <small>→</small>	8.0 <small>→</small>	5	1 3.8 7	1 0 1.0	
7/12	8時	曇		2	1.0	風 <small>→</small>	3.9 (1.5)	7.0 (1.0)	(5)	3 (4)	18.5 <small>→</small>	11.5 <small>→</small>	6	1 6.0	1 1 5.8	
	12時	曇	2.0	12:20~12:40	2 1.0	風 <small>→</small>	4.0 (1.5)	7.0 (1.0)	(5)	3 (4)	15.0 <small>→</small>	7.0 <small>→</small>	4	1 4.1 8	1 1 5.9	白波一面
	16時	霧		1	7	風 <small>→</small>	4.0 (1.0)	3.0 (1.0)	(7)	3 (3)	16.0 <small>→</small>	7.0 <small>→</small>	4	1 5.5 0	1 1 6.3	
	20時	霧		2	1.0	風 <small>→</small>	3.0 (1.5)	4.0 (1.0)	(5)	3 (4)	17.0 <small>→</small>	9.5 <small>→</small>	5	1 5.5 0	1 1 6.3	
7/14	8時	霧		2	1.0	風 <small>→</small>	1.9 (0.5)	6.0 (4)	(5)	1 (2)	6.0 <small>→</small>	5.0 <small>→</small>	3	1 6.0	1 1 6.4	
	12時	霧	2.1	14:30~14:50	2 1.0	風 <small>→</small>	2.0 (1.0)	7.0 (5)	(5)	3 (3)	6.0 <small>→</small>	6.0 <small>→</small>	4	1 5.8 4	1 1 6.5	やや風浪あり
	16時	霧		2	1.0	風 <small>→</small>	2.0 (0.5)	2.0.0 (5)	(4)	2 (2)	5.0 <small>→</small>	4.0 <small>→</small>	3	1 6.0	1 1 6.4	
	20時	曇		4	1.0	風 <small>→</small>	1.5 (1.0)	7.0 (7)	(5)	1 (3)	10.0 <small>→</small>	4.0 <small>→</small>	3	1 5.7 5	1 1 6.3	
7/15	8時	曇		3	1.0	風 <small>→</small>	1.5 (0.4)	1.0.0 (3)	(4)	1 (2)	5.0 <small>→</small>	5.0 <small>→</small>	3	1 6.0	1 1 6.5	
	12時	薄曇	2.2	12:30~12:50	3 1.0	風 <small>→</small>	2.5 (0.5)	9.0 (4)	(4)	3 (2)	3.5 <small>→</small>	7.0 <small>→</small>	4	1 5.8 4	1 1 6.4	おだやか
	16時	霧		3	1.0	風 <small>→</small>	2.0 (0.5)	6.0 (4)	(4)	1 (3)	4.0 <small>→</small>	3.5 <small>→</small>	4	1 6.0	1 1 6.4	
	20時	霧		2	1.0	風 <small>→</small>	1.5 (0.4)	6.0 (4)	(4)	1 (2)	3.0 <small>→</small>	4.0 <small>→</small>	3	1 6.0	1 1 6.3	
7/16	8時	曇		2	1.0	風 <small>→</small>	1.5 (0.7)	5.0 (6)	(2)	1 (3)	5.0 <small>→</small>	7.5 <small>→</small>	4	1 6.0	1 1 6.2	おだやか
	12時	薄曇	2.3	12:20~12:40	2 1.0	風 <small>→</small>	1.5 (0.7)	5.0 (6)	(2)	1 (3)	5.0 <small>→</small>	7.5 <small>→</small>	4	1 5.8 4	1 1 6.2	
	16時	曇				風 <small>→</small>	1.5 (1.0)	3.0 (7)	(3)	1 (3)	5.0 <small>→</small>	6.0 <small>→</small>	4	1 5.5 0	1 1 6.2	
	20時	曇		3	1.0	風 <small>→</small>	1.5 (0.8)	3.0 (5)	(2)	1 (3)	4.0 <small>→</small>	7.0 <small>→</small>	4	1 6.0	1 1 6.2	

月	日	天候	計測番号	横擺(Deg)	波浪(上段 うねりによる 下段 風浪による)			風力 級	船速 (kts)	プロペラ 回転数	海象状況	
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階		
7	8	霧		1 10	風	0.2	8.0	( - )	1	8.5 → □	1	1 6.0
	12	晴	12:20~ 12:40	1 10	風	1.0	8.0	( 2 )	( 0 )	10.0 → □	5.0 → □	3 1 6.1 2
	16	曇		1 10	風	1.0	6.0	( 3 )	( 2 )	15.0 → □	8.0 → □	4 1 1 6.9 おだやか
	20	雨		2 10	風	1.5	7.0	( 9 )	( 4 )	15.0 → □	8.5 → □	5 1 5.5 0 1 1 6.6
	8	霧		1 10	風	1.5	6.0	( 5 )	( 2 )	13.0 → □	4.0 → □	4 1 6.5 0 1 1 6.6
7	12	薄曇	12:30~ 12:50	1 10	風	3.0	6.0	( 1.0 )	( 4 )	18.0 → □	12.0 → □	6 1 5.5 9 1 0 8.9 白波一面
	16	晴		1 10	風	3.0	6.0	( 2.0 )	( 4 )	22.0 → □	13.0 → □	6 1 5.0 1 1 5.4
	20	薄曇		3.0	6.0	( 3.0 )	( 2.0 )	( 3 )	( 5 )	20.0 → □	12.0 → □	6 1 6.0 1 1 5.5

表3.1-2 気象および海象観測記録(紀見丸第2次航)

月	日	天候	計測番号	横揺(Deg)	波浪(うねりによる)			風(船の風速による)			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波浪級			
7/26	8	晴		□						□			
	12	晴	26	13:00~13:22	1	8	風	1.0	5.0	1	10.0	1	11.3.6 うろこ状のさざ波
	16	晴			1	8	風	1.0	7.0	1	1.0	2	1.6.2.5 11.3.6 小波
	20	晴			1	10	風	1.0	7.0	1	8.0	3	1.6.5.0 11.3.5 白波点在
7/27	8	晴			4	10	風	2.0	1.50	1	1.0	4.5	
	12	快晴	27	12:27~12:49	4	10	風	3.0	1.70	4	7.5	2.5	1.6.0.0 11.3.5 小波、うねり周期大
	16	晴			4	10	風	3.0	1.70	2	1.0	2.5	1.6.0.0 11.3.5 小波、うねり周期大
	20	晴			3	10	風	2.0	1.30	1	6.5	3.5	1.7.1.1 11.3.6 白波、うねり周期大
7/28	8	霧			3	10	風	3.0	1.00	3	7.0	2.0	1.6.2.5 11.3.6 小波
	12	霧			2	10	風	3.0	1.00	2	1.0	2.0	1.6.0.0 11.3.6 小波
	16	霧			2	10	風	2.0	1.00	3	1.0	2.0	1.6.1.4 11.5.8 "
	20	霧			2	10	風	3.0	1.00	1	1.0	3.0	1.6.2.5 11.5.8 "
7/29	8	曇			3	10	風	2.0	1.00	3	7.0	2.5	1.6.1.4 11.5.8 さざ波
	12	曇	29	12:40~13:00	3	10	風	3.0	1.00	2	1.0	2.0	1.6.2.5 11.5.6 "
	16	晴			2	10	風	2.0	1.00	3	7.0	2.5	1.6.2.5 11.5.6 "
	20	曇			2	10	風	1.5	1.00	1	1.0	2.0	1.6.2.5 11.5.6 "
7/30	8	暴			3	10	風	2.5	8.0	2	8.0	2	1.6.2.5 11.5.7 小波点在
	12	暴			3	10	風	2.0	8.0	3	8.0	2	1.6.2.5 11.5.7 大波、しぶきを生ずる
	16	晴			1	10	風	2.0	1.00	3	3.0	7.0	1.6.5.0 11.5.8 白波一面
	20	暴			2	10	風	1.9	9.5	1	3.0	6.5	1.6.5.0 11.5.8 "
7/31	8	暴			1	10	風	1.5	8.0	1	2.0	4.0	1.6.5.0 11.6.5 "
	12	暴	30	12:30~12:55	1	10	風	1.5	8.0	1	2.0	5.5	1.7.3.2 11.6.6 白波一面
	16	暴			1	7	風	2.0	6.0	1	1.0	5.0	1.6.5.0 11.6.5 白波点在
	20	暴			2	9	風	1.5	7.0	1	3.5	5.5	1.6.5.0 11.6.5 "

月	日	天候	計測番号	横揺(Deg)	波浪(下段 うねりによる) 周期(sec)	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	風力		船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況		
									うねり方向	対船方向及び風速( $m_s$ )					
7/31 (A)	8時	曇		2 1 0	↗ ← 風	1.9 (0.8)	7.0 (2.0)	1 (3)	↗	4.5 $WSW$	3	1 6.5 0	1 1 6.4	白波点在	
	12	霧	31	12:25~ 12:55	1 1 0	↗ ← 風	1.9 (0.8)	7.0 (2.0)	1 (3)	↗	4.5 $W$	3	1 6.6 8	1 1 6.6	"
	16	霧		1 1 0	↓ ← 風	2.0 (0.5)	7.0 (1.0)	1 (2)	→	5.0 $NW$	3	1 6.5 0	1 1 6.6	"	
	20	曇		1 1 0	↓ ← 風	1.9 (0.3)	7.0 (0.8)	1 (1)	→	7.5 $NW$	2	1 6.5 0	1 1 6.5	小波	
	8時	曇		2 1 0	風 ↗ ↓	1.0 (0.4)	6.0 (1.0)	1 (2)	↗	3.5 $ESE$	3	1 6.2 5	1 1 6.5	白波点在	
	12	曇	32	12:28~ 12:50	2 1 0	風 ↗ ↓	1.0 (0.4)	6.0 (1.0)	1 (2)	↗	5.0 $EN\bar{E}$	3	1 6.7 2	1 1 6.5	"
	16	曇		1 7	風 ↗ ↓	1.0 (0.5)	6.0 (1.0)	1 (2)	↗	5.5 $NE$	3	1 6.7 2	1 1 6.5	"	
	20	曇		1 9	風 ↗ ↓	1.0 (0.4)	6.0 (1.0)	1 (2)	↗	6.0 $E$	3	1 6.5 0	1 1 6.6	"	
8/1 (B)	8時	曇		2 9	風 ↗ ↓	1.8 (1.8)	5.0 (5.0)	1 (4)	↗	3.5 $EN\bar{E}$	4	1 6.2 5	1 1 6.5	白波一面	
	12	曇	33	12:35~ 13:00	2 9	風 ↗ ↓	1.8 (1.8)	5.0 (5.0)	1 (4)	↗	3.5 $EN\bar{E}$	4	1 6.4 7	1 1 6.5	"
	16	曇		2 8	風 ↗ ↓	2.0 (2.0)	6.0 (5.0)	2 (3)	↗	4.0 $NE$	4	1 6.5 0	1 1 6.6	"	
	20	霧		3 1 0	風 ↗ ↓	2.7 (2.0)	6.0 (6.0)	3 (3)	↗	4.0 $EN\bar{E}$	4	1 6.5 0	1 1 6.4	"	
	8時	曇		2 1 0	風 ↗ ↓	1.9 (2.3)	7.0 (1.00)	1 (4)	↗	5.5 $EN\bar{E}$	5	1 6.5 0	1 1 6.3	大波、しぶき生まる	
	12	晴	34	13:00~ 13:25	1 8	風 ↗ ↓	1.9 (1.25)	7.0 (8.0)	1 (3)	↗	5.0 $W$	4	1 6.4 7	1 1 6.3	白波一面
	16	曇		1 1 0	風 ↗ ↓	2.0 (1.5)	10.0 (8.0)	2 (2)	→	5.0 $E$	3	1 6.5 0	1 1 6.4	白波点在	
	20	曇		3 1 0	風 ↗ ↓	1.5 (1.0)	9.0 (6.0)	1 (3)	↗	5.5 $W$	2	1 6.5 0	1 1 6.3	小波生まる	
8/3 (C)	8時	曇		1 1 0	風 ↗ ↓	1.8 (0.1)	5.0 (0.5)	1 (1)	↗	6.0 $W$	2	1 6.5 5	1 1 6.4	"	
	12	曇	35	13:20~ 13:45	1 1 0	風 ↗ ↓	1.8 (0.1)	5.0 (0.5)	1 (1)	↗	7.5 $W$	2	1 6.5 0	1 1 6.5	"
	16	晴		2 1 3	風 ↗ ↓	2.0 (0.5)	8.0 (1.0)	1 (2)	↗	7.0 $W$	2	1 6.5 0	1 1 6.4	"	
	20	晴		1 1 1	風 ↗ ↓	1.5 (0.1)	8.0 (0.5)	1 (3)	↗	7.0 $W$	2	1 6.5 0	1 1 6.4	"	

月	日	天候	計測番号	横保(Deg)	波浪(上段うねりによる、下段風浪による)				風力				船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況			
					片周期(sec)	周周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階	浪級	対船方向及び風速(m/s)	絶対方向及び風速(m/s)	風階			
8/4	8	薄曇		2	1.0	1.5	東	(1.2)	7.0	(2)	(3)	1	6.0	SW	4	1.6.7.5	1.1.6.4 白波一面	
	12	晴	36	12:30~12:50	2	1.0	東	(1.2)	7.0	(2)	(3)	1	5.0	SW	3	1.6.9.8	1.1.6.5 白波点在	
	16	晴		2	1.0	1.5	東	(1.5)	7.0	(2)	(4)	1	7.0	SW	5	1.6.7.5	1.1.6.4 中位の波	
	20	快晴		3	1.0	1.8	東	(1.2)	1.3.0	(4)	(3)	1	5.0	SW	4	1.7.0.0	1.1.6.5 白波一面	
	8	晴		5	1.0	1.8	東	(0.4)	1.0.0	(2)	(2)	1	4.0	SW	3	1.7.0.0	1.1.6.5 白波点在	
8/5	12	晴	37	12:40~13:05	5	1.0	東	(0.5)	1.0.0	(3)	(2)	1	4.0	SW	3	1.7.1.9	1.1.6.6 "	
	16	晴		3	1.0	2.0	東	(0.5)	7.0	(2)	(3)	1	4.5	SW	4	1.7.0.0	1.1.6.6 白波点在	
	20	曇		4	1.0	2.0	東	(1.5)	8.0	(4)	(4)	1	5.0	SW	5	1.7.0.0	1.1.6.5 白波しぶきを生ずる	
	8	曇	38	8:40~9:05	5	1.0	3.0	東	8.0	(7.0)	(3)	(4)	3	6.0	SW	5	1.6.7.5	1.1.6.6 "
	12	薄曇	39	12:27~12:50	4	1.0	3.0	東	8.0	(7.0)	(3)	(4)	3	5.0	SW	5	1.7.1.1	1.1.6.6 "
8/6	16	曇		4	1.0	4.0	東	(2.0)	1.0.0	(3)	(4)	3	10.0	NNW	5	1.6.5.0	1.1.6.6 "	
	20	曇		5	1.0	4.0	東	(2.3)	1.0.0	(5)	(4)	3	10.0	NNW	5	1.6.7.5	1.1.6.6 中位の波、うねり大	
	8	晴		4	1.1	2.0	東	(1.0)	2.0.0	(5)	(3)	2	10.0	NNW	5	1.6.7.5	1.1.6.5 "	
	12	晴	40	13:30~13:55	2	1.0	2.0	(0.8)	(1.0)	2.0.0	(4)	2	10.0	NNW	5	1.6.7.5	1.1.6.6 中位の波、うねり大	
	16	薄曇		2	1.0	2.0	東	(0.5)	1.0.0	(7.0)	(3)	1	6.5	SE	4	1.7.0.0	1.1.6.4 白波一面、うねり周期大	
8/7	20	晴	41	23:55~0:15	4	1.0	3.0	(1.0)	1.0.0	(8.0)	(4)	3	2.5	SW	4	1.6.7.5	1.1.6.3 白波点在	
	8	薄曇		2	1.0	3.0	東	(1.0)	7.0	(1)	(3)	3	10.0	NNW	3	1.6.7.5	1.1.6.3 白波一面	
	12	晴	42	12:50~13:15	2	1.0	3.0	(1.0)	7.0	(1)	(3)	3	5.5	SW	1	1.6.4.7	1.1.6.0 海面なめらか	
	16	晴		1	6	1.0	東	(0.1)	2.0.0	(1.0)	(1)	2	3.0	S	2	1.6.5.0	1.1.6.2 小波	
	20	薄曇		1	1.0	1.0	東	(0.1)	2.0.0	(0.5)	(1)	2	1.5	NNW	2	1.6.7.5	1.1.6.0 "	

月	日	天候	計測番号	横幅(Deg)	波浪			風			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波浪級			
8/9	8時 晴			2 10	↗	(0.8)	1.8	7.0	(3)	1	4	1 6.7 5	1 1 5.7
	1.2 晴	43	12:55~13:20	2 10	↖↗	(0.5)	1.8	7.0	(2)	1	5.5	3	1 6.3 4
	1.6 晴			2 13	↖	(0.5)	1.5	7.0	(2)	1	3.5	3	1 6.3 3
	20 晴			3 10	↖↗	(0.4)	1.5	7.0	(1)	1	4.5	3	1 6.3 3
8/10	8時 晴			3 10	↗	(0.1)	1.5	7.0	(3)	1	4.0	3	1 6.7 5
	1.2 晴	44	12:27~12:48	3 10	↖↗	(0.1)	1.5	7.0	(2)	1	4.5	3	1 1 6.1
	1.6 晴			2 10	↗↖	(0.5)	1.5	6.0	(1)	1	2.0	2	1 6.7 5
	20 晴			7 10	↖	(0.1)	3.0	2.10	(2)	1	2.5	2	1 6.6 8
8/11	8時 晴			5 10	↗↖	(0.1)	4.0	2.50	(1)	5	2.5	2	1 6.6 2
	1.2 薄曇	45	12:25~12:47	3 10	↖↗	(1.1)	3.0	1.50	(2)	1	3.5	3	1 6.7 5
	1.6 晴			3 14	↗	(0.5)	2.0	2.00	(1)	2	1.5	1	1 1 6.1
	20 晴			7 10	↖	(0.1)	2.0	2.20	(1)	4	2.0	2	1 6.8 1
8/12	8時 晴			3 10	↗	(0.1)	1.8	2.00	(1)	2	2.0	2	1 6.5 0
	1.2 晴	46	12:30~12:50	3 10	↖↗	(0.1)	1.8	2.00	(1)	5	2.0	2	1 6.5 0
	20 ル			10 10	↖	(2.0)	3.0	1.30	(1)	2	0.5	1	1 6.2 5
	8時 ル			3 10	↖↗	(1.3)	3.0	1.00	(4.)	3.0	0.5	2	1 6.5 0
8/13	1.2 雨	47	12:25~12:45	3 10	↖↗	(0.4)	3.0	7.0	(2)	3	1.0	3	1 1 5.9
	1.6 曇			2 10	↖↗	(1.5)	1.0	2.00	(1)	4	1.0	4	1 6.5 0
	20				↗					↗	1.0	3	1 1 5.7
					↗					↗	1.0	3	1 6.2 5

月	日	天候	計測番号	横罫(Deg)		波浪(上段うねり(よる)下段風浪(よる))			風力			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況		
				周期片	周期振巾(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階級	対船方向及ひ風速( $m/s$ )	絶対方向及ひ風速( $m/s$ )				
8/15	8時	晴	48	9:05~9:30	1 9	風 <small>↗</small>	3.0	8.0	(4)	3	↗	5	1.6.0.0	1.1.3.9	風強く風浪高し	
	12時	晴	49	12:55~13:20	1 9	風 <small>↗</small>	3.0	8.0	(3)	3	↗	5	1.6.0.5	1.1.3.6	"	
	16時	晴		2 7	風 <small>↗</small>	4.0	7.0	(1.0.0)	(3)	3	↗	5	1.5.5.0	1.1.3.1		
	20時	晴		2 7	風 <small>↗</small>	3.0	7.0	(1.5.0)	(2)	3	↗	5	1.5.7.5	1.1.3.1		
8/16	8時	晴		1 10	風 <small>↗</small>	1.0	9.0	(2.0)	(2)	1	↗	5	1.6.0.0	1.1.4.7		
	12時	晴	50	12:30~12:50	1 10	風 <small>↗</small>	3.5	9.0	(4)	3	↗	5	1.6.3.8	1.1.3.4	やや高い白浪がある	
	16時	晴		1 7	風 <small>↗</small>	3.0	7.0	(3.0)	(2)	3	↗	6	1.6.5.0	1.1.4.4		
	20時	晴		1 10	風 <small>↗</small>	2.0	7.0	(2.0)	(2)	3	↗	5	1.6.7.5	1.1.4.6		
8/17	8時	晴		3 8	風 <small>↙</small>	1.5	7.0	(1.5)	(2)	1	↗	5	1.6.5.0	1.1.4.7		
	12時	晴	51	12:30~12:52	3 8	風 <small>↙</small>	3.0	8.0	(5.0)	(3)	3	↗	4	1.7.1.5	1.1.4.8	やや高い白浪がある
	16時	晴		3 8	風 <small>↙</small>	0.5	7.0	(0.5)	(1)	3	↗	3	1.7.0.0	1.1.4.7		
	20時	晴		3 10	風 <small>↙</small>	1.8	6.0	(2.0)	(2)	1	↗	3	1.6.7.5	1.1.5.0		
8/18	8時	晴		3 10	風 <small>↙</small>	0.5	7.0	(0.5)	(3)	2	↗	3	1.6.7.9	1.1.5.2	小さな風浪あり	
	12時	晴	52	12:25~12:47	2 10	風 <small>↙</small>	1.7	2.0.0	(2.0)	(3)	2	↗	3	1.7.0.0	1.1.5.4	
	16時	曇		3 9	風 <small>↙</small>	0.5	2.1.0	(1.0)	(1)	1	↗	3	1.6.5.0	1.1.5.3		
	20時	曇		1 10	風 <small>↙</small>	1.5	1.8.0	(0.5)	(2)	1	↗	3	1.6.7.7	やや風浪あり		
8/29	8時					風 <small>↗</small>				↗						
	12時	薄曇	53	12:40~13:02		風 <small>↗</small>	0.5	9.5	(1.0)	(1)	3	↗	3	1.3.6.7		
	16時	晴				風 <small>↗</small>	2.0	8.0	(1.0)	(1)	3	↗	2	1.5.5.0	1.1.4.3	
	20時	晴				風 <small>↗</small>	1.5	8.0	(0.1)	(1)	1	↗	1	1.5.5.0	1.1.6.8	

月	日	天候	計測番号	横揺(Deg)		波浪(上段 うねりによる 下段 風浪による)		風力		船速(kts)	回転数	海象状況	
				片周期(sec)	周方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階	浪級			
8/30	8 晴			1 1.0	東	(1.5)	1.00	1	(3)	9.0	4	1 6.5 0	1 1 6.3
	12 晴	54 12:25~	1 1.0	東	東	(0.8)	(2.0)	(1)	(3)	9.0	4	1 6.5 0	1 1 6.3
	16 晴	54 12:47	1 1.0	東	東	(1.5)	1.00	1	(2)	8.0	2	1 5.9 2	1 1 6.4 おだやか
	20 晴		2 1.0	東	東	(0.5)	(1.0)	(1)	(1)	8.0	1	1 7.0 0	1 1 6.5
	8 晴		1 1.0	東	東	(2.0)	1.00	1	(1)	8.0	1	1 7.0 0	1 1 6.5
8/31	12 晴	55 12:27~	1 1.0	東	東	(0.3)	(1.0)	(1)	(1)	8.0	1	1 7.0 0	1 1 6.5
	16 晴	55 12:49	1 1.0	東	東	(1.0)	(1.0)	(1)	(2)	7.0	3	1 7.0 0	1 1 6.5
	20 晴		1 1.0	東	東	(0.5)	(1.0)	(1)	(2)	7.0	4	1 5.0 0	1 1 6.3
	8 晴		1 1.0	東	東	(5.0)	(5.0)	(3)	(3)	7.0	4	1 5.9 6	1 1 6.7 やや風浪あり
	16 晴		1 1.0	東	東	(5.0)	(5.0)	(3)	(3)	7.0	4	1 5.5 0	1 1 6.6
9/1	20 晴		1 1.0	東	東	(2.0)	1.00	1	(3)	7.0	4	1 6.0 0	1 1 6.5 やや風浪あり
	8 晴		1 1.0	東	東	(1.0)	(1.0)	(2)	(2)	7.0	4	1 5.9 6	1 1 6.8 やや風浪あり
	12 晴	56 12:35~	1 1.0	東	東	(1.5)	1.00	1	(3)	7.0	4	1 6.0 0	1 1 6.5
	16 晴	56 13:00	1 1.0	東	東	(1.0)	(1.5)	(2)	(2)	7.0	4	1 5.9 6	1 1 6.8 やや風浪あり
	20 快晴		1 1.0	東	東	(0.5)	(1.0)	(1)	(2)	6.5	4	1 6.0 0	1 1 6.5
9/2	8 晴		1 1.0	東	東	(1.5)	8.0	1	(2)	7.0	2	1 6.0 0	1 1 6.5
	12 晴	57 12:28~	1 1.0	東	東	(1.5)	1.00	1	(4)	7.5	4	1 6.0 0	1 1 6.7
	16 晴		1 1.0	東	東	(1.5)	8.0	1	(3)	7.0	4	1 5.5 0	1 1 6.8
	20			東	東	(1.0)	(1.0)	(1)	(3)	7.0	4	1 6.6 2	1 1 6.7
	8 晴			東	東	(1.0)	(1.0)	(1)	(3)	7.0	4	1 6.6 3	1 1 6.7 小さな風浪あり
9/4	12 晴	薄雲		東	東	(1.0)	4.0	1	(2)	7.0	4	1 6.0 0	
	20 曇		2 7	東	東	(0.5)	(1.0)	(1)	(2)	7.0	4	1 6.0 0	

月	日	天候	計測番号	計測時間	横搖(Deg)	波浪(上段 うねりによる 下段 風浪による)			風	力	船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況	
						片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波浪級	対船方向及U風速(m/s)	風力級	
9/5	8	時 曇		4 1 0	↗風	2.5 (0.5)	1.0 0 (1.5)	(1)	(1)	3 (2)	2.5 →□	↗W ↗NW	3	1.5 5 0 1 1 5 3
	12	薄曇	5.8 12:40~13:00	4 1 0	↗風	2.5 (0.5)	1.0 0 (1.5)	(1)	(2)	3 (2)	2.5 →□	↗W ↗NW	3	1.5 5 2 1 0 4 1 うねりやや大
	16	薄曇		2 1 0	↗風	2.0 (0.5)	6.0 (1.5)	(1)	(2)	1 (2)	2.0 →□	↗W ↗NW	3	1.5 5 0 1 0 6 4
	20	薄曇		2 1 0	↗風	2.5 (0.5)	8.0 (2.0)	(1)	(2)	3 (2)	1.5 →□	↗W ↗NW	3	1.6 0 0 1 1 7 1
9/6	8	時 曇		4 1 1	↗風	2.5 (0.5)	6.0 (2.5)	(2)	(2)	3 (2)	7.0 →□	↗W ↗NW	2	1.5 5 0 1 1 6.7
	12	薄曇	5.9 12:30~12:53	4 1 1	↗風	3.0 (0.5)	8.0 (2.0)	(2)	(2)	3 (2)	6.0 →□	↗W ↗NW	2	1.6 5 3 1 1 7.1 うねりやや大
	16	晴		4 1 0	風	3.0 (0.5)	7.0 (2.0)	(1)	(2)	3 (2)	8.5 →□	↗SW ↗NW	2	1.6 0 0 1 1 7.1
	20	晴		4 1 1	風	3.0 (0.1)	8.0 (0.5)	(1)	(1)	3 (1)	10.0 →□	↗W ↗NW	2	1.6 0 0 1 1 7.2
9/7	8	時 曇		5 1 0	風	2.5 (1.5)	8.0 (4.0)	(2)	(4)	3 (4)	10.0 →□	↗W ↗NW	2	1.6 2 5 1 1 7.2
	12	薄曇	6.0 12:30~12:53	5 1 0	風	4.0 (1.5)	9.0 (4.0)	(3)	(3)	3 (3)	16.0 →□	↗W ↗NW	4	1.6 2 5 1 1 7.2
	16	曇		5 1 0	風	3.0 (1.5)	9.0 (3.0)	(2)	(3)	3 (3)	13.5 →□	↗W ↗NW	4	1.6 0 0 1 1 6.2
	20	曇		5 1 0	風	2.5 (0.5)	9.0 (1.0)	(2)	(2)	3 (2)	16.0 →□	↗W ↗NW	5	1.6 3 3 1 1 6.2 白浪一面
9/8	8	時 晴		4 1 0	↗風	2.0 (0.1)	1.0 0 (0.5)	(1)	(1)	3 (1)	13.5 →□	↗W ↗NW	4	1.6 0 0 1 1 6.9
	12	晴	6.1 12:30~12:55	4 1 0	↗風	2.0 (0.1)	1.0 0 (0.5)	(1)	(1)	3 (1)	2.0 →□	↗W ↗NW	2	1.6 0 0 1 1 6.9
	16	晴		4 1 0	↗風	2.0 (0.1)	1.0 0 (0.5)	(1)	(1)	3 (1)	7.5 →□	↗S ↗SW	1	1.6 2 0 1 1 6.8 うねりやや大
	20	晴		2 1 0	↗風	1.5	8.0			1 (1)	8.0 →□	↗W ↗NW	1	1.6 0 0 1 1 6.9
9/9	8	時 晴		4 1 0	↗風	2.5 (0.5)	7.0 (1.0)	(1)	(2)	3 (2)	11.0 →□	↗W ↗NW	3	1.5 7.5 1 1 6.2
	12	晴	6.2 12:40~13:05	4 1 0	↗風	2.5 (0.5)	7.0 (1.0)	(1)	(2)	3 (2)	12.0 →□	↗W ↗NW	3	1.6 1 2 1 1 6.2 うねりやや大
	16	晴		4 1 0	↗風	2.0 (0.5)	2.0 0 (1.0)	(1)	(2)	2 (2)	11.0 →□	↗S ↗SW	3	1.6 0 0 1 1 6.2
	20	快晴		3 1 1	↗風	1.5 (0.1)	1.5 0 (0.5)	(1)	(1)	1 (1)	11.0 →□	↗S ↗SW	2	1.6 0 0 1 1 6.4

月 日	天候	計測時間	横搖(Deg)	波浪			風			船速(kts)	アロペラ回転数	海象状況
				片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階			
8	快晴		3 1 0	うねり風	1.9 (0.1)	1.5 0 (0.5)	(1)	1	9.5 3.0	~	2	1 6.0 0 1 1 6.5
12	晴	6 3 12:30~	3 1 0	うねり風	1.9 (0.5)	1.5 0 (1.0)	(1)	1	8.0 3.5	NNE	3	1 6.2 4 1 1 6.4 おだやか
9/10 16	晴		4 1 0	うねり風	2.0 (0.5)	1.5 0 (1.0)	(1)	1	8.0 3.5	NNE	3	1 6.0 0 1 1 6.5
20	快晴		3 1 0	うねり風	1.9 (0.5)	1.5 0 (1.0)	(1)	1	7.5 4.5	NNE	3	1 6.0 0 1 1 6.2
8	晴		2 1 0	うねり風	1.5 (0.5)	1.0 0 (1.0)	(1)	1	8.0 4.5	NNE	3	1 6.0 0 1 1 6.1
12	薄曇	6 4 12:50~	2 1 0	うねり風	1.5 (0.7)	1.0 0 (1.0)	(1)	1	8.0 6.0	NNE	4	1 6.2 0 1 1 6.1 やや風浪あり
9/11 16	曇		3 1 0	うねり風	2.0 (0.8)	2.0 0 (1.0)	(1)	2	8.0 5.5	NNE	4	1 6.0 0 1 1 6.1 やや風浪あり
20	曇		3 1 0	うねり風	2.0 (1.0)	2.0 0 (3.0)	(1)	2	8.0 5.5	NNE	4	1 6.0 0 1 1 6.2
8	曇		3 1 1	うねり風	2.0 (1.0)	2.0 0 (3.0)	(1)	2	8.0 6.0	NNE	4	1 6.0 0 1 1 6.1
12	晴	6 5 12:25~	3 1 0	うねり風	2.0 (0.5)	2.0 0 (2.0)	(1)	2	8.0 5.0	NNE	3	1 6.2 4 1 1 6.3 うねり有り
9/12 16	晴		1 1 0	うねり風	2.0 (0.8)	1.0 0 (2.0)	(1)	1	8.0 5.0	NNE	4	1 6.0 0 1 1 6.2
20	曇		2 1 0	うねり風	1.9 (0.5)	1.0 0 (1.0)	(1)	1	7.5 4.5	NNE	3	1 6.0 0 1 1 6.2
8	曇		3 1 0	うねり風	1.5 (0.1)	1.0 0 (0.5)	(1)	1	8.0 5.0	NNE	4	1 6.0 0 1 1 6.3 うねり有り
12	曇	6 6 12:25~	5 7	うねり風	2.5 (0.1)	9.5 (0.5)	(1)	3	8.0 1.0	NNE	1	1 6.0 0 1 1 6.3
9/13 16	曇		7 1 0	うねり風	3.5 (0.8)	1.0 0 (1.5)	(1)	3	8.0 7.5	NNE	1	1 6.2 4 1 1 6.3 うねりやや大
20	曇		6 1 0	うねり風	3.5 (0.5)	1.0 0 (1.5)	(2)	3	8.0 4.0	NNE	3	1 6.0 0 1 1 6.5
8	晴		4 1 0	うねり風	2.5 (0.9)	1.0 0 (3.0)	(3)	3	8.0 6.5	E	4	1 6.0 0 1 1 6.4
12	晴	6 7 12:30~	4 1 0	うねり風	2.5 (1.0)	1.0 0 (3.0)	(3)	3	8.0 7.0	E	4	1 6.2 0 1 1 6.5 白浪一面
9/14 16	晴		4 1 0	うねり風	3.0 (1.0)	1.0 0 (2.0)	(1)	3	8.0 6.5	E	4	1 6.0 0 1 1 6.5
20	晴		3 1 0	うねり風	3.0 (1.0)	1.0 0 (3.0)	(3)	3	8.0 7.0	E	4	1 6.0 0 1 1 6.5

月	日	天候	計測番号	計測時間	横揺(Deg)	波浪			風力			海象状況			
						片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階	浪級	対船方向及び風速(m/s)	絶対方向及び風速(m/s)	風階
9/15	8 晴			1 10	←風	1.9 (0.5)	↑2.0 (1.0)	(2)	(2)	1 (1)	5.5 ↗	E 3.0	←E 3	1.6.0.0	1.1.6.4
	12 スコール 68 12:30~ 12:50	1 10	←風	1.9 (0.1)	↑1.0 (0.5)	(1)	1 (1)	↗	↗	1 (1)	↗ 2.0	NW 2.0	1 1.6.3.3	1.1.6.3	おだやか
	16 晴	1 10	←風	2.0 (0.5)	↑1.5.0 (0.5)	(1)	1 (1)	↗	↗	1 (1)	8.5 ↗ 2.0	WW 2.0	1 1.6.0.0	1.1.6.2	
9/16	20 晴	2 10	→風	1.8 (0.1)	↑1.0.0 (0.5)	(1)	1 (1)	↗	↗	1 (1)	7.5 ↗ 2.0	NNW 2.0	1 1.6.0.0	1.1.6.4	
	8 晴	2 10	風	1.8 (0.5)	6.0 (1.5)	(2)	1 (2)	↗	↗	1 (2)	↗ 3.5	↙ 3	1 1.6.0.0	1.1.6.2	
	12 晴 69 12:38~ 13:00	2 8	→→風	1.8 (0.5)	6.0 (1.0)	(1)	1 (1)	↗	↗	1 (1)	↗ 1.5	↙ 1	1 1.6.2.9	1.1.6.3	おだやか
9/17	16 晴	1 10	→→風	2.0 (1.0)	7.0 (1.0)	(1)	1 (1)	↗	↗	1 (1)	↗ 5.0	↖ 5.0	1 1.6.0.0	1.1.6.8	
	20 晴 70 24:00~ 0:20	4 10	→→風	2.5 (0.5)	↑1.5.0 (1.0)	(2)	3 (2)	↗	↗	1 (1)	↗ 5.0	↖ 5.0	3 1.6.5.5	1.1.6.7	うねりやや大
	8 晴	4 10	→→風	3.0 (1.0)	1.0.0 (2.0)	(2)	3 (2)	↗	↗	1 (2)	↗ 4.0	↖ 4.0	3 1.6.0.0	1.1.6.8	
9/18	12 晴 71 12:35~ 13:00	4 10	→→風	3.0 (1.0)	1.0.0 (2.0)	(2)	3 (2)	↗	↗	1 (2)	↗ 5.0	↖ 5.0	3 1.6.3.7	1.1.6.6	うねりやや大
	16 晴	2 10	→→風	2.0 (1.0)	8.0 (1.5)	(1)	1 (1)	↗	↗	1 (1)	↗ 5.0	↖ 5.0	4 1.6.0.0	1.1.5.9	
	20 晴	3 10	→→風	3.0 (1.5)	1.2.0 (5.0)	(4)	3 (4)	↗	↗	1 (4)	↗ 5.0	↖ 5.0	5 1.6.4.6	1.1.6.6	
9/19	8 晴	2 10	→→風	1.9 (1.0)	7.0 (3.0)	(2)	1 (3)	↗	↗	1 (3)	↗ 5.0	↖ 5.0	4 1.6.2.1	1.1.6.7	
	12 薄曇 72 12:25~ 12:50	2 10	→→風	1.9 (0.5)	7.0 (2.0)	(1)	1 (2)	↗	↗	1 (2)	↗ 3.0	↖ 3.0	3 1.6.2.0	1.1.6.9	おだやか
	16 晴	2 10	→→風	1.9 (0.5)	7.0 (2.0)	(1)	1 (2)	↗	↗	1 (2)	↗ 2.5	↖ 2.5	3 1.6.0.0	1.1.6.9	
9/20	20 快晴	2 10	→→風	1.9 (0.5)	7.0 (2.0)	(1)	1 (2)	↗	↗	1 (2)	↗ 3.5	↖ 3.5	3 1.6.0.0	1.1.6.5	
	8 曇	3 10	風	2.5 (1.8)	1.0.0 (5.0)	(2)	3 (4)	↗	↗	3 (4)	↗ 8.5	↖ 8.5	5 1.5.7.5	1.1.6.3	やや高い白浪あり
	12 曇 73 12:30~ 12:50	4 10	風	3.0 (3.0)	1.0.0 (5.0)	(3)	3 (5)	↗	↗	3 (5)	↗ 13.0	↖ 13.0	6. 4	1.5.5.0	1.1.5.5
9/21	16 曇	4 10	風	3.5 (2.0)	1.0.0 (5.0)	(2)	3 (4)	↗	↗	3 (4)	↗ 9.0	↖ 9.0	5 1.5.7.5	1.1.5.9	
	20 薄曇 74 23:35~ 24:00	3 10	→→風	2.5 (2.0)	1.0.0 (5.0)	(2)	3 (4)	↗	↗	3 (4)	↗ 6.0	↖ 6.0			

月	日	天候	計測番号	横搖(Deg)	波浪				風力				船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況	
					周期片 振巾(sec)	周期うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階	浪級	対船方向及く風速(m/s)	絶対方向及く風速(m/s)	風階	力級	
9/21	8時	曇		10 1 1	うねり風	3.5 (4.0)	1.2 0 (1.00)	1.0 (3)	4 (6)	6.0	4	14.0 ENE	6	1 5.7 5	1 1 5.5	
	12時	雨	12:40~13:05	10 1 0	うねり風	4.0 (4.0)	1.2 0 (1.00)	1.0 (3)	4 (6)	6.5	4	14.0 ENE	7	1 5.6 3	1 1 5.3	高い白波
	16時	雨		10 1 0	うねり風	4.0 (4.0)	1.2 0 (1.00)	1.0 (3)	4 (6)	9.0	4	13.5 ENE	7	1 5.5 0	1 1 4.9	
	20時	曇		10 1 0	うねり風	5.0 (4.0)	1.3 0 (1.00)	1.0 (3)	7 (6)	7.5	4	13.5 ENE	7	1 5.5 0	1 1 4.7	
9/22	8時	晴		3 1 0	うねり風	3.5 (2.6)	1.5 0 (5.0)	1.5 (3)	3 (5)	6.0	4	10.5 NE	5	1 6.0 0	1 1 6.0	
	12時	晴	12:30~12:50	3 1 0	うねり風	3.0 (1.5)	1.2 0 (3.0)	1.0 (3)	3 (4)	4.0	4	9.0 ENE	5	1 6.0 4	1 1 6.2	白浪一面
	16時	晴		3 1 0	うねり風	3.0 (1.5)	1.5 0 (3.0)	1.0 (3)	3 (5)	6.0	4	7.5 ENE	4	1 6.0 0	1 1 6.2	
	20時	晴		3 1 1	うねり風	3.5 (2.6)	1.3 0 (3.0)	1.5 (3)	3 (4)	6.0	4	8.5 ENE	5	1 6.0 0	1 1 6.3	
9/23	8時	晴		1 1 0	うねり風	1.8 (1.0)	7.0 (2.5)	1.0 (2)	1 (3)	5.0	4	7.5 ENE	4	1 6.0 0	1 1 6.2	
	12時	晴	12:35~12:57	1 1 0	うねり風	1.8 (1.0)	7.0 (2.5)	7 (2)	1 (3)	4.0	4	5.0 ENE	5	1 6.0 0	1 1 6.3	
	16時	快晴		1 1 0	うねり風	1.5 (1.0)	6.0 (2.5)	7 (2)	1 (3)	4.0	4	7.5 ENE	4	1 6.0 0	1 1 6.6	
	20時	晴		2 1 0	うねり風	1.8 (1.0)	6.0 (2.5)	8 (2)	1 (3)	4.0	4	5.0 ENE	4	1 5.5 5	1 1 6.7	やや風浪あり
9/24	8時	晴		1 1 0	うねり風	1.5 (0.8)	1.0 0 (1.5)	1.0 (2)	1 (3)	7.5	4	4.0 SE	3	1 6.0 0	1 1 6.7	
	12時	晴	12:25~12:48	1 1 0	うねり風	1.5 (0.8)	1.0 0 (1.5)	1.0 (2)	1 (3)	9.0	4	4.5 SSE	3	1 5.6 7	1 1 6.7	やや風浪あり
	16時	霧雨		2 1 0	うねり風	1.5 (0.8)	1.0 0 (1.5)	1.0 (2)	1 (3)	5.5	4	5.5 SW	4	1 5.7 5	1 1 6.5	
	20時	晴		3 1 0	うねり風	1.9 (1.0)	1.0 0 (3.0)	1.0 (2)	3 (3)	5.5	4	6.0 SSW	4	1 6.0 0	1 1 6.7	
9/25	8時	雨		2 1 0	うねり風	2.0 (1.0)	8.0 (3.0)	8 (2)	1 (3)	5.0	4	6.5 ENE	4	1 5.5 0	1 1 6.5	
	12時	薄曇	12:25~12:50	2 1 0	うねり風	2.0 (1.0)	8.0 (3.0)	8 (2)	1 (3)	9.0	4	7.5 NE	4	1 5.3 5	やや風浪あり	
	16時			2 0									4			

表3.1-3 気象および海象観測記録(紀見丸第3次航)

月 日	天候	計測番号	計測時間	横搖(Deg)	波			風			力			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況		
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	周期(sec)	波長(m)	浪級	対船方向	絶対風速(ms)	及び風速(ms)	階級				
12/7	時8			▽				▽			▽							
	12 晴		0	△風(0.3)	0.5	20	4	(4)	10	△	W△	6	17.0	115.8	白浪一面			
	16 晴		0	△風(0.5)	1.0	70	7	(2)	(5)	△	W△	4	17.0	116.2	"			
	20 晴			▽				2.5	2.0	△	W△	5	18.0	116.3	"			
	時8		0	△風(4.0)	—	(50)	(7)	(5)	11.0	△	W△	7	17.0	116.1	白浪高し			
	12 晴		0	△風(1.0)	2.0	30	7	(3)	5.0	△	N△	3	17.0	116.6	白浪点在			
12/8	16 晴		1.0	8.0	△風(1.0)	1.5	100	(15)	(3)	7	11.0	△	4.5	4.5	"			
	20 晴		3.0	11.0	△風(3.0)	—	(30)	(5)	—	—	WWW	4	17.0	115.7	"			
	時8		10.0	10.5	△風(2.0)	6.0	100	(4)	(30)	8	7	△	2.0	2.0	5	16.6	115.8	
	12 晴		11.0	10.0	△風(3.0)	7.0	100	(4)	(30)	10	7	△	12.0	12.0	8	15.5	112.3	
	16 雪		6.0	10.0	△風(6.0)	7.0	150	(4)	(30)	10	7	△	18.0	18.0	9	15.5	111.4	
	20 晴		5.0	10.0	△					8	△	13.0	13.0	19.0	9	15.5	111.4	
12/9	時8		8.0	10.0	△風(4.0)	1.00	170	(5)	(30)	11	7	△	W△	W△	8	15.5	112.2	
	12 晴		3.0	15.0	△風(8.9)	1.00	170	(5)	(30)	11	7	△	10.5	10.5	7	16.5	112.2	
	16 雪		7.0	13.0	△風(8.0)	1.20	190	(5)	(30)	13	7	△	W△	W△	7	16.5	112.2	
	20 快晴		10.0	10.0	△	1.00	190	(5)	(40)	13	7	△	16.0	16.0	21.0	8	15.25	113.7
	時8		5.0	11.0	△風(6.0)	1.60	150	(5)	(30)	11	7	△	16.0	16.0	22.0	9	14.75	101.2
	12 スコール									7	△	16.0	16.0	22.0	9	14.0	108.5	
12/11	12 快晴		5.0	10.0	△風(5.0)	7.0	150	(5)	(40)	8	△	14.0	14.0	19.0	8	14.50	105.1	
	16 曇		4.0	10.0	△風(4.0)	8.0	130	(4)	(20)	11	7	△	14.0	14.0	21.0	8	14.0	105.9
	20 雨		4.0	10.0	△	7.0	190	—	—	13	6	△	W△	W△	7	15.75	114.2	

月	日	天候	計測時間	横揺(Deg)	波浪(下段)			波浪(上段)			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	階級			
12/12	8 晴		2.0 10	←風 (2.0)	4.0	100	7	4	5.0 ↗	W ↗	5	16.0	11 4.8 白浪一面
	12 晴		2.0 10	↖風 (2.0)	4.0	100	7	4	5.0 ↗	W ↗	5	15.5	11 4.7 "
	16 晴		0	風↗ (0.5)	3.0	70	6	3	2.5 ↗	ENE ↗	3	15.7 5	11 4.6 白浪点在
	20 晴		0	風↗ (0.5)	3.0	100	7	3	2.5 ↗	ENE ↗	4	15.7 5	11 4.6
(A) 12/13	8 晴		0	風↗ (0.5)	2.0	100	8	1	10.0 ↗	NNW ↗	3	16.2 5	11 5.0 さざなみわざか
	12 雪		0	風↗ (0.5)	2.0	100	9	4	10.0 ↗	NW ↗	5	16.1 3	11 5.1 白浪一面
	16 晴		2.0 10	↖風 (1.5)	3.0	70	7	3	—	WNW ↗	5	16.5 0	11 5.1 "
	20 晴		0	↖風 (2.0)	—	—	—	—	10.0 ↗	WNW ↗	5	16.5 0	11 6.1 "
(B) 12/13	8 晴		0	↖風 (2.0)	—	—	—	—	—	WNW ↗	6	16.5 0	11 6.1
	12 晴		1.0 10	↖風 (1.5)	3.0	80	7	5	5.0 ↗	WNW ↗	6	16.7 5	11 6.1 白浪高し
	16 晴		0	↖風 (1.5)	2.0	70	7	1	5.0 ↗	WNW ↗	5	16.7 5	11 5.8 白浪一面
	20 快晴		0	↖風 (2.0)	—	—	—	—	2.5 ↗	W ↗	4	16.5 0	11 6.0
	8 晴		0	↖風 (2.0)	2.0	80	8	2	—	WNW ↗	5	16.5 0	11 6.2 白浪一面
	12 晴		0	↖風 (2.0)	2.0	80	9	3	3.0 ↗	WNW ↗	5	16.5 5	11 6.1 "
	16 晴		2.0 10	↖風 (2.5)	3.0	100	7	3	10.5 ↗	WNW ↗	6	16.5	11 6.1 "
	20 晴		0	↖風 (2.0)	—	—	—	—	14.5 ↗	WNW ↗	6	16.5	11 6.2 白浪高し
12/14	8 晴		0	↖風 (2.0)	3.0	30	3	5	14.5 ↗	WNW ↗	6	16.5	11 6.2
	12 晴		0	↖風 (3.0)	4.0	100	8	4	12.0 ↗	WNW ↗	6	16.0	11 6.2 白浪高し
	16 晴		4.0 12	↖風 (3.0)	4.0	100	8	4	11.0 ↗	WNW ↗	7	16.0	11 5.8 "
	20 晴		8.0 10	↖風 (3.0)	4.0	150	10	4	12.0 ↗	WNW ↗	7	16.0	11 5.7

月	日	天候	計測時間	横幅(Deg)	波浪				風力				船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況			
					片周期(sec)	周周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階	対向及び風速(V <sub>s</sub> )	絶対方向	風向	階級			
12/16	8時	晴		8.0	1 1	5.0	風	5.0	1.0	(7)	6	NW	14.0	↗	8	1.5.0	1 1 4.0	
	12時	曇		14.0	1 0	6.0	風	(4.0)	(2.0)	(3)	1.0	14.0	↗	14.0	↖	8	1.5.7.4	1 1 1.9
	16時	曇		10.0	1 2	8.0	風	(5.0)	(2.0)	(4)	1.0	11.5	↗	13.0	↖	8	1.5.7.4	白浪高く船体が大きくなる
	20時	曇		10.0	1 0	7.0	風	(6.0)	(3.0)	(4)	1.2	11.0	↗	13.0	↖	8	1.4.2.5	"
	8時	晴		5.0	1 1	4.0	風	(6.0)	(3.0)	(4)	1.1	10.0	↗	13.0	↖	7	1.6.0	1 1 1.8
	12時	雨		5.0	1 1	4.0	風	(2.0)	(2.0)	(3)	1.0	10.0	↗	13.5	↖	6	1.5.0	1 1 1.7
	16時	晴		3.0	1 0	4.0	風	(2.0)	(2.0)	(3)	0.9	9	↗	13.5	↖	5	1.4.8	白浪一面
12/17	20時	曇		4.0	1 0	4.0	風	(1.5)	(2.5)	(2)	0.7	7	↗	14.5	↗	5	1.5.5	1 1 1.9
	8時	快晴		0		(1.0)	風	(1.5)	(2)	(2)	0.6	6	↗	10.0	↗	3	1.5.5	"
	12時			(0.5)		(2.0)	風	(0.5)	(4)	(1)	0.6	7	↗	11.0	↗	3	1.5.5	1 1 1.8
	16時						風						↗	12.0	↗			
	20時						風						↗	11.5	↗			
12/18	8時						風						↗	10.0	↗			
	12時						風						↗	11.0	↗			
	16時						風						↗	11.5	↗			
	20時						風						↗	12.0	↗			
	24時						風						↗	11.5	↗			
12/20	8時						風						↗	10.0	↗			
	12時						風						↗	11.0	↗			
	16時						風						↗	11.5	↗			
	20時						風						↗	12.0	↗			
	24時						風						↗	11.5	↗			
12/21	8時	晴		1.0	7	4.0	風	(3.0)	(1.5)	(8)	4	5	↗	6.0	↗	4	1.5.0	1 1 4.1
	12時	曇		1.0	1 0	3.0	風	(3.0)	(2.0)	(8)	1.0	5	↗	7.0	↗	6	1.4.0	白浪が一面に生じ波頭がくずれはじめる
	16時	曇		1.0	1 0	4.0	風	(2.0)	(3.0)	(7)	0.8	3	↗	6.0	↗	5	1.4.2.7	1 1 2.9
	20時	曇		1.0	1 0	—	風	(1.0)	(1.0)	(2)	—	2	↗	14.0	↗	4	1.5.0	1 1 4.4
	24時						風						↗	13.0	↗	4	1.5.0	1 1 5.1

月	日	天候	計測時間	横幅(Deg)	波浪(うねりによる)			風力			海象状況	
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階級	対船方向及び風速(m/s)	絶対風速(m/s)
12/22	8	晴	8時	4.0 10 うねり風	5.0 (2.5)	5.0 (2.0)	8 (3)	6 (5)	2.2 NW	8 NW	9.0	10 3.5
	12	晴	2.0	10 うねり風	7.0 (4.0)	1.0 0 (3.0)	8 (6)	7 (4)	2.0 NW	7 NW	8.0	10 1.8
	16	晴	2.0	10 うねり風	5.0 (4.0)	1.0 0 (3.0)	8 (6)	6 (4)	1.0 NW	6.5 NW	6	10 0
	20	曇	2.0	10 うねり風	5.0 (4.0)	1.0 0 (3.0)	8 (6)	6 (4)	1.6 ESE	W NW	6	10 0
	8	曇			3.0 (2.0)	1.0 0 (2.0)	8 (3)	4 (4)	1.6 ESE	7.5 NW	6	11 3
	12	曇	2.0	10 うねり風	5.0 (3.0)	1.2 0 (2.0)	7 (3)	4 (5)	1.9 ESE	WSW NW	6	11 3
	16	曇	3.0	8 うねり風	4.0 (4.0)	1.2 0 (3.0)	7 (3)	4 (6)	1.5 ESE	SW NW	6	11 2.4
12/23	20	曇	12.0	8 うねり風					1.7 ESE	SSW NW	7	11 0.0
	8	晴	10.0	10 うねり風	4.0 (4.0)	1.3 0 (3.0)	— (3)	4 (6)	1.7 ESE	W NW	6	9.5
	12	晴	11.0	10 うねり風	5.0 (4.0)	1.0 0 (4.0)	— (6)	5 (6)	2.0 ESE	WSW NW	7	7.0
	16	曇	10.0	10 うねり風	6.0 (6.0)	7.0 (3.0)	— (7)	6 (7)	2.0 ESE	SW NW	8	9.5
	20	曇	30.0	10 うねり風	— (10.0)	— (1.0)	— (8)	— (8)	2.8 ESE	SW NW	1 0	6.0
	8	晴	15.0	10 うねり風	1.2 0 (9.0)	2.6 0 (4.0)	1.2 (4)	8 (8)	2.9 ESE	WSW NW	1 0	4.0
	12	曇	8.0	10 うねり風	1.2 0 (8.0)	2.5 0 (4.0)	1.3 (6)	7 (7)	2.0 ESE	WNW NW	8	4.0
12/24	16	曇	10.0	10 うねり風	1.0 0 (6.0)	1.8 0 (4.0)	7 (4)	7 (7)	1.7 ESE	W NW	8	6.5
	20	雨	8.0	10 うねり風	8.0 —	2.5 0 —	1.3 —	7 —	1.7 ESE	WSW NW	6	5.0
	8	晴	0		2.0 (0.5)	1.0 0 (1.0)	6 (2)	3 (3)	2.0 ESE	WSW NW	3	14.0
	12	曇	3.0	10 うねり風	3.0 (1.0)	7.0 (1.0)	6 (2)	1 (2)	1.1 ESE	W NW	3	15.0
	16	曇	3.0	10 うねり風	3.0 (1.5)	6.0 (1.0)	7 (2)	3 (4)	5.0 ESE	5.0 NW	5	16.0
	20	雪			—	—	— (4)	2 (4)	6.0 ESE	— NW	9	15.5
												11 5.7

月	日	天候	計測時間	横搖(Deg)	波浪(上段 うねり/下段 風浪でよる)			風力			船速(kts)	プロペラ回転数	海象状況	
					片周期(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波階級				
12/28	8	雪			3 (1.5)	↗風	1.00 (3.0)	6 (3)	4 (3)	3 ↗	5 ↗	1.5.2.5	114.9	
	12	晴			6 (3)	↗風	1.50 (4.0)	6 (5)	6 (6)	↗	5 ↗	1.4.1.6	112.5	
	16	曇	4 10	風	6 (4)	↗風	1.20 (4.0)	7 (4)	6 (6)	↗	5SW ↗	7	10.0.0 107.8	
	20	晴			—	—	—	—	—	—	5W ↗	8	18.5.0 101.9	
	時	曇	8	10 10	風	8 (5)	↗風	1.00 (3.0)	7 (3)	6 (6)	↗	5 ↗	8	10.0 102.1
12/29	12	曇	10 10	風	8 (5)	↗風	1.00 (3.0)	7 (3)	6 (6)	↗	5 ↗	8	10.0 102.1	
	16	雪	6 10	風	8 (5)	↗風	1.00 (3.0)	7 (3)	6 (6)	↗	5 ↗	8	10.5 105.4	
	20	晴	6 11	風	—	—	—	—	—	—	5 ↗	7	10.5.9	
	時	曇	8	10 11	風	4 (3)	↗風	1.20 (4.0)	1.0 (5)	5 (5)	↗	5 ↗	7	11.0 105.8
	12	曇	4 9	風	2 (2)	↗風	1.00 (3.0)	6 (3)	5 (5)	↗	5 ↗	6	11.5 105.8	
12/31	16	曇	4 8	風	4 (2.5)	↗風	2.00 (3.0)	6 (2)	5 (5)	↗	5 ↗	6	14.0 111.6	
	20	雪			—	—	—	—	—	—	5W ↗	6	15.0 —	
	時	雪	8	2 10	風	0.5 (0.5)	↗風	1.50 (1.0)	2 (2)	— (3)	— ↗	5 ↗	5	16.0 116.2
	12	曇	2 10	風	4 (4)	↗風	1.20 (3.0)	7 (3)	4 (6)	↗	5 ↗	6	16.5 116.4	
	20	曇			—	—	—	—	—	—	5W ↗	6	16.0 115.5	
1/1	8	雪			—	—	—	—	—	—	14.5 ↗	6	16.0 115.5	
	12	晴			2 (0.5)	↗風	1.00 (1.0)	— (2)	2 (2)	↗	5 ↗	3	15.5 115.2	
	16	曇			—	—	—	—	—	—	16 ↗	8	15.0 113.8	
	20	曇			—	—	—	—	—	—	17 ↗	7	10.5 106.9	
	時	雪	8	2 9	風	5 (4)	↗風	1.00 (3.0)	9 (3)	5 (6)	↗	5W ↗	6	12.0 107.2

月	日	天候	計測番号	計測時間	横搖(Deg)	波浪(上段 うねりによる 下段 風浪による)			風			船速 (kts)	プロペラ 回転数	海象状況		
						片周期 振巾(sec)	うねり方向	波高(m)	波長(m)	周期(sec)	波浪 級					
$\frac{1}{3}$	8時	晴			2	—	—	(3)	—	2	—	4	17.0	114.8	白波点在	
	12	曇			—	—	—	(3)	—	—	—	5	—	—	—	
	16	曇			0.5 風	(1)	(10)	(3)	(3)	1	—	—	3	17.0	116.2	"
	20	曇			2 風	(2)	(200)	(6)	(1)	2	—	—	4	—	—	"
					—	—	—	(3)	(3)	3	—	—	4	17.5	116.9	"
					—	—	—	(4)	(4)	—	—	—	6	16.5	116.8	"
$\frac{1}{4}$	8時	晴			風 2	(2)	(2)	(2)	(2)	—	—	5	—	—	白波一面	
	12	晴			風 2	(2)	(2)	(10)	(2)	—	—	5	—	—	"	

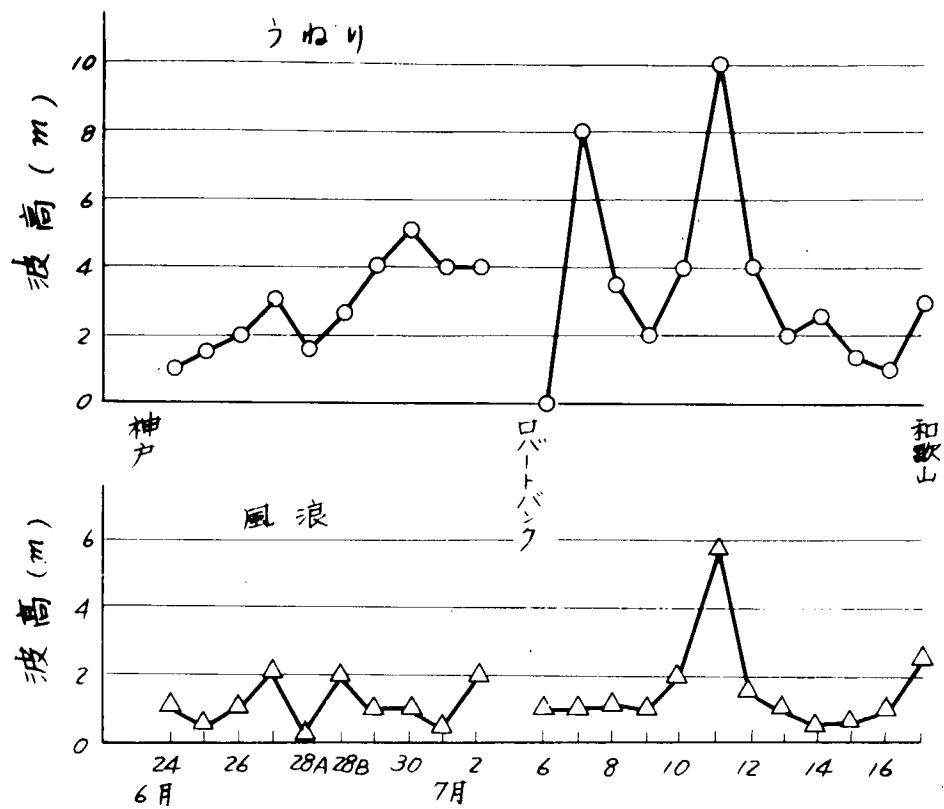


図 3.1-4 紀見丸第1次航 波高(毎日正午)

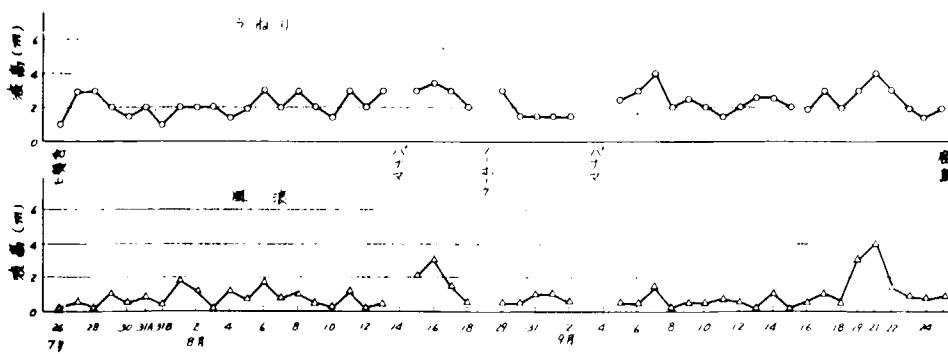


図 3.1-5 紀見丸第2次航 波高(毎日正午)

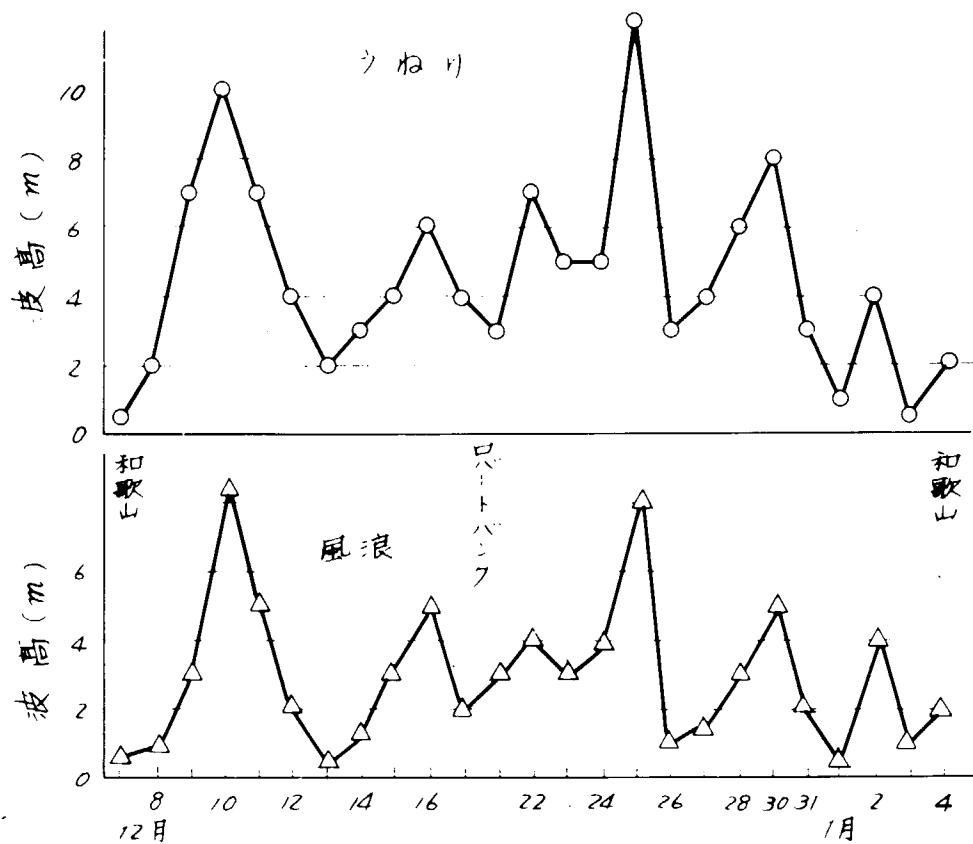


図 3.1-6 紀見丸第3次航 波高(毎日正午)

### 3.2 動 摆

縦揺、横揆の計測結果を図3.2-1および2に示す。縦揆、横揆は、他のデータと共にD A T A Cに記録されており、動的応力と同じ方法でデータ処理を行なつた。計測は1次航、2次航、合せて76回行われており、各計測ごとの動揆角のR.M.S.を求めて、海象を基準に整理した。R.M.S.は振巾計数方式により求めたものを使用した(3.3参照のこと)。海象としては、うねり階級、うねりの波長、風浪階級、風浪の波長をそれぞれ用いて対応を求めた。図中R.M.S.(12)は生のデータに対する振巾計数方式によるR.M.S.を表わしている(単位は度)。

これらの結果をみると、横揆は一般にあまり海象との関連がはつきり求められないようである。しかし、このなかでうねり波長と横揆の関係は波長の増大とともに横揆が大きくなる傾向を示していることがわかる。横揆の大きさはR.M.S.で4°程度である。

一方縦揆についても、海象との関係は特にみられないで、海象が変化しても縦揆の大きさはほぼ同じ程度で変化していることがわかる。しかし、これらの計測資料は、はげしい荒天における記録は得られていないので、そのような状態での船体の動揆についての傾向を明らかにすることはできなかつた。

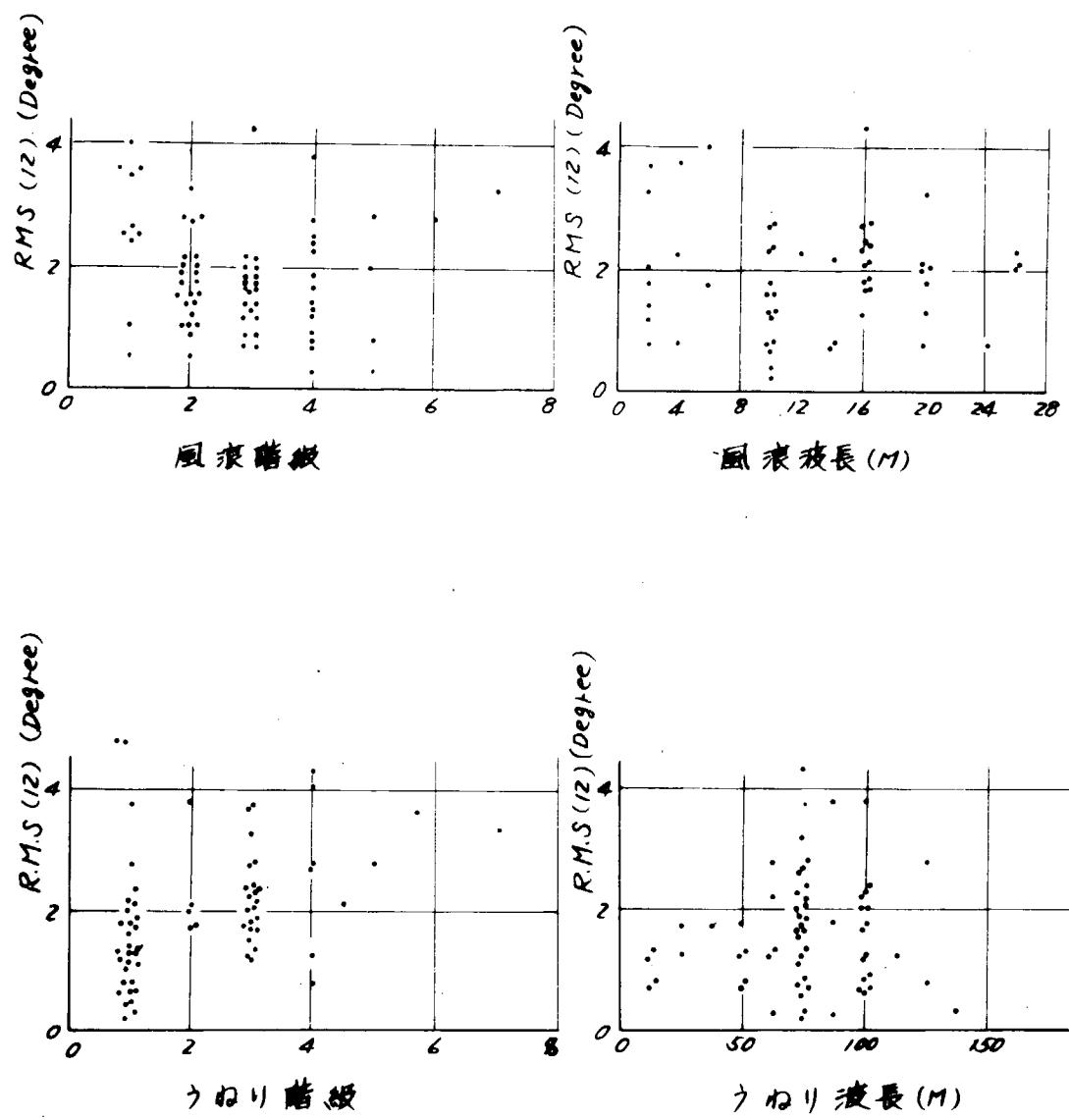


図 3.2-1 横搖角と海象

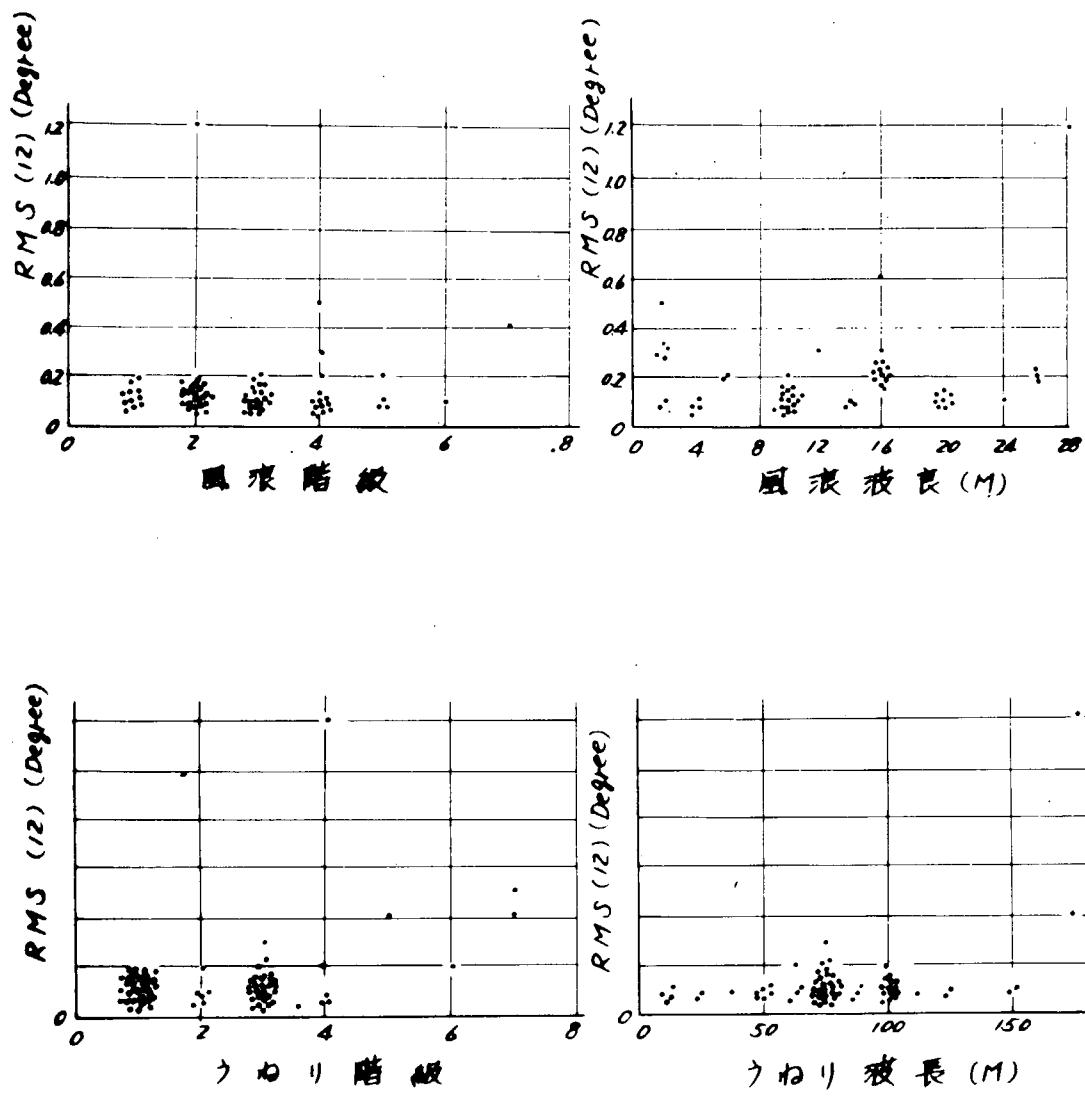


図 3.2-2 縦搖角と海象

### 3.3 縦応力頻度

船体縦曲げ応力の代表点として、船体中央上甲板の点(計測点DD-2)について検討した。

データ集録装置の再生出力からこの点の応力の変動曲線を描かせると例えば図3.3-1のようになる。記録は等時間間隔にデジタル化したものであるが、500または250Hzという周波数で30チャンネルを走査しているので、1チャンネル当り毎秒16.5または8.3回の記録がとれしており、船体2節振動(50c.p.m.程度)の重畠した応力変動を十分正確に再現することができる。

大型船ではWhippingまたはSpringingとして、この振動成分が問題となることが多いので、これを分離して処理できる新しいプログラムを開発した。処理はすべて電子計算機で行なつたものであるが、簡単のためアナログ化した図3.3-1について説明する。ここではデータ集録装置の零電圧を一応応力の零レベルとみなし、のちに補正をすることとした。

[11] 振動成分を含んだままの生のデータについて、ゼロから極大値(山)までの値を計数する極値計数方式(計算処理の都合で極小値(谷)はとらなかつた)。

[12] 同上のデータについて、Peak to Peak(谷から山まで)の複振巾を計数する振巾計数方式

[21] 振動成分を除去したHog-Sagの変動分のみについての極値計数方式

[22] 同上のデータについての振巾計数方式

[31] Hog-Sagの低周波変動を除去した振動成分のみについての極値計数方式

[32] 同上のデータについての振巾計数方式

の6種の計算方式をとつて、それぞれ20分間の頻度分布、2乗平均値および最大値を求めた。頻度分布は、極値頻度では $0.5 \text{ kg/m}^2$ 、振巾頻度では $1.0 \text{ kg/m}^2$ 、をレベル幅とした。また図中(A)印で示すような $0.1 \text{ kg/m}^2$ 以下の微小変動は無効振幅として計数から除外することとした。

尚、前述の補正としてそれぞれ20分間の応力の絶対値ゼロの線を正確に求めることはできないので、20分間の極大値を計数しながらその和を求め最後に総個数で割つて平均を求め、これを応力ゼロの基準線と考える。2乗平均値については、このゼロシフト分(応力ゼロとデータ集録装置ゼロとの差)だけ計算された2乗平均値の平方根より差し引いて補正をしている。

これら各種の計算結果および同じ位置で計測したR.M.S.計の計測結果を併記したが表3.3-1である。応力の各極値が、これまでよく言われているようにRayleigh分布に適合するものとすれば、各計数方式における2乗平均と $\sqrt{E}$ (Eは累積エネルギー密度)との関係は図3.3-2に示すようになる。R.M.S.計はアナログ計算機ではあるが、原理的には(C)の等時間間隔サンプリングの2乗平均の平方根を求めるのと同等の演算を行うものである。

すなわち

$$\sqrt{E} = \sqrt{\text{極値の2乗平均}} = \frac{1}{2} \sqrt{\text{振巾の2乗平均}}$$

$$= \sqrt{2} \sqrt{\text{等時間間隔サンプリングの2乗平均}}$$

の関係を仮定して、計算した  $\sqrt{E}$  を比較したものである。

最大値は各方式における極値(片振巾), 複振巾(Peak to Peak)の最大値をそのまま記入してある。

R.M.S計の結果はモニター用記録(オシログラム)から読み取った複振巾の最大値を記入した。

これらの計算から、各計算方式による  $\sqrt{E}$  とうねり波高との関係を図3.3-3に最大値と波高との関係を図3.3-4に示す。

以上はいずれも1次航2次航の2航海分のみの計測結果であるが、いずれもあまり激しい荒天には遭遇せず、応力も概して小さい。第3次航では相当の荒天に遭遇したが、ここではR.M.S計とオシログラフによる計測だけしか行なわなかつたので、以上に連続するデータを追加することができない。そこで1~3次航を通じて行なつたR.M.S計による計測結果のみを一括して表3.3-2に示す。 $\sqrt{E}$  の値はその指示値から、最大値、周期などはモニター用記録オシログラムから求めたものである。これからHog-Sagおよび振動成分のそれぞれの20分間の最大値の頻度分布を図示すると図3.3-5が得られる。

第3次航における比較的荒れた状態におけるオシログラムの一例を図3.3-6および7に示す。

頻度計数結果の一部を表3.3-3に示すが余り大きい応力の出なかつた1, 2次航のみの結果しかないので応力レベルの幅が少し大きすぎた感がある。尚表中の数字については一側の極値を+側のそれに重ね合わせて計算し、さらにおのののデータにつきゼロシフト分だけ補正したものである。

2航海分を集計した応力頻度のヒストグラムを図3.3-8に示す。

昨年度の八雲川丸、昭武丸の計測結果との照合や、解析計算結果との対応などは、第4章でまとめて考察することにする。

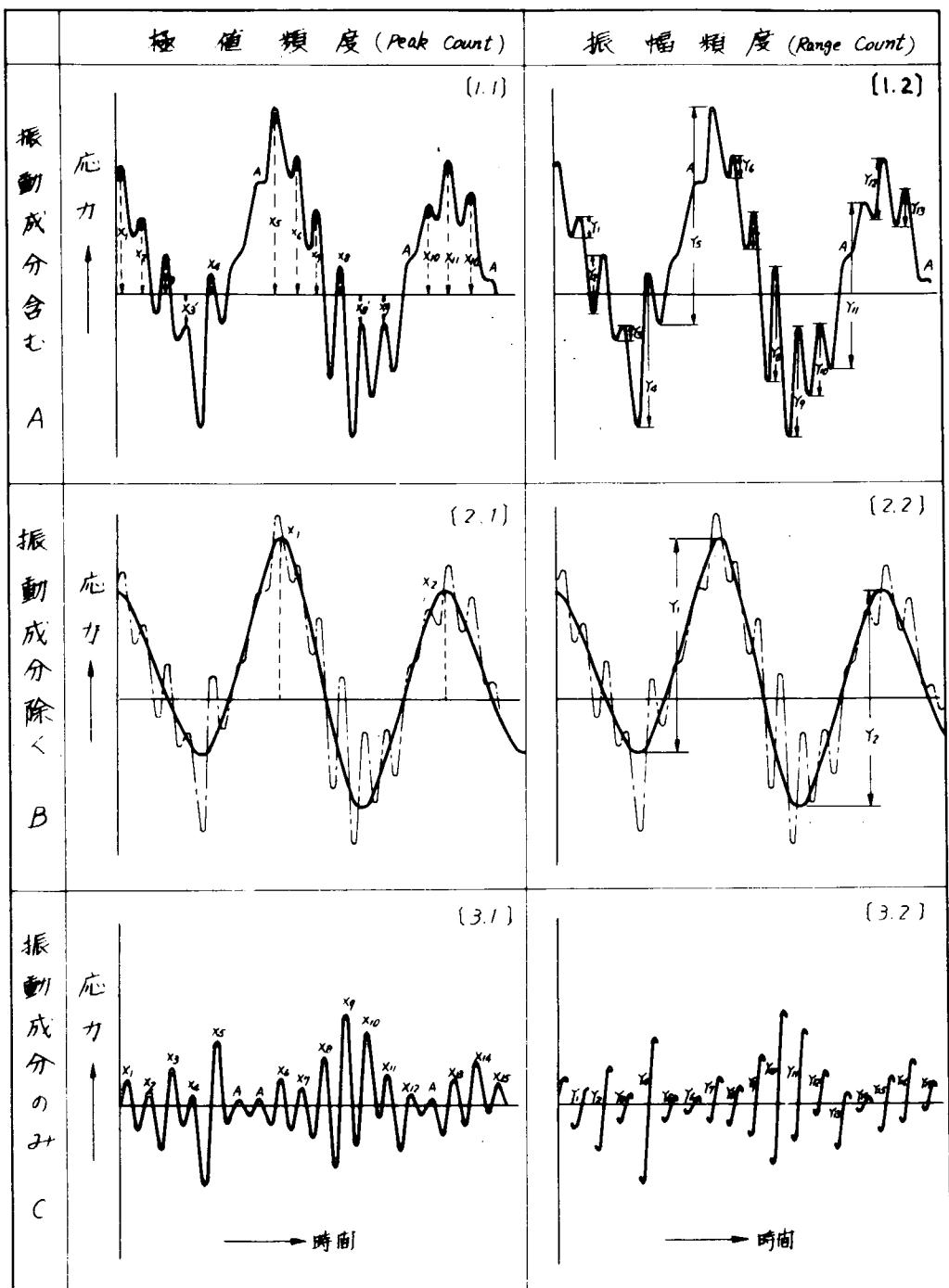
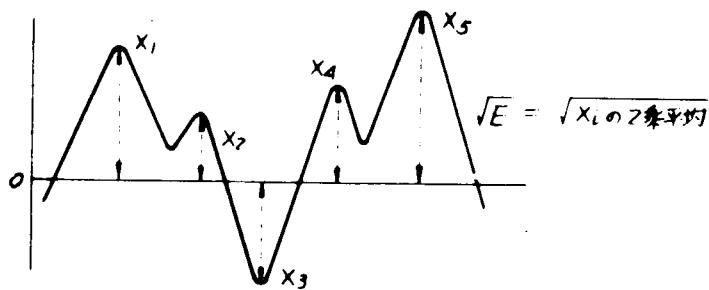
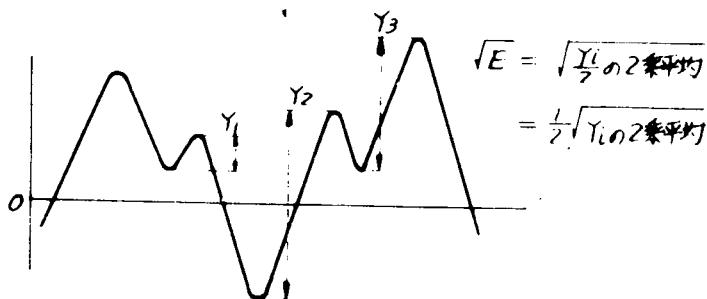


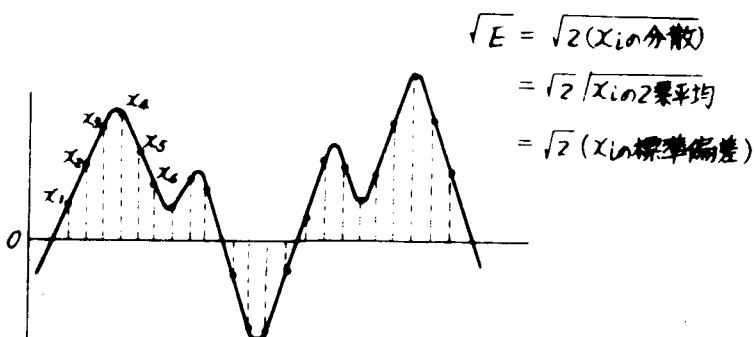
図 3.3-1 応力頻度計数方式



(A) 極 値 頻 度



(B) 振 幅 頻 度



(C) 等 時 間 間 隔 サンプリング

図 3.3-2  $\sqrt{E}$  の計算法

表 3.3-1 繊曲げ応力の  $\sqrt{E}$  および最大値(1)

実験番号	被験材 ビユードラム	横 分 き ら (11) 離隔(寸)	横動 分 き ら (12) 振幅(寸)	横動 分 き ら (21) 振幅(寸)	横動 分 き ら (22) 振幅(寸)	R.M.S. 計 振幅計数 離隔計数	R.M.S. 計 振幅計数 離隔計数	Max. ( $kg/mm^2$ )				R.M.S. A.H. (32) (標準値) モード記録	周波数 (c.p.s.)		
								算 値		算 値					
								横動 分 き ら	横動 分 き ら	横動 分 き ら	横動 分 き ら				
1	0	0.26	0.21	0.20	0.17	0.17	0.26	1.07	1.40	0.58	0.94	0.49	0.84		
2	4	1.5	0.17	0.15	0.15	0.10	0.09	0.43	0.84	0.29	0.60	0.21	0.38		
3	3	1.5	0.16	0.15	0.13	0.08	0.08	0.21	0.30	0.60	0.23	0.46	0.60		
4	4	2.0	0.19	0.17	0.16	0.08	0.07	0.45	0.49	0.78	0.40	0.66	0.14		
5	4	3.0	0.21	0.19	0.20	0.19	0.08	0.46	0.67	0.98	0.51	0.76	0.18		
6	3	1.5	0.20	0.16	0.19	0.19	0.08	0.48	0.46	0.90	0.37	0.72	0.15		
7	5	2.5	0.37	0.29	0.24	0.17	0.28	0.28	0.36	1.21	1.80	0.55	0.64		
8	4	3.9	0.27	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.81	1.34	0.70	1.06	0.51		
9	4	3.9	0.41	0.33	0.31	0.31	0.33	0.32	1.48	1.90	0.79	1.46	1.06		
10	4	3.9	0.41	0.35	0.32	0.32	0.17	0.15	1.05	1.80	0.70	1.28	0.44		
11	4	4.0	0.58	0.45	0.56	0.53	0.18	0.16	0.31	1.77	3.08	1.49	2.80		
12	4	5.0	0.65	0.54	0.63	0.60	0.14	0.13	0.29	1.94	3.66	1.79	3.39		
13	2	4.0	0.50	0.36	0.51	0.47	0.11	0.10	0.70	1.47	2.80	1.37	2.48		
14	5	4.0	0.38	0.29	0.33	0.32	0.27	0.27	0.48	1.04	1.52	0.61	1.34		
15	4	8.0	1.06	0.73	1.02	0.99	0.46	0.43	1.69	5.24	8.02	3.04	5.48		
16	4	3.5	0.50	0.44	0.43	0.41	0.19	0.16	0.63	1.73	2.92	1.24	2.08		
17	3	2.0	0.29	0.24	0.24	0.22	0.12	0.12	0.38	0.70	1.24	0.59	1.00		
18	6	4.0	0.82	0.66	0.74	0.71	0.28	0.24	0.98	2.14	4.16	1.64	2.88		
19	7	10.0	1.25	0.80	1.21	1.19	0.54	0.51	1.50	5.13	6.96	2.99	5.12		
20	4	4.0	0.34	0.26	0.29	0.28	0.17	0.16	0.45	0.89	1.64	0.69	1.06		
21	4	2.0	0.29	0.26	0.24	0.22	0.10	0.10	0.36	0.77	1.54	0.64	0.94		
22	4	2.5	0.34	0.27	0.34	0.34	0.11	0.10	0.50	1.00	1.84	0.84	1.58		
23	4	1.5	0.35	0.27	0.33	0.31	0.14	0.13	0.47	0.94	1.80	0.77	1.40		
24	3	1.0	0.25	0.19	0.26	0.24	0.10	0.10	0.39	0.72	1.04	0.67	1.12		
25	6	3.0	0.29	0.23	0.24	0.21	0.18	0.17	0.40	0.79	1.28	0.65	0.88		
26	1	1.0	0.21	0.19	0.17	0.15	0.09	0.08	0.07	0.49	0.88	0.40	0.62		
27	3	3.0	0.20	0.16	0.19	0.21	0.08	0.09	0	0.46	2.12	0.40	2.06		
28	2	3.0	0.36	0.28	0.37	0.34	0.10	0.09	0.61	0.88	1.82	0.73	1.54		

表3.3-1 緩曲げ応力の  $\sqrt{E}$  および最大値(2)

実験番号	荷重	$\sqrt{E}$ ( $kg/mm^2$ )												Max ( $kg/mm^2$ )						
		軸物成分含む				軸物分除去				基準分のみ				R.M.S. 計			周波数 (c.p.m.)			
		(11) 基準計数	(12) 基準計数	(21) 基準計数	(31) 基準計数	(11) 基準計数	(12) 基準計数	(21) 基準計数	(31) 基準計数	(11) 基準計数	(12) 基準計数	(21) 基準計数	(31) 基準計数	(11) 基準計数	(12) 基準計数	(21) 基準計数	(31) 基準計数	モード混入 (複振幅)	R.M.S. 計	
2	9	4	2.0	0.61	0.28	0.70	0.28	0.07	0.50	5.88	1.22	5.68	1.18	0.12	0.24	1.75	1.72	4.50		
3	0	4	1.5	0.33	0.28	0.33	0.30	0.08	0.39	1.13	1.34	1.13	1.18	0.16	0.28	1.49	1.65	4.60		
3	1	3	1.9	0.25	0.23	0.24	0.08	0.08	0.25	0.77	1.20	0.64	1.00	0.16	0.30	1.37	1.53	4.45		
3	2	3	1.0	0.23	0.21	0.23	0.21	0.06	0.07	0.16	0.47	0.88	0.41	0.78	0.11	0.20	1.07	1.80	4.40	
3	3	4	1.8	0.31	0.25	0.22	0.22	0.23	0.22	0.49	0.87	1.18	0.49	0.80	0.63	1.14	1.60	9.5	4.40	
3	4	4	1.9	0.35	0.26	0.30	0.30	0.25	0.42	0.92	1.30	0.67	1.12	0.71	1.24	1.69	1.45	4.40		
3	5	2	1.8	0.26	0.20	0.25	0.19	0.05	0.06	0.64	1.37	0.88	1.37	0.78	0.06	0.14	0.71	1.64		
3	6	3	1.5	0.27	0.25	0.22	0.20	0.09	0.10	0.50	0.61	0.98	0.46	0.72	0.17	0.34	1.80	1.10		
3	7	3	1.8	0.27	0.24	0.24	0.23	0.10	0.10	0.46	0.70	1.22	0.52	0.92	0.26	0.50	1.56	1.04	4.90	
3	8	5	3.0	0.43	0.39	0.43	0.44	0.10	0.10	0.36	0.95	2.12	0.84	1.84	0.26	0.42	2.00	1.35	4.90	
3	9	5	3.0	0.36	0.28	0.38	0.39	0.10	0.10	0.95	1.92	0.85	1.68	0.58	0.86					
4	0	3	2.0	0.26	0.25	0.23	0.22	0.09	0.08	0.46	0.60	1.24	0.50	1.12	0.65	0.68	1.36	1.15	5.00	
4	1	4	3.0	0.31	0.24	0.28	0.27	0.18	0.17	1.22	1.40	0.64	1.06	0.62	1.12					
4	2	1	3.0	0.22	0.20	0.20	0.19	0.08	0.08	0.40	0.59	1.14	0.57	0.78	0.18	0.32	1.08	9.0	4.40	
4	3	3	1.8	0.24	0.23	0.20	0.19	0.08	0.07	0.33	0.54	0.96	0.45	0.86	0.15	0.26	1.17	8.3	4.90	
4	4	2	1.5	0.24	0.23	0.20	0.20	0.08	0.08	0.32	0.50	1.00	0.41	0.86	0.16	0.26	1.05	1.14		
4	5	2	3.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.09	0.09	0.34	0.69	1.16	0.51	0.84	0.19	0.34	1.30	1.00	4.40	
4	6	1	1.8	0.25	0.22	0.22	0.21	0.09	0.09	0.40	0.61	1.06	0.47	0.84	0.25	0.40	1.30	1.03	4.50	
4	7	3	3.0	0.30	0.29	0.30	0.28	0.06	0.06	0.43	0.71	1.32	0.66	1.22	0.08	0.16	1.51	2.00	4.40	
4	8	5	3.0	0.35	0.33	0.13	0.12	0.34	0.33	0.57	1.00	1.66	0.33	0.54	0.91	1.76	2.24	7.3	4.50	
4	9	5	3.0	0.43	0.37	0.28	0.27	0.35	0.34	1.30	2.12	0.81	1.14	0.98	1.88					
5	0	6	3.5	0.31	0.29	0.14	0.14	0.28	0.28	0.55	0.60	1.66	0.44	0.84	1.70	2.61	7.0	4.40		
5	1	4	3.0	0.31	0.24	0.32	0.31	0.12	0.11	0.53	0.83	1.66	0.69	1.36	0.31	0.68	2.24	1.16	4.40	
5	2	3	1.7	0.24	0.17	0.29	0.28	0.09	0.09	0.41	0.72	1.44	0.66	1.26	0.21	0.34	1.40	1.36	4.85	
5	3	3	3.0	0.27	0.27	0.21	0.20	0.09	0.10	0.41	0.54	1.08	0.41	0.78	0.19	0.36	1.30	1.71		
5	4	2	1.5	0.36	0.31	0.30	0.28	0.14	0.13	0.47	0.88	1.72	0.66	1.20	0.32	0.64	1.40	7.5	4.30	
5	5	4	1.5	0.38	0.29	0.35	0.33	0.18	0.17	0.58	1.00	1.90	0.80	1.50	0.54	0.74	2.04	7.6	4.40	
5	6	4	1.5	0.34	0.29	0.28	0.28	0.18	0.15	0.56	1.00	1.74	0.65	1.26	0.40	0.68	2.22	7.5	4.40	

表3.3-1 縦曲げ応力の  $\sqrt{E}$  および最大値(3)

実験番号	被象	$\sqrt{E}$ (kg/mm <sup>2</sup> )												Max. (kg/mm <sup>2</sup> )					
		算 動 分 合 せ						算 動 分 去						算 動 分 の ふ					
		[11] 振幅		[12] 振幅計数		[21] 振幅		[22] 振幅		[23] 振幅		[31] 振幅		[32] 振幅		R.M.S. 計示		R.M.S. 計示	
5.7	3	1.5	0.21	0.19	0.19	0.17	0.06	0.06	0.24	0.41	0.78	0.38	0.74	0.09	0.16	1.56	1.22	4.35	
5.8	3	2.5	0.38	0.27	0.35	0.34	0.14	0.14	0.48	0.97	1.76	0.78	1.38	0.41	0.60	1.97	1.33	4.36	
5.9	2	3.0	0.40	0.37	0.35	0.33	0.12	0.12	0.47	1.06	1.82	0.85	1.46	0.28	0.60	2.11	1.05	4.35	
6.0	5	4.0	0.34	0.25	0.36	0.34	0.13	0.13	0.44	1.30	2.10	1.00	1.70	0.35	0.64	1.53	1.05	4.30	
6.1	1	2.0	0.28	0.26	0.25	0.24	0.07	0.08	0.39	0.64	1.26	0.53	1.04	0.13	0.26	1.98	1.34	4.30	
6.2	3	2.5	0.27	0.20	0.29	0.28	0.11	0.10	0.41	0.86	1.54	0.64	1.26	0.24	0.40	1.31	1.19	4.30	
6.3	3	1.9	0.32	0.28	0.30	0.29	0.07	0.07	0.49	0.95	1.68	0.83	1.44	0.20	0.30	1.68	1.15	4.35	
6.4	4	1.5	0.32	0.24	0.33	0.32	0.12	0.12	0.43	0.87	1.64	0.65	1.26	0.28	0.44				
6.5	3	2.0	0.36	0.31	0.33	0.32	0.10	0.10	0.53	1.08	1.75	1.24	2.04	0.42	2.14	1.16	4.35		
6.6	1	2.5	0.41	0.36	0.41	0.39	0.10	0.10	0.53	1.08	1.64	0.93	1.48	0.21	0.38	2.11	1.16	4.35	
6.7	4	2.5	0.43	0.41	0.40	0.38	0.11	0.11	0.53	0.91	1.70	0.80	1.48	0.49	1.00	1.82	1.39		
6.8	1	1.9	0.26	0.24	0.26	0.25	0.08	0.08	0.45	0.57	1.06	0.50	0.86	0.14	0.28	1.30	1.43	4.30	
6.9	1	1.8	0.28	0.26	0.27	0.26	0.08	0.06	0.39	0.80	1.36	0.72	1.14	0.15	0.32	1.45	1.43	4.30	
7.0	3	2.5	0.52	0.57	0.45	0.44	0.16	0.21		1.27	3.74	1.11	2.80	1.16	2.96				
7.1	3	3.0	0.38	0.38	0.31	0.31	0.10	0.10	0.50	0.97	1.82	0.76	1.46	0.22	0.38	2.09	9.2	4.35	
7.2	3	1.9	0.38	0.33	0.33	0.30	0.10	0.10	0.40	1.03	1.44	0.79	1.14	0.26	0.36	1.80	1.13	4.30	
7.3	6	3.0	0.42	0.28	0.44	0.41	0.23	0.22	0.55	1.28	1.86	0.96	1.58	0.53	1.12	2.13	1.03	4.35	
7.4	5	2.5	0.63	0.56	0.57	0.54	0.14	0.13		1.87	2.68	1.55	2.26	0.38	0.64				
7.5	7	4.0	0.66	0.61	0.60	0.58	0.11	0.10	0.72	1.38	2.84	1.25	2.26	0.26	0.40	3.11	1.07	4.40	
7.6	5	3.0	0.34	0.28	0.34	0.32	0.08	0.08	0.50	1.11	1.70	0.98	1.60	0.17	0.24	1.57	1.44	4.30	
7.7	4	1.8	0.34	0.32	0.33	0.32	0.06	0.07	0.51	0.71	1.52	0.66	1.42	0.10	0.20	1.60	1.34	4.30	
7.8	3	1.5	0.30	0.19	0.35	0.34	0.10	0.10	0.47	0.86	1.54	0.73	1.26	0.22	0.42	2.00	1.58	4.35	
7.9	4	2.0	0.32	0.21	0.36	0.36	0.10	0.10	0.50	0.80	1.58	0.66	1.50	0.80	0.94	1.55	1.57	4.30	

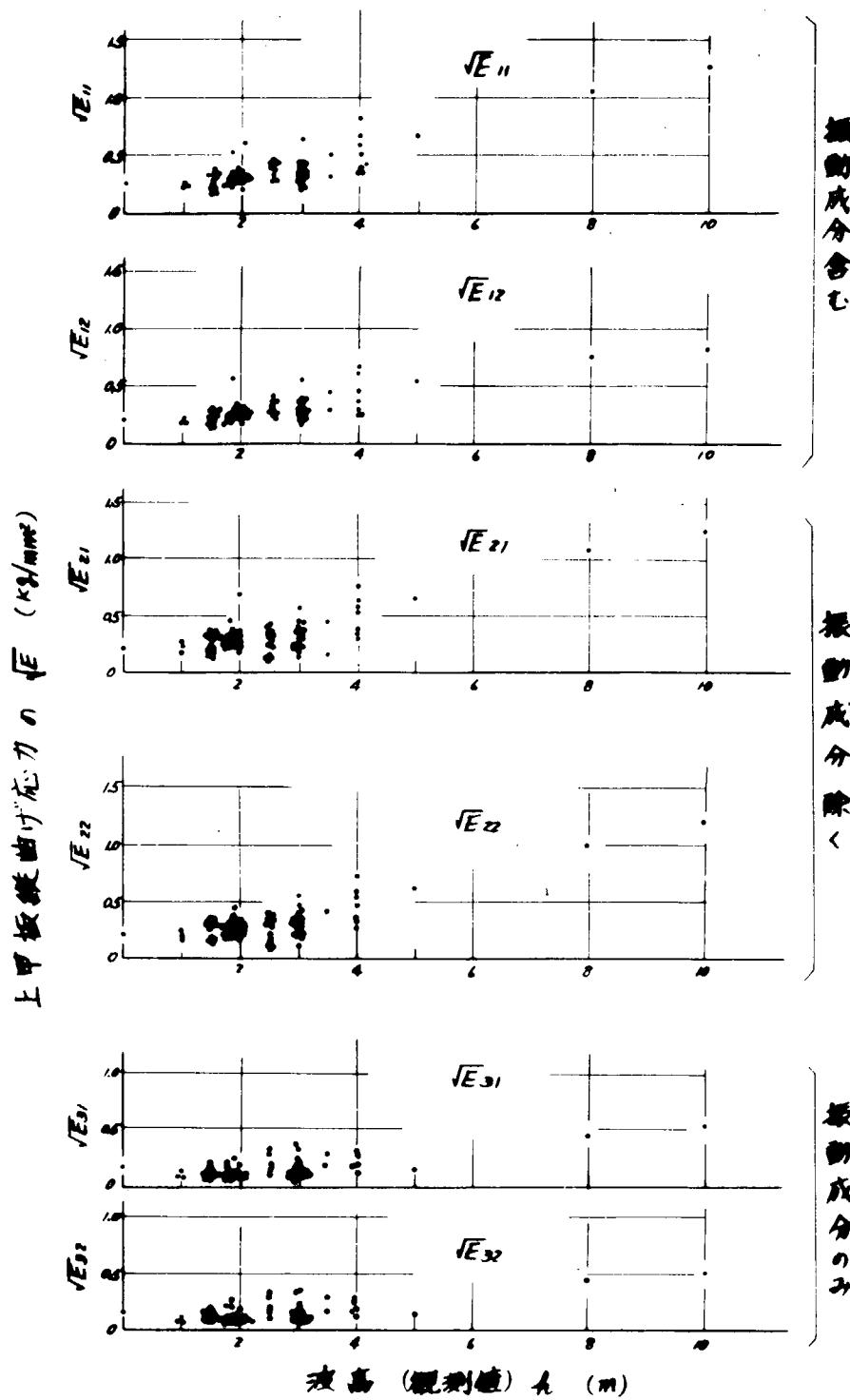


図 3.3-3  $\sqrt{E}$  の値

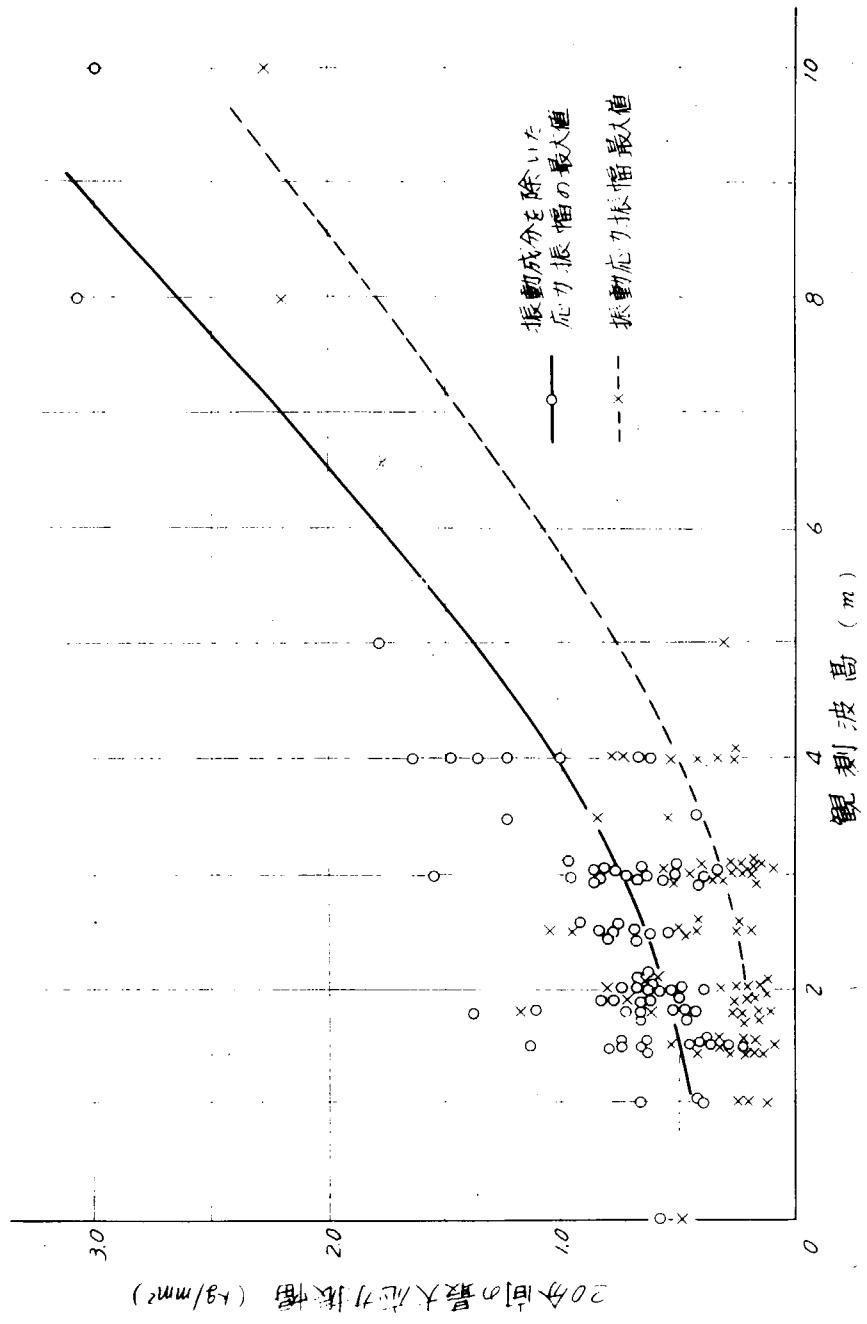


図 3.3-4 20分間の最大応力振幅(1次航・2次航)

表3.3-2(1) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅)[3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (Kg/m^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm} (Kg/m^2)$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2}R (Kg/m^2)$
6/23	12.00	2.00	7.5	0.90	44.3	0.26
6/24	16.00	0.89	6.6	0.63	43.4	0.11
	20.30	1.14	8.3	0.96	48.2	0.07
	8.30	0.64	9.0	0.27	45.7	0.08
	12.30	0.60	9.2	0.21	43.5	0.21
6/25	16.30	0.68	9.1	0.21	43.5	0.20
	20.00	0.68	10.4	0.16	43.0	1.17
	8.30	0.70	10.1	0.14	45.0	0.24
	12.30	0.84	11.3	0.25	48.0	0.45
6/26	16.16	0.77	10.2	0.26	49.0	0.42
	20.12	1.41	12.6	0.24	50.0	0.54
	8.30	0.10	11.6	0.20	50.0	0.45
	12.30	0.95	11.3	0.28	49.5	0.46
6/27	16.00	0.93	10.8	0.15	49.0	0.46
	20.10	1.18	11.2	0.22	49.5	0.46
	8.29	0.82	11.2	0.20	49.5	0.43
	12.25	0.90	10.9	0.25	50.0	0.48
(A)	16.02	1.22	11.2	0.24	49.0	0.45
	20.01	0.80	9.8	0.25	49.0	0.40
	8.45	1.29	9.3	2.30	48.0	0.44
	12.33	1.70	6.3	1.33	44.0	0.36
(B)	16.58	2.18	6.0	1.67	44.0	0.40
	19.58	0.85	8.5	0.55	44.0	0.25
	9.20	1.30	9.0	0.58	44.0	0.50
	12.33	1.35	10.6	0.30	44.0	0.31
6/29	16.00	1.32	10.1	0.25	44.0	0.34
	20.05	1.50	12.5	0.25	44.0	0.35

表3.3-2(2) R.M.S. 計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分]

日付	時刻	曲げ応力 $\sigma_m (\text{Kg/mm}^2)$	周期 T (sec)	振動応力 $\sigma_{\text{v m}}$	振動数 f (c.p.m.)	$\sqrt{E}$ $\sqrt{2}R (\text{Kg/mm}^2)$
6/30	9.03	1.26	13.2	0.37	44.0	0.57
	12.28	1.43	12.7	0.19	44.5	0.29
	16.11	1.65	16.1	0.10	44.0	0.35
	20.03	1.10	16.1	0.05	43.0	0.32
7/1	8.30	2.76	15.2	0.39	48.0	0.58
	12.40	3.02	18.1	0.39	48.0	0.70
	15.58	2.62	18.9	0.45	48.5	0.60
	20.00	2.73	15.8	0.84	48.5	0.50
7/2	8.38	1.90	17.1	0.85	49.0	0.41
	12.30	2.09	22.0	1.77	49.0	0.48
	16.00	2.05	20.0	1.09	49.0	0.41
	19.06	0.59	22.5	0.10	49.0	0.18
7/6						
	16.10	0.80	7.4	0.33	43.0	0.16
	20.05	0.87	5.0	0.33	43.0	0.20
7/7	8.36	8.34	8.2	3.08	43.0	1.39
	12.42	10.28	7.3	3.40	43.0	1.69
	16.05	7.50	8.3	2.18	43.0	1.39
	20.12	7.56	7.6	0.66	43.0	1.09
7/8	8.30	4.08	7.0	0.90	43.0	1.83
	12.30	4.10	6.6	0.55	43.0	0.63
	16.07	3.29	7.1	0.75	43.0	0.69
	20.00	2.79	6.9	0.67	43.0	0.59
7/9	8.25	1.54	7.7	0.40	43.0	0.36
	12.38	1.34	7.5	0.50	43.0	0.38
	16.08	1.43	9.7	0.44	43.0	0.35
	20.02	1.18	7.0	0.35	43.0	0.30
7/10	8.27	5.34	7.8	1.08	43.0	1.13
	12.30	4.70	8.3	1.25	43.0	0.98
	16.03	3.64	8.8	0.72	43.0	0.81
	20.05	2.74	6.4	1.30	43.0	0.69

表3.3-2(3) R.M.S計の記録から求めた最大応力(複振幅)[3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m(Kg/mm^2)$	T(sec)	$\sigma_{vm}$	f(c.p.m)	$\sqrt{2}R(Kg/mm^2)$
7/11	8.08	8.18	8.5	1.64	43.0	1.67
	12.25	9.20	6.7	2.95	43.0	1.50
	16.09	4.90	7.4	1.24	43.0	0.99
	20.14	3.32	7.3	1.46	43.0	0.68
7/12	8.32	3.03	7.0	1.28	43.0	0.61
	12.30	2.28	8.2	0.74	43.0	0.45
	16.00	1.84	8.1	0.72	43.0	0.39
	20.00	1.44	6.0	0.66	43.0	0.39
7/14	8.38	7.77	9.5	0.40	43.0	0.35
	12.20	1.65	9.7	0.37	43.0	0.36
	16.03	1.69	8.2	0.30	43.0	0.38
	20.6	1.59	9.9	0.48	43.0	0.37
7/15	8.18	2.56	9.1	0.32	43.0	0.53
	12.25	2.25	10.4	0.48	43.0	0.50
	16.00	2.16	10.4	0.64	43.0	0.47
	20.06	2.16	10.8	0.27	43.0	0.46
7/16	8.18	1.75	10.9	0.54	43.0	0.42
	12.22	2.12	8.6	0.70	43.0	0.47
	16.07	1.80	9.2	0.60	43.0	0.44
	20.05	2.36	6.4	0.50	43.0	0.46
7/17	8.29	1.69	9.2	0.22	43.0	0.40
	12.30	1.72	11.8	0.45	43.0	0.39
	16.30	1.88	8.3	0.91	43.0	0.41
	20.06	2.13	9.8	0.74	43.0	0.40
7/18	8.09	1.64	9.9	0.54	43.0	0.39
	12.17	1.69	8.3	0.96	43.0	0.40
	16.13	1.62	8.3	0.98	43.0	0.37
	20.13	2.14	6.1	1.11	43.0	0.46
7/19	8.20	1.30	16.6	0.14	43.0	0.30

表3.3-2(4) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周 期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (\text{kg/mm}^2)$	T (sec)	$\sigma v m$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (\text{kg/mm}^2)$
7/26						
	1 2.3 5	1.5 8	7.1	0.1 5	4 8.0	0.0 7
	1 6.0 0	0.9 2	8.1	0.2 0	4 8.0	0
	2 0.0 0	1.1 9	8.1	0.5 5	4 8.0	0.0 6
7/27	8.2 0	1.3 8	1 1.6	0.2 0	4 8.0	0.2 7
	1 2.3 0	1.0 8	1 0.8	0.0 8	4 8.0	0
	1 6.0 0	1.9 8	1 0.9	0.2 5	4 8.0	0.5 5
	2 1.0 0	2.0 4	1 2.5	0.1 6	4 8.0	0.5 9
7/28	8.2 0	1.6 9	1 5.1	0.2 2	4 8.0	0.6 6
	1 2.2 0	2.0 3	1 5.4	0.3 6	4 8.0	0.6 1
	1 6.0 0	2.5 9	1 5.8	0.2 3	4 8.0	0.6 4
	2 0.0 0	2.0 4	1 5.7	0.2 6	4 4.0	0.4 7
7/29	8.3 0	1.6 6	1 6.4	0.1 0	4 5.0	0.4 3
	1 2.2 5	1.7 5	1 7.2	0.1 8	4 5.0	0.5 0
	1 6.1 5	1.3 3	1 5.8	0.2 0	4 4.0	0.3 2
	2 0.1 0	1.7 4	1 5.7	0.2 0	4 4.0	0.3 4
7/30	8.2 0	1.1 0	1 7.0	0.2 0	4 4.0	0.2 2
	1 2.2 0	1.4 9	1 6.5	0.2 7	4 4.0	0.3 9
	1 6.0 0	1.7 5	1 6.7	0.3 0	4 4.0	0.4 5
	2 0.0 0	1.6 5	1 6.2	0.3 0	4 4.0	0.4 3
7/31 (A)	8.3 0	1.2 8	1 8.2	0.4 4	4 4.0	0.3 8
	1 2.3 0	1.3 7	1 5.3	0.2 8	4 4.5	0.2 5
	1 6.1 0	1.3 3	1 5.4	0.2 4	4 4.5	0.3 0
	2 0.0 0	1.6 0	1 5.4	0.1 5	4 4.5	0.4 2
7/31 (B)	8.0 0	0.8 1	1 7.1	0.1 5	4 4.0	0
	1 2.2 0	1.0 7	1 8.0	0.2 0	4 4.0	0.1 6
	1 6.1 0	1.2 8	1 5.4	0.2 1	4 4.0	0.3 2
	2 0.0 5	1.8 7	1 5.4	0.2 8	4 4.0	0.4 2
8/1	8.2 0	1.5 0	1 4.3	1.0 8	4 4.0	0.4 7
	1 2.2 5	1.6 0	9.5	1.0 4	4 4.0	0.4 9
	1 6.0 0	2.0 0	1 5.5	1.0 1	4 4.0	0.6 5
	2 0.0 0	1.7 3	1 5.0	0.7 2	4 4.0	0.5 8

表3.3-2(5) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅)〔3航海分〕

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (Kg/m^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm}$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (Kg/m^2)$
8/2	8.20	1.45	1 3.8	0.81	4 4.0	0.53
	12.20	1.69	1 4.5	0.61	4 4.0	0.42
	16.05	1.35	1 7.9	0.53	4 4.0	0.32
	20.00	1.07	1 5.8	0.43	4 4.0	0.20
8/3						
	10.10	0.83	1 4.7	0.03	4 4.0	0.24
	16.10	0.71	1 6.4			0.64
	20.00	0.71	1 7.1			1.03
8/4	8.20	0.81	1 7.8			0.31
	12.25	1.80	1 1.0	0.09		0.50
	16.20	1.70	9.6	0.20	4 9.0	0.60
	20.00	1.24	6.4	0.30	4 9.0	0.51
8/5	8.20	1.30	1 0.4	0.25	4 9.0	0.38
	12.25	1.56	1 0.4	0.44	4 9.0	0.46
	16.20	1.60	1 1.3	0.54	4 8.0	0.48
	20.00	1.90	1 1.0	0.49	4 9.0	0.48
8/6	8.20	2.80	1 2.7	0.38	4 9.0	0.40
	12.20	2.00	1 3.5	0.33	4 9.0	0.36
	16.00	1.83	1 5.4	0.30	4 9.0	0.54
	20.00	1.70	1 4.5	0.27	4 9.0	0.48
8/7	8.20	1.38	1 1.3	0.16	4 9.0	0.38
	12.20	1.36	1 1.5	0.09	5 0.0	0.46
	16.00	1.30	1 0.1	0.07		0.51
	20.20	1.84	1 1.3	0.14		0.44
	24.50	2.37	8.8	1.15	4 4.0	0.56
8/8	8.20	1.40	1 0.0	0.83	4 4.5	0.43
	12.25	1.08	9.0	0.29	4 4.0	0.40
	16.00	1.22	8.5	0.42	4 4.0	0.38
	20.00	1.00	1 0.3	0.11	4 4.0	0.30
8/9	8.20	1.20	8.7	0.30	4 4.0	0.38
	12.00	1.17	8.3	0.02	4 4.0	0.33
	16.00	1.08	7.0	0.14	4 4.0	0.32
	20.00	1.19	7.4	0.10	4 4.0	0.37

表3.3-2(6) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (kg/mm^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm}$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (kg/mm^2)$
8/10	8.20	1.03	1.21	0.09	44.0	0.31
	12.20	1.05	1.14	0.15		0.32
	16.10	1.10	1.28	0.10		0.34
	20.00	1.25	9.5	0.17	45.0	0.32
8/11	8.20	1.10	1.18	0.16	44.0	0.36
	12.20	1.30	1.00	0.17	44.0	0.34
	16.00	1.16	1.05	0.39	44.0	0.30
	20.00	1.41	1.10	0.25	44.0	0.42
8/12	8.20	1.60	9.7	0.77	44.0	0.41
	12.20	1.30	1.03	0.37	45.0	0.40
	16.00	1.50	1.05	0.50	44.0	0.42
	20.00	1.80	1.18	0.67	44.0	0.45
8/13	8.13	1.46	1.45	0.43		0.43
	12.20	1.51	2.00	0.43	44.0	0.43
	16.05	1.60	2.37	0.51		0.51
	20.15	0.55	9.9	0.04	42.0	0.04
8/15	8.30			1.74	44.0	0.46
	12.20	2.24	7.3	1.46	45.0	0.57
	16.00	2.43	8.5	1.28	44.0	0.61
	20.20	2.80	8.2	1.50	44.0	0.59
8/16	8.20	1.86	6.0	1.78	44.0	0.48
	12.20	2.61	7.0	2.51	44.0	0.55
	16.15	1.40	6.6	1.05	44.0	0.47
	20.20	0.61	6.7	0.37	44.0	0.90
8/17	8.20	2.20	1.06	0.65	44.0	0.60
	12.20	2.24	1.16	0.65	44.0	0.53
	16.05	1.68	1.08	0.45	44.0	0.53
	20.05	1.52	1.24	0.06		0.44
8/18	8.20	1.54	1.44	0.32	46.0	0.46
	12.20	1.40	1.36	0.30	48.5	0.41
	16.30	1.02	1.61	0.07	50.0	0.39
	20.30	0.90	1.62	0.18	45.0	0.18

表3.3-2(7) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周 期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (\text{Kg/mm}^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm}$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (\text{Kg/mm}^2)$
8/29	8.20	0.30	10.6	0.15	43.0	0
	12.20	1.30	17.1	0.12		0.41
	16.05	1.35	6.8	0.31	40.0	0.43
	20.00	1.40	7.5	0.08		0.42
8/30	8.20	1.55	7.7	0.41	43.0	0.44
	12.20	1.40	7.5	0.55	43.0	0.47
	16.00	1.62	7.3	0.40	43.0	0.52
	20.30	1.69	7.3	0.53	43.0	0.50
8/31	8.15	2.38	7.0	0.64	44.0	0.60
	12.25	2.04	7.6	0.73	44.0	0.58
	16.10			0.63	44.0	0.06
	20.00	1.27	7.8	0.68	44.0	0.44
9/1	8.20			0.46	44.0	0.47
	12.20	2.22	7.5	0.71	44.0	0.56
	16.00	1.89	8.8	0.49	44.0	0.47
	20.00	2.10	10.8	0.44	44.0	0.50
9/2	8.20	1.30	14.5	0.10	44.0	0.37
	12.30	1.46	12.2	0.28	43.5	0.24
	16.00	0.54	14.6	0.06	44.0	0.01
	20.00	0.65	14.0	0.23	44.0	0.11
9/4			パナマ通過			
	21.00	1.68	11.0	0.53	42.5	0.47
9/5	8.30	1.20	11.0	0.40	43.0	0.40
	12.25	1.97	13.3	0.65	43.0	0.48
	16.00	1.49	13.3	0.37	43.0	0.48
	20.00	1.20	8.5	0.35	43.5	0.51
9/6	8.20	2.03	10.0	0.43	44.0	0.53
	12.00	2.11	10.5	0.45	43.5	0.47
	16.00	1.69	11.1	0.29	43.0	0.48

表 3.3-2(8) R.M.S. 計の記録から求めた最大応力 (複振幅) [3 航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (\text{kg/mm}^2)$	T (sec)	$\sigma_{\text{v m}}$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (\text{kg/mm}^2)$
9/7	8.00	1.57	1.03	0.43	43.0	0.47
	12.00	1.53	1.05	0.71	43.0	0.44
	16.00	1.66	1.16	0.30	43.0	0.45
	20.00	1.46	1.14	0.10		0.45
9/8	8.00	1.45	1.32	0.27	43.5	0.40
	12.00	1.98	1.34	0.23	43.0	0.39
	16.00	1.62	1.30	0.15	43.0	0.44
	20.30	1.79	1.18	0.24	43.0	0.45
9/9	8.00	1.55	1.14	0.30	43.0	0.45
	12.00	1.31	1.19	0.41	43.0	0.41
	16.00	1.80	1.34	0.23	43.0	0.46
	20.00	1.55	1.18	0.37	43.5	0.43
9/10	8.00	2.03	1.38	0.32	43.5	0.52
	12.00	1.68	1.15	0.31	43.5	0.49
	16.00	1.73	1.10	0.55	43.0	0.49
	20.00	1.71	1.25	0.55	43.0	0.47
9/11	8.20	2.05	1.49	0.35	43.0	0.46
	12.45	1.90	1.55	0.29	44.0	0.47
	20.00	1.90	1.51	0.45	44.0	0.51
9/12	8.00	1.41	1.25	0.22	43.0	0.43
	12.00	2.14	1.16	0.44	43.0	0.49
	16.15	1.80	1.11	0.44	43.0	0.51
	20.00	1.68	9.9	0.22	43.0	0.49
9/13	8.00	1.68	1.01	0.25	43.5	0.51
	12.00	2.11	1.16	0.42	43.5	0.54
	16.00	1.88	1.16	0.29	43.0	0.52
	20.00	2.16	1.11	0.31	43.0	0.53
9/14	8.00	1.91	1.31	0.08		0.52
	12.30	1.82	1.39	0.22		0.53
	16.20	1.69	1.58	0.10		0.51
	20.20	1.70	1.68	0.11	43.0	0.47

表3.3-2(9) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅)[3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (\text{kg/mm}^2)$	T (sec)	$\sigma v m$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (\text{kg/mm}^2)$
9/15	8.00	1.17	1.61	0.18	43.0	0.40
	12.00	1.30	1.43	0.36	43.0	0.45
	16.00	1.14	1.58	0.17	43.0	0.40
	20.00	1.24	1.52	0.20	43.5	0.40
9/16	8.00	1.10	1.51	0.18	43.0	0.38
	12.00	1.45	1.43	0.38	43.0	0.39
	16.00	1.40	1.31	0.14	43.0	0.43
	20.10	1.74	1.20	0.18	43.0	0.46
9/17	8.00	1.88	9.6	0.22	43.5	0.55
	12.00	2.09	9.2	0.35	43.5	0.50
	16.00	1.45	1.05	0.06		0.45
	20.10	1.44	1.03	0.05		0.42
9/18	8.00	1.58	1.03	0.17	43.5	0.40
	12.00	1.80	1.13	0.17	43.0	0.40
	16.00	1.60	1.19	0.07		0.44
	20.30	1.65	1.09	0.15	43.5	0.45
9/19	8.00	2.21	9.6	0.88	43.0	0.55
	12.00	2.13	1.03	0.85	43.5	0.55
	16.00	3.04	1.07	0.89	43.5	0.64
	20.00	2.29	1.01	0.62	43.0	0.61
9/21	8.00	2.84	1.04	0.23	43.0	0.67
	12.00	3.11	1.07	0.40	44.0	0.72
	16.00	3.24	1.28	0.35	43.0	0.72
	20.00	2.40	1.53	0.20	43.5	0.59
9/22	8.00	1.25	1.58	0.22	43.0	0.42
	12.00	1.57	1.44	0.47	43.0	0.50
	16.00	1.20	1.70	0.10	43.0	0.42
	20.00	1.26	1.63	0.10	43.0	0.40
9/23	8.00	1.45	1.62	0.06	43.0	0.40
	12.00	1.60	1.34	0.20	43.0	0.51
	16.00	1.34	1.70	0.05		0.36
	20.00	1.52	1.60	0.14	43.0	0.47

表3.3-2 (R.M.S. 計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分])

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (\text{kg}/\text{mm}^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm}$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (\text{kg}/\text{mm}^2)$
9/24	8.00	1.47	1.51	0.29	43.5	0.45
	12.00	2.00	1.58	0.39	43.5	0.47
	16.00	1.30	1.62	0.38	43.5	0.45
	20.00	2.22	1.14	0.54	44.0	0.55
9/25	8.00	1.80	1.46	0.33	44.0	0.49
	12.00	1.55	1.57	0.46	43.0	0.50
12/7	8.00	0.34	6.0	0.25	44.5	0.28
	12.00	0.40	7.0	0.22	45.0	0.28
	16.00	0.50	5.0	0.18	43.5	0.26
	20.00	1.80	7.5	0.31	45.0	0.40
12/8	8.00	2.00	2.20	0.38	44.5	0.45
	12.00	1.17	2.10	0.28	43.0	0.34
	16.00	1.93	5.5	0.34	43.5	0.41
	20.00	3.78	9.0	1.28	43.5	0.70
	22.00	3.05	7.5	1.80	44.5	0.71
12/9	8.00	5.00	1.31	0.62	43.5	1.71
	12.00	8.40	1.20	0.95	44.5	1.85
	16.00	8.05	1.50	0.32	44.0	1.97
	20.00	9.20	1.60	0.69	45.0	2.17
12/10	8.00	8.75	1.70	0.44	45.0	2.42
	12.00	12.00	1.80	0.28	45.0	2.31
	16.00	10.80	1.80	0.29	44.0	2.24
	20.00	11.30	1.60	0.49	45.0	
12/11	8.00	9.30	1.80	0.15	45.0	2.03
	12.00	6.75	1.80	0.43	45.0	1.55
	16.00	5.48	1.80	0.54	45.0	1.63
	20.00	7.40	1.70	0.65	45.0	1.49
12/12	8.00	6.38	1.70	0.30	45.0	1.51
	12.00	6.49	1.70	0.22	45.0	1.22
	16.00	5.70	2.00	1.05	45.0	1.27
	20.00	4.20	1.90	1.05	45.0	1.01

表3.3-2(1) R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅)〔3航海分〕

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E} (Kg/mm^2)$
		$\sigma_m (Kg/mm^2)$	T(sec)	$\sigma_{vm}$	f(c.p.m.)	$\sqrt{2} R (Kg/mm^2)$
12/13 (A)	8.00	4.50	17.0	1.30	44.5	1.18
	12.00	5.75	18.5	1.55	45.0	1.38
	16.00	2.92	20.0	0.31	44.5	0.68
	20.00	3.51	21.0	0.30	43.5	0.78
12/13 (B)	8.00	2.78	12.8	0.13	45.0	0.63
	12.00	2.45	15.3	0.50	45.0	0.66
	16.00	2.68	16.3	0.77	44.0	0.90
	20.00	3.35	14.5	0.20	44.0	0.61
	22.00	3.15	13.9	0.12	45.0	0.63
12/14	8.00	3.43	12.4	0.20	45.0	0.73
	12.00	3.30	11.3	0.15	45.0	0.64
	16.00	2.53	11.8	0.27	45.0	0.65
	20.00	3.80	12.3	0.45	44.0	1.57
12/15	8.00	4.75	11.9	0.60	44.5	1.61
	12.00	4.14	15.6	0.44	44.5	1.02
	16.00	7.10	12.0	0.47	45.0	1.28
	20.00	5.56	15.7	1.08	44.0	1.29
12/16	8.00	7.98	13.9	1.60	44.5	1.75
	12.00	8.80	17.0	0.85	44.0	2.13
	16.00	7.40	16.0	0.50	45.0	1.68
	24.00	6.62	14.4	1.50	44.5	1.61
12/17	8.00	5.25	18.0	0.89	44.5	1.37
	12.00				48.0	1.32
	16.00				48.0	1.28
	20.00	5.85	20.0	1.50	49.0	1.37
12/18	8.00	0.12	22.0	0.07	49.0	0.28
	12.00	0				0.28

表3.3-2 R.M.S.計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (Kg/mm^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm}$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (Kg/mm^2)$
12/21	8.00	5.00	7.8	2.20	4 3.5	1.08
	12.00	2.50	7.1	1.13	4 3.5	0.58
	16.00	3.40	8.3	0.76	4 3.5	0.51
	20.00	2.30	6.0	1.09	4 3.5	0.43
12/22	8.00	10.00	9.0	5.00	4 3.5	1.73
	12.00	10.00	9.3	4.35	4 3.5	2.06
	16.00	7.10	8.4	2.20	4 4.0	1.50
	20.00	5.12	8.1	1.58	4 3.0	1.23
12/23	8.00	5.15	6.4	1.75	4 3.0	1.05
	12.00	7.00	6.0	1.60	4 3.5	1.08
	16.00	7.50	7.0	1.63	4 3.5	1.32
	20.00	9.70	9.0	3.88	4 3.0	1.80
12/24	8.00	10.50	9.7	5.28	4 3.0	2.19
	10.00	12.00	9.4	3.03	4 3.5	2.34
	12.00	7.90	9.0	1.85	4 3.5	1.64
	16.00	8.80	7.5	5.00	4 3.5	1.78
	20.00	9.20	9.2	2.40	4 3.5	1.98
12/25	8.00	12.20	13.0	3.10	4 4.0	3.49
	12.00	19.00	12.0	6.18	4 4.0	3.21
	16.00	14.00	12.0	3.25	4 4.0	2.93
	20.00	11.75	18.0	4.50	4 3.0	2.22
12/26	8.00	2.83	8.0	0.53	4 4.0	0.49
	12.00	4.01	7.0	1.10	4 3.5	0.80
	16.00	2.73	7.0	0.49	4 3.0	0.56
	20.00	9.10	15.5	0.85	4 3.0	2.14
12/27	8.00	13.25	10.0	0.63	4 3.0	2.45
	12.00	11.00	8.6	7.25	4 3.0	1.94
	16.00	6.40	7.1	1.75	4 3.0	1.31
	20.00	4.15	7.2	0.80	4 3.0	0.84
12/28	8.00	4.90	12.3	0.38	4 3.0	1.19
	12.00	7.00	7.0	1.34	4 3.0	1.27
	16.00	9.20	11.3	2.65	4 3.0	1.98
	20.00	11.00	11.0	5.15	4 3.0	2.27

表3.3-2(3) R.M.S. 計の記録から求めた最大応力(複振幅) [3航海分]

日付	時刻	曲げ応力	周期	振動応力	振動数	$\sqrt{E}$
		$\sigma_m (Kg/mm^2)$	T (sec)	$\sigma_{vm} (Kg/mm^2)$	f (c.p.m.)	$\sqrt{2} R (Kg/mm^2)$
12/29	8.00	7.55	8.0	2.93	43.0	1.35
	12.00	5.85	8.0	2.18	44.0	1.07
	16.00	5.20	7.5	2.87	43.0	1.10
	20.00	8.60	7.4	3.68	43.0	1.51
12/31	8.00	4.00	8.7	1.50	44.0	1.05
	12.00	6.85	14.0	3.40	43.0	1.43
	16.00	6.35	17.0	2.40	43.0	1.32
	20.00	5.15	16.0	1.93	43.0	1.12
71 1/1	8.00	2.05	16.0	0.29	42.5	0.47
	12.00	1.47	10.0	0.15	43.0	0.38
	16.00	1.99	18.0	0.29	43.5	0.48
	20.00	3.05	11.0	0.40	42.0	0.73
1/3	8.00	1.77	19.0	0.70	43.0	0.41
	12.00	1.67	21.0	0.38	43.0	0.38
	16.00	1.85	11.0	0.13	43.0	0.44
	20.00	3.32	10.0	0.17	42.0	0.84
1/4	8.00	1.82	19.0	0.61	43.0	0.40
	12.00	2.65	18.0	0.53	43.0	0.55
	16.00	3.75	9.7	2.68	43.0	0.69

## 往航 復航

1 次航  $70'$  6/23 ~ 7/2      7/6 ~ 7/19

2 次航      7/26 ~ 8/18      8/29 ~ 9/25

3 次航      12/7 ~ 12/18       $70'$  12/21 ~  $71'$  1/4

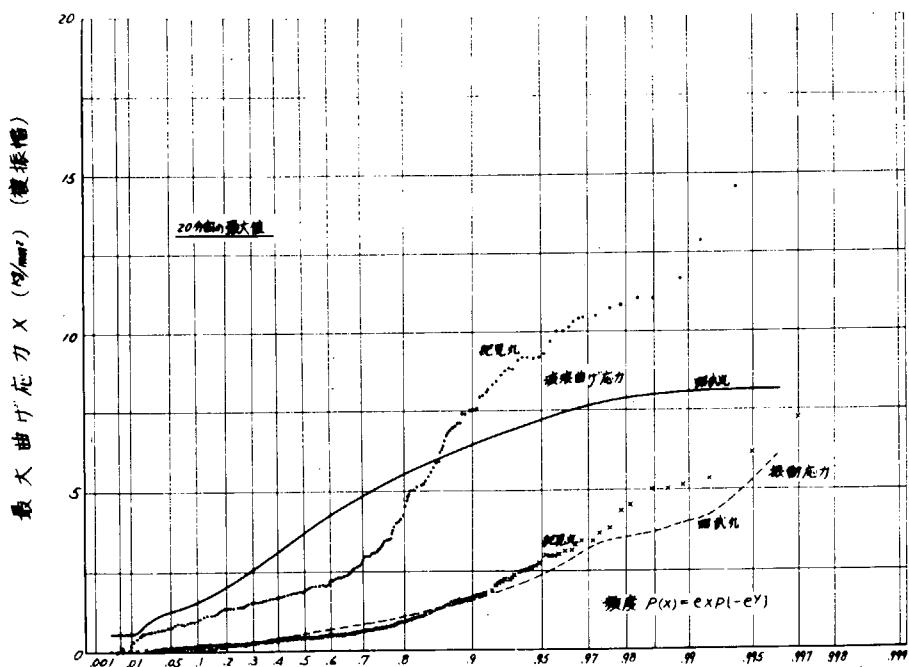


図 3.3-5 最大曲げ応力の分布

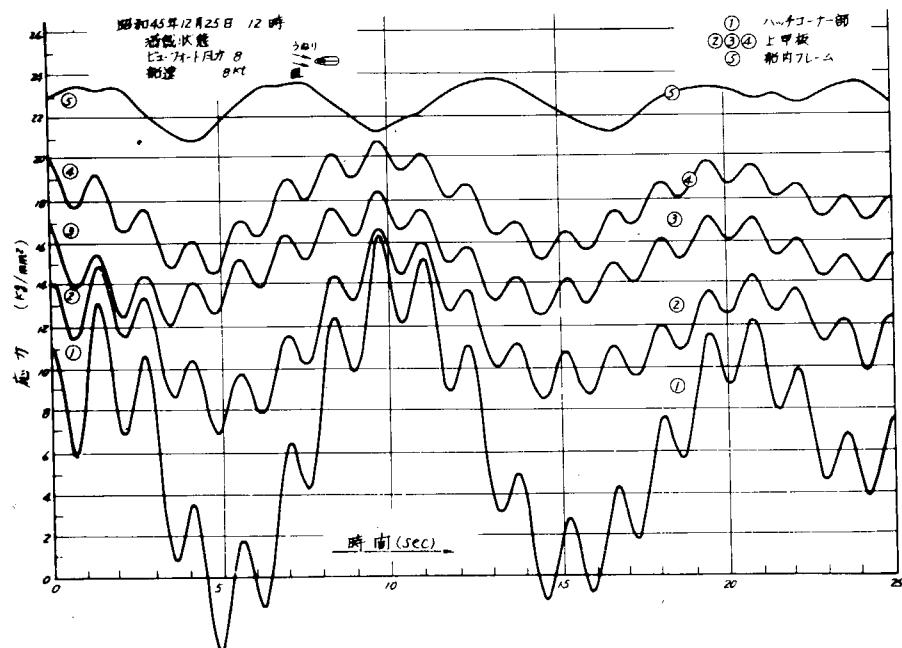


図 3.3-6 荒天時計測例(第3次航)

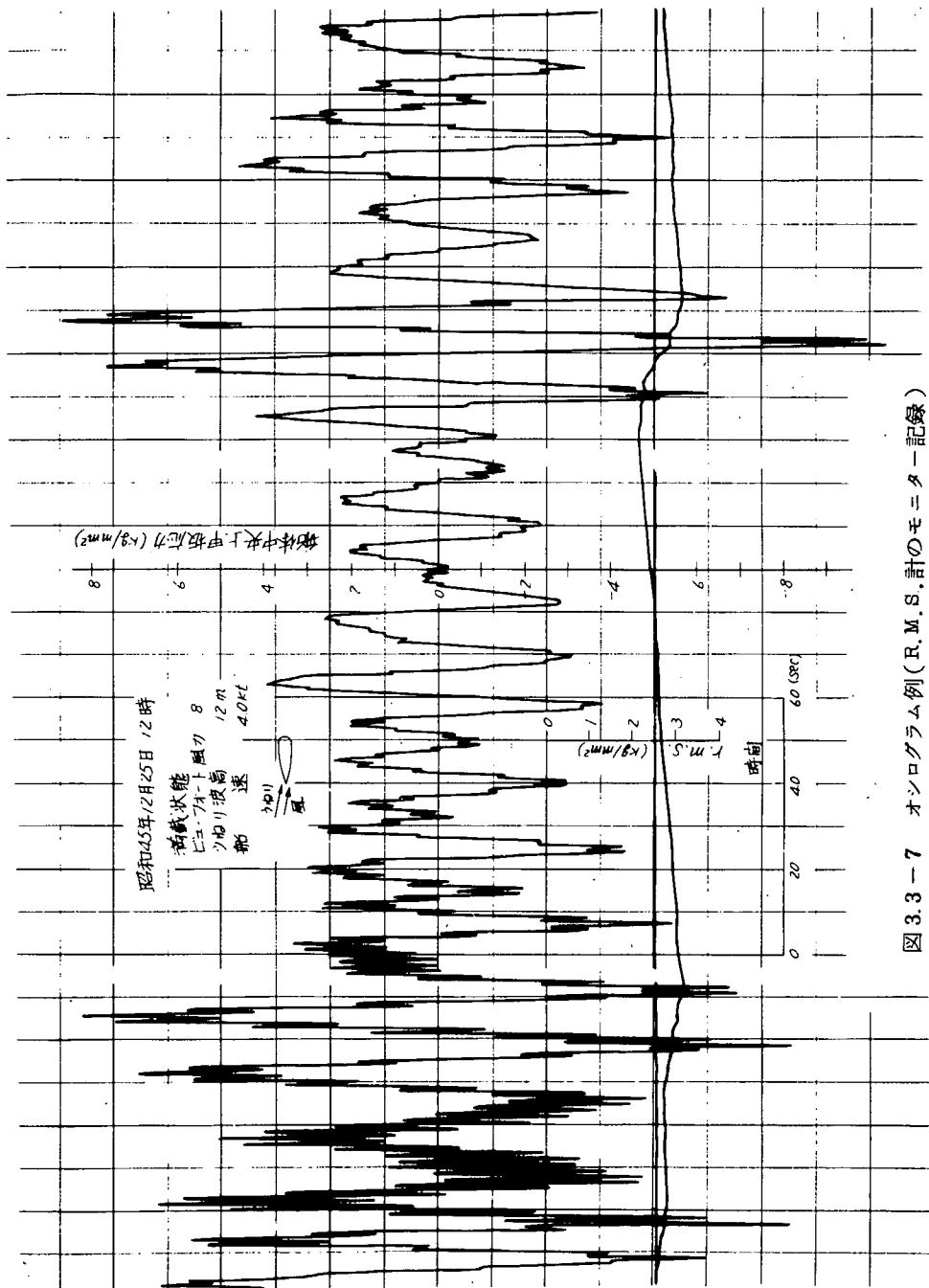


図 3.3-7 オシログラム例 (R.M.S. 計のモニター記録)

表3.3-3 縱曲げ応力頻度(1)

実験番号	H o G - S a g				D				E				F				G				
	片	板	幅	2.1	片	板	幅	2.2	片	板	幅	3.1	片	板	幅	3.2	片	板	幅	3.2	
Zero-Shift	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	
-0.023	1	149	2						151				702					702			
-0.05	2	102							102				405					405			
-0.165	3	114							114				210					210			
0.254	4	93	12						105				260					260			
0.112	5	104	4						108				274					274			
-0.063	6	93							93				300					300			
-0.04	7	136	2						138				736	39				748	29		
0.224	8	60	11						70	1			308	1				309			
-0.09	9	58	1						54	5			345	32	2			354	23	2	
0.072	10	64	13						73	4			246					246			
-0.224	11	112	17	5					80	46	8		488	1				489			
-0.179	12	77	31	5	1				62	45	6	1	345					345			
0.089	13	61	42	6					77	27	5		441					441			
0.063	14	61	19						74	6			869	22				870	21		
1.0008	15	34	56	33	13	1	(1) 1	34	61	29	13	0	2	549	170	15	1	2	564	153	19
0.234	16	63	94						136	31	1		553	1				554			
-0.561	17	142	13						155				529					529			
0.45	18	3	68	72	21	2		66	81	19		603	31				634				
0.147	19	36	47	44	13	3	2	17	49	53	19	5	2	496	238	30	4	3	530	208	31
-0.561	20	155							151	4			630					630			
0.092	21	138							138				221					221			
-0.319	22	107							107				342					342			
0.198	23	80	59						131	8			624					624			
-0.667	24	67	50						117				578					578			
-0.648	25	97	62						159				681					681			
0.138	26	137	1						138				242					242			
1.670	27	105	3						107	0	1		353					353			
-0.330	28	97							97				401					401			
-5.88	29	85							84	1			164					164			

表3.3-3 縦曲げ応力頻度(2)

機器番号	E <sub>0</sub> 力 v ~ k (kg/mm <sup>2</sup> )										E <sub>1</sub> 片版振動										E <sub>2</sub> 片版振動											
	H08-S65					2.1					2.2					3.1					3.2											
	~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~4.0	~4.5	~5.0	~6.0	~6.5	~7.0	~7.5	~8.0	~8.5	~9.0	~9.5	~10.0	~10.5	~11.0	~11.5	~12.0	~12.5	~13.0	~13.5	~14.0	~14.5	~15.0	~15.5	~16.0	
-1.1.3	3.0	8.5	1	1																												
-0.4.2	3.1	9.9																														
-0.2.4	3.2	5.5																														
-0.1.4.5	3.3	13.7																														
-0.5.5	3.4	9.7	4																													
-1.3.7	3.5	7.3	0	1																												
-0.4.5.8	3.6	14.4	2																													
0.0.3.4	3.7	12.6	1																													
-0.3.7.9	3.8	5.7	51																													
-0.0.7.7	3.9	7.8	16																													
-0.2.5.6	4.0	7.9	31																													
-0.1.7.4	4.1	13.4																														
-0.5.7.2	4.2	11.1	1																													
0.4.1.5	4.3	11.0																														
0.2.7.9	4.4	8.2	33																													
0.1.4	4.5	11.5	13																													
-0.1.4	4.6	13.0																														
-0.3.8.6	4.7	4.9	9																													
-0.3.3	4.8	17.4	1																													
-0.8.1.4	4.9	15.9	1																													
-0.4.4.3	5.0	15.4	1																													
0.2.2.3	5.1	6.0	53																													
0.1.1.1	5.2	7.0	14																													
-0.4	5.3	15.5	3																													
0.4.4.6	5.4	16.1	5																													
-0.7.9.8	5.5	14.9	2																													
0.5.1	5.6	15.0	8																													
0.3.6.3	5.7	8.2																														
-0.0.9.3	5.8	11.9	7																													

表3.3-3 継曲げ応力頻度(3)

実験番号	Hog - Sag				D				E 力 い く く く				F 振 頻				G 振 頻				H 振 頻				I 振 頻				
	片	振 頻	2.1	2.0	2.5	3.0	~1.0	~2.0	3.0	4.0	5.0	~6.0	~0.5	~1.0	~2.0	~2.5	~3.0	~1.5	~1.0	~2.0	~3.0	~4.0	~5.0	~6.0					
Zeroshot	-0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~1.0	~2.0	~3.0	~4.0	~5.0	~6.0	2.83																
-0.111	5.9	1.29	8						1.25	1.2																			
-0.381	6.0	1.21							1.13	9								6.15											
-0.246	6.1	1.02							1.01	1								1.77											
0.07	6.2	9.5	1.0						1.03	2								5.50											
-0.088	6.3	1.03	2						1.00	5								2.69											
-0.441	6.4	9.7	2.8						1.17	8								6.42											
0.34	6.5	1.18	1						1.11	8								4.26											
0.698	6.6	5.1	6.4	4					9.9	0								3.97											
0.065	6.7	6.9	3.3						8.2	20								1.90											
-0.042	6.8	9.3							9.3									2.18											
-0.195	6.9	1.05	1						1.04	2								2.71											
2.300	7.0	1.11	1.8						9.8	2.9	2							2.26	1	2									
-0.255	7.1	1.35	1						1.26	1	0							1.59											
0.014	7.2	1.12	1.3						1.17	8								2.85											
-0.172	7.3	1.05	9						9.0	24								7.49	4										
0.454	7.4	7.8	4.9	3	1				7.2	57	2							3.87											
0.368	7.5	7.0	3.5	3					5.0	52	6							2.92											
0.533	7.6	7.6	1.4	1					8.3	8								3.15											
-0.491	7.7	6.7	1.1						7.4	4								9.0											
0.111	7.8	5.1	2.4						6.3	1	2							5.65											
-0.079	7.9	7.4	1						6.4	1								5.55											
合計	7701	1181	189	49	6	(1) 3	8260	787	132	33	5	4	31873	816	49	5	5	32020	671	56	3								
%	83.5	12.9	2.1	0.4	0.07	(0.012)	89.6	85.3	14.3	0.36	0.05	0.04	97.32	2.49	0.15	0.02	0.02	97.77	2.05	0.17	0.01								

( )の数字は応力レベル 3.5 kg/mm<sup>2</sup> の値を示す

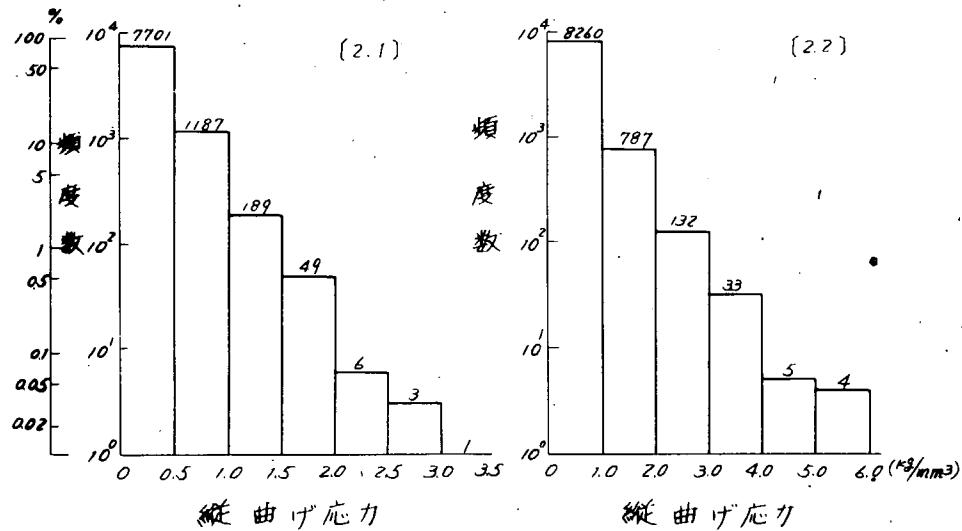
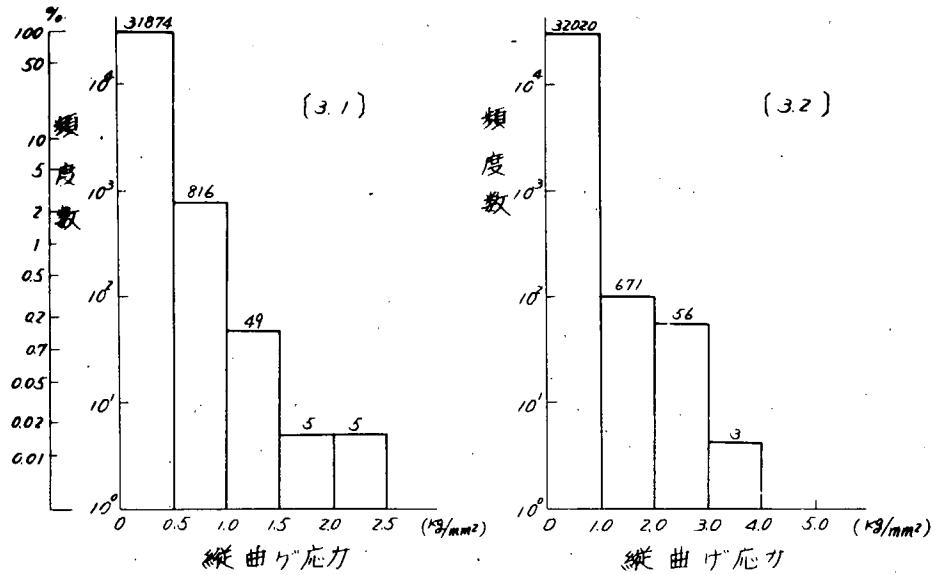


図 3.3-8 縦曲げ応力頻度分布(紀見丸1, 2次航)

### 3.4 横応力頻度

主な動的応力計測点について、計測結果を次に示す。

動的応力は1次航、2次航、合わせて79回の計測を行なつた。これらのデータは、高速デジタル・データ集録装置 DATAAC により記録されている。記録されたデータをD-A変換して再生したものを図3.4-1に示す。DATAAC のサンプリング速度は 250 Hz であるが、波形はほぼ完全に再生されており、サンプリング速度は 250 Hz で十分であつたと思われる。

データ処理は、前年度の昭武丸の場合と同じ方法で行なつた。すなわち、次の(A), (B), (C)のような方法で、現象を分析し、それらの結果について、それぞれ極値計数方式、振巾計数方式の2つの計数方式でデータを整理した。

- (A) DATAACに記録された振動成分を含む生のデータについて(記号1u)。
- (B) 生のデータから船体固有振動とそれより高い周波数の成分を除いたものについて(記号2u)。
- (C) 船体振動成分について(A)より(B)を除いたものについて(記号3u)。

上記(A), (B), (C)について、極値計数方式、振巾計数方式により頻度分布を求める。

#### (1) 極値計数方式(記号1)

変動応力の平均値に対する極大値の頻度分布を求める。極大値の分布はデータが周波数に対して一様に分布するとき、正規分布に近づき、ある一つの周波数を中心狭い帯域に分布するとき、Rayleigh 分布に近づくことになる。

#### (2) 振巾計数方式(記号2)

変動応力の極小値から極大値までの変動分の頻度分布を求める。分布は正の側のみで、データがある一つの周波数を中心狭い帯域に分布するとき Rayleigh 分布に近づくことになる。

プログラムの上では、初めに生のデータ(A)を船体の縦曲げ振動の周期に等しい時間について数値積分して平均し、船体振動成分を除いて(B)のデータとし、次に、(A)のデータから(B)のデータを差引いて(C)のデータとする。

この(A), (B), (C)のデータについて、それぞれ、ピークを検出し、極値計数方式の場合には、極値と平均値との差を求め、振巾計数方式の場合には、その前のピークからの変動分を求めて、その大きさに対応するカウンターで計数する。このとき、 $0.1 \text{ Kg}/\text{m}^2$ 以下の変動応力は雑音として無視している。

表3.4-1にDATAAC のチャンネルとゲージ番号の対照表を示す。同表に上記(A), (B), (C)のデータについて、振巾計数方式により求めた最大値のうち、2航海を通じて最大のものを、示している。

解析結果は、R.M.S.に注目し、これを海象を基準にして整理した。海象のパラメータとして、風浪階級、風浪の波長、波高、うねり階級、うねりの波長、波高の6種をとつた。

図3.4-2以下に代表的な計測点についての結果を示す。横軸は海象、縦軸はR.M.S.を表わす。なお、R.M.S.(12), R.M.S.(MN)等の数字、12, MNはMが前記(A), (B), (C)の分類の記号1u, 2u, 3uに相当し、Nが極値計数方式、振巾計数方式の分類記号1, 2に相当する。すなわち、R.M.S.(12)は生のデータの振巾計数方式によるR.M.S.であることを意味する(3.3参照)。その他、

R.M.S.(11) 生のデータで極値計数方式によるR.M.S.

R.M.S.(21) 振動成分を除いたデータで極値計数方式によるR.M.S.

R.M.S.(22) " で振巾計数方式によるR.M.S.

R.M.S.(31) 振動成分のみのデータで極値計数方式によるR.M.S.

R.M.S.(32) " で振巾計数方式によるR.M.S.

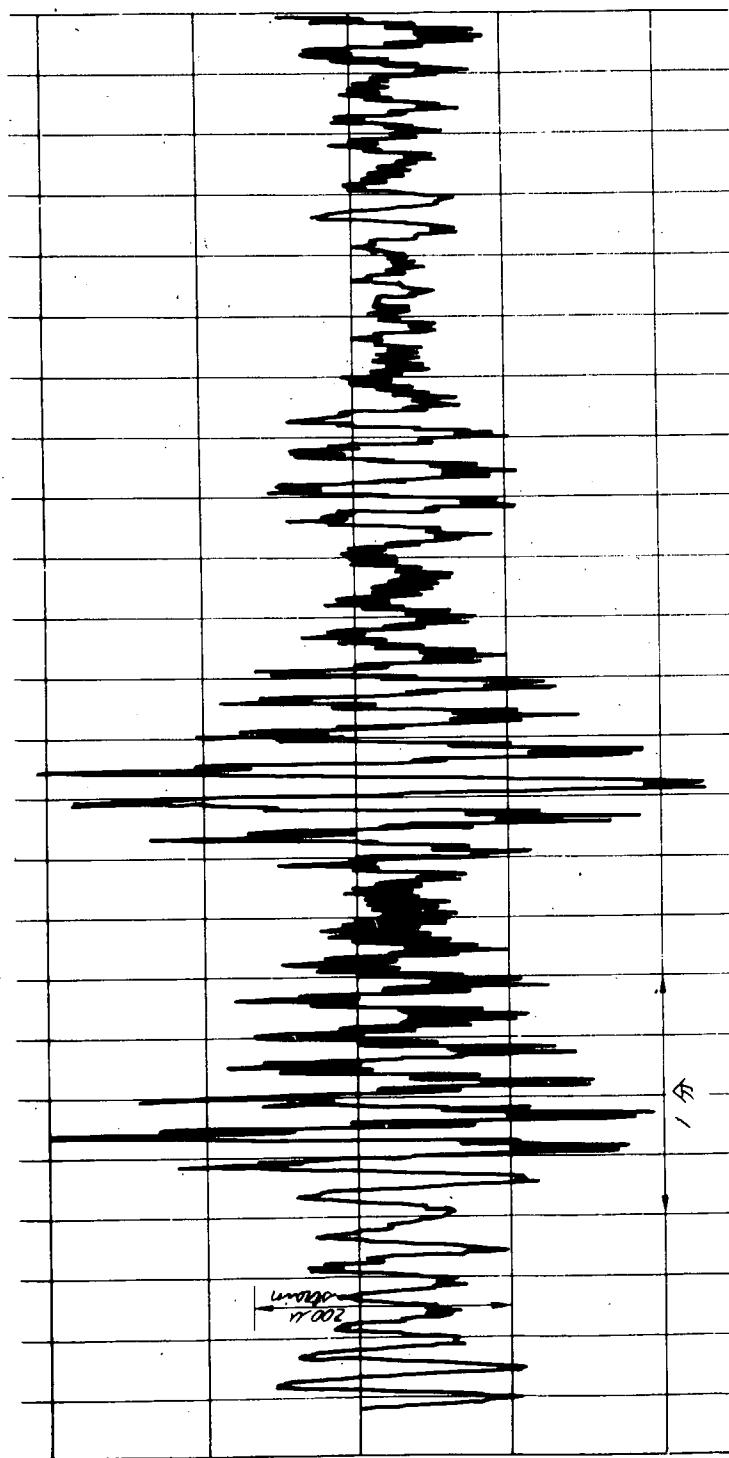
である。なお、整理の都合上、 $\sqrt{E} = 0$  のものは除外し、海象が縦軸に一致するものは、最小の区間に含めた。

代表的な計測点として、最大の動的応力が計測された Hatch Corner 部の CH . 17 ( CD - 1 ) をとり、上記の各種パラメーターに対応する応力の R . M . S のグラフを図 3.4 - 1 ~ 3.4 - 3 6 に示した。

一般に、うねり階級により R . M . S を整理したものが、比較的に、計測値がまとまる傾向を示している。そこで、他のいくつかの代表的な点について、うねり階級を基準にして、上記分類(B)、(C)のデータの R . M . S . を整理した結果を図 3.4 - 3 7 以下に示す。R . M . S . は、振巾計数方式によるものを用いた。

表3.4-1 動的応力計測点と最大値

DATAC チャンネル No.	ゲージ No.	振巾計数(Peak to Peak)の最大値(Kg/mm <sup>2</sup> )			
		生のデータ	振動なし	振動のみ	
1	D F 1	2.2	1.8	0.9	
2	D F 2	5.4	4.6	1.8	
3	D F 3	2.2	1.7	0.8	
4	D B 1	1.8	1.2	0.7	
5	D B 2	2.1	1.9	1.8	
6	D G 1(P)	2.7	2.5	2.1	
7	D G 2(P)	0.6	0.4	0.5	
8	D G 3(P)				
9	D G 1(S)	2.2	2.0	1.8	
10	出会いマーク				
11	D G 3(S)	0.2	1.1	0.1	計測回数少い。
12	D F L 1(A)	1.1	0.8	0.4	"
13	D F L 2(A)	1.6	1.1	0.6	
14	D F L 3(A)	0.6	0.4	0.2	
15	D D 4	1.07	8.0	3.6	
16	D C D 1	4.3	3.4	2.4	
17	D C 1	1.95	1.51	6.5	
18	D L 1	1.9	2.0	1.6	
19	D L 2	4.0	2.8	2.2	
20	D L 3	3.2	2.4	0.9	
21	D F 4	1.1	1.6	0.8	
22	D F 5	4.3	3.3	1.3	
23	D F 6	1.3	0.9	0.9	
24	D S 1	1.3	1.3	0.9	
25	D S 2	2.9	2.4	0.9	
26	D D 1	9.9	7.2	3.5	
27	D D 3	7.1	5.2	2.7	
28	D D 2	8.0	5.5	3.5	
29	Rolling	8.4	7.2	1.2	
30	Pitching	1.8	1.1	0.4	



CH. 26 ( DD1 )  
1970.7.11, 12:00

図 3.4-1 DATA C 記録再生例

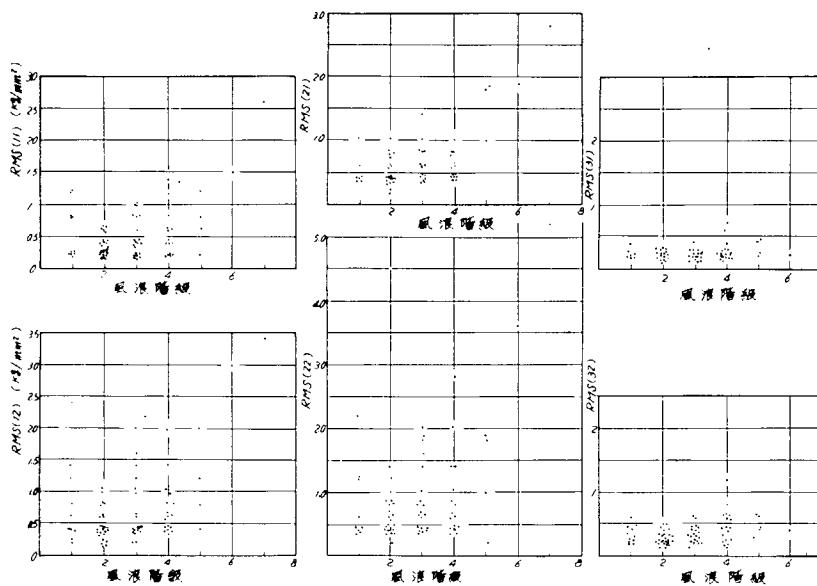


図 3.4-2 応力 R.M.S. ~ 風浪階級 (CH 17)

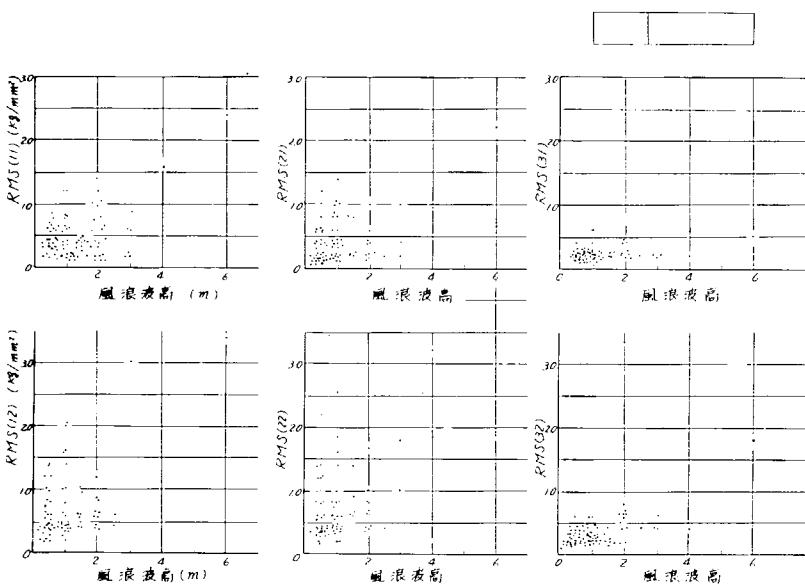


図 3.4-3 応力 R.M.S. ~ 風浪波高 (CH 17)

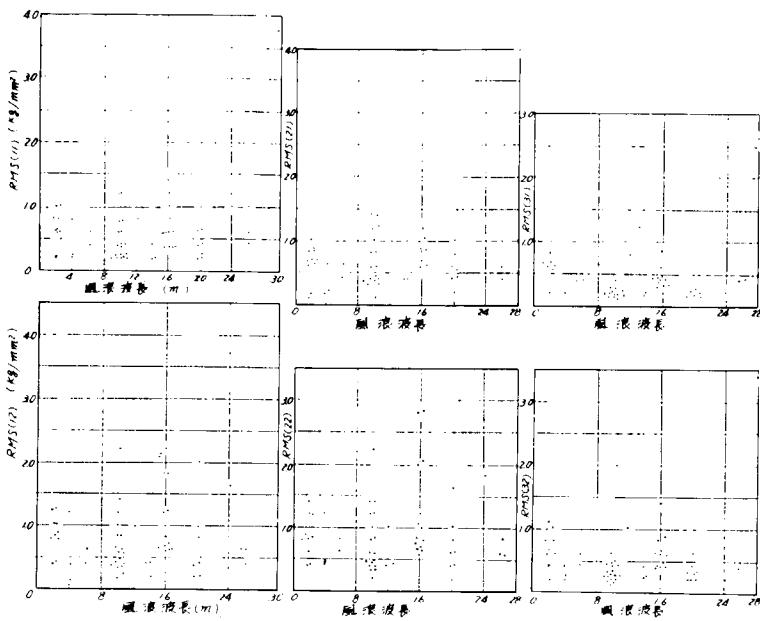


図 3.4-4 応力 R.M.S. ~ 風浪波長 (CH17)

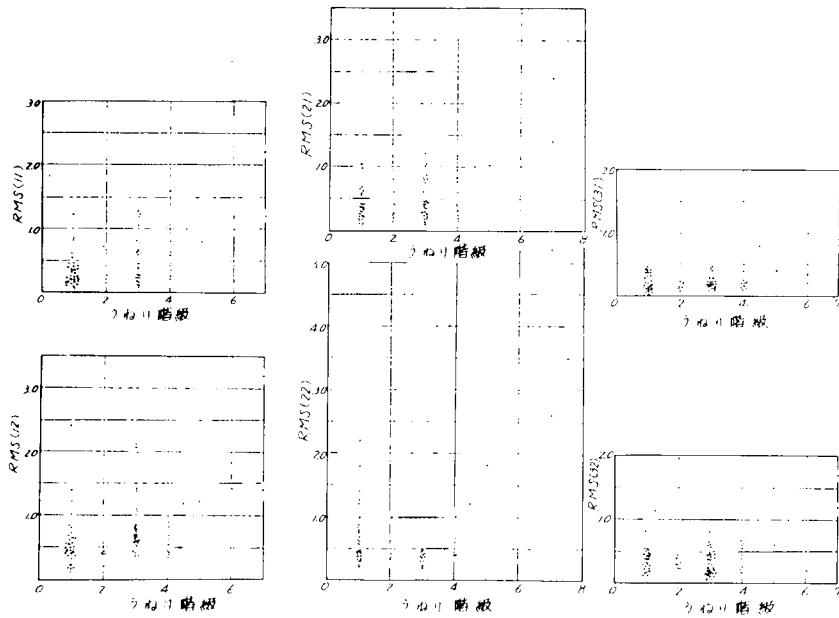


図 3.4-5 応力 R.M.S. ~ うねり階級 (CH17)

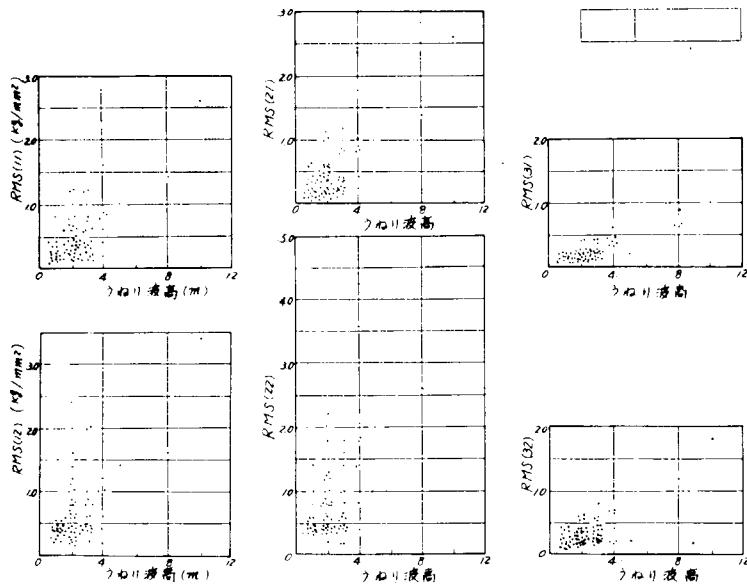


図 3.4-6 応力 R.M.S. ~ うねり波高 (CH 17)

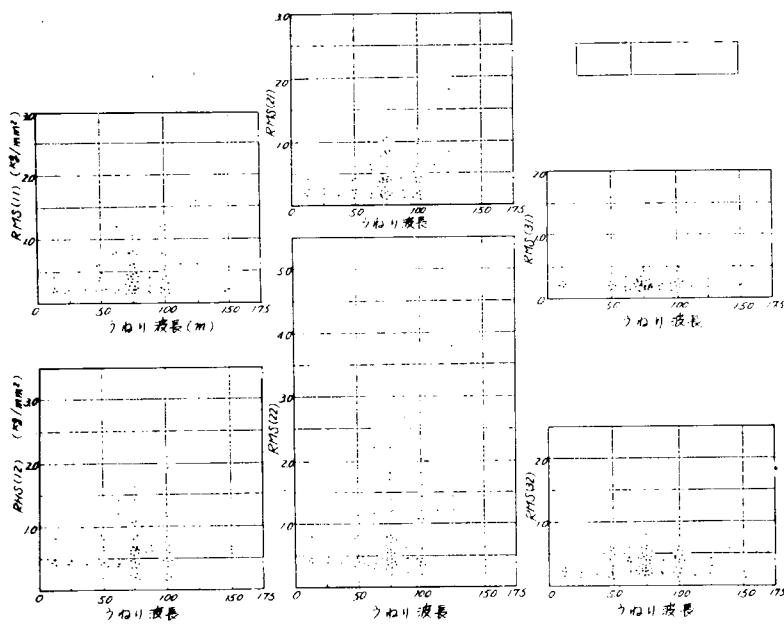


図 3.4-7 応力 R.M.S. ~ うねり波長 (CH 17)

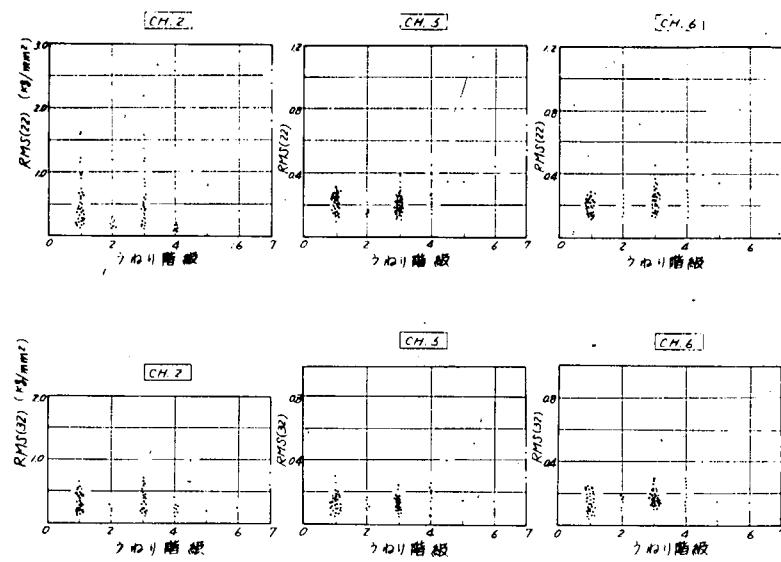


図 3.4-8 応力 R, M, S. ～ うねり階級(1)

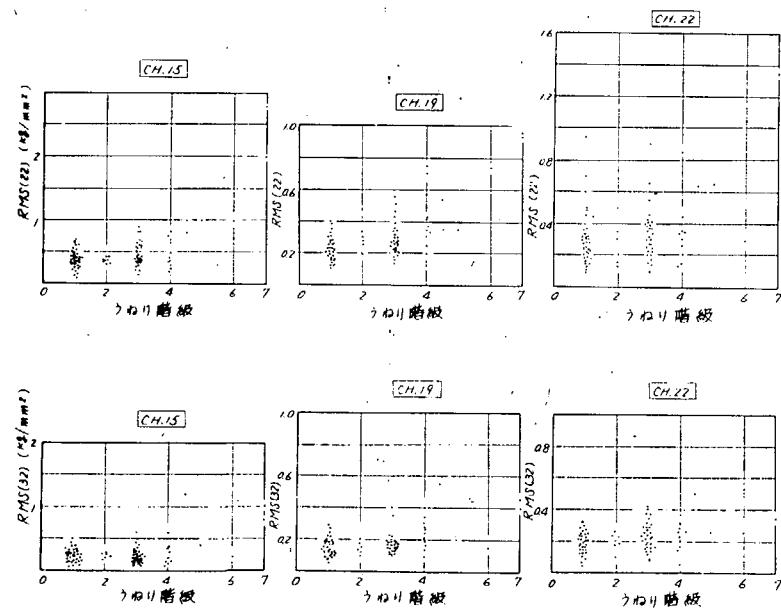


図 3.4-9 応力 R, M, S. ～ うねり階級(2)

### 3.5 積荷、揚荷時静的応力

紀見丸の第1次航及び第2次航における、積荷、揚荷時の荷重状態の変化とそれに対応する前記各計測点での静的応力の変化を計測した。

今回の実験では、荷物は石炭（粉炭）だけで、各船倉ともほぼ一様に積み込んでいる。第1次航はロバートバンクで59,271 L/T 積み、和歌山で揚荷し、第2次航はニューポートニュースで7,072 L/T 積み、さらにノーホークで49,159 L/T 積み（合計56,231 L/T），鹿島で揚荷した。第2次航ではパナマ運河の制約から積荷の量は第1次航より少ない。

積荷時における積載量とバラスト排出量の一覧表を表3.5-1に示す。また、各港での積荷、揚荷時における積荷状態、バラスト状態、吃水の変化を図3.5-1～3.5-4に示す。

表3.5-1 積荷およびバラスト量

船倉及びバラストタンク		ロバートバンク		ノーホーク	
		入港状態	出港状態	入港状態	出港状態
E.P	タンク	K/T 896	L/T 0	K/T 1001	L/T 0
No.1	船倉	0	6600	0	6711
	タンク	2392	0	2391	0
No.2	船倉	0	10100	0	10209
	タンク	4114	0	4111	0
No.3	船倉	0	7000	0	6662
	タンク	3128	0	3129	0
No.4	船倉	0	9621	0	(7072)※
	タンク	3104	0	3104	0
No.5	船倉	0	7550	0	7148
	タンク	2326	0	2327	0
No.6	船倉	0	10650	0	10838
	タンク	3441	0	3441	0
No.7	船倉	0	7750	0	7591
	タンク	2165	0	2165	0
No.9	タンク	124	0	124	0
No.B	タンク	267	0	267	0
A.P	タンク	316	0	317	0
合計	船倉	0	59271	0	56231
	タンク	22273	0	22377	0

※ No.4 船倉の7072 L/Tはノーホーク入港前、ニューポートニュースで積んだもの。

月日時	7月3日								7月4日								7月5日								
	12	14	16	18	20	22	24	8	10	12	14	16	18	20	22	24	8	10	12	14	16	18	20	22	24
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
E.P.	■	■	■	■	■	■	■																		
No.1	■	■	■	■	■	■	■																		
No.2	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■									
No.3	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
No.4									■	■	■	■	■	■	■	■									
No.5	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■									
No.6									■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
No.7		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■									
No.9		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■									
No.13		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■									
A.P.		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■									
吃	船首	532	410	440	442	460	612	670	710	855	870	910	1005	1210											
水	中央	639	617	605	679	681	744	807	807	954	986	1034	1118	1220											
(	船尾	717	815	780	845	920	880	950	1035	1095	1125	1165	1185	1210											

積荷開始昭和45年7月3日 10時30分  
積荷終了 同 6日 0時45分

積荷 (ロード-2台) 海水比重 1.02  
バラスト排出 (メインポンプ) (ストリップポンプ)

図 3.5 - 1 ロバートバンクにおける積荷(1次航)

月日時	7月21日								7月22日								7月23日								7月24日							
	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12			
E.P.			■	■																												
No.1									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
No.2			■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■												
No.3					■	■																										
No.4						■	■	■																								
No.5							■	■																								
No.6								■																								
No.7									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
No.9										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
No.13											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
A.P.											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
吃	船首	1205	1065	1040	945	930	933	915	893	845	885	945	1030	1030	1020	950	975	840	812	745	675	644	570	550								
水	中央	1210	1139	1092	1010	970	966	931	897	856	840	848	942	948	907	870	828	789	734	725	691	665	650	640								
(	船尾	1200	1103	1135	1075	1010	102	980	907	850	810	780	909	880	842	798	782	740	718	720	718	723	730	740								

荷卸開始 昭和45年7月21日 18時30分  
終了 25日 12時30分

荷卸 (ロード-2台) 溶水

図 3.5 - 2 和歌山における揚荷(1次航)

日時	(二-木-火-水-木)						(水-木-金)						(木-金-土-日)						8月29日					
	22	24	2	4	8	10	12	14	16	5	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	2	4	
F.P.																								
No.1																								
No.2																								
No.3																								
No.4																								
No.5																								
No.6																								
No.7																								
No.9																								
No.13																								
A.P.																								
吃	船首	6.25	6.82	7.22																				
水	中央	6.35	6.53	7.15																				
(m)	船尾	6.60	6.82	7.21																				
	7.00	6.92	7.18	6.80	8.75	9.78																		
	6.91	7.78	7.44	8.75	9.50	10.61																		
	7.05	8.42	7.50	10.55	10.15	11.21																		

積荷開航 翌和45年8月22日 22時30分  
積荷終了 29日 6時0分

— 横線 — 積荷  
===== バラスト排水

図 3.5 - 3 ニューポートニュースおよびノーホークにおける積荷(2次航)

日時	11月26日						11月27日						11月28日						11月29日					
	12	14	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	
F.P.																								
No.1																								
No.2																								
No.3																								
No.4																								
No.5																								
No.6																								
No.7																								
No.9																								
No.13																								
A.P.																								
吃	船首	11.55	11.70	11.95	11.96	11.55	10.20	9.75	8.80	8.35	9.15		9.40	8.65	8.15	7.55	7.38	7.72	7.60	7.78	7.75	7.63		
水	中央	11.61	11.10	10.71	10.49	10.29	10.02	9.78	9.52	8.82	8.76		8.28	9.70	8.48	8.12	8.23	8.51	8.26	7.84	7.60	7.23		
(m)	船尾	11.75	10.50	9.50	9.10	9.25	9.80	9.92	10.30	9.15	8.55		7.25	9.00	8.90	8.80	8.95	9.30	8.85	8.00	7.65	7.10		
	荷卸開始	昭和45年11月26日11時						荷卸終了	29日21時						— 横線 —	荷卸	積水							

図 3.5 - 4 鹿島ICにおける揚荷(2次航)

次に表 3.5-2 に各荷役時における静的応力変動量を示す。静的応力変動量とは、荷役終了時のひずみから最初のひずみを差し引いたものを応力値 ( $Kg/mm^2$ ) に換算したもので、3 方向または 2 方向に貼つたゲージについては、その 2 方向のひずみから 2 軸応力を計算してある。3 方向のゲージの計測点については主応力とその方向を求めた。

表中空欄になっているものは、途中で絶縁が落ちて計測に信頼性のないものである。(1)+(2) の積荷のデータは途中、沖待ち中に №4 バラストを抜いたときのデータが抜けているので、縦応力等はそのままロバートバンクでの積荷と比較することはできない。また、鹿島では図 3.5-4 から解るように最後のデータが少し不足している。

上記中最大のものは、№1 船倉の外板に貼つた DS2 の  $15.03 Kg/mm^2$  であるが、板であるため局部的な変化が大きく他の荷役のときは、せいぜい  $4 Kg/mm^2$  しか出でていない。

ロバートバンクにおける積荷時と和歌山における揚荷時の応力変化を図 3.5-5～3.5-9 に示す。荷役に要した時間は異なるけれども、バラスト状態を左端に、満載状態を右端にとつて、両端を合わせたもので、積荷時の曲線(破線)は時間とともに右方へ、揚荷時の曲線(実線)は左方へ移るものである。いずれの場合もバラスト状態を応力零とした。

ハッチコーナー部の荷役による応力変動は非常に大きく、図 3.5-9 にみるよう DC1 点の応力は附近の上甲板の DD4 点の応力と類似の変動を示すが、値は 3 倍程度となつてある。和歌山における揚荷時の DC1 の最大応力変動は  $15.9 Kg/mm^2$  となつてある。

表3.5-2 橋梁等の荷重実験量

計測点	横橋			横橋			横橋			横橋			横橋			横橋			
	ロバートソン	和歌山	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟	新潟
SF 1	-3.57	-0.36	0.13	-0.54	-0.41	1.72	SH 7F	-6.99	6.52	0.24	-5.56	-5.32	4.56						
SF 2A	2.76	7.98	-0.13	3.59	3.46	-5.05	SH 9F	-3.47	3.47	0.03	-2.42	-2.39	1.42						
SF 4A	-3.18	5.88	-0.17	3.55	3.38	-2.57	SH 10	-5.29	4.29	-0.39	-4.05	-4.44	2.02						
SF 2F	0.44	1.94	-0.01	3.55	3.54	-3.44	SH 11	2.23	0.07	-0.59	1.62	1.03	-1.16						
SF 4F	6.43	0.37	-0.11	3.02	2.91	-5.59	SH 12	1.68	0.15	0.32	-0.52	-0.20	-3.38						
SF 5A	-1.34	-0.36	0.10	-0.99	-1.09	1.03	SH 13A	0.68	6.24	-0.71	0.67	0.04	-2.76						
SF 5F	-2.16	-0.48	-0.08	-0.92	-1.00	1.05	SH 15A	1.48	5.61	-0.07	-0.16	-0.23	-3.18						
SF 6	-5.54	3.82	0.11	-1.41	-1.30	1.83	SH 13F	0.35	1.95	-0.48	-0.33	-0.81	-3.22						
SF 7A	-0.11	-0.78	0.08	-0.94	-0.86	0.67	SH 15F	1.09	0.48	0.0	-0.27	-0.27	-9.83						
SF 7F	-1.57	-1.26	0.08	-0.69	-0.61	0.92	SH 16	4.05	-1.78	-0.65	3.02	2.37	-2.50						
SF 8A	-0.04	-2.21	0.02	0.86	0.88	-1.26	SH 17	-1.09	1.19	-0.71	-0.44	-1.15	0.48						
SF 8F	0.04	-0.06	-0.02	-0.65	-0.65	SH 18	0.23	-0.11	-0.28	0.78	0.50	-0.71							
SF 9A	-0.84	0.76	-0.16	0.50	0.34	-0.84	SCD 1	1.01	-3.91	-0.59	0.82	0.23	-2.10						
SF 9F	-4.34	1.20	-0.17	0.36	0.14	-7.31	SC 1	1.66	4.01	-1.34	1.89	0.55	-2.54						
SF 10	-1.23	2.25	0.11	-1.49	-1.38	3.42	SC 2	-0.84	5.14	-2.62	1.97	-0.65	-3.19						
SF 11A	-0.11	-0.48	0.11	0.97	1.08	-0.84	SC 3	-3.93	4.66	-7.94	-2.41	-1.035	-0.36						
SF 11F	-6.39	-2.06	0.15	-0.75	0.60	2.96	SC 4	-5.45	3.97	-4.48	-2.88	-7.36	0.91						
SB 1	-0.11	-0.81	-0.16	0.04	-0.12	-1.15	DF 1	-1.00	-3.17	-0.06	3.02	2.96	-2.00						
SB 2	-0.95	-3.27	1.48	0.50	1.98	-1.73	DF 2	-0.71	-2.36	-0.19	4.60	4.79	-4.09						
SB 3	-5.77	3.76	-1.40	-3.76	-5.16	2.75	DF 3	-1.61	-2.70	-0.09	2.81	2.72	-1.99						
SB 4							DB 1	-1.62	-2.78	0.07	-1.07	-1.09	-0.12						
SG 1P	3.28	2.56	0.99	7.16	8.15	-1.59	DB 2	-1.50	-3.37	2.06	-1.33	0.73	0.15						
SG 1S	2.31	-4.33	1.07	3.11	4.18	1.03	DG 1P	0.30	-1.32	1.33	0.54	1.87	0.06						
SG 2P	0.73	-0.04	1.38	0.31	1.69	1.03	DG 3P	-0.69	0.09	0.38	-0.21	0.47	-0.06						
SG 2S	-1.49	2.50	1.26	-0.10	1.16	1.42	DG 1S	0.05	0.08	1.12	0.05	1.17	0.13						
SG 3P	1.02	3.55	0.93	0.19	-0.59	-0.59	DG 3S	-1.52	0.76	0.11	-1.01	-0.90	0.92						
SG 5P	0.27	0.51	-0.82	-0.31	0.71	0.71	DFL 1	-2.96	1.98	-0.26	-2.18	-2.44	-0.02						
SG 3S							DFL 3	-1.03	1.08	-0.22	-0.88	-1.10	-0.07						
SG 5S	-1.22	1.57	-0.04	-1.53	-1.57	0.88	DC 1	-1.031	6.95	-8.34	-3.95	-1.229	1.07						
SFL 1A	-0.10	0.88	-0.28	0.02	-0.26	-0.71	DL 1	3.55	-5.17	1.43	4.26	5.69							
SFL 1F	-0.13	1.18	-0.28	0.46	0.18	-0.57	DL 2	4.10	1.34	1.34	4.09	5.43	-3.90						
SFL 2A	-0.57	0.70	-0.10	-0.36	-0.46	-0.19	DL 3	4.56	1.03	1.03	3.74	4.77	-4.18						
SFL 2F							DF 4	-0.86	-2.23	0.0	3.86	3.86	-3.34						
SH 1	-7.75	0.73	-0.25	-3.51	-3.76	4.47	DF 5	2.14	-6.93	-0.14	6.09	5.95	-4.43						
SH 2	-2.69	3.02	-0.51	-2.16	-2.67	1.41	DF 6	-2.12	-0.51	0.02	2.98	3.00	-2.63						
SH 3	-4.07	6.13	-0.53	-3.67	-4.20	1.85	DS 1	3.15	-3.34	-0.32	-0.76	-0.76							
SH 4A	-3.11	2.63	-0.19	-2.61	-2.80	6.32	DS 2	1.503	-3.97	-0.09	1.89	1.80	-2.65						
SH 6A	-0.34	0.16	0.01	-0.81	-0.80	8.11	DD 1	-6.47	5.02	-3.99	-2.79	-6.78	3.36						
SH 4F	-0.21	0.81	-0.17	-1.04	-1.21	-0.26	DD 2	-6.13	5.31	-2.92	-2.88	-5.80	2.27						
SH 6F	1.32	-0.81	-0.13	0.47	0.34	-1.93	DD 3	-4.43	4.58	-2.77	-2.77	-1.05	0.33						
SH 7A	-5.77	5.07	-0.30	-4.97	-5.27	2.44	DD 4	-3.91	2.25	-2.77	-2.77	-0.69	0.69						
SH 9A	-1.58	1.80	-0.09	-1.72	-1.81	-0.34	DCD 1	-2.12	6.12	-5.21	-5.21	-4.52	0.08						

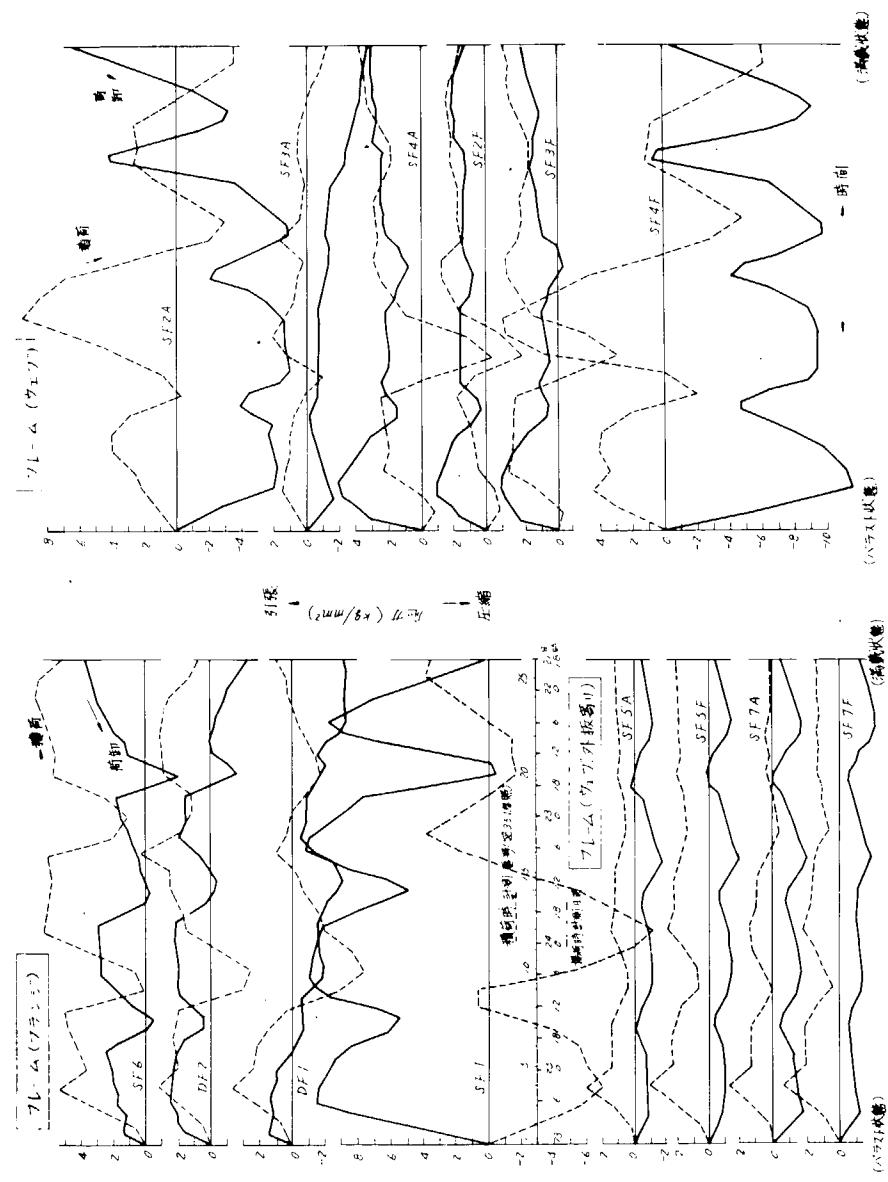


図 3.5-5 荷役時の応力変化(1次航)(フレーム)

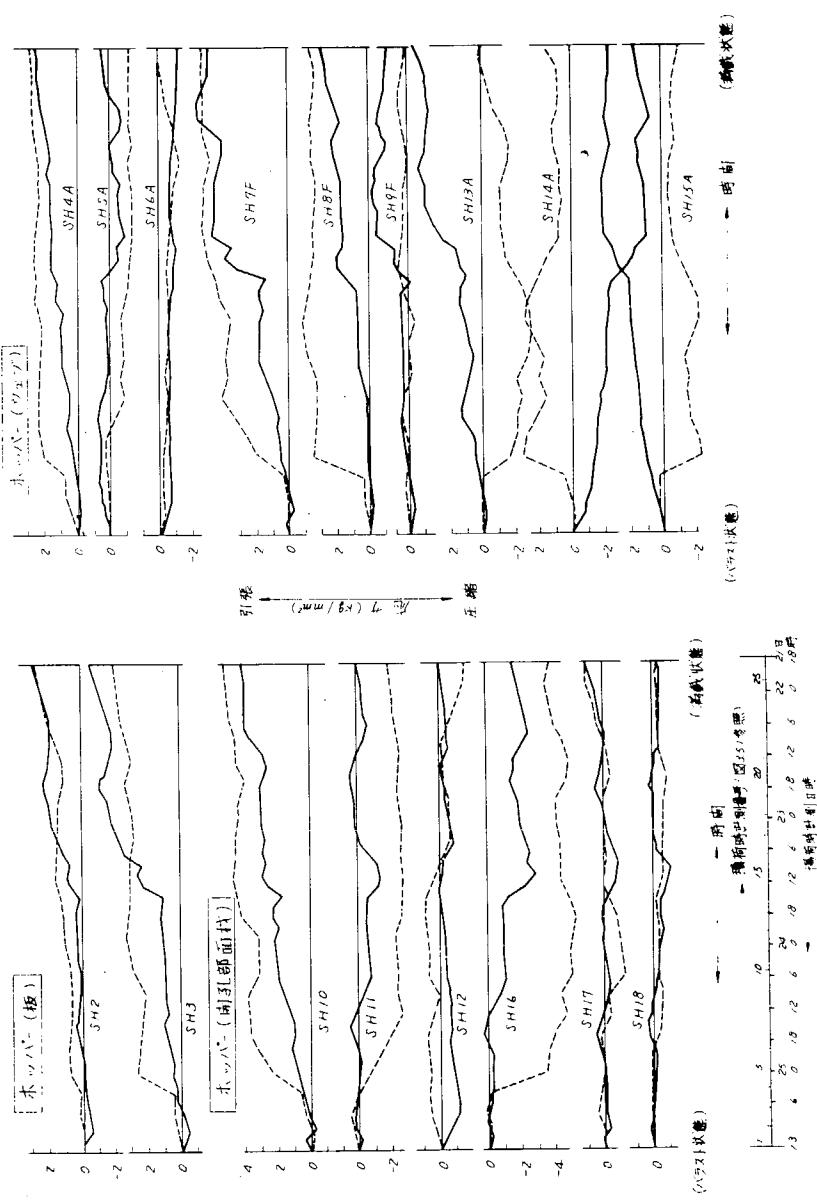


図 3.5-6 荷役時の応力変化(1次航)(ホツバー)

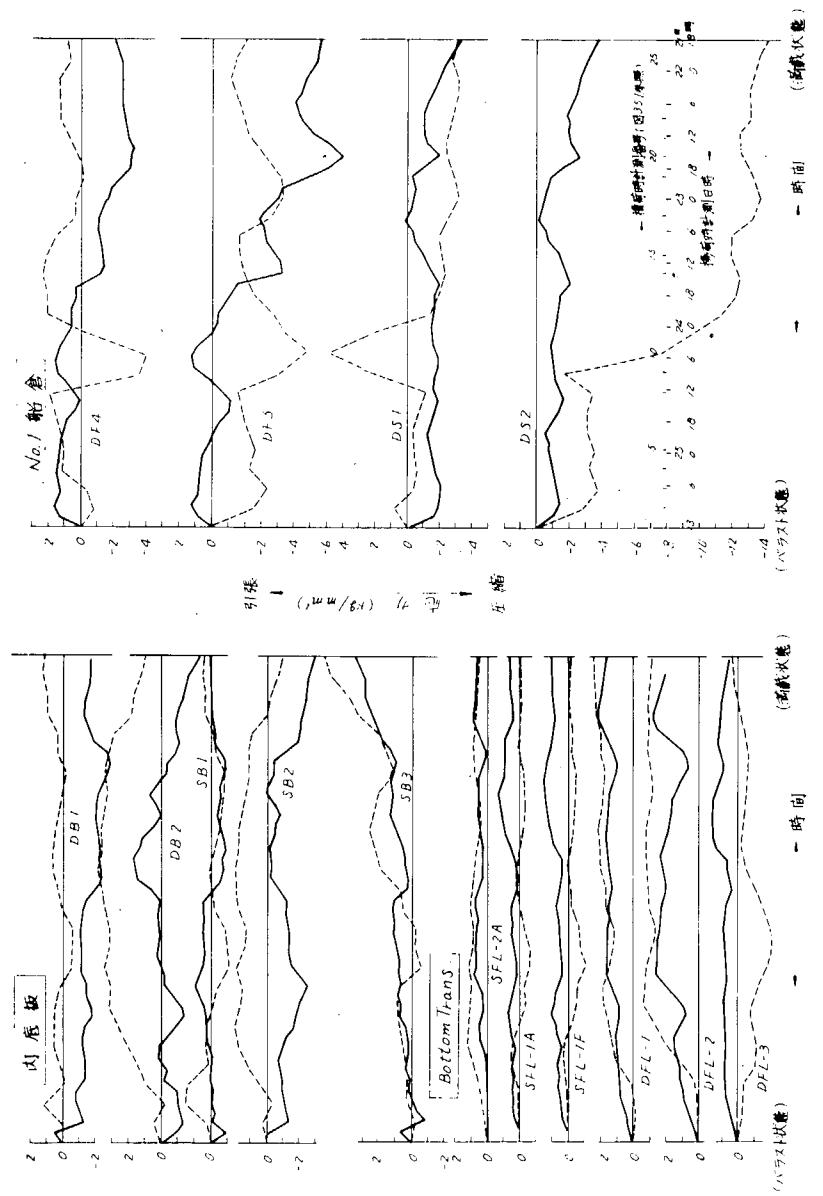


図 3.5-7 荷役時の応力変化(1次航) (内底板, Bottom Trans., 船倉)

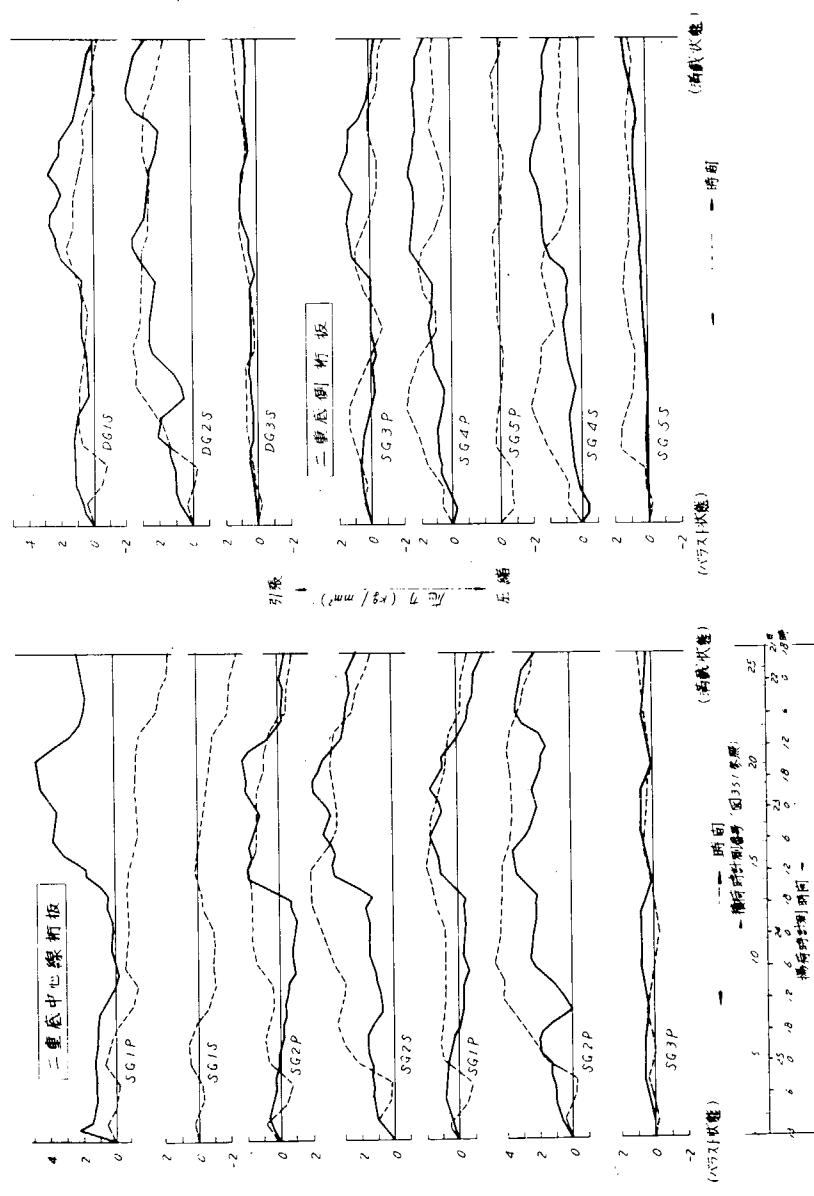


図 3.5-8 荷役時の応力変化(1次航)(二重底内縫材)

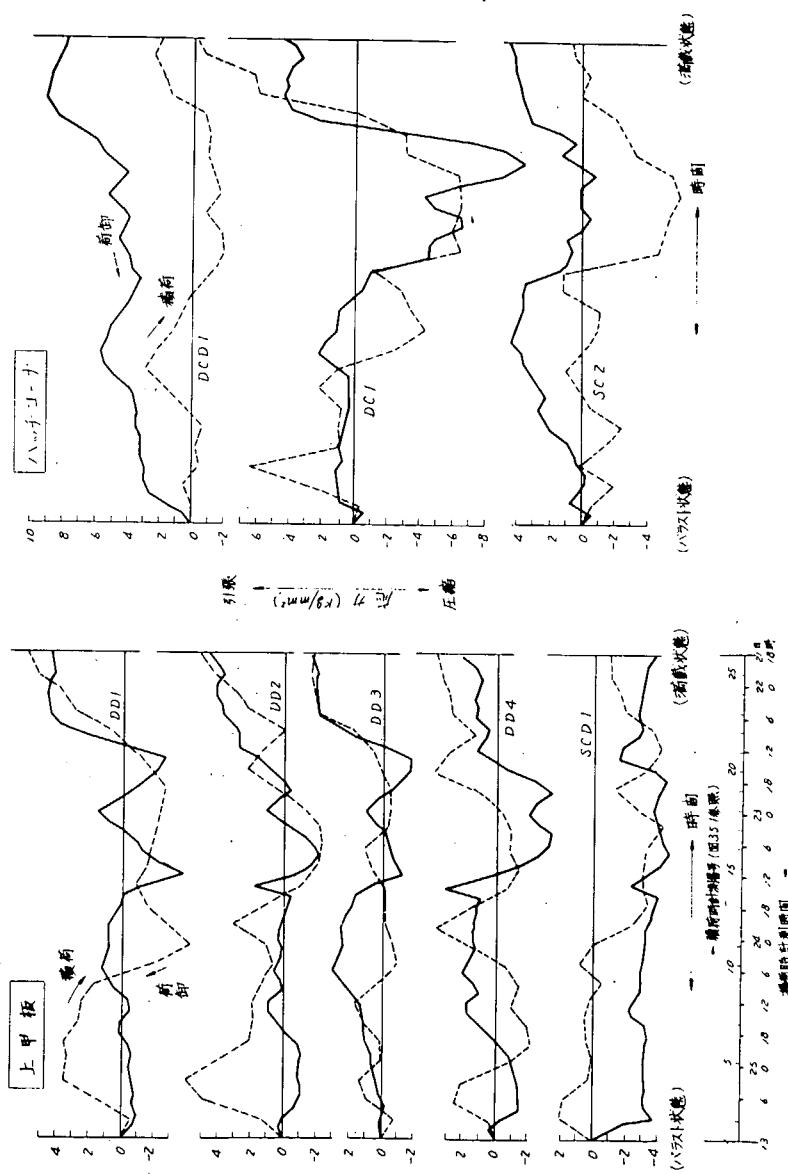


図 3.5-9 荷役時の応力変化(1次航)(上甲板、ハツチコーナ)

表3.5-2の各港における荷役時の応力変動量の分布を各部ごとに次に図示する。主応力は板材の表・裏に貼つた2枚の3方向ゲージから、対になつている表・裏のひずみを平均したものについて、その3方向のひずみから主応力とその方向を求めたものである。記号(→)は引張応力、(←)は圧縮応力を表わす。以下の分布図では第2次航の積荷については、おもにノーホークのデータを用いた(図3.5-5からわかるように第2次航の積荷は、ニューポートニュースとノーホークで2回にわけて行なわれているが、その2回の間沖待ち中にNo.4バラストを抜いている。したがつて双方を加えたものを積荷のデータとすることとは不適である)。

図3.5-10は、上甲板の縦応力変動量を示すものである。積荷が一様であることから、大体図のようく2次曲線的分布をしていると思われる。なお、上甲板船体中央のD D 2 のゲージが荷役中に示した最大変動量は、ロバートバンクでの積荷時の $-8.5 \text{ Kg/mm}^2$ であるが、このときの荷重状態は、図3.5-1の計測番号No.4とNo.16で、この両状態の差が $-8.5 \text{ Kg/mm}^2$ となつてゐる。すなわち中央のNo.5船倉に積み終つて、まだ中央付近のバラストを抜いていない計測No.4で最大のサギング状態、バラストを全部抜いて、中央付近の船倉の積荷が未完了の計測No.16で最大のホギング状態となつてゐる。

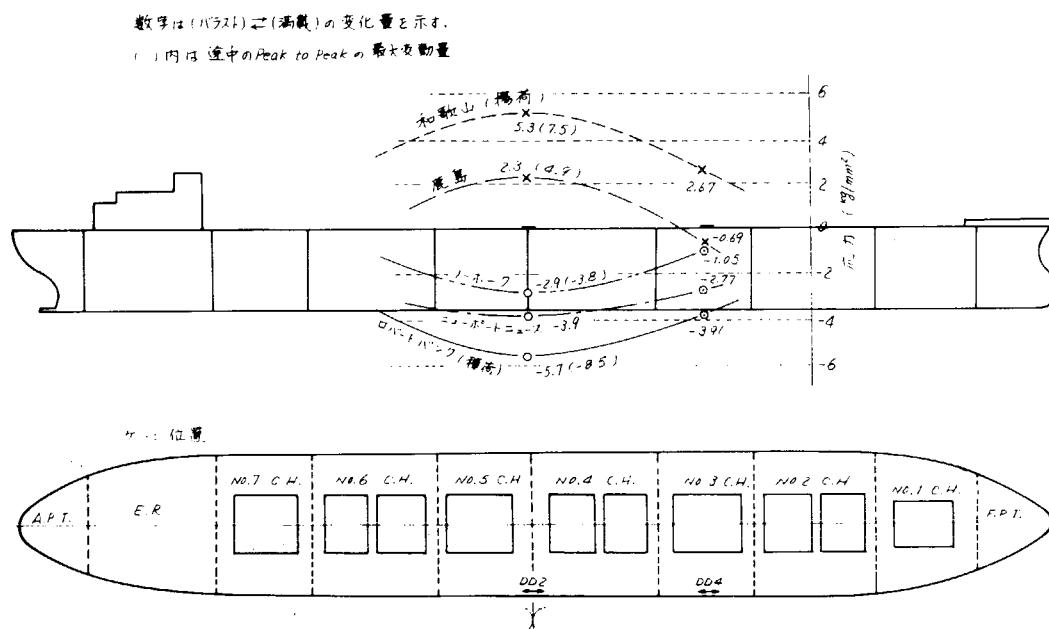


図3.5-10 上甲板縦応力の荷役による変動

図 3.5-11 は、No.3 船倉の横応力変動量である。積荷と揚荷時とを比較してみると、応力の分布形はほぼ対称形であるが、量的には必ずしも対称ではない（船倉中央部の DB 1 点においてはいずれも圧縮応力となっている。）この最大の原因是、航海中の荷崩れによる土圧変動のため、満載出港状態と満載入港状態では、条件が異なるためであると思われる。第 1 次航では、ロバートバンクにおける計測前後と、和歌山における計測前後とはほとんど同じ荷重条件であつたが、この荷崩れによる影響と思われる応力変動量は、DF 2 点で  $5.1 \text{ Kg/mm}^2$ 、DF 1 点で  $5.7 \text{ Kg/mm}^2$ 、SF 1 点で  $9.6 \text{ Kg/mm}^2$  もある。フレームの応力は、中央部で  $4 \sim 5 \text{ Kg/mm}^2$ 、付け根で  $5 \sim 6 \text{ Kg/mm}^2$  出ている。

図 3.5-12 は、Fr.1 90 におけるホッパー内横部材の応力変動量を示したものである。開口部の面材では下側が一番大きくロバートバンクでは  $-5.6 \text{ Kg/mm}^2$  を示している。また、積荷と揚荷時でほぼ対称形になつていて、ウェブの板に貼った 3 方向ゲージは、同じ点の船尾側と船首側で必ずしも同じ値を示していない（表 3.5-2 参照）が、多少板に曲げが加わっているのであろう。D FL 1, 2, 3 は裏、表 2 枚の 3 方向ゲージを直列に結線したもので、初めから曲げの影響を除いた平均歪が測定できるようにした。主応力は各港での測定結果に統一性がなく、ばらばらな値が出ている。最大のもので  $7 \sim 8 \text{ Kg/mm}^2$  であるがこのときの最大剪断応力は、和歌山で SH 7, 8, 9 が  $4.7 \text{ Kg/mm}^2$ 、SH 13, 14, 15 が  $3.8 \text{ Kg/mm}^2$  となつている。

図 3.5-13 は No.3 船倉のハッチコーナー部での応力変動量分布である。DC 1 の位置で最も応力集中度が高く最大で  $-10.3 \text{ Kg/mm}^2$  も示している。この点での応力集中度は、上甲板の縦方向ゲージ DD 4 と比べると約 2.5 ~ 3.0 倍である。

図 3.5-14 は中心線桁板の応力で、全般的に小さい。

図 3.5-15 は、No.1 船倉のフレーム上と近傍の外板の応力変動量である。外板では、板の内側に 1 方向ゲージを貼つただけであるから、内側の表面応力しかわからない。DS 2 はロバートバンクの積荷で  $14.3 \text{ Kg/mm}^2$  という非常に大きな値を示しているが、他港での計測では  $4 \text{ Kg/mm}^2$  以下であつた。フレームの応力値は No.3 船倉のフレームの応力とほぼ同等の大きさである。また、大骨である Fr. 251 の方が小骨である Fr. 250 より大きい応力値を示している（最大  $6.9 \text{ Kg/mm}^2$ ）。

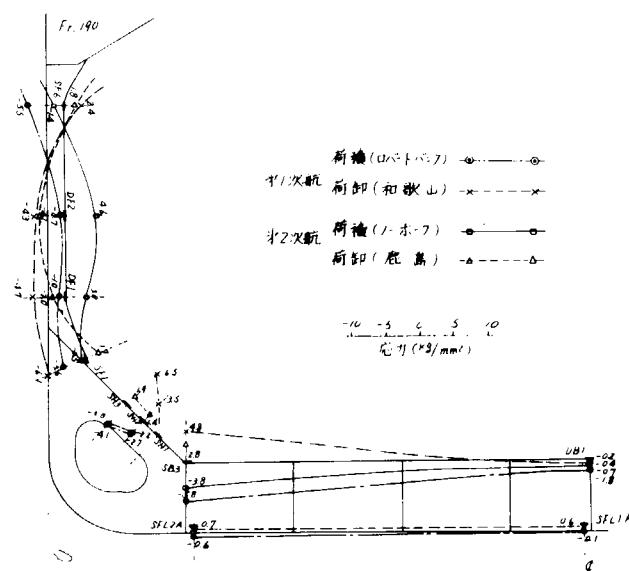


図 3.5-11 横応力の荷役による変動

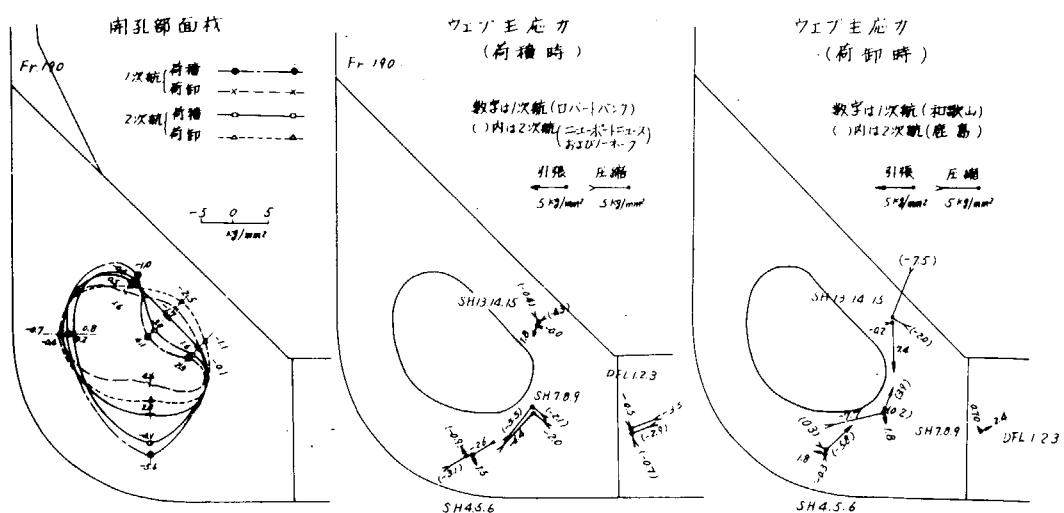


図 3.5-12 ホツパー部応力の荷役による変動

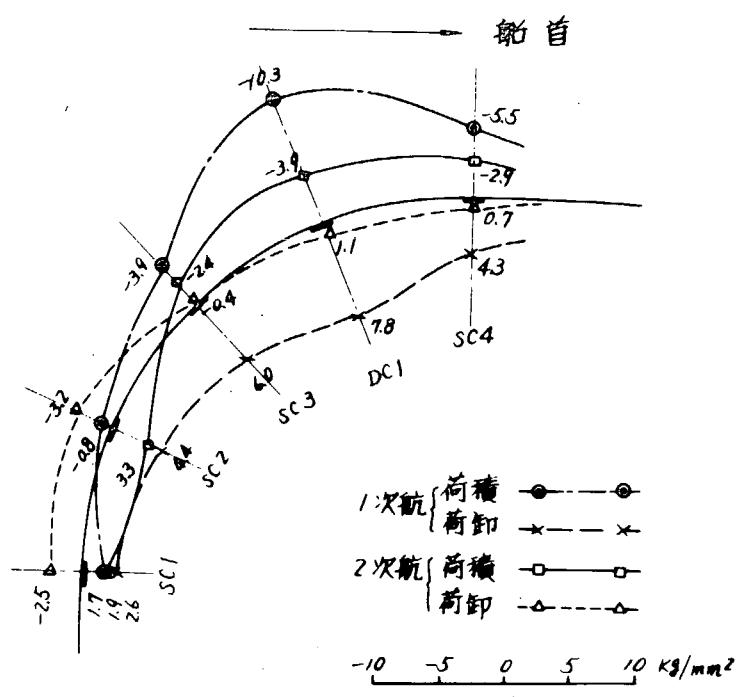


図 3.5-13 ハツチコーナー部応力の荷役による変動

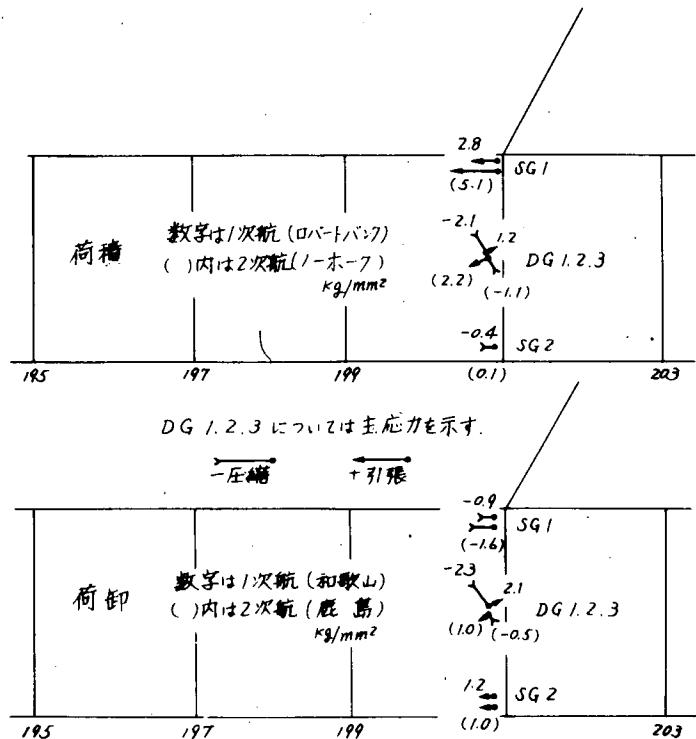


図 3.5-1-4 中心線桁板の荷役による応力変動

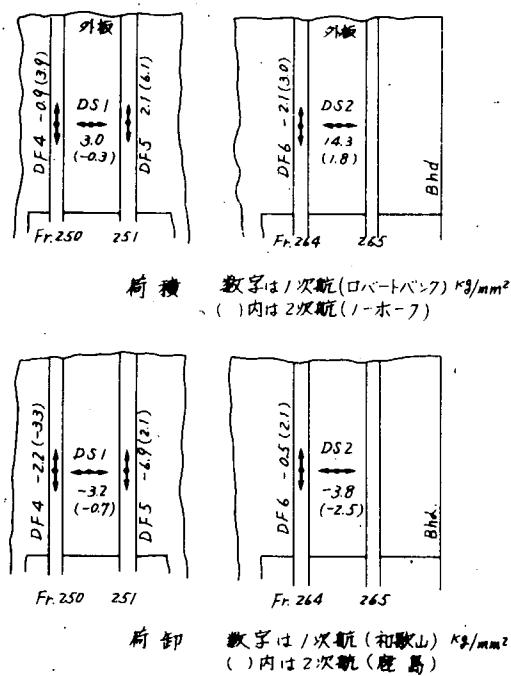


図 3.5-1-5 No.1 船倉内応力の荷役による変動

### 3.6 静的応力計算

#### 1) 概 要

現状では、電子計算機の能力のため、ばら積貨物船のような複雑な構造を完全に置換することはできないので、ここでは次のような2段階の計算を行なつた。まず、船体横断面を図3.6-1に示すように簡単化し、◎印の箇所に縦通材を通す。このような立体モデル(図3.6-2)を3船倉(№2～№4)にわかつて解き、応力計測断面(№3船倉中央)の変形および縦通部材からかかる力とモーメントを求める。つぎに、この変形および縦通部材からかかる力とモーメントを用いて、図3.6-3のように詳細に分割したモデルで骨組構造計算を、また、図3.6-4の分割で有限要素法による計算を行ない、各部の部材力および応力を求める。

#### 2) 構造条件

##### a) 節点の配置および拘束条件

節点配置および拘束条件を図3.6-2に示す。すなわち、

- (1) 左右対称とし、船体中心線位置にある節点ではX軸方向の変位、Y軸およびZ軸回りの回転拘束。
- (2) 隣接船倉の横隔壁位置にある節点のうち、条件1～4では№2船倉前端、条件5～6では№2船倉前端と№4船倉後端で、X軸回りの回転、Y軸(船側外板位置のみ)およびZ軸方向の変位拘束。

ここで X軸：船の幅方向にとつた軸

Y軸：船の深さ方向にとつた軸

Z軸：船の長さ方向にとつた軸

とする。なお、条件1～4では№4船倉後端に船体縦強度計算結果から得られた曲げモーメントおよび剪断力に相当する力をかける。

隣接HoldのTrans.位置における拘束条件を図3.6-5に示す。

##### b) 部材定数の取り方

昨年度報告(研究資料№120)で詳細に述べたので、ここでは省略する。

#### 3) 荷重

骨組構造計算は次の各ケースについて行なつた。

- |      |                             |
|------|-----------------------------|
| 条件 1 | 第1次航ロバートバンク入港状態             |
| 条件 2 | 第1次航ロバートバンク出港状態             |
| 条件 3 | 第2次航ハンプトロード入港状態             |
| 条件 4 | 第2次航ハンプトロード出港状態             |
| 条件 5 | 第1次航出港状態で№3船倉が波高6mの波の山にあるとき |
| 条件 6 | 第1次航出港状態で№3船倉が波高6mの波の谷にあるとき |

上記の結果から次の荷重差に相当する応力変化を求めて計測値と比較する。

条件1と2の差……… 第1次航積荷時計測値に対応

条件3と4の差……… 第2次航積荷時計測値に対応

条件5と6の差……… 波高6mの向い波の変動応力に対応

有限要素法による計算は、条件1から4までの状態で計算を行なつた。

入出港時におけるバラスト量、積載量を表3.6-1に、また、燃料油、オイル等の残量を表3.6-2に、喫水を表3.6-3に示す。

貨物(石炭)により生ずる圧力は以下に示す方法で求めた。水平圧力  $P_H$  はクーロンの土圧式の水平方向成分を取ることとする。

$$P_H = K' \gamma h$$

ここで  $K' = K \cos \alpha \cos (\varphi' + \alpha)$

$$K = \left\{ \frac{\sin(\beta - \varphi) / \sin \beta}{\sqrt{\sin(\varphi' + \beta)} + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - i)}{\sin(\beta - i)}}} \right\}^2$$

$\gamma$  = 石炭の密度

$h$  = 計算位置までの高さ

$i$  = 表面傾斜角

$\alpha$  = 圧力を受ける部材の傾斜

$$\beta = \alpha + \frac{\pi}{2}$$

$\varphi$  = 内部摩擦角

$\varphi'$  = 鋼板との摩擦角

である。記号については図 3.6-6 参照のこと。

垂直方向の圧力  $P_V$  は一様とし、下記の式で求める。

$$P_V = \frac{W}{\ell \times B}$$

ここで  $W$  = 積載重量

$\ell$  = 貨物倉の長さ

$B$  = 貨物倉の幅

である。石炭の  $\gamma$ ,  $\varphi$ ,  $\varphi'$  を表 3.6-4 に示す。

また、表面傾斜角  $i$  は、Top Side Tk 下端より上にある石炭を図 3.6-7 に示すような屋根形であると仮定して計算した。

K の式において、 $i > \varphi$  のとき  $\sin(\varphi - i)$  が負となりかつて内が虚数となるため、この場合は  $i = \varphi$  とおいて計算する。

#### 4) 計算結果

骨組構造計算により得られた結果を以下のように示した。

条件 1 ..... 図 3.6-8

条件 2 ..... 図 3.6-9

条件 3 ..... 図 3.6-10

条件 4 ..... 図 3.6-11

条件 5 ..... 図 3.6-12

条件 6 ..... 図 3.6-13

条件 1 と条件 2 の差 ..... 図 3.6-14

条件 3 と条件 4 の差 ..... 図 3.6-15

条件 5 と条件 6 の差 ..... 図 3.6-16

表3.6-1 入港時および出港時の載貨状態

位 置	A.P.T.	No. 1 3	No. 9	No. 7	No. 6	No. 5	No. 4	No. 3	No. 2	No. 1	E.P.T.
バラストタンク容量(t)	317	267	124	2,165	3,441	2,327	3,104	3,128	4,115	2,393	3,543
船 倉 容 量 (m <sup>3</sup> )	—	—	—	9,460	12,999	9,623	12,938	9,662	12,945	8,267	—
第一 バロ 入港時バラスト(t)	316	267	124	2,165	3,441	2,326	3,104	3,128	4,114	2,392	896
第一 バロ 出港時石炭(t)	—	—	—	7,874	10,820	7,671	9,775	7,112	10,262	6,706	—
第二 バロ 入港時バラスト(t)	317	267	124	2,165	3,441	2,327	3,104	3,129	4,111	2,391	1,001
第二 バロ 出港時石炭(t)	—	—	—	7,712	11,011	7,262	7,185	6,769	10,372	6,818	—

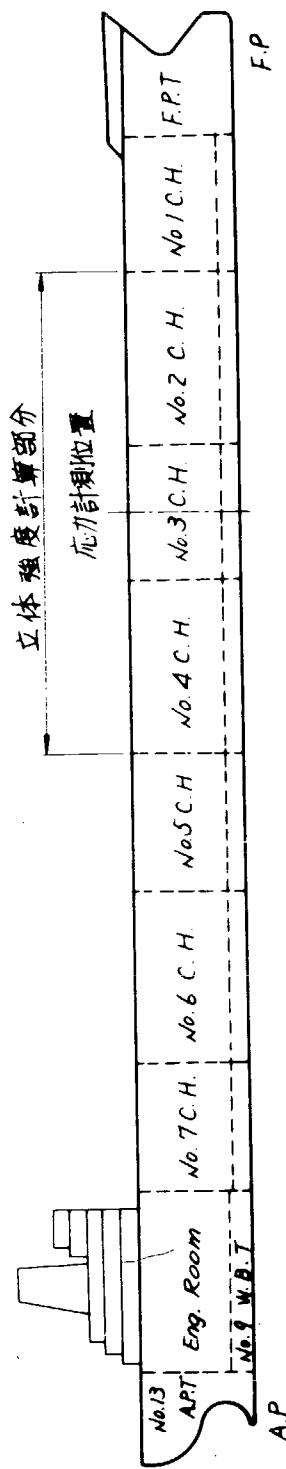


表3.6-2 燃料油残量

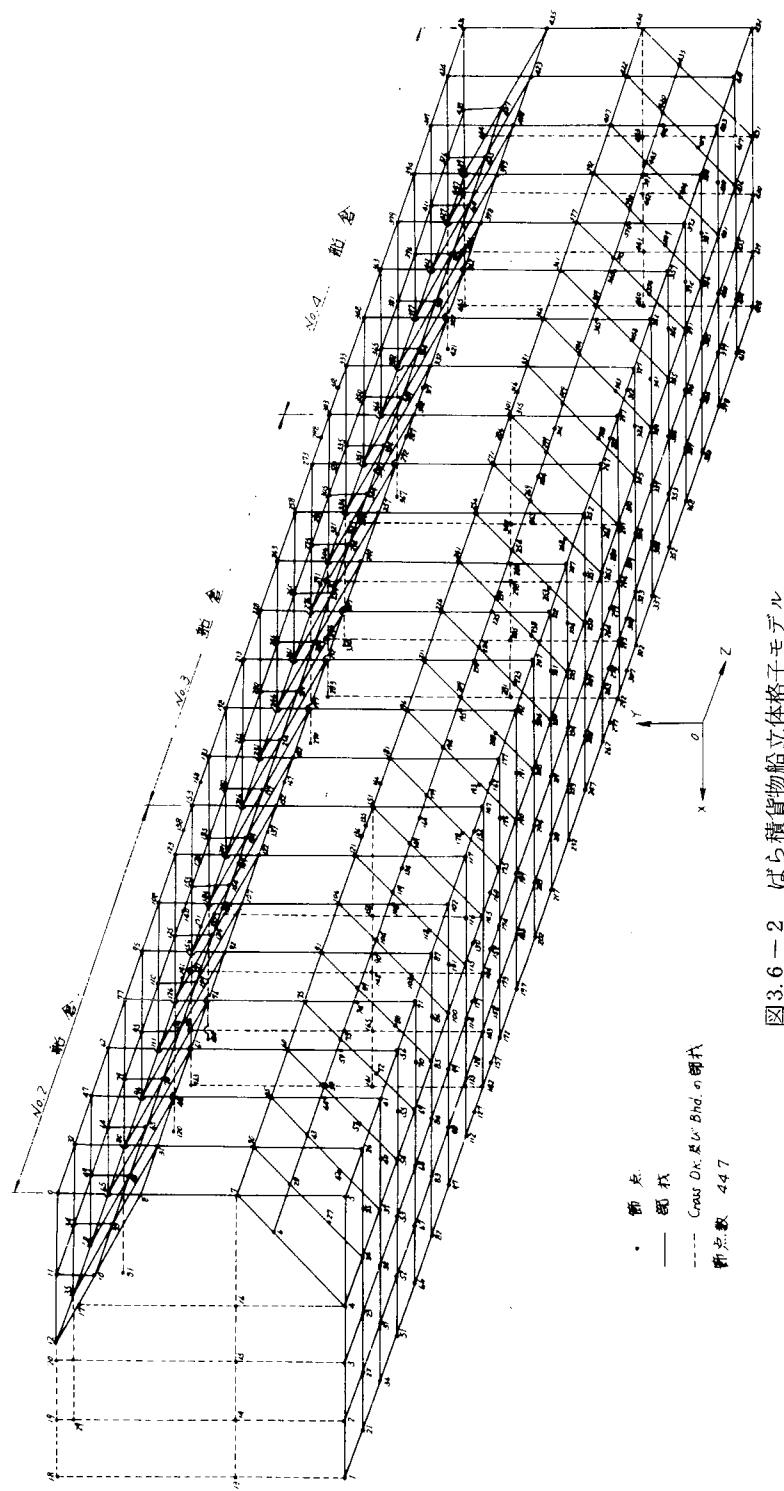
タンク名	第1次航(ロバートバンク)		第2次航(ハンプトンロード)	
	入港時(7/3)	出港時(7/6)	入港時(8/19)	出港時(8/29)
No. 4 F.O.T.	263.26t	236.93t	8.52t	14.19t
No. 5 F.O.T.	342.15	342.15	8.52	11.35
No. 6 F.O.T.	11.40	11.40	462.27	413.92
No. 7 F.O.T.	331.21	331.21	2.84	2.84
No. 8 F.O.T.(S)	1.43	1.43	0.95	0.95
No. 10 F.O.T.(S)	—	—	—	—
No. 10 F.O.T.(P)	—	—	—	—
C. Sett. Tk.	8.49	9.95	11.76	6.38
C. Ser. Tk.	14.22	14.10	14.21	14.30
C. 油 計	972.16	947.17	509.07	463.93
No. 8 F.O.T.(P)	68.85	64.03	43.50	37.27
A. Sett. Tk.	2.98	4.42	8.11	4.96
A. Ser. Tk.	8.04	5.91	5.92	6.75
A. 油 計	79.87	74.36	57.53	48.98
合 计	1052.03t	1021.53t	566.60t	512.91t

表3.6-3 出入港時喫水

	第1次航(ロバートバンク)		第2次航(ハンプトンロード)	
	入港時(7/3)	出港時(7/6)	入港時(8/19)	出港時(8/29)
前部 嘱水	5.32m	12.06m	6.25m	11.65m
中央 嘱水	6.39	12.22	6.35	11.85
後部 嘱水	7.17	12.28	6.60	11.85
応力計測位置	6.04	12.17	6.32	11.78

表3.6-4 石炭の密度および内部摩擦角

	$\gamma$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$\varphi$ (deg.)	$\varphi'$ (deg.)
第1次航 (ロバートバンク)	0.8324	20	19
第2次航 (ハンプトンロード)	0.8471	20	19



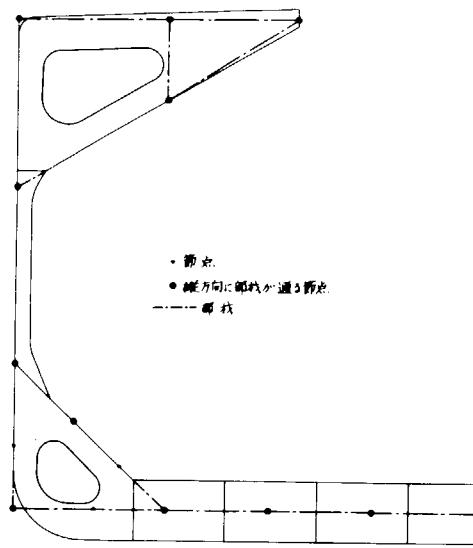


図 3.6-1

立体格子モデルと中央横断面の対応

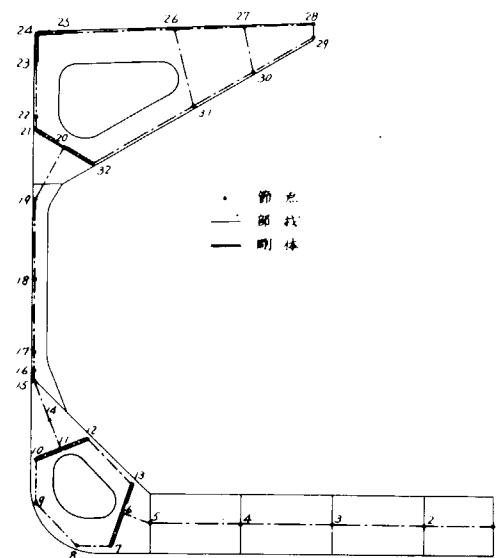


図 3.6-3

Transverse Ring 平面格子モデル

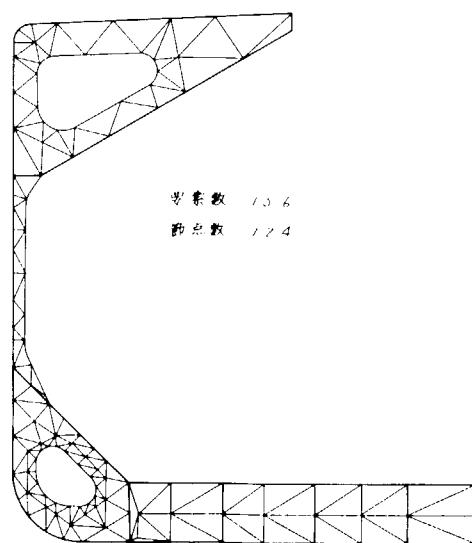


図 3.6-4

Transverse Ring の有限要素法分割図

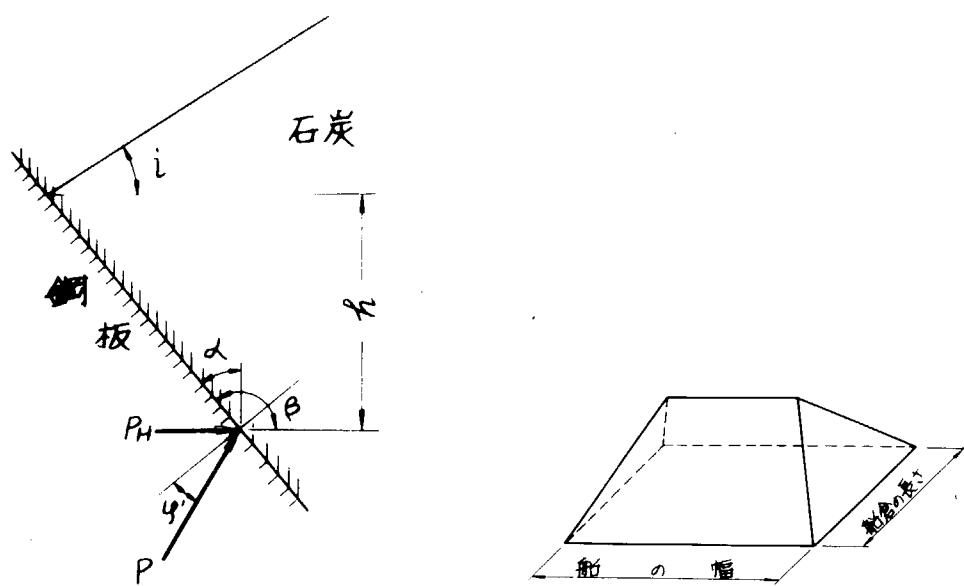
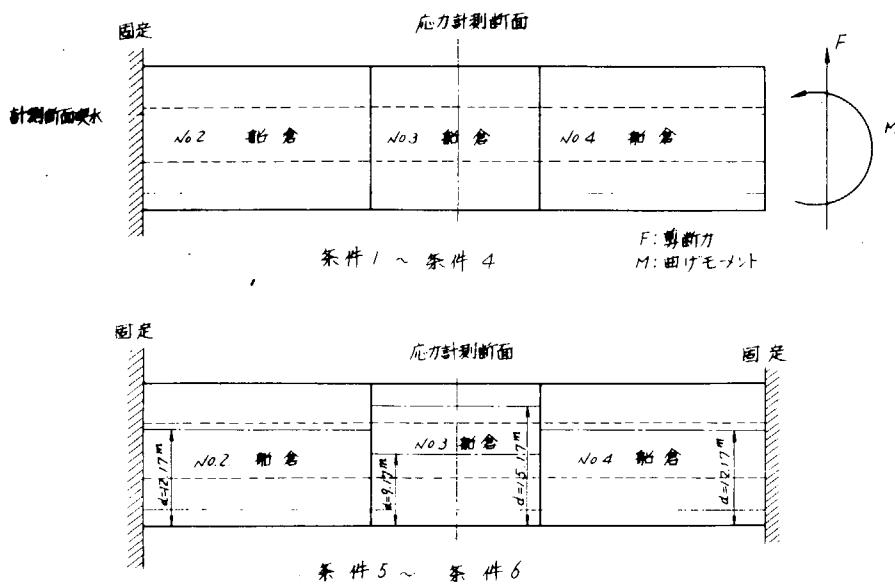
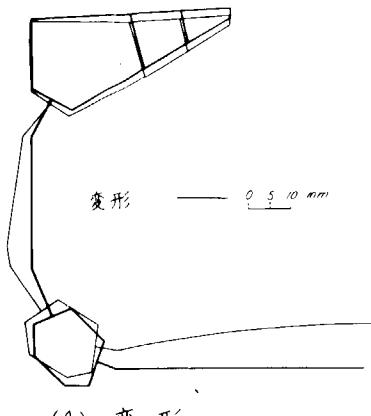
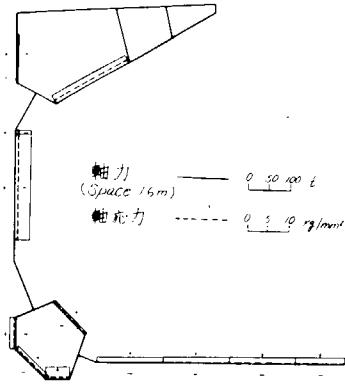


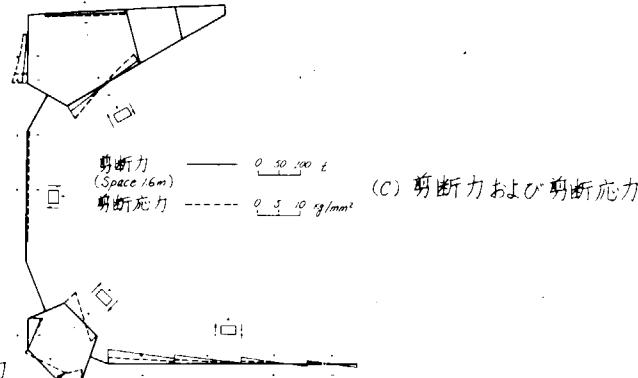
図 3.6-6 クーロンの土圧  
Top Side Tk. 下端より上部の石炭積付形状



(A) 变形



(B) 軸力および軸応力



(D) 曲げモーメントおよび曲げ応力

(E) 内底板および面材の応力

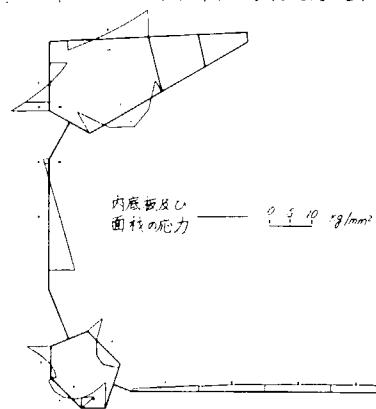
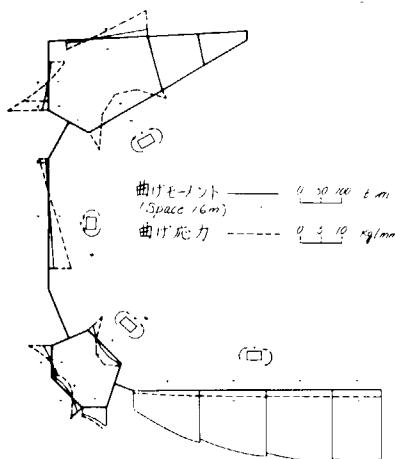
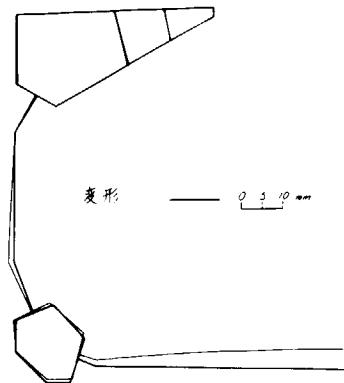
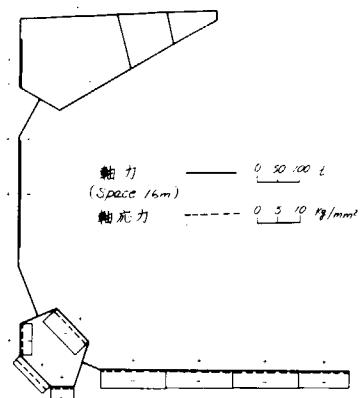


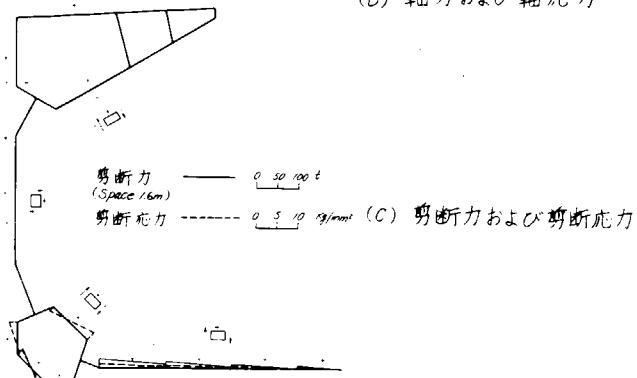
図 3.6-8 第1次航積荷前(条件1)



(A) 変形



(B) 軸力および軸応力



(C) 剪断力および剪断応力

(D) 曲げモーメントおよび曲げ応力

(E) 内底板および面材の応力

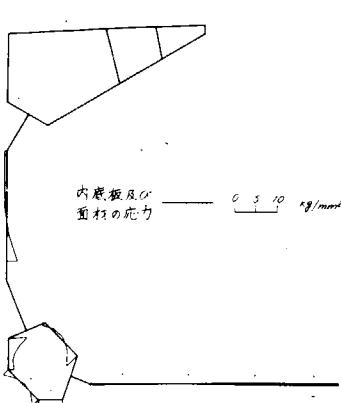
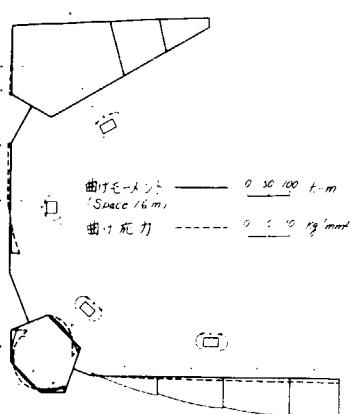
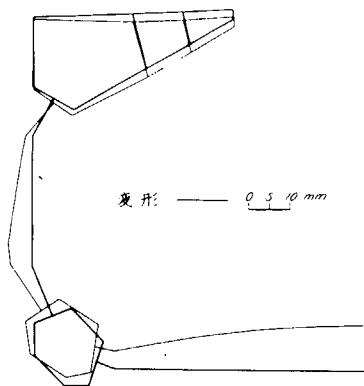
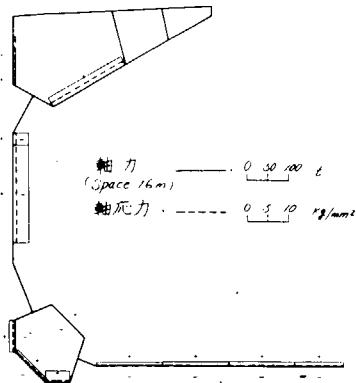


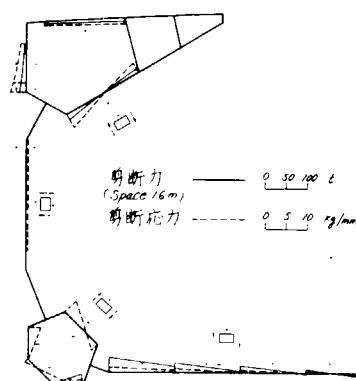
図 3.6-9 第1次航積荷後(条件2)



(A) 变形



(B) 軸力および軸応力



(C) 剪断力および剪断応力

(D) 曲げモーメントおよび曲げ応力

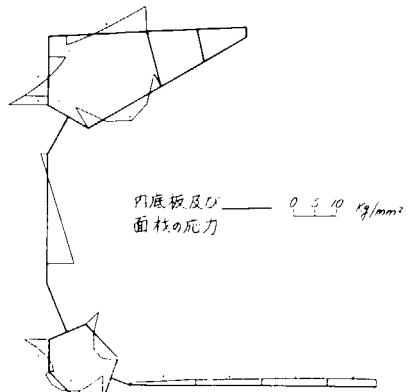
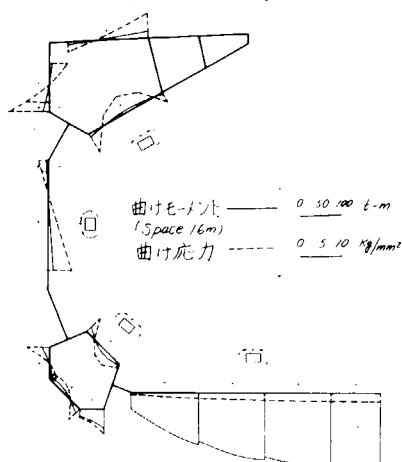


図 3.6-10 第2次航積荷前(条件3)

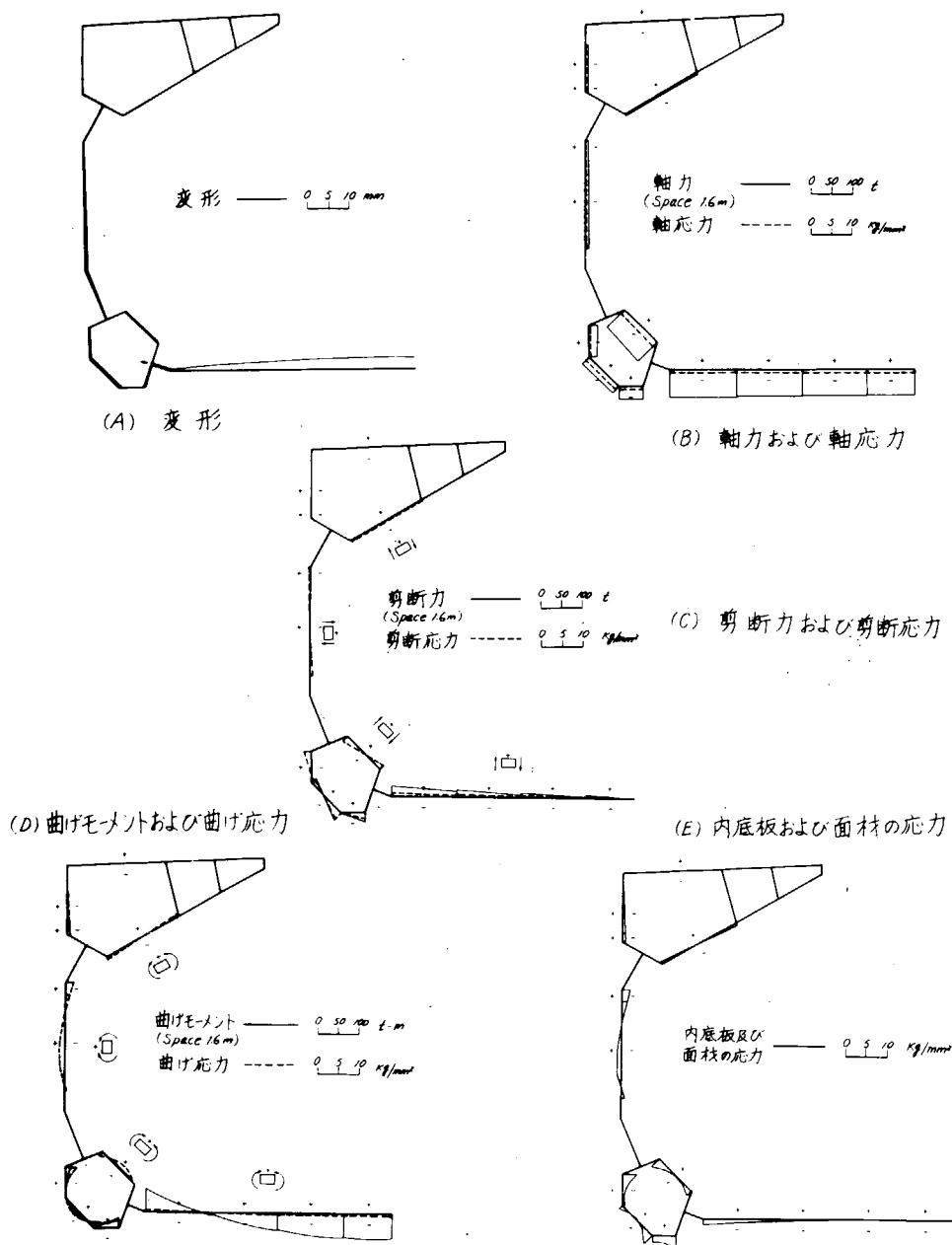
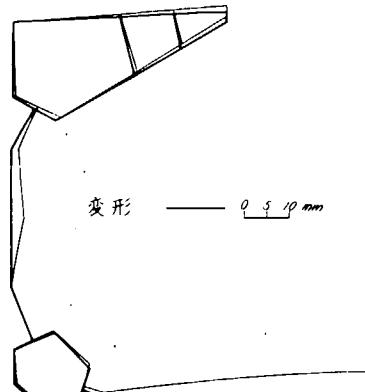
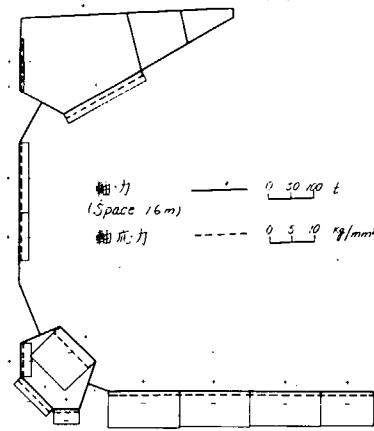


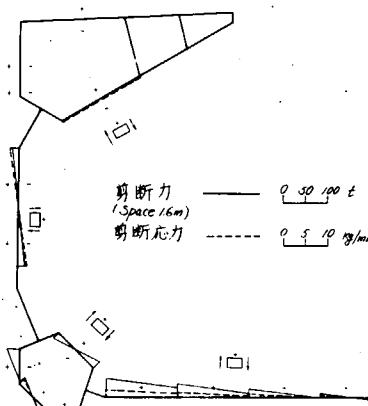
図 3.6-11 第2次航積荷後(条件4)



(A) 変形



(B) 軸力および軸応力



(C) 剪断力および剪断応力

(D) 曲げモーメントおよび曲げ応力

(E) 内底板および面材の応力

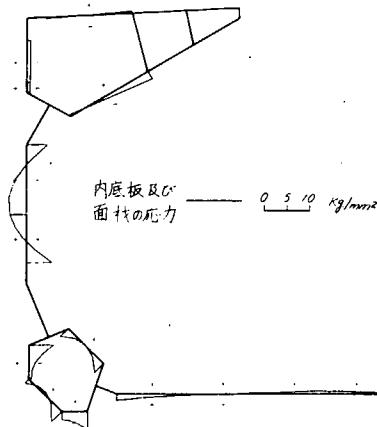
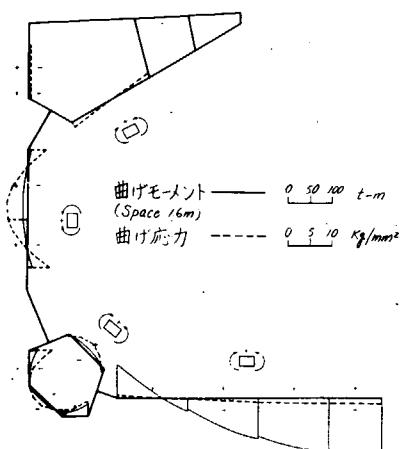


図 3.6-12 波高 6 m の波の山にある時(条件5)

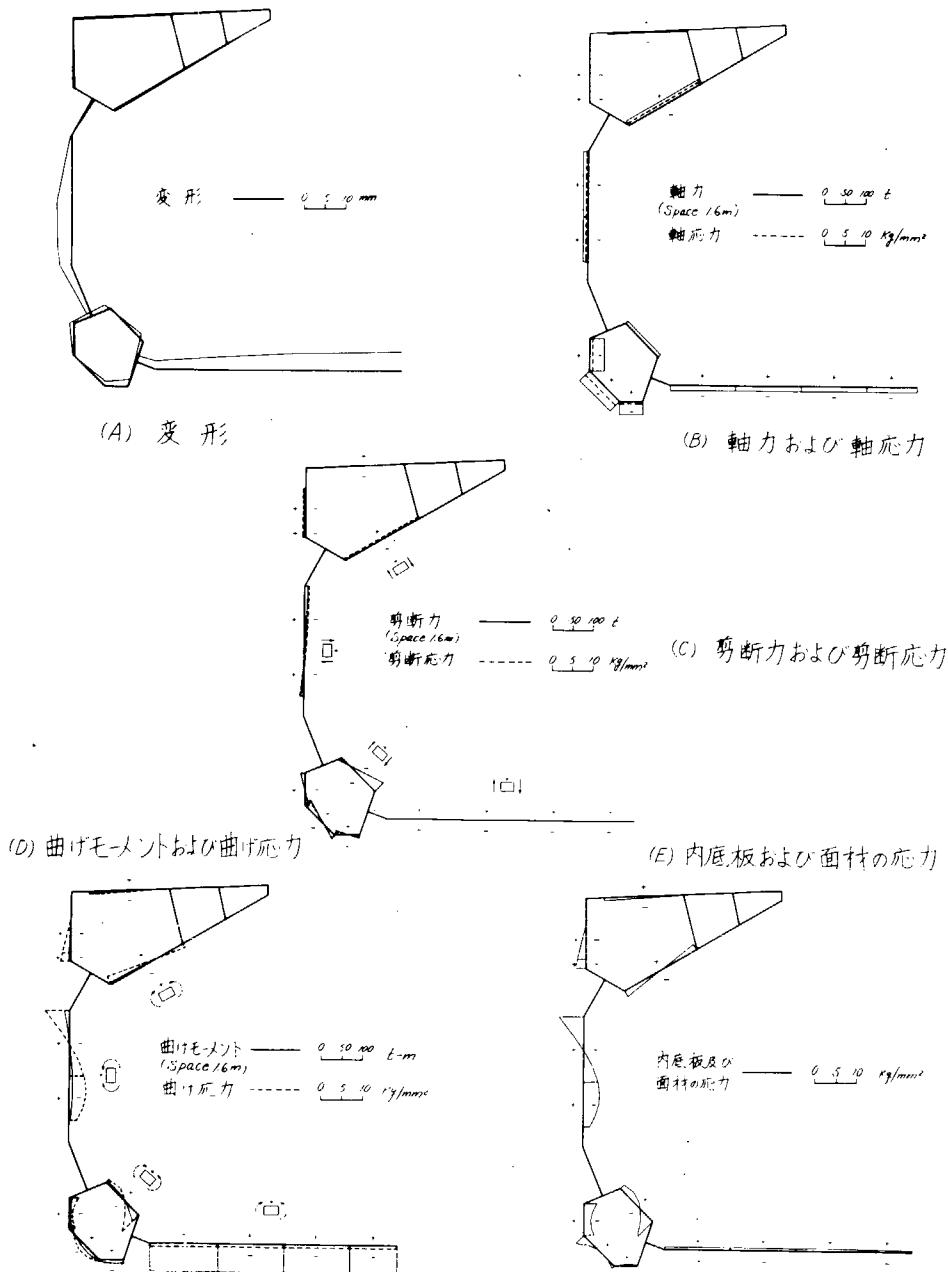


図 3.6-13 波高 6 m の波の谷にある時(条件 6)

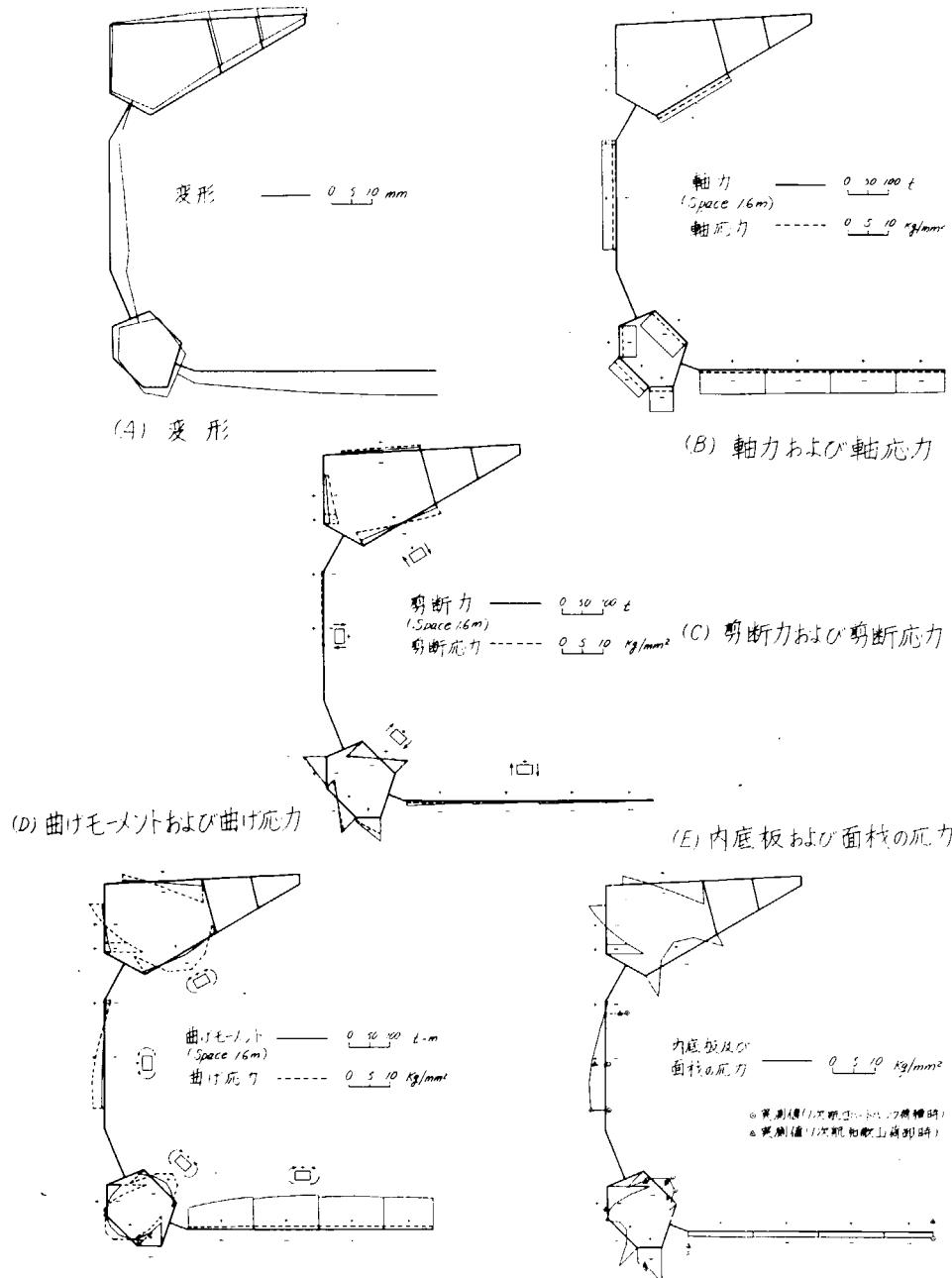


図 3.6-14 第1次航積荷前後の変化(条件1と条件2の差)

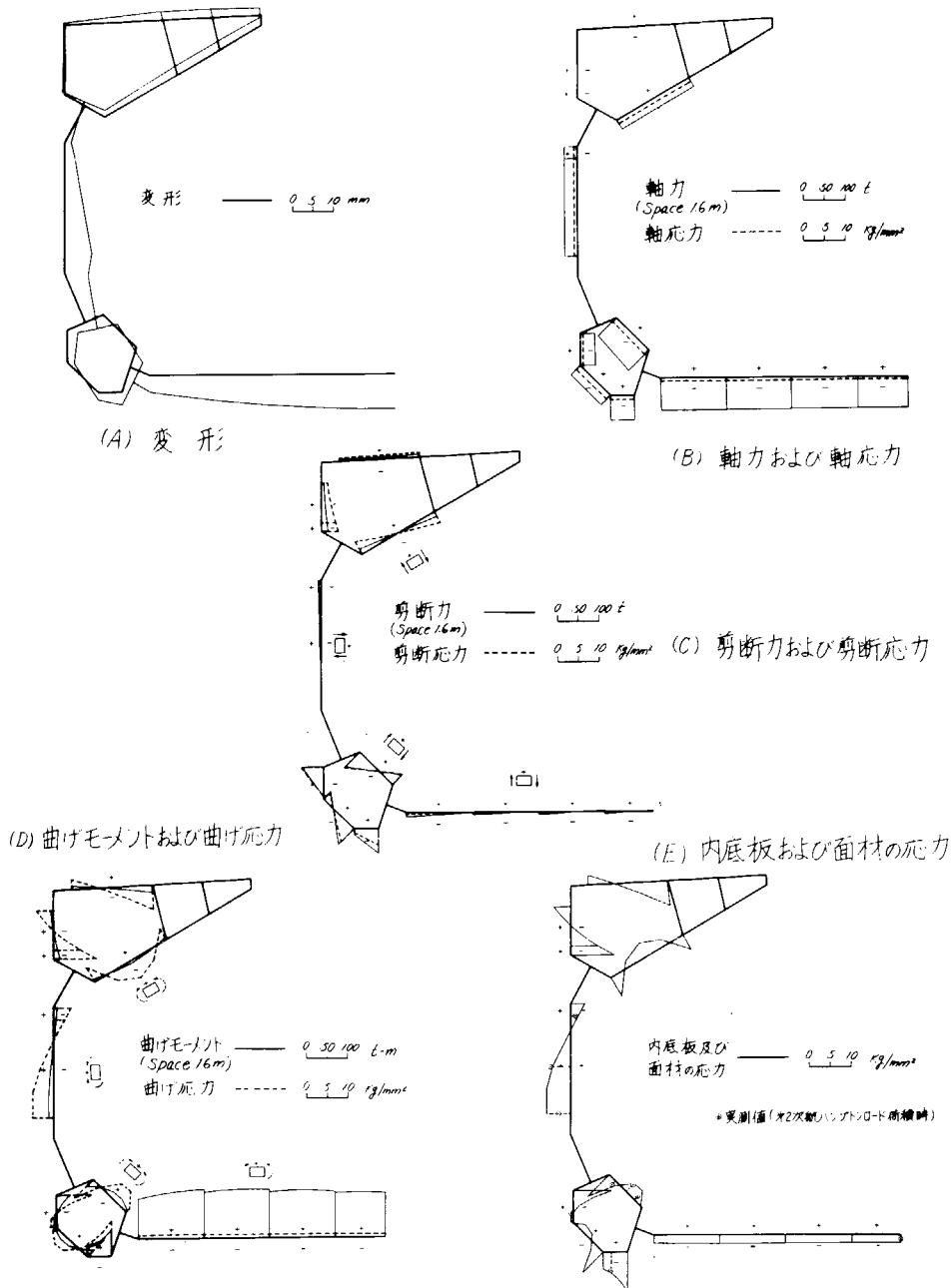
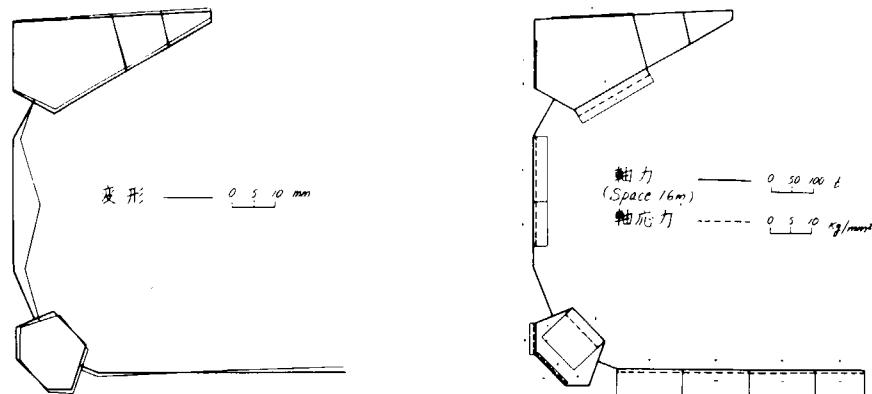
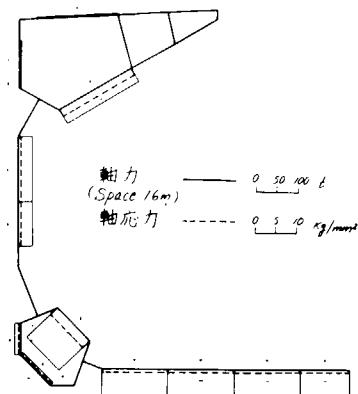


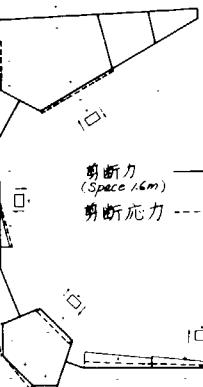
図 3.6-15 第2次航積荷前後の変化(条件3と条件4の差)



(A) 変形



(B) 軸力および軸応力



(D) 曲げモーメントおよび曲げ応力

(E) 内底板および面材の応力

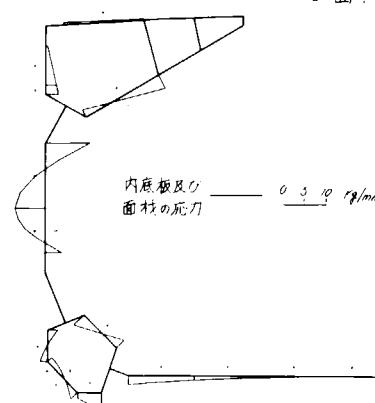
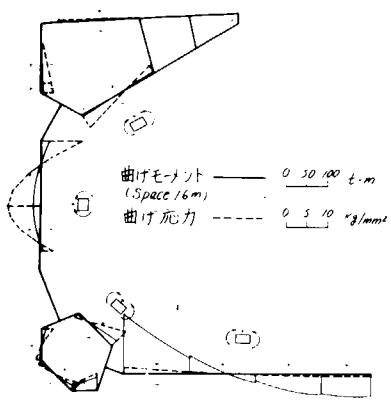


図3.6-16 波高 6 m の波による変動（条件5と条件6の差）

### 3.7 波浪縦曲げモーメントの計算

計算の概要については 2.3 (2) に述べた。ここでは計算の内容および結果について述べる。

計算は昭武丸について行なつた。表 3.7-1 に計算を行なつた本船の状態を示す。ここで状態 I, II は 44 年度第 1 次航サンニコラス出港時の状態であり、III は 44 年度第 1 次航横浜出港時の状態である。

状態 I, II および III の重量分布を図 3.7-1 に示す。この重量分布は、船殻重量、積荷等の分布を可能な限り正確に見積つて得た、いわば先の重量分布を、表 3.7-1 に示す吃水に対応する船体形状の排水量、浮心位置と一致するよう修正したものである。この修正量は I, II についてはそんなに大きいものではなかつたが、III は I, II に比べかなり大きいものであつた。

以上の状態について、ストリップ法によつて船体中央部の波浪曲げモーメントの応答函数、すなわち単位振巾の規則波中における波浪曲げモーメントを計算した。図 3.7-2 に応答函数の計算結果を示す。横軸は波長を示すもので  $\sqrt{L/\lambda}$  ( $L$  = 船長,  $\lambda$  = 波長) である。縦軸は波浪曲げモーメントの振巾  $M$  の無次元値  $M/\rho g L^2 B h$  ( $\rho$  = 海水の密度,  $g$  = 重力の加速度,  $B$  = 船の巾,  $h$  = 規則波の振巾) である。船に対する波の進行方向のいろいろな値に対して計算したもので、 $0^\circ$  が向い波、 $90^\circ$  が横波、 $180^\circ$  が追い波である。なお、状態 I の計算は昨年度報告にある。

状態 I, II, III の波浪曲げモーメントの応答函数を、向い波の場合について比較してみたものが図 3.7-3 である。

前述の波浪曲げモーメントの応答函数と海洋波のスペクトラムを用い重ね合せの原理により、種々の海象における波浪曲げモーメントの変動の標準偏差  $R$  が求められる。図 3.7-4 に状態 II, III の  $R$  の計算値を示す。状態 I については昨年度報告に掲載してある。本計算において海洋波のスペクトラムは ISSC スペクトラムを用いた。図において、横軸は考えている海域の平均波周期  $T$  であり、縦軸は波浪縦曲げモーメントの変動の標準偏差  $R$  の無次元値  $R/\rho g L^2 BH$  ( $H$  = 有義波高) である。これはその海域の有義波高  $H$  の単位の場合の曲げモーメントの標準偏差に相当する。考えている海域の有義波高  $H$  と平均波周期  $T$  が与えられると、その海域で、平均波方向とある角度をなして航行する本船の波浪曲げモーメントの変動の標準偏差  $R$  が図 3.7-4 から求められる。この計算値と縦応力の計測値の比較は 4.1 で述べる。

図 3.7-5 は状態 I, II, III における  $R$  を比較したものある。

表 3.7-1 計算条件

	状態 I	状態 II	状態 III
船速 $Fr = V/\sqrt{Lg}$	0.15 (14 kt)	0.05 (4.7 kt)	0.15 (14 kt)
載貨状態	満載	満載	バラスト
吃水前部 (m)	1.1520		6.390
後部	1.2740		8.890
平均	1.2130	同左	7.640
排水重量 (ton)	76,864		46,814

#### 参考文献

- 1) 福田淳一：『規則波中の船の縦曲げモーメント』造船学会論文集 第 110 号 昭 36.1.2 . 続編第 111 号 昭 37.6.
- 2) St.Denis, M. and Pierson, W.J. "On the Motions of Ships in Confused Seas", Trans. S.N.A.M.E., Vol. 61, Nov. 1953
- 3) 福田淳一：『長期の波浪曲げモーメント異常値の傾向について』造船学会論文集, 第 123 号, 昭 43.6.

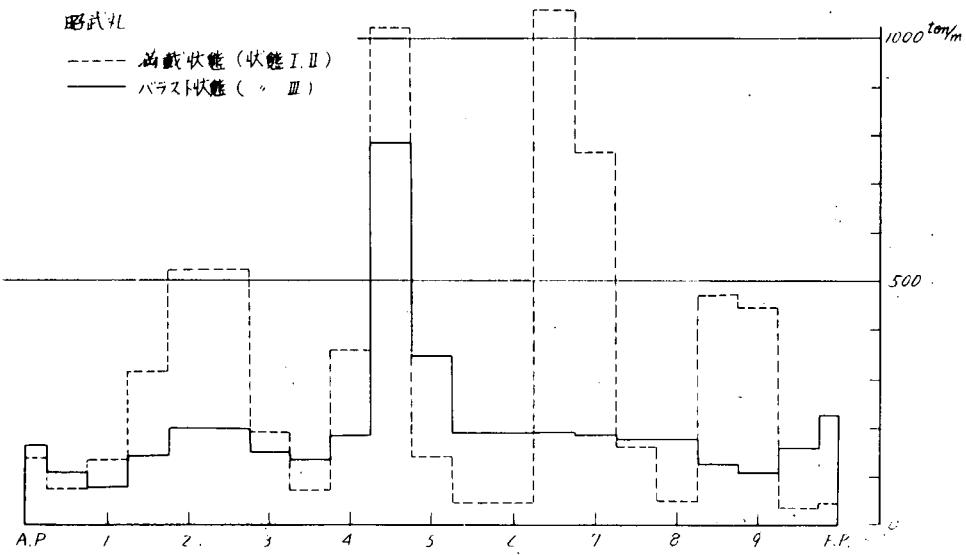


図 3.7-1 昭武丸 重量分布

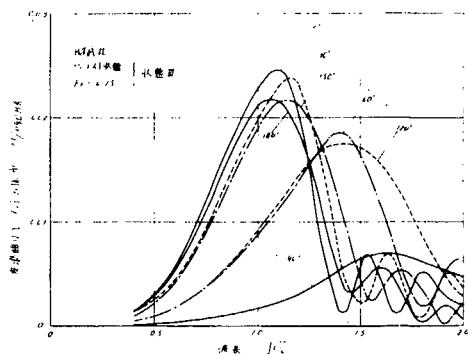


図 3.7-2 (a) 昭武丸船体中央波浪曲げ  
モーメントの応答函数

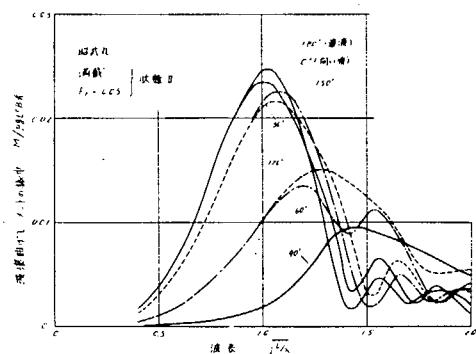


図 3.7-2 (b)

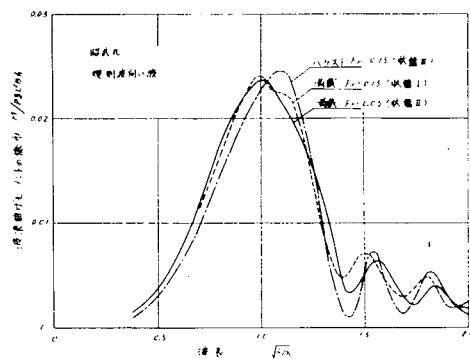


図 3.7-3

昭武丸船体中央波浪曲げモーメントの応答函数  
(各種状態における比較)

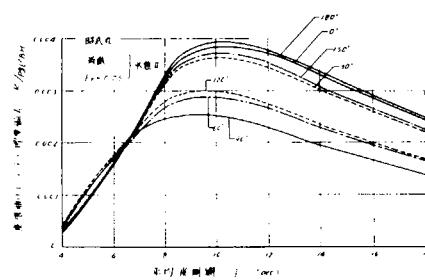


図 3.7-4(a)

波浪曲げモーメント(船体中央)の標準偏差

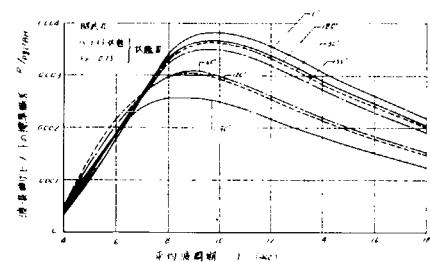


図 3.7-4(b)

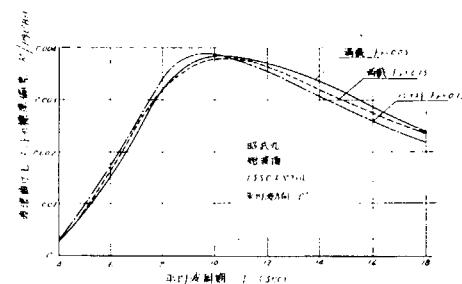


図 3.7-5

昭武丸船体中央曲げモーメントの短期分布の  
標準偏差(各種状態における比較)

### 3.8 青波水圧

青波水圧の計測は、1，2次航についてのみ行ない、水圧頻度を測る簡易水圧頻度計と、ある期間中の最高水圧を計る最高水圧計とをそれぞれ3台ずつ配置した。

しかし、青波打上げは1，2次航ともにほとんどなく、頻度計を計数するに至らなかつた。

第3次航においてはかなりの荒天に遭遇し、青波の打上げもあつたが残念なことに本実験が当初2航海分としていたこと、および記録装置は陸上で解析装置としても使用する必要があつたため、第3次航は少数点の統計的な応力計測のみに限定したことによつて水圧計を含む大半の計器を下してしまつた。そのため記録としては、何もとれなかつた。この3次航では、青波打上げにより電線管固縛のスチームバンドが相当個所切れていたが、船体損傷は見受けられなかつた。

#### 4. 試験結果の考察

##### 4.1 波浪曲げ応力

船体中央部上甲板の波浪曲げ応力振幅のR.M.S.,  $\sqrt{E}$  および、無次元化した波浪曲げモーメント  $\bar{M} = M / \rho g L^3 B$  のR.M.S.を風力階級についてプロットしたものを図4.1-1に示す。 $\sqrt{E}$  および  $\sqrt{E\bar{M}}$  は第3次航の計測も含んだR.M.S.コンピューターの記録からとつたもので、 $\rho$  は海水密度、 $g$  は重力の加速度、 $L$  は船の長さ、 $B$  は船の幅である。これらの関係を同種の船および二三の油送船について一括したものを作表4.1-1に示す。

図4.1-1中の曲線はストリップ法による近似解析を用いて計算した。3.6節の結果から求めた理論的推定値である。計算は平均波周期を基準にとつてあるが、観測結果はビューフォート風力階級が最も信頼できるデータが揃つてゐるので、Roll 和 Walden の資料から平均的な風力階級～平均波周期の相関を求めて換算したものである。

図に見るとおり、実測値はきわめてばらつきが多いが、平均的には近似解析結果と大体一致している。ただし、荒天時には計算値よりも大きく、特にばらつきの上限はきわめて大きい。船体強度の検討には、統計的な平均値だけでなく、異常値を問題としなければならない場合が多く、荒天中の数多くのデータが望まれる。さきに、表3.3-4でも示したが、Peak to Peak の複振幅で  $19 \text{ Kg/mm}^2$  という値は注目すべき値であると考えられる。これは残念乍ら第3次航の計測で、同時刻に他の船体各部の応力計測を行なつていなか、応力集中部にはこの数倍の応力変動を生じているものと考えられる。毎度要望していることではあるが、2~3航海だけの計測に止まらず、同じ船についてさらに長時間の連続計測を行なつて、数多くの異常荒天時のデータを集積するような態勢が必要である。このためには完全無人かまたは極めて簡単な操作ですむ半自動的なデータ集録装置の開発も必要と思われる。

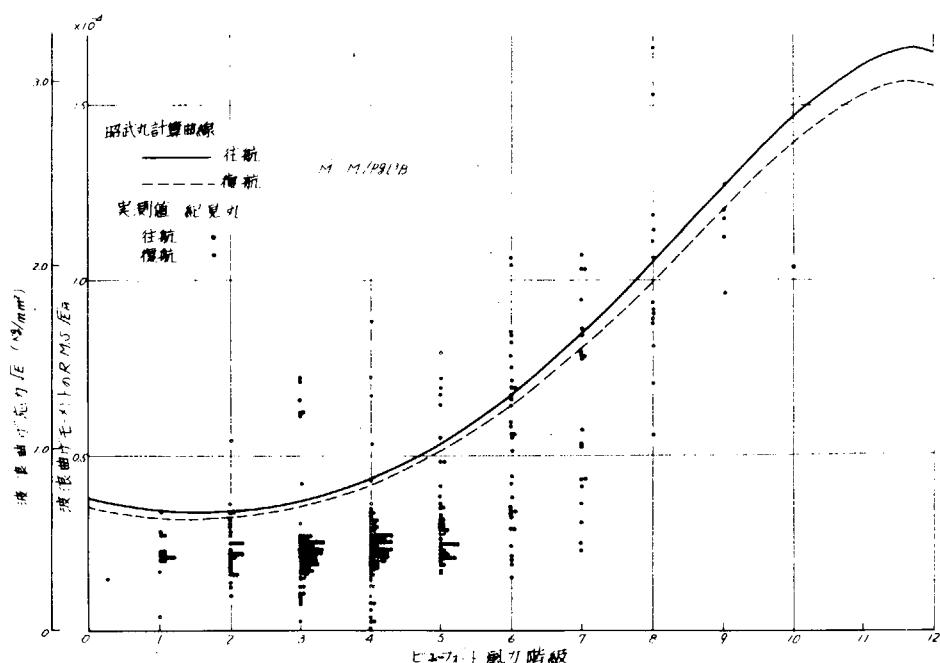


図4.1-1 曲げ応力・曲げモーメントの  $\sqrt{E}$  と風力階級

表4.1-1 計測船の主要寸法および諸定数

船種	船名	長さ L (m)	型幅 B (m)	型深 D (m)	載貨重量 D.W. (t)	断面係数 (上甲板) I/y (cm <sup>3</sup> )	無次元係数 C (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>
撒積船	紀見丸	238.0	32.20	18.20	62,325	23.20×10 <sup>6</sup>	0.521×10 <sup>-4</sup>
"	昭武丸	236.2	31.85	18.75	63,420	23.04×10 <sup>6</sup>	0.535×10 <sup>-4</sup>
"	八雲川丸	220.0	32.2	18.5	64,880	23.74×10 <sup>6</sup>	0.53×10 <sup>-4</sup>
油槽船	日興丸	192.3	26.8	13.72	35,280	16.0×10 <sup>6</sup>	0.83×10 <sup>-4</sup>
"	明扇丸	304.0	44.0	24.2	152,850	64.7×10 <sup>6</sup>	0.52×10 <sup>-4</sup>
"	東京丸	290.0	47.5			71.7×10 <sup>6</sup>	0.61×10 <sup>-4</sup>

$$\text{無次元化モーメント } \bar{M} = \frac{M}{\rho g L^3 B} = \frac{I/y}{\rho g L^3 B} \times X$$

$$\frac{I/y}{\rho g L^3 B} = C$$

## 4.2 振動応力

船体中央上甲板の波浪曲げ応力に重畠している。いわゆる Springing 現象による振動応力は、やはり昨年度同様相当顕著に表われている。計算機処理による全体的な傾向は図 3.3-4 に示した通りで、1, 2 次航のみのデータであるためあまり大きい値はないが、3 次航を含めると図 3.3-5 のように、各短期分布の最大値をとると、無視できないような値をとる場合が相当ある。

満載かバラスト状態かの積荷状態、出合周期との関連などを検討する計画であるが、第 3 次航の記録は R.M.S. コンピュータのモニター用のオシログラムだけであるので、手動解析に頼るほかないので現在未了である。

3.3 節において計算機処理した場合、振動成分を含んだ生のデータと、振動成分を除去したデータの解析結果にはあまり大きい差はなく、エネルギースペクトラムにおいて船体 2 節振動に相当する振動数のところのピークはあまり卓越していないことを示しているが、これも上記の通りほとんどが平静に近い海面状態のデータであるためかも分らないので今后の検討を要する。

## 4.3 波浪中の横応力

紀見丸における波浪中の船体横応力は、主として船体中央部の No.3 船倉において計測し、船側のフレーム、二重底上および二重底内の中心線縦桁のウェブ上などで応力を求めた。

航海中の波浪による動的応力の計測位置は図 2.2-1 ~ 図 2.2-4 に示した計測点のうち、計測位置番号の頭文字に D を記したものであり、表 2.2-1 に示すように計測点の合計は 28 点であるが、計測の都合で DG2(S) の 1 点は計測を行なわなかつた。

第 1 次、第 2 次航海の合計 79 回の計測におけるこれら各計測点の解析方法としては、まず、

(i) 各測定点別の各計測時毎の平均応力 R.M.S. の計算

(ii) 全じく各測定点、計測毎の最大応力値

を求めるためのデータ処理を電子計算機で行ない、ついでこれらの R.M.S. 値および最大応力を、変動応力の要因となる海象、気象などをパラメータとして整理することとした。

図 3.4-1 に一例を示したように航海中の変動応力は周期 7 ~ 8 秒程度の現象と、周期 1.3 ~ 1.4 秒程度の縦振動とみなされる振動応力が重畠している。したがつて、上記の平均応力あるいは最大応力を求めるについては、得られた記録そのものから求めた平均応力、最大応力のほかに、振動応力を除去した比較的長周期の変動応力のみについての平均応力および最大応力、また振動応力のみについての平均応力、および最大応力を求ることを試みた。

これらの結果のうち、全計測を通じての測定点別の一覧表を表 3.4-1 に示し、図 3.4-2 ~ 3.4-7 に一例として代表的な計測点である No.3 船倉のハツチコーナー部である CH.17 について求めた R.M.S. の風浪、波浪等の 6 種の要目別による応力変化の関係を示した。

また、図 3.4-8 ~ 3.4-9 はその他の全測定点における平均応力を要因のうちで最も影響の大きいと考えられるうねり階級をパラメータとして示した。

これらの解析結果について考察すると、まず、最大応力を記録する測定点の位置は No.3 船倉ハツチコーナー部であり、その最大値は複振巾で  $20 \text{ Kg/mm}^2$  に達している。また、現在詳細を解析中であるが、追加実験として行なつた第 3 次実験航海においては、第 1 次、第 2 次に比してかなり激しい荒天に遭遇し、この位置での最大応力は複振巾で  $30 \sim 40 \text{ Kg/mm}^2$  程度になつてゐる。

その他の点における応力の変動量はいずれもかなり小さい値であり、上甲板上の縦応力は  $7 \sim 10 \text{ Kg/mm}^2$ 、その他の位置ではさらに小さい値である。

この中で比較的応力の大きいのは No.3 船倉の船側のフレームの高さの中央部付近の計測点であり、

約  $5.4 \text{ Kg}/\text{mm}^2$  の最大応力が生じている。

二重底あるいは中心線縦桁のウェブ上での応力は極めて小さい値であった。

次に応力の大きさを海象との関係でしらべてみる。最も大きい変動応力を示した上甲板上のハツチコーナー部での計測応力の R . M . S . の大きさをパラメータとして、それぞれ風浪階級、風浪波高、風浪波長、うねり階級、うねり波高およびうねり波長の 6 種類をとつて、その対応を求めてみると、風浪、うねりいずれの場合も波長を除いては、ほぼ階級または波高の増大とともに応力が大となる傾向が得られる。とくに、うねり波高と応力との対応にもつとも計測値がまとまる傾向がみられる。

この結果を参考として、計測点のうち代表的なものについて、うねり階級とその平均応力 R . M . S . との関係を求めたのが図 3.4-8, C H . 2 であるが、全測定点とも大体波高の増大とともになつて、比例的に応力の増すことが明らかである。このなかで、上甲板上の縦応力はうねり階級の増大による応力の上昇がとくに著しいようである。

波浪中の船体横応力に関する理論的な計算はとくに行なつていないが、波浪を静的な水位変化と考えて静的横強度計算によつて、近似的に波高 6 m の場合の応力の変動を求めた(3.6)。この結果によると No.3 船倉の船側フレームの高さの中央付近で、応力の変動量は  $5 \sim 6 \text{ Kg}/\text{mm}^2$  となつており、計測した応力の最大値  $4.6 \text{ Kg}/\text{mm}^2$  にかなり近い値を示した。

以上波浪中の船体に生ずる横応力について簡単な考察を行なつたが、なお解析は続けており、その結果にもとづいてさらに考察を行なうつもりである。

#### 4.4 積荷時静的応力

第1次、第2次航を通じて各寄港地における鉱石等の積荷時および揚荷時における船体の各部分に生ずる応力変化を計測した。これらの計測値の詳細は、3.5 に示したが、本実験で得られた結果ならびに3.6 に示した静的横強度の理論計算と実験値の比較について考察を行なうこととする。

紀見丸における貨物の積込みは、第1次がカナダの大西洋岸のロバートバンクにおける石炭(粉炭)であり、第2次においては米国大西洋岸のニューポートニュースおよびノーホークにおける石炭(粉炭)であつた。したがつて、これら2回の積荷状態は2次航がパナマ運河の制約からやや少ない積荷量であつたほかは、ほとんど同じような条件であつた。

応力の計測方法は石炭の積込みの場合および揚荷の場合とも、荷役開始時を基準として計測をはじめ、その後荷役中において1時間または2時間程度の一定間隔をおいて計測を行ない、ほぼ荷役の完了時に計測を終了した。

荷役時間は

ロバートバンク	積荷	約 6.2 時間
和歌山	揚荷	約 9.2 時間
ニューポートニュース およびノーホーク	積荷	約 3.2 時間
鹿島	揚荷	約 8.4 時間

であつて、計測は2~3昼夜にも及んだ。したがつてこの間における温度の変化による熱応力およびひずみ計の零点移動もあるものと思われる。

計測の問題としては、ハンプトンロードでの荷役は、積荷が2港に及んでおり、その途中においてバラスト水を抜いているが、このときの計測が行なえなかつたこと、および、鹿島港において計器撤去の関係から、揚荷の完全終了時まで計測が続けられなかつたことなどがある。

したがつて、計測結果については当然これらのこと考慮することが必要である。

4港におけるこれら2回の積荷時および2回の揚荷時の計測値を比較して、次のようなことが明らかとなつた。

### (1) 上甲板上の応力

上甲板においては船体中央部およびNo.3船倉の位置で船体縦方向の曲げ応力およびNo.3船倉のハッチコーナー、ならびにNo.4船倉とのハッチ間のcross deck上で横方向応力を計測した。

これらの結果によると、船体曲げ応力は $4 \sim 6 \text{ Kg/mm}^2$ 程度が積荷によって生ずることになる。この値は4港で大体近い値を示すが、前述のように計測時の条件が多少異なるため、若干のばらつきがみられる。

前年度の計測においてもみられたが、応力の変化は荷役の途中において最大の変化を示す場合が多く、荷役完了時では、そのピークよりかなり応力は低下している。

縦曲げ応力の計測値を通常のはり理論から求めた計算値と比較すると、ロバートバンクの場合、計算値が $-7.52 \text{ Kg/mm}^2$ に対して、計測値は $-6.13 \text{ Kg/mm}^2$ であり計測値は理論計算値の約80%であつた。

このほか上甲板上で特に大きい値を示したのはハッチコーナー部で、その値は $10 \text{ Kg/mm}^2$ 以上に達した。これを応力集中率でみると約2.5~3.0と考えられる。したがつてこの部分では、航海中における波浪による変動応力が重畠すれば、材料の降伏応力をこえることもあるものと考えられる。

### (2) 船倉内応力

船倉内の応力は主としてNo.3船倉において、船側の肋骨、二重底上で計測したが、2航海のそれぞれの積荷、揚荷時において応力の変化は、ほぼ妥当な傾向を示しているものといえる。

船倉の船側肋骨のフランジ上における応力は、 $4 \sim 6 \text{ Kg/mm}^2$ 程度であるが、この部分では積荷時と揚荷時の応力変動量がかなり異なつている。

これは積荷時に石炭が充分に船倉の隅部につまつていないのでに対し、揚荷時には航海中の荷くずれで充分につまつたための影響ではないかと考えられる。この差を荷くずれのみの影響とすれば、その値は $5 \sim 6 \text{ Kg/mm}^2$ になる。しかしこの値は、積荷の微妙な差異あるいは局部的構造によるつまり方の差などによるものであり、毎回の積荷時に異なつた値となるであろう。

二重底の応力はあまり大きくなく $2 \sim 3 \text{ Kg/mm}^2$ 程度であつた。この部分の縦応力は、船体縦曲げモーメントによる応力と、No.3船倉の積荷による局部的応力とが重畠しているものと考えられる。また荷くずれの影響などもあつて、複雑な応力状態であると考えられ、各港での計測値は一定の傾向を示していない。

また航海中の波浪外力による影響を求めるために、船首部に近いNo.1船倉でNo.3船倉と同じ関係位置にある肋骨上で応力を計測したが、この部分での積荷による静的応力はNo.3船倉におけるよりも小さい値であつた。

### (3) 二重底内

No.3船倉の二重底内の中心線縦桁、横桁およびホッパー部では、本年度はかなり集中的にゲージをとりつけて計測を行なつた。

中心線縦桁のウェブ上での応力は、二重底と同じように船体縦応力とNo.3船倉の二重底構造の局部的曲げの影響が重畠しているものと考えられ、これらの応力についてはなおさらに検討を加えることが必要である。

横桁に生ずる曲げ応力は、そのホッパー側の端部で最も大きくなり、 $5 \sim 6 \text{ Kg/mm}^2$ に達している。その他横桁上の計測点では、あまり大きい応力は表われていない。

一方、理論計算によるこの部分の応力と比較すると、船体中心線に近い部分では大体近い値となるが、ホッパー端部では計測値の方がはるかに大きい値となつてている(図3.6-14)。

ホッパー部での応力計測値は、主として開孔部周辺のフランジ上で集中して求めたが、最も大きい値を示したのは、開孔の底部で $5 \sim 6 \text{ Kg/mm}^2$ 程度であつた。

この値は、理論的に求めた値と比較すると、かなりよい一致を示すことがわかつた。

その他、ホッパーのウェブの部分では、比較的大きい応力を示し、 $7 \sim 8 \text{ Kg/mm}^2$ となつてゐる。ただ、計測時によつて応力の傾向が一定しておらないので、さらに理論計算値等と比較検討することが必要と思われる。

以上、主要な応力計測点についての船体応力について考察を行なつたわけであるが、全般を通じ計測がかなり長時間にわたりデータのばらつきが心配されたにもかかわらず、かなり良好な結果が得られたものと思われる。とくに前年度の計測に比してひずみゲージの信頼性がきわめて高かつたのがその大きな原因と考えられる。

#### 4.5 鉱石圧

鉱石圧測定のため内底板の縦小骨にひずみゲージ DL1, DL2, DL3 を付けた。較正としてバラスト水を二重底に張つたとき、内底板に加わる水圧によるひずみから縦曲げによるひずみの影響を差し引いたものをとり、荷役時に内底板に鉱石圧が加わつた場合のひずみから縦曲げによるひずみの影響を差し引いたものが局部的な圧力に比例したひずみであるとした。表 4.5-1 に第 1 次航での計測結果を示す。

表 4.5-1 DL1, DL2, DL3 のひずみ変動量

	較 正 値 ( $\mu$ )			荷役時歪変動量 ( $\mu$ )		
	水圧 atm	縦曲げ	計測値	縦曲げ	ロバートバンク	和歌山
DL1	1.71	-13	-150	143	169	-246
DL2	1.71	-13	-127	143	195	-261
DL3	1.54	-10	-158	103	217	-237

縦曲げによるひずみは計算によつて求めたものである。ところが、各荷役時のひずみから縦曲げと、バラスト水除去によるひずみ（較正值と同値）を差し引くと、いずれの場合も鉱石圧が負又は零に近い値となつてしまふ（例、DL1はロバートバンクで-1.4 atm, 和歌山で-0.4 atm）。船倉全体の構造物として複雑な影響が入り込み、上記の方法で鉱石圧を計測することは不可能である。鉱石圧を計測するには、構造物ではなく周囲の圧力に対して局部的に反応する別個のパネル等を取り付けるべきである。ところで上表中興味あるのは、ロバートバンクと和歌山とで荷重条件がほとんど同じであるにもかかわらずひずみ変動量がかなり異なつてゐることである。この大きな原因として航海中の荷崩れによる鉱石圧分布の変動が考えられる。上記3点ではいずれも積荷時直後の鉱石圧よりも揚荷時直前の鉱石圧の方が大きいことを示している。一方図 3.5-1 でフレームの横応力に注目すると、ロバートバンクと和歌山を比べると Fr. 190 ではいずれも積荷時直後の鉱石圧よりも揚荷時直前の鉱石圧の方が小さいことを示している。すなわち航海中に石炭が船側で崩れ落ち底の方に詰まつたと考えられる。

#### 4.6 計 器

##### (1) 計測器一般

###### a) デジタル・ストレンメーター

デジタル・ストレンメーターは昨年度も使用して問題がなかつた。船上で使用されるため、接点等にトラブルを生じるのではないかと心配されたが、動作は安定しており問題はなかつた。

b) データック ( DATAC )

データックも昨年度使用し特に問題はなかつたが、今回航海中に一部部品の劣化(?)による故障があり、部品の交換により復旧した。他に特に問題はなかつた。

c)  $\sqrt{E}$  計

昨年度使用の際は幾分問題があつたが、今回は全く問題なかつた。

d) そ の 他

簡易水圧頻度計、最高水圧計等は、青波の打ち込みがほとんどなく、有効なデータを得ることができなかつた。

(2) データ処理上の問題

データックにより記録されたデータを処理する上でいくつかの問題が生じた。その一つは処理に必要なソフトウェアの問題であり、他は主に電算機のコアメモリの容量の制限により生じたものである。

前者については、その対策がむずかしいかもしれないが、後者についてはコア・メモリの容量の大きい電算機の使用により、ほとんど解決される。

a) DATAC → 電算機用磁気テープ書きかえ

DATAC のデータの処理には初め FACOM 270/20 を使用した。プログラムは富士通<sup>株</sup>により DATAC から on line で FACOM 270/20 にデータを転送し編集して電算機の磁気テープに記録する。この処理に相当な時間がかかる。DATAC の記録は 250 Hz で、転送は 500 Hz である。したがつて、実際の計測時間の半分の時間が磁気テープの書き換えのために費やされることになり、また、その間、電算機を専有するためには、使用時刻の制限(夜間、休日等)、オペレータの確保等の問題も生じる。本来、DATAC の転送速度は 2 kHz まで可能ということで、今回使用した DATAC 1500 も 2 kHz のサンプリング速度を持つように設計されたのであるが、2 kHz で転送すると、誤差を生じるため、次段の 500 Hz でしか転送できない。これは DATAC 用の IOCS に何らかの不備があるためとみられる。この点に関して、ソフトウェアの改善が望まれる。

逆に、予算さえ許せば初めから電算機用磁気テープに記録するような装置の方が便利である。

b) 電算機のコア・メモリによる問題

初め、FACOM 270/20 (コア・メモリ 16 k.word) を使用した。

処理プログラムをその制限内におさめるため処理内容が圧迫された。例えば、

i) 応力レベルは  $1 \text{kg}/\text{mm}^2$  間隔で 10 段階としているが(振幅計数の場合)これは当然、応力振幅が全体に小さい場合を考慮して、もう少し間隔を小さくすべきである。

ii) 極値計数、振幅計数はいずれも極大値のみ、または正の変化のみを考えているが、逆の場合についても考えておく方がチェックの上からも望ましい。極値計数については、正の例の極大値、負の例の極小値をとるべきだと考えもあり、これについてもコア・メモリさえ十分なら並行して行なうことができる。

iii) 極値計数は、本当は変動応力の平均値からピークまでの差をとるのであるが、データの平均を前もつて求めておくことはデータ量が多すぎるため不可能に近い(処理を 2 段階に分けるとか、大容量のディスク・ドラムを有する場合は可能)。

このため、まず、DATAC 出力の 0 を基準にして頻度を求め、最後に全データの平均を求め、修正するという方法をとつた。この場合、応力レベルの間隔を十分に小さくしておかないと後の処理がむづかしくなる。

#### IV) データ処理に要する時間

1回の計測によるデータ量は30万個であり通常の中、小型計算機では、これを一度にコア・メモリその他の中・高速メモリに入れることはできない。したがつて、これらのデータは磁気テープから順次、コア・メモリへ転送し処理する。今回のデータ処理用プログラムは、それ自身相当に大きいので、細分してドラム上に置いて必要に応じて呼び出し使用することとした。また、中間データも、かなりの量になるため、ドラムへ格納することにした。この場合、コア $\leftrightarrow$ ドラムのデータ転送時間が大きくなる可能性がある。これは転送データ量と転送回数に関係し、主に転送回数の方がきいている。転送回数は(全データ量/コア上のデータエリア)に正比例している。初めFACOM 270/20でコアエリア1024Wとした場合、1回の計測分について、転送に要した時間は60分で、これは転送以外の処理時間にほぼ等しい。これをデータエリアを1500Wとすると転送時間は4分となる。コアが十分大きい場合、中間データをドラムに格納する必要はないが、そのための利益は4分以下であり、プログラムの修正や簡便さを考えて、ドラムを利用する方法をとつた。

以上の様な問題はコアメモリ65KWのFACOM 270/30の使用によりほとんど解決される。今回は、主に処理時間に注目したため、プログラムの内容には手を加えず、時間の短縮をはかるにとどまつたが、次年度の解析では他の点も十分に考慮されるであろう。

#### (3) 歪ゲージの絶縁性

ゲージ取付工事終了直後の絶縁性チェックではこれまでになく良好で、約100点中完全にアウトが3点だけであつたが、2次航終了時に鹿島でチェックした時にはさらに10点が計測不能となり、他のゲージも導線が平行ビニール線のもののほとんどの絶縁性が200~500MΩに落ちていた。キャブタイヤで計測室まで来ているものは30点中4点程、100~300MΩに落ちたが、他は絶縁抵抗無限大であり非常に良好であつた。第3次航では動的計測しか行なわなかつたのでキャブタイヤ導線の分しか使用しなかつたが、ゲージ取付工事の約半年後である第3次航終了時には、このキャブタイヤ導線のもの30点中6点が500MΩ以下に落ちていたが他は殆んど無限大であつた。次に不良ゲージ名を列挙する。

##### ロバートバンク(第1次航)

- 完全にアウト………SF8F, SB4, SG3S, SFL2F
- 200MΩ以下………SF7A, SF9F, SH1, SH3, SH8A, SH15F, SC1, SC2

##### 鹿 島 (第2次航)

- 完全にアウト………SF3A, SF4F, SF5A, SF6, SF9A, SF11F, SG1S, SG2S, SG4P, SH5A,
- 200MΩ以下………SF10, SG4S, SFL2A, SH3, SH6A, SH5F, SH7A, SH8A, SH9A, SH7F, SH8F, SH11, SH12, SH14F,

##### 和 歌 山 (第3次航)で動的ゲージのみ試験

- 100MΩ以下………DF5, DF6
- 100~300MΩ………DG3P, DFL3A

以上のうち、200MΩ以下というのは、信頼性が薄いものと思われる。鹿島で完全にアウトのゲージには、ロバートバンクで完全にアウトのものも加えられる。鹿島でのチェック時には導線として平行ビニール線を使用したもの69点中の殆んどの絶縁性が500MΩ以下で1,000MΩ以上のものが6点しか無かつたが、キャブタイヤを使用したものは、30点中22点が絶縁性無限大であつた。以上のことから次のことが判つた。今回使用したゲージプロテクターは非常に防水性が良く、絶縁性の落ちた原因は平行ビニール線の防水性不良によるものであろうと思われる。また、キャブタイヤコードの防水性も極めて良好であつた。

## 5. あとがき

これまでの知見では、大体昨年度の八雲川丸および昭武丸の計測で得られたとほぼ同様の結論が、さらに多くのデータによつて裏付けられたと考えてよいようである。すなわち、

- (1) 波浪曲げモーメントによる船体曲げ応力の統計値は、大体近似解析計算による推定値の傾向と合つているが、やや計算よりも大きいようである。
- (2) 荒天に遭遇した回数はきわめて少ないが、荒天時の異常応力値（短期分布における最大値）は上甲板において振幅  $10 \text{ Kg/m}^2$  に近い値を示していることもある。
- (3) 船体曲げ応力には、大体において常時船体2節振動に相当する振動応力が重畠しており、その振幅も比較的大きく、応力集中部については疲労に対する配慮も必要ではないかと思われる。  
電算機によるデータ処理によつて、この波浪曲げと振動応力を分離して解析することができるようになつたので、この springing 現象にさらに詳細な検討を加えることができると思われる。
- (4) 貨物積卸しによる応力変動は、場所によつては相当大きく、航海中はこの上にさらに波浪荷重による応力が重畠されるので注意を要する。この貨物積卸しによる応力変動は、立体格子模型による近似計算結果と非常によく合つている。
- (5) 倉内の貨物（鉱石）が外板および船底に加える圧力と船体パネルまたはスチフナに貼付けたゲージによつて推定しようとする方法は、好結果が得られなかつた。この鉱石圧については、別途の計測手段を考える必要がある。
- (6) 統計資料を蓄積するためにも、計算結果の精度を検討するためにも、もつと多くの荒天時の実測資料が必要である。計測点数を限定しても、特定の計測要員を必要とせず、長期間に亘つて自動的にデータが集積できるような測定方式が要望される。