

SR 108

運輸省昭和45年度補助事業

研究資料 No. 125

# 高速貨物船の波浪中における 諸性能に関する研究

## 報告書

昭和46年3月

社団法人

日本造船研究協会

# 高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究

## 目 次

緒 言 .....	1
委 員 構 成 .....	2
配 布 資 料 .....	3
1. 波浪中における運動性能および耐航性能に関する理論計算 .....	6
1.1 ピルジキールの横揺れ抵抗モーメント .....	6
1.1.1 計 算 方 法 .....	6
1.1.2 計 算 結 果 .....	7
1.2 規則波中の船体表面に働く変動圧力 .....	8
1.2.1 計 算 式 .....	8
1.2.2 計 算 状 態 .....	8
1.2.3 計 算 結 果 .....	9
1.3 斜め規則波中の海水打込み .....	12
1.3.1 海水打込み限界の計算方法 .....	12
1.3.2 海水打込み限界の計算結果とその検討 .....	14
1.4 規則波中抵抗増加計算法の改良 .....	22
1.4.1 改 良 の 意 義 .....	22
1.4.2 上下動する船体断面の孤立特異点表示 .....	22
1.4.3 抵抗増加の修正計算 .....	24
1.4.4 計 算 結 果 .....	25
1.5 耐航性能に関する短期分布 .....	27
1.5.1 計 算 式 .....	27
1.5.2 計 算 状 態 .....	28
1.5.3 計 算 結 果 .....	29
1.6 風の中の針路安定性 .....	40
1.6.1 針路安定性について .....	40
1.6.2 計 算 の 方 法 .....	40
1.6.3 計 算 結 果 .....	41
参考 文 献 .....	42
2. 波浪中における運動性能に関する模型実験 .....	43
2.1 不規則波中における模型試験 .....	43
2.1.1 波のスペクトラム .....	43
2.1.2 向波および斜め向波中の縦動揺 .....	43
2.1.3 横波および斜め追波中の横動揺 .....	44
2.1.4 考 察 .....	44
2.2 横揺れ性能に対するピルジキールの効果 .....	53
2.2.1 試 験 の 目 的 .....	53

2.2.2 模型船および試験方法	53
2.2.3 試験結果	54
2.3 運動中の船体表面圧の計測	62
2.3.1 実験方法	62
2.3.2 実験結果	62
2.3.3 実験と計算結果の比較	63
2.4 斜波中航走時の波浪外力の計測	69
2.4.1 実験の意義	69
2.4.2 模型船	69
2.4.3 波浪外力に関する実験	69
(1) 計測項目および計測装置	69
(2) 実験方法	69
(3) 実験結果	69
(4) 考察	70
2.5 強制動搖法による動搖特性の計測	75
2.5.1 試験の目的	75
2.5.2 供試模型および試験装置	75
2.5.3 試験法および解析法	76
2.5.4 試験状態および解析結果	77
2.5.5 実験結果と計算値の比較	78
付録 強制動搖試験時に船体表面に作用する変動圧力の計測	83
2.6 強制ヨーイング法による操縦性に関する安定微係数の測定	84
2.6.1 はじめに	84
2.6.2 供試模型船および実験状態	84
2.6.3 強制ヨーイング法による安定微係数の決定	84
2.6.4 実験結果とまとめ	84
2.7 L/B = 8、2軸船型の自由横揺れ試験	87
2.7.1 供試船型	87
2.7.2 自由横揺れ試験	88
2.8 2軸船型設計の経緯	88
2.8.1 経過	88
2.8.2 主要目	88
2.8.3 線図および一般配置	88
3 実船観測	96
3.1 目的および経緯	96
3.2 観測方法	96
3.3 各船の観測結果	96
3.3.1 加州丸観測結果	96
3.3.2 あめりか丸観測結果(第1次)	108
3.3.3 どううでんげいとぶりっく観測結果(第1次)	114
3.3.4 箱根丸観測結果(第1次)	121

3. 3. 5 ジャパン・エース観測結果	127
3. 3. 6 桜名丸観測結果	135
3. 3. 7 あめりか丸観測結果(第2次)	143
3. 3. 8 ごうるでんげいとぶりっじ観測結果(第2次)	152
3. 3. 9 箱根丸観測結果(第2次)	167
3. 4 概括	171
あとがき	172

## 緒 言

近年、定期貨物船は高速化の傾向を示し、すでに航海速力21ノットのものが就航しており、また、コンテナ船では23ノット以上のものも建造され、さらに26~27ノットのものもまもなく建造されようとしている。このような高速船について、わが国では建造、運航の経験が少なく、またこれらに関する研究も従来ほとんど実施されておらず、すべての面で資料が不足している。本研究はこのように今後ますます高速化が予想される定期貨物船・コンテナ船に関する重要な問題である波浪中の速度低下、動搖等の推進性能、運動性能、およびスラミング、海水打込み等の現象やこれらに対する船型、波浪等の影響を解明し、その許容限界、予測方法等を求め、これらの船舶の設計および経済性向上のための資料を求めるために、昭和44年度に引き続きのような理論計算、模型実験および実船観測を実施した。

- (1) 6自由度の運動の短期分布、ビルジキールの減搖機構、圧力分布、規則波中を航行する船の抵抗増加、斜波中の海水打込み、スラミング等の理論計算を行ない、模型実験による結果と対照することにより、耐航性に関する諸要素を推定した。
- (2) 波浪中における運動性能を求めるために次の模型実験を実施した。
  - a  $L/B = 7.1$  軸コンテナ船模型により、不規則波中の斜追波による横揺れと横加速度の実験、斜向波中の縦揺れと上下加速度の実験
  - b 平水中の推進性能と横揺れの減衰力を求めるための  $L/B = 8.2$  軸模型船による基礎実験
  - c 横揺れ性能に対するビルジキールの効果を調べるための  $L/B = 7.1$  軸模型船による横揺れ試験
  - d 正面規則波中で運動する  $L/B = 7.1$  軸模型船の船体表面に働く変動圧力の計測
  - e  $L/B = 7.1$  軸模型船の斜波中航走時に船体に働く流体力およびモーメントの計測、ならびに同一模型による操縦運動 Derivatives の計測
  - f  $L/B = 7.1$  軸模型船による横方向強制動搖試験

### (3) 実 船 観 測

カリフォルニア航路のコンテナ船6隻を供試船として、計測員2~3名で1チームを構成 計9チームがそれぞれ乗船し、ピッキング、ローリング、上下加速度等の運動を計測するとともに海象、気象を観測して実船の遭遇する外界条件とそれに対する船の応答、操船の実態を調査した。供試船と乗船航海数は次のとおり。

供 試 船	乗 船 航 海 数
ごうるでんげいとぶりっじ	2 回
加 州 丸	1 回
箱 根 丸	2 回
あ め り か 丸	2 回
ジャパン・エース	1 回
様 名 丸	1 回

# 委 員 構 成 (敬称略、順不同)

## 委員会

部会長 元 良 誠 三 (東京大学)

## 委員

1. 大 学	齊藤公男 (大阪大学) 田才福造 (九州大学) 中村彰一 (大阪大学) 前田久明 (東京大学)	竹沢誠二 (横浜国立大学) 田中紀男 (大阪府立大学) 藤野正隆 (東京大学)
2. 研究所	小川陽弘 (船舶技術研究所)	高石敬史 (船舶技術研究所)
3. 団体	井上勝 (原子力船開発事業団)	大橋謙三 (造船技術センター)
4. 船主	小杉隆祥 (商船三井) 田中兵衛 (昭和海運) 日向義博 (ジャパンライン) 森川卓 (船主協会)	高城清 (川崎汽船) 八田守江 (日本郵船) 牧園正孝 (山下新日本)
5. 造船所	相原和樹 (三菱重工) 岡野伊史 (佐世保重工) 辛島光二 (三菱重工) 滋野正明 (佐野安) 高木又男 (日立造船) 高松攻 (日立造船) 永松秀一 (住友重機械) 藤井齊 (三菱重工) 村松省吾 (三保造船) 山崎芳嗣 (佐世保重工)	安部光弘 (三井造船) 岡本洋 (川崎重工) 雁野昌明 (日立造船) 瀬尾敏一 (日本钢管) 田崎亮 (石川島播磨重工) 田添英士 (大阪造船) 花園史郎 (函館ドック) 藤原芳夫 (名村造船) 森正彦 (石川島播磨重工)
6. メーカー	鎌原正夫 (東京計器)	

実船試験小委員会

○印は乗船計測員

主査 ○竹沢誠二 (横浜国立大学)

## 委員

1. 大 学	○小柳雅志郎 (東京大学) ○姫野洋司 (大阪府立大学) ○前田久明 (東京大学)	○齊藤公男 (大阪大学) ○細田竜介 (大阪府立大学) ○宮川清 (横浜国立大学)
2. 研究所	○小川陽弘 (船舶技術研究所)	○佐藤辰二 (船舶技術研究所)
3. 船主	小杉隆祥 (大阪商船三井船舶) 田中兵衛 (昭和海運) 日向義博 (ジャパンライン)	高城清 (川崎汽船) 八田守江 (日本郵船) 牧園正孝 (山下新日本)
4. 造船所	○赤城富也 (三菱重工) ○雁野昌明 (日立造船) ○武隈克義 (三菱重工) ○玉井浩正 (川崎重工) ○永松宣雄 (川崎重工) ○村橋達也 (日立造船)	○片桐徳二 (石川島播磨重工) ○岸本修 (三井造船) ○田中久仁雄 (石川島播磨重工) ○永松秀一 (住友重機械) ○早川武夫 (日本钢管)

# 配 布 資 料 (昭和45年度)

## 1. 理論計算に関する資料

1. コンテナ船の風の中の針路安定性について(小川委員) (SR108-2-5)
2. 波浪中における運動および耐航性能に関する計算について(齊藤委員) (SR108-3-1)
3. 斜め波中で動搖する船への海水打込み計算方法(案) (SR108-3-3)
4. 昭和46年度研究計画(理論計算の部)(高木委員) (SR108-3-5)
5. 波浪中における運動および耐航性能に関する計算について(2)(齊藤委員) (SR108-4-4)
6. 不規則海面における船体応答について(日立・阪大) (SR108-5-5)
7. 不規則海面における船体応答の計算について(日立・阪大) (SR108-5-1)
8. 不規則波中の船体応答の有義値(日立・阪大) (SR108-5-2)
9. ピルジキールの横揺れ抵抗モーメント(大阪府大) (SR108-6-3)
10. 規則波中の船体表面に働く変動圧力(阪大) (SR108-6-4)
11. 斜め規則波中の海水打込み(日立) (SR108-6-5)
12. 規則波中抵抗増加計算法の改良(大阪府大) (SR108-6-6)
13. 耐航性能に関する短期分布(阪大) (SR108-6-7)

## 2. 模型試験に関する資料

1. 45年度強制力模型試験(前田委員) (SR108-1-2)
2. 2軸コンテナ船用プロペラ( $L/B = 8.0$ )(住重) (SR108-2-2)
3. コンテナ船の斜め波中における船体と波の相対水位変動(高石委員) (SR108-2-6)
4. Twin Screw Line 作製方針メモ(岡本委員) (SR108-2-7)
5. Twin Screw Ship ( $L/B = 8.0$ )  
Body Plan, Bow & Stern Profile (安部委員) (SR108-2-8)
6. Twin Screw Ship ( $L/B = 8.0$ )  
Particulars & Test Condition (安部委員) (SR108-3-2)
7. 昭和46年度の研究計画の概要(高石委員) (SR108-3-6)
8. 昭和46年度模型実験計画(中村委員) (SR108-3-7)
9. 46年度予算協議メモ(竹沢委員) (SR108-4-1)
10. 斜め規則波中のヨーイングおよび不規則波中の船体運動に関する模型実験結果(高石委員) (SR108-4-3)
11. 横揺れ実験結果(田中委員) (SR108-4-5)
12. 不規則波中の動搖に関する理論計算と模型実験の比較(高石委員) (SR108-5-6)
13. SR108船型(一軸)の不規則波中実験に用いる波スペクトラムについて(高石委員)  
(SR108-5-1)
14. 46年度実験計画(藤野委員) (SR108-6-4)
15. 不規則波中における模型実験(船研) (SR108-6-9)
16. 横揺れ性能に対するピルジキールの効果(大阪府大) (SR108-6-10)
17. 運動中の船体表面圧の計測(阪大) (SR108-6-11)
18. 斜波中航走時の波浪外力の計測(東大生研) (SR108-6-12)
19. 強制ヨーイング法による操縦性に関する安定微係数の測定(東大) (SR108-6-13)
20. 強制動搖法による動搖特性の計測(三菱長研) (SR108-6-14)

### 3. 実船試験に関する資料

1. 4 6年度実船試験計画について  
4 5年度実船試験予定線表(案) (竹沢委員) (SR108-1-3)
2. 4 5年度実船実験の概要(造船) (SR108-2-3)
3. 油槽船の実船計測(田村委員) (SR108-2-4)
4. P S W乗船チームとスケジュール(遠研) (SR108-3-4)
5. 昭和4 6年度の研究計画の概要(高石委員) (SR108-3-6)
6. 投棄式波高計(案) (前田委員) (SR108-3-8)
7. 計測コンテナー方式の試案(竹沢委員) (SR108-3-9)
8. 昭和4 6年度実船実験(提案) (高木委員) (SR108-3-10)
9. 4 6年度実船試験予算案(竹沢委員) (SR108-4-1)
10. 4 6年度実船試験対象候補船S.No.1023 概要 (辛島委員) (SR108-4-2)
11. "加州丸"体験航海報告(日立・大阪府大) (SR108-5-7)
12. 計測コンテナー(第2次案) (竹沢委員) (SR108幹6-1)
13. 船載データ処理装置仕様書(高石委員) (SR108幹6-2)
14. 投棄式ブイ波高計(前田委員) (SR108幹6-3)
15. 実船試験用計測日誌案(竹沢委員) (SR108幹6-5)
16. 昭和4 5年度実船観測乗船者リスト(造船) (SR108小1-1)
17. 4 5年度実船試験計画案(三菱長崎) (SR108小1-2)
18. " " (川重) (SR108小1-3)
19. 実船実験計画(日立・阪大・大府大) (SR108小1-4)
20. 4 5年度実船試験計画案(石橋・三井) (SR108小2-1)
21. SR108 実船実験予定(造船) (SR108小2-2)
22. コンテナー船実船試験計画案(東大) (SR108小2-3)
23. 榎名丸(昭和海運)計測要領(横大) (SR108小2-4)
24. 実際海面における波浪水槽の効果について(日立) (SR108小3-3)
25. 計測日誌の記入法について(竹沢委員) (SR108小3-4)
26. 加州丸体験航海報告(日立・大阪府大) (SR108小4-1)
27. Export Schedule (NYK Line Dec. 1970) (郵船) (SR108小4-2)
28. 計測コンテナー(第4次案) (竹沢) (SR108-46小1-1)
29. 計測コンテナー(第5次案) (竹沢) (SR108-46小2-1)
30. 船体運動記録装置(高千穂) (SR108-46小2-2)
31. 船体運動測定装置(高千穂) (SR108-46小2-3)
32. リモートコントロール盤(高千穂) (SR108-46小2-4)
33. 船体性能測定用ディジタル記録装置の試作(川重) (SR108-46小2-5)
34. 試運転搭載報告(川重) (SR108-46小2-6)
35. 船体操縦性能試験器取扱説明書(東京計器) (SR108-46小2-7)
36. 本船装備航海計器一覧表(航海船橋)(三井) (SR108-46小2-8)
37. 搭載航海計器調査(川重) (SR108-46小2-9)
38. 本船レピータその他(日立) (SR108-46小2-10)

3.9. 航海計器メーカと型式(鋼管)	(SR108-46小2-11)
4.0. 搭載航海計器(住重)	(SR108-46小2-12)
4.1. 航海計器リスト(三菱)	(SR108-46小2-13)
4.2. 投棄式パイ波高計仕様書(東大)	(SR108-46小2-14)
4.3. 電源関係(川重)	(SR108-46小2-15)
4.4. 航海計器レビータ盤の構成について(川重)	(SR108-46小2-16)
4.5. 実船観測(横大)	(SR108-6-15)
4.6. 実船観測とりまとめ方案(横大)	(SR108小5-1)
4.7. 加州丸観測結果(住立・大阪府大)	(SR108小5-2)
4.8. あめりか丸観測結果(第1次)(船研)	(SR108小5-3)
4.9. ごうるでんげいとぶりっじ観測結果(第1次)(阪大・大阪府大)	(SR108小5-4)
5.0. 箱根丸観測結果(第1次)(三菱長研)	(SR108小5-5)
5.1. ジャパン・エース観測結果(三井・石橋)	(SR108小5-6)
5.2. 樺名丸観測結果(横大)	(SR108小5-7)
5.3. あめりか丸観測結果(第2次)(住重・鋼管)	(SR108小5-8)
5.4. 箱根丸観測結果(第2次)(東大)	(SR108小5-9)

#### 4. その他の資料

1. 45年度試験研究計画書(造研)	(SR108-1-1)
2. 高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究 44年度報告書(造研)	(SR108-2-1)
3. 超高速コンテナー船の耐航性に関する研究 傭人給および研究費項目別内訳(46年度申請額)(造研)	(SR108-5-1)
4. 超高速コンテナー船の耐航性に関する研究 研究計画書(申請内容)(造研)	(SR108-5-2)
5. 超高速コンテナ船の耐航性に関する研究 経費明細書(申請額)(造研)	(SR108-5-3)
6. 高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究 中間報告書	(SR108-5-4)
7. Papers of Ship Research Institute(造研)	(SR108幹5-2)
8. 高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究 昭和46年度申請書(案)(造研)	(SR108-6-1)
9. 高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究 昭和45年度研究報告書、総務、委員構成、配布資料(造研)	(SR108-6-2)
10. 参考文献表題集(阪大)	(SR108-6-3)
11. 超高速コンテナ船の耐航性に関する研究 傭人給および研究費項目別内訳(査定額)(造研)	(SR108-6-16)

# 1 波浪中における運動性能および耐航性能に関する理論計算

## 1.1 ピルジキールの横揺れ抵抗モーメント

### 1.1.1 計算方法

船が横揺れをする時、ピルジキールの背後に渦が生じる。この渦の強さと位置が判れば、渦による横揺れ抵抗モーメントや付加慣性モーメントが計算できる。以下では笠島<sup>(1)</sup> の方法に従って横揺れ抵抗を計算する過程を簡単に述べる。

本計算における仮定を列挙すると、

- I) 船体は無限に長い柱体で半幅と吃水が等しいとする。
- II) 水の自由表面の影響は考えない。
- III) 渦は一枚のピルジキールについて一個生じるとする。
- IV) 渦の強さはピルジキール先端での Kutta-Joukowski 条件によって決定される。また渦の通路は実軸からピルジキールの先端を通る円周上にありとし、渦の位置の移動速度も適当に仮定する。

まずピルジキールを有する船体断面(  $Z$  平面 )を  $\zeta$  平面上の単位円に写像させる。裸殻のみの写像関数を

$$Z = M \left( \zeta + \frac{C}{\zeta^2} \right) \quad (1.1.1)$$

とする。  $M$  、  $C'$  は断面形状により決められる。これにピルジキールが付いた場合は

$$\begin{aligned} Z = \frac{M}{2} & \left[ \left\{ (1-C) + CP^2 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right) \right\} \sqrt{P^2 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right) + 2} \right. \\ & \left. + \left\{ (1-C) - CP^2 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right) \right\} \sqrt{P^2 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right) - 2} \right] \end{aligned} \quad (1.1.2)$$

となる。  $P$  はピルジキールの深さ  $b_{BK}$  と次の関係にある。

$$b_{BK} = \frac{M}{\sqrt{2}} \left[ \left\{ (1-C) + 2CP^2 \right\} \sqrt{P^2 + 1} + \left\{ (1-C) - 2CP^2 \right\} \sqrt{P^2 - 1} - \sqrt{2}(1+C) \right] \quad (1.1.3)$$

以下では  $\zeta$  上の単位円の回転運動を考える。回転角速度を  $\dot{\phi}$  とし、ピルジキールの背後にできる渦の位置を  $\zeta_v$  、  $\zeta_{v'}$  とすると、その複素ボテンシャル  $W$  は

$$\begin{aligned} W &= W_{rotation} + W_{vortex} \\ &= \frac{i}{4} \dot{\phi} M^2 \cdot \frac{1}{\zeta^2} \left[ P^2 (1+2C-3C^2) \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right) + P^6 C^2 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right)^3 \right. \\ &\quad \left. + \left\{ (1-C)^2 - P^4 C^2 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right)^2 \right\} \sqrt{P^4 \left( \zeta^2 + \frac{1}{\zeta^2} \right)^2 - 4} \right] \\ &\quad + \frac{iK}{2\pi} \cdot \ln \left( \frac{\zeta^4 - \zeta_{v'}^4}{\zeta^4 - \zeta_v^4} \right) \end{aligned} \quad (1.1.4)$$

$$\text{ただし、 } \zeta_v = \rho_v e^{i\varphi_v}, \quad \zeta_{v'} = \frac{1}{\rho_v} e^{i\varphi_{v'}}$$

渦の強さ  $\rho_v$  はピルジキール先端で Kutta-Joukowski の条件を適用して決められる。また渦の通路はピルジキールの先端を通る円周上にあると仮定すると、

$$\rho_v = 1 + \varphi_v / \sqrt{1 + A\varphi_v^2} \quad (1.1.5)$$

ただし、  $A$  は断面形状、  $\rho_{BK}$  により決まる常数である。さらに渦の移動速度については横揺れ角  $\psi$  、横揺れ振幅  $\varphi_0$  を用いて

$$|\frac{\dot{\psi}_v}{\dot{\phi}}| = -\frac{1}{2} \sin \left( \frac{\pi}{2} + \frac{\varphi}{60} \right) + \frac{1}{2} \quad (1.1.6)$$

と假定する。

これで横揺れ運動中の複素ボテンシャルが決められたので、Blasius の公式により抵抗モーメントを計算すると、 $\sqrt{C}$ 比例する抵抗モーメント  $M\dot{\varphi}^2$ 、および付加慣性モーメント  $\delta I$  が求められる。計算式等の詳細は略す。

### 1.1.2 計算結果

船体の断面積を本研究部会における1軸模型船 ( $L/B = 7$ ) の中央横断面積に合わせ、ビルジキールの幅を3種変化させた計算結果を図1.1.1に示す。同図は横揺れ角  $\varphi$  が  $-\varphi_0$  から  $\varphi_0$  まで移動した時の単位長さ当たりの抵抗モーメント、付加慣性モーメントの変動を示している。図1.1.2は同様の計算を2軸模型船 ( $L/B = 8$ ) について行なった結果である。

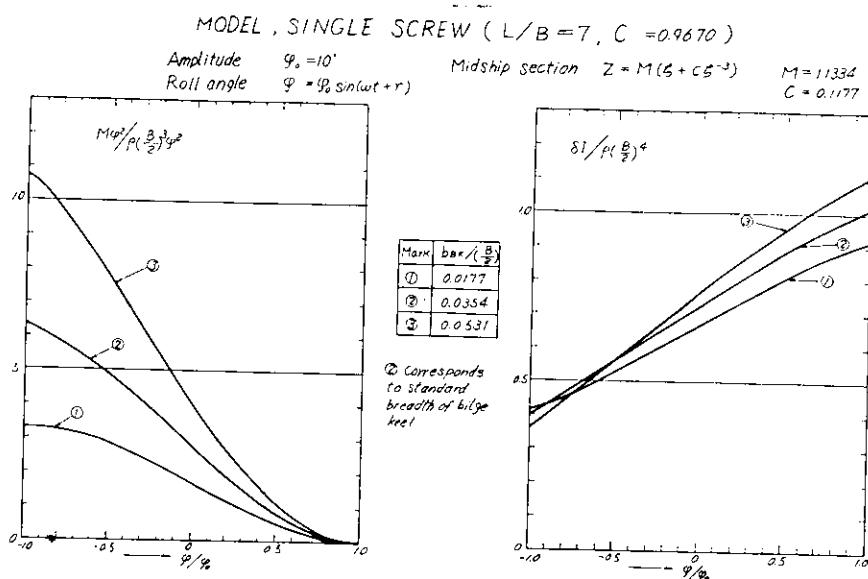


図1.1.1

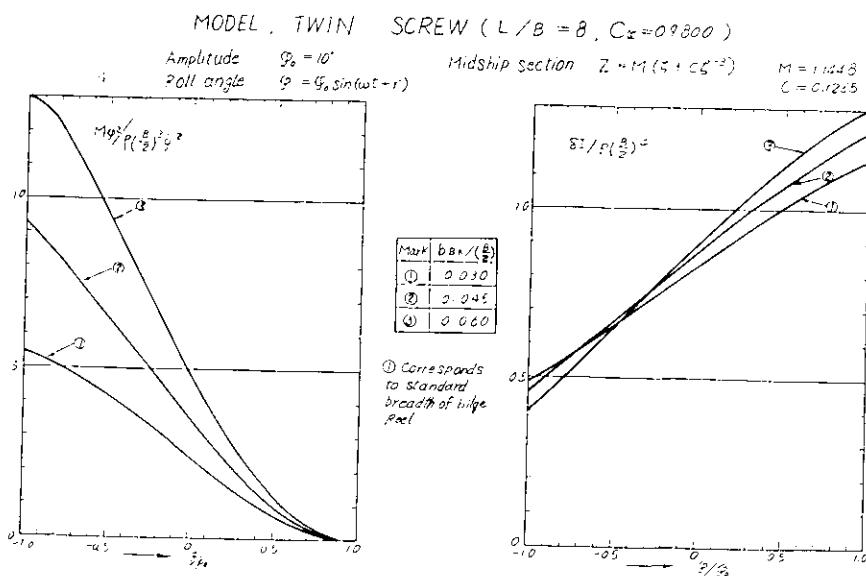


図1.1.2

## 1.2 規則波中の船体表面に働く変動圧

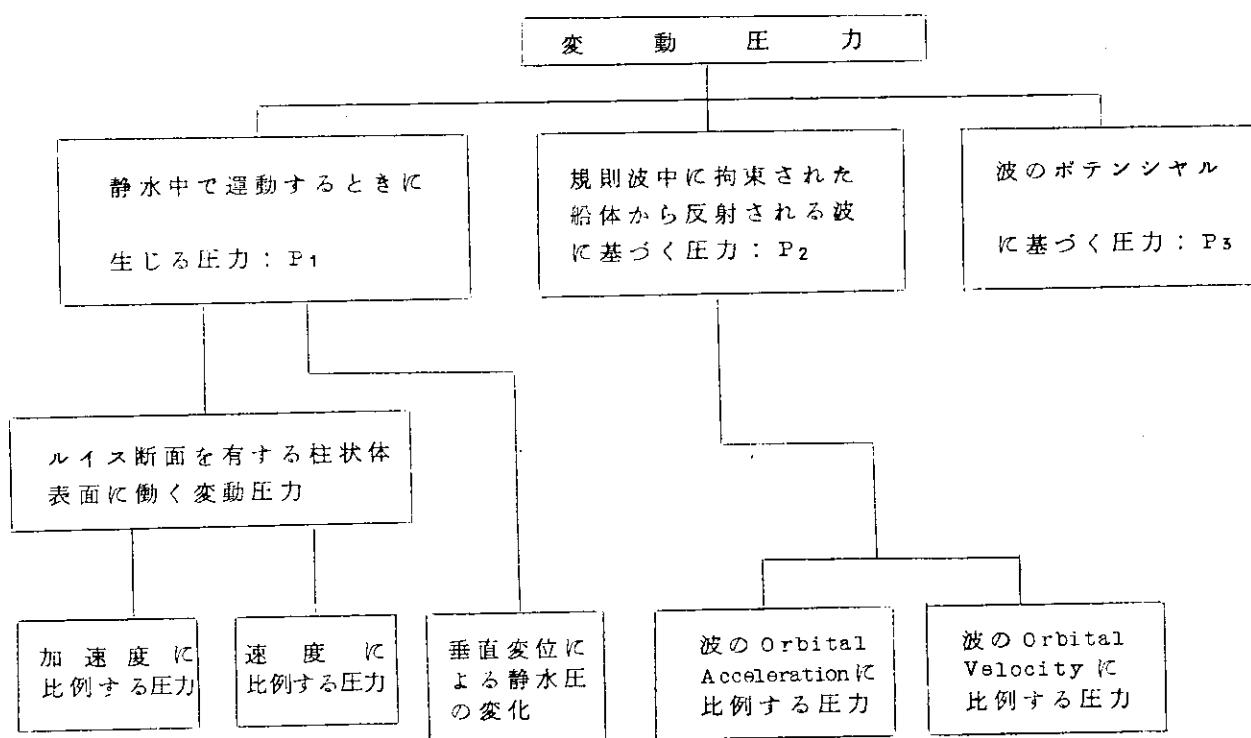
正面規則波中を航走するコンテナ船に働く変動圧を田才の方法<sup>(4)</sup> を一般化した計算式により求めた。そして、変動圧の波長分布、船長方向分布、ガース沿いの分布を調べた。

実験値との比較は2.3でなされている。

### 1.2.1 計 算 式

上下揺れ、縦揺れを考慮した具体的な計算式は、S R 90 報告書<sup>(5)</sup> に記されているので、ここではその概要を表1.2.1のように示すことにとどめる。

表1.2.1 変動圧力の成分



### 1.2.2 計算状態

表1.2.2に示すような波長、断面位置について計算を行なった。断面の表面に沿っては船底中心線( $\theta = 0^\circ$ )から船側水面部( $\theta = 90^\circ$ )まで10点についての圧力を求めた。ここで、 $\theta$ はルイス断面の原点まわりの角度である。

図1.2.1～1.2.3は計算に用いたルイス断面と実断面をS.S.2、5、8において比較したものである。

なお、FP断面においてはルイス断面による近似が悪く、計算精度が落ちるので求めていない。

表1.2.2 計算状態

船速 $F_n$ $V_s$ (kts)	0.25 (一定) 20.1
波長 $\lambda/L$	0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.1 1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.8、2.0
断面位置 S.S.	AP、1、2、3、4、5(⊗)、6、7、8、9

### 1.2.3 計算結果

#### (1) 変動圧力の波長分布(図1.2.4～図1.2.6)

変動圧力は前述の如く断面に沿って船底中心線( $\theta = 0^\circ$ )から船側水面部( $\theta = 90^\circ$ )まで10点について求められているが、ここでは代表的にBottom、Bilge、Sideの3点における変動圧力の無次元値 $P_0/\rho g h_0$ をS.S.2、5(⊗)、8の3断面について波長( $\lambda/L$ )を横軸にとって表示している。

#### (2) 変動圧力の船長分布(図1.2.7～図1.2.10)

Bottom、Bilge、Sideにおける変動圧力の無次元値を $\lambda/L = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ の4種類の波長について船長方向に表わしている。

#### (3) 変動圧力のガース分布(図1.2.11～図1.2.16)

$\lambda/L = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ の4状態について、S.S.2、5(⊗)、8における変動圧力の無次元値を示している。

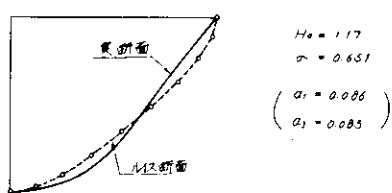


図1.2.1 ルイス断面と実断面(S.S.2)

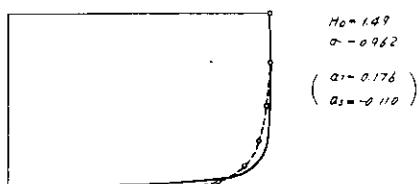


図1.2.2 ルイス断面と実断面(S.S.5)

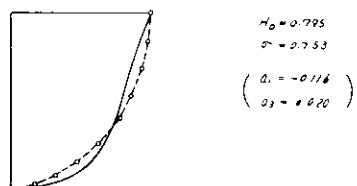


図1.2.3 ルイス断面と実断面(S.S.8)

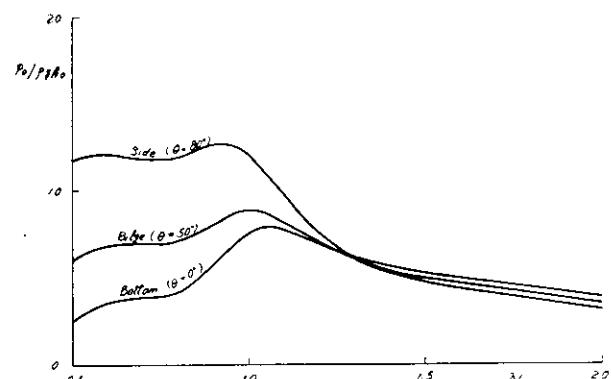


図1.2.4 波長分布(計算値)(S.S.2)

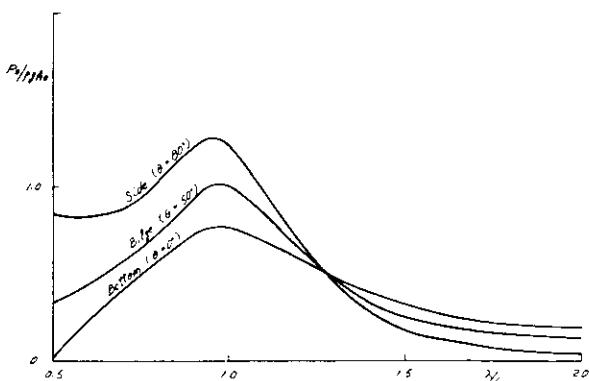


図1.2.5 波長分布(計算値)(S.S.5)

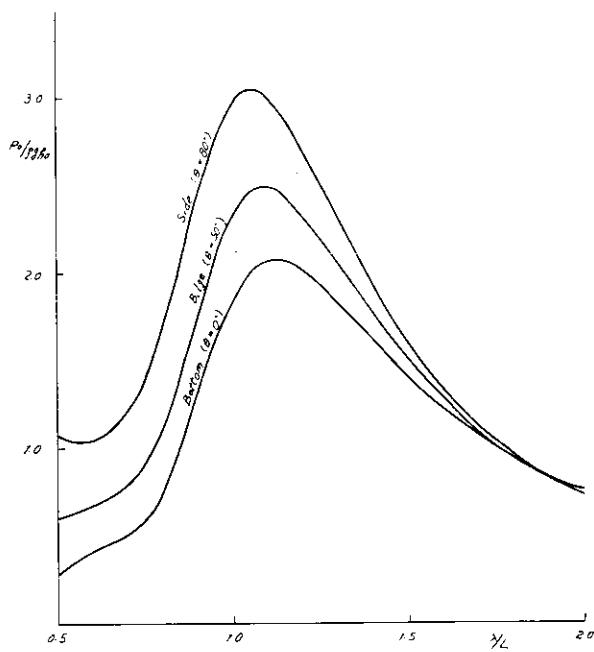


図 1.2.6 波長分布(計算値)(S.S.8)

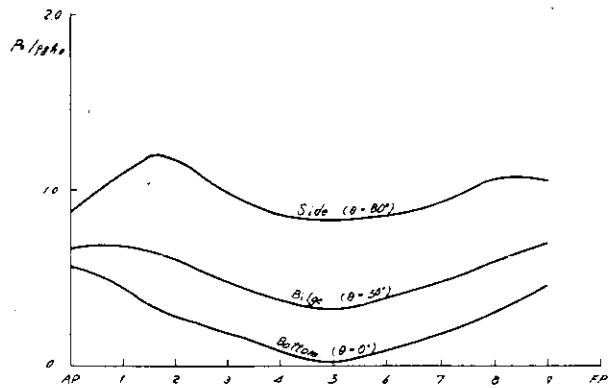


図 1.2.7 船長分布(計算値)  $\lambda/L=0.5$

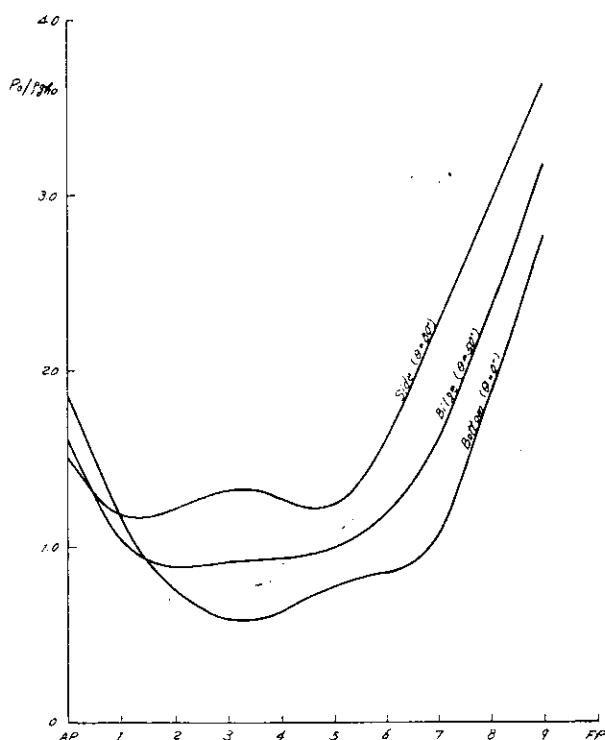


図 1.2.8 船長分布(計算値)  $\lambda/L=1.0$

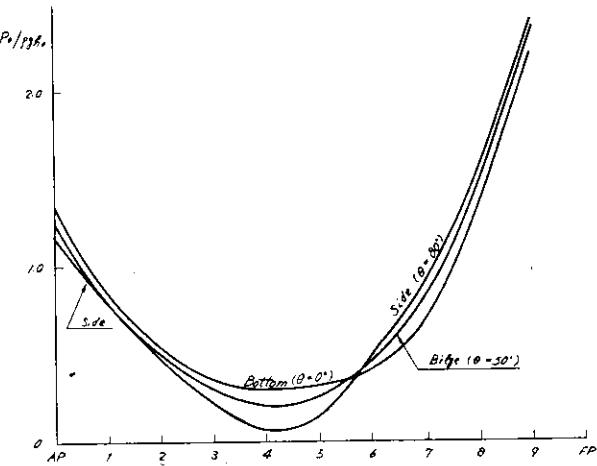


図 1.2.9 船長分布(計算値)  $\lambda/L=1.5$

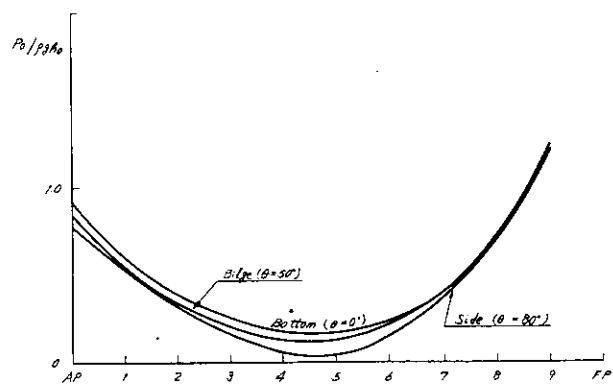


図 1.2.10 船長分布(計算値)  $\lambda/L=2.0$

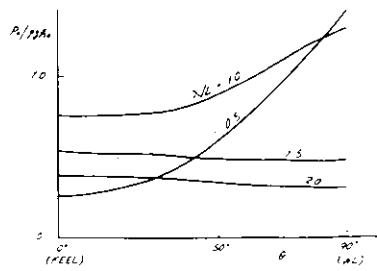


図1.2.1.1 ガス分布(計算値)(S.S.2)

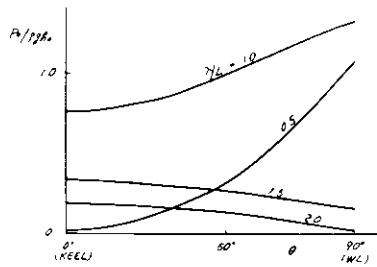


図1.2.1.2 ガス分布(計算値)(S.S.5)

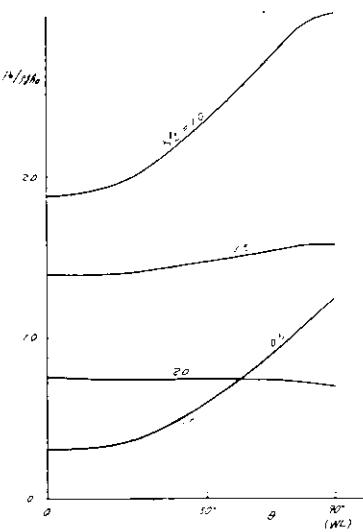


図1.2.1.3 ガス分布(計算値)(S.S'.8)

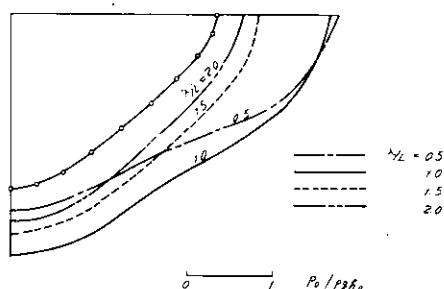


図1.2.1.4 ガス分布(計算値)(S.S.2)

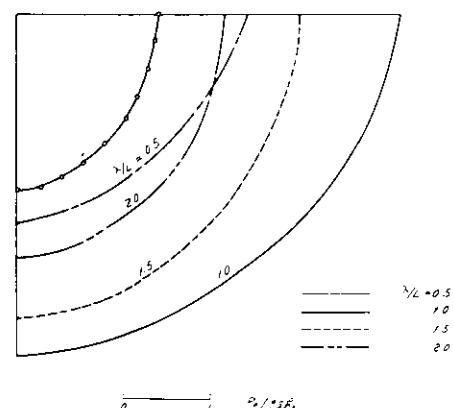


図1.2.1.5 ガス分布(計算値)(S.S'.8)

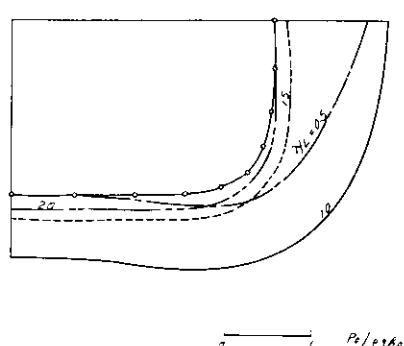


図1.2.1.6 ガス分布(計算値)(S.S.5)

### 1.3 斜め規則波中の海水打込み

#### 1.3.1 海水打込み限界の計算方法

斜波中を航行する船への海水打込みの限界を計算するため上下変位を求め、これと上下揺れ、縦揺れ、左右揺れ、船揺れ、横揺れ、波の orbital motion、に基づく動的水位上昇を考慮して、船側の波面に対する相対変位  $Z_r(z)$  を求めた。

一方、静水中航走時の trim、sinkage および船首波の盛り上りによる水位の相対上昇量  $f_s(z)$  を実験によって求め、船側の幾何学的乾舷  $f(z)$  からこれらを引いた値  $f(z) - f_s(z) - Z_r(z)$  が 0 になる場合をもって海水打込みの限界とした。

##### (1) 静水中航走時の有効乾舷

Trim、sinkage および船波の盛り上りによる静水中航走時の相対水位上昇  $f_s(z)$  を模型実験によって求め、実船に換算したものが表 1.3.1 である。

幾何学的乾舷  $f(z)$  としては、F.P. では静止吃水線

上 bow chock top まで S.S. 9 1/2 および 9 では

shell top まで、8 では bulwark top までの値をとった。

$f(z) - f_s(z)$  が静水中航走時の有効乾舷である。

なお、供試船は、第 108 研究部会昭和 44 年度報告書第 2 章の低船樓型である。

##### (2) 動揺による船側と波面との相対変位

第 108 研究部会昭和 44 年度報告書の第 3 章と同じ記号

同じ座標系を用いて、動揺を

$$\left. \begin{array}{l} \text{上下揺れ: } z_G = z_{G0} \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon z_G) \\ \text{縦揺れ: } \theta = \theta_0 \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon \theta) \\ \text{左右揺れ: } \gamma_G = \gamma_{G0} \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon \gamma_G) \\ \text{船首揺れ: } \psi = \psi_0 \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon \psi) \\ \text{横揆れ: } \varphi = \varphi_0 \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon \varphi) \end{array} \right\} \dots (1.3.1)$$

と表わす。

今、前後揺れ、左右揺れ、船首揺れによる相対変位は小さいとして無視し、上下揺れ、縦揺れ、横揆れのみ考慮すると、船体の任意の位置 ( $z, \gamma$ ) の上下方向変位は

$$Z = z_G - (z - z_G) \cdot \theta + \gamma \cdot \varphi \dots (1.3.2)$$

となる。

一方、波面の上下方向変位は

$$h = h_0 \cdot \cos(h_x \cdot \cos z - h_y \cdot \sin z - \omega_{et}) \dots (1.3.3)$$

であるから、動揺による船体の任意の位置 ( $z, \gamma$ ) の波面との相対変位は

$$Z - h = z_G - (z - z_G) \cdot \theta + \gamma \cdot \varphi - h \dots (1.3.4)$$

となる。

なお、ここでは海水打込みを問題としているので、 $|y|$  としては、計算しようとする S.S. の bow chock top、shell top、または、bulwark top の半幅を用いる。また、動揆の計算値は第 108 研究部会昭和 44 年度報告書のものを用いた。

##### (3) 動揆による動的水位上昇

水面上で動揆する柱状体の側面における動的水位上昇は、田才<sup>2)</sup>によって求められている。これを

表 1.3.1

S.S.	Fn	$f_s(z)$	$f(z)$
F.P.	0.1	0.31 (m)	12.54 (m)
	0.2	1.91	
	0.25	2.39	
	0.3	3.09	
9 1/2	0.1	0.10	11.11
	0.2	0.26	
	0.25	1.36	
	0.3	2.35	
9	0.1	0.03	10.73
	0.2	0.12	
	0.25	0.58	
	0.3	1.47	
8	0.1	-0.05	8.40
	0.2	0.61	
	0.25	0.50	
	0.3	0.88	

$$\left. \begin{array}{l} \text{上下揺れに基づくもの: } \zeta_H/Z_{GO} = \bar{\zeta}_H \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_H) \\ \text{左右揺れに基づくもの: } \zeta_S/Z_{GO} = \bar{\zeta}_S \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_S) \\ \text{横揺れに基づくもの: } \zeta_R/\left(\frac{b}{2} \cdot \varphi_0\right) = \bar{\zeta}_R \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_R) \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.5)$$

と表わす。ただし、 $\epsilon_H$ 、 $\epsilon_S$ 、 $\epsilon_R$  はそれぞれ、上下揺れ、左右揺れおよび横揺れに対する動的水位上昇の位相進み、 $b$  は水線面の幅である。また、横揺れは  $O'$  点回りのものを考えている。

波頂が midship にきたときを時間の基準にとれば、各動揺に対する任意の位置  $x$  での動的水位上昇は次のようになる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{上下揺れに対し: } \zeta_H = Z_{GO} \cdot \bar{\zeta}_H \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_H + \epsilon_{ZG}) \\ \text{縦揺れに対し: } \zeta_P = -(x - x_G) \cdot \theta_0 \cdot \bar{\zeta}_H \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_H + \epsilon_\theta) \\ \text{左右揺れに対し: } \zeta_S = Z_{GO} \cdot \bar{\zeta}_S \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_S + \epsilon_{yG}) \\ \text{船首揺れに対し: } \zeta_Y = (x - x_G) \cdot \psi_0 \cdot \bar{\zeta}_S \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_S + \epsilon_\psi) \\ \text{横揺れに対し: } \zeta_R = \frac{b}{2} \cdot \varphi_0 \cdot \bar{\zeta}_R \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_R + \epsilon_\varphi) \\ \qquad \qquad \qquad + O'G \cdot \varphi_0 \cdot \bar{\zeta}_S \cdot \cos(\omega_{et} + \epsilon_S + \epsilon_\varphi) \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.6)$$

ただし、横揺れに対するものの第2項は、 $O'$  点と重心  $G$  が一致しないことを考慮したもので、 $O'$  は  $G$  が  $O'$  より上のときを正とする。なお、左右揺れ、船首揺れおよび横揺れに対する (1.3.6) 式は、 $y$  が正の側(波の来る側)についてのものなので、 $y$  が負の側(波に対し下手側)については、 $\zeta_S$ 、 $\zeta_Y$ 、 $\zeta_R$  の符号を逆にする必要がある。したがって、動揺による動的水位上昇は、前後揺れによる動的水位上昇は小さいとして無視すれば、

$$\left. \begin{array}{l} y \text{ が正の側で: } \zeta_H + \zeta_P + \zeta_S + \zeta_Y + \zeta_R \\ y \text{ が負の側で: } \zeta_H + \zeta_P - \zeta_S - \zeta_Y - \zeta_R \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.7)$$

となる。

#### (4) 波の orbital motion を乱すことによる動的水位上昇

$$\left. \begin{array}{l} \text{船体中心面 } y=0 \text{ における orbital velocity の } Z \text{ 方向成分 } V_{ZW} \text{, } y \text{ 方向成分 } V_{yw} \text{ は} \\ V_{ZW} = -h_0 \cdot \omega \cdot e^{kZ} \cdot \sin(\omega_{et} - kx \cdot \cos z) \\ V_{yw} = h_0 \cdot \omega \cdot e^{kZ} \cdot \sin z \cdot \cos(\omega_{et} - kx \cdot \cos z) \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.8)$$

である。これと等価な上下揺れ  $Zw$  および左右揺れ  $yw$  は

$$\left. \begin{array}{l} Zw = -\beta \cdot h_0 \cdot e^{kZ} \cdot \cos(\omega_{et} - kx \cdot \cos z) \\ yw = -\beta \cdot h_0 \cdot e^{kZ} \cdot \sin z \cdot \cos(\omega_{et} - kx \cdot \cos z - \frac{\pi}{2}) \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.9)$$

ただし、 $|Z|$  については、 $Zw$  に関しては有効吃水  $\sigma \cdot d$ 、 $yw$  に関しては吃水の半分  $\frac{1}{2}d$  を用いることとする。

したがって  $Zw$ 、 $yw$  に対応する動的水位上昇はそれぞれ

$$\left. \begin{array}{l} \zeta_{zw} = -\beta \cdot h_0 \cdot e^{-k\sigma d} \cdot \bar{\zeta}_H \cdot \cos(\omega_{et} - kx \cdot \cos z + \epsilon_H) \\ \zeta_{yw} = -\beta \cdot h_0 \cdot e^{-\frac{1}{2}kd} \cdot \bar{\zeta}_S \cdot \sin z \cdot \cos(\omega_{et} - kx \cdot \cos z - \frac{\pi}{2} + \epsilon_S) \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.10)$$

となるが、動的水位上昇には orbital velocity と orbital acceleration が同じ割合で効くと仮定し、

$$\beta = \frac{1}{2} \left( \frac{\omega}{\omega_e} + \left( \frac{\omega}{\omega_e} \right)^2 \right) \dots \quad (1.3.11)$$

とする。なお、 $yw$  による  $y$  が負の側の動的水位上昇は  $-\zeta_{yw}$  となる。

以上(2)、(3)、(4)をまとめると、船側と波面との相対変位  $Zr(x)$  は

$$\left. \begin{array}{l} y \text{ が正の側で: } Zr(x) = \{ Z_0 - (x - x_G) \cdot \theta + p \cdot \varphi - h \} - \{ \zeta_H + \zeta_P + \zeta_S + \zeta_Y + \zeta_R \} - \{ \zeta_{zw} + \zeta_{yw} \} \\ y \text{ が負の側で: } Zr(x) = \{ Z_0 - (x - x_G) \cdot \theta + p \cdot \varphi - h \} - \{ \zeta_H + \zeta_P - \zeta_S - \zeta_Y - \zeta_R \} - \{ \zeta_{zw} - \zeta_{yw} \} \end{array} \right\} \dots \quad (1.3.12)$$

となり、この  $Zr(x)$  が静水中航走時の有効乾舷  $f(x) - f_s(x)$  と等しくなるときをもって海水打込み限界とした。

ただし、F.P.については、断面形状がルイス断面の限界に近くて計算精度が悪いこと、および端部であることを考慮して、 $Z_T(x)$ に動的水位上昇を含めていない。

### 1.3.2 海水打込み限界の計算結果とその検討

海水打込み限界の計算結果は、田才外<sup>3)</sup>に従って、横軸に波長・船長比  $\lambda/L$ 、縦軸に波高・波長比  $H/\lambda$  をとって図示した。

図1.3.1～図1.3.7はF.P.、図1.3.8～図1.3.14はS.S.9、図1.3.15～図1.3.21はS.S.8について、波との出合角 $\chi$ を $0^\circ$ (follow)から $30^\circ$ おきに $180^\circ$ (head)まで変え、フルード数  $F_n$  をパラメーターにして表わしたものであり、曲線より上方が海水打込みのおこる範囲である。

$\chi=0^\circ$ 、 $180^\circ$ の場合は、左舷と右舷で限界曲線が同じなので一つのフルード数については1本の線で表わしている。 $\chi=30^\circ \sim 150^\circ$ の場合は、波の来る側( weather side )と波に對し下手側( lee side )とを區別している。

F.P.の場合、全体として、 $\chi=150^\circ$ 、 $180^\circ$ の場合で船速が増すほど海水が打ち込みやすい。また、 $\chi=30^\circ$ 、 $60^\circ$ では lee side から、 $\chi=120^\circ$ 、 $150^\circ$ では weather side から打ち込みやすい傾向にある。 $\chi=60^\circ$ の weather side の線が無いのは限界曲線がさらに上方にあるためである。

$\chi=30^\circ$ 、 $F_n=0.1$ の場合、 $\lambda/L=2$ 付近で lee side の限界線が下っているのは、このあたりが横揺れ同調にあたるためである。 $\chi=90^\circ$ (beam)の場合、 $\lambda/L=3$ が横揺れ同調点であるから、その付近に限界曲線があるが、横波状態では海水打込みはまず無いと考えて良いであろう。

S.S.9、S.S.8についても、限界曲はF.P.とは $\chi$ 同様の傾向を示している。ただし、 $\chi=90^\circ$ の場合は、F.P.の場合とちがい  $\lambda/L=3$ で限界曲線がかなり下っている。また、 $\chi=60^\circ$ の場合も weather side の限界曲線が現われている。

図1.3.22～図1.3.29は、 $F_n=0.25$ のときF.P.、S.S.9 1/2、S.S.9、S.S.8で weather side と lee side の海水打込み限界曲線を、波との出合角 $\chi$ をパラメーターとして表わしたものである。

この図からも、全体として、 $\chi=180^\circ$ (head)と $150^\circ$ の限界曲線の差にくらべ、 $\chi=150^\circ$ と $\chi=120^\circ$ のそれの差が大きいのは、 $\chi=180^\circ$ 、 $150^\circ$ の場合にくらべ、 $\chi=120^\circ$ の場合は  $\lambda/L > 1$  で、縦揺れがかなり小さいためである。

S.S.9やS.S.8 の  $\lambda/L$  の大きい所で  $\chi=60^\circ$  や  $\chi=90^\circ$  の限界曲線が  $\chi=180^\circ$ 、 $150^\circ$  のものより下にあるのは、横揺れの大きいことが主な原因である。

図1.3.30は  $F_n=0.25$ 、

$\chi=180^\circ$ 、 $150^\circ$  の場

合、船の長手方向の位置  
によって海水打込み限界  
がどう変わるかを示したも  
のである。

$\lambda/L=1.5$ 、 $2.0$ 、 $2.5$ の  
場合とも、F.P.とS.S.

9 1/2で、海水打込み限  
界の差はほとんどない。

また、S.S.8やS.S.9  
より、S.S.9 1/2やF.P.  
の方が、海水打込みが起  
りやすいと言える。

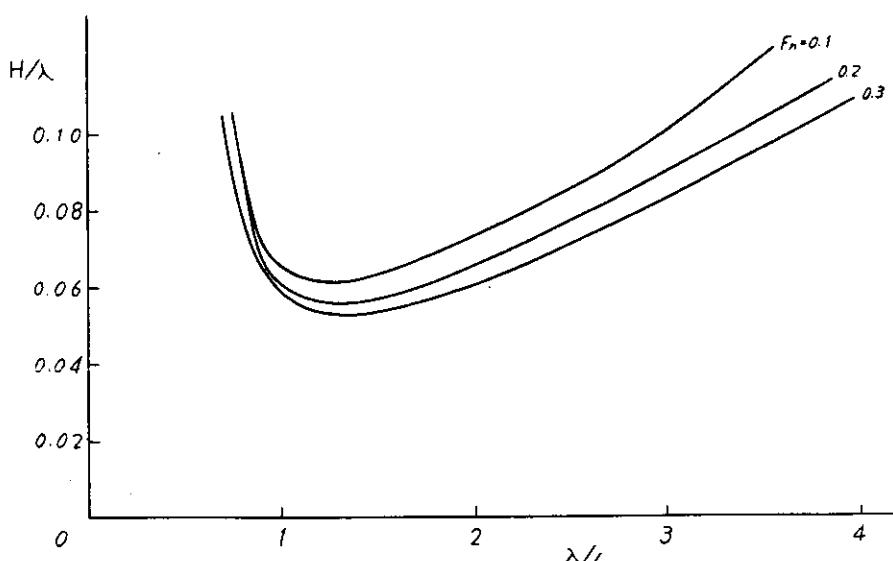


図1.3.1 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi=0^\circ$  (follow)

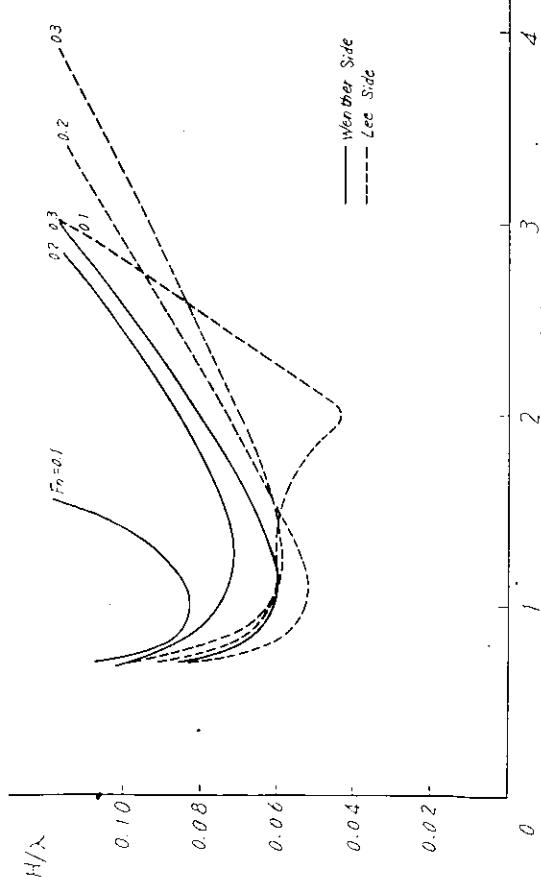


图 1.3.2 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi = 30^\circ$

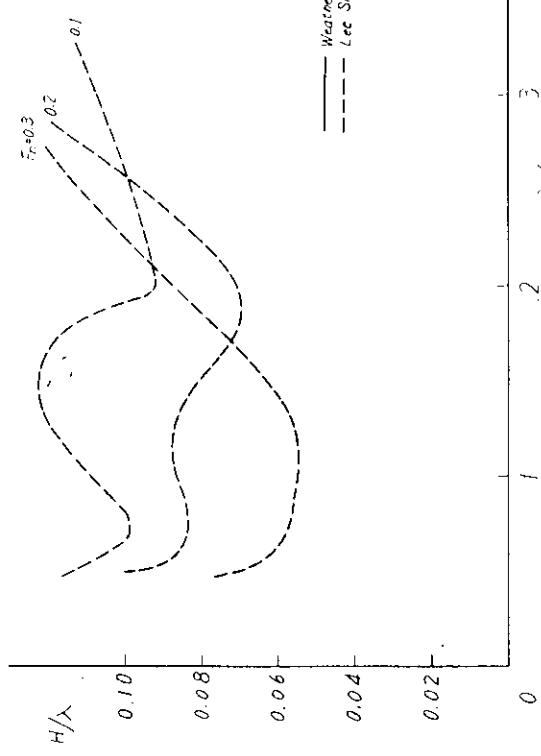


图 1.3.3 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi = 60^\circ$

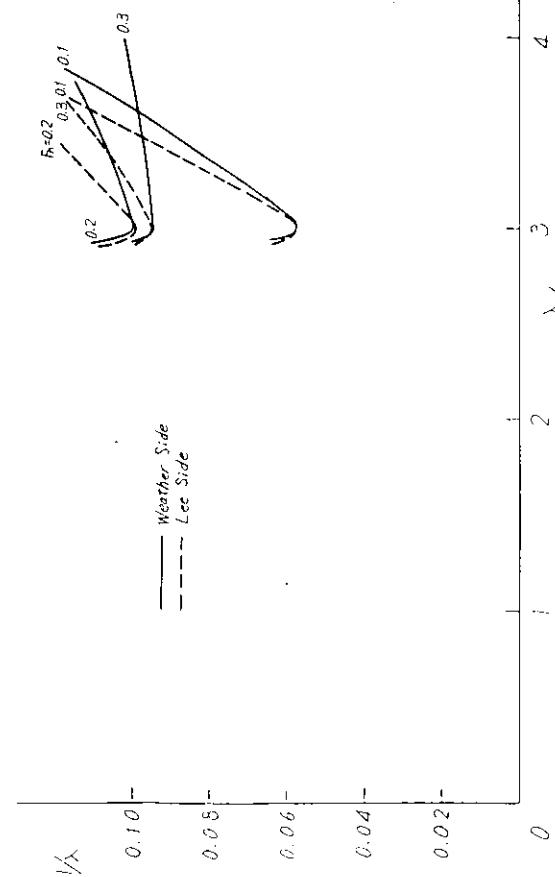


图 1.3.4 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi = 90^\circ$  (beam)

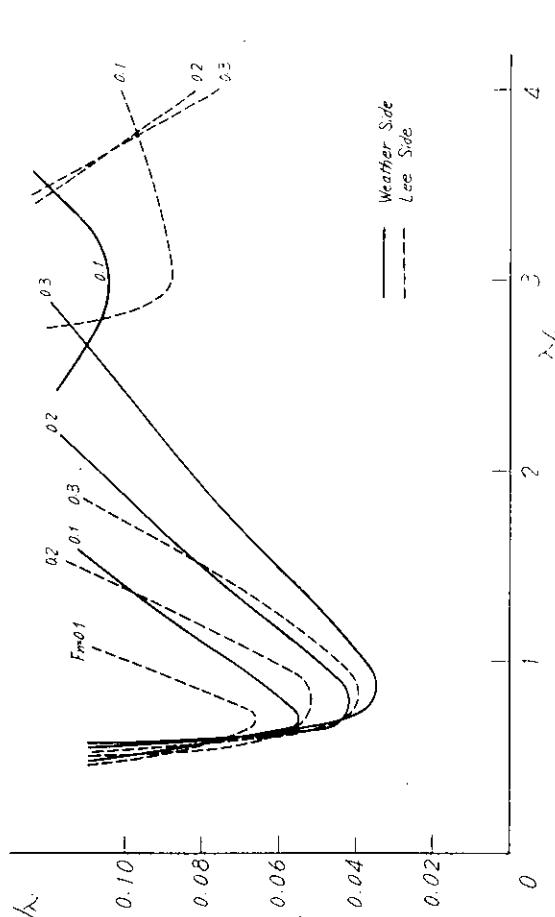


图 1.3.5 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi = 120^\circ$

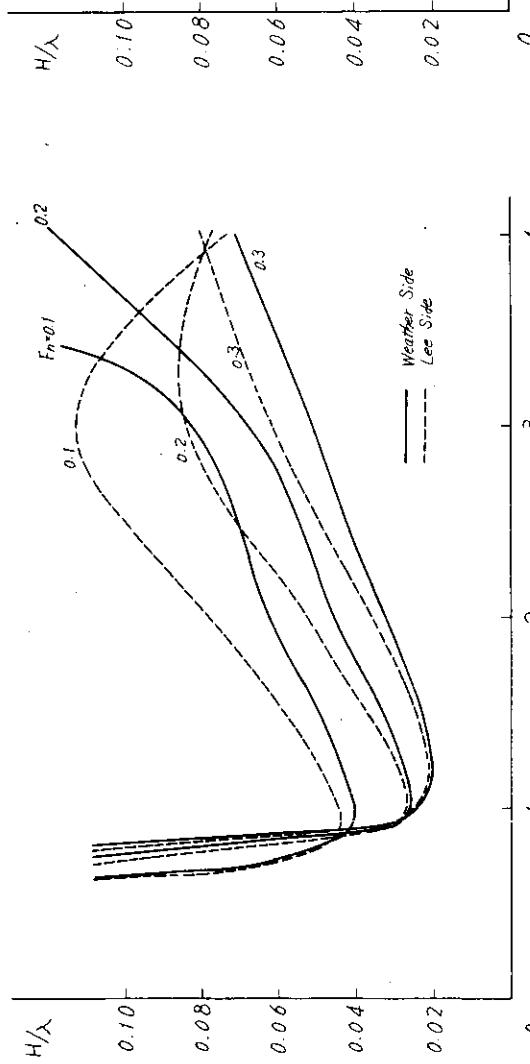


図 1.3.6 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi = 150^\circ$

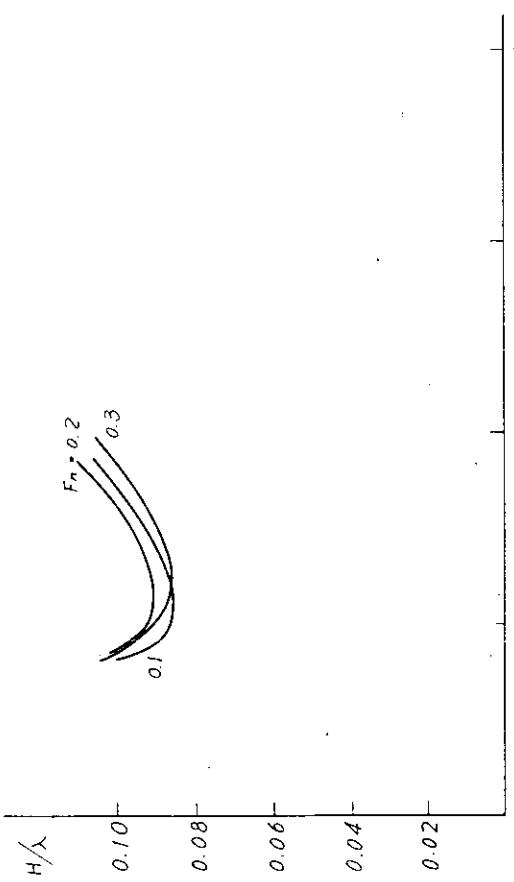


図 1.3.8 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 0^\circ$  (follow)

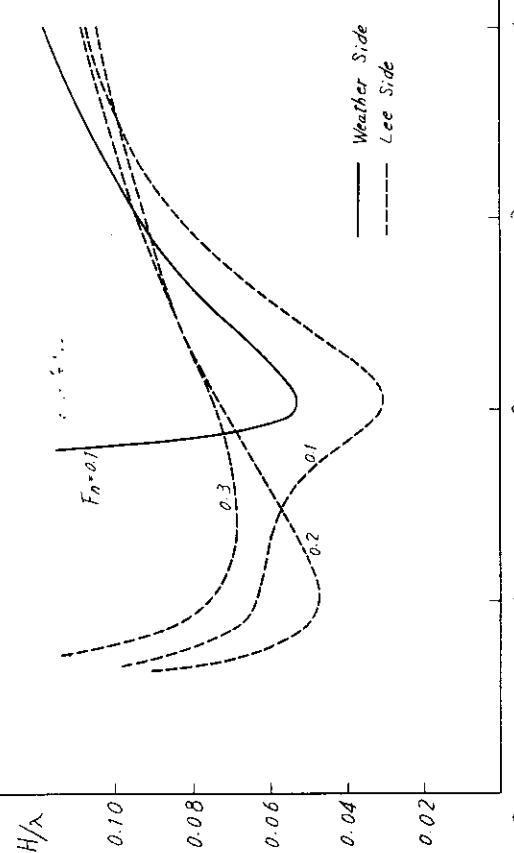


図 1.3.7 Deck Wetness at F.P.  
 $\chi = 180^\circ$  (head)

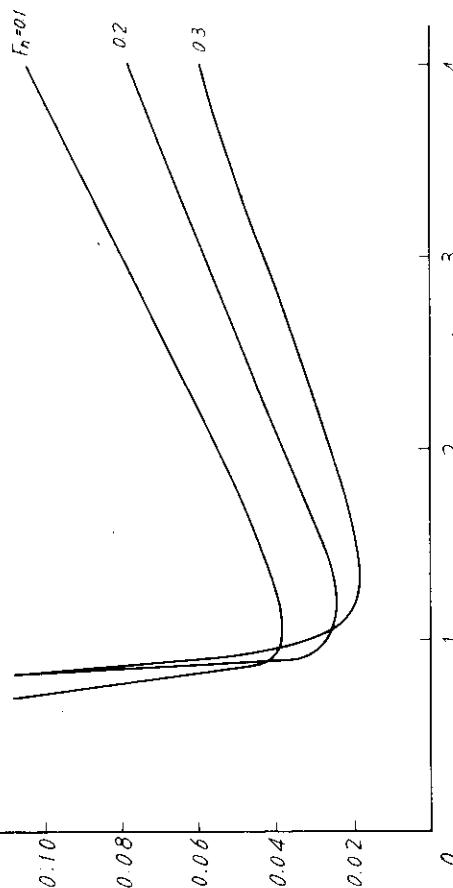


図 1.3.9 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 30^\circ$

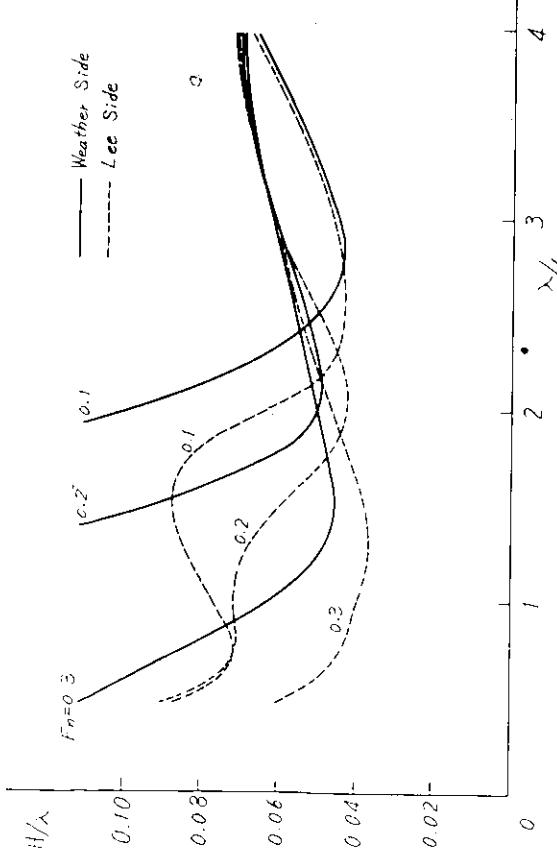


図1.3.10 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 60^\circ$

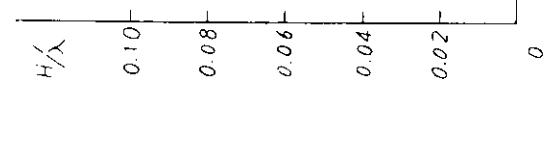


図1.3.11 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 90^\circ$  (beam)

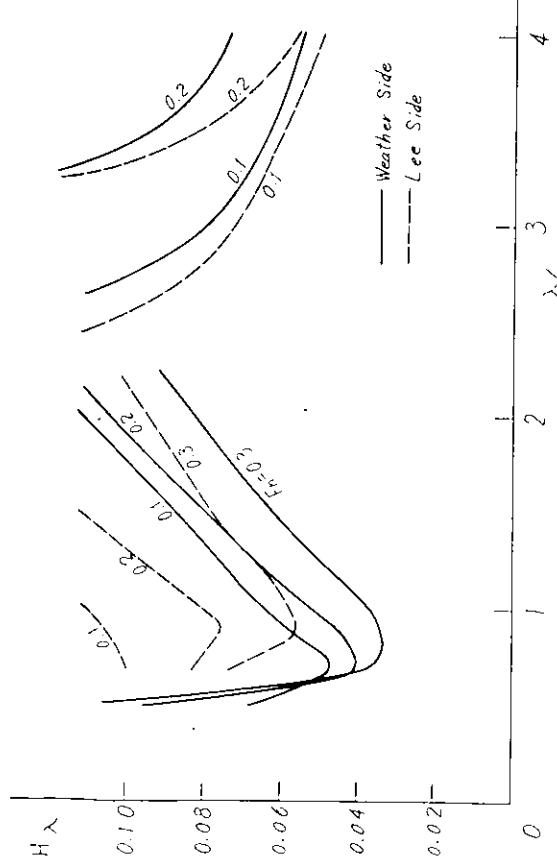


図1.3.12 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 120^\circ$

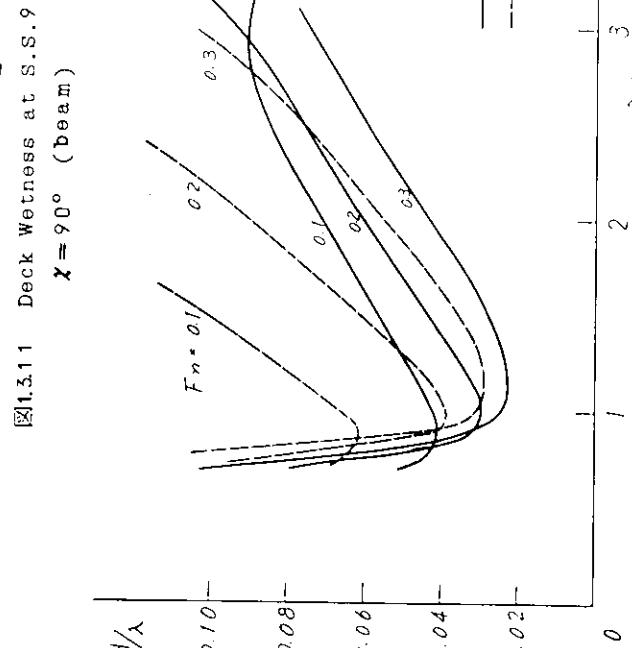
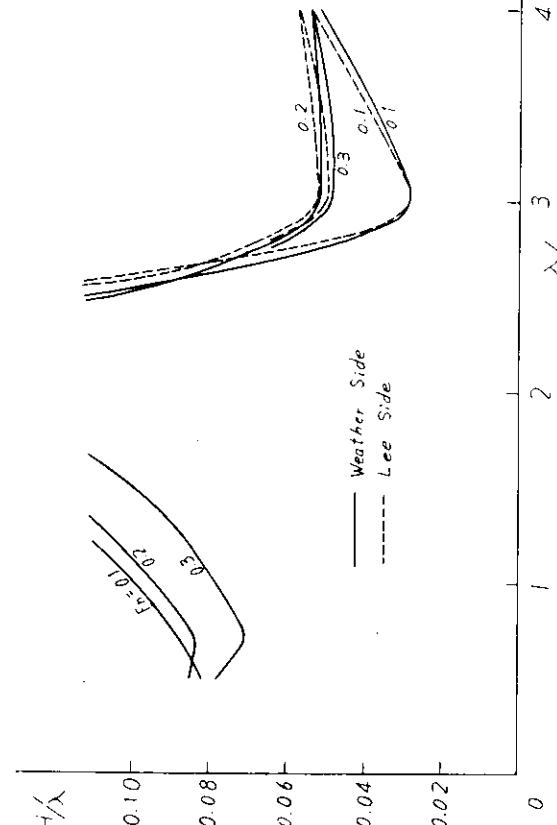


図1.3.13 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 150^\circ$

$F_n = 0.1$

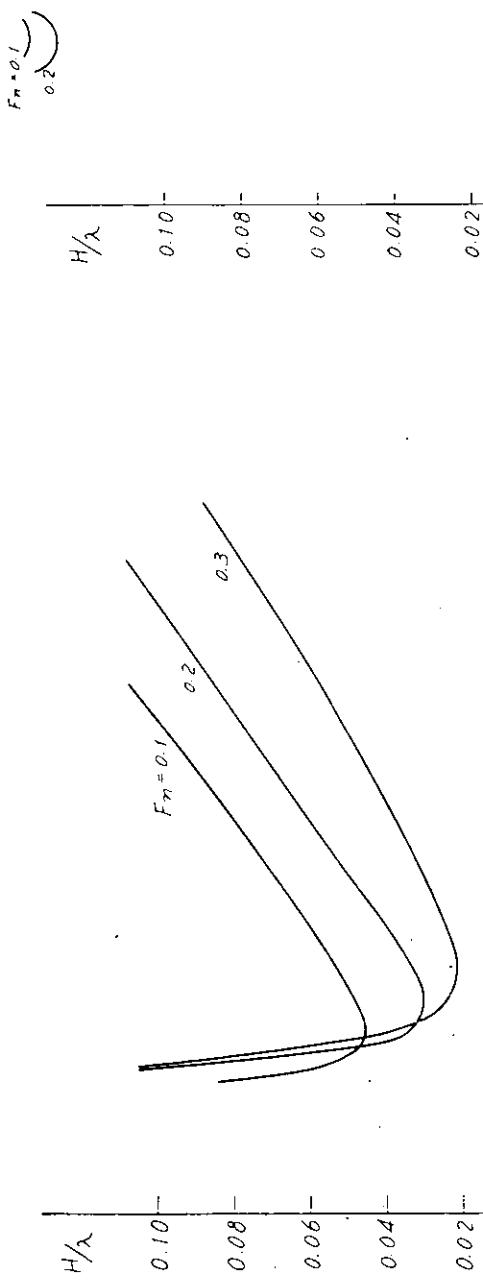


図1.3.14 Deck Wetness at S.S.9  
 $\chi = 180^\circ$  (head)



図1.3.15 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 0^\circ$  (follow)

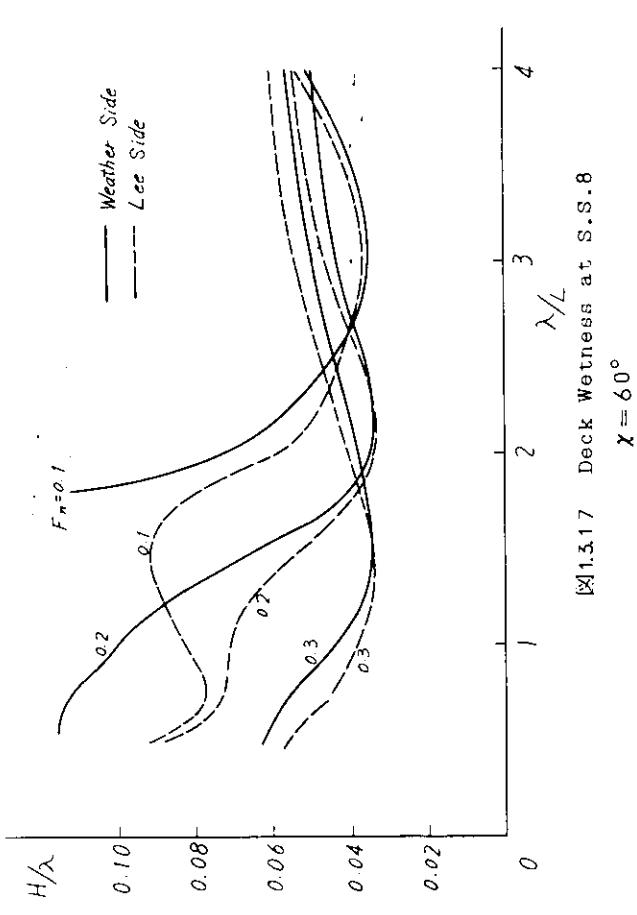


図1.3.17 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 60^\circ$

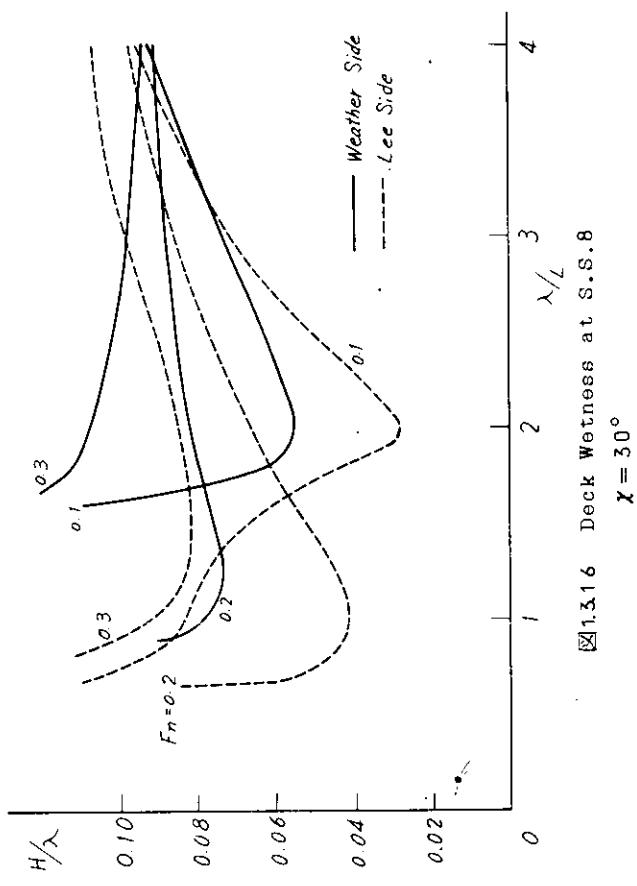


図1.3.16 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 30^\circ$

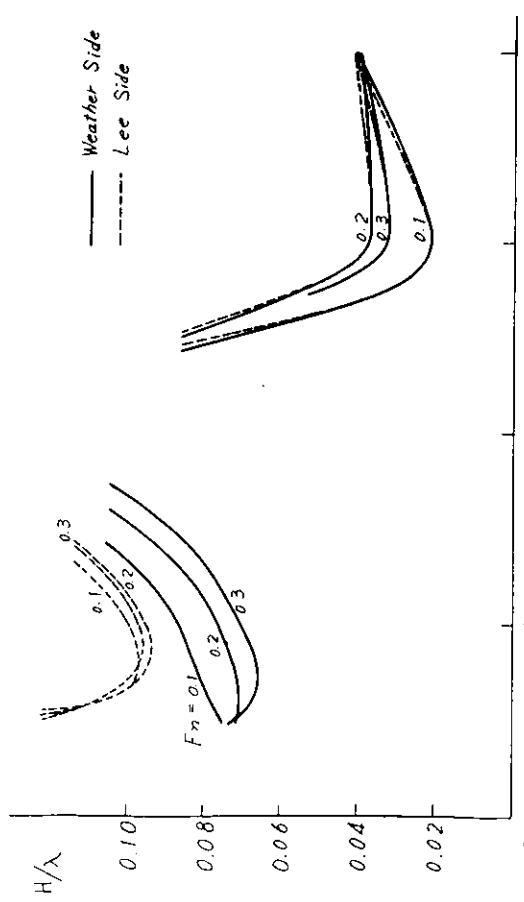


図1.3.18 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 90^\circ$  (beam)

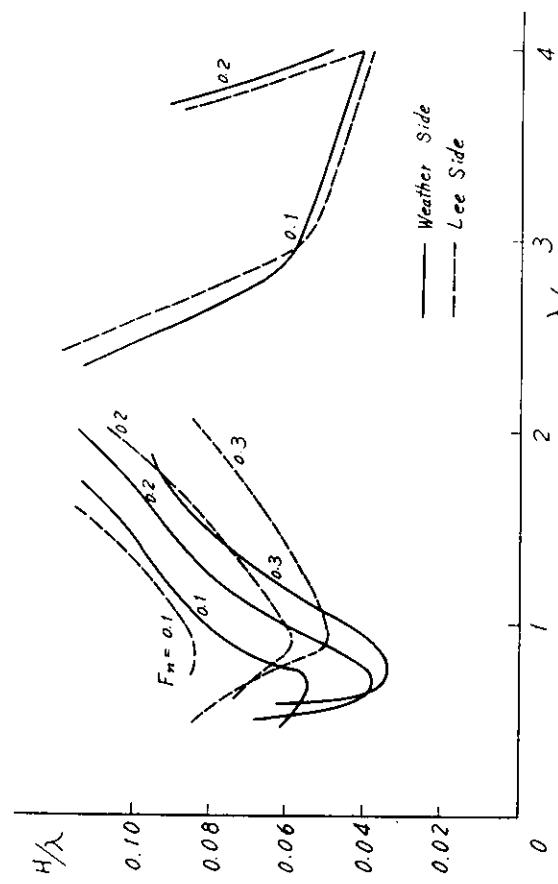


図1.3.19 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 120^\circ$

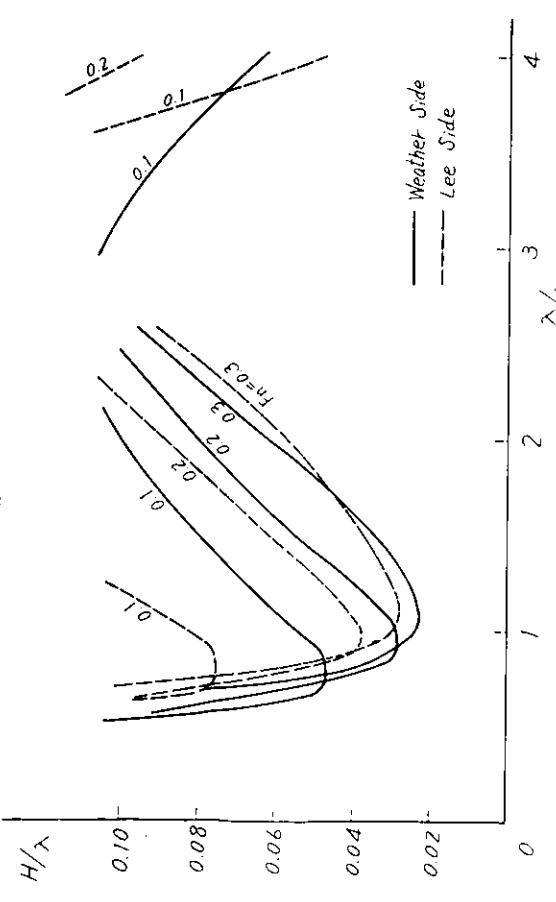


図1.3.20 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 150^\circ$

図1.3.21 Deck Wetness at S.S.8  
 $\chi = 180^\circ$

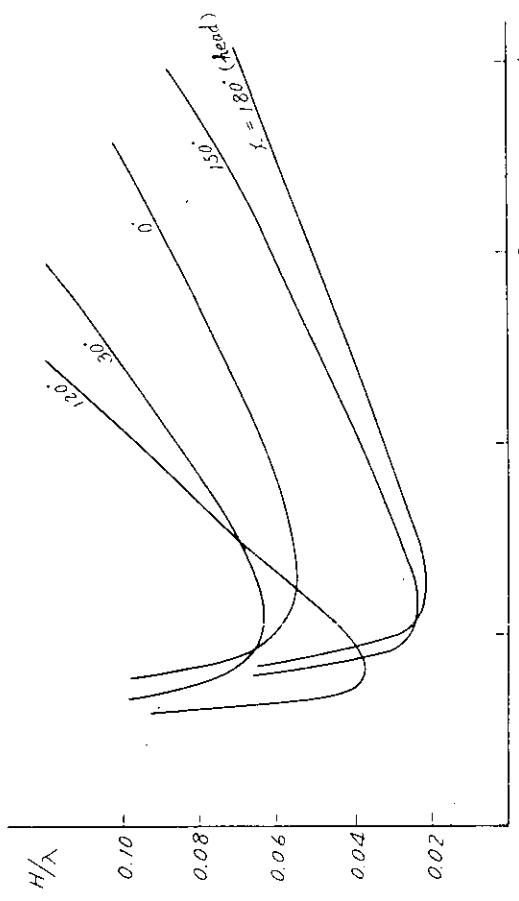


图1.3.22 Deck Wetness at R.P.  
 $F_n = 0.25$  Weather Side

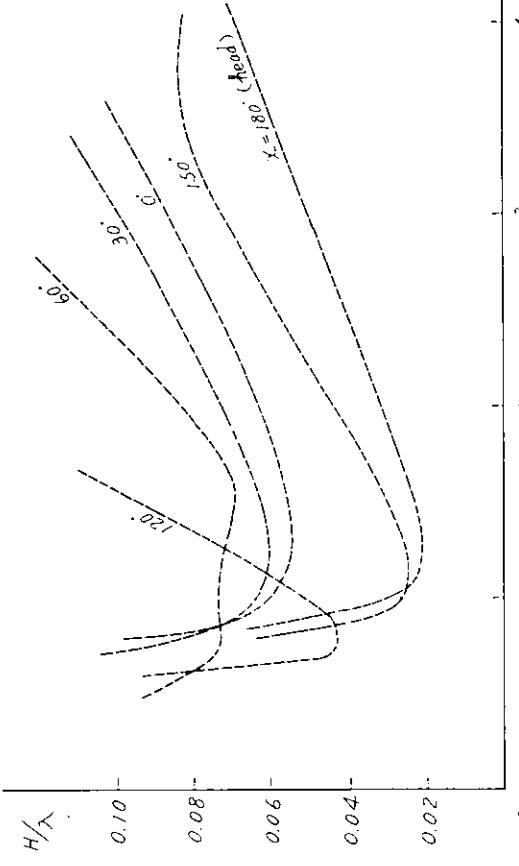


图1.3.23 Deck Wetness at F.P.  
 $F_n = 0.25$  Lee Side

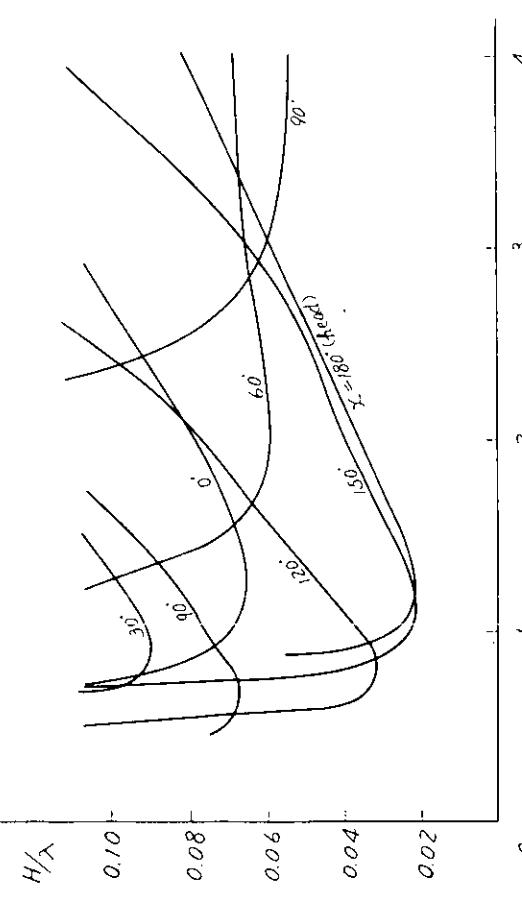


图1.3.24 Deck Wetness at S.S. 9 1/2  
 $F_n = 0.25$  Weather Side

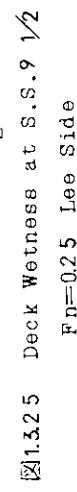
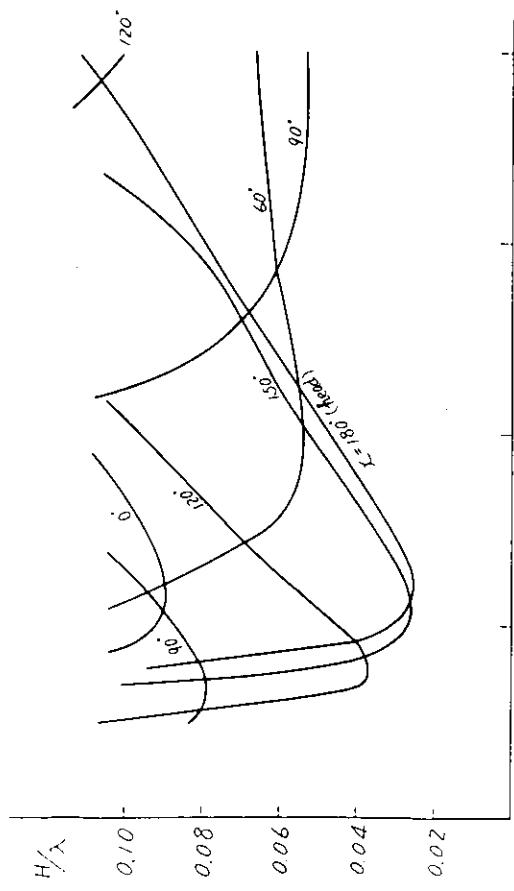
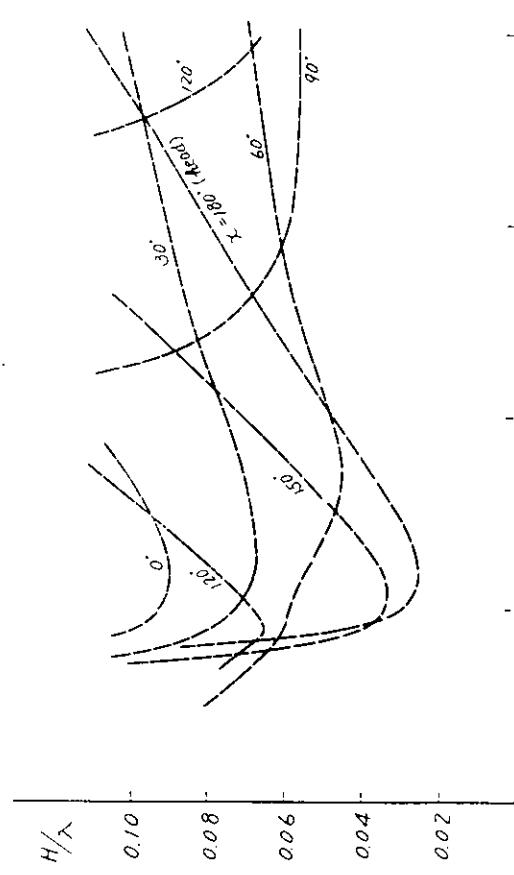


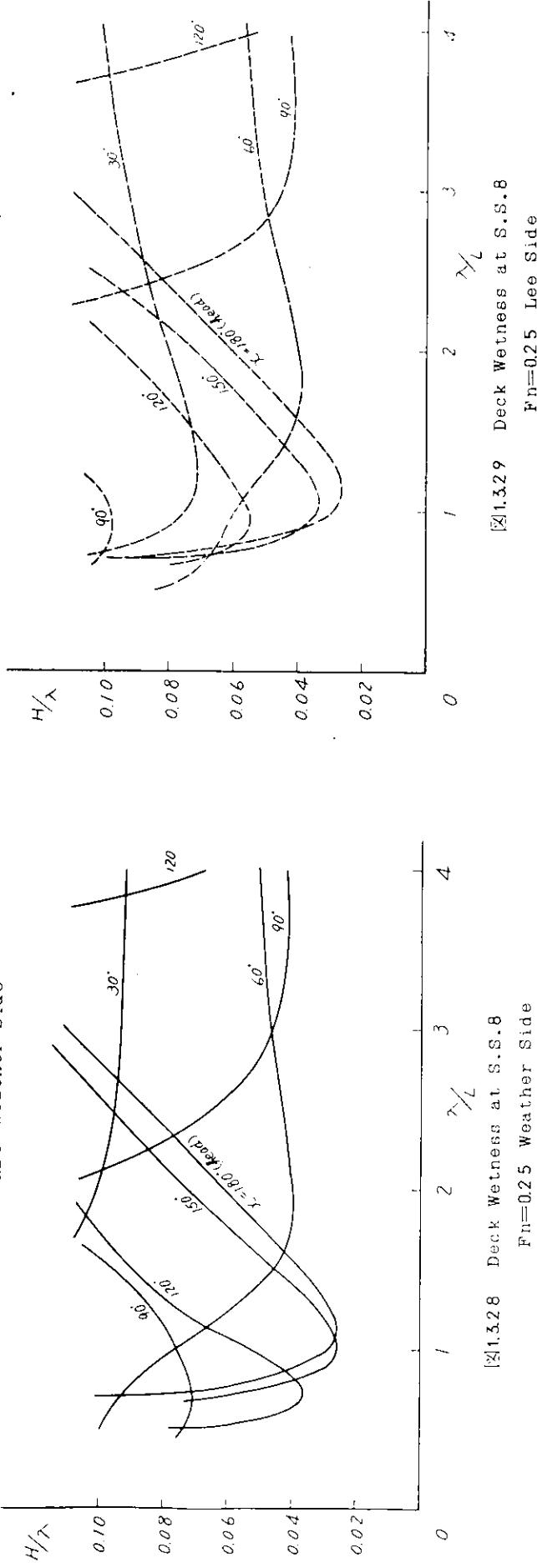
图1.3.25 Deck Wetness at S.S. 9 1/2  
 $F_n = 0.25$  Lee Side



[图]1.3.28 Deck Wetness at S.S. 8  
 $F_n=0.25$  Weather Side



[图]1.3.27 Deck Wetness at S.S. 9  
 $F_n=0.25$  Lee Side



[图]1.3.29 Deck Wetness at S.S. 8  
 $F_n=0.25$  Weather Side

[图]1.3.29 Deck Wetness at S.S. 8  
 $F_n=0.25$  Lee Side

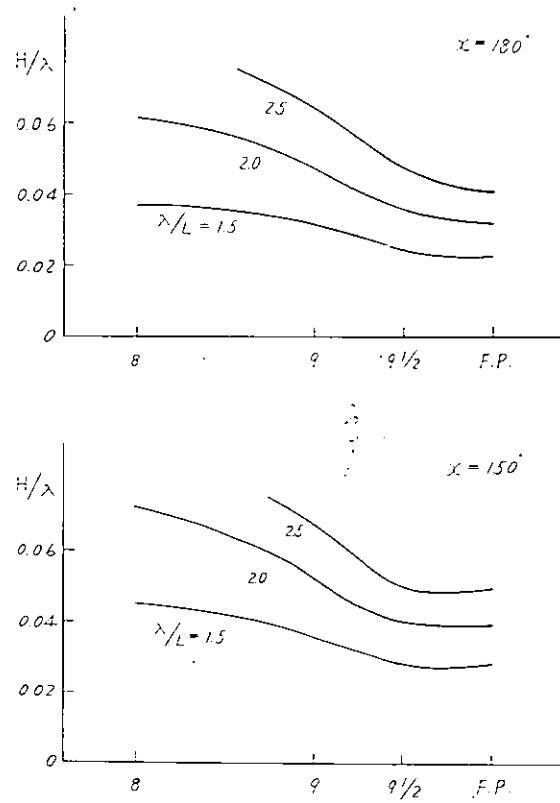


図 1.3.3 0 Deck Wetness

$F_n = 0.25$  Weather Side

## 1.4 規則波中抵抗増加計算法の改良

### 1.4.1 改良の意義

規則波中の抵抗増加は、丸尾の方法<sup>(6)</sup>によって計算されるのが一般であるが、計算値と実験値の一致は必ずしも満足すべきものではなかった。<sup>(7), (10)</sup>特に、波長の短い部分で実験値が計算値よりもかなり高くなる傾向がある。この間の事情を理論的に明確にすることは、次の二つの理由によって重要である。即ち、一つは、波長の短い部分では、実験精度を保つことが困難であることであり、今一つは、不規則波中の抵抗増加の推定にこの部分の差が大きく影響を及ぼすことである。このような理論と実験の差異の原因として種々の事柄が考えられるが、丸尾の方法で用いられている「船体を表わす流体力学的特異点」の近似度に問題があると考えられる。そこで、この特異点分布を、船体運動の計算に用いられるO.S.M.と同じ精度で計算して、抵抗増加計算の精度を上げることを試みる。

### 1.4.2 上下動する船体断面の孤立特異点表示

波浪中の抵抗増加の計算は三次元的に行なわれる所以、船体断面の特異点表示はできるだけ簡単なものが望ましい。丸尾の近似による孤立特異点表示は、船体各断面の二次元的  $\bar{A}$  (進行波振幅／船体断面の上下動振幅) を正確な値<sup>(8)</sup>と比較するとかなりの誤差がある。抵抗増加の計算を精度よく行なうには、丸尾の近似を改良する必要がある。

#### (1) 丸尾の近似

船体断面の運動が、

$$z = z_0 \sin(\omega_e t + \delta_1) \quad \dots \quad (1.4.1)$$

ただし  $z_0$  : 上下動振幅

$\omega_e$  : 動搖の円周波数

$\delta_1$  : 動搖の位相

で表わされるとき、吹出しの強さ  $\sigma_m$  は、三次元表示で、

$$\sigma_m = -\frac{1}{2\pi} \omega b Z_0 \cos(\omega t + \delta_1) \quad (1.4.2)$$

となる。また、運動および船体の左右対称性を考慮して、吹出しを船体中心面上の点(0, f\_m)に置くことによりすれば、その深さ f\_m は、

$$f_m = A/2b = rd \quad , \quad r = A/2bd \quad (1.4.3)$$

ただし、A : 船体断面の面積

b : 船体断面の半幅

d : 船体断面の吃水

r : 船体断面の面積係数

で与えられている。従って、半幅/吃水を H\_0 (= b/d) とすれば、f\_m の深さ位置にある強さ  $\sigma_m$  の吹出しによる進行波が求められる。この進行波と断面の上下動との振幅比  $\bar{A}$  を  $\bar{A}_m$  とすれば、

$$\bar{A}_m = 2\xi_b r - \xi_b r / H_0 = 2H_0 \xi_d e^{-r \cdot d} \quad (1.4.4)$$

$$\text{ただし、} \xi_b = \frac{\omega_0^2}{g} \cdot b \quad , \quad \xi_d = \frac{\omega_0^2}{g} \cdot d$$

$\bar{A}_m$  を  $\bar{A}$  の厳密解<sup>(8)</sup>とすれば、 $\bar{A}_m/\bar{A}$  は丸尾の近似の精度を表わす目安を与えると考えられる。

## (2) 丸尾近似の改良

孤立特異点は、振幅、位置および位相によって規定することができるから、丸尾の近似を基礎として、改良計算で用いられる特異点表示はそれぞれに対する修正係数の形で表わすこととする。即ち、

i)  $A_0$  : 吹出しの強さに対する振幅修正

ii)  $\mu$  : 吹出しの位置に対する位置修正

iii)  $\delta$  : 吹出しの強さの上下動に対する位相修正

となる。改良する方法では、(1.4.1)式で表わされる船体断面の運動に対して、吹出しの強さと位置を船体断面の境界条件、つまり、流線関数を代表的な場所で合わせるように決定する。

今、吹出しを船体中心面上の点(0, f)に置き、その強さを

$$\sigma = \sigma_{c0} e^{i\delta} = \sigma_c + i\sigma_s \quad (1.4.5)$$

とし、単位強さの吹出しに対する流線関数を

$$S(z, y; 0, f) = S_c(z, y; 0, f) + iS_s(z, y; 0, f) \quad (1.4.6)$$

とする<sup>(8)</sup>。  $S_c$  および  $S_s$  は

$$S_c(z, y; 0, f) = \Theta_1 - \Theta_2 \quad (1.4.7)$$

$$-2 \operatorname{sgn}(z) \{ E_c \sin K|z| - (E_s - \pi) \cos K|z| \} e^{-K(y+f)} \quad (1.4.8)$$

$$S_s(z, y; 0, f) = 2\pi e^{-K(y+f)} \sin K|z| \quad (1.4.9)$$

$$\text{ただし、} \Theta_1 = \tan^{-1} \frac{y-f}{z} \quad , \quad \Theta_2 = \tan^{-1} \frac{y+f}{z}$$

$E_c$  および  $E_s$  は次式で表わされる指数積分、

$$E = \int_{\nu KZ}^{\infty} \frac{e^{-\nu}}{\nu} d\nu \quad , \quad Z = |z| + iy \quad (1.4.10)$$

の実部および虚部で、前田<sup>(9)</sup>によって計算法が示されている。

このようにすると、船体断面の形状は、

$$\left. \begin{aligned} \psi_c(z, y) &= \sigma_c(0, f) S_c(z, y; 0, f) - \sigma_s(0, f) S_s(z, y; 0, f) \\ \psi_s(z, y) &= \sigma_c(0, f) S_s(z, y; 0, f) + \sigma_s(0, f) S_c(z, y; 0, f) \end{aligned} \right\} \quad (1.4.10)$$

によって決定される。ここに、 $\psi_c(z, y)|_{onC}$  および  $\psi_s(z, y)|_{onC}$  は、それぞれ船体断面 C 上の境界条件  $\psi(z, y)|_{onC}$  の実部および虚部を表わす。上下動の場合、船体表面上の境界条件は、

$$\psi_c(x+y)|_{onC} = x \quad , \quad \psi_s(x+y)|_{onC} = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.11)$$

である。そこで、前述したように、船体表面の代表的な場所として吃水位置をとり、境界条件を(1.4.10)で満足させると(1.4.12)式は、

$$\left. \begin{aligned} b &= \sigma_c(o+f)S_c(b+o:o+f) - \sigma_s(o+f)S_s(b+o:o+f) \\ o &= \sigma_c(o+f)S_s(b+o:o+f) + \sigma_s(o+f)S_c(b+o:o+f) \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.12)$$

従って、(1.4.12)式より吹出しの強さ $\sigma_c, \sigma_s$ を決定すると、

$$\sigma_c(o+f) = \frac{b \cdot S_c(b+o:o+f)}{S_c^2(b+o:o+f) + S_s^2(b+o:o+f)} \times Z_{oweb} \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.13)$$

$$\sigma_s(o+f) = \frac{-b \cdot S_s(b+o:o+f)}{S_c^2(b+o:o+f) + S_s^2(b+o:o+f)} \times Z_{oweb}$$

(1.4.5)式より、

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_s^2} \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.14)$$

であるから、吹出しによって起る進行波と船体断面の上下動との振幅比 $A$ を厳密解 $A_H$ と合うようにすれば、

$$\frac{\sigma_t}{Z_{oweb}} = \frac{A_H}{2\pi\xi_B} e^{\xi_B f/b} \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.15)$$

従つて、

$$f/b = \frac{1}{\xi_B} \log_e \frac{2\pi\xi_B \sigma_t}{A_H (Z_{oweb})} \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.16)$$

(1.4.13)式、(1.4.14)式および(1.4.16)式より $\sigma_c, \sigma_s, f$ を求めることができる。

### (3) 丸尾近似の修正

i) 吹出しの強さに対する振幅修正:  $A_0$

(1.4.14)式で得られる $\sigma_t$ と、丸尾近似による $\sigma_M$ との比を $A_0$ とすれば、振幅修正 $A_0$ は、

$$A_0 = \frac{\sigma_t}{Z_{oweb}} \cdot \pi \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.17)$$

$$\therefore \sigma_t = A_0 \cdot \sigma_M \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.18)$$

ii) 吹出しの位置に対する位置修正:  $\mu$

(1.4.16)式で得られる $f$ と、丸尾近似による $f_M$ より、位置修正 $\mu$ は、

$$\mu = f/f_M = f/\tau d \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.19)$$

$$\therefore f = \mu \cdot f_M = \mu \tau d \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.20)$$

この $\mu$ は(1.4.16)式を $\tau d$ で除して得られ、

$$\mu = \frac{H_0}{\xi_B \cdot \tau} \log_e \frac{2\pi\xi_B \sigma_t}{A_H (Z_{oweb})} \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.21)$$

iii) 吹出しの強さの上下動に対する位相修正:  $\delta$

(1.4.5)式より、位相修正 $\delta$ は、

$$\delta = \tan^{-1}(\sigma_s/\sigma_c) \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.22)$$

によって求められる。

### 1.4.3 抵抗増加の修正計算

抵抗増加の計算に用いられる、吹出し分布と船体運動の関係式としては、花岡<sup>(11)</sup>の理論的考察に基づいて出された藤井<sup>(12)</sup>の式を用いる。そこで、1.4.2で求めた修正係数 $A_0, \mu, \delta$ を用いると、丸尾のH関数が、

$$H(m) = \int_L A_0 (\omega e + V_m) \{ Z_0 e^{i(\delta_1 + \delta)} + z \theta_0 e^{i(\delta_2 + \delta)} + C_a e^{-K \tau d + i(Kz + \delta)} \}$$

$$\times b \exp[-\mu \tau d (m - x_0 \Omega)^2 / \kappa_0 + i m z] dz \quad \dots \dots \dots \quad (1.4.23)$$

と書き改められる。ただし、

$V$  : 細速

$Z_0$  : 上下動振幅

$\theta_0$  : 継揺れ振幅

$\delta_1 = -\varepsilon Z_0$

$\delta_2 = -\frac{\pi}{2} - \varepsilon \theta$

$\zeta_a$  : 正面規則波の振幅

$\kappa_0 = gL / 2V^2$

$\Omega = V \omega_e / g$

(1.4.2.3) 式を抵抗増加計算式<sup>(7)</sup>

$$R_{AW} = 16\pi \frac{\rho}{L} \left[ -\int_{-\infty}^{K'} + \int_{K_1}^{\infty} \right] \frac{(\omega + \omega_1)^2 (\pi + K_1)}{\sqrt{(\omega + \omega_1)^4 - \kappa_0^2 \pi^2}} |H(m)|^2 dm \quad \dots \quad (1.4.2.4)$$

ただし、 $\omega_1 = \omega_e L / 2V$

$$K' = \frac{1}{2} (\kappa_0 + 2\omega_1 + \sqrt{\kappa_0^2 + 4\kappa_0\omega_1})$$

$$K_1 = \pi L / \lambda$$

$L$  = 船長

$\lambda$  = 波長

に代入して抵抗増加を求める。

#### 1.4.4 計算結果

$\bar{A}$  の厳密解  $\bar{A}_H$  と、丸尾近似による  $\bar{A}_M$  との比  $\bar{A}_H / \bar{A}_M$  を  $\xi_d$  一ベースにして図 1.4.1 に示す。船体断面としてルイス断面を仮定した場合の各修正係数  $A_0$ 、 $\mu$ 、 $\delta$  の計算例をそれぞれ、図 1.4.2、図 1.4.3 および図 1.4.4 に示す。

今回の改良方法による抵抗増加を、無次元抵抗増加係数  $K_w$ <sup>(7)</sup> の形で波長/船長比 ( $\lambda/L$ ) をベースにして、図 1.4.5 に示した。また同図に昨年度計算を行なった丸尾の方法による計算結果<sup>(7)</sup> と水槽実験結果<sup>(10)</sup> および、藤井の式による Original を計算結果を示す。ただし、昨年度報告の計算結果は、 $F_n = 0.2$  の場合であり、今回の計算及び実験結果は  $F_n = 0.275$  である。

図より明らかなように、丸尾近似を基礎にすると、その修正係数は、 $\xi_d$  の大きい部分、即ち波長の短い部分で大きくなる。これらの修正を行なうと図 1.4.5 より明らかな如く、波長の短い部分での差は改善されることが判明した。

斜め規則波中においても、1.4.2 で述べた方法と同様の方法で孤立特異点表示が求められるので、その特異点を船長方向に分布させて抵抗増加を計算できる。この計算は、46 年度に実施する。

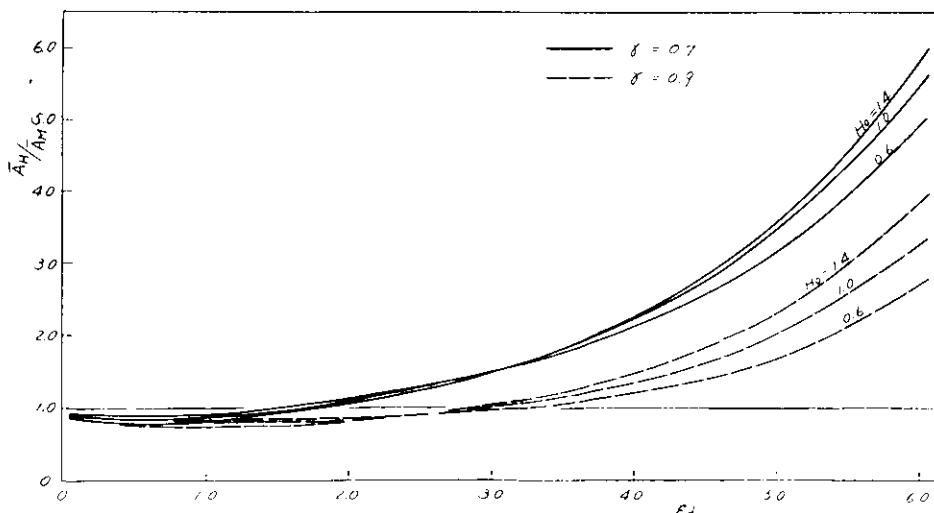


図 1.4.1 丸尾近似による  $\bar{A}$  の誤差

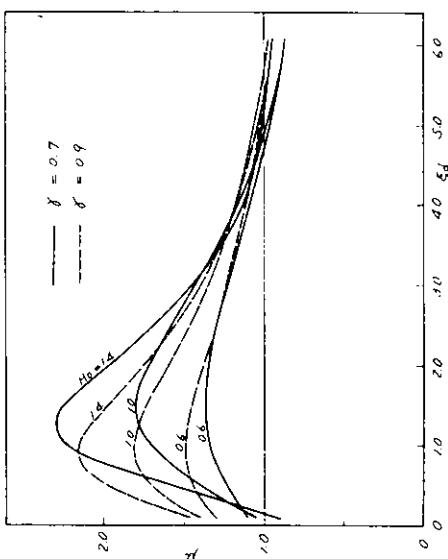


図 1.4.1 位置修正  $\mu$

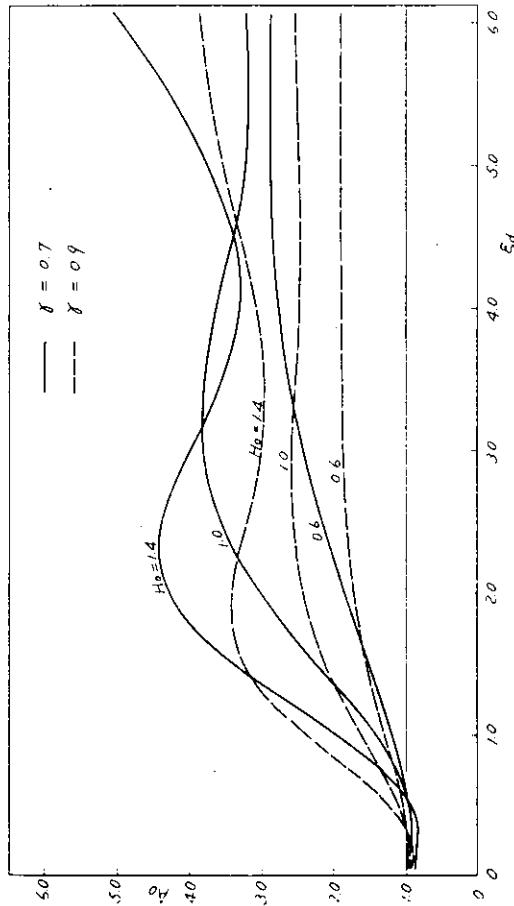


図 1.4.2 振幅修正  $A_0$

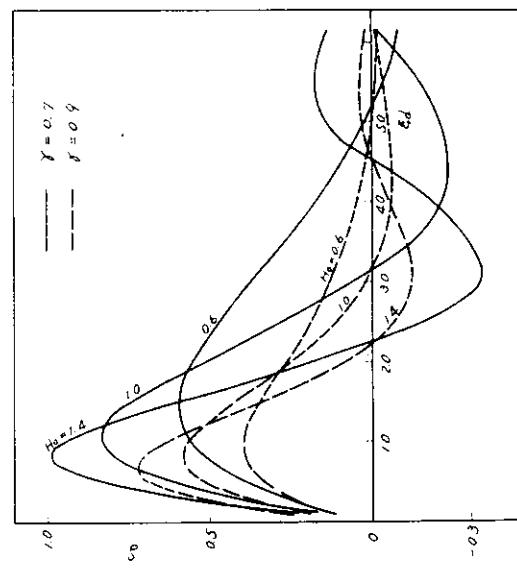


図 1.4.3 位相修正  $\delta$

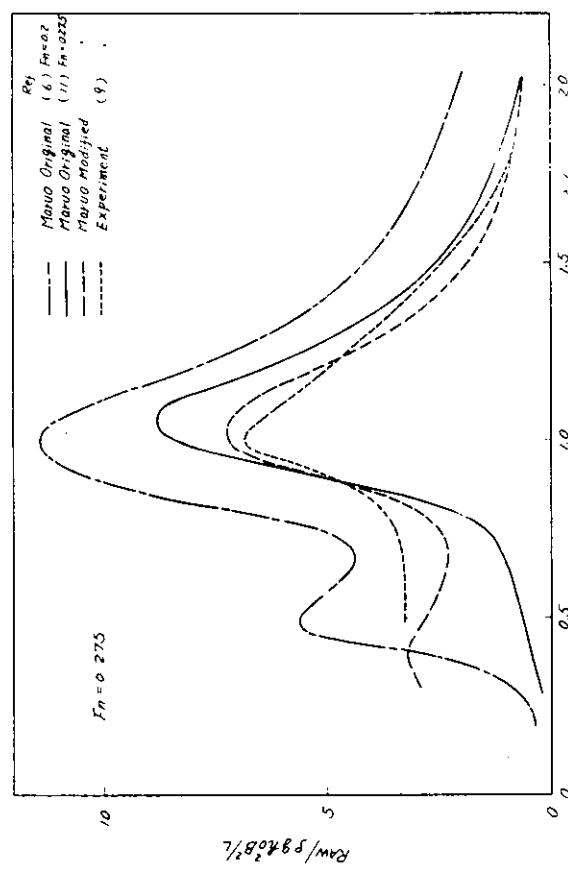


図 1.4.4 無次元抵抗增加係数  
 $Rn=0.275$

## 1.5 耐航性能に関する短期分布

前年度得られた応答関数を用いて長波頂及び短波頂不規則波中における船体応答の有義値と、それら船体応答に伴なう諸現象（海水打込み、スラミング、プロペラレーシング）の発生確率を福田<sup>(13)</sup>の方法によって計算した。

### 1.5.1 計 算 式

#### (1) 船体応答の短期分布

船体応答の短期のパラメーターとしての標準偏差  $R_s$  は、St. Denis, Pierson<sup>(14)</sup> が提案した線型重畠法によって波スペクトルと規則波中の応答関数を用いて(1.5.1)、(1.5.2)式で求められる。

波スペクトルとしては I.S.S.C. で提案された Modified Pierson - Moskowitz 型のものを用いた。即ち海面状態を有義波高  $H_{1/3}$  と平均波周期  $T$  で表わしている。

$$[R_L(\chi)]^2 = \int_0^\infty [f(\omega)]^2 [A(\omega, \chi)]^2 d\omega \quad \dots \quad (1.5.1)$$

$$[R_s(\chi)]^2 = \frac{2}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_0^\infty [f(\omega)]^2 [A(\omega, \chi - \chi_\omega)]^2 \cos^2 \chi_\omega d\omega d\chi_\omega \dots \quad (1.5.2)$$

$$[f(\omega)]^2 = 0.11 H_{1/3}^2 \omega_1^{-1} (\omega/\omega_1)^{-5} \exp[-0.44(\omega/\omega_1)^{-4}] \dots \quad (1.5.3)$$

$$\omega_1 = 2\pi/T$$

ここで、

$P(\chi), [P(\chi)]^2$  : 船体応答の標準偏差、分散

(1.5.1)、(1.5.2)式中の添字 L, S は長波頂不規則波、短波頂不規則波を示す

$\omega$  : 波の円周波数

$\chi$  : 船の針路と波の平均進行方向となす角

$\chi_\omega$  : 素成波の進行方向と波の平均進行方向とのなす角

$[A(\omega, \chi)]^2, [A(\omega, \chi - \chi_\omega)]^2$  : 規則波中の船体応答関数

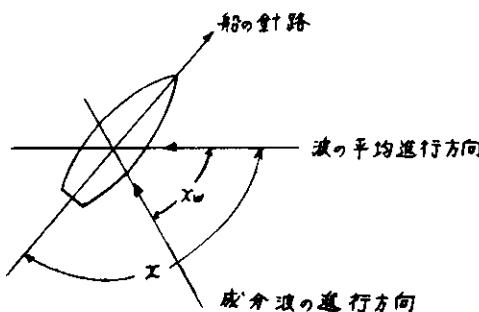


図 1.5.1  $\chi$  と  $\chi_\omega$  の違い

#### (2) 船体応答に伴なう諸現象

船首部及び船尾の波面に対する相対運動等の標準偏差が求まると、船体応答に伴なう諸現象の発生確率が計算できる。

ただし、ここでは、相対運動は上下揺れ、縦揺れの縦運動から求めたもので横揺れの影響は無視している。

##### (a) 海水打込み

船がある短期の波浪海面を一定速度で、波に対して一定の針路で航走しているとき、海水打込みの起きる確率（海水打込みの起きる回数と船の波に対する出会い回数との比）は

$$\varepsilon_s = \varepsilon (Zr > f) = \exp(-f^{-2}/2 R Zr^2) \dots \quad (1.5.4)$$

ここで  $Z_r$ 、 $RZ_r$ : 船首の波面に対する相対運動とその標準偏差

$f$  : 船首乾舷

(b) スラミング

船首船底部に激しいスラミング衝撃が発生する確率は

$$\pi_{sl} = \exp \left\{ - \frac{df^2}{2RZ_r^2} - \frac{v_{cr}^2}{2Rv_r^2} \right\} \quad (1.5.5)$$

ただし

$RZ_r$ 、 $Rv_r$ : 船首の波面に対する相対運動及び相対速度の標準偏差

$df$  : 船首吃水

$v_{cr}$  : 激しいスラミング衝撃発生の限界に相当する船底と波面の衝突時の相対速度で、今の場合  $v_{cr} = 0.1\sqrt{gL}$  と仮定した。

(c) プロペラレーシング

プロペラ翼の上端より  $D/3$  以上が氷面上に露出したとき激しいレーシングを起こすと仮定するとプロペラレーシングの発生確率は

$$\pi_{pr} = \exp \left\{ - \frac{d_p^2}{2RZ_r'^2} \right\} \quad (1.5.6)$$

ただし

$RZ_r'$  : 船尾の波面に対する相対運動の標準偏差

$d_p$  : 静水面よりプロペラ翼上端までの吃水とプロペラ直径の  $1/3$  の和

## 1.5.2 計算状態

(1) 船体応答の短期分布

1.5.1 の計算式を用いて表 1.5.1 のごとく船と波との出合角度、船速、平均波周期を変えて長波頂及び短波頂不規則波中の船体応答の標準偏差を求めた。ここで計算した船体応答は上下揺れ、縦揺れ、横揺れ、重心及び F.P. における上下加速度、重心位置における横加速度である。

表 1.5.1

船と波との出合角度 $\chi$ (degree)	$0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ $180^\circ$
船速 $F_n$ $V_s$ (kts)	$0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3$ $0, 4.0, 8.1, 12.1, 16.1, 20.1, 24.2$
平均波周期 $T$ (sec)	$4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18$

(2) 船体応答に伴なう諸現象

海水打込み、スラミングの発生確率の計算に必要な相対運動の標準偏差は S.S. 9 における値を用いた。

この位置における吃水、乾舷はそれぞれ  $df = 8.1 m$ 、 $f = 1.07 m$  である。

プロペラレーシングの発生確率は A.P. における相対運動の標準偏差を使って計算した。ここで、プロペラ直径は  $6.5 m$  である。

船速は  $F_n = 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3$  の 5 状態とした。

### 1.5.3 計算結果

#### (1) 船体応答の短期分布

計算結果は、単位波高に対する船体応答の有義値（両振幅）で表示した。

すなわち、

$$\begin{aligned}
 \text{上 下 摆 れ} &: 2 \int_{-\infty}^{\infty} Z_{0,1/3} / H_{1/3} \\
 \text{縦 摆 れ} &: 2 \int_{-\infty}^{\infty} \theta_{0,1/3} / H_{1/3} \\
 \text{横 摆 れ} &: 2 \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{0,1/3} / H_{1/3} \\
 \text{重心における上下加速度} &: 2 \int_{-\infty}^{\infty} \ddot{Z}_{C,G,1/3} / g H_{1/3} \\
 \text{F.P.における上下加速度} &: 2 \int_{-\infty}^{\infty} \ddot{Z}_{F,P,1/3} / g H_{1/3} \\
 \text{重心における横加速度} &: 2 \int_{-\infty}^{\infty} \ddot{\varphi}_{C,C,1/3} / g H_{1/3}
 \end{aligned}$$

また、計算結果は表 1.5.2 に示すように、それぞれ、横軸に平均波周期、船速、出合角をとりそれらの影響を調べた。ただし、ここでは長波頂不規則波中の船体応答だけを整理し、短波頂不規則波中におけるものとの差異は図 1.5.2 (a)(b)(c)～図 1.5.2 (a)(b)(c)において数例について比較した。

図 1.5.2 6 ～図 1.5.3 0 は長波頂不規則波中の船体応答の等高線図で、半径方向に平均波周期 T、偏角として出合角度 X をとって表わしたものである。

表 1.5.2

		平均波周期	船速	出合角
船 体 運 動	上 下 摆 れ	図 1.5.2 (a)(b)(c)	図 1.5.3 (a)(b)(c)	図 1.5.4 (a)(b)(c)
	縦 摆 れ	図 1.5.5 (a)(b)(c)	図 1.5.6 (a)(b)(c)	図 1.5.7 (a)(b)(c)
	横 摆 れ	図 1.5.8 (a)(b)(c)	図 1.5.9 (a)(b)(c) (d)(e)(g)	図 1.5.10 (a)(b)(c) (d)(e)(g)
加 速 度	重心における上下加速度	図 1.5.11 (a)(b)(c)	図 1.5.12 (a)(b)(c)	図 1.5.13 (a)(b)(c)
	F.P.における上下加速度	図 1.5.14 (a)(b)(c)	図 1.5.15 (a)(b)(c)	図 1.5.16 (a)(b)(c)
	重心における横加速度	図 1.5.17 (a)(b)(c)	図 1.5.18 (a)(b)(c)	図 1.5.19 (a)(b)(c)

#### (2) 船体応答に伴なう諸現象

図 1.5.3 1 (a)(b)(c)～図 1.5.3 3 (a)(b)(c) はそれぞれ S.S. 9 における海水打込み、スラミング及びプロペラレーシングの発生確率を船速 20 kts に対して表わしている。

図 1.5.3 4 (a)(b)(c)～図 1.5.3 7 (a)(b)(c) は一定の有義波高においてそれら諸現象の発生確率と船速の影響を調べたものである。

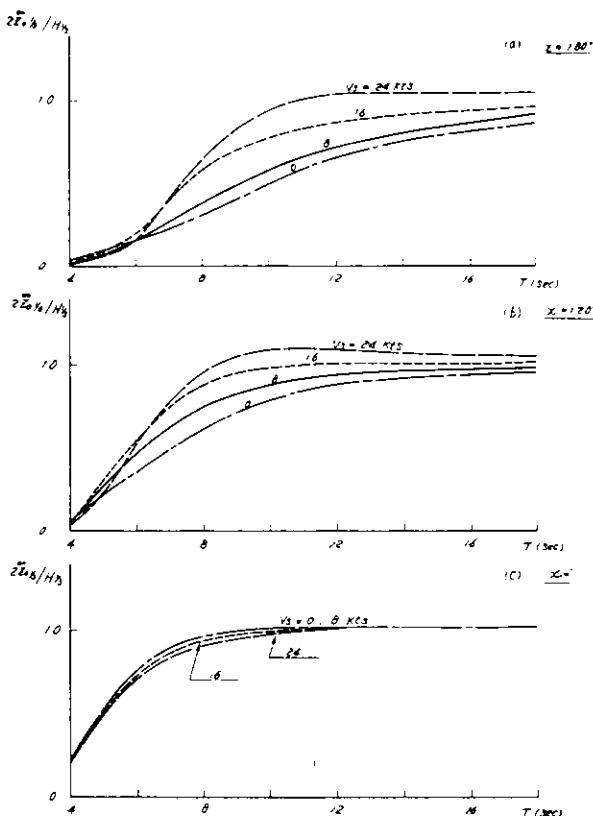


図 1.5.2 (a)(b)(c) Heave

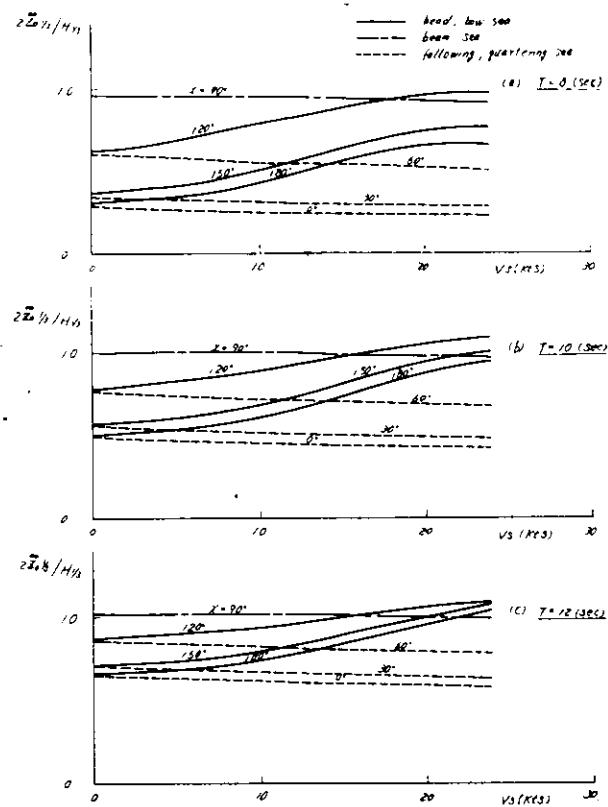


図 1.5.3 (a)(b)(c) Heave

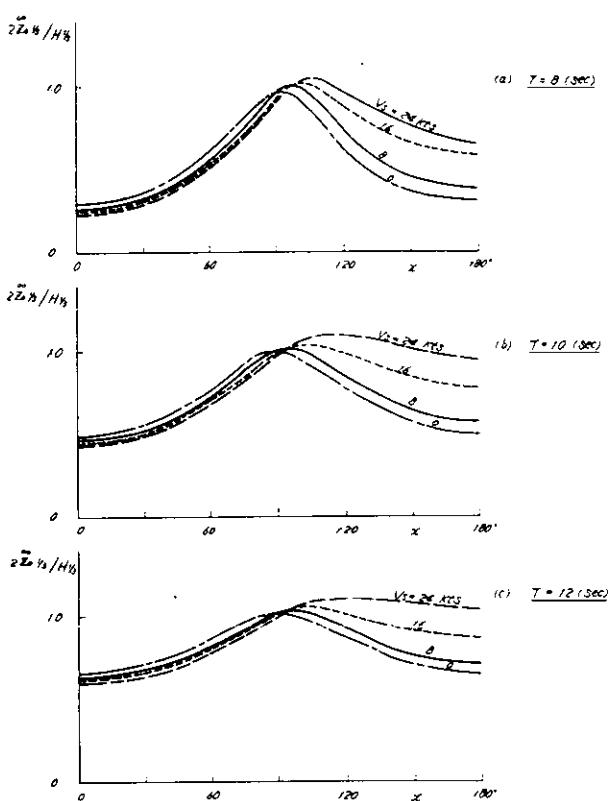


図 1.5.4 (a)(b)(c) Heave

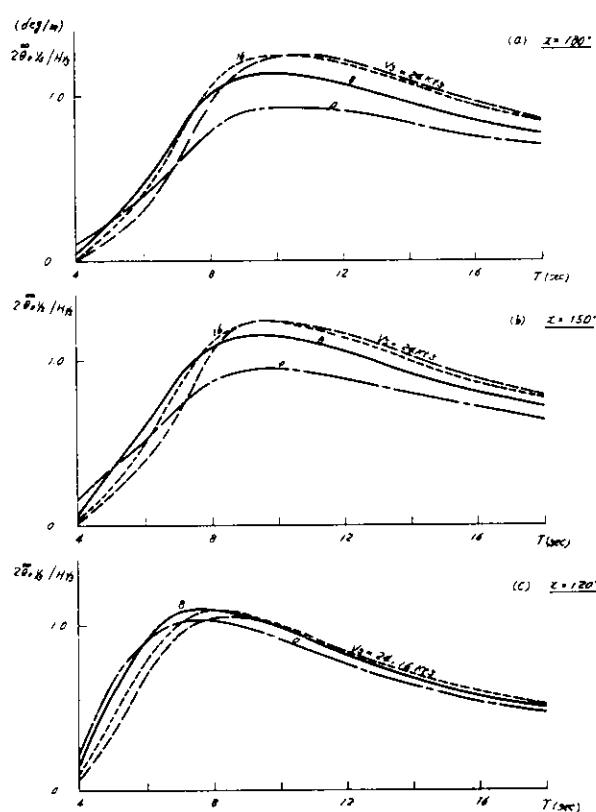


図 1.5.5 (a)(b)(c) Pitch

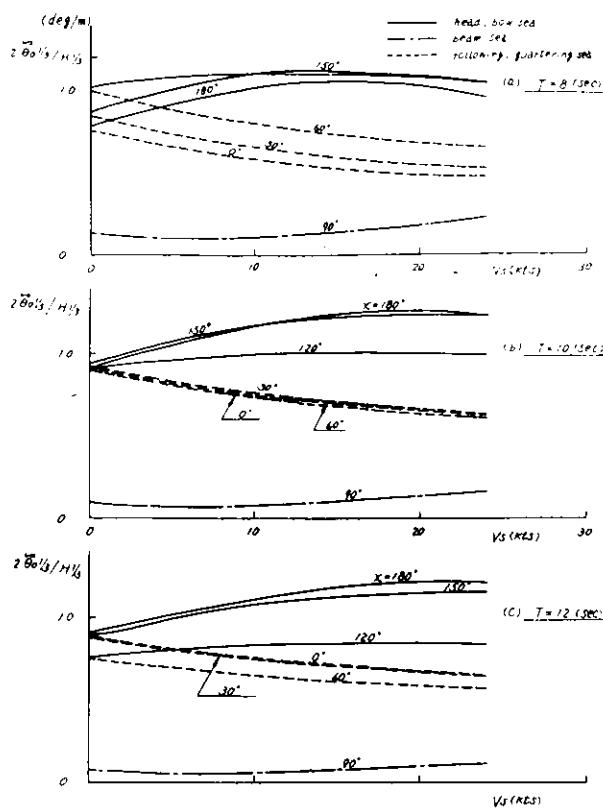


図 1.5.6 (a)(b)(c) Pitch

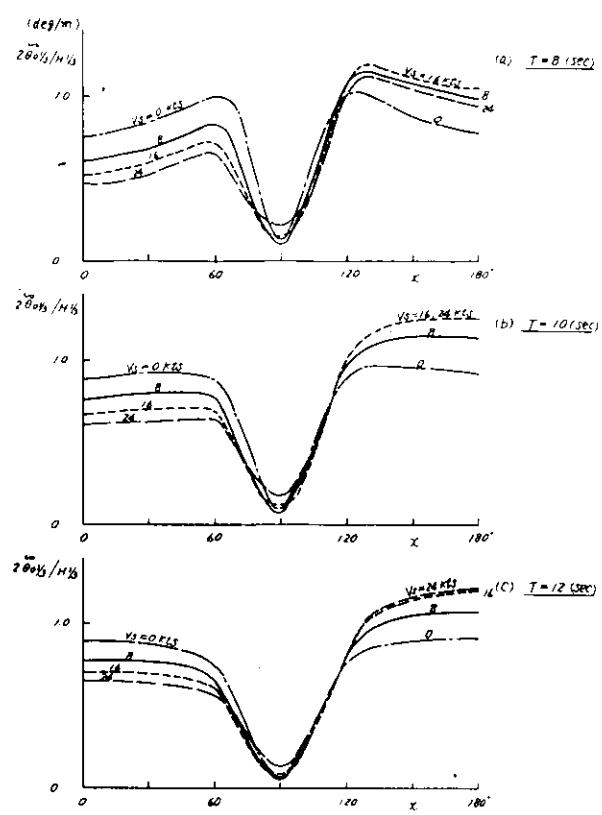


図 1.5.7 (a)(b)(c) Pitch

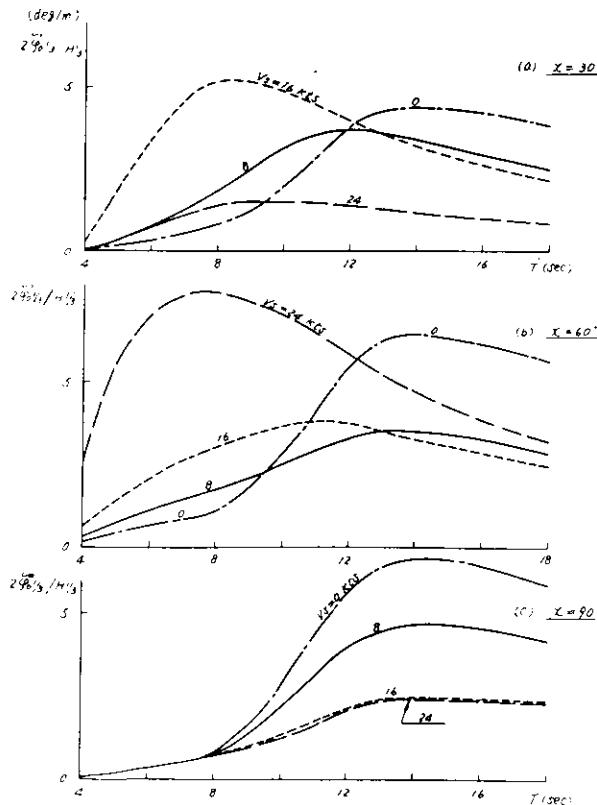


図 1.5.8 (a)(b)(c) Roll

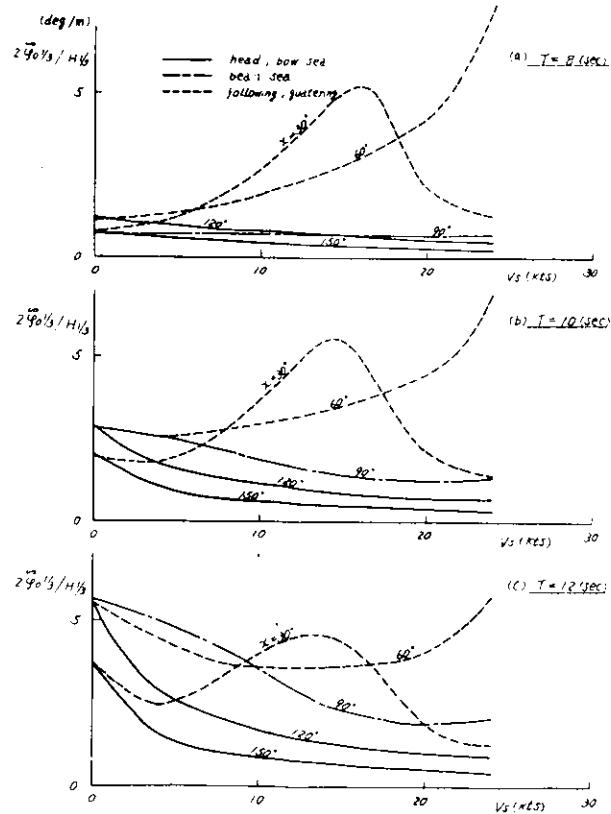


図 1.5.9 (a)(b)(c) Roll

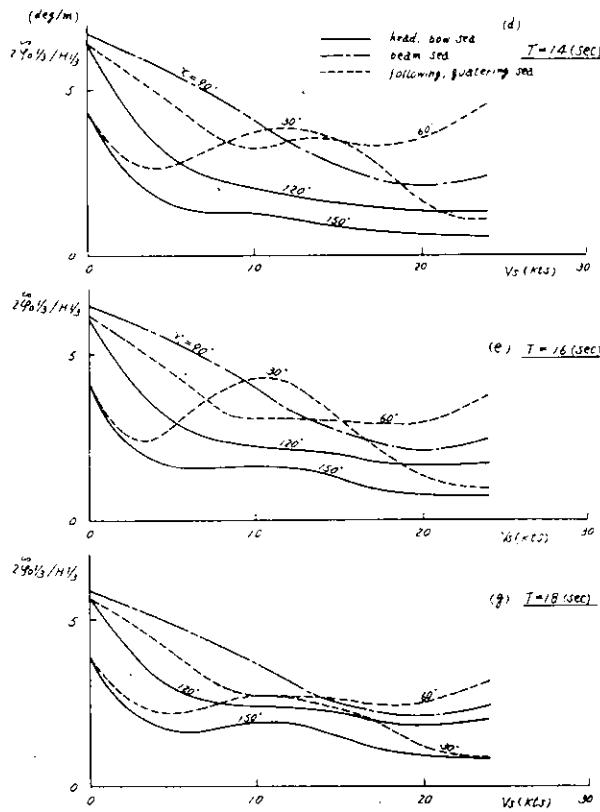


図 1.5.9 (d)(e)(g) Roll

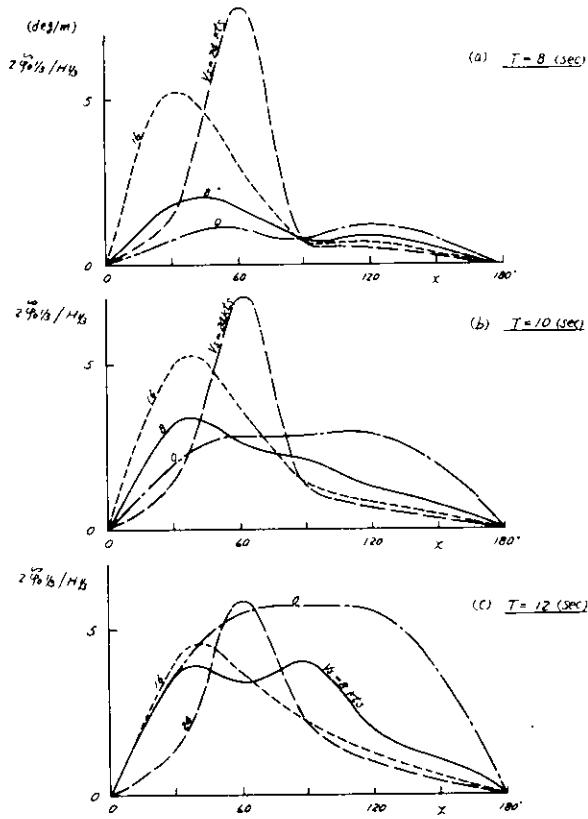


図 1.5.10 (a)(b)(c) Roll

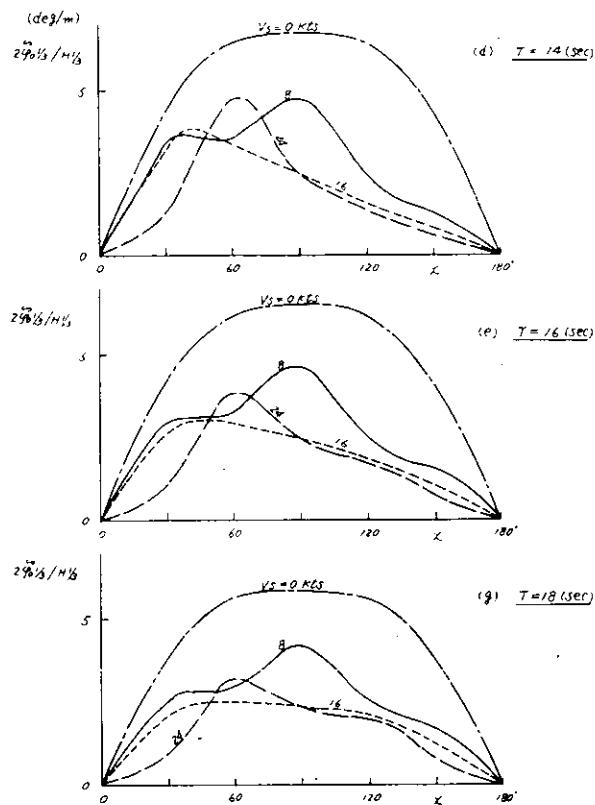


図 1.5.10 (d)(e)(g) Roll

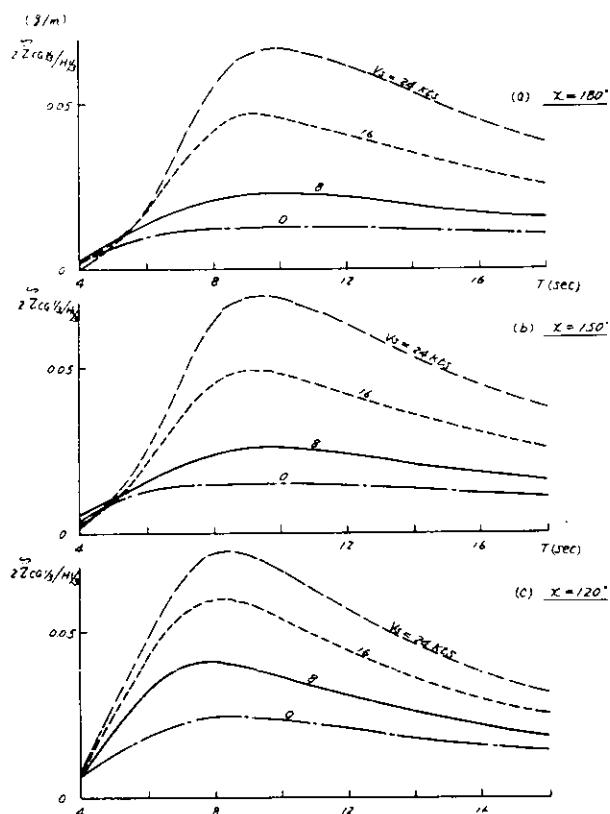


図 1.5.11 (a)(b)(c) V.Acc.at. C.G

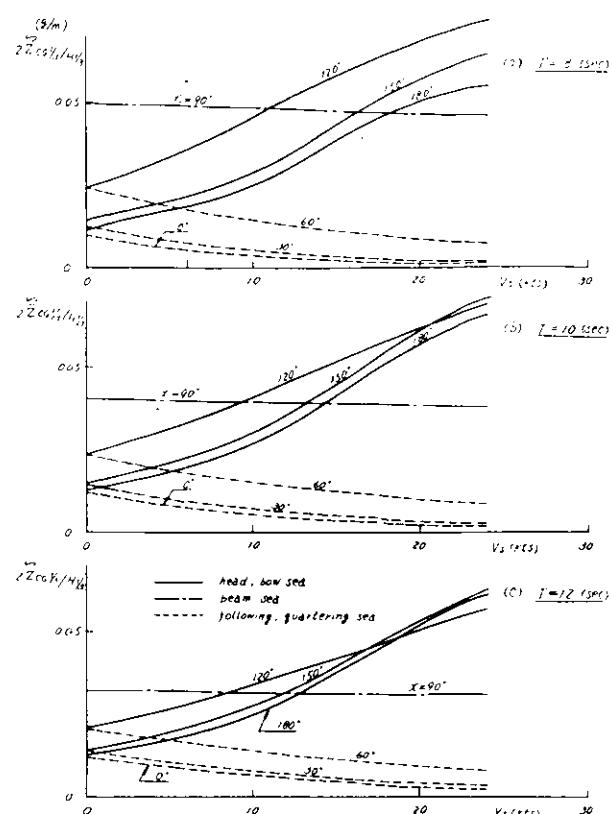


FIG.1.5.1.2 (a)(b)(c) V. Acc. at. C.G

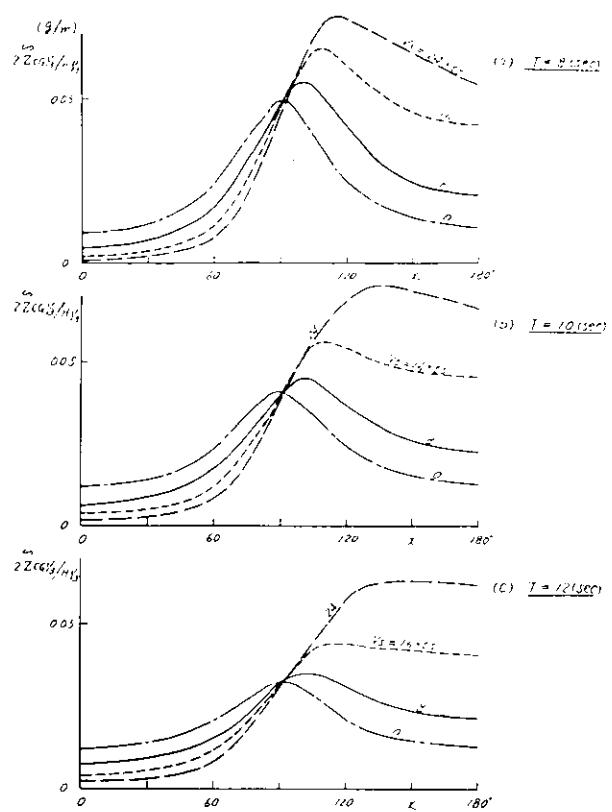


FIG.1.5.1.3 (a)(b)(c) V. Acc. at. C.G

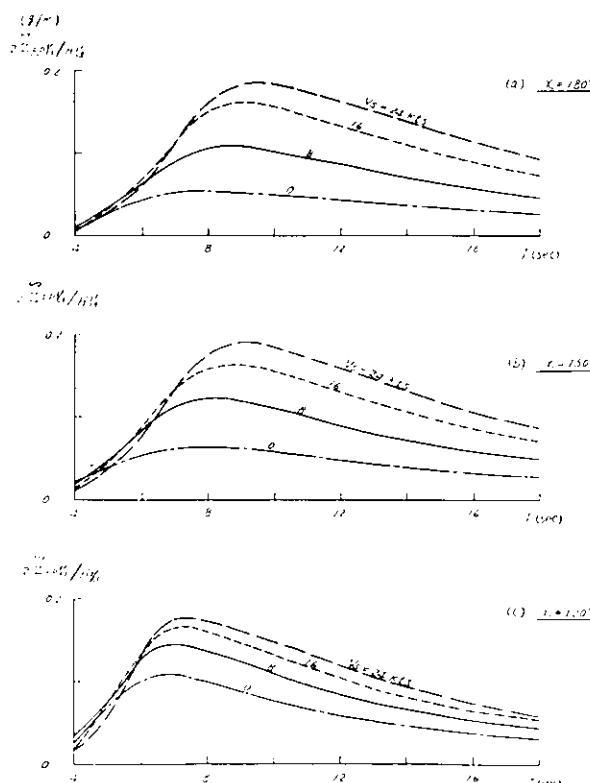


FIG.1.5.1.4 (a)(b)(c) V. Acc. at. P.P

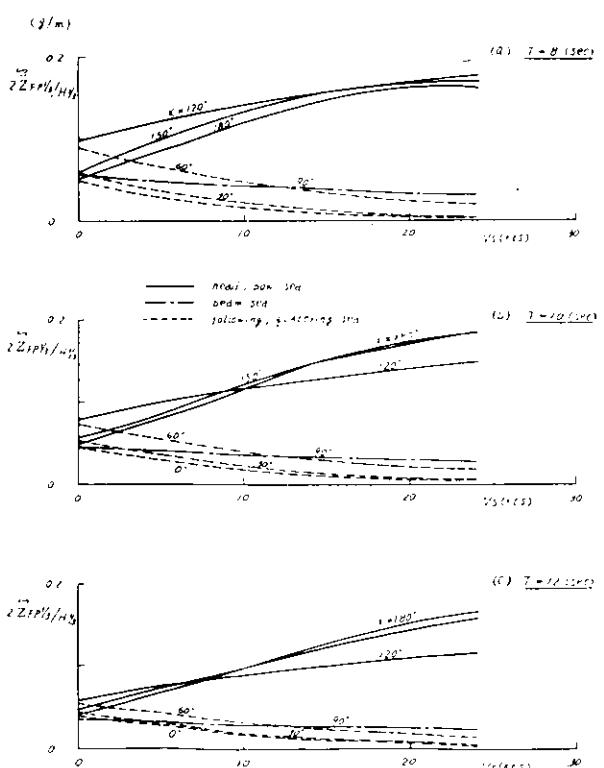


FIG.1.5.1.5 (a)(b)(c) V. Acc. at. P.P

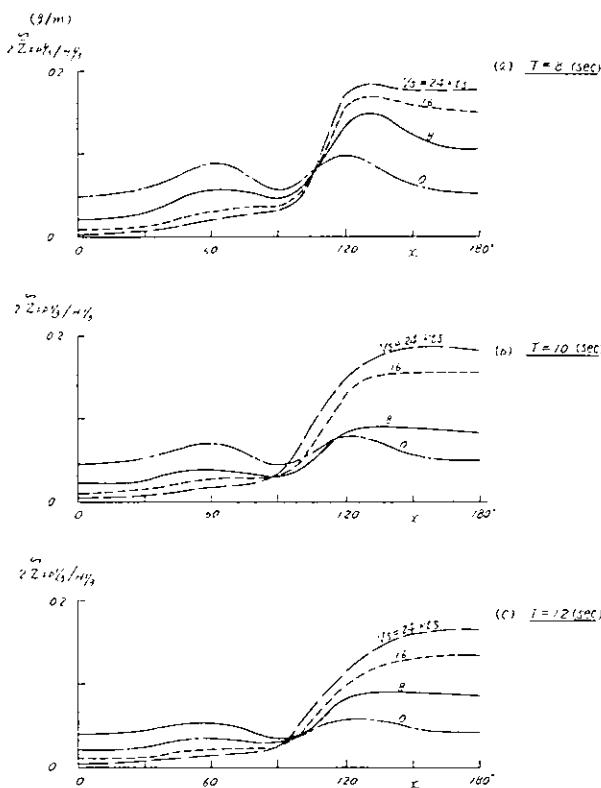


FIG.1.5.16 (a)(b)(c) V. Acc. at. P.P

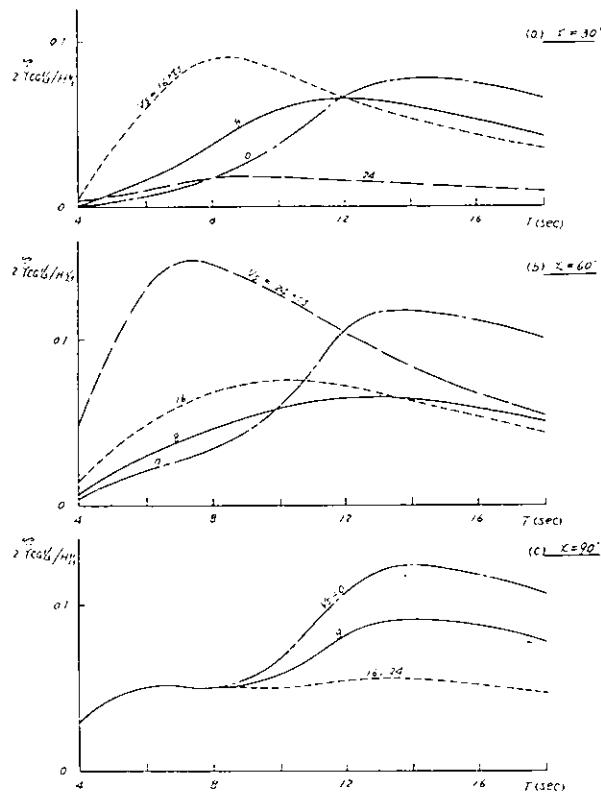


FIG.1.5.17 (a)(b)(c) L. Acc. at. C.G

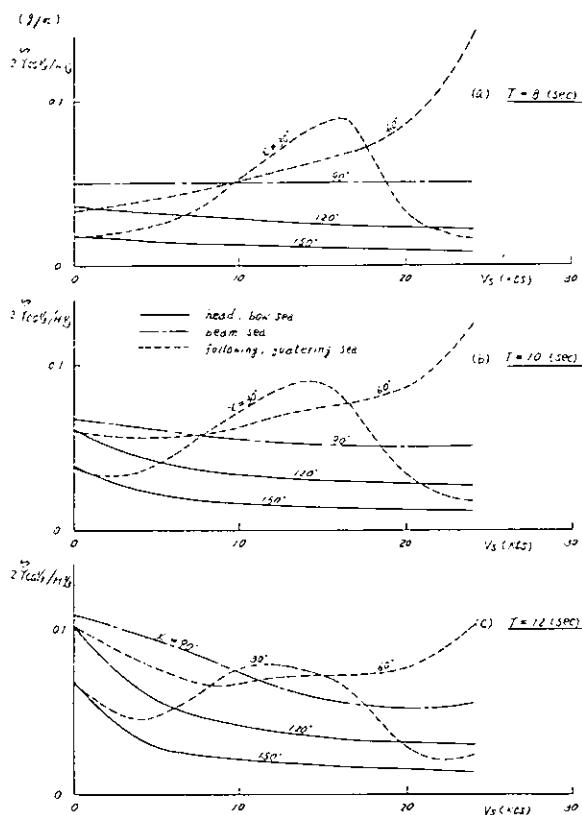


FIG.1.5.18 (a)(b)(c) L. Acc. at. C.G

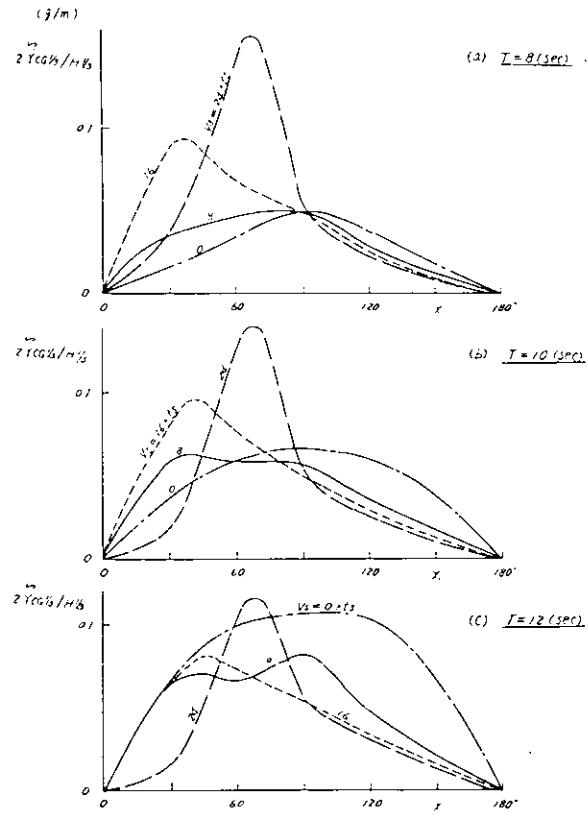


FIG.1.5.19 (a)(b)(c) L. Acc. at. C.G

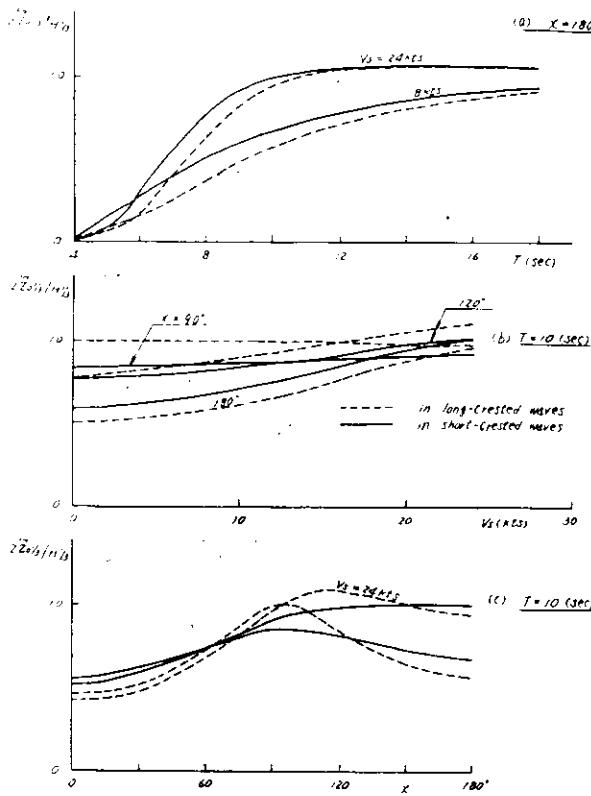


図1.5.20 (a)(b)(c) Heave

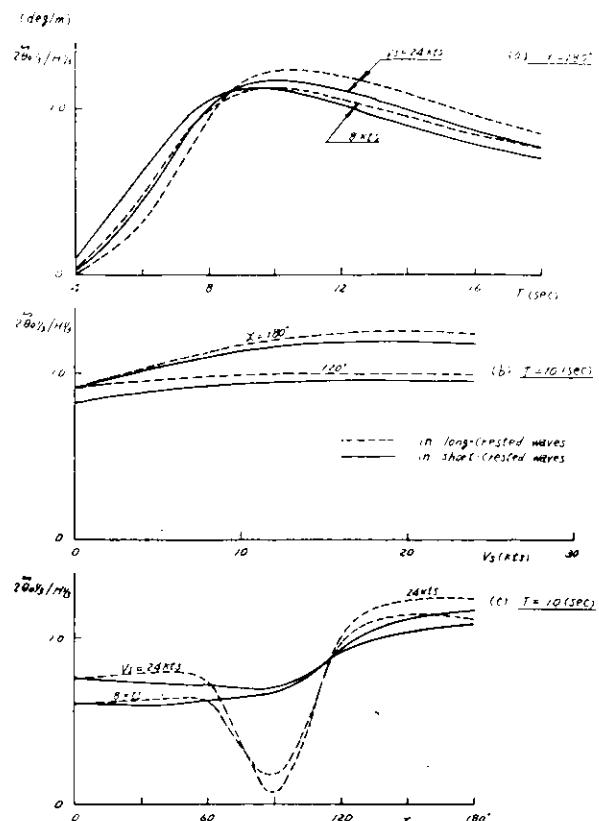


図1.5.21 (a)(b)(c) Pitch

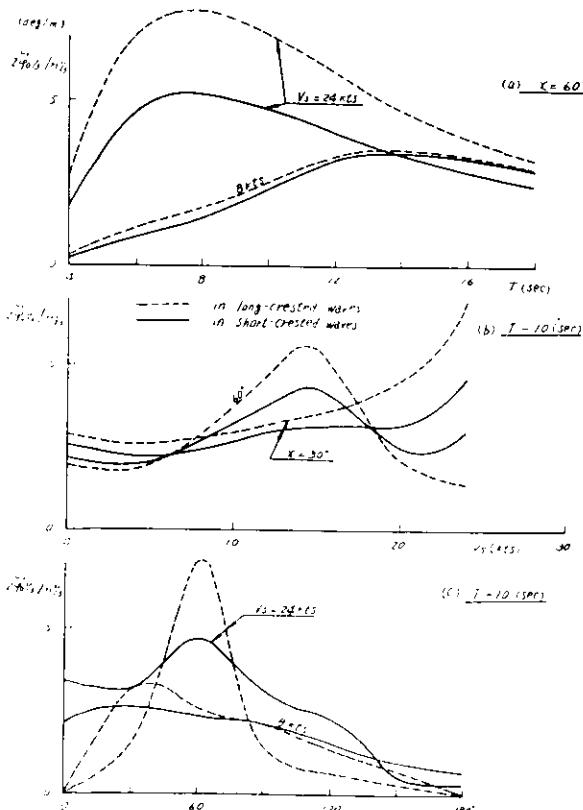


図1.5.22 (a)(b)(c) RO 11

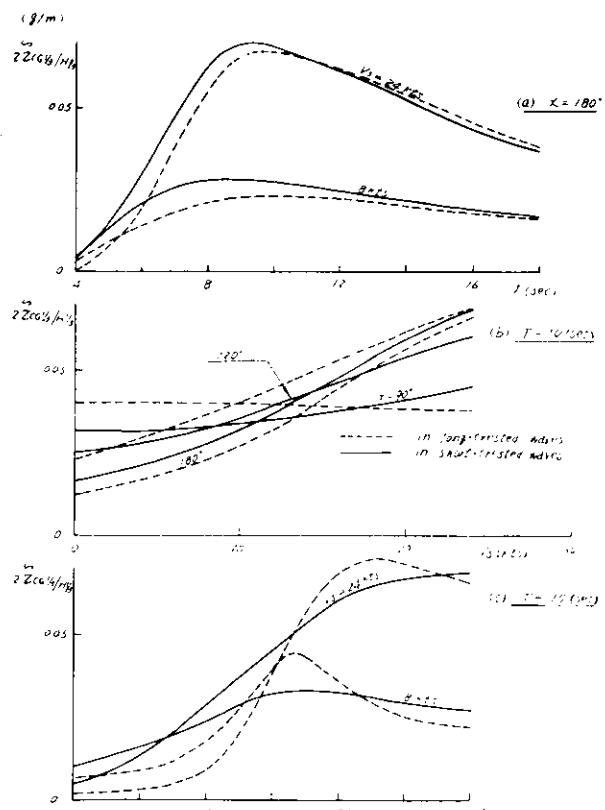


図1.5.23 (a)(b)(c) V. Acc. at. C.G

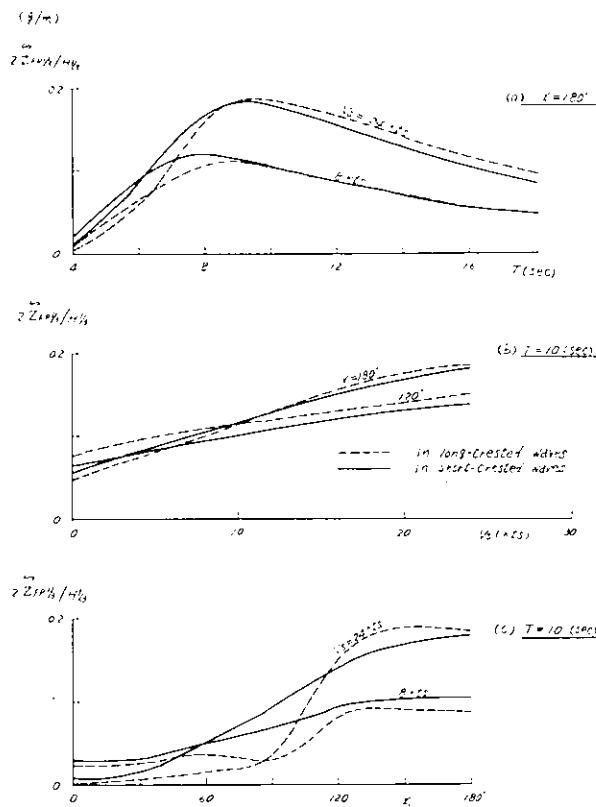


図1.5.24 (a)(b)(c) V. Acc. at. F.P

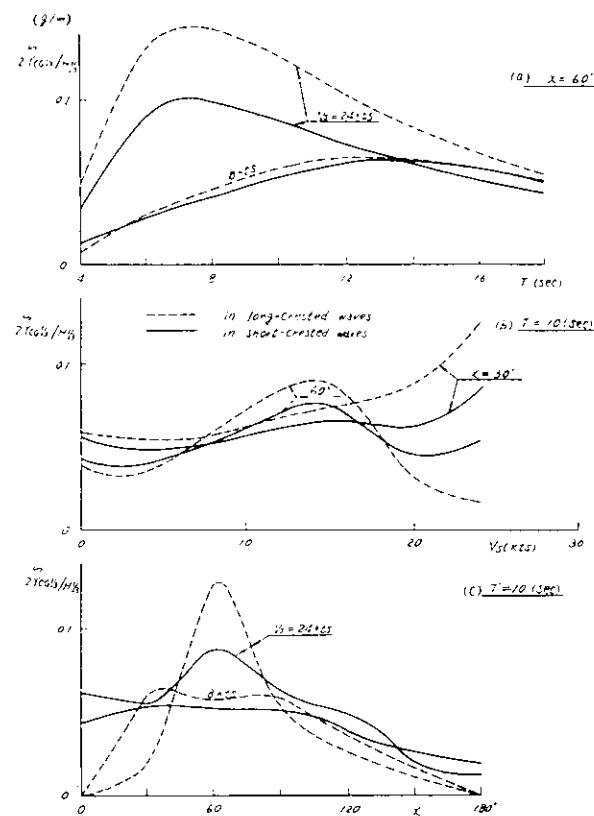


図1.5.25 (a)(b)(c) L. Acc. at. C.G

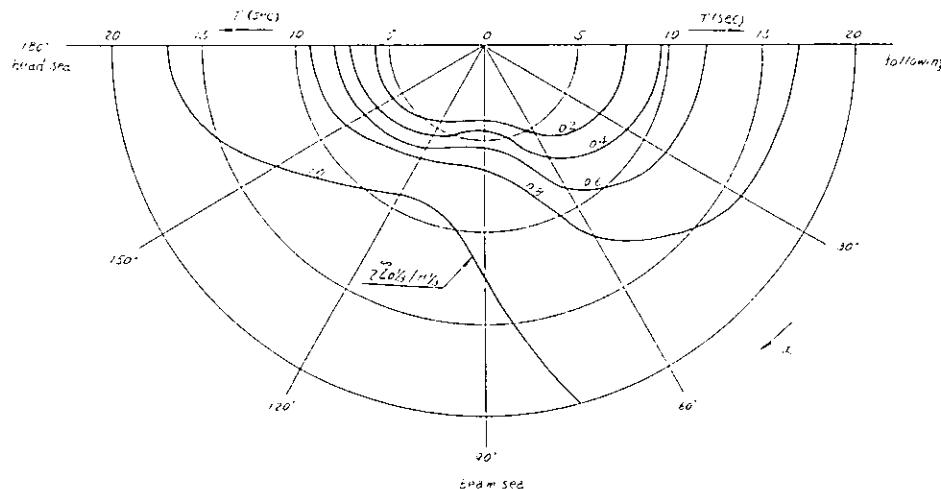


図1.5.26 Heave  $F_n = 0.25$

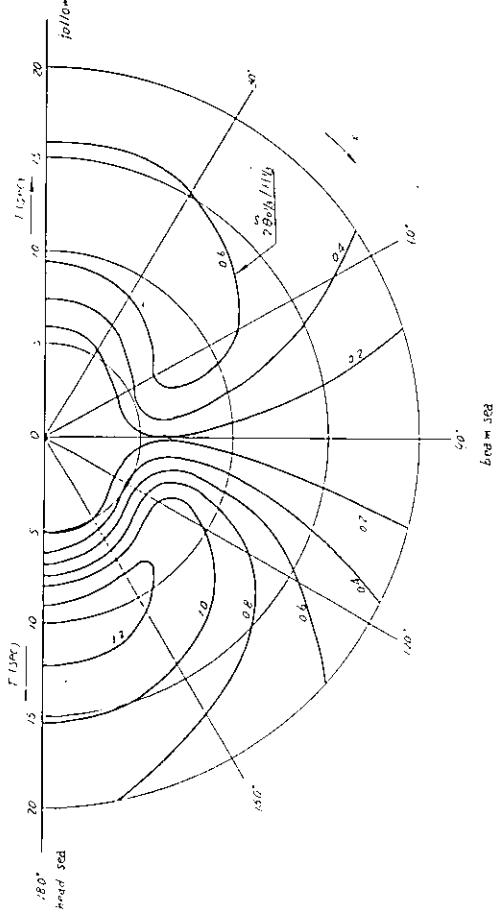


图 1.5.27 Pitch Fn=0.25

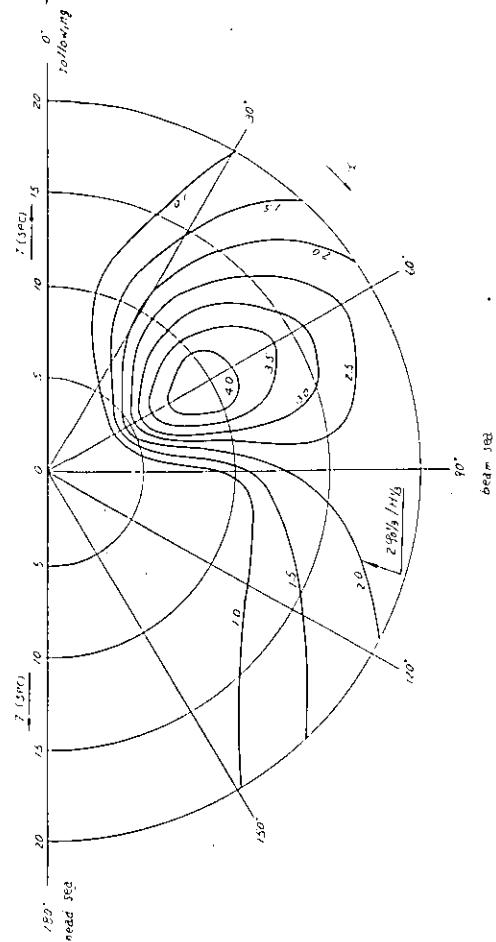


图 1.5.28 Roll Fn=0.25

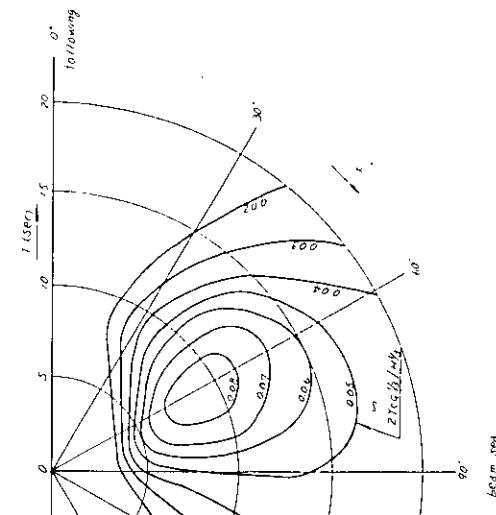


图 1.5.29 V. Acc. at C.G Fn=0.25

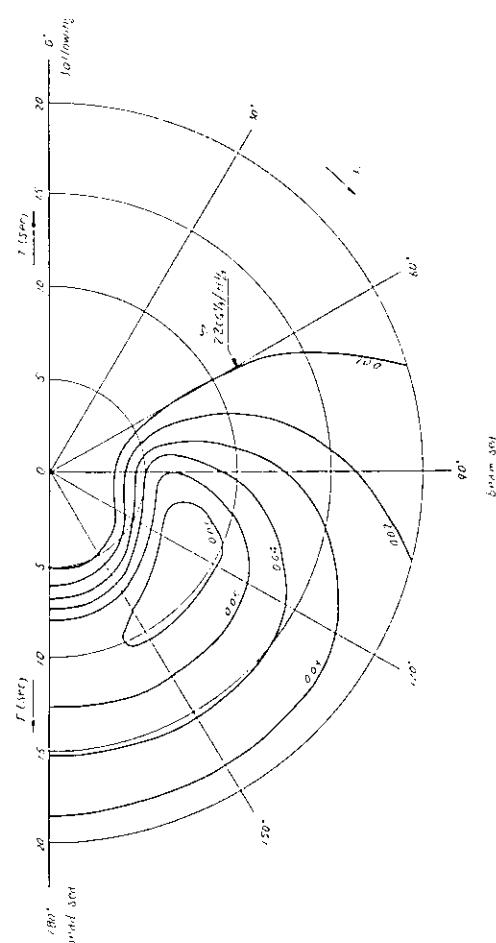


图 1.5.30 L. Acc. at C.G Fn=0.25

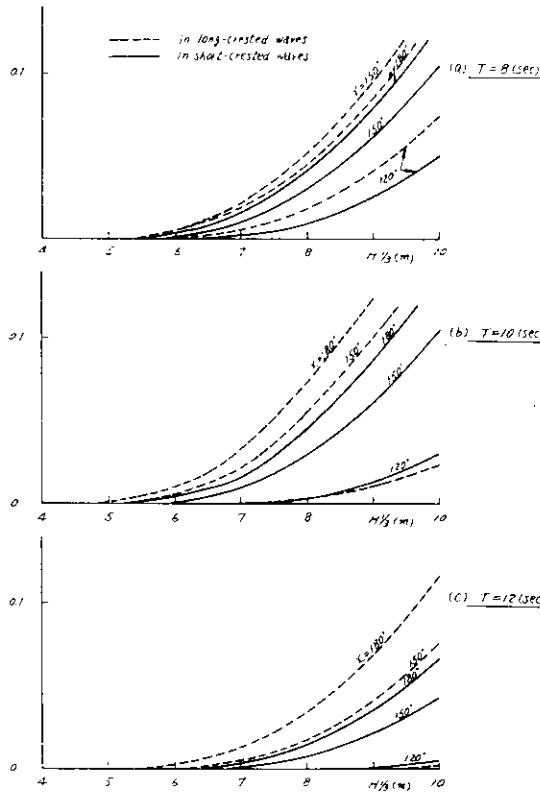


図1.5.3.1 (a)(b)(c)海水打込みの起きる確率：  
低船首樓 S.S.9、Vs=20 kts

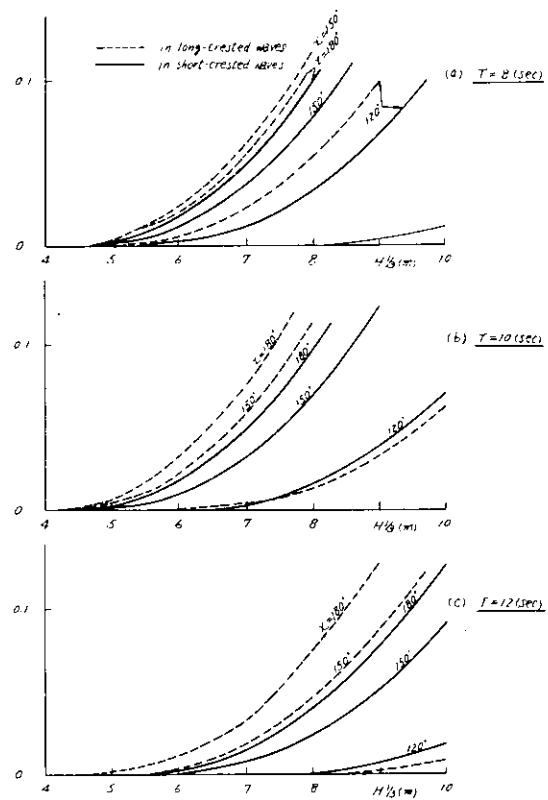


図1.5.3.2 (a)(b)(c)スラミングの発生確率：  
S.S.9 Vs=20 kts

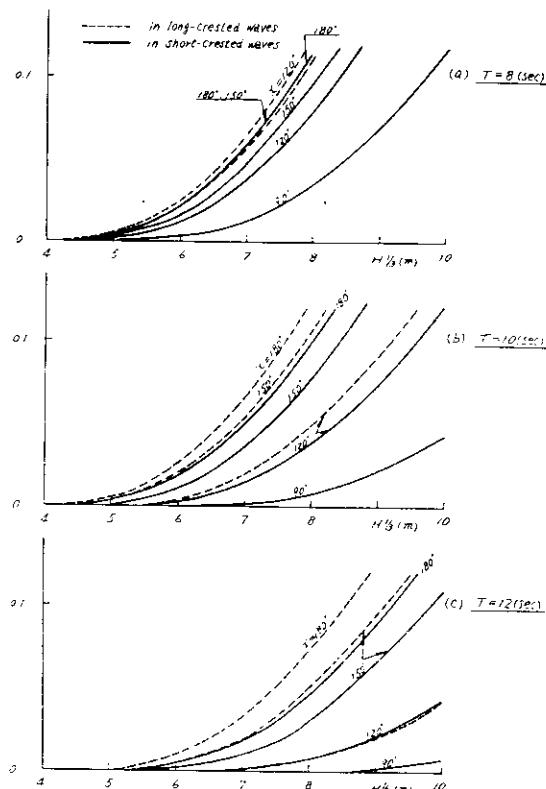


図1.5.3.3 (a)(b)(c)プロペラレーシングの発生確率：  
Vs=20 kts

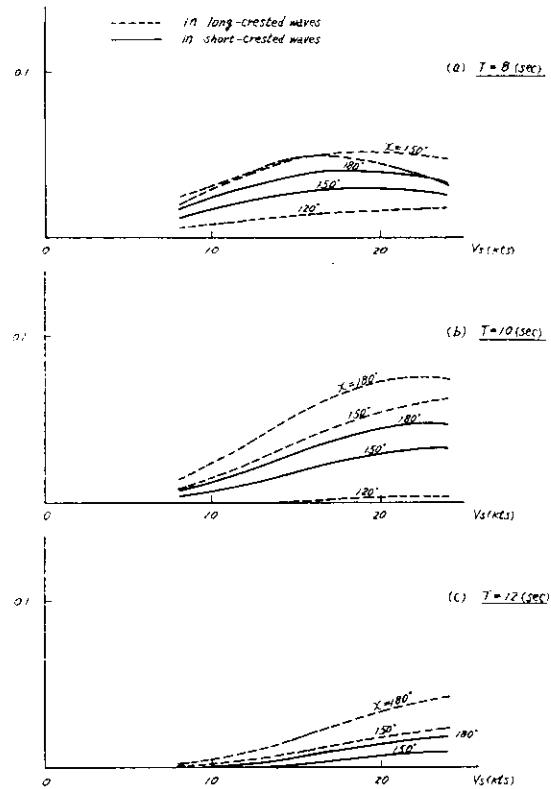


図1.5.3.4 (a)(b)(c)海水打込みの起きる確率：  
低船首樓 S.S.9 Hs/3 = 8 m

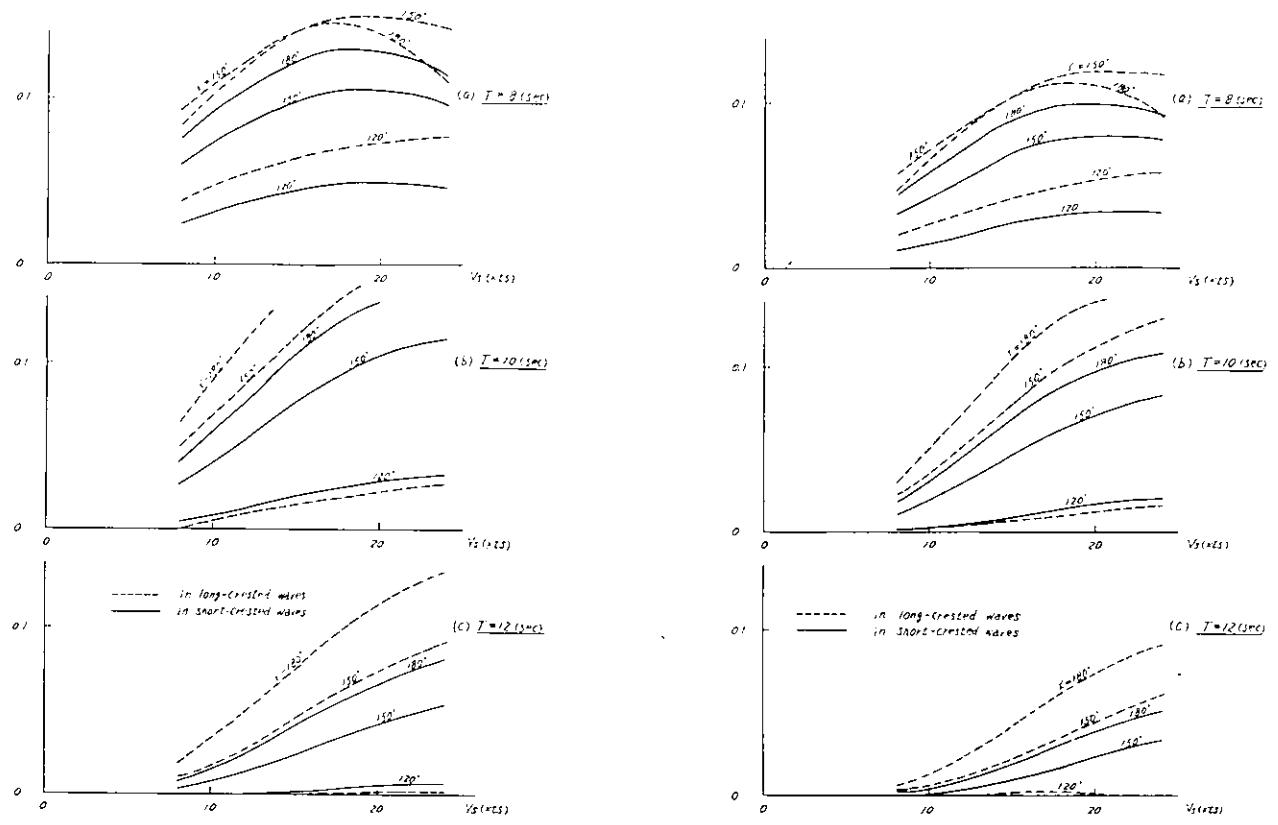


図1.5.3-5 (a)(b)(c)海水打込みの起きる確率：  
低船首楼 S.S. 9、 $H_{1/3} = 1.0\text{ m}$

図1.5.3-6 (a)(b)(c)スラミングの発生確率：  
S.S. 9、 $H_{1/3} = 8\text{ m}$

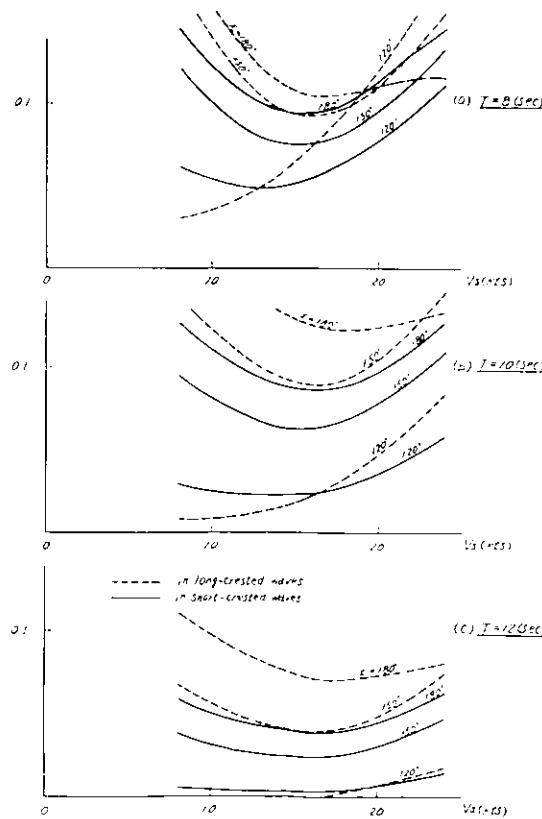


図1.5.3-7 (a)(b)(c)プロペラレーニングの発生確率：  
 $H_{1/3} = 8\text{ m}$

## 1.6 風の中の針路安定性

### 1.6.1 針路安定性について

大洋を航行中の船が安定した針路を保つことは非常に重要である。この針路安定性に関する要因として、

- a) 船の固有の針路安定性
- b) 風、波等による外力の影響
- c) オートパイロットによる保針能力

が考えられる。通常の航海中はオートパイロットを使用して、外乱あるいは場合によっては船固有の性質による針路の乱れを補償してやることにより、平均的に一定の針路を保っているわけである。

したがって、保針の能力について考える場合に、まず船の固有の針路安定性、次いでそれが外力によりどの様な影響を受けるかを検討することが大切である。

こゝでは外力として定常風だけを考えて針路安定性指数を計算してこれを調べた。オートパイロットを使用した場合については、諸係数の設定の組合せにより非常に複雑になるので省略したが、概してもともとの安定性が良い程良い結果が得られるようである。

### 1.6.2 計算の方法

船は満載状態とし、速度  $U_0$  で直進しているものとする。風速は  $U_B$  で一定とし、風向  $\psi_B$  は対地（絶対風向）で表わすが、船の前方から吹く場合を  $\psi_B = 0^\circ$ 、右舷側からの場合を  $\psi_B = 90^\circ$ 、後方からのものを  $\psi_B = 180^\circ$  の様に表わす。

計算はまず或る一定の  $U_B/U_0$  に対して、船が直進するために必要な偏角  $\beta$ 、舵角  $\delta$  をすべての風向角について数値計算する。計算の方法は文献<sup>(15)</sup>に示された通りで、必要な諸係数は模型実験により求められたものである。

次いで、この直進状態の近傍で線型化した動的安定性を、偏角  $\beta$ 、回頭角速度  $\gamma$ 、針路角  $\psi$  の微少変動について計算する。風を考慮しない場合には針路角の変動の影響はないが、風を考えるときは針路角の変動により相対風速・風向が変つくるので、これを計算に入れる必要がある。以下にこの計算法の概略を示す。

船の運動方程式を解き、無次元の漂流速度  $v = -\sin \beta$ 、回頭角速度  $r$  に関して、

$$\begin{aligned} \dot{v} &= \bar{Y} \\ \dot{r} &= \bar{N} \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (1.6.1)$$

の形に表わし、

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{\partial \bar{Y}}{\partial v} & f_r &= \frac{\partial \bar{Y}}{\partial r} & f_\psi &= \frac{\partial \bar{Y}}{\partial \psi} \\ g_v &= \frac{\partial \bar{N}}{\partial v} & g_r &= \frac{\partial \bar{N}}{\partial r} & g_\psi &= \frac{\partial \bar{N}}{\partial \psi} \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (1.6.2)$$

と置けば、針路安定性は特性方程式

$$\begin{aligned} \sigma^3 + a\sigma^2 + b\sigma + c &= 0 \\ \text{ただし } a &= -(f_v + g_r) \\ b &= f_v g_r - f_r g_v - g_\psi \\ c &= f_v g_\psi - f_\psi g_v \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (1.6.3)$$

の根  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  で表わされる。これを電子計算機を用いて数値計算により求める。

解は3根とも実数か、2根が複素数で1根が実数かの2つの場合があり、後者の場合は複素根の虚数部の絶対値を  $\ell_m$  で表わした。

### 1.6.3 計算結果

計算は風速・船速比  $U_B/U_o = 0, 1, 2, 4, 6$  について行なった。その結果を図 1.6.1 に示す。同図の下段には直進に必要な偏角  $\beta$  及び舵角  $\sigma$  を示し、中段にその時のおよその船の姿勢と舵角とを風向角  $90^\circ$  每に示した。上段には斜路安定度を表わす  $\sigma_1, \sigma_2$  を示す。 $\sigma_3$  は  $-3.5$  の程度で安定度に影響がないので省略した。

無風状態 ( $U_B/U_o = 0$ ) で  $\sigma_1 = 0$  の解は中立であるから無関係で、 $\sigma_2 = -0.283$  が基本となる安定度を示す。この船の場合は普通の程度に安定であると言える。

$U_B/U_o = 1$ 、即ち風速が船速に等しい場合には  $\sigma_1$  が  $0$  に近く、はゞ無風状態と同様であるが、 $\psi_B = 90^\circ \sim 270^\circ$  (横ないし追風) の範囲では、ごく僅かではあるが不安定になる。風速が次第に大きくなるとこの不安定度は急速に増加する。また  $U_B/U_o$  が  $2$  以上では、風向が船首方向土  $70^\circ$  位の向い風の範囲で複素根を持つ様になり、周期性安定であることがわかる。

$U_B/U_o = 6$  では船を直進させるに要する舵角は、ほとんどすべての風向角に対して非常に大きく、実際上の操船は非常に困難であろう。 $U_B/U_o = 4$  でも横風の相当な範囲について、このあて舵の角度は  $10^\circ$  以上になり、たとえばオートパイロットの制限舵角が  $10^\circ$  の場合には、この状態では「舵が効かない」とことになるわけである。実際、船速が  $20$  knot とすれば風速は  $60$  knot ということになり、荒天時にはこの程度のことは起り得るであろうから、荒海中でオートパイロットが効かなくなることがある、という事にはこの様なことも一つの原因となっていると思われる。

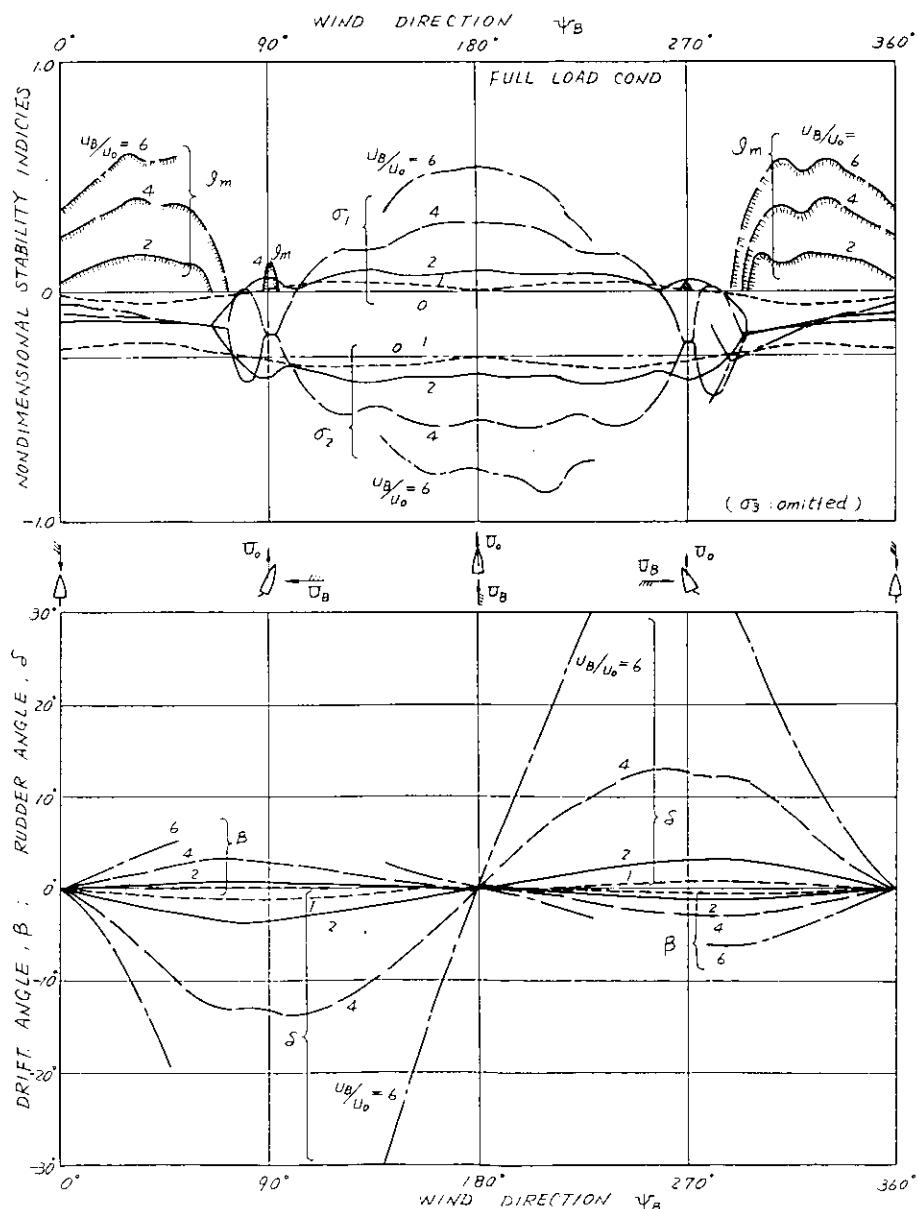


図 1.6.1

## 第1章 参考文献

- 1) 笹島秀雄 : "横動搖に於ける Bilge Keel の作用に就て"  
(その一)  
造船協力論文集 86号 後編  
昭和29年3月
- 2) Fukuzo Tasai : "Wave Height at the Side of Two-Dimensional Body Oscillating on the Surface of a Fluid"  
Report of Research Institute for Applied Mechanics,  
Kyushu University, Vol X, No.35, 1961
- 3) 田才福造他 : "肥大船の耐航性能に関する研究"  
西部造船会々報 第37号 昭和44年2月
- 4) 田才福造 : "An Approximate Calculation of Hydrodynamic Pressure on the Midship Section Contour of a Ship Heaving and Pitching in Regular Waves"  
九大応力研英文報告 Vol.14, No.48, 1966
- 5) 日本造船研究協会 : 第90研究部会 研究資料 第68号  
昭和43年3月
- 6) 丸尾孟 : 造船協会60周年記念叢書 Vol.8  
昭和38年
- 7) 日本造船研究協会 : 第108研究部会 研究資料第110号  
昭和45年3月
- 8) 田才福造 : "耐航性に關するシンポジウムテキスト付録"  
高木又男 昭和44年7月
- 9) 前田久明 : "任意船型に及ぼす波の強制力について"  
造船学会論文集 第126号  
昭和44年12月
- 10) 田才福造他 : "一軸高速コンテナ船の統波中の耐航性能に関する研究"  
西部造船会々報 第41号
- 11) 花岡達郎 : "波浪中の船の運動と造波抵抗理論"  
造船協会論文集 第98号 昭和29.2
- 12) 藤井斎他 : "正面規則波中における抵抗増加"  
三菱重工技報 第4巻 第6号 昭和42.1.1
- 13) 福田淳一 : "応答の統計的予測"  
耐航性に関するシンポジウムテキスト 昭和44.7
- 14) M. St. Denis and W. J. Pierson Jr :  
"On the Motions of Ships in Confused Seas"  
Trans. SNAME, Vol. 61, 1953
- 15) 小川陽弘 : "外力を受ける船の操縦運動の計算(その1)"  
造船学会論文集 第126号  
昭和44年12月

## 2 波浪中における運動性能に関する模型試験

### 2.1 不規則波中における模型試験

#### 2.1.1 波のスペクトラム

不規則波中の模型試験のねらいは、a)線形重ね合わせの原理の調査、b)応答の振幅の確率分布を得ること、c)実際海面に近い状態における船の挙動の観測、の3つである。そこで、試験に用いる波を、次のような方針のもとに定めた。

- a) 風力階級のいくつかに対応する波高、波周期を用いる。
- b) 波スペクトラムとしては Moskowitz-Pierson 型をとる。
- c) 北太平洋の観測値も考慮する。

すなわち、第12回 ITTC(国際試験水槽会議、ローマ)で勧告された不規則波の標準暫定基準<sup>1)</sup>を参考とし、次のような手順で波スペクトラムを定めた。

- a) 風力階級として Beaufort Scale 7, 8, 9 および 10 をとり、その強さを、それぞれの階級を示す風速範囲の中央の風速(平均風速)で示す。
- b) 風速と有義波高の関係は、次のものを用いる。

風速 (kt)	有義波高 (m/sec)	有義波高 (ft)	有義波高 (m)
20	10.3	10.0	3.05
30	15.4	17.2	5.25
40	20.6	26.5	8.08
50	25.7	36.6	10.97
60	30.9	48.0	14.63

- c) 波スペクトラムを

$$S(\omega) = \frac{A}{\omega^5} e^{-\frac{B}{\omega^4}} \quad \dots \quad (2.1.1)$$

と表わし、係数 A および B を次のように定める。

- i) 有義波高  $H_v$  から

$$A = 8.10 \times 10^{-3} g^2, \quad B = 3.11 / H_v^2 \quad (\text{m 単位}) \quad \dots \quad (2.1.2)$$

- ii) 波周期  $T_v$  は、i) の A, B の値を用いて、次式から求める。

$$A = 173 H_v^2 / T_v^4, \quad B = 69 V / T_v^4 \quad \dots \quad (2.1.3)$$

このようにして求めた  $H_v$  および  $T_v$  の値と (2.1.1) 式によるスペクトラムの形状とを図 2.1.1 に示す。

- d) この  $H_v$  と  $T_v$  を、北太平洋の波浪の大きさ(冬季の一海域における観測値<sup>2)</sup>)と比較すると図 2.1.2 のようになる。図中の二重丸印は図 2.1.1 の関係を示したもので、これをみると、採用した  $H_v$  と  $T_v$  はほぼ最適の海象を代表しているようである。

次に、これらの不規則波を、模型の寸法に縮尺し、角水槽に発生させる。<sup>3)</sup> 水槽内に発生した波を水槽側壁附近の固定点で測定したものを、スペクトラム解析し、実船の寸法に拡大したものを、図 2.1.3～図 2.1.6 に例示する。これによると、有義波高は、当初ねらった値(Nominal)より 20～30% 低めに出ている。スペクトラムの形状は、ねらった形に近いといえよう。

#### 2.1.2 向波および斜め向波中の縦動揺

向波( $\chi = 180^\circ$ )および斜め向波( $\chi = 150^\circ$  と  $120^\circ$ )において、船体の縦揺れおよび重心の上下加速度を測定した。応答のスペクトラムを図 2.1.7～図 2.1.12 に例示する。また、応答の標準偏差を図 2.1.13～図 2.1.16 に示す。このうち図 2.1.13 と 図 2.1.14 は、それぞれの出合角について、船速ベースに、風力をパラメーターとして表わし、図 2.1.13 と 図

2. 1.16は、 $F_n=0.25$ で、実験点を結ぶ線を切るところの値をとったものである。

これらの図から、斜め向波中の縦運動に関し次に述べるような性質を認めることができる。

- a) 縦揺れは速度によってあまり変化しない。
- b) 重心の上下加速度は速度上界とともに増大する。
- c) 縦揺れは、風力が大となるに従って増大する。
- d) 重心の上下加速度は、風力が大となってもあまり変化がない。
- e) 縦揺れは向波中で最大となる。
- f) 重心の上下加速度は、向波中より横波に近いほど大きい。

### 2. 1. 3 横波および斜め追波中の横運動

横波 ( $\chi = 90^\circ$ ) および斜め追波 ( $\chi = 60^\circ$ と  $30^\circ$ ) で、船体の横揺れおよび重心の横加速度、St. 8 の甲板上コンテナ位置の横加速度を測定した。図 2. 1.17～図 2. 1.29に、応答のスペクトラムを示す。実験は、風力と出会い角の組合せの各状態に対し、一種類の船速 ( $F_n=0.28$ ) で、3種類の不規則波発生プログラムによる波の中をそれぞれ 1回づつ、合計 3 回おこなわれた。応答の標準偏差を図 2. 1.30～図 2. 1.32に示す。これらの結果から、横波および斜め追波中の横揺れおよび横加速度の性質として次のようない点が認められる。

- a) 横揺れと横加速度が最大となるのは、この速度 ( $F_n=0.28$ ) では  $\chi = 60^\circ$  の斜め追波中である。
- b) 横波および  $\chi = 60^\circ$  の斜め追波中では、応答は風力が大となるにともない増加するが、 $\chi = 30^\circ$  の場合は風力にあまり関係しない。

### 2. 1. 4 考 察

(1) 理論計算との比較 第 1 章で述べた理論計算結果との比較をおこなう。比較する量は、応答の標準偏差をそのときの有義波高で割った値である。図 2. 1.33～図 2. 1.36にそれぞれの応答を示す。これによると、実験値と計算値のよく一致しているのは、縦揺れと、横波中の横揺れおよび横加速度である。重心の上下加速度と、 $\chi = 60^\circ$  の場合の横揺れと横加速度は、実験値が低値である。 $\chi = 30^\circ$  の場合の横揺れのみが実験点が大となっている。

(2) 応答のスペクトラムについて これまで不規則波中の応答を、標準偏差の値で調らべたが、ここではさらにスペクトラムの形状について考察を加える。衆知のとおり、不規則波中の船体運動は線形重ね合わせの原理により、規則波中の応答関数 (Response Amplitude Operator) と、不規則波のスペクトラムとをかけ合わせて応答のスペクトラムとすることができる。そこで、規則波中の実験から求めた Response Amplitude Operator と、一定点で測定した不規則波のスペクトラムをかけ合わせたものと、直接不規則波中で測定した応答のスペクトラムとを比較する。

斜め向波中の縦揺れを図 2. 1.37(c)、横波と斜め追波中の横揺れを図 2. 1.38(c) 示す。これらの図によると、一般に両者はよく合っていると言える。但し、 $\chi = 30^\circ$  の斜め追波中では合っていない。この理由として、a) 波と船との出会い数が少ないため、スペクトラム解析に適さない。b) 水槽中の一固定点で測定した波と、模型船が出会い波とが対応しない。などの点が考えられる。これは斜め追波中の模型実験で今後の問題点として残されたところである。

(3) 応答の最大値について 不規則波中における応答の短期分布の最大値を、Rayleigh 分布を仮定して、実験による標準偏差の値を用いて推定した。それを表 2. 1. 1 に示す。この表の中には、模型実験中に測定した最大値も示される。それによると、短期分布の推定値と、実験値は、波と船との出会い数を考慮すれば割合一致していると言えよう。

表 2.1.1 実験から推定した応答の最大値  
横揺れ:  $\chi=180^\circ$ ,  $F_n=0.25$

	7	8	9	10
Hv	5.3	7.1	9.2	11.5
R	0.33	-0.31	0.29	0.28
$\sqrt{E}$	2.47	3.11	3.78	4.55
$a_1/30$	3.49	5.60	6.79	8.20
$a_1/100$	6.29	7.34	8.89	10.73
* $a_1/1000$	6.77	8.52	10.4	12.5
$\chi=150^\circ$			$\chi=150^\circ$	
** $a'_{\max}$	4.7	5.8	7.4	10.0

	7	8	9	10
Hv	5.3	7.1	9.2	11.5
R	0.016	0.012	0.010	0.009
$\sqrt{E}$	0.120	0.120	0.130	0.147
$a_1/30$	0.21	0.21	0.24	0.27
$a_1/100$	0.28	0.28	0.31	0.34
* $a_1/1000$	0.33	0.33	0.36	0.40
$\chi=150^\circ$			$\chi=150^\circ$	
** $a'_{\max}$	0.22	0.23	0.32	0.36

横揺れ:  $\chi=60^\circ$ ,  $F_n=0.28$

	7	8	9	10
Hv	5.3	7.1	9.2	11.5
R	1.05	1.15	0.95	1.10
$\sqrt{E}$	7.88	11.52	12.36	17.89
$a_1/30$	14.1	20.8	22.2	32.2
$a_1/100$	18.5	27.3	29.1	42.1
* $a_1/1000$	21.6	31.6	35.9	49.0
** $a'_{\max}$	19.3	23.0	21.7	33.0
$\chi=30^\circ$				

	7	8	9	10
Hv	5.3	7.1	9.2	11.5
R	0.021	0.017	0.016	0.021
$\sqrt{E}$	0.157	0.171	0.208	0.342
$a_1/30$	0.28	0.31	0.38	0.61
$a_1/100$	0.37	0.40	0.49	0.81
* $a_1/1000$	0.43	0.47	0.57	0.94
** $a'_{\max}$	0.37	0.44	0.39	0.61

\* $a_1/1000$  : N=1,000 回に1回の最大値、 $a_1/1000=2.74\sqrt{E}$ 、 $\sqrt{E}=\sqrt{2}$  RHv

\*\* $a'_{\max}$  : N=20～50回の実験値、 $a_1/30=1.8\sqrt{E}$ 、 $a_1/100=2.36\sqrt{E}$

R: 応答の標準偏差を有義波高  $\sqrt{3}$  で割った値

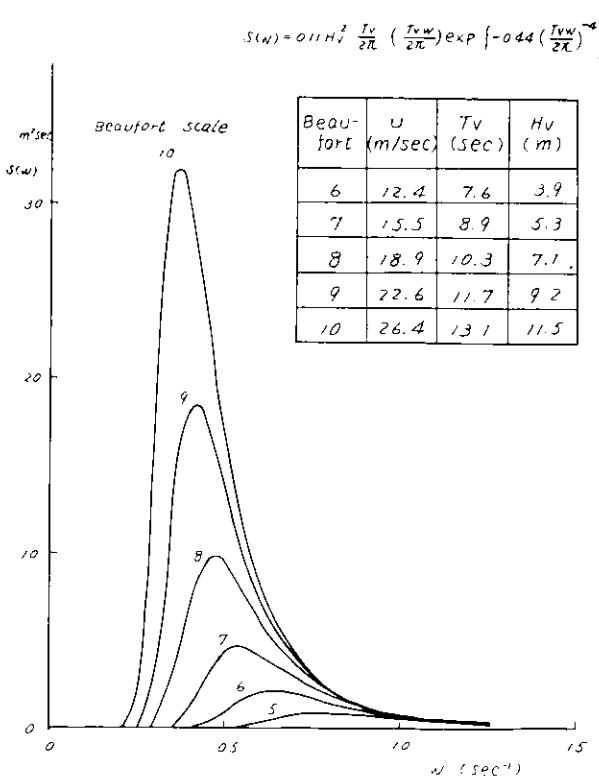
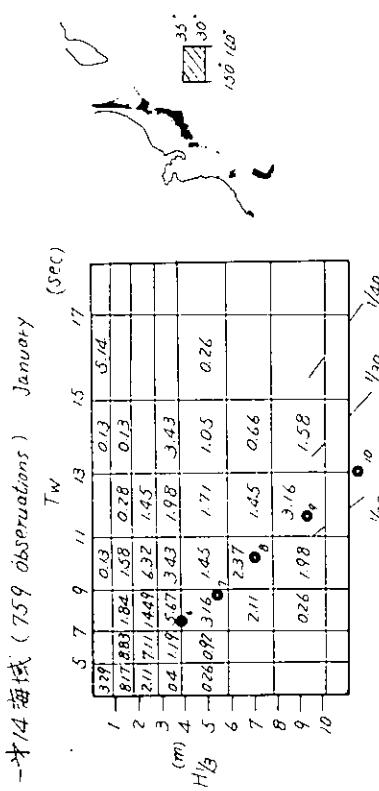


図 2.1.1 使用した不規則波のスペクトラム



(Y. Yamamotoch; and A. Ogawa. Papers of S.R.I. Supplement No. 2, 1970.)

- ◎印は表-2の中の  $H_{1/3}$  と  $T_W$  との関係を示すもので、傍に付した数字は風力を示す。

図 2.1.2 北太平のある海域の1月における観測波高と周期

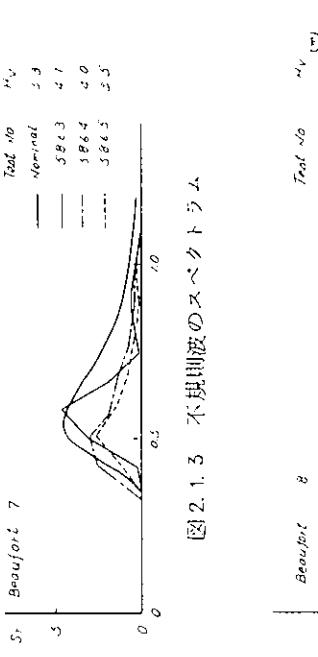


図 2.1.3 不規則波のスペクトラム

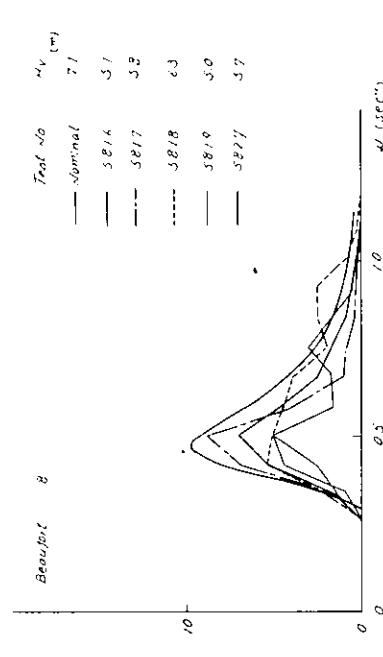


図 2.1.4 規則波のスペクトラム

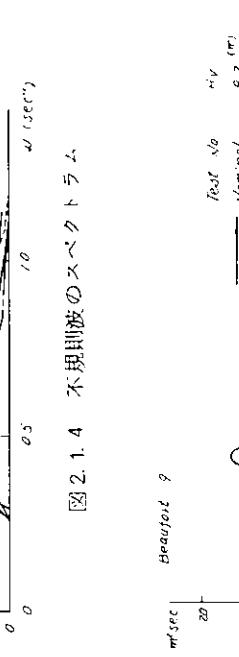


図 2.1.5 不規則波のスペクトラム

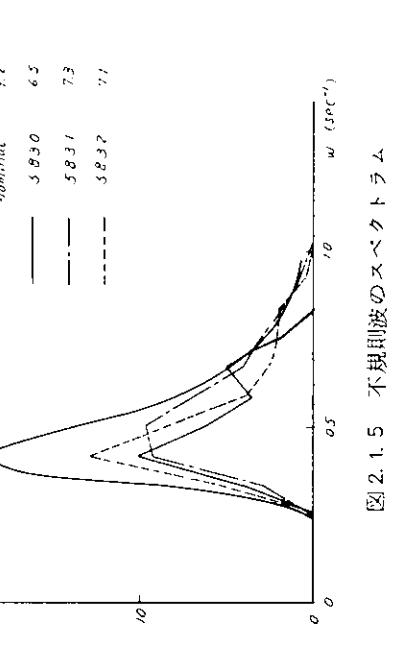


図 2.1.6 不規則波のスペクトラム

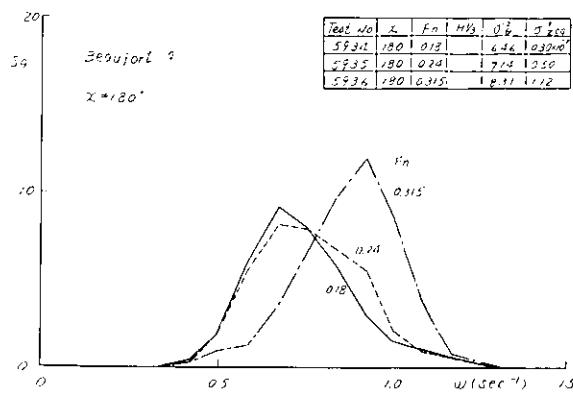


図 2.1.7 不規則向波中の縦揺れスペクトラム

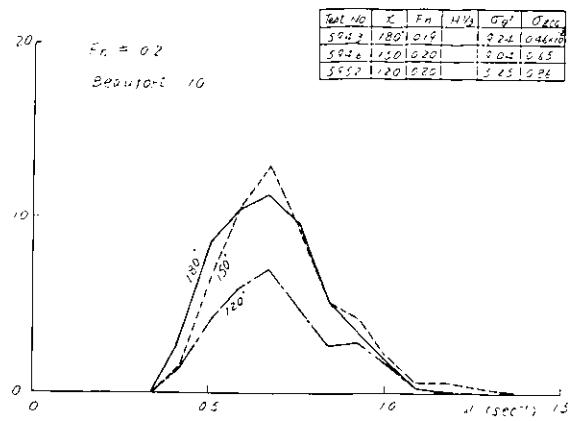


図 2.1.9 不規則斜め向波中の縦揺れスペクトラム

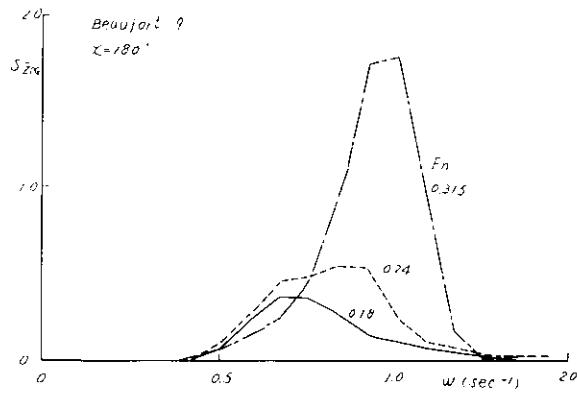


図 2.1.8 不規則向波中の重心上下加速度のスペクトラム

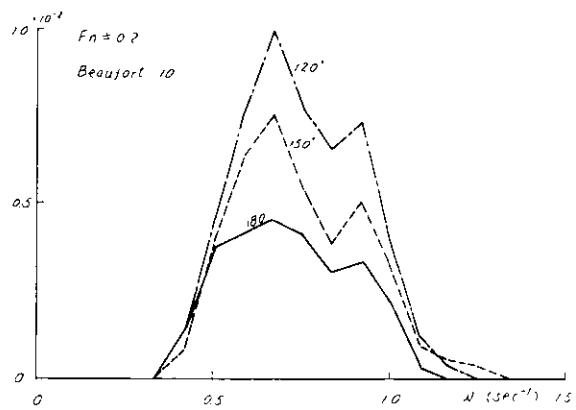


図 2.1.10 不規則斜め向波中の重心上下加速度のスペクトラム

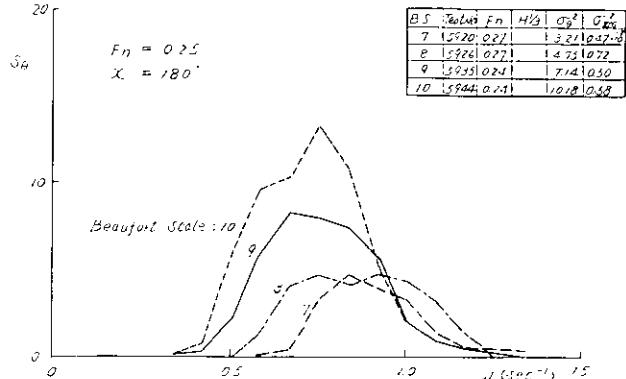


図 2.1.11 不規則向波中の縦揺れスペクトラム

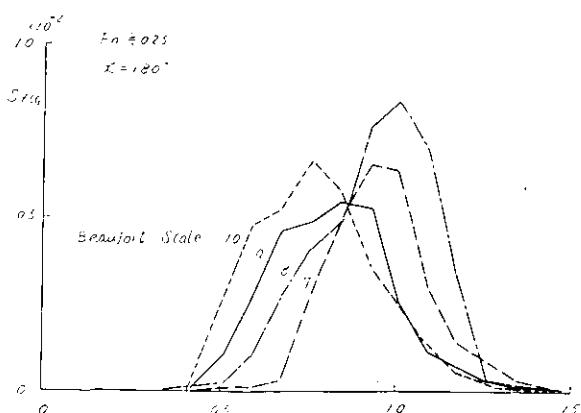


図 2.1.12 不規則向波中の重心上下加速度のスペクトラム

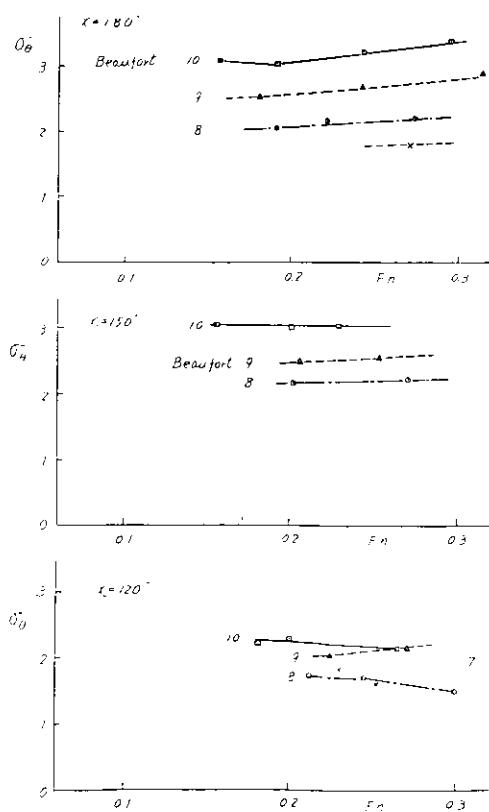


図 2.1.13 不規則斜め向波中のピッキングの標準偏差

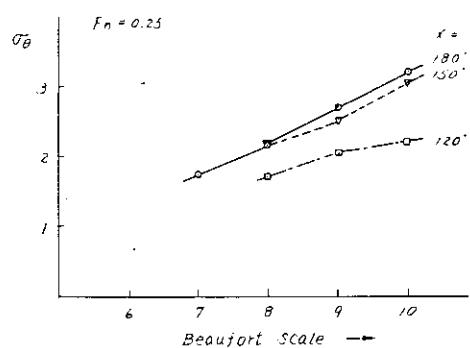
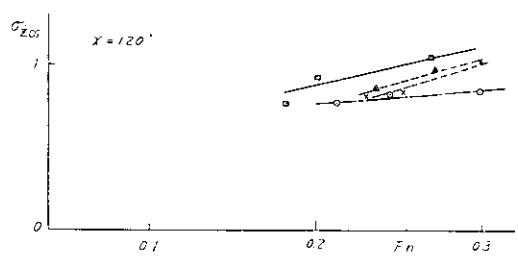
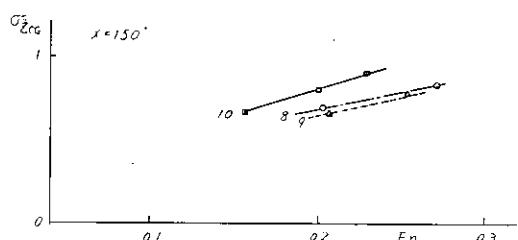
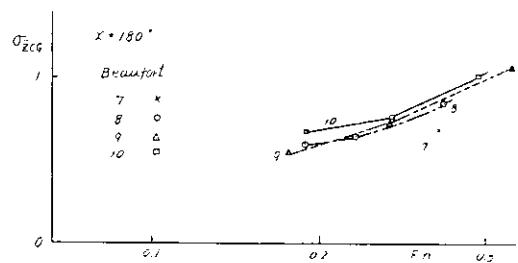


図 2.1.15 不規則波中のピッキングの標準偏差

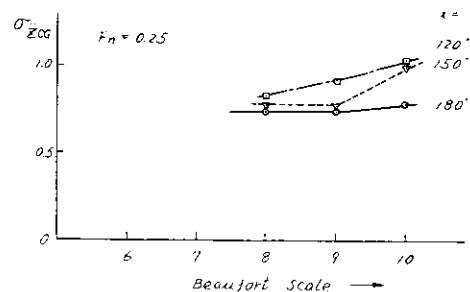


図 2.1.16 不規則波中の重心上下加速度の標準偏差

図 2.1.14 不規則斜め向波中の重心上下加速度の標準偏差

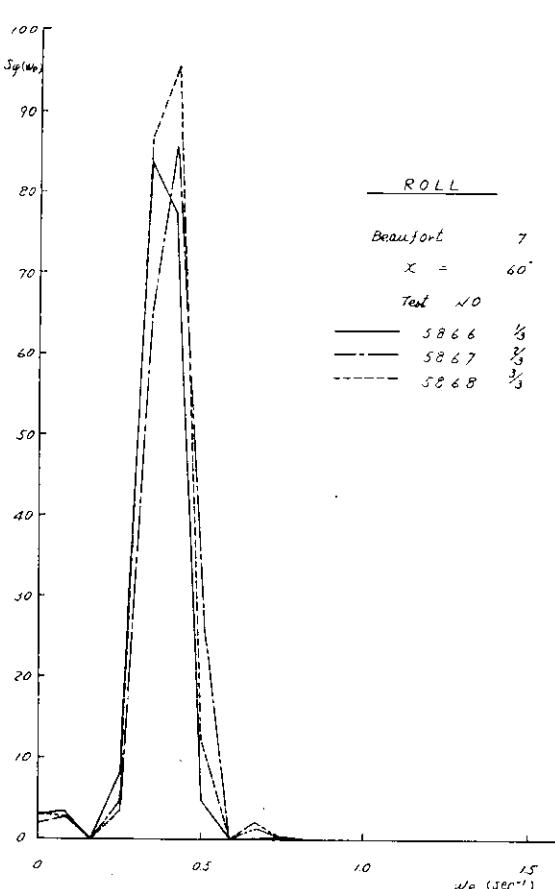
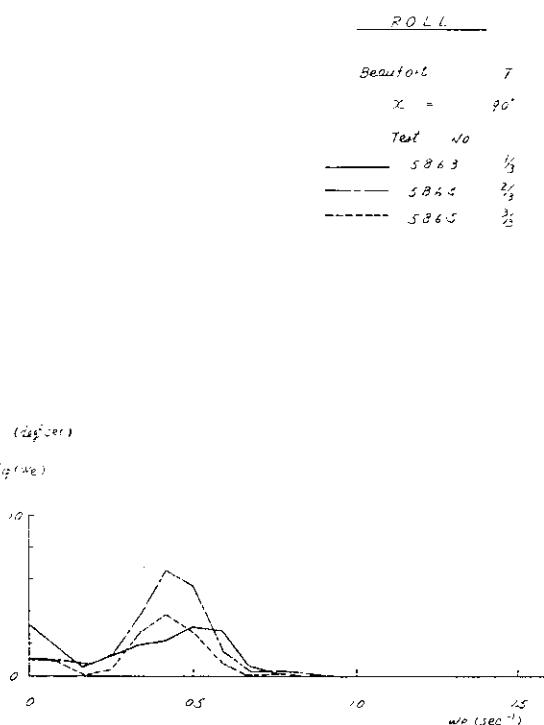


図 2.1.17 不規則横波中の横揺れスペクトラム

図 2.1.18 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

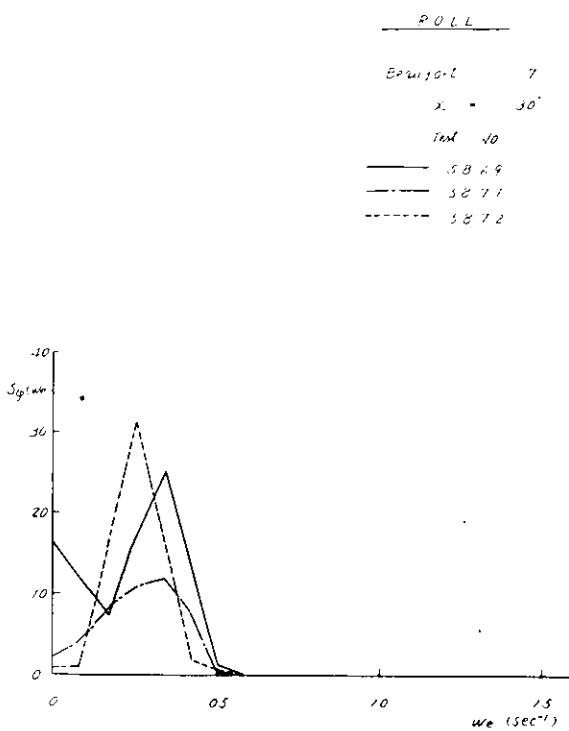


図 2.1.19 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

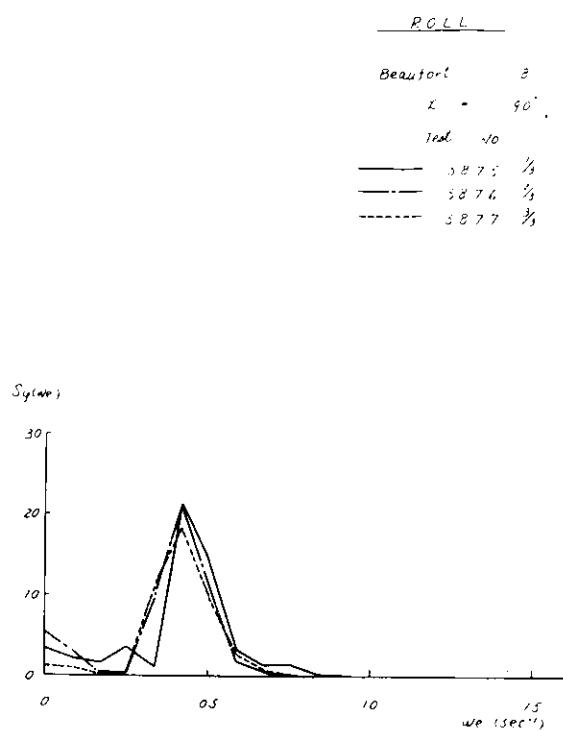


図 2.1.20 不規則横波中の横揺れスペクトラム

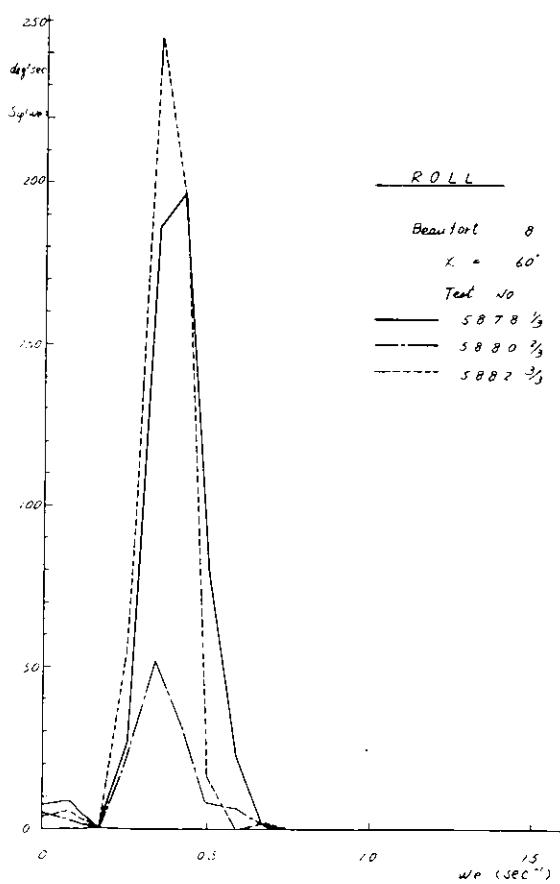


図 2.1.21 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

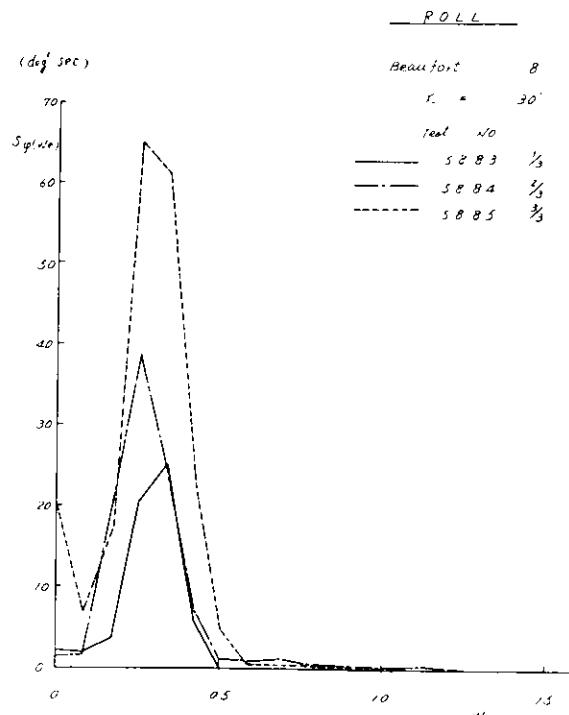


図 2.1.22 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

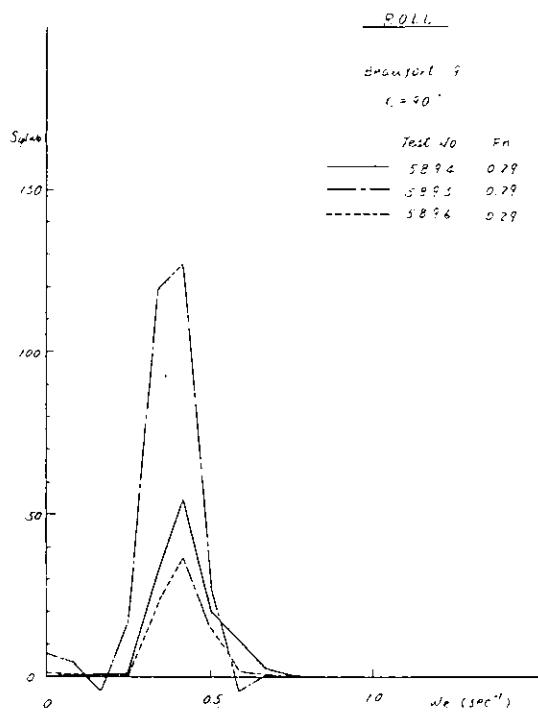


図 2.1.23 不規則横波中の横揺れスペクトラム

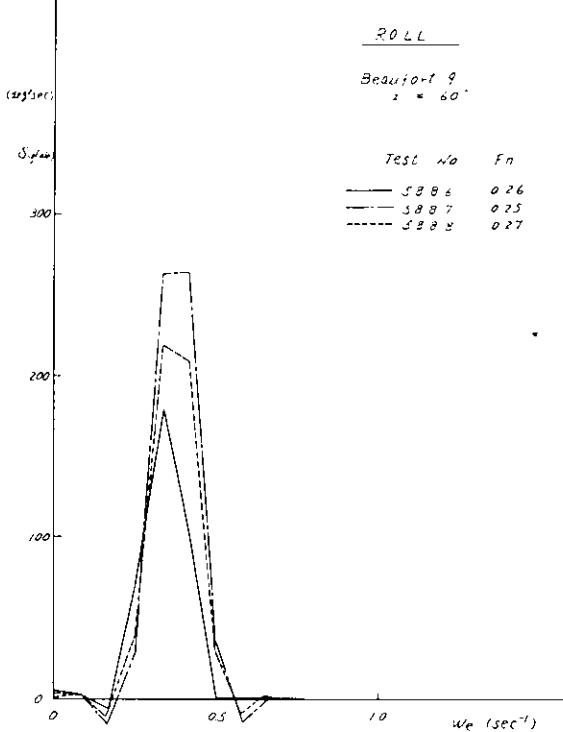


図 2.1.24 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

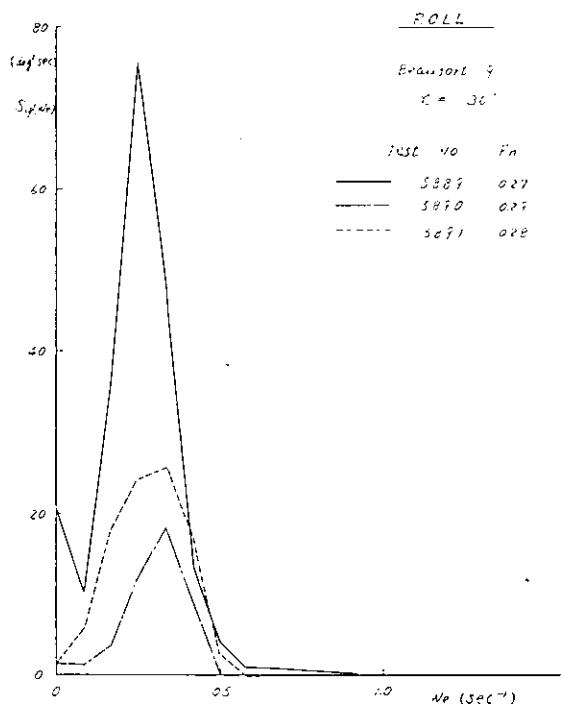


図 2.1.25 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

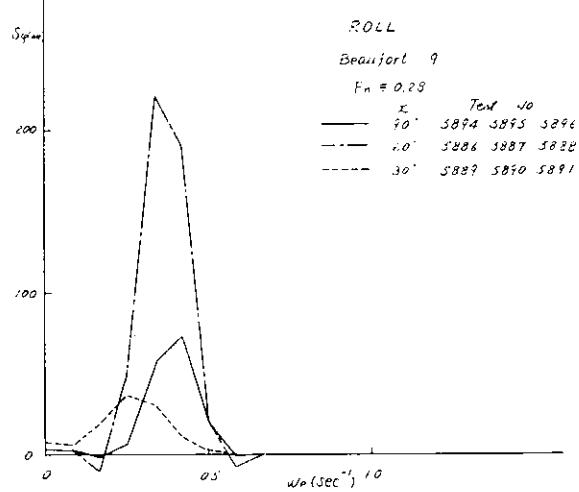


図 2.1.26 不規則斜め波中の横揺れスペクトラム  
(3回の平均値)

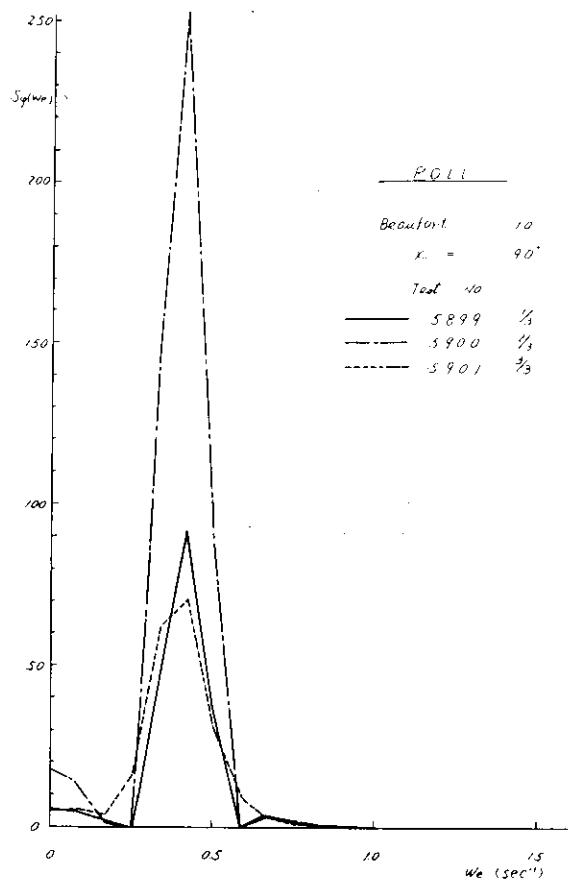


図 2.1.27 不規則横波中の横揺れスペクトラム

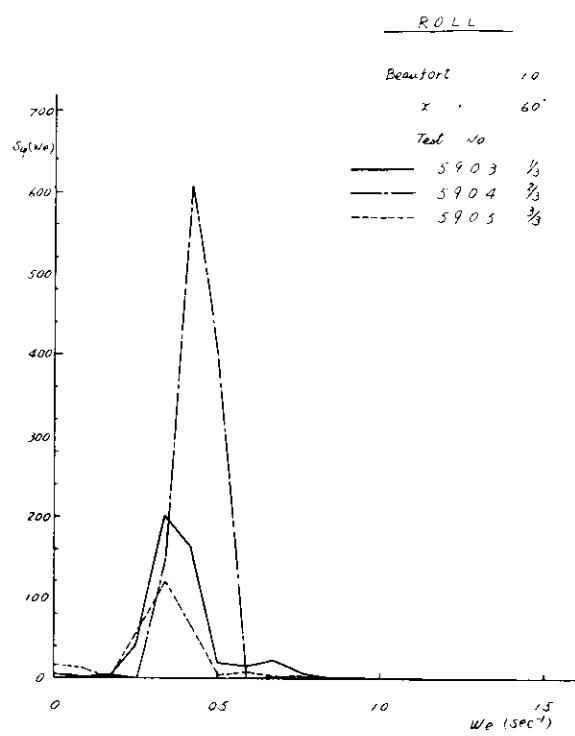


図 2.1.28 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

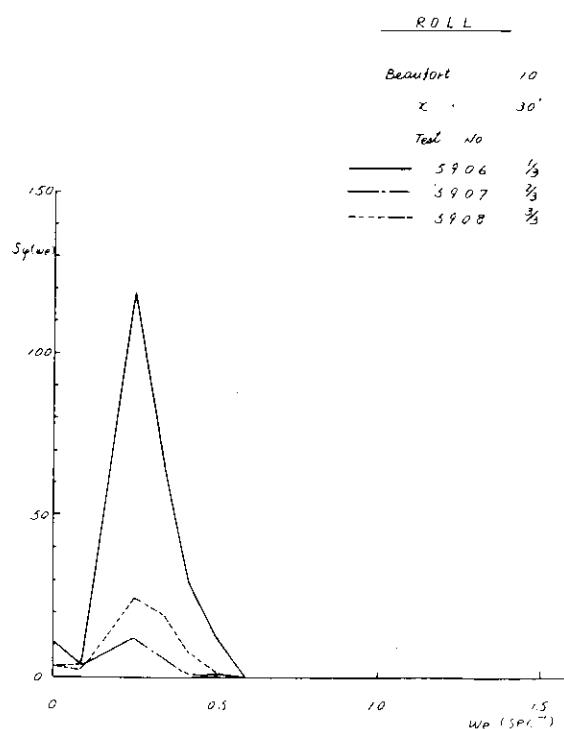


図 2.1.29 不規則斜め追波中の横揺れスペクトラム

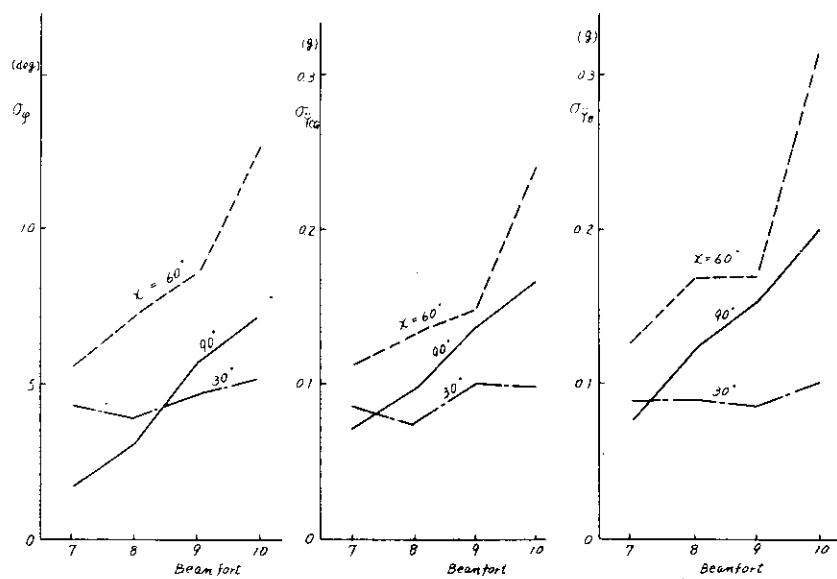


図 2.1.30 不規則斜め追波中の横揺れ

図 2.1.31 不規則斜め追波中の重心横加速度

図 2.1.32 不規則斜め追波中の st. 8 上甲板上コンテナ位置の横加速度

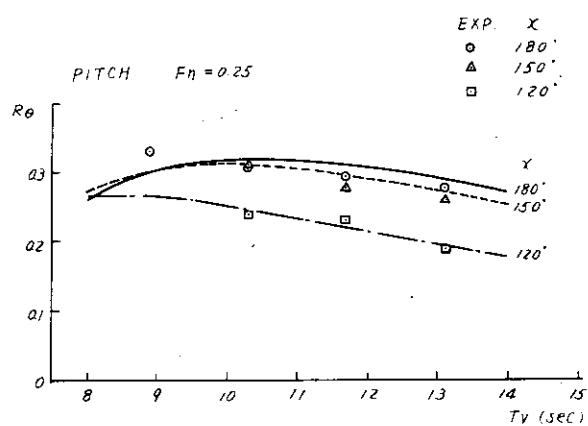


図 2.1.33 不規則波中における縦揺れの標準偏差

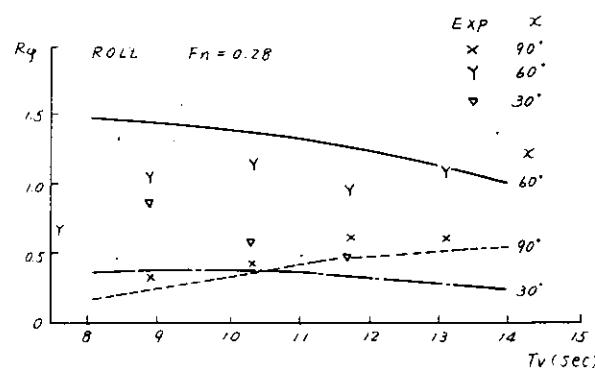


図 2.1.35 不規則波中における横揺れの標準偏差

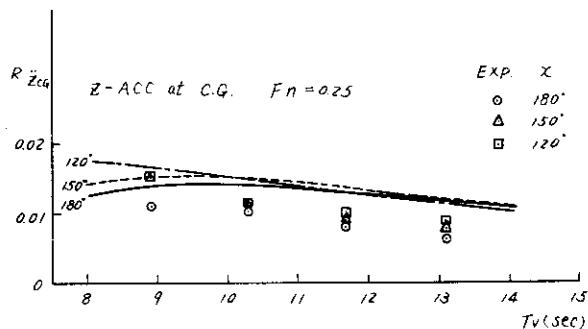


図 2.1.34 不規則波中における重心上下加速度の標準偏差

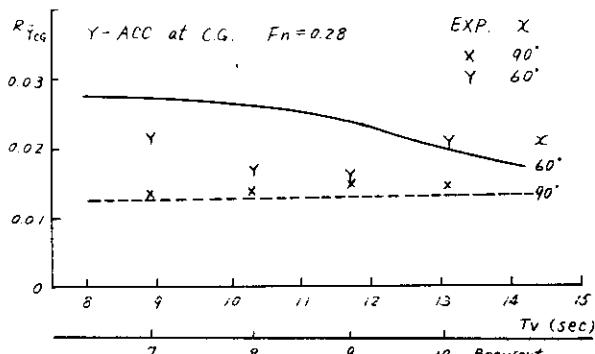


図 2.1.36 不規則波中における重心横加速度の標準偏差

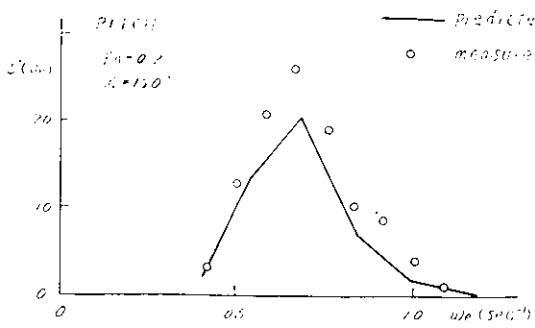
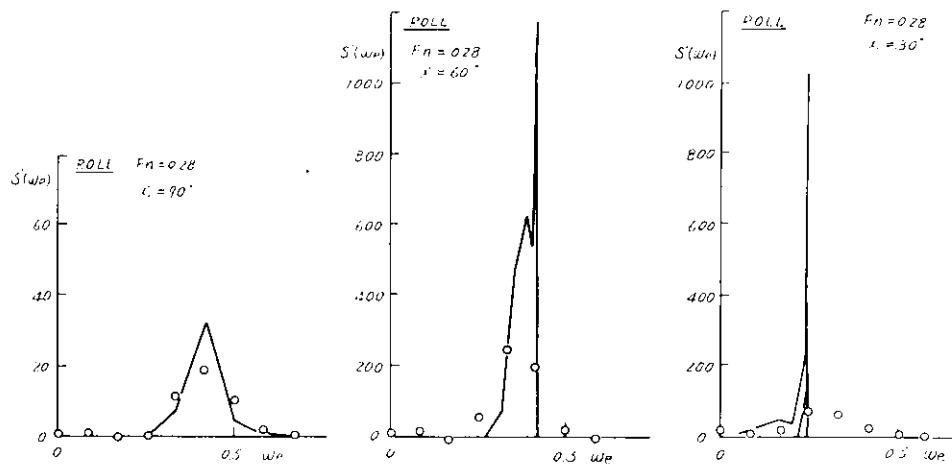


図 2.1.37 不規則波中の横揺れスペクトラム



## 2.2 横揺れ性能に対するビルジキールの効果

### 2.2.1 試験の目的

波浪中で船が横揺れるときの最大横揺れ角の大きさは横揺れ抵抗に非常に関係するが、ビルジキールを有する船の横揺れ抵抗は粘性の影響を大きく受け、現在これを理論的に適確に把握することができない。ビルジキールによる横揺れ抵抗モーメントの理論計算は 1.1 に述べているように、横運動にかなりの仮定が設けられており、実用に供する段階には至っておらず、特に航走中の場合には無力であるので、現在はもっぱら模型試験によらざるを得ない。

船の重心位置、ビルジキールの寸法および前進速度のビルジキールの効きに及ぼす影響を調べるために、静水中および航走中の自由横揺れ模型試験が行なわれた。

### 2.2.2 模型船および試験方法

模型船は供試船の  $1/100$  ( $L/B = 7$ ; 1 輪) と  $1/133.3$  ( $L/B = 8$ ; 2 輪) 構造模型であり、実船と模型船の要目、試験状態およびビルジキールの寸法は表 2.2.1 および 2.2.2 に示されているように、重心位置を 3 種、ビルジキールの幅を裸船も含めて 4 種に変えられ、横揺れ周期も変えられた。

静水中自由横揺れ試験は水槽端からの反射波の影響を避けるため模型船を水槽の駆方向に置き、左右揺れを拘束した場合としない場合について行なわれた。航走中自由横揺れ試験では、水槽側壁に消波板が設けられ反射波の影響を避け、前進速度の影響を調べるために約 10 個フルート数が複数された。計測装置の概略は图 2.2.1 に示されるように、船は原則として重心位置でビロットされており、これは曳航艇でもある。また横揺れ輪の影響を調べるために点まわりの試験も追加された。船の横揺れ角はテンショメータを通じてゼグラフに記録された。

### 2.2.3 試験結果

#### (1) 無次元横揺れ減衰係数 $\kappa$

前節で述べた方法で自由横揺れ試験を行なうと、図2.2.2に示すような横揺れ角 $\varphi$ の変動が得られる。 $\varphi$ の山と谷の絶対値を順にとて、 $\varphi_n (n=0,1,2,3 \dots)$ とし、ベースに $\varphi_n$ を点置すると減衰曲線が求められる。その一例を図2.2.3に示す。一般に横揺れ角の零点に誤差があるので、 $\varphi_n$ の小さい部分でバラツキが生じる。これを補正するため原則として $\varphi_n$ が $2.5^\circ$ 以上の値をとり、さらに同図に示したように3点2次の平滑化を行なって、 $\varphi_n$ の最終データとした。 $\varphi_n + \varphi_{n+1}$ に対しても $\varphi_{n+1} + \varphi_{n+2}$ を点置すると図2.2.4を得る。いま、横揺れの運動方程式を次式で考えると、

$$\ddot{\varphi} + 2\alpha\dot{\varphi} + \omega_0^2\varphi = 0$$

同図の勾配  $\tan \delta$  と係数 $\alpha$ との間に次の関係がある。

$$\tan \delta = \exp(-\frac{\pi\alpha}{\omega_0})$$

また無次元横揺れ減衰係数 $\kappa$ を

$$\kappa = \frac{2\alpha}{\omega_0}$$

によって定義すると、 $\kappa$ は $\tan \delta$ から求めることができる。 $\tan \delta$ は最小自乗法により決定した。

上記の方法で求めた $\kappa$ をベースに、ビルジキールの幅をパラメタとして図2.2.5に示した。同図には同時に求められた横揺れ固有周期  $T\varphi$  の値を  $\sqrt{\kappa}$  倍し、実船の値に換算して示した。また同図の破線は船舶技術研究所で計測された結果であり、ビルジキールの幅が 50.1 cm の場合に対応する。図2.2.6は2軸船の場合である。図2.2.7と図2.2.8に重心位置を上下に変化させた場合の影響を示した。またO点を横揺回転軸とした時の結果が図2.2.9、図2.2.10である。重心位置を固定し、慣性半径を変えることによって固有周期を変化させた場合の影響を図2.2.11、図2.2.12に示した。図2.2.13では左右揺れの拘束の有無による違いを比較した。左右揺れを拘束しない場合の横揺れ角はビデオテレビを用いて読み取った。

#### (2) 横揺れ減衰係数 $\alpha$ 、 $\beta$

自由横揺れ試験で得られた $\varphi_n$ から、

$$\Delta\varphi = \varphi_{n+1} - \varphi_n, \quad \varphi_m = \frac{\varphi_n + \varphi_{n+1}}{2}$$

を定義していわゆる減衰曲線を得る。2回の自由横揺れ試験の結果をまとめた一例を図2.2.14に示した。減衰曲線を最小自乗法によって、

$$\Delta\varphi = a\varphi_m + b\varphi_m^2 \quad (\text{degree})$$

と近似し、

$$a = \frac{3}{\pi}\omega_0, \quad b = \frac{3}{4}\beta \cdot \frac{180}{\pi}$$

の関係から横揺れ減衰係数 $\alpha$ 、 $\beta$ を得る。ただし、 $\omega_0$ はその時の横揺れ固有周期から求めた。上記の $a$ 、 $b$ は横揺れ運動方程式を次式で表わした場合の抵抗モーメントの係数である。

$$\ddot{\varphi} + 2\alpha\dot{\varphi} \pm \beta\dot{\varphi}^2 + \omega_0^2\varphi = 0$$

この方法で求められた $\alpha$ 、 $\beta$ を1軸模型、裸船の場合について図2.2.15に示した。ビルジキールのある場合の $\alpha$ 、 $\beta$ を図2.2.16~図2.2.18に示した。図2.2.19~図2.2.22に2軸模型についての同様の結果を示した。 $\beta$ が高速域で負になるのは、 $\varphi_m$ の全域を最小自乗近似する上記の解析方法に依存しているようである。

#### (3) N係数

(2)で求められた係数 $a$ 、 $b$ から次式によってN係数を得る。

$$N\varphi_m = \frac{4\varphi}{\varphi_m^2} = \frac{a}{\varphi_m} + b$$

1軸、2軸模型について、標準のビルジキールを装備した場合のN係数を図2.2.23、図2.2.24に示した。

つぎに、一軸模型 ( $L/B = 7$ 、ビルジキールの幅は実船値で 45 cm) について、異なる場所で計測された減衰係数

$\kappa$  の値の比較を図 2.2.25 に示す。模型の長さ、横揺れ角  $\varphi$  の値、拘束の有無によって、計測値が異なることがわかる。

表2.2.1 PARTICULARS & STANDARD TEST CONDITION

ITEM	SINGLE S. MODEL		TWIN S. MODEL	
	SHIP (MODEL)	SHIP (MODEL)	SHIP (MODEL)	SHIP (MODEL)
SCALE	1 (1/100)	1 (1/133.3)	1 (1/100)	1 (1/133.3)
LPP (m)	175.0 (1.750)	240.0 (1.800)		
B (m)	25.4 (0.254)	30.0 (0.225)		
d (m)	8.5 (0.085)	10.0 (0.075)		
Vol. trim (m <sup>3</sup> )	21222.0 (0.021222)	40420.0 (0.01705)		
	1.0 (0.010)	0.0 (0.0)		
ZG (m)	9.39 (0.0939)	12.62 (0.09465)		
KM (m)	10.39 (0.1039)	14.12 (0.1059)		
GM (m)	1.00 (0.0100)	1.50 (0.01125)		
C <sub>b</sub>	0.5590	0.5613		
C <sub>m</sub>	0.9670	0.9800		
Roll Period T <sub>r</sub>	18.0 (1.80)	18.2 (1.576)		
Bilge Keel				
b (m)	0.45 (0.0045)	0.45 (0.00336)		
l (m)	43.75 (0.4375)	72.00 (0.540)		
Location of center (m aft from $\otimes$ )	2.188 (0.02188)	0.00 (0.00)		

表2.2.2 ROLLING TEST CONDITIONS

Single Screw Model ( $L/B=7$ ) $a=1/100$ $KM=10.39m$				
#	ZG (m)	Breadth of B.K.(cm)	Roll Axis	Note
1	9.36 (0.0936)	0.0 (0.000)	G	W
2	9.36 (0.0936)	28.9 (0.289)	G	W
3	9.36 (0.0936)	50.1 (0.501)	G	W
4	9.36 (0.0936)	75.4 (0.754)	G	W
5	8.79 (0.0879)	50.1 (0.501)	G	W
6	9.66 (0.0966)	50.1 (0.501)	O	W
7	9.43 (0.0943)	50.1 (0.501)	G	*
8	9.66 (0.0966)	50.1 (0.501)	9.9m above keel	
9	9.43 (0.0943)	50.1 (0.501)	O	$KO=8.5m$

Twin Screw Model ( $L/B=8$ ) $a=1/133.3$ $KM=14.12m$				
#	ZG (m)	Breadth of B.K.(cm)	Roll Axis	Note
1	12.6 (0.0944)	0.0 (0.000)	G	W
2	12.6 (0.0944)	47.6 (0.350)	G	W
3	12.6 (0.0944)	68.1 (0.510)	G	W
4	12.6 (0.0944)	87.3 (0.654)	G	W
5	12.0 (0.0878)	47.6 (0.356)	G	W
6	13.0 (0.0974)	47.6 (0.356)	G	W
7	12.6 (0.0944)	47.6 (0.356)	G	*
8	12.6 (0.0944)	47.6 (0.356)	O	$KO=10.0m$

\* :  $T_r$  Changed

W : Roll Test in Regular Beam Wave

O : Model Value

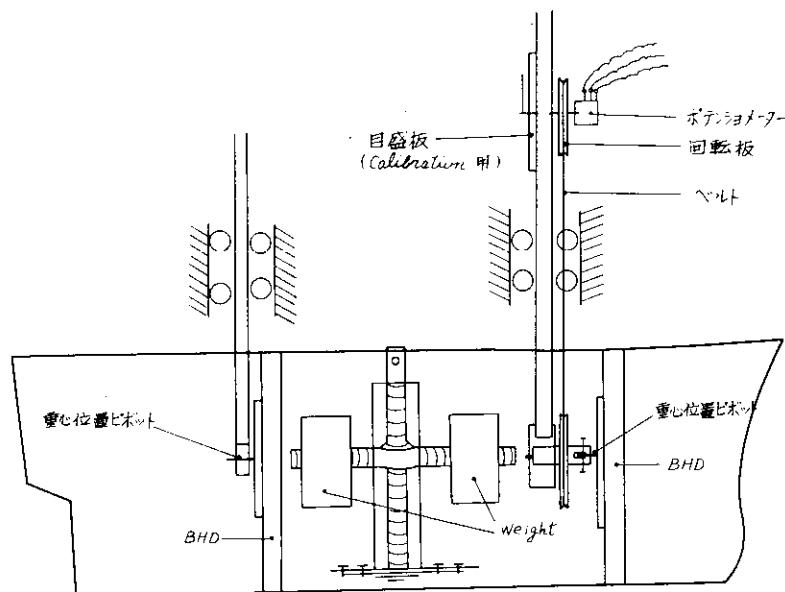


図 2.2.1 横揺れ実験装置

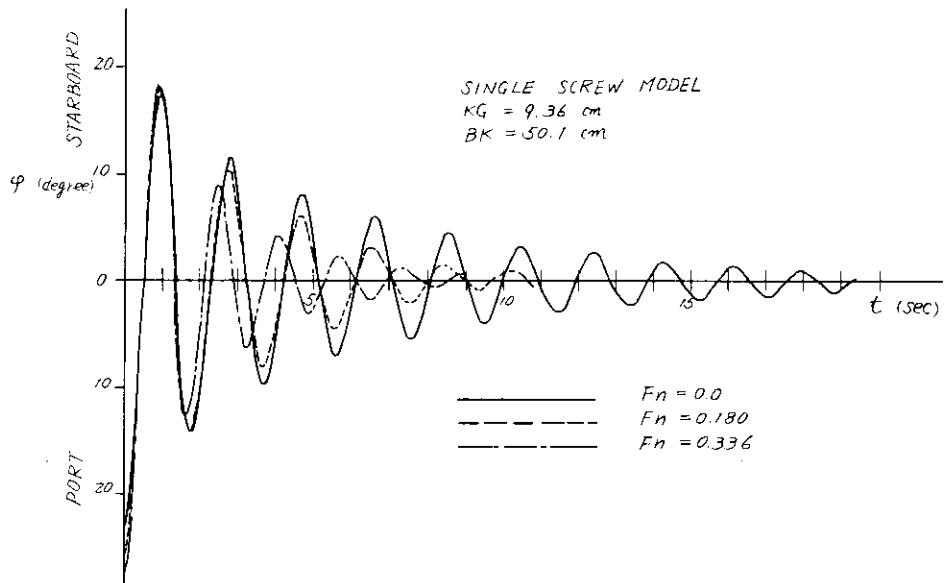


図 2.2.2 CURVE OF FREE ROLLING

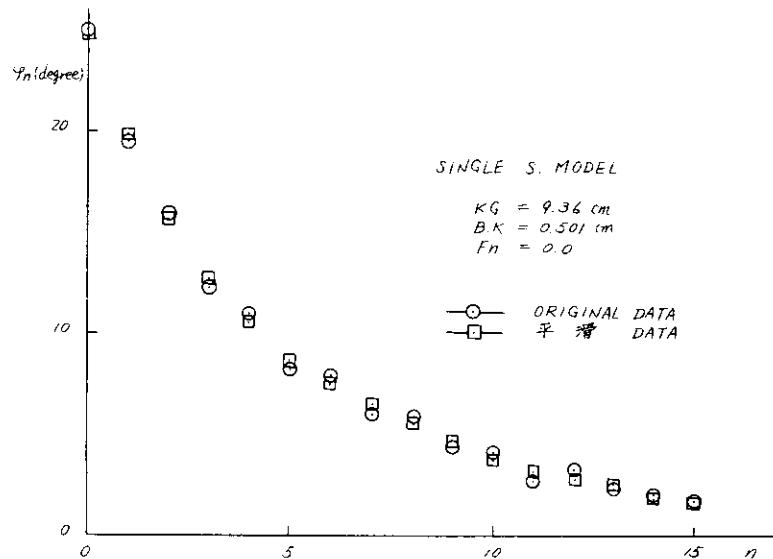


図 2.2.3 DAMPING CURVE

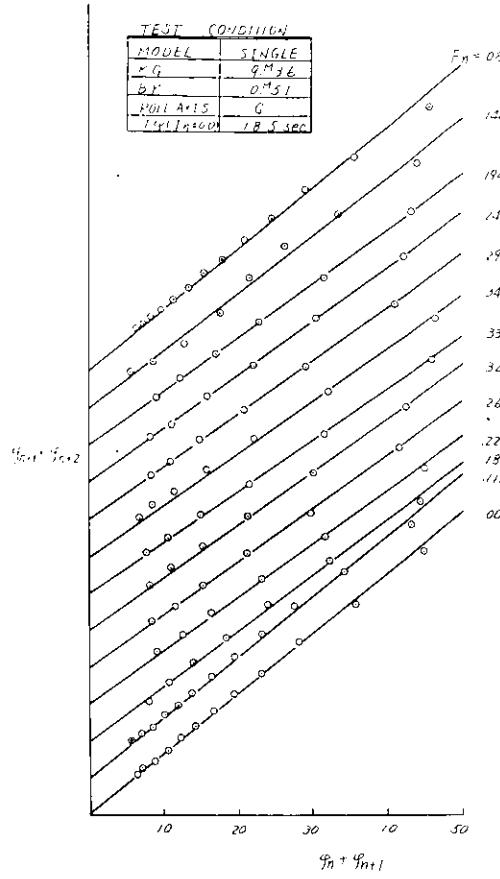


图 2.2.4

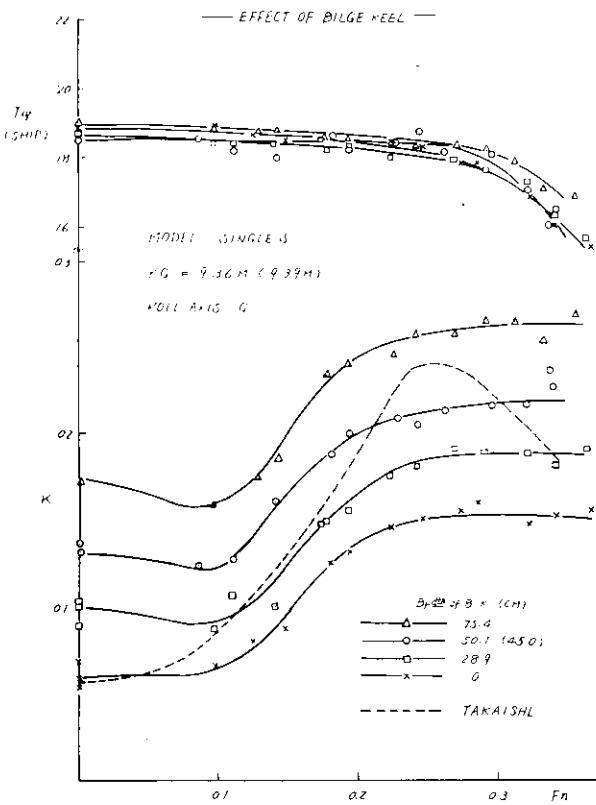


图 2.2.5 DAMPING COEFFICIENT AND ROLL PERIOD

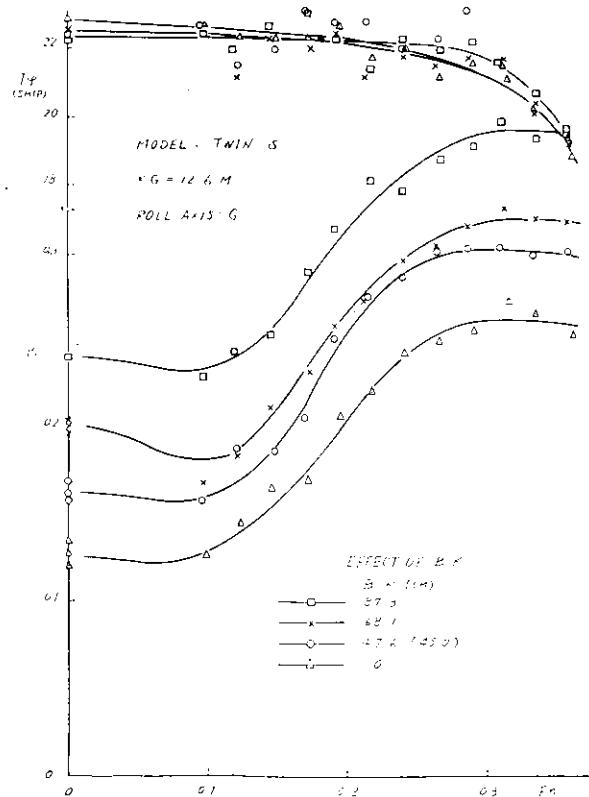


图 2.2.6 DAMPING COEFFICIENT AND ROLL PERIOD

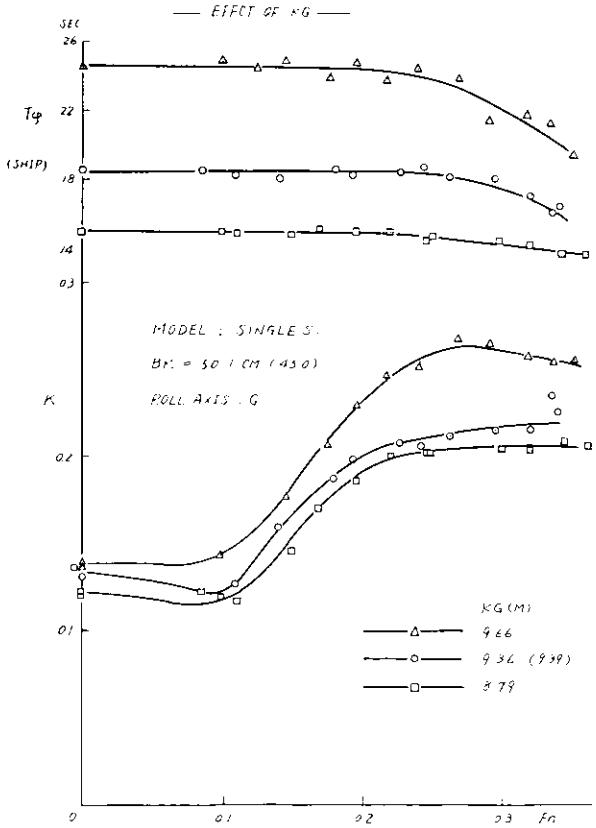


图 2.2.7 DAMPING COEFF. & ROLL PERIOD

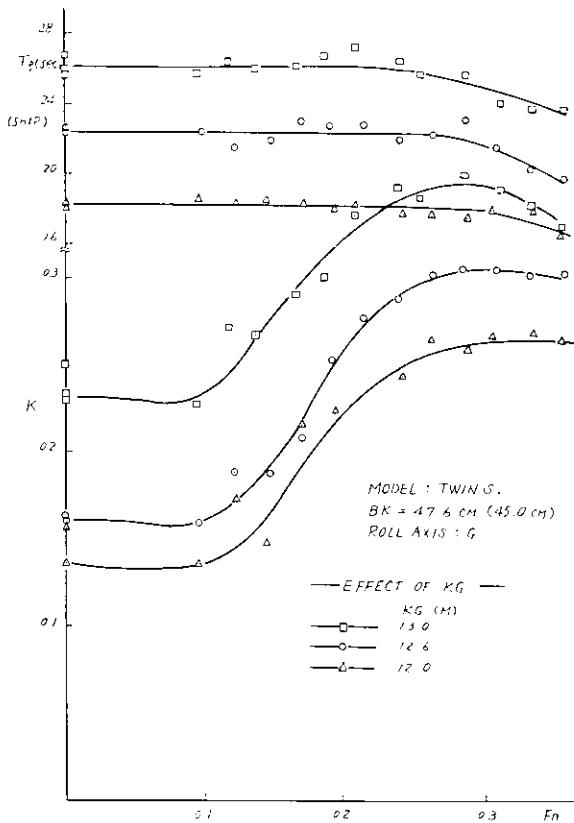


图 2.2.8 DAMPING COEFFICIENT AND ROLL PERIOD

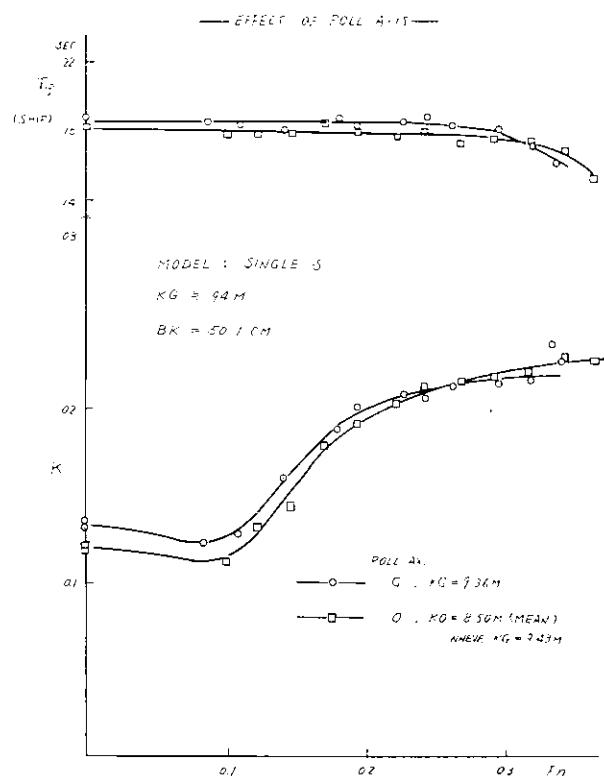


图 2.2.9 DAMPING COEFF. & ROLL PERIOD

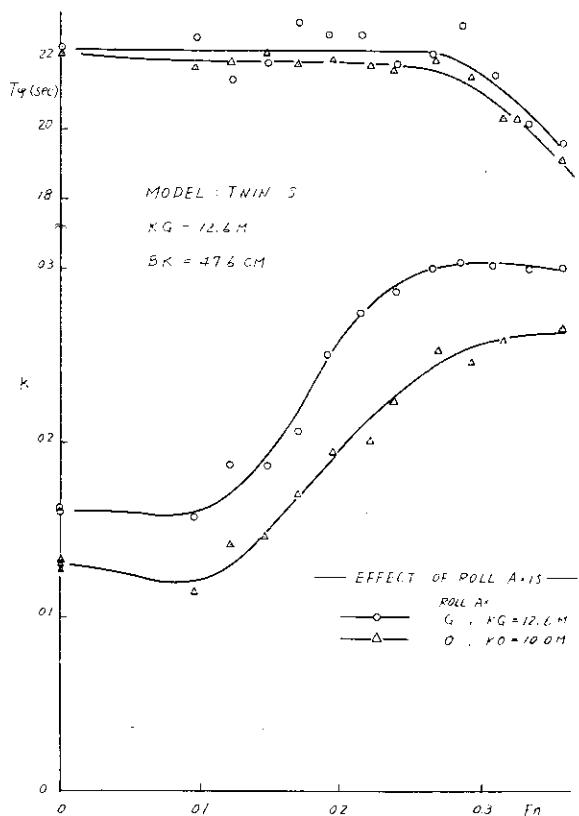


图 2.2.10 DAMPING COEFFICIENT AND ROLL PERIOD

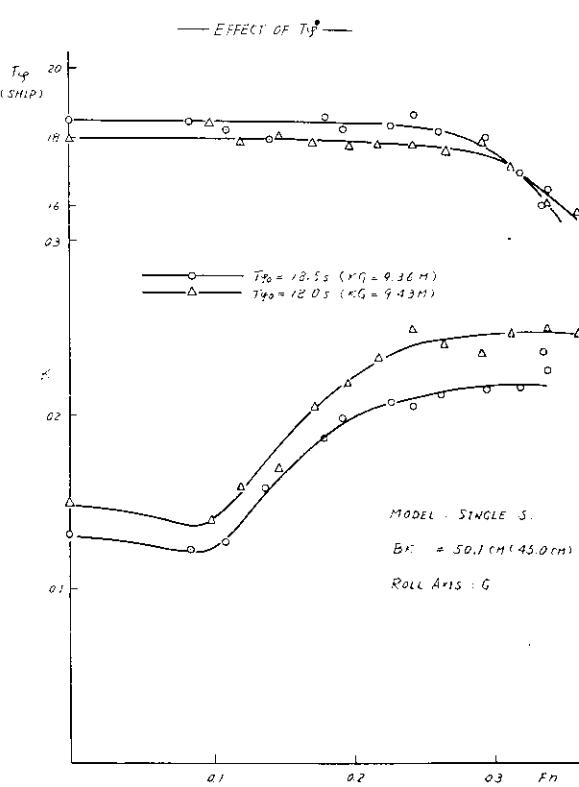


图 2.2.11 DAMPING COEFF. & ROLL PERIOD

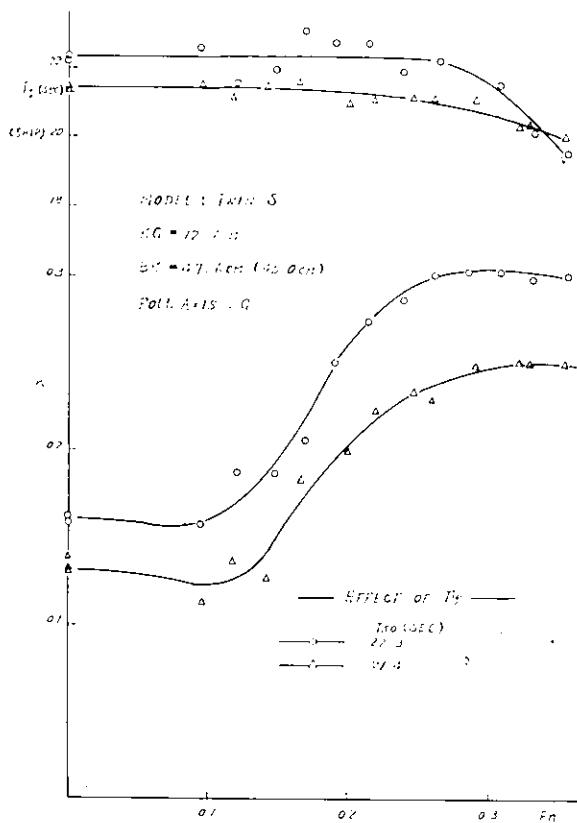


FIG. 2.2.1.2 DAMPING COEFFICIENT AND ROLL PERIOD

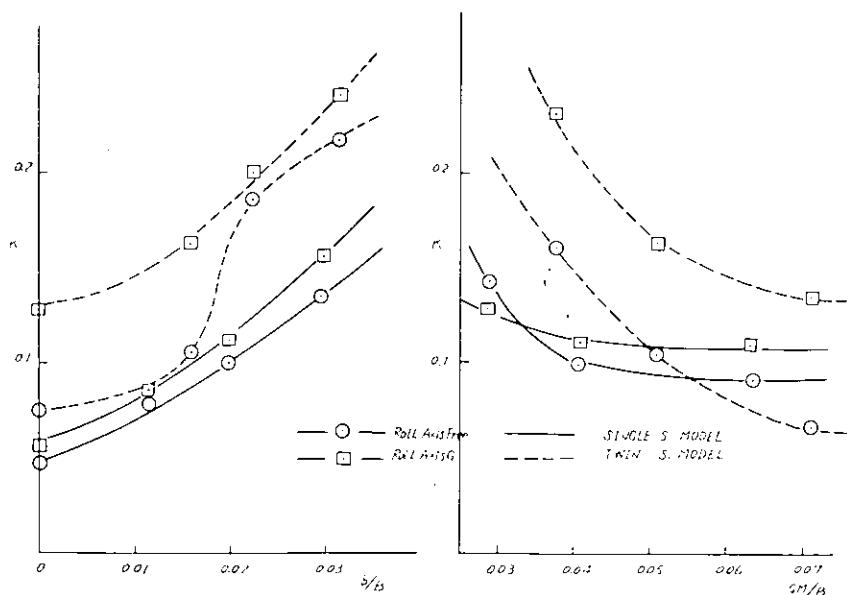


FIG. 2.2.1.3 FREE ROLL  $X_B/B$  &  $K_{GM}/B$  DIAGRAM

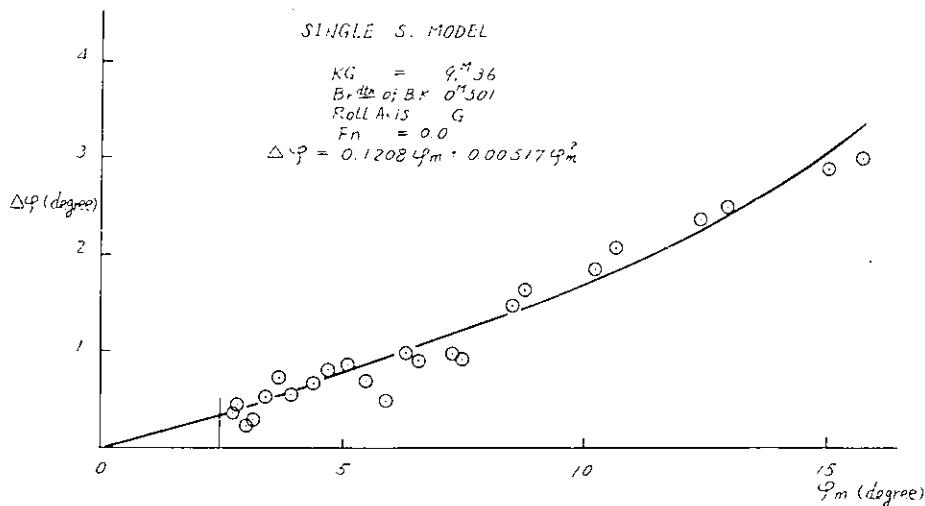


図 2.2.14 EXTINCTION CURVE

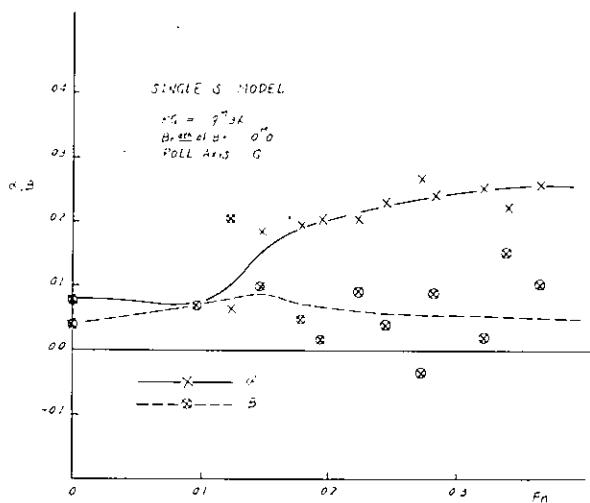


図 2.2.15 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha, \beta$

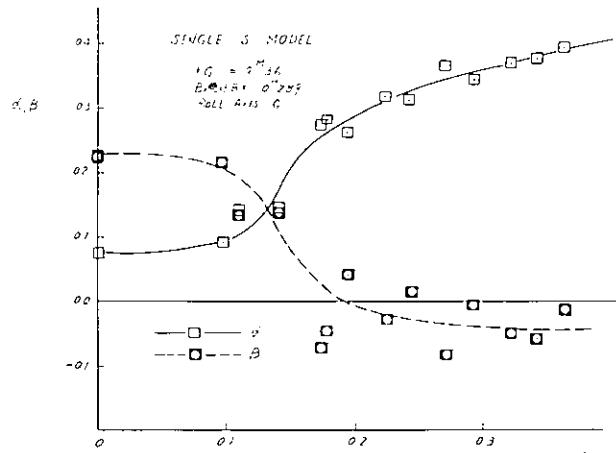


図 2.2.16 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha, \beta$

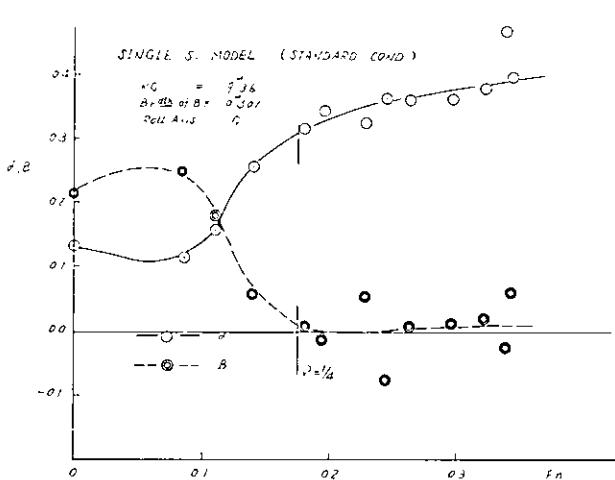


図 2.2.17 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha, \beta$

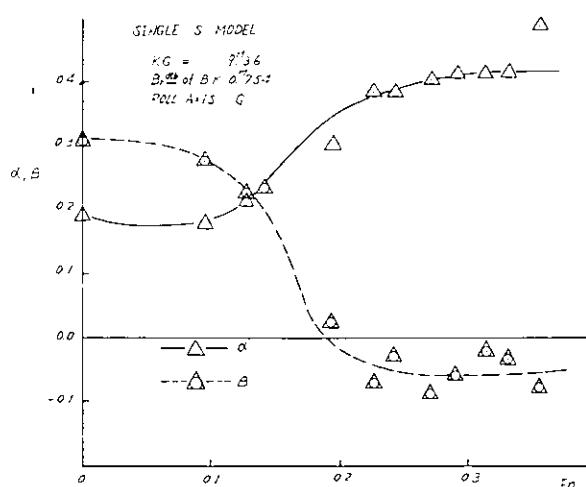


図 2.2.18 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha, \beta$

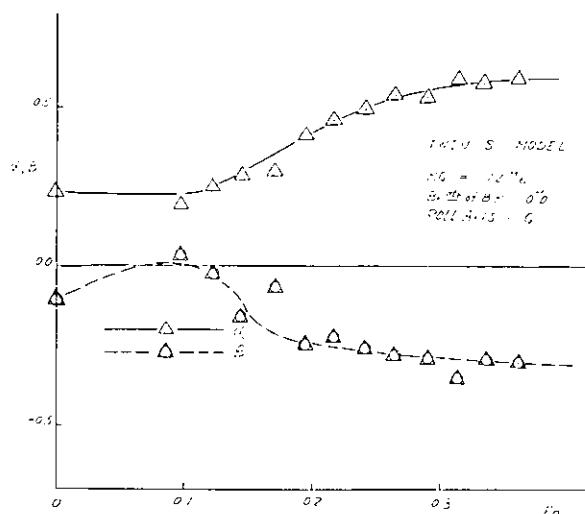


図 2.2.19 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha$ ,  $\beta$

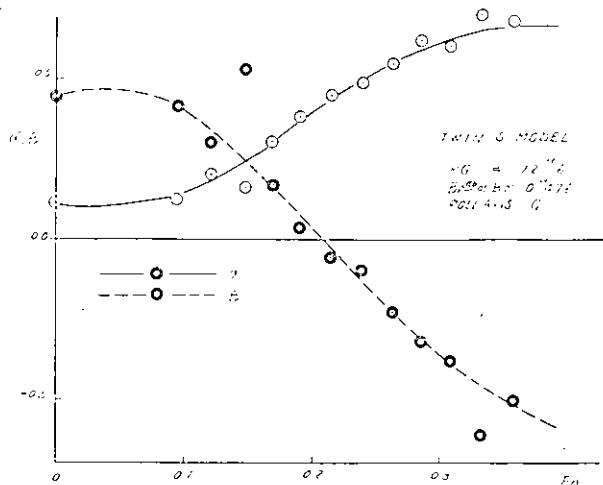


図 2.2.20 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha$ ,  $\beta$

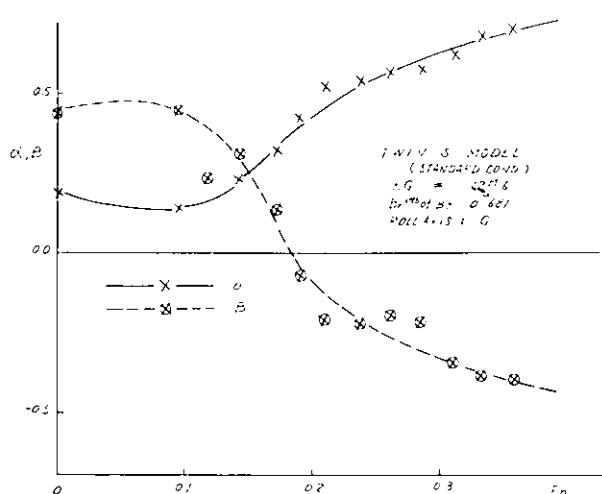


図 2.2.21 DAMPING COEFFICIENTS  $\alpha$ ,  $\beta$

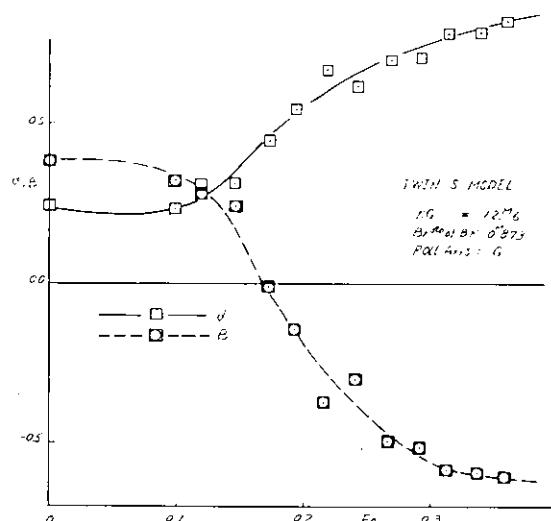


図 2.2.22 DAMPING COEFFICIENT  $\alpha$ ,  $\beta$

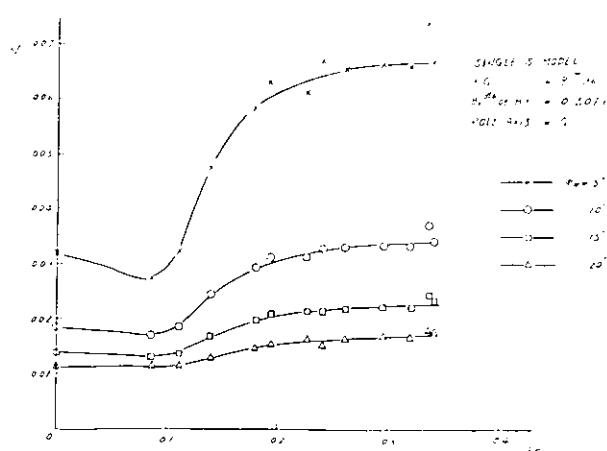


図 2.2.23

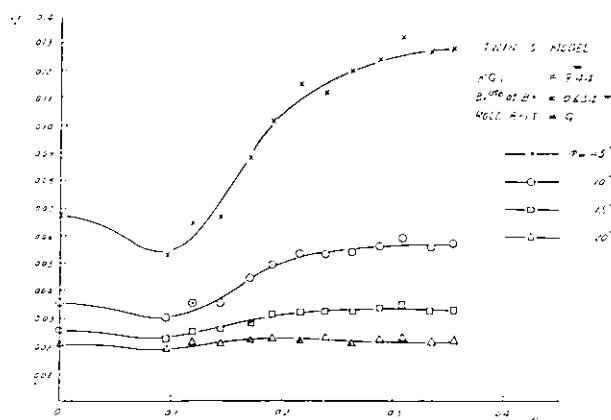


図 2.2.24

NAR	計測箇所	模型船	W	面積
—	船頭部	18"	3~20deg	G. 面積
- - -	船尾部	43"	30deg	自航
- · -	左右舷	30"	20° 10°	0 括東

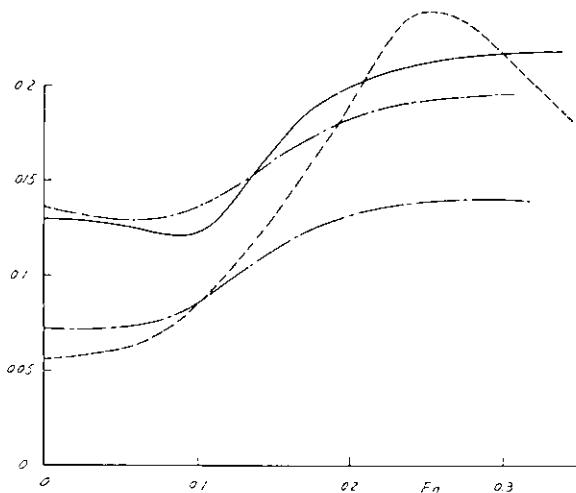


図 2.2.25  $k$  の計測値の比較

### 2.3 運動中の船体表面圧の計測

高速コンテナ船が就航速度に近い状態 ( $F_n=0.25$ ,  $V_s=20 \text{ kts}$ ) で航行する場合、その表面に働く変動圧を計測し、1. 2の計算値との比較を行なった。圧力計測点としてはその船長方向分布がプロットできるように S.S. 2 から S.S. 8 まで、それぞれ、Bottom、Bilge、Side に開孔した。

#### 2.3.1 実験方法

- 1) 実験に用いた模型船は長さ 3m の木製のものでその要目を表 2.3.1 に示す。
- 2) 圧力変換器の取付位置は図 2.3.1、図 2.3.2 に示しているが、Bottom、Bilge、Side はそれぞれルイス断面の  $\theta = 0^\circ, 50^\circ, 80^\circ$  に対応している。実断面とルイス断面が相違する位置ではその深さが同じになるよう選定した。
- 3) 模型船は前後揺れを拘束して行なったがその概略を図 2.3.5 に示す。またビルジキール、プロペラは装備していない。
- 4) 実験は正面規則波中を次のような状態で行なった。

波高	$H_w = 6 \text{ cm}$ (一定)
波長/船長	$\lambda/L = 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00$ の 7 状態
船速	$F_n = 0.25, V_m = 1.355 \text{ m/s}$

- 5) 実験に使用した圧力変換器は、豊田工機の PMS 型半導体圧力変換器でその外形図及び取付図をそれぞれ図 2.3.3、図 2.3.4 に示す。

#### 2.3.2 実験結果

- 1) 図 2.3.6、図 2.3.7 はそれぞれ上下揺、縦揺の振幅値をストリップ法による計算結果と比較したものである。また、本実験においては前後揺を拘束したのでその影響を調べるために、船頭の長水槽における実験値<sup>1)</sup>を数点ではあるが同図に示している。
- 2) 変動圧力の波長分布  
2.3.1 の各状態について得られた変動圧力は波振幅  $h_0$  に相当する水頭で無次元化して表わした。  
図 2.3.8～図 2.3.10 は、それぞれ S.S. 2、S.S. 5 (θ)、S.S. 8 における Bottom、Bilge、Side での、変

変動圧力の無次元値を波長 ( $\lambda/L$ ) を横軸にとって示した。

### 3) 変動圧力の船長分布

図2.3.11～図2.3.14はそれぞれ  $\lambda/L=0.5, 1.0, 1.5, 2.0$  における Bottom, Bilge, Side での変動圧力を船長を横軸として示した。

### 4) 変動圧力のガース分布

図2.3.15～図2.3.17はそれぞれ S.S.2, S.S.5(2), S.S.8 における変動圧力を横軸に  $\theta$  (ルイス断面の原点まわりの角度) をとり、波長をパラメタとして表わした。

図2.3.18～図2.3.20は上同の結果を実断面上にプロットしたものである。

## 2.3.3 実験と計算結果の比較

### 1) 変動圧力の波長分布 (図2.3.21～図2.3.23)

波長の長い所では実験値は計算値に近い値を示しているが  $\lambda/L=1.0$  附近では余りよく合わない。とくに、S.S.2においてはその傾向も異なっている。すなわち、計算値はそこで peak を示すのに対し、実験値では逆に hollow になっている。

S.S.5(2), S.S.8 では実験値・計算値は比較的よく合っているが peak の位置に若干のずれがみられる。

各断面とも計算値の方が実験値より高い値を示している。

### 2) 変動圧力の船長分布 (図2.3.24～図2.3.27)

1) で見たように、波長が長くなると一致度はよいが、短い所では、余りよく合わない。とくに、船尾部では定性的にも異っている。

### 3) 変動圧力のガース分布 (図2.3.28～図2.3.29)

S.S.8 を除いて実験値、計算値の対応はよくない。

表2.3.1 供試船型の主要寸法

		実 船	模 型 船
垂線間長	L (m)	175.000	3.000
型幅	B <sub>0</sub> (m)	25.400	0.435
型深	D (m)	15.400	0.264
吃水 (設計状態)	d <sub>0</sub> (m)	9.500	0.163
(実験状態)			
船首吃水	d <sub>f</sub> (m)	8.000	0.1371
船尾吃水	d <sub>a</sub> (m)	9.000	0.1543
平均吃水	d <sub>m</sub> (m)	8.500	0.1457
船尾トリム	t (m)	1.000	0.0171
方形肥満係数	C <sub>B</sub>	0.562	0.562
排水量	T (m <sup>3</sup> )	21,222	0.10686
重心前後位置	L <sub>c</sub> (m) aft	3.164	0.0542
重心高さ	Z <sub>G</sub> (m)	9.39	0.161
慣性半径	K		0.24L

## 参考文献

北川弘光他：“高速コンテナ船の波浪中推進運動性能に関する研究”

### (2) 推進性能

船研研究発表会 1970.11

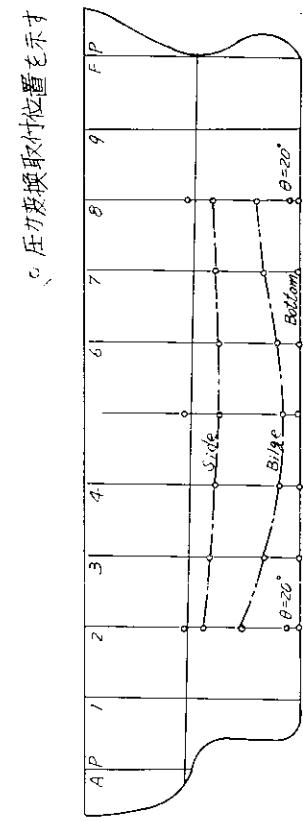
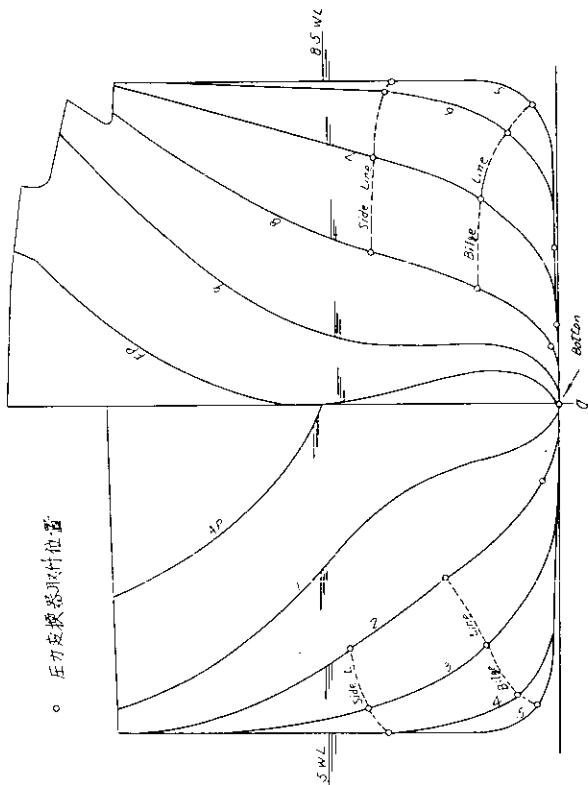


图 2.3.1 压力变换器取样位置侧面图



◎ 壓力變換器測量位置

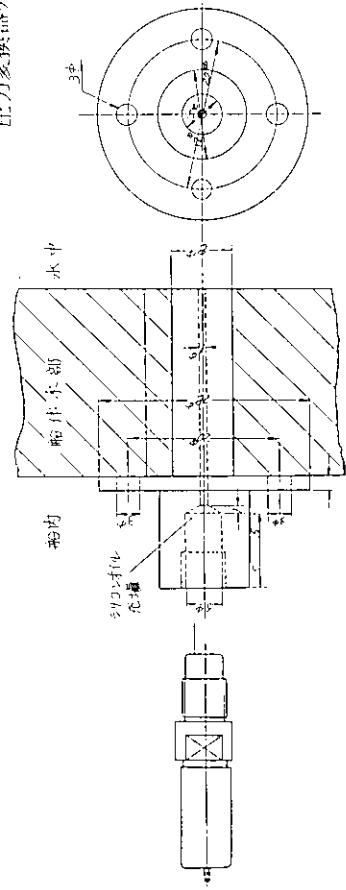
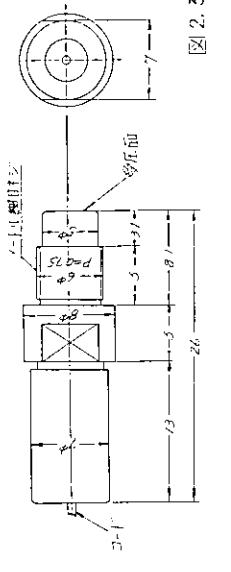


图 2.3.4 PMS—型半导体压 力变换器

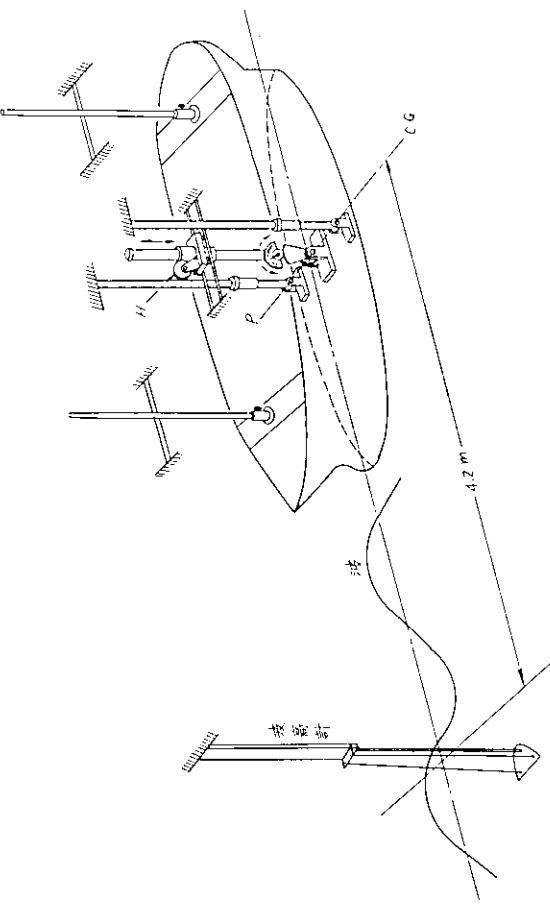


図2.3.5 前後擇選定の方法および実験状態

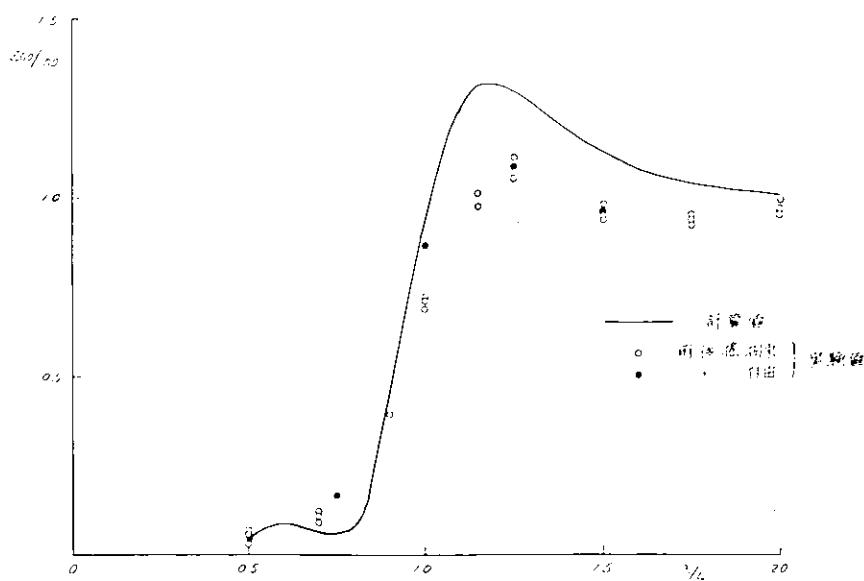


图 2.3.6 HEAVE  $F_n = 0.25$

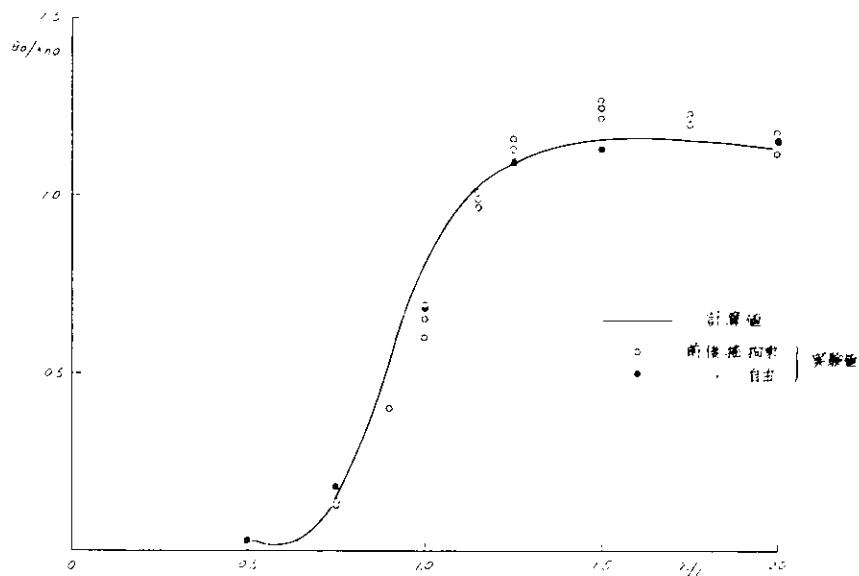


图 2.3.7 PITCH  $F_n = 0.25$

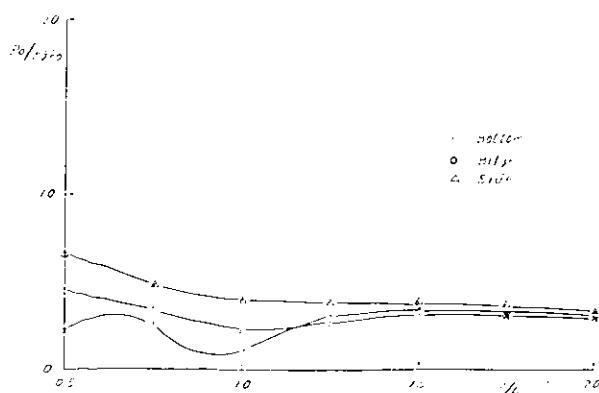


图 2.3.8 波長分布(実験値) S.S.2

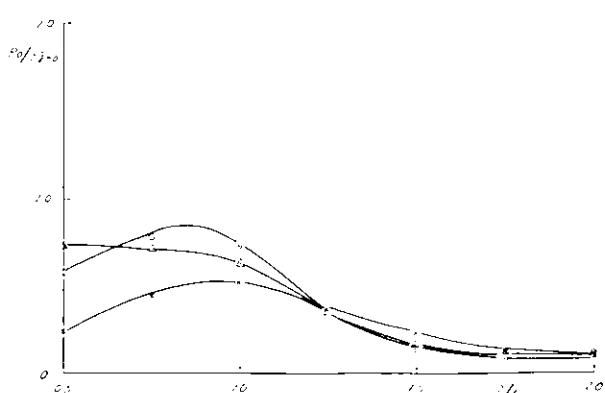


图 2.3.9 波長分布(実験値) S.S.5

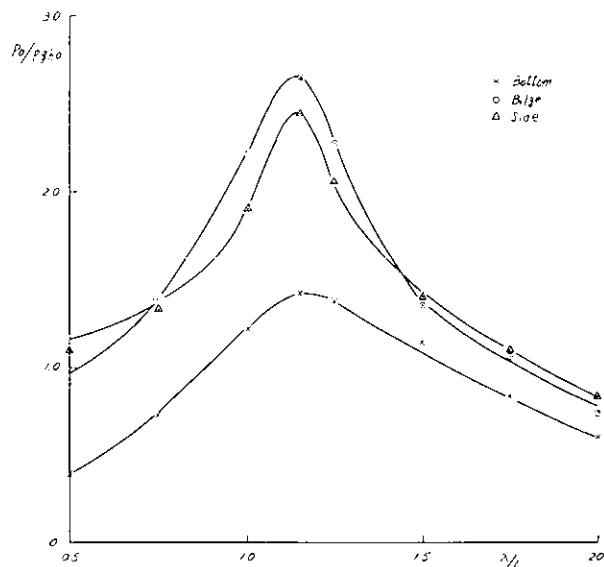


図 2.3.10 波長分布(実験値) S.S.8

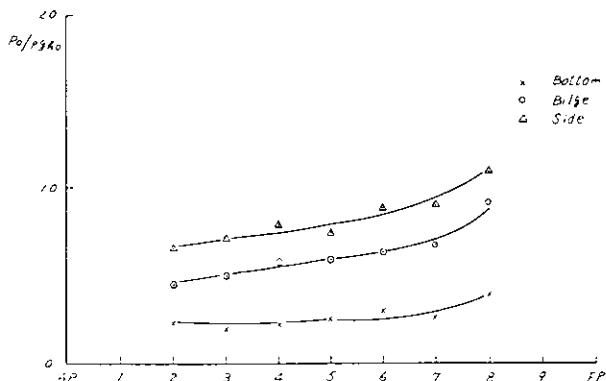


図 2.3.11 船長分布(実験値)  $\lambda/L=0.50$

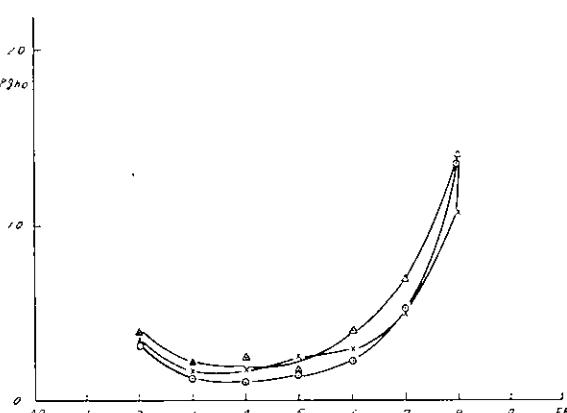


図 2.3.13 船長分布(実験値)  $\lambda/L=1.50$

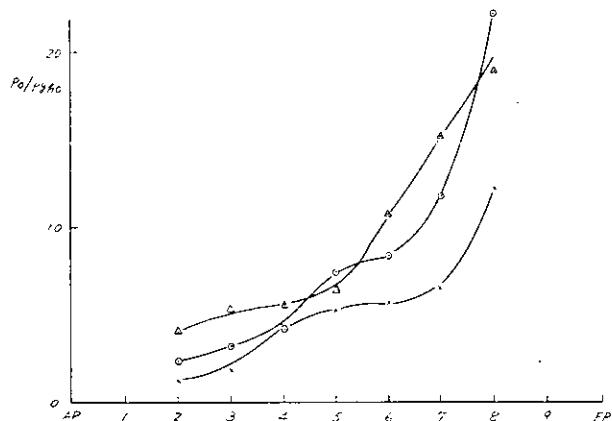


図 2.3.12 船長分布(実験値)  $\lambda/L=1.00$

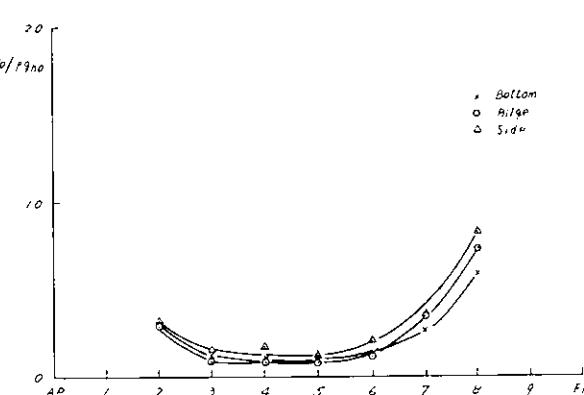


図 2.3.14 船長分布(実験値)  $\lambda/L=2.00$

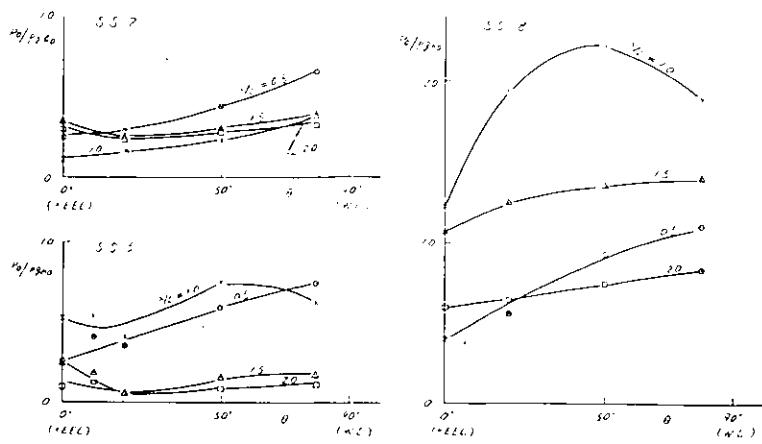


図 2.3.15~2.3.17 ガス分布(実験値)

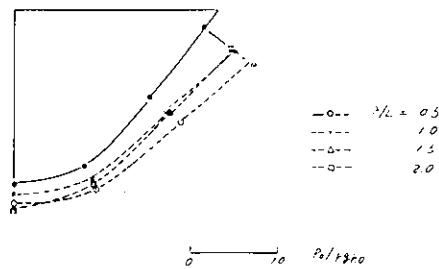


図 2.3.18 ガス分布 S.S.2

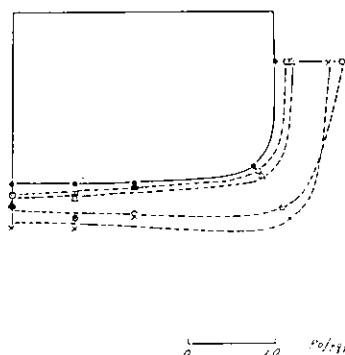


図 2.3.19 ガス分布 S.S.5

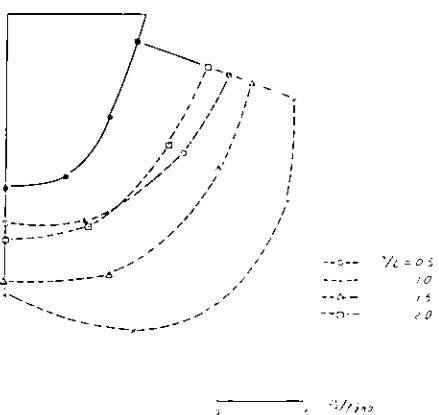


図 2.3.20 ガス分布 S.S.8

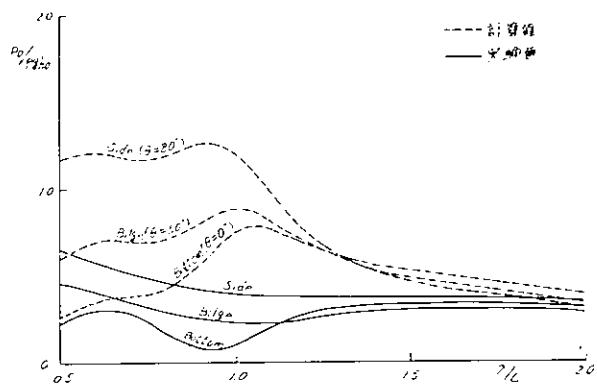


図 2.3.2.1 波長分布（実験値と計算値の比較）S.S.2

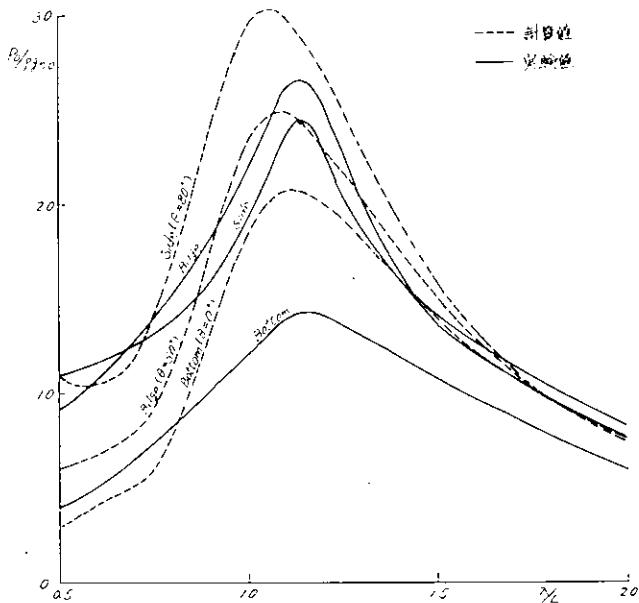


図 2.3.2.3 波長分布（実験値と計算値の比較）S.S.8

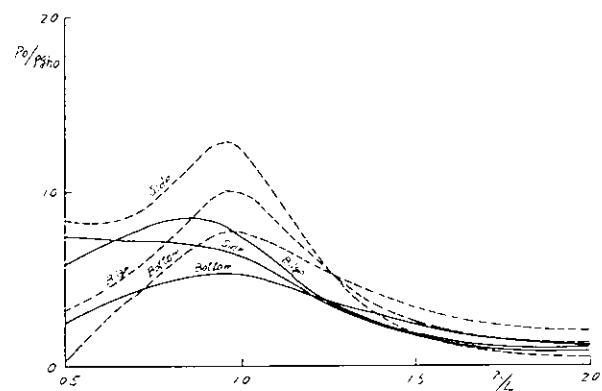


図 2.3.2.2 波長分布（実験値と計算値の比較）S.S.5

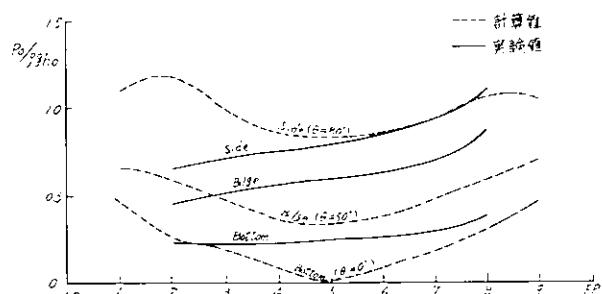


図 2.3.2.4 船長分布（実験値と計算値の比較） $\lambda/L=0.50$

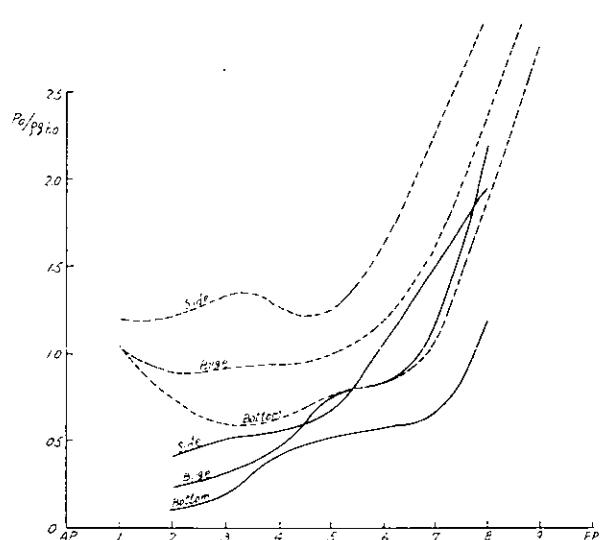


図 2.3.2.5 船長分布（実験値と計算値の比較） $\lambda/L=1.00$

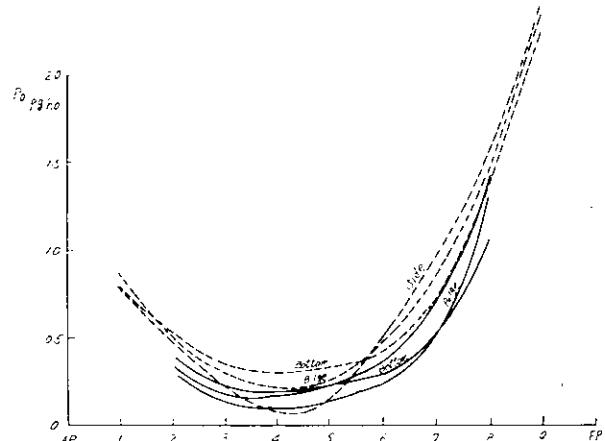


図 2.3.2.6 船長分布（実験値と計算値の比較） $\lambda/L=1.50$

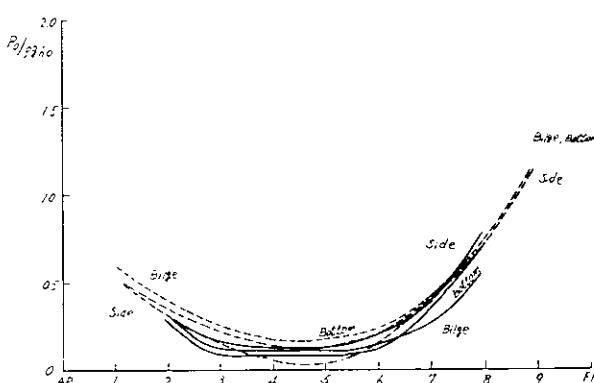


図 2.3.2.7 船長分布（実験値と計算値の比較） $\lambda/L=2.00$

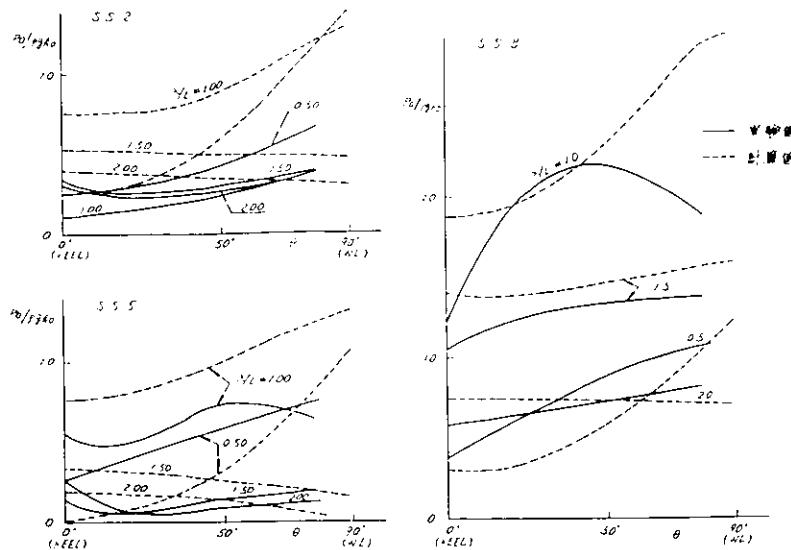


図 2.3.28～2.3.29 ガス分布（実験値と計算値の比較）

## 2.4 斜波中航走時の波浪外力の計測

### 2.4.1 実験の意義

斜波中において船は種々の運動を行なうわけであるが、これは船が波から強制力を受けることに起因している。この斜波中の波浪外力を求める方法としては、ストリップ法に基づく近似計算としての理論計算がある。しかし今までこれを見実験的に求めることは実験用船舶の制約から不可能であった。今回は新しくつくられた東京大学の X-Y 型曳航電車付の角水槽において、上記の斜波中の波浪外力を求めた。これはストリップ法に基づく理論計算の精度をあげるための基礎的な実験として意義あるものである。

### 2.4.2 模型船

模型船の縮尺は 1/70 であり主要寸を表 2.4.1 に示す。模型船は木製である。

### 2.4.3 波浪外力に関する実験

#### (1) 計測項目および計測装置

計測項目は上下揺、左右揺、前後揺の波浪強制力と横揺、縦揺、船首揺の波浪強制モーメントの 6 項目である。

計測装置は図 2.4.1 A に示す六分力換力装置である。換出部は上下揺、横揺、左右揺、船首揺に対して差動トランスを用い、前後揺にはストレンジージを用い、横揺に対しては磁歪式トルクメータを用いた。

#### (2) 実験方法

実験は六分力換力装置を介して拘束された模型船を規則波中、一定船速で一定方向に曳航して行なった。規則波の周波数は  $\lambda/L = 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0$  の 5 通りである。船速はフルード数で  $F_n = 0, 0.1, 0.2, 0.3$  の 4 通りである。波との出会い角度は  $\chi = 0^\circ$  (向波)、 $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  (横波)、 $120^\circ, 150^\circ, 180^\circ$  (追波) の 7 通りである。これらの組合せで合計 140 通りの実験を行なった。波高は実験中は一定の  $H = 3 \text{ cm}$  とした。

#### (3) 実験結果

波浪外力の無次元化の方法は以下に示す通りである。上下揺、左右揺、前後揺の強制力とその無次元化した係数をそれぞれ  $F_H, F_{SW}, F_{SU}$  ならびに  $C_H, C_{SW}, C_{SU}$  と書くことにする。また、横揺、縦揺、船首揺の強制モーメントを無次元化した係数をそれぞれ  $M_H, M_{SW}, M_{SU}$  ならびに  $K_C, C_F, C_Y$  と書くこととする。さらに、船長  $L$ 、船幅  $B$ 、排水量  $M$ 、波高  $H$ 、波長  $\lambda$  とする。

$$C_H = \frac{F_H}{L \cdot B \cdot \frac{H}{2}}$$

$$C_R = \frac{M_R}{W \cdot G_M \cdot \frac{\pi H}{\lambda}}$$

$$C_{SW} = \frac{F_{SW}}{\frac{\pi H}{\lambda} \cdot W}$$

$$C_P = \frac{M_P}{L^2 \cdot B \cdot \frac{H}{2}}$$

$$C_{SU} = \frac{F_{SU}}{\frac{\pi H}{\lambda} \cdot W}$$

$$C_Y = \frac{M_Y}{\frac{\pi H}{\lambda} \cdot W \cdot L}$$

以上が波浪外力の無次元化された係数の定義である。 $C_H$ は船速が0、0.1、0.2、0.3の順に図2.4.1～4までに示す。以下同様に、 $C_R$ は図2.4.5～8、 $C_{SU}$ は図2.4.9～12、 $C_{SW}$ は図2.4.13～16、 $C_Y$ は図2.4.17～20、 $C_P$ は図2.4.21～24に示す。

#### (4) 考察

- (a) 上下揺の強制力：波長の影響は、波長が長くなるほど強制力は大きくなる。船速に対しては、船速が増すと強制力はごくわずかしか大きくならない。波との出会い角に関しては、横波の場合が強制力が最も大きく、縦波になるにつれて小さくなっていく。出会い角 $30^\circ$ と $150^\circ$ 、 $60^\circ$ と $120^\circ$ はそれぞれ船速が正負逆になっているが、それぞれほぼ同じ強制力の値をもっている。このことから、上下揺の強制力に関しては、船速の影響は小さいと考えられる。
- (b) 縦揺の強制モーメント：横波による影響はほとんど無い。縦波になるにつれて強制モーメントは大きくなる。横波に近い $60^\circ$ あるいは $120^\circ$ では、波長の短かいところで強制モーメントは零に近づかずむしろ大きくなる傾向を示している。これは横波に近い場合は波長が短かいときに船が一波長の波の山と谷をまたぐことになり、強制モーメントは波長の短かいときの方が大きくなるものと考えられる。船速の影響は向波と追波とでは異なった傾向を示す。向波の場合には船速が大きくなると強制モーメントは大きくなるのに対し、追波では逆に小さくなる傾向にある。
- (c) 前後揺の強制力：波長が大きくなると、強制力は大きくなる傾向にある。また横波から縦波になるにつれて強制力は大きくなっている。船速による傾向は向波と追波とでは異なった傾向を示している。船速が大きくなると向波では強制力が大きくなるのに対して、追波では逆に小さくなる傾向にある。
- (d) 左右揺の強制力：縦波から横波になるにつれて強制力は大きくなっている。出会い角がそれぞれ( $180^\circ$ ,  $0^\circ$ )と( $150^\circ$ ,  $30^\circ$ )と( $120^\circ$ ,  $60^\circ$ )は同じような値を示している。これは左右揺の強制力は船速の影響をあまり受けないことによると考えられる。
- (e) 船首揺の強制モーメント：船首揺の強制モーメントは、横波、縦波の場合は小さくて、斜波の場合は大きい。それも横波に近い斜追波の場合に大きくなっている。船速が大きくなると追波では強制モーメントは大きくなるのに対して、向波では逆に小さくなる傾向にある。出会い角 $60^\circ$ ,  $120^\circ$ の場合、波長が短かいところで強制モーメントが他の出会い角と異なり大きくなっているが、この間の事情は縦揺の強制モーメントの場合と同じと考えられる。船首揺の場合、特に注目されることは、横波による強制モーメントであって、船速が増すにつれて大きくなっている。これは波のorbital motionと船から生ずるcirculationによるものと考えられる。
- (f) 横揺の強制モーメント：横波に近い斜波 $60^\circ$ ,  $120^\circ$ が、波長の短かいところで他と異なる傾向を示すのは、縦揺、船首揺の強制モーメントの場合と同様に考えられる。船速の影響は向波に近い斜波を除いては船速が大きくなると強制モーメントは大きくなっている。特に注目されるところは、横波による強制モーメントであって、船速が零では他の出会い角に比べて強制モーメントは小さいのであるが、船速が増すにつれて、どんどん大きくなり $F_n=0.3$ では横波の場合が最も大きくなっている。このように横波の強制モーメントに対する船速の影響はかなり本質的な問題を含んでいるものと考えられる。

表 2.4.1

項 目	記 号	実 船	模 型 船
総 尺		1	1/70
垂 線 間 長	L	175 m	2.5
中	B	25.4 m	36.29 cm
前 部 吃 水	df	8.0 m	12.14 cm
後 部 吃 水	da	9.0 m	11.43 cm
平 均 吃 水	dm	8.5 m	12.86 cm
ト リ ム	t	1.0 m	1.43 cm
ブ ロ ッ ク 係 数	CB	0.559	0.559
排 水 容 積	V	21,222 m <sup>3</sup>	61,872 cm <sup>3</sup>
舵 面 積	AR	26.69 m <sup>2</sup>	54,469 cm <sup>2</sup>
慣 動 半 径	KZ		0.24 L
ビルジ ギル	深 さ	0.45 m	6.64 cm
	長 さ	0.25 L	0.25 L
	■より前方	19.688 m	28.13 cm
	■より後方	24.063 m	34.38 cm

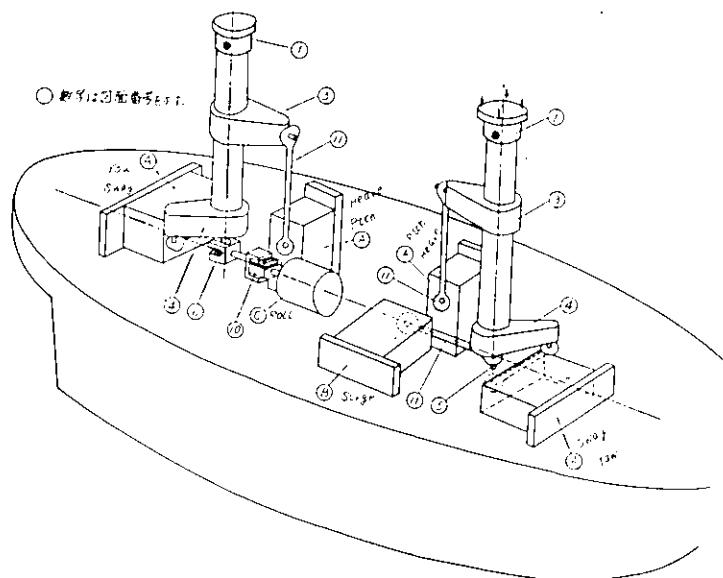


图 2.4.1.A 六分力検力装置概要図

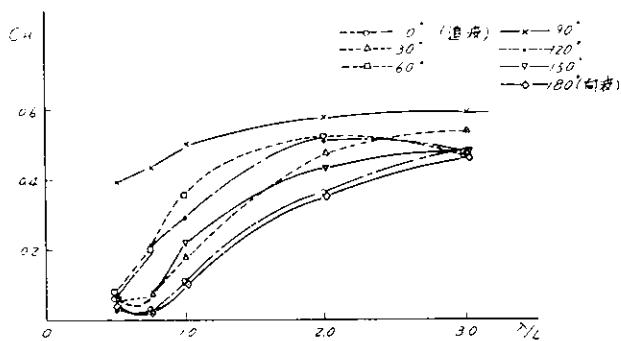


图 2.4.1 Heaving  $F_n=0$

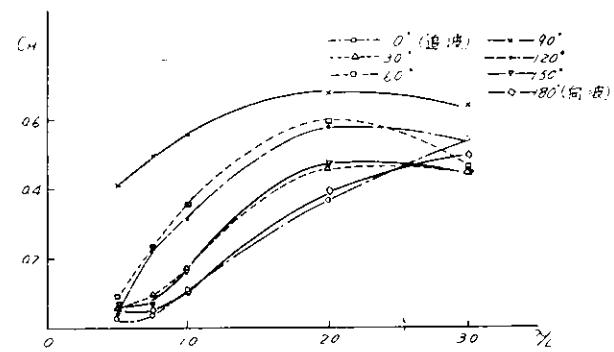


图 2.4.3 Heaving  $F_n=0.2$

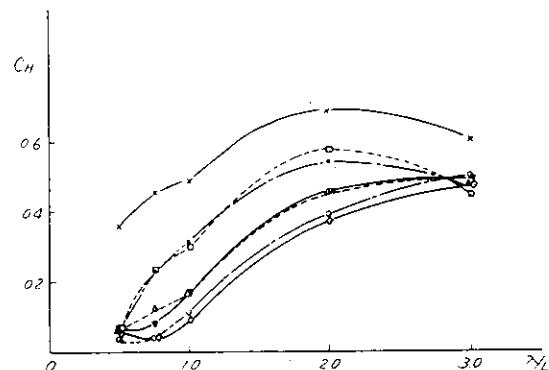


图 2.4.2 Heaving  $F_n=0.1$

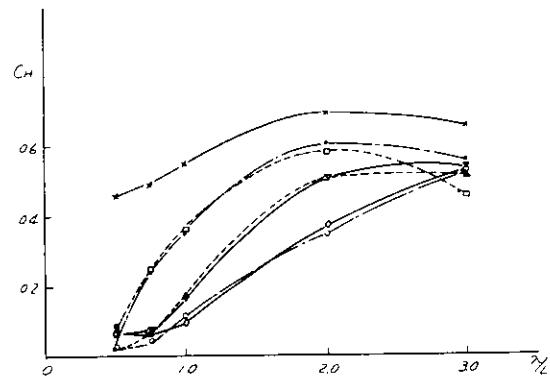


图 2.4.4 Heaving  $F_n=0.3$

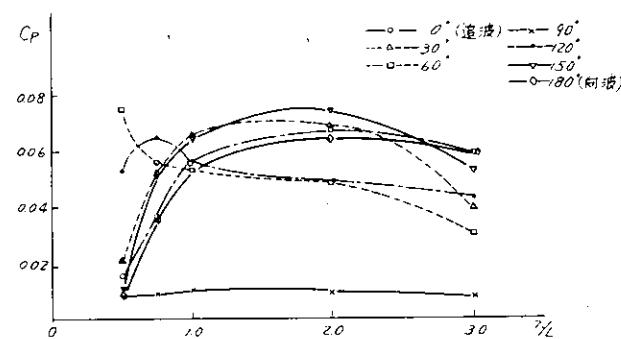


图 2.4.5 Pitching  $F_n=0$

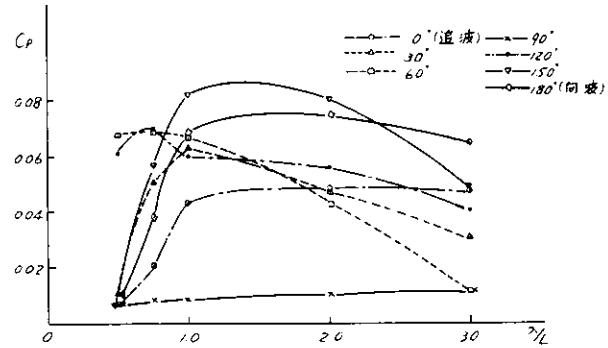


图 2.4.7 Pitching  $F_n=0.2$

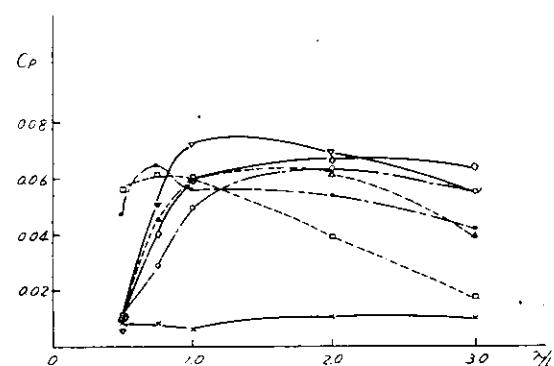


图 2.4.6 Pitching  $F_n=0.1$

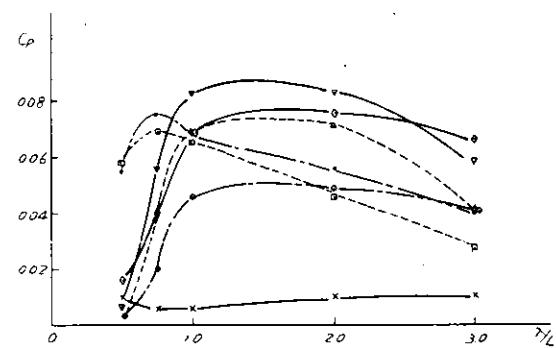


图 2.4.8 Pitching  $F_n=0.3$

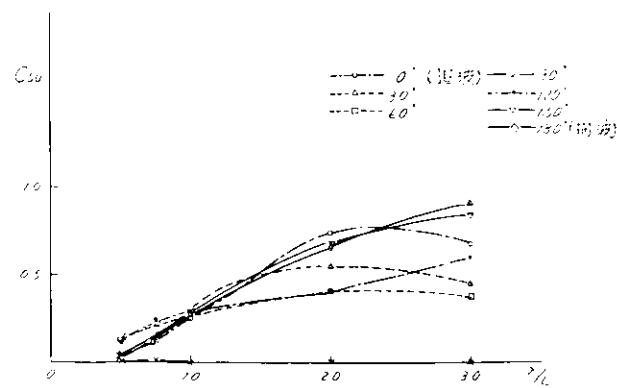


図 2.4.9 Surging Fn=0

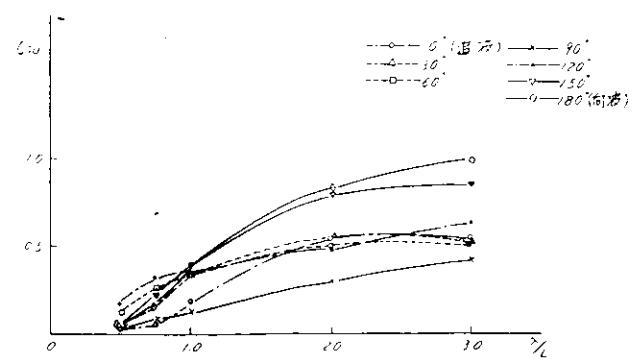


図 2.4.11 Surging Fn=0.2

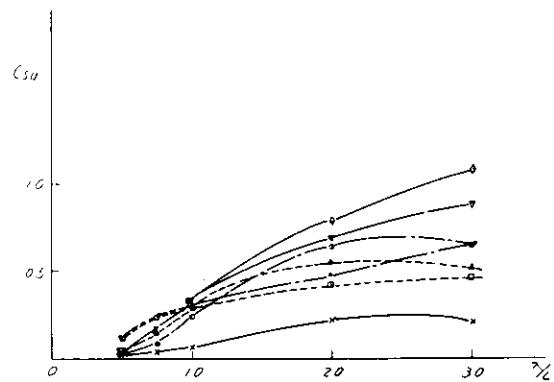


図 2.4.10 Surging Fn=0.1

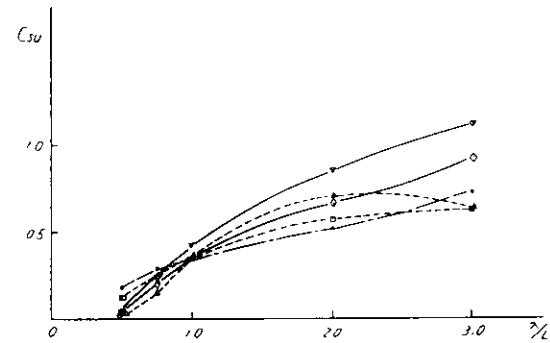


図 2.4.12 Surging Fn=0.3

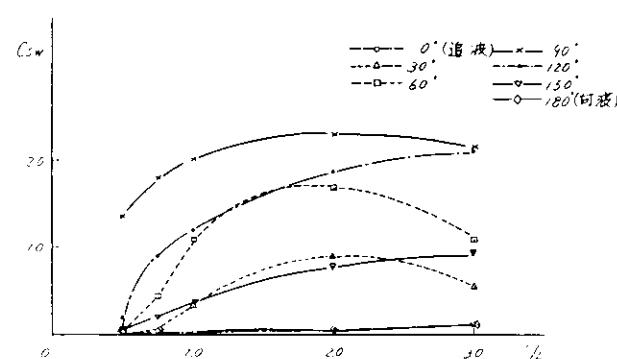


図 2.4.13 Swaying Fn=0

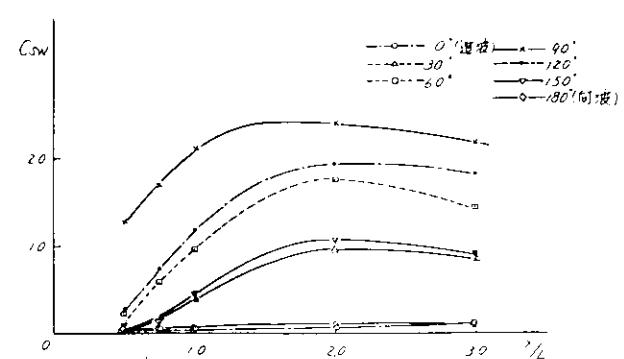


図 2.4.15 Swaying Fn=0.2

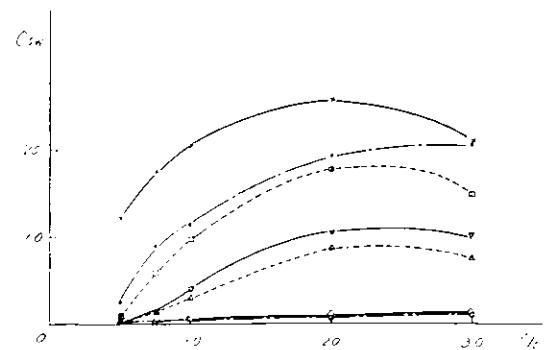


図 2.4.14 Swaying Fn=0.1

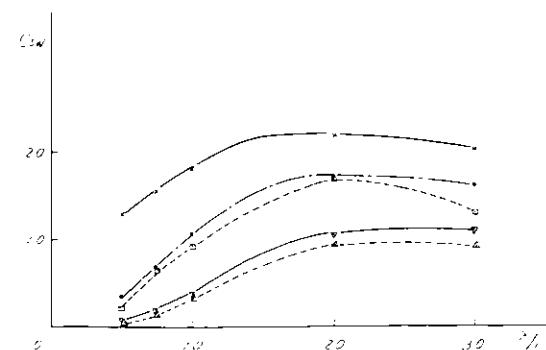


図 2.4.16 Swaying Fn=0.3

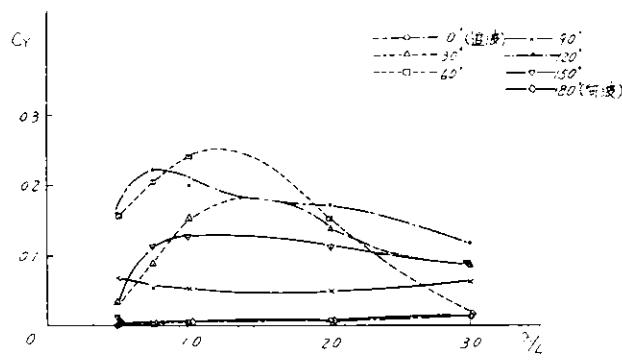


图 2.4.17 Yawing  $F_n=0$

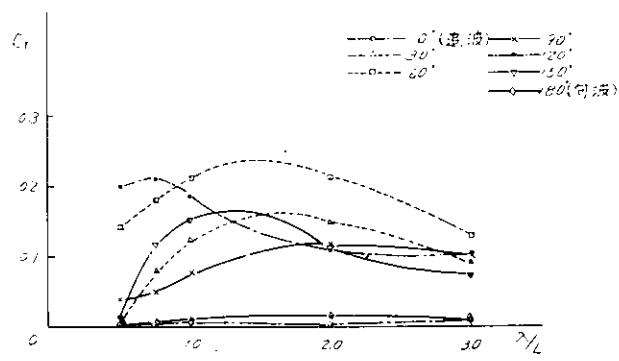


图 2.4.19 Yawing  $F_n=0.2$

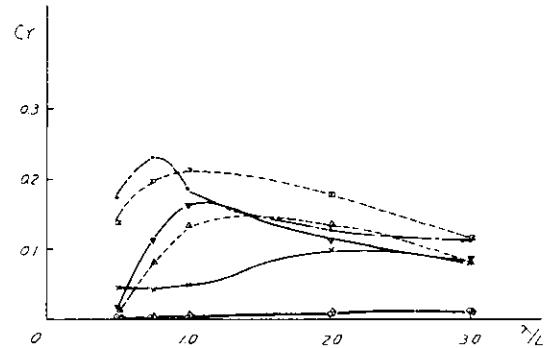


图 2.4.18 Yawing  $F_n=0.1$

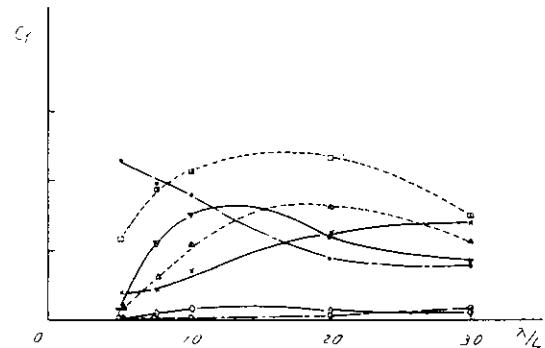


图 2.4.20 Yawing  $F_n=0.3$

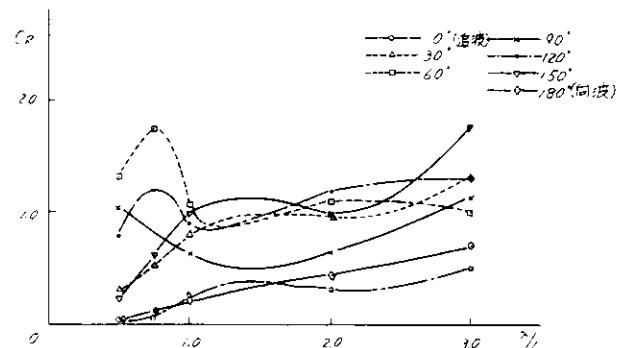


图 2.4.21 Rolling  $F_n=0$

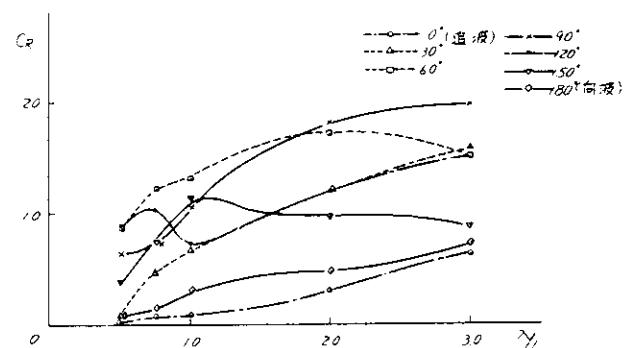


图 2.4.23 Rolling  $F_n=0.2$

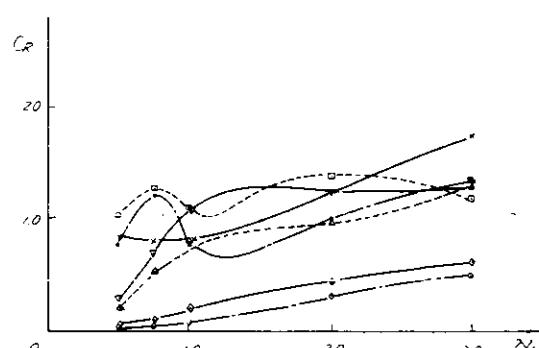


图 2.4.22 Rolling  $F_n=0.1$

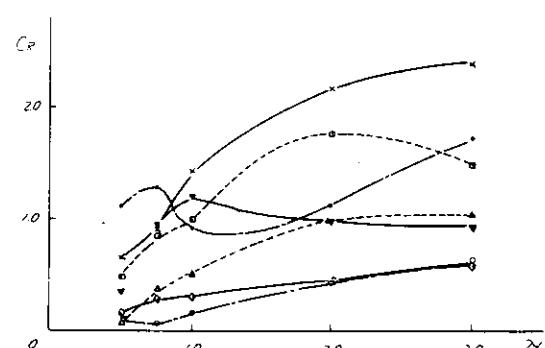


图 2.4.24 Rolling  $F_n=0.3$

## 2.5 強制動搖法による動搖特性の計測

### 2.5.1 試験の目的

現在、波浪中における船体運動は、Strip法を適用することにより電算機を用いて簡単に推定することができるが、これらの結果を実用に供するためには、実験結果との比較検討が必要である。波浪中における縦方向の船体運動Heave、Pitchに関しては多くの実験結果があり、計算結果との比較検討がなされて実用に供されつつあるが、横方向の船体運動Sway、Yaw、Rollに関しては、実験結果も少なくてまだ十分な精度で推定されているとは云えない。特にRollに関しては非線形影響も大きく、近似計算法の改善が望まれている。

強制動搖試験法は船体運動の成立を分析的に調査するのに最も有効な手段と考えられている。コンテナ船のような高速船型船は、波浪中における船体運動が激しく特にRollingの大きいことが報告されているので、その原因を調査することと近似計算法の精度をチェックすることを目的に、昭和44年度の供試船型( $L/B = 7.0$ 、1軸)についてSway振幅、Yaw振幅、Roll振幅ならびに前進速度、強制動搖周期を種々組合せて、横方向強制動搖試験を実施し、運動方程式の左辺の係数を実験的に求めた。

### 2.5.2 供試模型、試験装置

昭和44年度の供試船型の $L_{pp}=3.0\text{m}$ 木製模型を製作し、強制動搖試験のあと波浪中試験に使用するので、高船首樓型を採用し取付けた。副部としてBilge Keel、舵を取り付け、代用プロペラを装備した。模型船内中央部に強制動搖試験装置と連結するための固定枠を取り付け、Rollの回転中心が模型船の重心に一致するようにした。

強制動搖装置は図2.5.1に示すように、模型船にSway、Yaw、Rollの運動を与える機構を有し、運動の振幅はそれぞれの運動を与える機構のスコッチヨークに対する偏心量で、運動の周期は駆動電動機の回転数で規定される。本装置の仕様を表2.5.1に示す。図2.5.2に示すように強制動搖時、模型船に作用する横方向の流体反力は、本装置と模型船に

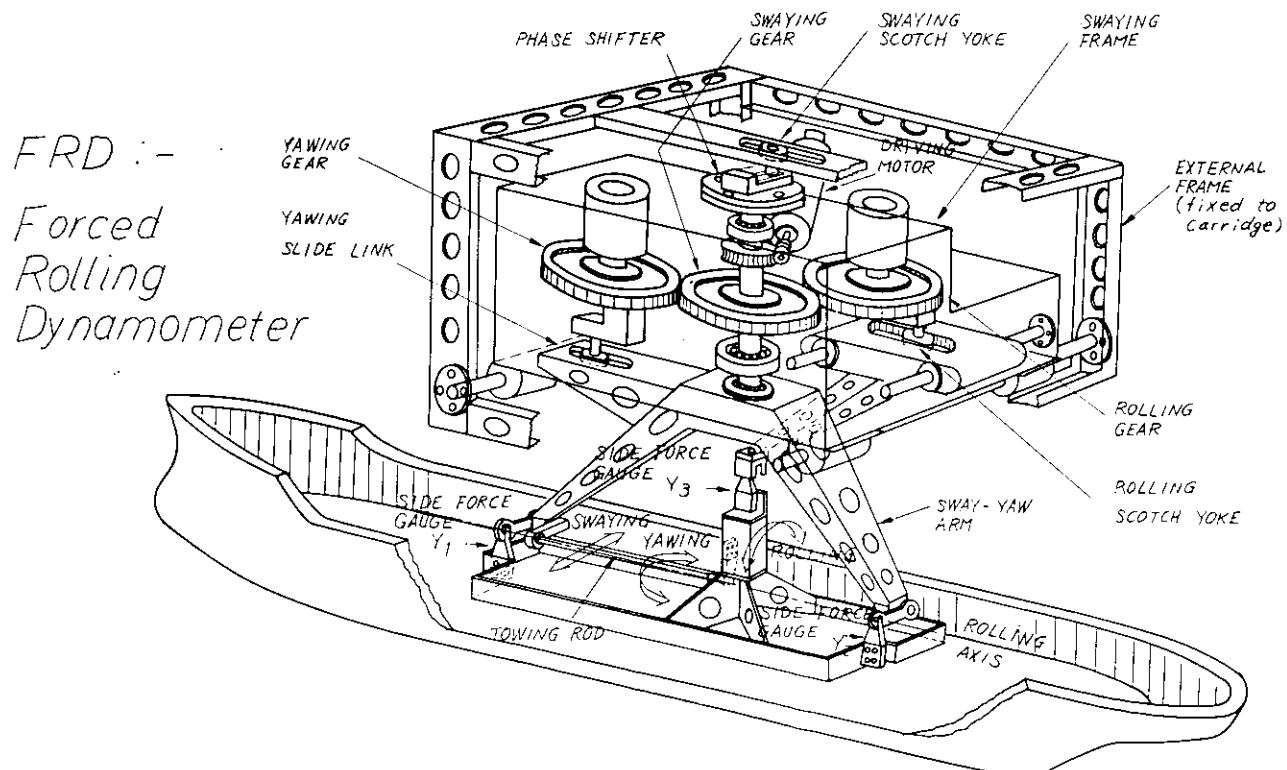


図2.5.1 SCHEMA of MECHANISM of FORCED OSCILLATION DYNAMOMETER  
for LATERAL MOTION (SWAY, YAW, ROLL)

表2.5.1 PRINCIPAL PARTICULARS OF FRD

Model Length	$L_{pp} = 3.0\text{m}$ (standard)
Swaying Amplitude Yawing Amplitude Rolling Amplitude	$\gamma_A = 0 \sim 35\text{ mm}$ (variable, continuous) $\psi_A = 0 \sim 5^\circ$ ("") $\phi_A = 0 \sim 30^\circ$ ("")
Sway, Yaw Phase Sway, Roll Phase	$\epsilon_y - \epsilon_\psi = 0 \sim \pm 180^\circ$ (variable, every $15^\circ$ ) $\epsilon_y - \epsilon_\phi = 0 \sim \pm 180^\circ$ ("")
Period Circular Frequency	$T = 0.8 \sim 6\text{ sec}$ $\omega = 1 \sim 7.8\text{ rad/sec}$
Driving Motor (...)	0.75 KW DC Motor with Speed Control by Static Leonard Method
Force and Moments Capacity	Sway Force : $50\text{ kg}$ Yaw Moment : $25\text{ kg} \cdot \text{m}$ Roll Moment : $4\text{ kg} \cdot \text{m}$
Restriction for Longitudinal Motion	Heave, Pitch: free for small displacement Surge : restrained by Towing Rod

取付けられた固定枠を連結する3枚のゲージバネで計測される。このとき次のような演算が必要である。

$$\text{Sway Force } Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$\text{Yaw Moment } N = Y_1 l_1 - Y_2 l_2$$

$$\text{Roll Moment } L = Y_3 l_3$$

ただし、 $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  はレバ長さで

$$l_1 = 450\text{ mm}, \quad l_2 = 350\text{ mm}, \quad l_3 = 200\text{ mm}$$

である。

### 2.5.3 試験法、解析法

波浪中における船体の横方向運動すなわち Sway, Yaw, Roll の連成運動の線形化された運動方程式を、解析の便宜上 Roll 以外は復原項のない次のような形に仮定する。

$$a_{11}\ddot{\gamma} + a_{12}\dot{\gamma} + a_{14}\dot{\psi} + a_{15}\psi + a_{17}\dot{\phi} + a_{18}\phi = Y$$

$$a_{21}\ddot{\gamma} + a_{22}\dot{\gamma} + a_{24}\dot{\psi} + a_{25}\psi + a_{27}\dot{\phi} + a_{28}\phi = N$$

$$a_{31}\ddot{\gamma} + a_{32}\dot{\gamma} + a_{34}\dot{\psi} + a_{35}\psi + a_{37}\dot{\phi} + a_{38}\phi + a_{39}\phi = L$$

ここで、第1式は Sway の運動方程式  $\gamma$  は Sway の変位

第2式は Yaw の " "  $\psi$  は Yaw の "

第3式は Roll の " "  $\phi$  は Roll の "

$a_{ij}$  は運動方程式の係数

強制動搖試験の運動モードとして Pure Sway, Pure Yaw, Pure Roll の3種をとる。このとき  $a_{ij}$  は次のように与えられる。

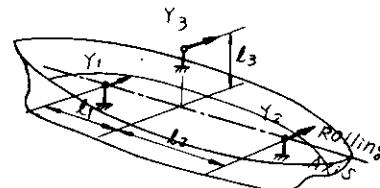


図2.5.2

### (1) Pure Sway 試験

$\dot{\psi} = \dot{\phi} = 0$ 、 $\ddot{\phi} = \ddot{\psi} = 0$  として、 $y$  軸方向にだけ  $y = y_A \sin \omega t$  で強制的に動揺させる。このときの流体反力を

$$Y = Y_A \sin (\omega t + \epsilon_Y)$$

$$N = N_A \sin (\omega t + \epsilon_N)$$

$$L = L_A \sin (\omega t + \epsilon_L)$$

とすると、Sway 運動の主要項の係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$  および Yaw, Roll への連成項の係数  $a_{21}$ 、 $a_{22}$ 、 $a_{31}$ 、 $a_{32}$  は次のよう

$$a_{11} = -\frac{Y_A \cos \epsilon_Y}{\gamma_A \omega^2} \quad a_{21} = -\frac{N_A \cos \epsilon_N}{\gamma_A \omega^2} \quad a_{31} = -\frac{L_A \cos \epsilon_L}{\gamma_A \omega^2}$$

$$a_{12} = \frac{Y_A \sin \epsilon_Y}{\gamma_A \omega} \quad a_{22} = -\frac{N_A \sin \epsilon_N}{\gamma_A \omega} \quad a_{32} = \frac{L_A \sin \epsilon_L}{\gamma_A \omega}$$

ただし、 $\gamma_A$  は Sway 運動の振幅、

$Y_A$ 、 $\epsilon_Y$  は Sway Force の振幅、運動との位相差

$N_A$ 、 $\epsilon_N$  は Yaw Moment " "

$L_A$ 、 $\epsilon_L$  は Roll Moment " "

### (2) Pure Yaw 試験

$\dot{y} = \dot{\phi} = 0$ 、 $\ddot{y} = \ddot{\phi} = 0$  で、船体運動は位相基準を合わせて  $\psi = \psi_A \cos \omega t$  とすると、Yaw の主要項、Sway, Roll への連成項の係数は次のように与えられる。

$$a_{14} = -\frac{Y_A \sin \epsilon_Y}{\psi_A \omega^2} \quad a_{24} = -\frac{N_A \sin \epsilon_N}{\psi_A \omega^2} \quad a_{34} = -\frac{L_A \sin \epsilon_L}{\psi_A \omega^2}$$

$$a_{15} = -\frac{Y_A \cos \epsilon_Y}{\psi_A \omega} \quad a_{25} = -\frac{N_A \cos \epsilon_N}{\psi_A \omega} \quad a_{35} = -\frac{L_A \cos \epsilon_L}{\psi_A \omega}$$

### (3) Pure Roll 試験

$\dot{y} = \dot{\phi} = 0$ 、 $\ddot{y} = \ddot{\phi} = 0$  で、 $\psi = \psi_A \sin \omega t$  とすると、Roll の主要項、Sway, Yaw への連成項の係数は次のように与えられる。

$$a_{17} = -\frac{Y_A \cos \epsilon_Y}{\phi_A \omega^2} \quad a_{27} = -\frac{N_A \cos \epsilon_N}{\phi_A \omega^2} \quad a_{37} = -\frac{L_A \cos \epsilon_L}{\phi_A \omega^2} - \frac{a_{39}}{\omega^2}$$

$$a_{18} = \frac{Y_A \sin \epsilon_Y}{\phi_A \omega} \quad a_{28} = \frac{N_A \sin \epsilon_N}{\phi_A \omega} \quad a_{38} = \frac{L_A \cos \epsilon_L}{\phi_A \omega}$$

このほかに、前進速度  $F_n=0$  の場合の Static な試験、Yaw と Sway の混入した Combined Motion の試験、Roll 軸が平水面と一致していない場合の Combined Roll 試験などが行なわれることが、同様の方法で解析される。

## 2.5.4 試験状態、解析結果

模型船は満載状態とし、縦、横の慣性モーメントは模型船を吊り下げ Yaw, Roll をさせたときの周期あるいは復原力を計測して算出し、搭載ウェイト分は計算により補正した。GM は傾斜試験により調整し、Roll 回転軸は静止水面にとるのが望ましいので、模型船重心をこれに一致させた。模型船の主要目を表 2.5.2 に示す。理論計算との対応を調べる上からは裸殻抵抗試験状態を対象とすべきであるが、Sway, Yaw に対してはプロペラ作動の影響がかなりあるので、曳航速度に対応するプロペラ回転数を与えた。実施した各試験の動揺振幅、周期ならびに船速の範囲を表 2.5.3 に示す。

計測結果の解析処理は、計測結果をデータレコーダに記録し、データ処理時のサンプリング間隔は 0.01 秒し、航走 1 回について 3 群のデータ処理を行ない、解析された値は 3 つの平均を採用した。

解析結果は、 $a_{ij}$ を $\omega$ ベースに $F_L$ をパラメーターとしてプロットした。これらの値は通常無次元値で表示されるので、その値も併記することとした。無次元表示の形式を表2.5.4に示す。Sway, Yaw, Roll 運動の主要項の係数の実験値を図2.5.3～2.5.5に示す。また連成項の係数の値の一例を図2.5.6、2.5.7に示す。

## 2.5.5 実験結果と計算値の比較

運動方程式の係数 $a_{ij}$ は Strip 法を適用して計算により求めることができるので、実験結果と比較してみるととした。 $a_{ij}$ の近似計算式を表2.5.5に示すが、これまでの実験結果より船速の影響を考慮しなければならないと考えられる項 $a_{12}, a_{25}, a_{38}$ には、同様に示すような補正項が加えられており、また $a_{38}$ にはこのほか粘性影響も加味し修正した計算式となっている。このような計算プログラムによる計算結果を図2.5.3～2.5.7の実験結果に併記した。

### (1) 主要項の係数の値

Sway の見掛け質量 $a_{11}$ ：実験値と計算値は比較的よく合っている。 $F_L$  が大きくなるといくらか小さくなる傾向が見られる。

Sway の減衰力係数 $a_{12}$ ： $\bar{\omega}$ に対して単調に増加し、 $F_L$ が大きくなると増加している。 $\bar{\omega} = 0.4 \sim 0.7$ 付近で実験値の方が大きくなっているが、全体として割によく合っている。

Yaw の見掛け慣性モーメント $a_{24}$ ：実験値と計算値は $a_{11}$ ほどではないが全般的に合っている。 $F_L$ が大きくなるといくらか小さくなる。

Yaw の減衰モーメント係数 $a_{25}$ ： $\bar{\omega}$ に対して単調に増加し、 $F_L$ が大きくなると増加している。 $\bar{\omega} = 0.4 \sim 0.7$ 付近で実験値の方が大きくなっているが、全体として割によく合っている。

Roll の見掛け慣性モーメント $a_{37}$ ：実験値と計算値は全般的によく合っている。 $F_L$ が大きくなるといくらか小さくなる傾向が見られる。

Roll の減衰モーメント係数 $a_{38}$ ：Strip 法による従来の計算式の値は実験値と大幅に異なる。ここに示した計算値は

$$a_{38} = a_{38w} + a_{38v} + a_{38u}$$

$a_{38w}$ ：従来の Potential theory で計算される造波減衰の係数

$a_{38v}$ ：半ば実験的に得られる N 係数のうちの粘性減衰に相当する係数

$a_{38u}$ ：船速の影響を表わす係数

と仮定して、これまでの実験結果に基づいて修正した計算プログラムによって計算した値である。

### (2) 連成項の係数の値

図2.5.6、2.5.7に1例を示した Roll の Sway への連成を表わす項の係数 $a_{17}, a_{18}$ 、Roll の Yaw への連成を表わす項の係数 $a_{27}, a_{28}$ は、Roll によって生ずる流体力の作用点の Roll 回転軸あるいは重心からの距離によって生ずるもので、その値は小さく計測もむずかしい。したがって実験値はかなりばらついており、計算値とも大幅に異なっている部分がある。これらの係数にも、船速の影響、動揺周期の影響など多くの要素が含まれており、さらに Symmetric Relation (船速 $\bar{\omega}$ において $a_{27} = a_{34}, a_{28} = a_{35}$ などの関係)についても Check しなければならないが、2 次的な項であるので詳細は省略する。

### (3) Roll の主要項の非線形影響

Sway, Yaw 試験については強制動揺振幅を 1 種としたが、Roll 試験に対しては振幅を 2 種変更して実施した。これは Sway, Yaw 振幅はあまり大きくなく、Heave, Pitch の場合と同様、断面に作用する流体力は Linear Potential Theory で計算してよいと考えられるのに対し、Roll は振幅も大きくその減衰には粘性影響が大きく、線形化された計算とはかなり異なった現象になると考えられているからである。 $\phi_A = 20^\circ$ とした場合の $a_{37}, a_{38}$ の値を、 $\phi_A = 10^\circ$ の場合のそれと比較して図2.5.8に示す。

$a_{38}$ の値を $\omega = 4.0 \sqrt{g}$ の場合について $F_L, \phi_A$ による変化の模様をとり出してみると図2.5.9のようになる。

表2.5.2 模型船主要目

船率	1/58.333	LGPpp	51.141 %
長さ Lpp	3.006 m	KM	0.1778 m
幅 BINKSKIN	0.4354 m	GM	0.0326 m
吃水 dBOT.	0.1457 m	$\frac{L}{L_{PP}}$ / Lpp (空中)	0.2401
排水量 $\Delta_a$	106.35 kg	$\frac{\Delta_a}{B}$ / B (空中)	0.3296

表2.5.3 試験の範囲

試験	動搖振幅	動搖周期	船速	備考
Pure Sway	$\gamma_A = 20 \text{ mm}$		$F_n = 0, 0.1, 0.3$	プロペラ付
Pure Yaw	$\psi_A = 2^\circ$		"	"
Pure Roll	$\phi_A = 10^\circ$	$\omega = 1.5 \sim 6.5 \text{ rad/s}$	$F_n = 0, 0.1, 0.2,$	"
	$\phi_A = 20^\circ$		0.3	"

表2.5.5  $a_{ij}$  の近似計算式

$a_{ij}$	SWAY		YAW		ROLL		
	1	2	4	5	7	8	
S W A Y	1	$m_0$ $+ \int m_y dx$ $+ C_y \beta \frac{1}{2} \rho U L d$	$\int N_y dx$	$\int m_y(x - x_G) dx$	$\int N_y(x - x_G) dx$	$\int m_y(\bar{O}G - \bar{L}_y) dx$	$\int N_y(\bar{O}G - \bar{L}_y) dx$
	2	$\int m_y(x - x_G) dx$	$\int N_y(x - x_G) dx$	$I_{zz}$ $+ \int m_y(x - x_G)^2 dx$ $+ C_N \frac{1}{2} \rho U L^3 d$	$\int N_y(\bar{O}G - \bar{L}_y)(x - x_G) dx$	$\int m_y(\bar{O}G - \bar{L}_y)(x - x_G) dx$	$\int N_y(\bar{O}G - \bar{L}_y)(x - x_G) dx$
R O L L	3	$\int m_y(\bar{O}G - \bar{L}_y) dx$	$\int N_y(\bar{O}G - \bar{L}_y) dx$	$\int m_y(\bar{O}G - \bar{L}_y)(x - x_G) dx$	$\int N_y(\bar{O}G - \bar{L}_y)(x - x_G) dx$ $+ \int (m_y^2 + m_y^2 \phi^2) dx$ $- 2\bar{O}G m_y \bar{L}_y$ $+ \bar{O}G^2 m_y dx$	$\int N_y(\bar{O}G - \bar{L}_y)^2 dx$	上式をベースにして粘性影響、前進速度影響を加味している。

$$a_{39} = m_c g \cdot \bar{O}M$$

表2.5.4 NON-DIMENSIONAL QUANTITY

(1) COEFFICIENTS OF EQUATION OF MOTION

$$\hat{a}_{11} = \frac{a_{11}}{\rho \nabla}$$

$$\hat{a}_{14}, \hat{a}_{21} = \frac{a_{14}, a_{21}}{\rho \nabla L}$$

$$\hat{a}_{12} = \frac{a_{12}}{\rho \nabla} \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

$$\hat{a}_{15}, \hat{a}_{22} = \frac{a_{15}, a_{22}}{\rho \nabla L} \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

$$\hat{a}_{16}, \hat{a}_{23} = \frac{a_{16}, a_{23}}{\rho g \nabla} \cdot \frac{B}{2L}$$

$$\hat{a}_{24} = \frac{a_{24}}{\rho \nabla L^2}$$

$$\hat{a}_{17}, \hat{a}_{31} = \frac{a_{17}, a_{31}}{\rho \nabla B}$$

$$\hat{a}_{25} = \frac{a_{25}}{\rho \nabla L^2} \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

$$\hat{a}_{18}, \hat{a}_{32} = \frac{a_{18}, a_{32}}{\rho \nabla B} \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

$$\hat{a}_{37} = \frac{a_{37}}{\rho \nabla B^2}$$

$$\hat{a}_{27}, \hat{a}_{34} = \frac{a_{27}, a_{34}}{\rho \nabla LB}$$

$$\hat{a}_{38} = \frac{a_{38}}{\rho \nabla B^2} \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

$$\hat{a}_{28}, \hat{a}_{35} = \frac{a_{28}, a_{35}}{\rho \nabla LB} \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

$$\hat{a}_{39} = \frac{a_{39}}{\rho g \nabla (2B)}$$

$$\hat{a}_{29}, \hat{a}_{36} = \frac{a_{29}, a_{36}}{\rho g \nabla (2L)}$$

(2) CIRCULAR FREQUENCY OF MOTION

$$\hat{\omega} = \omega \sqrt{\frac{B}{2g}}$$

(3) ADVANCE SPEED

$$F_n = \frac{U}{\sqrt{\frac{B}{2g}}}$$

WHERE,

$L$  : ship length(Lpp)

$\rho$  : density of fluid

$B$  : breadth

$g$  : acceleration of gravity

$\nabla$  : displacement volume

$U$  : advance speed

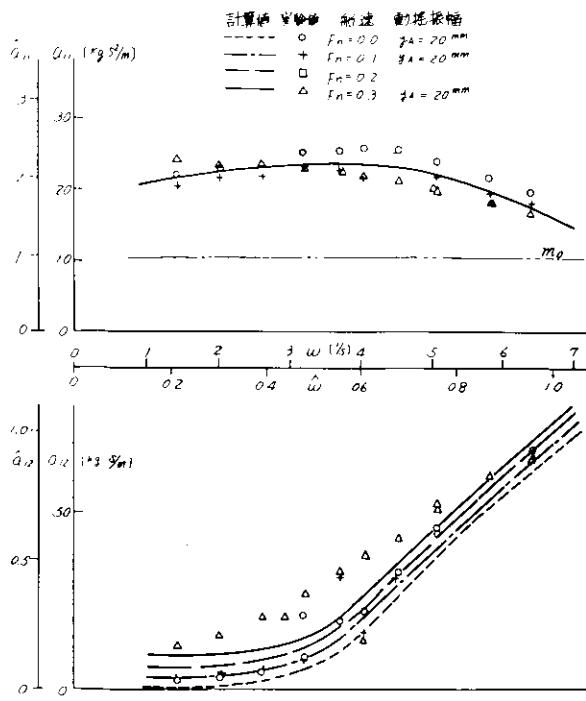


図 2.5.3 Sway 運動の主要項の係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$  の値

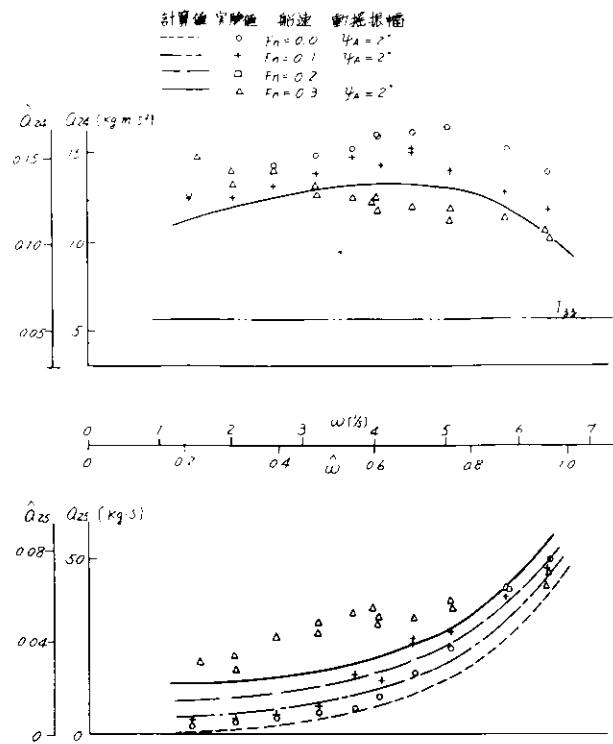


図 2.5.4 Yaw 運動の主要項の係数  $a_{24}$ 、 $a_{25}$  の値

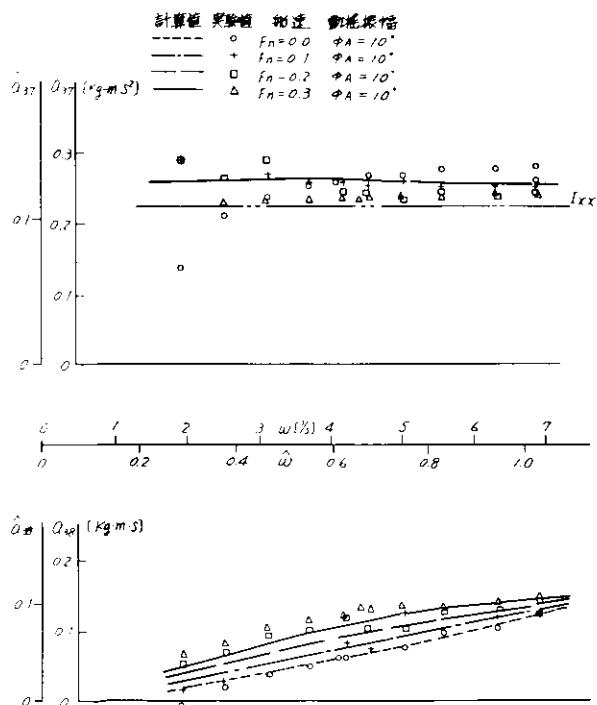


図 2.5.5 Roll 運動の主要項の係数  $a_{37}$ 、 $a_{38}$  の値

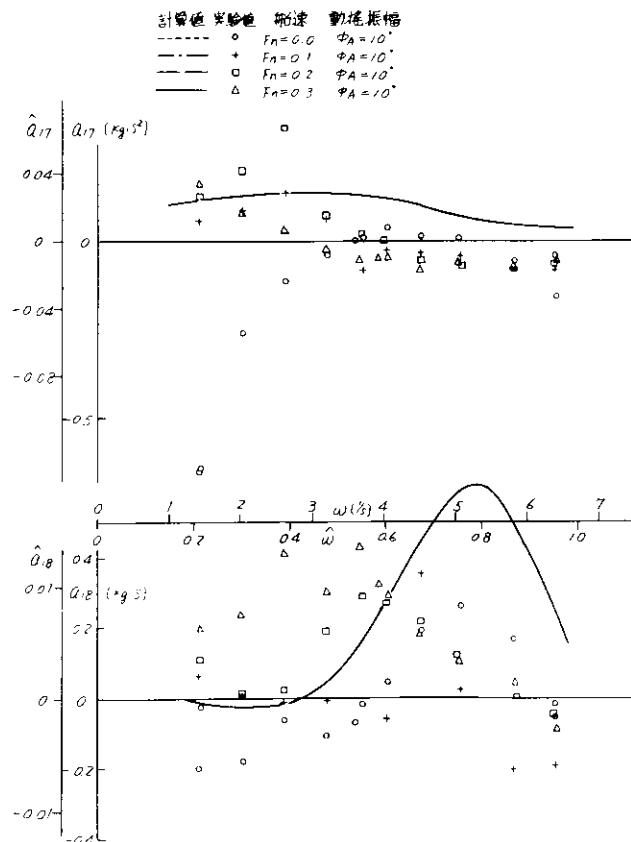


図 2.5.6 Roll 運動の Sway 運動への連成を表わす項の係数  $a_{17}$ 、 $a_{18}$  の値

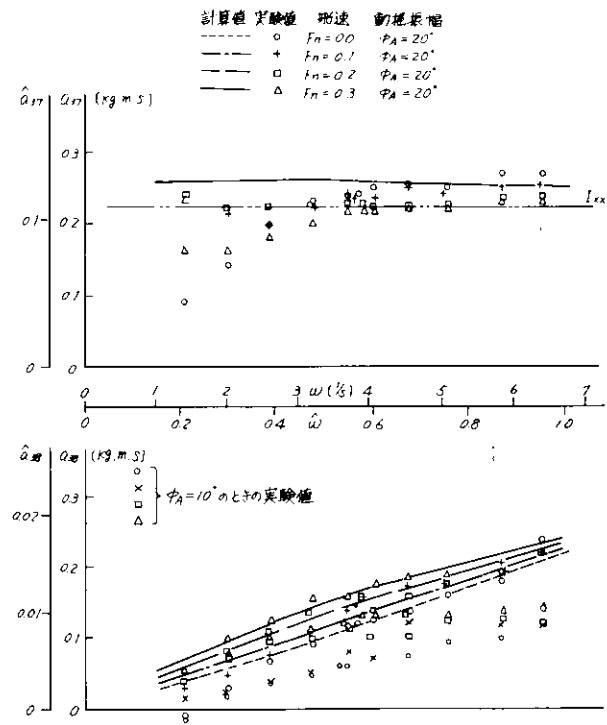
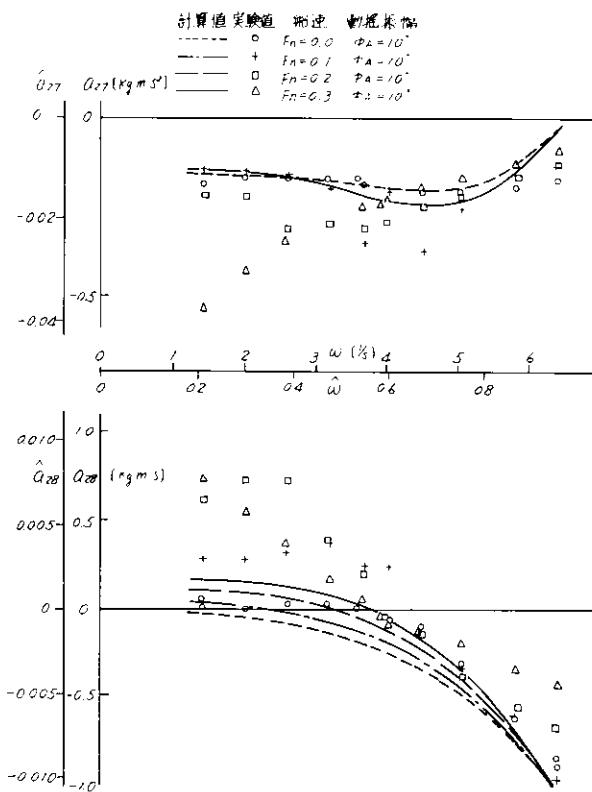


図 2.5.8 Roll 運動の主要項の係数  $a_{37}$ 、 $a_{38}$  の値

図 2.5.7 Roll 運動の Yaw 運動への連成を表わす項の係数  $a_{27}$ 、 $a_{28}$

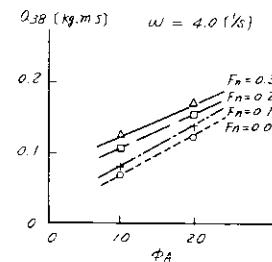
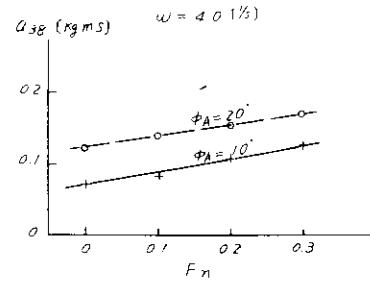


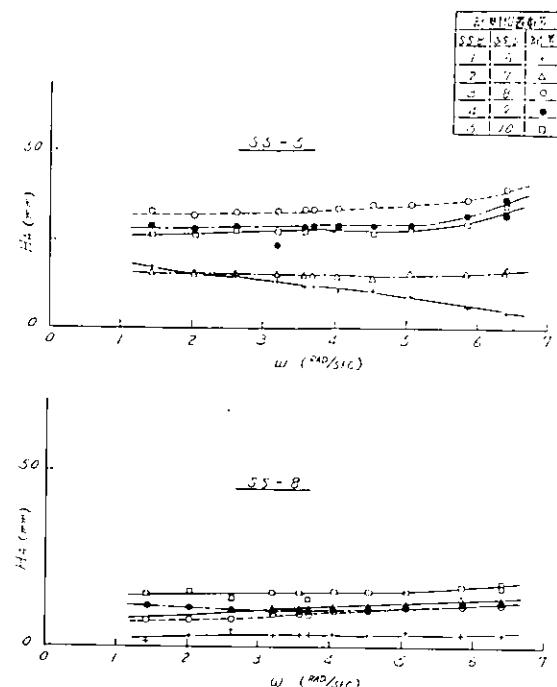
図 2.5.9  $a_{38}$  に対する  $F_n$ 、 $\phi_A$  の影響

## 付録 強制動搖試験時に船体表面に作用する変動圧力の計測

半水中横方向強制動搖試験時に船体表面に作用する変動圧力を計測した。波浪中における船体に作用する変動圧力は、1)静水中の運動に基く圧力、2)波の orbital acceleration, orbital velocity による圧力、3)波の変動圧力によるもの、から成るが、ここでは1項に相当するものだけを計測している。強制動搖試験では船体運動が規定されているので、実験値と計算値の一一致性のよいことが期待される。

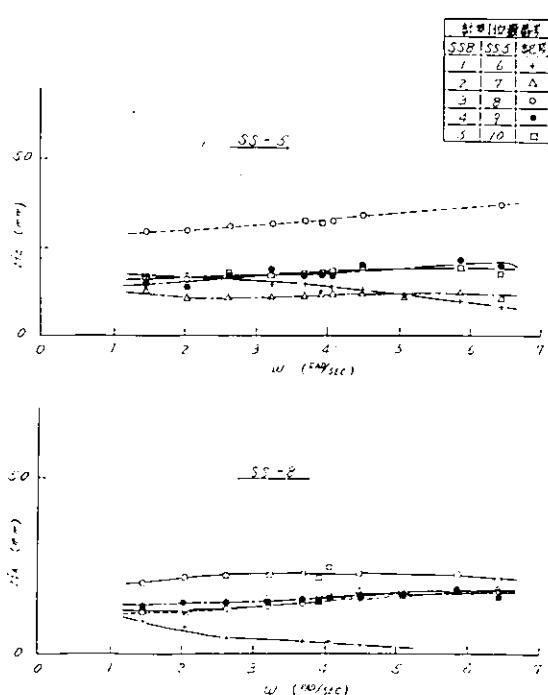
船体表面上 S.S.5, S.S.8 に付図 3 に示す位置に微小圧変換器を取り付け、強制動搖試験時に変動圧力を計測した。1 例として Pure Roll 試験時に計測した結果を付図 2, 3 に示す。

田村の方法により変動圧力を計算し、S.S.5, S.S.8 断面上における変動圧力の分布の模様を実験値と比較して示す。S.S.5 の Bilge 部における実験値が計算値と大幅に異なっていること、S.S.8 では  $3/4 d$ ,  $2/4 d$  点の値がかなり異なっていて、期待した成果は得られなかった。しかし他の船型では強制動搖試験時の変動圧力の計測値は実験値と非常によく一致しているので、S.S.5 の Bilge 部の実験点はこのシリーズの実験全部にこのような差が認められることがから考えて、検出器の不良とも考えられる。



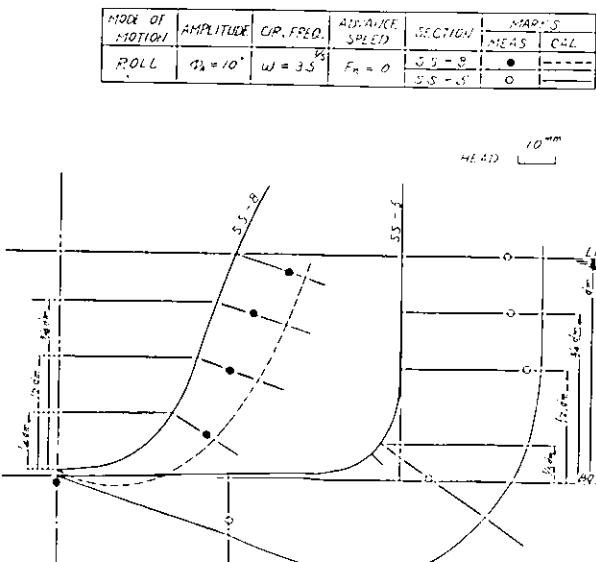
付図 1 強制動搖試験 船体表面変動圧計測結果  
當用状態

$$\phi_A = 10^\circ, F_n = 0$$



付図 2 強制動搖試験 船体表面変動圧計測結果  
當用状態

$$\phi_A = 10^\circ, F_n = 0.3$$



付図 3 船体表面変動圧の計算値と実験値の比較

## 2.6 強制ヨーイング法による操縦性に関する安定微係数の測定

### 2.6.1 はじめに

コンテナ船のように舵角係数の小さな、シャインな船型の船では、多くの場合、針路安定であるといえる。しかし、針路安定性は、船速または運動周波数によって変化するであろうと予想されるので、本節では操縦運動に関する安定微係数を、強制ヨーイング法を用いて、船速と運動周波数を変えて計測した結果を報告する。

### 2.6.2 供試模型船および実験状態

実験に使用した模型船は前節、波浪強制力を計測するのに用いた垂線間長 2.5 m の一軸コンテナ模型船で主要目は表 2.4.1 に掲載すみである。

ただし、本節の実験の際には推進器を装備し、これを実船に相似の回転数にて回転させた。プロペラの要目は表 2.6.1 に示した。

実験状態の船速は、 $F_n = 0.1, 0.2, 0.3$  の 3 種とし、運動周波数は  $\omega' (= \omega \sqrt{L/d})$  で約 0.2~1.0 の範囲とした。

$F_n$ (フルード数)	模型船の船速 $U$ (m/sec)	プロペラ回転数 (R.P.M.)
0.1	0.495	259.4
0.2	0.990	602.3
0.3	1.485	978.9

### 2.6.3 強制ヨーイング法による安定微係数の決定

操縦運動の大きさは十分小さいものとして、その運動は次の線型方程式で記述できるものとする。

$$-(m' + m_{\gamma'})\beta' = Y_{\beta'} \cdot \beta' + Y_r' \cdot r' + Y_{\dot{r}}' \cdot \dot{r}' + Y_{\delta'} \cdot \delta'$$

$$(I_{zz} + J_{zz'})\ddot{r}' = N_{\beta} \cdot \beta' + N_{\dot{\beta}} \cdot \dot{\beta}' + N_r' \cdot r' + N_{\dot{r}}' \cdot \dot{r}'$$

ここで(')を付した量は、無次元化された係数で具体的には、次の表式を用いて無次元化されたものである。

$$\begin{aligned} m' + m_{\gamma'} &= \frac{m + m_{\gamma}}{\frac{1}{2}\rho L^2 d}, & Y_{\beta'} &= \frac{Y_{\beta}}{\frac{1}{2}\rho L d U^2}, & Y_r' &= \frac{Y_r}{\frac{1}{2}\rho L^2 d U}, & Y_{\dot{r}}' &= \frac{Y_{\dot{r}}}{\frac{1}{2}\rho L^3 d}, \\ Y_{\delta'} &= \frac{Y_{\delta}}{\frac{1}{2}\rho L d U^2}, & I'_{zz} + J'_{zz} &= \frac{I_{zz} + J_{zz}}{\frac{1}{2}\rho L^4 d}, & N_{\beta} &= \frac{N_{\beta}}{\frac{1}{2}\rho L^2 d U^2}, & N_{\dot{\beta}}' &= \frac{N_{\dot{\beta}}}{\frac{1}{2}\rho L^3 d U}, \\ N_r' &= \frac{N_r}{\frac{1}{2}\rho L^3 d U}, & N_{\dot{r}}' &= \frac{N_{\dot{r}}}{\frac{1}{2}\rho L^2 d U^2} \end{aligned}$$

なお  $d$  には平均喫水を用いた。 $\rho$  は清水の比重である。また、微係数  $Y_{\dot{r}}$  の中に遠心力による成分をも含めたものである。

強制ヨーイング法で安定微係数を決定する方法の詳細は省略するが、その原理は、模型船に周期的な定変位を与えたとき、それに加わる周期的な流体力をフーリエ解析して、必要な微係数を決定する手法である。<sup>1)</sup> ただし、この方法で決定するのは  $m' + m_{\gamma'}$ 、 $Y_{\beta'}$ 、 $Y_r'$ 、 $Y_{\dot{r}}'$ 、 $I'_{zz} + J'_{zz}$ 、 $N_{\beta'}$ 、 $N_{\dot{\beta}'}$ 、 $N_r'$  の 8 係数のみで、船が発生する流体力を表わす係数  $Y_{\delta'}$ 、 $N_{\delta'}$  については、別に舵角一定での直線曳航試験で流体力を計測し、これを  $\delta \sim Y_{\delta'}$ 、 $N_{\delta'}$  曲線として図示したのちに、 $\delta = 0$  附近の傾斜から  $Y_{\delta'}$ 、 $N_{\delta'}$  を決定することとした。

### 2.6.4 実験結果とまとめ

強制ヨーイング法で求めた  $m' + m_{\gamma'}$ 、 $Y_{\beta'}$ 、 $N_{\beta'}$ 、 $N_{\dot{\beta}'}$ 、 $I'_{zz} + J'_{zz}$ 、 $N_r'$ 、 $Y_{\dot{r}}'$ 、 $Y_r'$  の 8 係数を、 $\omega'$  を横軸に、船速をパラメーターにとって示したのが、図 2.6.1~2.6.8 である。これらの図より、安定微係数に対する速度影響・周波数影響については、次の事がいえようである（ただし acceleration derivatives のうち運動の連成を表わす  $Y_{\dot{r}'}$ 、 $N_{\dot{\beta}'}$  については一応除外する）。

(1) 各微係数の間に程度の差はあるが、速度が大なるほど、いずれの係数も一様に大きくなっている。ただし、見掛けの

慣性モーメント  $I_{zz} + I_{yy}$  (あるいは付加慣性モーメント  $J_{zz}$ ) の速度影響は明らかではない。また図2.6.8の図では、速度が大なるほど減少していく矛盾しているように見えるが、 $Y'_F$ の中には流体力による成分のほかに、これとは符号が反対で前の大きな離心力の項が含まれていることを考慮して、これを差し引いた残りの流体力の部分について速度影響を考えれば、上述の事柄は矛盾しない。

(2) 本実験での周波数範囲においても、各数係数に対する周波数影響は明らかで、周波数の増大とともに数係数の値は大きくなる。ただし  $Y'_F$  について(1)と同様に離心力の項を差し引いた、流体力の成分のみについて考えれば逆に減少の傾向である。

以上のように、供試模型船の操縦に関する安定係数の速度影響・周波数影響は、無視できないほど大きいといえよう。

図2.6.9～2.6.10には、船の針路安定性を判別するのに、決手となる  $N_F'/Y'_F$ 、 $N_\beta'/Y'_\beta$  を図示した。この結果、 $N_F'/Y'_F$  に対する速度影響の方が、 $N_\beta'/Y'_\beta$  に対するそれより顕著で、 $N_F'/Y'_F$  は、速度の低下とともに著しく減少していることが判る。一方、 $N_F'/Y'_F$ 、 $N_\beta'/Y'_\beta$  に対する周波数影響は、個々の数係数  $N_F'$ 、 $Y'_F$ 、 $N_\beta'$ 、 $Y'_\beta$  に対するそれよりは小さく、むしろ周波数によらず一定とみても良さそうである。

$N_F'/Y'_F > N_\beta'/Y'_\beta$  であれば、船は針路安定であるので、本実験の場合は、いずれの場合にも針路安定であるが  $F_n = 0.1$  の場合の  $N_F'/Y'_F$  の減少は著しく、安定であるといつても、不安定になる一歩である。

図2.6.11には、舵が発生する横力と回頭モーメントの計測の一例として、 $F_n = 0.3$  の場合につき、それぞれ無次元化された横力  $Y'_d (= Y / \frac{1}{2} \rho L d U^2)$ ・回頭モーメント  $N'_d (= N / \frac{1}{2} \rho L^2 d U^2)$  を舵角ベースに示した。このような図の  $\delta = 0$  附近の傾斜から、 $Y'_d \cdot N'_d$  を求めた結果を次に示す。

$F_n$	0.1	0.2	0.3
$Y'_d$	-0.0373	-0.0481	-0.0537
$N'_d$	0.0182	0.0245	0.0264

## 参 考 文 献

- 1 元良誠三、藤野正隆“On the Measurement of the Stability Derivatives by means of Forced Yawing Technique”造船協会論文集 第116号、1965

表 2.6.1 ブロペラの要目

直 径 $D$	92.9 mm
ビ ッ チ $P$	98.0 mm
ビ ッ チ比 $P/D$	1.055
展開面積比 $A_E/A_O$	0.73
翼 厚 比	0.0446
レ ー キ 角 deg	5° 42' 6"
翼 数	5
回転 方 向	右

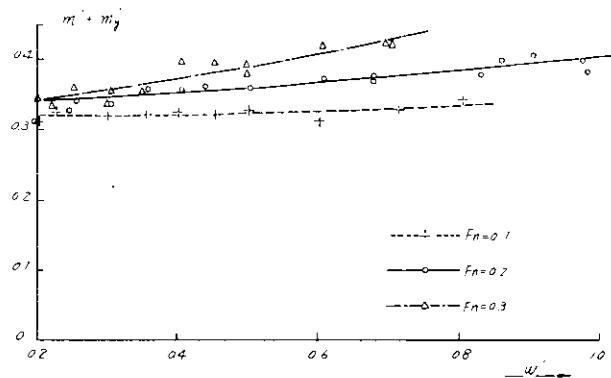


图 2.6.1

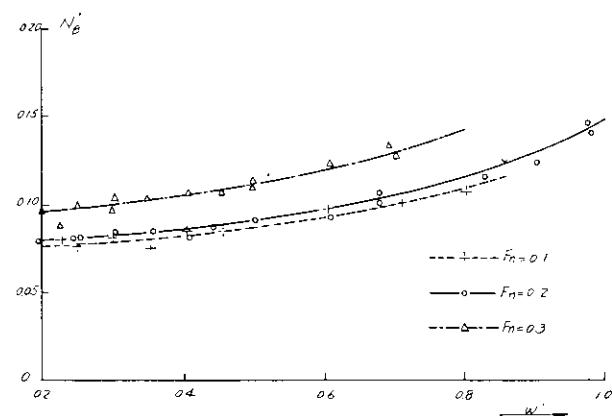


图 2.6.3

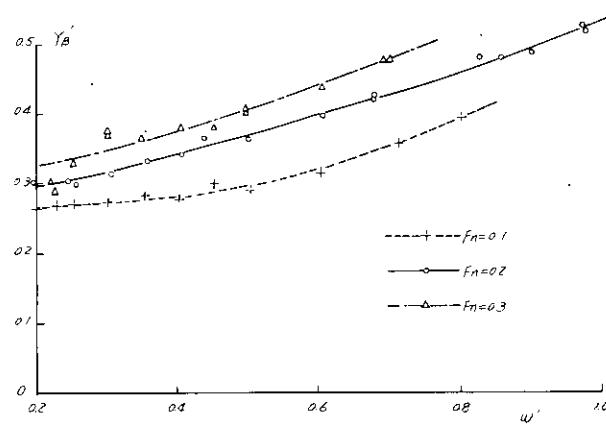


图 2.6.2

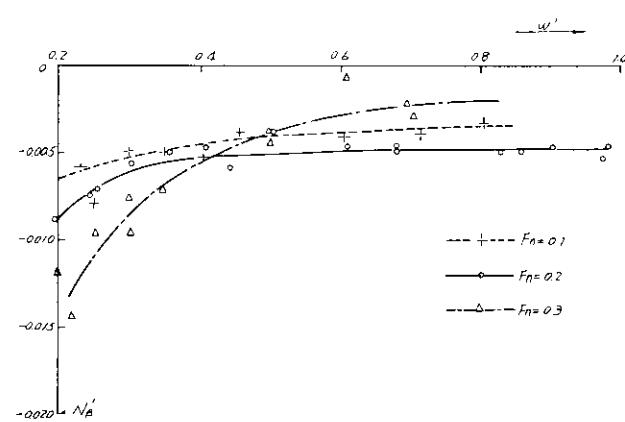


图 2.6.4

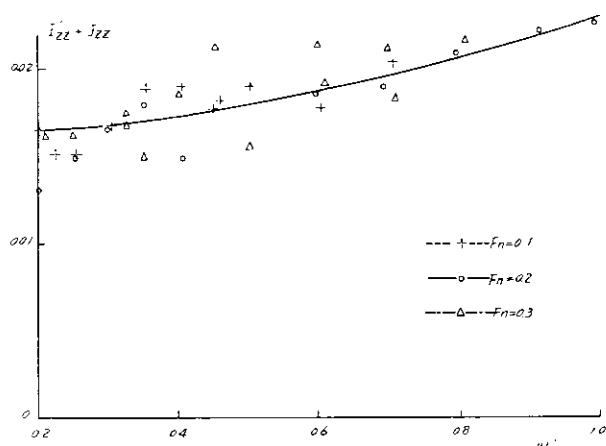


图 2.6.5

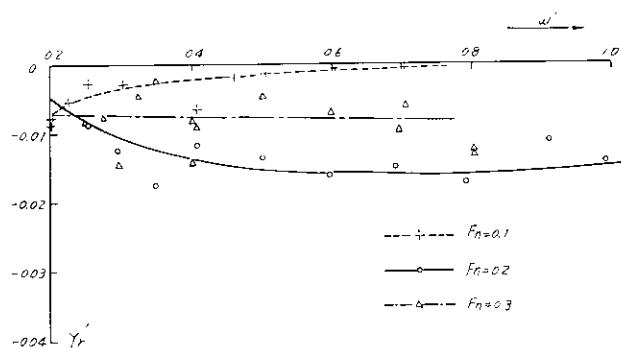


图 2.6.7

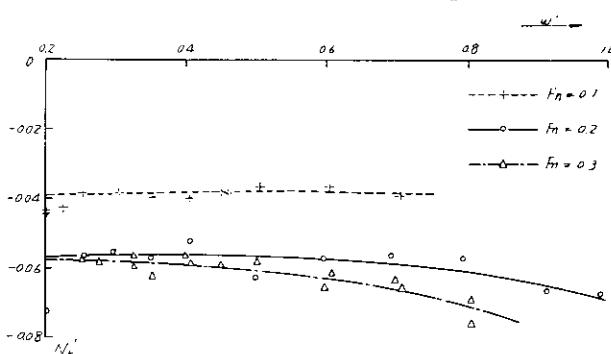


图 2.6.6

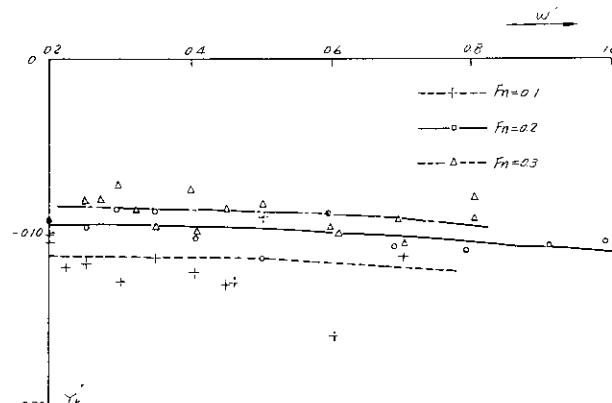


图 2.6.8

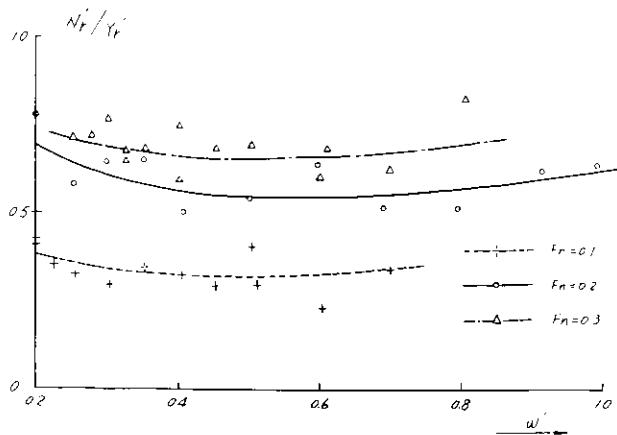


図 2.6.9

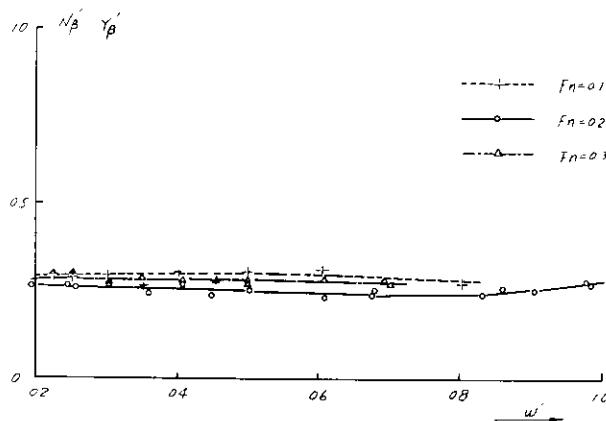


図 2.6.10

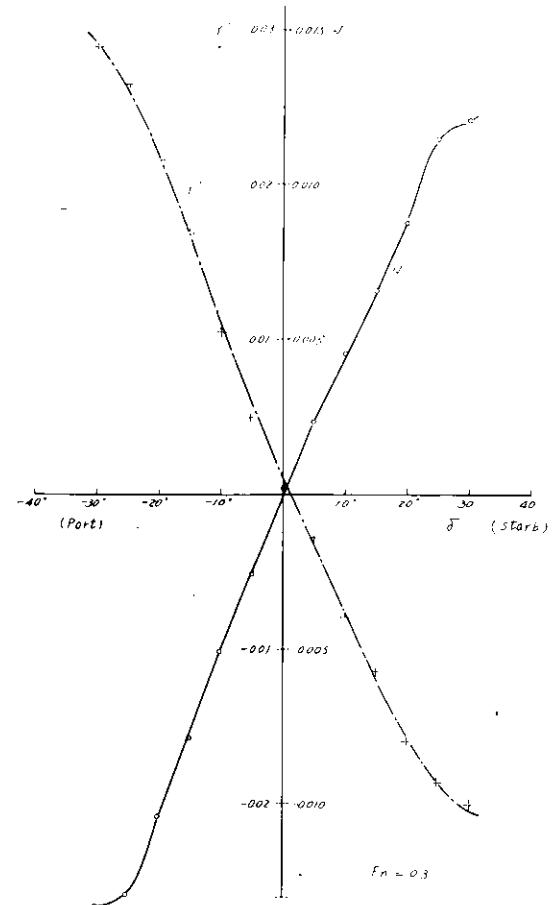


図 2.6.11

## 2.7 L/B = 8、2軸船型の自由横揺れ試験

### 2.7.1 供試船型

昭和44年度では長さ 175 m の一軸高速コンテナ船を対象としたが、昭和45年度では、最近建造が計画されている、さらに大型高速のコンテナ船型を新たに研究することとなった。この新船型と従来船型との相違点は、a) L/B の値が 7 から 8 となり細長くなったこと、b) プロペラ軸数が 1 軸から 2 軸に増加したこと、の 2 点である。実船と模型船の主要目を表 2.7.1 に、模型船の写真を図 2.7.1 に示す。

表 2.7.1 主要目表

項目	実船	模型船	項目	実船	模型船
垂線間長さ (m)	240.0	5.000	全長 (m)	72.0	1.500
型巾 (m)	3.00	0.625	④前方 (m)	3.60	0.750
型深さ (m)	2.40	0.500	④後方 (m)	3.60	0.750
吃水 (m)	1.00	0.208	巾 (m)	0.45	0.0094
C_B	0.561	0.561	直 径 (m)	5.909	0.123
排水容積 (m³)	40392	0.364	ビッヂ比	1.265	1.265
Cb art (m)	6.02	0.125	展開面積比	0.837	0.837
G.M. (m)	1.5	0.0315	ボス比	0.170	0.170
横揺れ周期 (秒)	18	2.598	ベ翼厚比	0.057	0.057
総揚動半径 $\frac{K}{L}$	0.24	0.24	レーキ角	10°	10°
			翼 数	2 輪 × 5 翼	2 輪 5 翼

## 2.7.2 自由横揺れ試験

昭和44年度中間報告書に述べる方法、すなわち、Transient waveを利用した自由横揺れ試験をおこない、航走中の減衰率 $\kappa$ を求めた。試験の結果を図2.7.2に示す。この図中には、 $L/B=6.89$ と8.0の1軸船型の $\kappa$ の値も比較のために示されている。

なお、波浪中における系統的実験は、昭和46年度におこなう予定である。

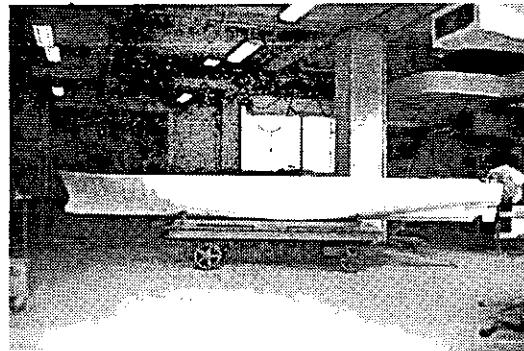


図2.7.1 供試模型船の写真

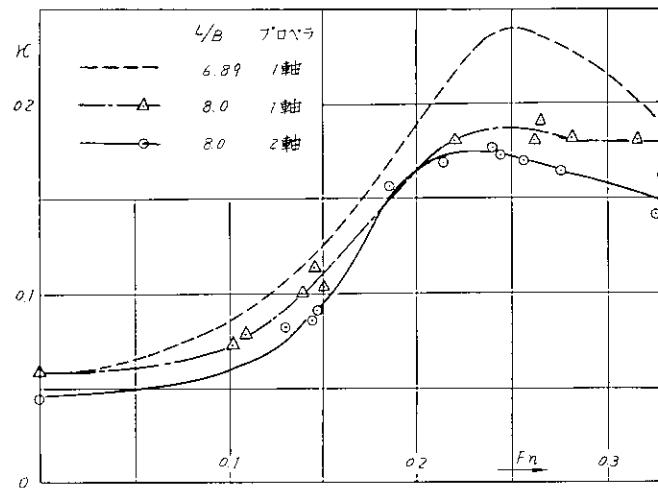


図2.7.2 自由横揺れ減衰率  $\kappa$

## 2.8 2軸船型設計の経緯

### 2.8.1 経緯

本年度の模型実験にて2軸コンテナ船が供試船型として追加された。

2軸コンテナ船は国内では建造の実績がないので、建造計画中の船を参考として、造船所委員会で協議決定した。

### 2.8.2 主要目

$L_{pp}$ および $B$ は、 $L/B=8.0$ とするため、各社の数値を丸めて、それぞれ240mおよび30mとした（実船の数値は $L_{pp}=256\sim259\text{ m}$ 、 $B=32.2\text{ m}$ であった）。 $Depth$ はコンテナ積付けの条件により2案に分れた。即ち、コンテナを平板上3段積みの場合が19.5m、1段積みの場合が24mと $depth$ が異なった。この点につき換算の結果、模型実験に影響するbow freeboardの点では、両者大差がないので線図準備の都合もあり、24m案を採用した。またbow freeboardを14.65mに保った。主要目を表2.8.1に示す。

### 2.8.3 線図および一般配置

主船体には標準的な傾向を示す2軸船線図を採用した。船尾配置は舵を1枚舵として、プロペラ軸は全通のボッシングで支持する形式とした。

一般配置図を図2.8.1に、線図を図2.8.2および2.8.3に、オフ・セットを表2.8.2に示す。なお、舵、ボッシング、ビルジ・キール等の詳細は図2.8.2および2.8.3中に含まれ、プロペラ形状は図2.8.4に示される。

表2.8.1 主要目

SR 108 TWIN SCREW SHIP ( $L/B=8.0$ )  
PARTICULARS AND TEST CONDITION

ACTUAL SHIP	FULL LOAD CONDITION	$\nabla_a (\text{m}^3)$	40940	$l_{CB} (\text{m})$	+6.02	$K_{yy} (\% L_{pp})$	0.24
$L_{pp} (\text{m})$	240.0	DRAFT $d_f (\text{m})$	10.0	$C_B$	0.5613	$T_KM (\text{m})$	14.12
$L_{DWL} (\text{m})$	246.2	$d_m (\text{m})$	10.0	$C_P$	0.5729	$L_KM (\text{m})$	454.80
$B (\text{m})$	30.0	$d_a (\text{m})$	10.0	$C_M$	0.9797	$K_G (\text{m})$	12.62
$D (\text{m})$	24.0	$\nabla_h (\text{m}^3)$	40420	$C_W$	0.7723	$G_M (\text{m})$	1.50

\*:  $K_{xx}/B=0.37$

PLATE 8.2 SIR 108 TWIN SCREW SHIP ( L/B = 8.0 )  
OFF-SETS

	WEAT OF BOTTOM	05WL	WT.	2WL	3WL	4WL	5WL	6WL	7WL	8WL	9WL	10WL	11WL	12WL	13WL	14WL	15WL	16WL	17WL	18WL	19WL	20WL	21WL	22WL	23WL	24WL
A																										
A.P	0.400	0.430	0.470	0.530	0.600	0.680	0.710	0.780	1.000	2.735	5.950	8.640	10.475	11.980	12.230	12.490	12.750	13.000	13.510	14.130	14.240	14.490				
$\sqrt{2}$	"	"	"	"	"	"	"	"	0.680	0.730	1.080	2.125	4.800	8.125	10.400	11.900	13.110	13.290	13.470	13.640	13.820	14.170	14.520	14.600	14.600	
$\sqrt[3]{4}$	"	"	"	"	"	"	"	"	0.730	1.030	1.940	4.100	7.325	9.930	11.710	12.960	13.950	14.060	14.170	14.270	14.370	14.580	14.860	14.850	14.850	
1	"	"	"	"	"	0.530	0.600	0.870	1.670	3.470	6.580	9.475	11.375	12.690	13.890	14.470	14.530	14.660	14.720	14.850	14.980	15.000	15.000	15.000		
1 $\frac{1}{2}$	"	"	0.430	0.470	0.600	1.080	2.400	4.980	7.900	10.325	11.980	13.080	13.850	14.440	14.900	14.910	14.940	14.950	14.980	15.000	15.000	15.000	15.000			
2	"	"	0.470	0.650	1.540	3.525	6.430	9.200	11.050	12.360	13.300	13.980	14.460	14.800	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
2 $\sqrt{2}$	0.430	1.075	2.080	4.735	7.745	10.160	11.750	12.850	13.650	14.200	14.580	14.820	14.960	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
3	0.750	3.100	5.675	9.150	11.160	12.440	13.330	13.950	14.460	14.700	14.900	14.990	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
3 $\sqrt{2}$	2.960	8.075	16.180	12.175	13.200	13.890	14.350	14.660	14.850	14.950	14.990	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
4	7.950	11.760	12.930	13.925	14.400	14.670	14.850	14.950	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
4 $\sqrt{2}$	11.390	13.400	13.900	14.650	14.940	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
FULL LENGTH	11.650	13.286	13.980	14.700	14.975	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
5	11.240	12.925	13.660	14.440	14.750	14.880	14.940	14.970	14.990	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
5 $\sqrt{2}$	8.725	11.125	12.125	13.200	13.800	14.180	14.430	14.620	14.750	14.870	14.960	14.980	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
6	5.650	8.650	9.200	11.330	12.220	12.450	13.405	13.800	14.390	14.525	14.500	14.670	14.780	14.860	14.960	14.980	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
6 $\sqrt{2}$	5.300	6.650	7.875	9.435	10.500	11.325	11.930	12.560	12.970	13.350	13.670	13.940	14.170	14.360	14.510	14.640	14.780	14.850	14.900	15.000	15.000	15.000	15.000			
7	2.400	4.720	5.750	7.200	8.270	9.150	9.700	10.525	11.110	11.650	12.110	12.550	12.940	13.320	13.660	13.930	14.170	14.350	14.700	14.900	15.000	15.000	15.000			
7 $\sqrt{2}$	1.425	3.400	4.210	5.360	6.270	7.070	7.740	8.410	9.050	9.650	10.210	10.750	11.260	11.740	12.220	12.690	13.080	13.420	14.000	14.560	14.970	15.000	15.000			
8	0.775	2.475	3.100	3.900	4.525	5.100	5.650	6.210	6.780	7.390	7.980	8.575	9.200	9.720	10.300	10.820	11.340	11.830	12.800	13.720	14.550	15.000	15.000			
8 $\sqrt{2}$	0.400	1.900	2.400	2.900	3.250	3.550	3.840	4.200	4.580	5.070	5.660	6.175	6.710	7.280	7.900	8.500	9.120	9.770	11.500	12.530	13.630	14.890	14.890			
9	0.150	1.710	2.675	2.375	2.450	2.500	2.580	2.700	2.900	3.250	3.675	4.080	4.570	5.150	5.760	6.450	7.110	7.110	8.620	10.300	12.020	13.740	13.740			
9 $\sqrt{2}$	0.075	1.590	1.950	2.175	2.130	2.040	1.940	1.990	2.160	2.460	2.780	3.210	3.710	4.360	4.930	5.650	5.650	5.650	7.210	9.000	10.530	12.680	12.680			
9 $\sqrt[3]{4}$	0.025	1.280	1.750	1.930	1.790	1.610	1.440	1.300	1.225	1.250	1.425	1.640	2.000	2.460	2.970	3.560	4.210	5.740	7.450	9.350	11.240	11.240				
9 $\sqrt[3]{5}$	0	1.075	1.540	1.750	1.680	1.500	1.250	1.060	0.775	0.650	0.600	0.740	1.000	1.350	1.800	2.310	2.800	3.100	3.530	5.330	7.610	9.510				
9 $\sqrt[3]{6}$	0	0	1.675	1.475	1.450	1.240	0.925	0.650	0.380	0.200	0.100	0	0.150	0.300	0.500	0.800	1.180	1.610	2.700	4.070	5.700	7.530				

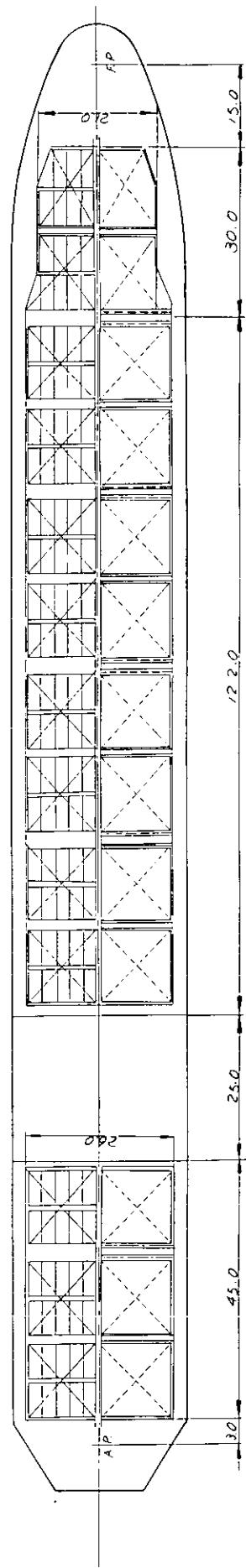
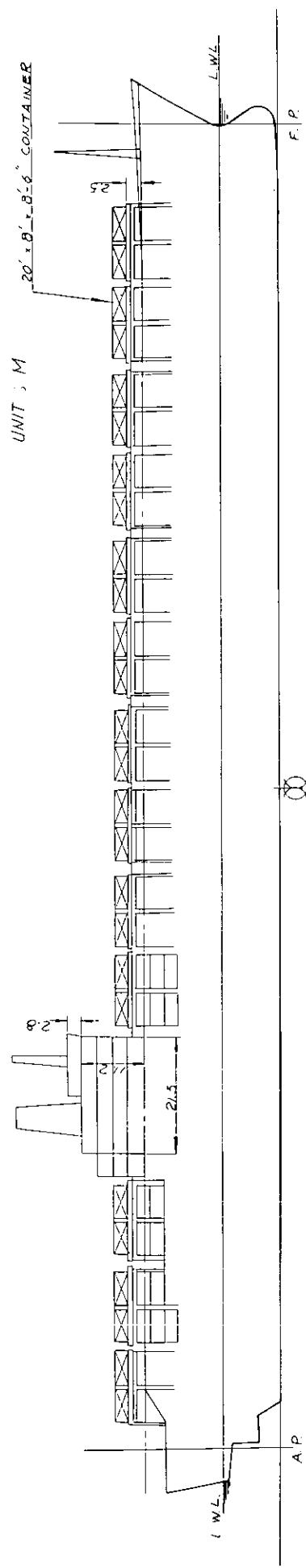
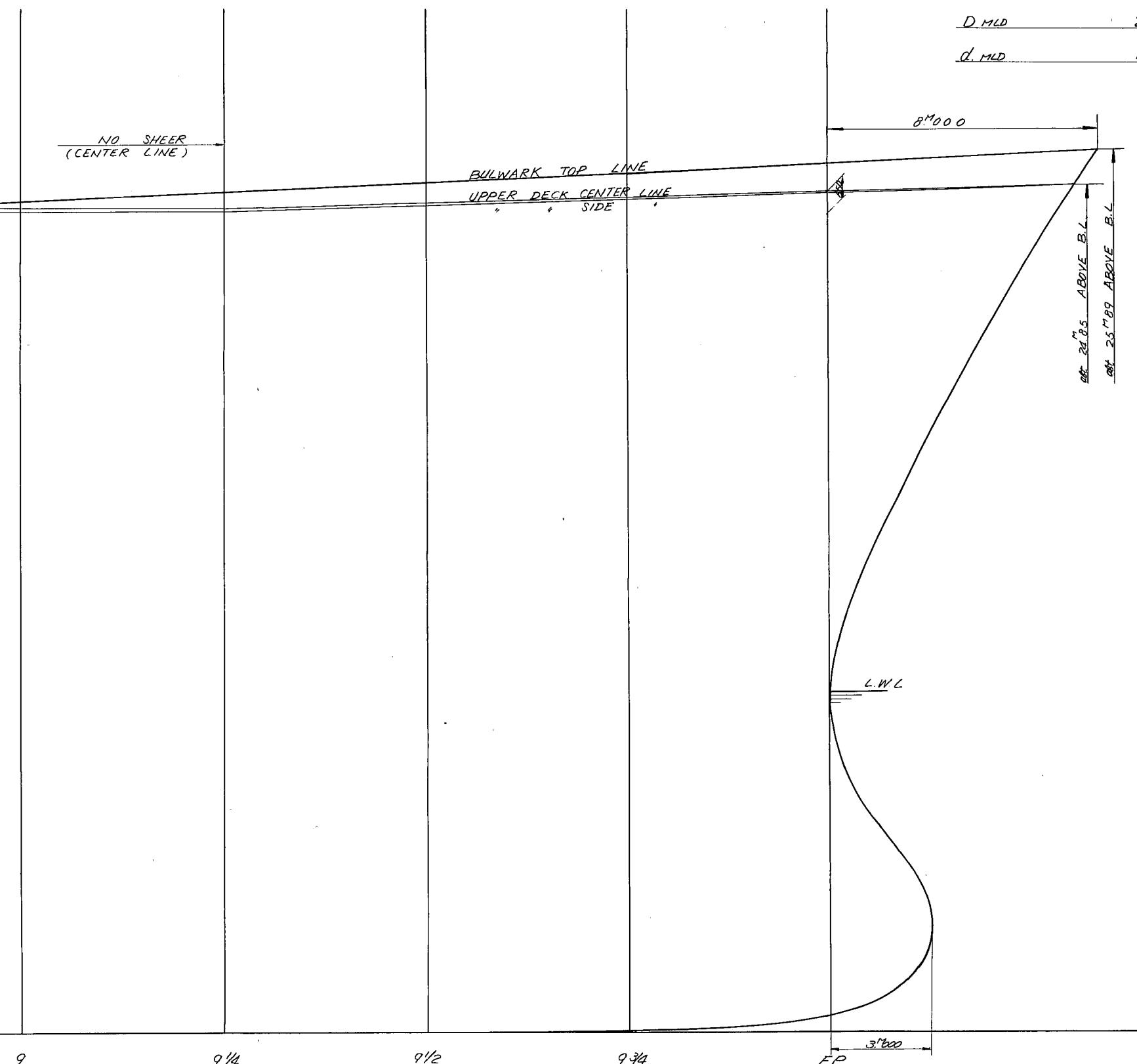
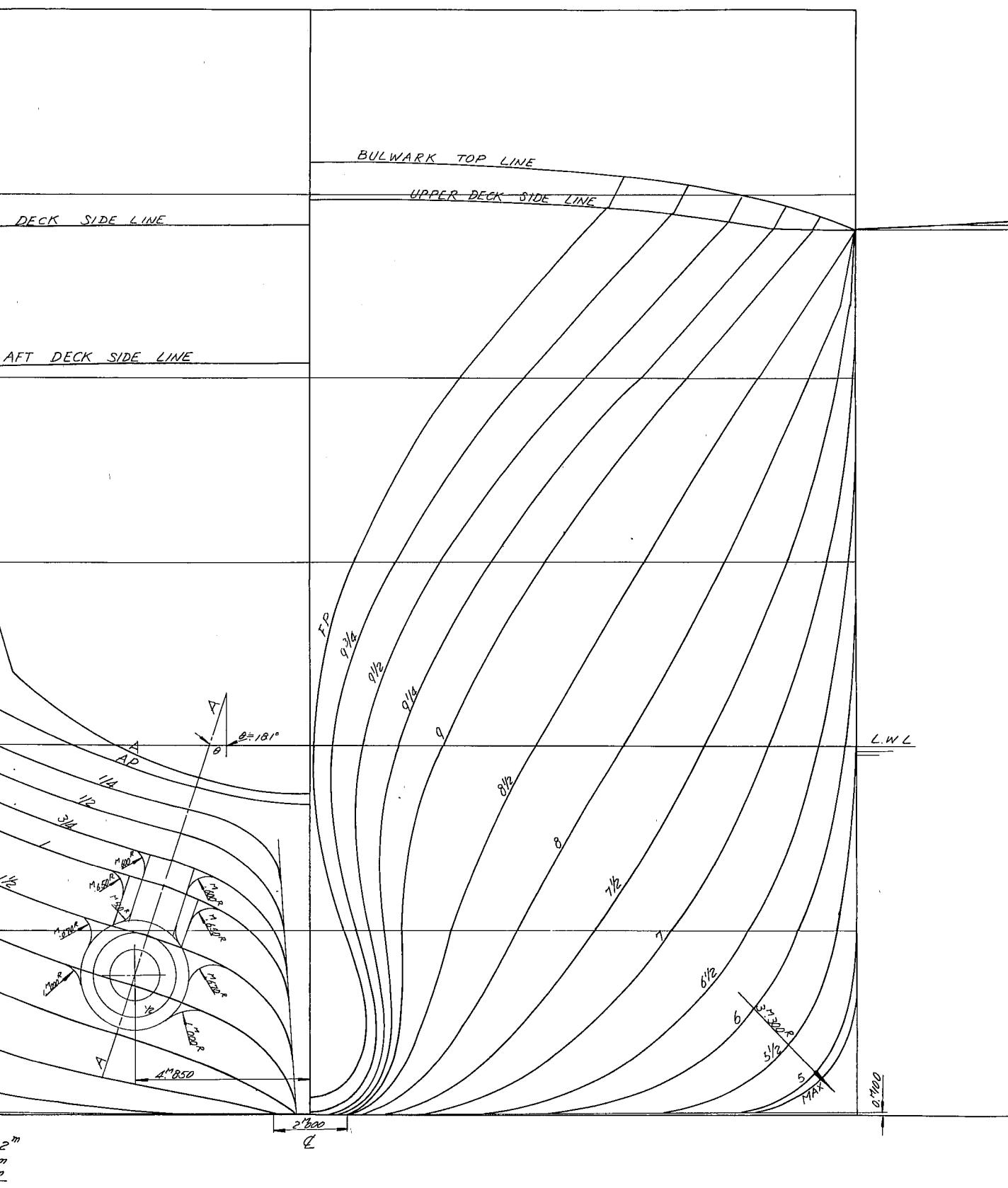
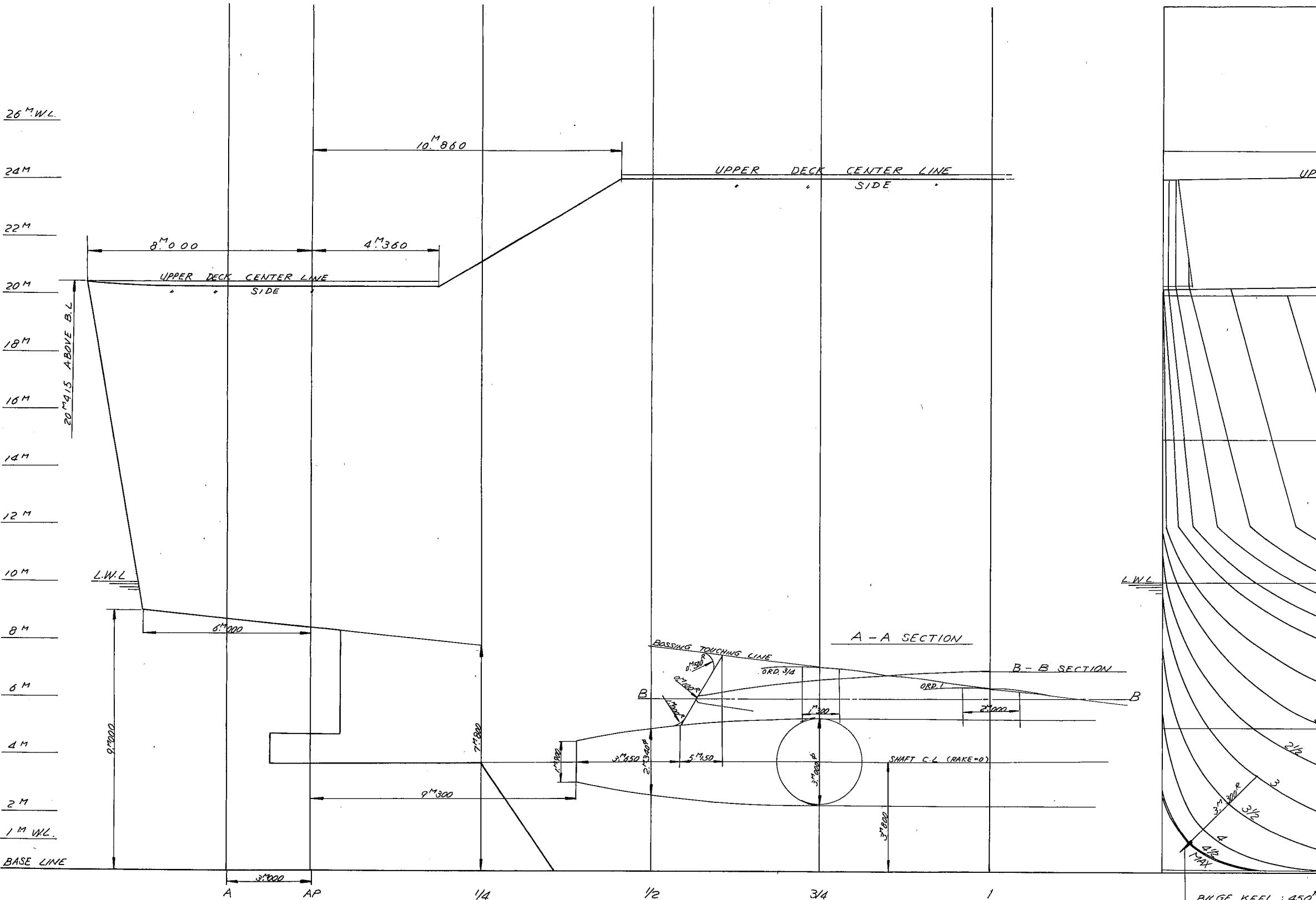


図 2.8.1 SR108 TWIN SCREW SHIP ( $L/B=8.0$ )  
ROUGH ARRANGEMENT



IN SCREW SHIP ( $L/B=8.0$ )  
AND STERN PROFILE

56<sup>M</sup>000  
40<sup>M</sup>000  
30<sup>M</sup>000  
24<sup>M</sup>000  
10<sup>M</sup>000

1

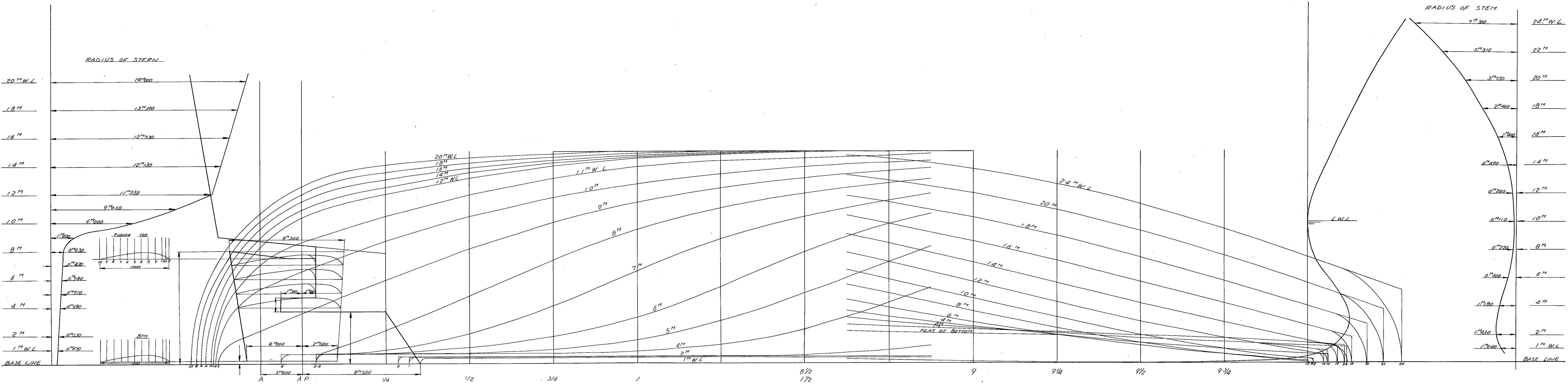


図2.8.3 SR108 TWIN SCREW SHIP ( $L/B=8.0$ )  
 WATER LINE AND PROFILE

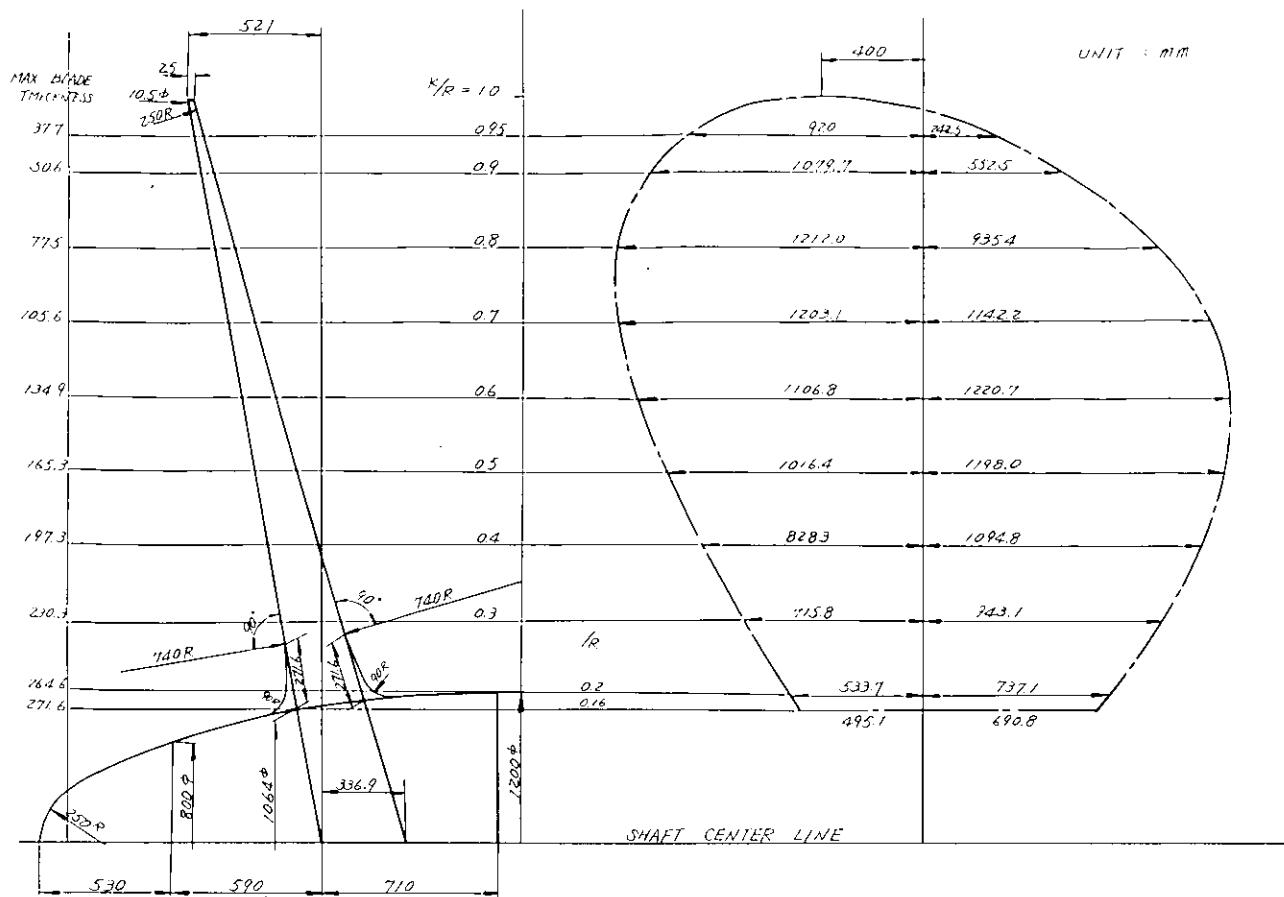


図 2.8.4 プロペラ形状図

### 3. 実 船 觀 則

#### 3.1 目的および経緯

S R 108 部会で理論計算および模型試験に使用した船型は、いわゆる P S W 航路 ( Pacific South West 航路 ) に現に就航している 1 軸コンテナ船 ( 5 船型, 6 隻 ) の平均をとった船型である。これらの原型の船について実船試験を試み、船体運動について理論計算値および模型実験と実船計測値を比較することができれば研究に一貫性を持たせることができ、意義は大である。

しかし、実海面の特性を上記の比較検討に使用するに充分な精度で測定することは現状では困難であるので、比較を第一の目的として計測するのではなく、実船の運航状態における船体運動の実態を把握することを主目的とし、あわせて耐航性研究に従事している研究者が荒天航行の実況を体験することを目的として本年度の実船観測が実施された。

なお、本格的な船体運動に関する実船試験は次年度以降に実施されるが、そのために購入する計測器材に対する参考資料を得ることも追加の目的とされた。

乗船した船の要目は表 3.1.1 に示す通りで、海運会社の御好意により、 P S W 航路に就航している全船に乗船することができた。

表中に S R 108 の平均船型も記入しておいたが、どの原型とも極めて近い船型であるので、本部会の理論値あるいは模型実験値は、各船の実船計測値と対応させて考え得ることがわかる。

できるだけ多くの耐航性の研究者が荒天時の運航状態を体験するなる趣旨に基き、表 3.1.2 に示すように造船所、研究所、大学がチームを作り、合計 9 チームがいずれも一番荒れる冬季に各 1 往復航海づつ乗船した。なお、乗船者は便乗の形をとっており、乗組員の定員の関係から、 1 チーム 2 名を標準とし計画された。

各チームの乗船者決定後、乗船員全員および海運会社委員などで 45 年度実船試験小委員会を発足させ、本年度実船試験の主旨、内容、具体的な方法などについて討議および連絡をたびたび行なったので、チーム数が多いにもかかわらず、統一された形で実船観測を行なうことができた。

#### 3.2 観 测 方 法

本年度の実船試験は実船計測ではなく実船観測を主にしているので、観測項目および方法を統一するため、実船試験小委員会で討議の結果、具体例を表 3.2.1 ~ 3 に示すような観測用シートを印刷配布した。本シートは使用した経験から改良すべき余地を持つものであることが明らかとなったが、一方、注意能力の低下している乗船中では、このような標準型式に機械的に書き込む義務を持たせることは必要であることも確認された。

計測器による船体運動の計測は義務づけられていなかったのであるが、すべてのチームが既存の計測器で船体運動の計測を行なうことになり、共通の計測方法として、バアティカル・ジャイロによりピッチ、ロールを計測し、アナログ・データレコーダに記録する方法がとられた。そこで最低の定時計測時間を正午頃および午後 4 時頃の 2 回にきめ、最低の共通計測項目としてピッチ角、ロール角の 2 項目を決めた。アナログ・データレコーダの他のチャンネルの使用は任意としたが、ほとんどのチームが水平あるいは垂直加速度の計測に使用した。なお、本年度の計測記録の本格的な統計数値解析は次年度以降に実施することになっている。

#### 3.3 各チームの観測結果

各チームごとの観測結果の抜粋および考察あるいは体験記を、以下に乗船時期の順に記載する。

##### 3.3.1 日立、府大チーム ( 加州丸 山下新日本汽船 )

###### (1) 計 測 要 領

計測項目は小委員会でピッチとロールだけを義務とし、その他は各チーム任意とすることになったため、日立、府大チームとしては次の 7 項目の計測を行った。

1. ピッチ
2. ロール
3. 加速度 ( 船首部上下 )
4. 加速度 ( ブリッジ前後 )

表 3.1.1 完成時要目表

船名		加州丸	あめりか丸	ごうるでん げいとぶりっじ	ジャパンエース	箱根丸	丸	SR108船型
1	総トン数(Ton)	16,626.18	16,404.77	16,814.49	16,528.74	16,240.13 16,214.25		
2	満載排水量(K.T.)	23,990	24,412	24,832	25,455	24,777 24,777		24,758
3	載荷重量(K.T.)	15,014	15,440	15,926	15,819	16,306 16,290		
4	航海速力(Kn.)	22.53	22.40	22.25	22.80	22.60 22.60		
5	最高速力(Kn.)	26.152	26.38	25.741	26.14	26.00 26.00		
6	垂線間長(m)	175.00	175.00	175.00	175.00	175.00 175.00		175.00
7	型巾(m)	25.70	25.00	25.00	25.20	26.00 26.00		25.40
8	全長(m)	188.00	187.00	188.90	188.00	187.00 187.00		
9	型深(m)	15.30	15.50	15.40	15.30	15.50 15.50		15.40
10	満載吃水(m)	9.10	9.50	9.524	9.70	9.52 9.52		9.50
11	方形肥脛係数(満載時)	0.5719	0.5731	0.5815	0.5806	0.5580		0.572
12	Lpp/B	6.809	7.00	7.00	6.944	6.731		6.89
13	B/d	2.824	2.632	2.625	2.598	2.731		2.67
14	推進器	型式×(数) エローフォイル 5翼1体(1)	5翼1体(1)	6翼1体(1)	6翼1体(1)	5翼1体(1)	5翼(1)	
15		直径×ピッチ(m) 6.600 × 6.645	6.700 × 7.760	6.350 × 7.087	6.500 × 7.630	6.700 × 6.994	6.500 × 6.860	
16	主機	形式×(数) 日立 B & W(1)	三菱 スルザ(1)	川崎 M A N(1)	I H I スルザ(1)	三菱横浜 M A N(1)		
17		常用出力(PS) ×回転数(rpm) 22,080 × 106	23,800 × 103	23,400 × 109	23,800 × 102.4	23,600 × 106		
18		連続最大出力(PS) ×回転数(rpm) 27,600 × 114	28,000 × 108	27,500 × 115	28,000 × 108	27,800 × 115		
19		燃料消費量(t/D)	88.4	87.4	88.2	86.0	155g/kg hr	
20	建造年月日	43-10-30	43-10-19	43-10-26	43-11-8	43-8-27 43-9-15		
21	建造所	日立・因島	三菱・神戸	川崎重工	石川島播磨	三菱・神戸 三菱・神戸		
22	所属海運会社	山下新日本 大阪商船三井	川崎汽船	ジャパンライン	日本郵船 昭和海運			

表3.1.2 SR 108, 45年度 実船観測、乗船者名

船名	船主	建造所	乗船者名(敬称略)	実施期間
加州丸	山下 新日本	日立造船	1.日立・府大チーム 村橋 達也(日立) 雁野 昌明(日立) 姫野 洋司(府大)	24次航 45.11.9~11.18 (東京) (ロスアンゼルス) 45.11.23~12.4 (オークランド) (神戸)
あめりか丸	商船三井	三菱重工	2.船研チーム 小川 陽弘 佐藤 辰二 小久保芳男	25次航 45.12.1~12.10 (東京) (ロスアンゼルス) 45.12.14~12.26 (オークランド) (神戸)
			3.住重・鋼管チーム 永松 秀一(住重) 早川 武夫(钢管)	26次航 45.12.30~46.1.9 (品川) (ロスアンゼルス) 46.1.13~1.25 (オークランド) (品川)
どうるでん げいとぶりっじ	川崎	川崎重工	4.阪大・府大チーム 斎藤 公男(阪大) 細田 竜介(府大)	25次航 45.12.17~12.26 (東京) (ロスアンゼルス) 45.12.31~46.1.10 (オークランド) (東京)
			5.川重チーム 永松 宣雄 玉井 浩正	26次航 46.1.25~2.3 (品川) (ロスアンゼルス) 46.2.9~2.21 (オークランド) (神戸)
箱根丸	郵船	三菱重工	6.三菱チーム 武隈 克義 赤城 富也	27次航 45.12.30~46.1.9 (品川) (ロスアンゼルス) 46.1.12~1.24 (オークランド) (品川)
			7.東大チーム 前田 久明 小柳雅志郎	28次航 46.1.31~2.9 (品川) (ロスアンゼルス) 46.2.13~2.25 (オークランド) (神戸)
ジャパンエース	ジャパン ライン	石川島 播磨重工	8.石播・三井チーム 片桐 徳二(石播) 出中久仁雄(石播) 岸本 修(三井)	24次航 45.11.26~12.6 (品川) (ロスアンゼルス) 45.12.10~12.21 (オークランド) (神戸)
榛名丸	昭和	三菱重工	9.横大チーム 竹沢 謙二 宮川 清	27次航 46.1.17~1.26 (品川) (ロスアンゼルス) 46.1.30~2.10 (オークランド) (神戸)

表3.2.1 観測用シート(その1)

Voy, No 27 H, M.V. "Haruna-Maru", Team Y N U

( SHEET I )

From Oakland

Toward Kobe

	Exp. No.		Y-37-H		Y-38-H	
1	Date		2月 3日		2月 3日	
2	Hour & Measuring Time		12:30~12:50		14:30~15:00	
3	Weather	D E	晴		くもり	
4	Barometer	D E	995.5		995.5	
5	Visibility	D				
6	Temp.	Air D E	14.5 °C		14.5	
7		Sea D E	15.5 °C		15.5	
8	Relative Humidity	D	60 %		60	
9	Draft	FWD D E	m			
10		AFT D E	m			
11	Displacement		K.T.			
12	Anti-Rolling Tank		なし		なし	
13	G Go		m			
14	Go M		m			
15	Position	Latitude D	°N			
16		Longitude D	°			
17	Compass Course	D	255 °		250 °	
18	Wind	Direction D E	West 270 °23'		West 277 °40'	
19		Force D E	7		7	
20		Relative Direction	S 10 ° 5~15		17.5 ° S 15~20	
21		Relative Speed	24 23~25 m/S		23 22~24 m/S	
22		Absolute Direction	S 15 °23'		S 27 ° 40'	
23		Absolute Speed	30.54 Kts		25.64 Kts	
24	Wave	Direction D E				
25		Scale D E	7 (sea high)		7 (Sea high)	
26		Encounter Angle	S 20 °		S 20 °	
27		Height	4 m		3 m	
28	Swell	Direction D				
29		Scale D				
30		Encounter Angle	S 15~20 °		S 20 °	
31		Period	$\lambda = 150 \text{ m}$ 15.0 Sec		150 m 15.0	
32	Height		6 m		6	

表 3.2.2 観測用シート(その2)

Voy, No. 27H M.V. "Haruna-Maru" Team YNU

(SHEET II) From Oakland To Ward Kobe

	Exp. No.		Y-37-H		Y-38-H	
33	Speed	Log D	16.5 E 15~18 Kts		17 16~18	
34		O G D	67/4 Kts		67/4	
35	R.P.M	Reading of Indicator D	85 E 82~88 rpm		85 84~86	
36		Reading of Counter E	88.6 rpm		88.6	
37		Super Charger E	× 1,000 4.75, 4.55, 4.8 rpm		× 1,000 4.75, 4.55, 4.8	
38	Engine	Handle Notch E	5.6/V.a.r.%		5.6/V.a.r.	
39		Govrnor Index E	%			
40		B H P				
41		F.O Consumption	C A K.L 11.43, 669 /4hr		C A 11.43, 669	
42	Auto	Helm	%			
43		Checking Rudder	3 %		3	
44	Ajust	Wheather	30 %		30	
45	Rudder Angle		± 3~4 deg		± 3~4	
46	Pitch (Calculated)	Amp. mean	B.U. B.D. deg	Double Amp ( 2.3 deg )		Double Amp ( 3.3 deg )
47		Amp. max	B.U. B.D. ± 3.0 deg	( 7.4 deg )	± 3.5	( 8.0 deg )
48		Period mean	7.5 sec	( 7.5 sec )	7.5	( 7.9 sec )
49	Roll (Calculated)	Amp. mean	P S deg	( 2.4 deg )		( 3.1 deg )
50		Amp. max	P S + 3 deg	( 7.3 deg )	+ 3	( 6.3 deg )
51		Period mean	11.5 sec	( 16.3 sec )	11.5	( 16.3 sec )
52	Clinometer	Amp. mean	P R 2 S 3 U P 3 D 4 deg		R 2 3	P 4 5
53		Amp. max	P 2 S 4 U 6 D 8 deg		4 6	7 8
54		Period mean	10.0 7.0 sec		9.0	7.0
55	Surg Acc			Double Amp ( max 0.695G )		Double Amp ( max 0.562G )
56	Swaying Acc			( max 0.242G )		( max 0.258G )
57	Yawing					
58	Deck Wetness		Spray 1/5	Green Sea 1/100		
59	Sea sickness		C		Y-37-H	
60	Slamming		1/75		に同じ	
61	Shock or Shudder		Shudder 1/30			
62	Racing		発生しているとも思われる			
63	Course Change		計測中に 270°→255°		計測中にはなし	
64	Speed Decrease		計測中に 90→85 r.p.m		85 r.p.m	
65	Lashing		異常なし		異常なし	
66	Break of Containers		"		"	

表3.2.3 観測用シート(その3)

機名 丸 27日 次航 オークランド港 → 神戸港  
 (46年1月30日) (46年2月10日)

(SHEET N) 1日平均(前日正午～当日正午) 横国大&lt;Y&gt;組

1	月 日	2月3日	2月4日	2月6日	2月7日
2	実験番号	Y-34-H-Y-38-H	Y-39-H-Y-40-H	Y-41-H-Y-42-H	Y-43-H-Y-44-H
3	D E 正午位置	33° 44' N 169° 38' W	31° 12' N 177° 33' W	31° 32' N 173° 00' W	31° 25' N 163° 25' W
4	航走距離	D LOG (Kts)			
5	平均速力	D O G (Kts)	507	429	485
6	機関	D LOG (Kts)			
7		D O G (Kts)	20.28	17.16	19.80
8		E 主機ハンドル位置(%)	63/78一部53/68	5.3~6.0/6.9~7.5	6.0~6.3/7.75~7.9
9		E 燃料(KL/DAY) 消費量	A. 4.196 C. 100.68	A. 4.20 C. 74.57	A. 4.172 C. 98.86
10		" (TON/DAY)	A. 3.60 C. 92.60	A. 3.60 C. 68.60	A. 3.50 C. 91.00
11		D 平均回転数(RPM)	103.7	91.7	102.9
12		E スリップ(%)	+ 13.6	+ 17.3	+ 15.1
13	14	清水消費量(TON/DAY)	缶1.4 残水443 水10	缶1.1 残水432 水11	缶1.2 残水420 水12
14	天気	晴のちくもり	くもり	くもりのち雨	晴
		平均	最大	平均	最大
15	風	風向	↑	↑	↑
16		風力階級	*	*	*
17		波浪	↑	↑	↑
18		方向	*	*	*
19	波	階級	*	*	*
20		うねり	↑	↑	↑
21		方向	*	*	*
22	船体	階級	*	*	*
23		ヒーブ			
24		スウェイ			
25		サージ			
26					
27	海水打込及びしぶき				
28	衝撃				
29	コンテナー、船体損傷				
30	変針				
31	減速				
32	船酔				
33	備考	(25h-00m)	(25h-00m)	(24h-30m)	(24h-30m)

(注) 21～32はA:ほとんどなし, B:少ないがある, C:相当ある, D:ややはげしい,  
E:非常にはげしいの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)

5. 加速度(計測センター上下)

6. " (" 左右)

7. ヨウ

データーレコーダーは4チャンネルのものを使用したため、1～4をベースとし、3、4は随時5～7と入れ替えて計測した。

図3.3.1-1に計測装置のブロックダイヤグラムを示す。また図3.3.1-2に計測点の位置を示す。

計測室は居住区のほぼ中央にあるミーティングルームを充て、そこから、各計測点まで配線した。

計測は、午前と午後各1回を定時計測とし、その他必要時には臨時計測を行った。1回の計測時間は約30分である。

風、波の計測は、風力、風向については本船に装備された風向、風力計により、波浪は目視及びレーダーにより観測した。

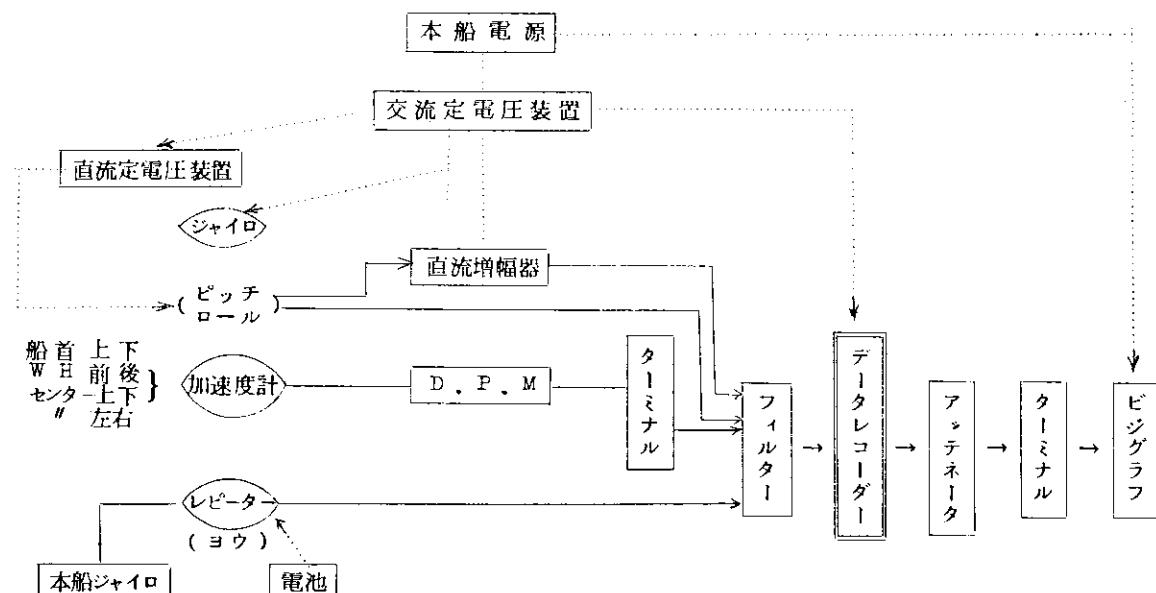


図 3.3.1-1 計測装置ブロックダイヤグラム

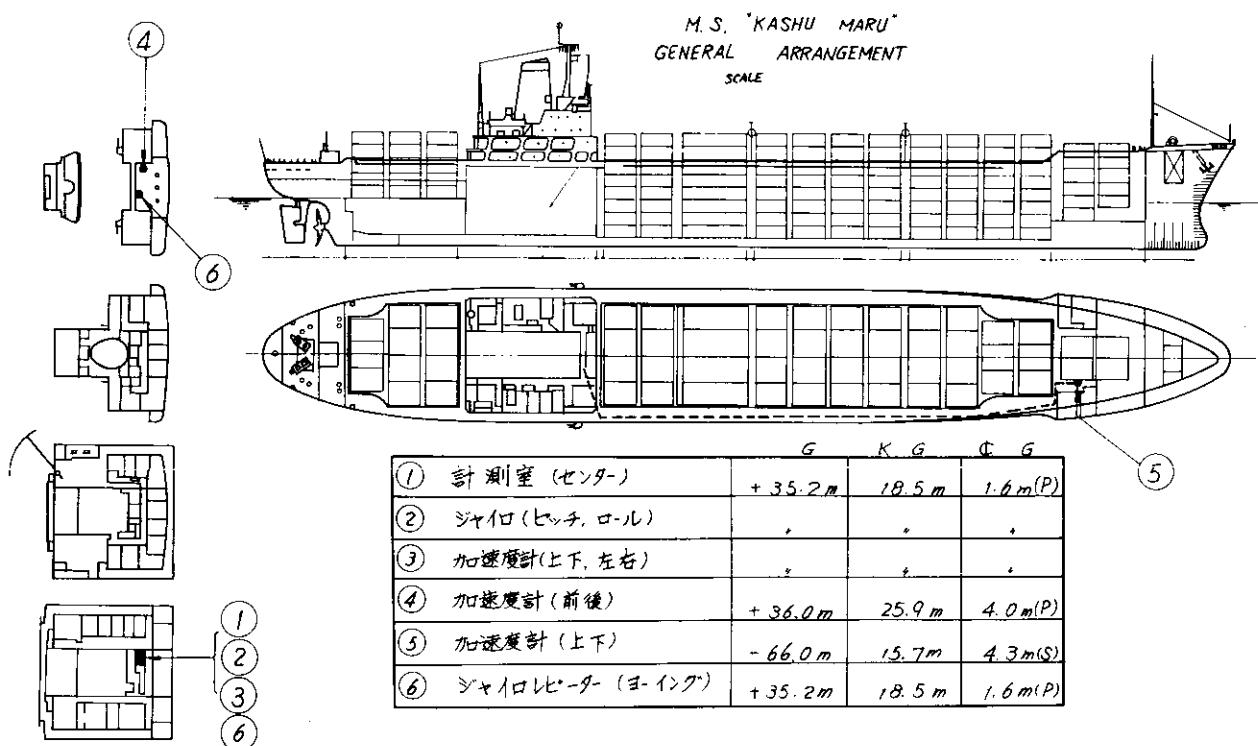


図 3.3.1-2 POSITION OF MEASURE POINTS

## (2) 結果の概要

(a) 一航海の総括表を表3.3.1-1に示す。

往航はコンテナの単重が軽いので搭載可能個数一杯つんでいるが、吃水は計画吃水より多少小さい。復航は単位重量が重く吃水も深くG.M.も小さい。G.M.が入港時0.5m以下とならないように積付けている。

速力は往航時は横波が多く横揺が主故速力減が少いが、復航時は日本附近で正面からの波をうけピッチ大きく速力減が大きいため平均速力で1.65ノットも少くなっている。

吃水は、計測値とトリム計算による計算値にかなりの差がある。

(b) 図3.3.1-3に航路と12時の位置を示す。

往航はこの季節としては普通の航路を取り、途中横揺れの激しい時もほとんど針路を変えなかった。

復航は普段は35°N以下迄下がるが、今回は50°N 180°E附近に非常に大きな高気圧(1050mb)が坐っているため180°迄は静穏であると判断し大圈航路を選んだ。Ocean Routeからの通報もこのコースを指示している。ところが、170°Eを過ぎてから日本附近の低気圧との間にある前線に出会い、正面からのうねりによりピッチ激しく波がぶりがわき、たびたび針路を変更し大圈航路から南下した。

(c) 図3.3.1-4は1日平均の速力、主機回転数及び燃料消費量の変化を示す。

往航の速力は12日に横からの風浪激しく横揺れも大きかったが、約1ノット程度落ちている程度で、横揺れはあまり速力低下に影響しないことが判る。一方復航時は30日を過ぎてから正面からの風とうねりによりピッチを起こし、速力低下が顕著である。2日以下は回転を落したため1.9ノット以下になった。

燃料消費量は概略の馬力を知ることができるが、油質によりカロリー、比重が異なるので、あまり参考にはならない。

(d) 図3.3.1-5及び図3.3.1-6に航海中計測した風と波の方向と最大動揺角を図示する。

図から判るように最初の3日間は、ほぼ直横から風力6~8の風が吹きつき、波も徐々に発達し、12日には完全に発達した横波を受け大きな横揺角を記録した。この時、片舷最大20°を越し(風による傾斜も含め)機子類が倒れる程度であった。

図の頂点附近で一点小さくなっているのは、アンチロー・リングタンクを効かした場合で、その効果は、結果の解析によると約70%程度になっている。

復航時は12/1以後正面からの130mmと180mmの大きなうねりがおじよせ、これが合成される時ピッティングが大きくなり、しばしば船首部に波がぶつかり、そのつどドーンという音と共に2節振動によるブリッジの前後振動をおこしていた。

この時のビデオの記録の一例を図3.3.1-7に示すが、これからも大きなシャターをうけた時のブリッジの前後加速度が非常に大きくなってしまっており、その位相差が180°であることが判る。

海水打込みは、フレアーによりほとんどの波ははねかえされているが、丁度波の重なりとピッチの位相とが合致したとき、完全に波をすくい上げ、その後船首が上ったとき、吸込まれた海水が、倉口前部等にぶつかり2段しぶきをあげていた。

これ等の状況を写真3.3.1-1~2に示す。

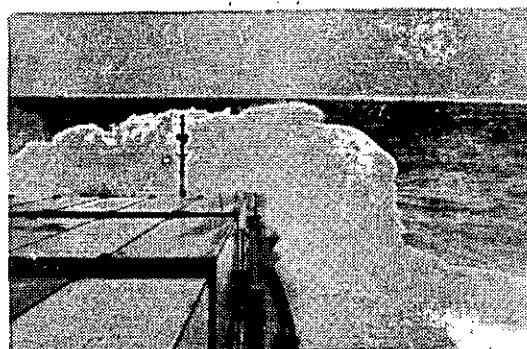


写真3.3.1-1

頭が下ったときうねりに突っ込み大きなしぶきが上る。

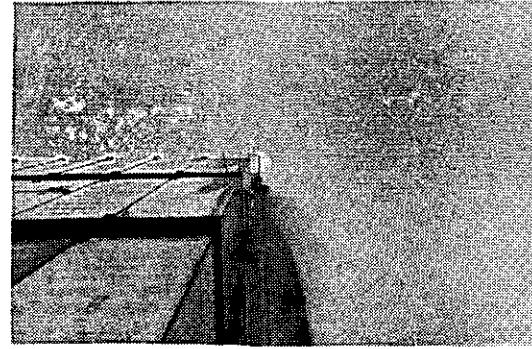
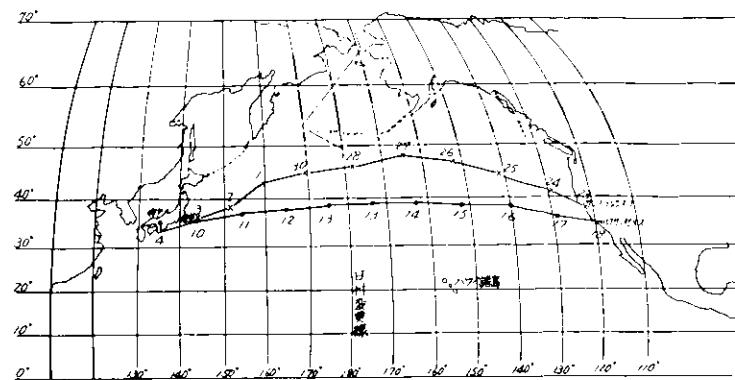


写真3.3.1-2

頭から入った海水がFlight Deckで跳ね上げられしぶきで船が見えなくなる。

表3.3.1-1 一航海総括表

			往航		復航	
	出港	品川	ロスアンゼルス	オークランド	神戸	
	出入港日時(現地時)	1970.11.9. 23:00'	11.18.15.30'	11.23.16.00'	12.4.10.30'	
1	航海時間	9d 8h 0m		10d 0h 28m		
2	航海距離	4,940SM		4,905SM		
3	平均速力	22.05Kts		20.40Kts		
4	コンテナ	20フィート	40フィート	20フィート	40フィート	
5	上甲板上	156	83	147	73	
6	倉内	420	38	408	35	
7	合計	576	121	555	108	
	( )内は計算吃水	出港時	入港時	出港時	入港時	
8	前部吃水	7.49(7.70)	7.39(7.55)	9.09(8.84)	8.60(8.43)	
9	後部吃水	9.11(8.99)	8.50(8.33)	9.35(9.38)	9.32(9.44)	
10	中央部(左舷)	8.07		9.19		
11	水 " (右舷)					
12	平均吃水	8.30(8.35)	7.95(7.94)	9.22(9.11)	8.96(8.94)	
13	排水量	21,555t	20,295t	23,982t	23,401t	
14	排水量差		-1,260t		-581t	
15	G M	1.44	1.35	0.83	0.68	
16	G M の 差		-0.09		-0.15	
17	燃料 A重油	230t	217t	202t	186t	
18	料 C重油	2,351t	1,562t	1,760t	914t	
19	清水	362t	297t	241t	184t	
20	バースト	3,480t	3,086t	2,416t	2,806t	
21	消費量 A重油		13t		16t	
22	C重油		789t		846t	
23	清水		65t		57t	
24	合計		867t		919t	
25	大圈距離	4,837SM		4,817SM		
26	航程係数(2/24)	1,022		1,019		
27	アンチローリングタンク	11/12から使用	11/16閉鎖	使用せず		
28	摘要					



	OUT	POSITION		HOME	POSITION
1	11月 9日	23:00 東京出	1	11月 23日	16:00 Oakland
2	10日	-144° 09'E 36° 01'N	2	24日	129° 51' W 41° 01' N
3	11日	154° 46'E 37° 20'N	3	25日	120° 25' W 44° 22' N
4	12日	165° 00'E 38° 30'N	4	26日	152° 11' W 46° 48' N
5	13日	176° 10'E 39° 33'N	5	27日	165° 08' W 48° 01' N
6	13日	172° 43'W 39° 46'N	6	28日	178° 00' N 46° 28' N
7	14日	161° 51'W 39° 50'N	7	30日	169° 05' E 45° 06' N
8	15日	150° 59'W 39° 27'N	8	12月 1日	158° 44' E 42° 47' N
9	16日	139° 55'W 38° 32'N	9	2日	150° 47'E 38° 15' N
10	17日	129° 26'W 36° 32'N	10	3日	141° 54'E 36° 11' N
11	18日	15:30 LOS.	11	4日	10:30 着港

図3.3.1-3 SAILING ROUTE

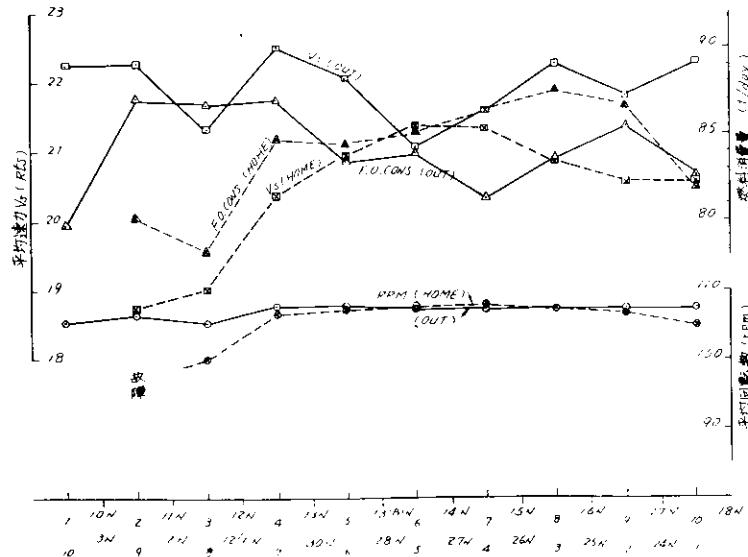


図3.3.1-4 平均速度、回転数、燃料消費量の変化

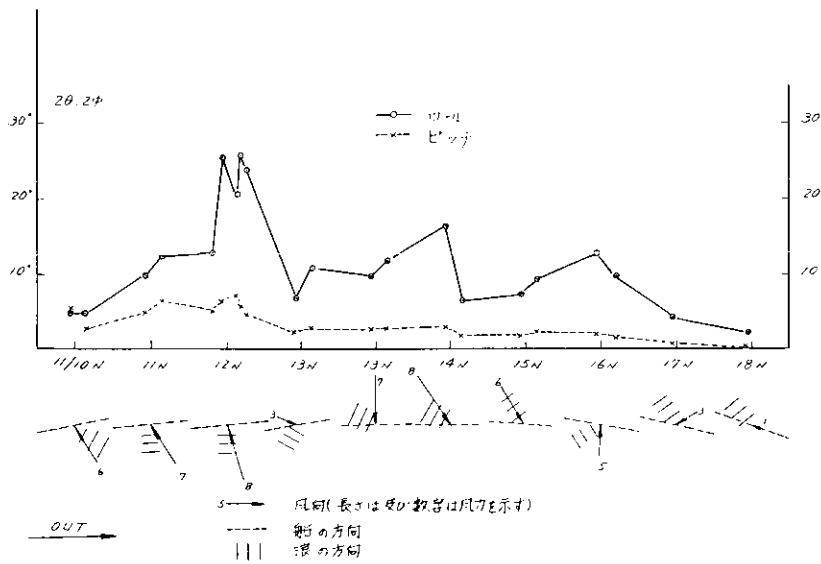


図3.3.1-5 風、浪の方向と最大動搖角（往航）

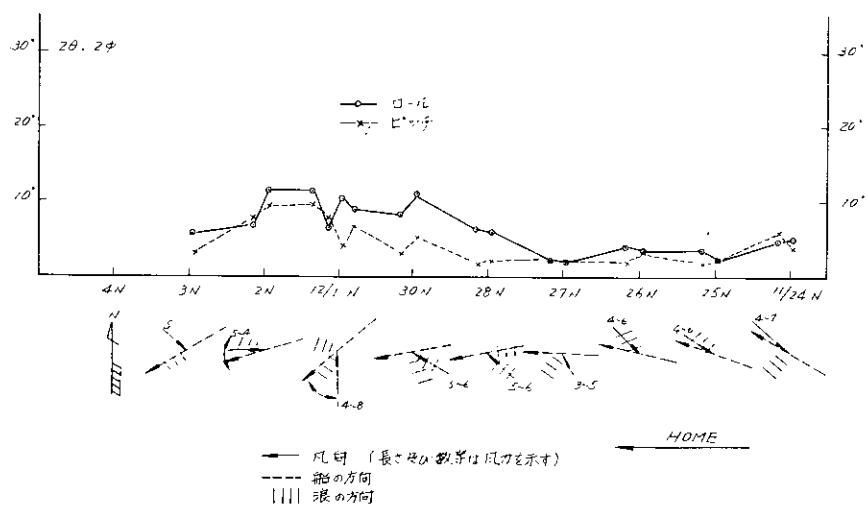


図3.3.1-6 風、浪の方向と最大動搖角（復航）

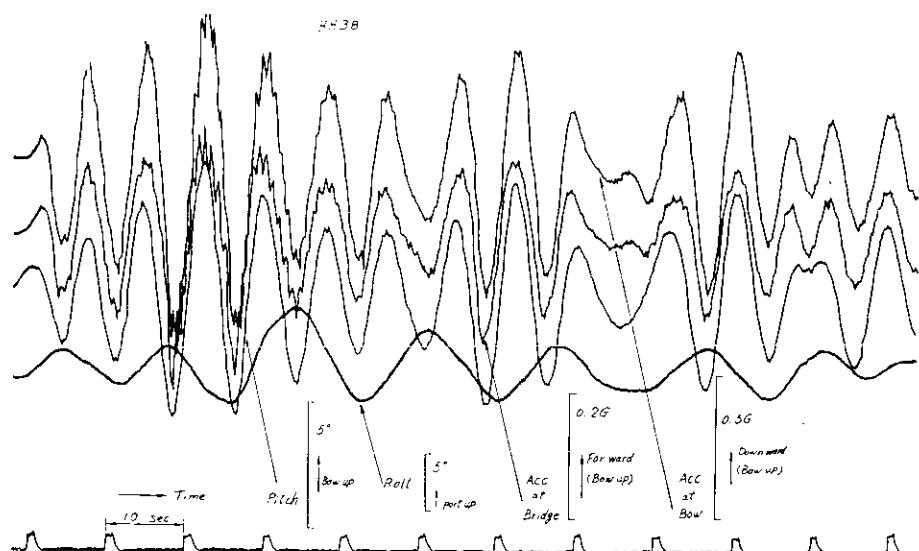
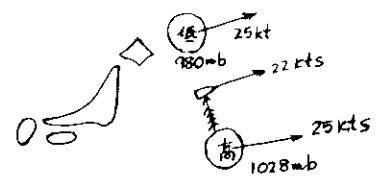


図3.3.1-7

### (3) 考察、感想など

#### (a) 天候と海象

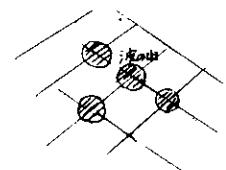
往航は東京を出てから3日間程低気圧と高気圧の間にはさまれ、これらの気圧配置の移動とほぼ同じ方向速力で進行したので、常に同じ方向から風力7~8の風が吹き続いたため、波が時間と共に発達していく様子がはっきり判った。3日目には完全に発達した横波をうけ大きな横揺をした。



また復航はこの季節には珍らしく $5^{\circ}\text{N}$ ~ $18^{\circ}\text{N}$ 附近に安定した大きな高気圧が坐っていたため針路を $48^{\circ}\text{N}$ の大圈航路を選んだが、 $18^{\circ}\text{N}$ 附近まで海面が穏やかで快適であったが、日本附近に近づくにつれ低気圧の壁にぶつかり荒れた。往、復航共 $18^{\circ}\text{N}$ より日本側で最も荒れていた。

#### (b) 波と船の運動

コンテナ船のように横揺周期が15秒もある船の場合、8秒程の発達した波を真横から受けてもほとんど揺れないが、この波も2方向から来たとき、この重なり合いによって、大きな周期の波となって大きな横揺れをおこしていた。ピッキング、波の打込みも同様波長の異なる2方向のうねりの重なりにより生じる三角波により周期的にピッチが大きくなる。この時波の打込みも生じるが、この頻度は、続けて起きると、その後数分は穏やかになるといった様子であった。



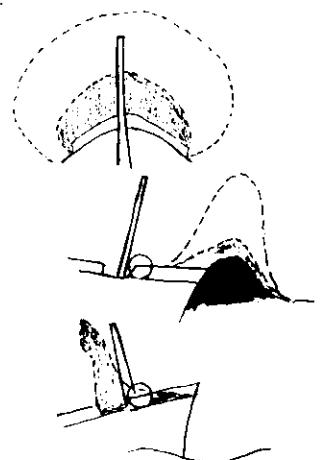
乗組員もこの突然おこる三角波を最も警戒しており、青波の打込みはほとんどこの波をうけたときで、予測できないのが悩みの種とのこと。この様な2方向からのうねりは航海中しばしばあった。今後この2方向の波の中の運動を理論的に解析する必要を感じた。

#### (c) 波の打込みについて

コンテナ船のように上甲板上に貨物を搭載する船で、操船者が最も怖るのは青波の打込みである。本航海でも復航時しばしば波の打込みをうけたが、打込んだ海水の色が白い間は船体やコンテナに損傷を与えるほどなく青波といわない。青波は海の色と同じ青さの海水が打込んだ場合を言い、この時は必ず何らかの損傷を受けること。

海水打込みの状態は次の3段階に分かれる。

- (1) しぶき      真白に見える。
- (2) しぶきと海水      上部は白く下部は不透明のきれいな白緑
- (3) 青 波      透明な緑色



本航海では(2)の状態を多く経験した。この場合はドーンという音とともに水しぶきは2段に上り緑と白のまざった不透明のきれいな部分がFc1eに打込む。この打込んだ水は船首が持上ったとき後方に流れウインドラスや倉口縁材に衝突して再び水しぶきを上げる。

波の打込みを避けるには、船首乾舷を大きくするのが一番であり、本船でも出港と同時に後方にバラストを張り船尾トリムをつけ、少しでも船首乾舷を大きくとるようにした。しかしこの他にフレアの如何が大きく左右する。同じ様な船で波のはね返しの良し悪しで、打込み量が大きいとした。ちなみに、本船は、同型のコンテナ船の中で最も船首乾舷が小さいにもかかわらず、青波を受けコンテナ損傷を一度もうけていないのは、フレアが良いからとの話であった。

#### (d) 速力低下について

本船の様な高馬力の滑型船型の場合、海面から多少荒れても速力低下が非常に少いというのが操船者の感想であった。木帆船の場合はすぐ半分以下の速力に落ちること。

従って、これまで一度もスケジュールを狂わした事がないとのこと。

#### (e) 船酔いと乗心地について

最も心配した船酔いは、それ程でなかった。船酔いの原因には色々あるが、人によって感じ方が異なっている。

慣れが一番効くようで、ベテランの乗組員でも長く陸上生活をした後は酔うこともあるし、我々も復航時相当ピッキングしたときでも、後頭部が重い感じをうけただけで酔はなかった。

気分の悪いときでも、操舵室から外を見ていれば気分が良くなつた。

#### (f) その他の

乗組員は常に板一枚下は海の底という恐怖心を抱いており、船の強度に対する不安は、その船に何度も乗っていると、これ迄に乗っていた船と比較して経験的に、又感覚的に丈夫だと感じることによって少しずつ消えていくようである。従って、一番の関心事は操船の容易さでも乗心地でもなく、波の中での船の強度である。したがってシャター等による未知外力に対してどのように強度を考えているか等々色々の質問をうけた。

また、未知の部分が求明されればそれだけ安全係数を小さくとつていき、結局は弱い船になるのではないか等の話もあった。

我々設計研究担当者は、船は乗組員にとって生活の場であり、命を諾す場であることを常に心にとめておく必要がある。

### 3.3.2 あめりか丸観測結果(第1次) (船研チーム)

#### (1) 結果の概要

- (a) 一航海総計の特性を表3.3.2-1に示した。往航時は全体として追波、復航時は向波を受けることが多いので、平均速度、スリップなどにその差がよく現われている。
- (b) 図3.3.2-1に航路を示した。往航では12月3日～4日にかけて、復航では出港直後の15日に荒天に遭って減速・変針しているが、それ以後はいずれも平穏な航海であったことが示されている。
- (c) 図3.3.2-2(a), (b), 3(a), (b), 4(a), (b)に観測及び計測した結果を実験番号ベースに経日変化の形で示した。(a)は往航、(b)は復航の各記録である。図3.3.2-2は船の環境条件を表わす海象を示すもので、船の当直士官により観測されlog bookに記載される16方位及び階級による表現と、計測時間中の目視及び船の指示計による値と併記した。図3.3.2-3は船の状態を示すもので、上段は指示計から読み取った計測時間中の平均的な値を、下段は前日正午から当日正午までの1日毎の平均値を示す。往航時に12月3日～4日にかけて大きな変針・減速があったこと、復航時15日～16日にかけても同様であったこと、それ以後は往復航ともほとんど平穏であったことなどが明らかである。図で、出航時実測吃水にくらべて直後の吃水が比較的小さいのは主として出港直後にF.P.のBallast Waterを排水しているためである。

図3.3.2-4は船の動搖・加速度等をビジグラフの記録から読み取ったもので、最大値は定時計測時間中に出現したものと示す。但し船の指示計によるものは絶えず注視しているわけではないので最大値を見落している可能性もある。平均振巾は内容があいまいになる様に思われたので取らなかった。出港後の $\alpha_0 M$ は正確に追跡できなかつたので、Rollingの比較的長く続いた部分の記録から横揺れ周期をとってこれに代えた。往復航とも出航後はやや周期が減少気味で、1/3航海位過ぎてから元に戻り、入港直前に僅かに増加している。 $\alpha_0 M$ の保持には非常に気を使っているが、この様な経日変化は担当士官のクセも多少は入っていると考えられる。

- (d) 図3.3.2-5に計測装置のブロックダイヤグラムを、図3.3.2-6に計測室及び加速度計の取付位置を示す。F.P.の加速度計は上甲板上約1mの高さのC.L.上に前後方向に堅固に取付けられている太い角材にスポンジを介してガムテープで貼りつけた。厳密にはF.P.の後方約2mの位置である。船橋の加速度計は海図室背面の壁と、そこへ上がるための階段の手摺の上端部との間の凹みへスポンジで挟んで押し込み、ガムテープでカバーした。

舵角は舵軸に捲いたピアノ線でブーリーによりボテンショメータを回転させる方式を用いてとつた。ピアノ線の他端は重錘ではなく、裁縫に使うゴム紐を適当な角度で取り付けて、張力が余り変化せず十分なストロークが得られる

様にした。

加速度計と舵角のピックアップ以外の計測器等はすべて計測室にあてたり bridge deck の一室のベッドを利用して一まとめにセットした。なお方位ジャイロの故障のため yaw は往航の途中までしかとれなかった。船橋の前後加速度は、波の衝撃を船前に受けた時の船体振動で前後方向にゆきゆきと揺れ動きのが非常に異常に悪く、という乗組員の談話の裏付けとするために滞米中に取付け、復航時に yaw に代えて計測・記録したものである。

計測時刻は船の定時観測及び食事時間(8時, 12時, 17時半)等を考慮して、7時30分～7時50分, 11時30分～11時50分, 15時30分～15時50分の1日3回を標準とし、夜間は行なわなかった。臨時計測は1回だけ行なった。往航時12月5日の12時の定時計測の後に anti-rolling tank に注水を開始し、13時10分～13時30分に計測・記録を行なった。これが T.N.O. SO-12 で、海象その他の条件は直前の T.N.O. SO-11 とほとんど変わらないと見なせるから、この両者で Anti-rolling tank の効果の比較が出来ると思われる。Anti-rolling tank は図 3.3.2-4(b)中に示す様に翌5日まで使用された。

(e) 図 3.3.2-7, 8 にビシグラフの記録の例を示した。図 3.3.2-7 は往航時右横やや後方(90°～110°)からの風と波を受けて最も大きな横揺れ角を記録した時のもので、縦揺れ及び横加速度もほぼ最大の値になっている。上下加速度は比較的小さいが、これは縦揺れが単独ではなく、横揺れの周期で変調された形で大振巾になっているためで、次の図 3.3.2-8 と比較すると明瞭になる。後者は復航時斜め向い波中で大きな縦揺れをしている場合の記録の例で、衝撃による振動が起っている。F.P.の上下加速度と Bridge の前後加速度の動揺成分及び振動成分の方向及び周期から考えて、これが所謂 2 節振動であると考えられる。継続時間は意外に長く、記録の上では 50 秒位までこれが見られる。前述の Bridge の前後振動の正体は概ねこの 2 節振動によるものと思われるが、振動加速度の振巾は小さくても周期が非常に短かい(0.87秒)ため加速度変動が大きく感じられることと、上下加速度と違って元来ほぼ 0 の所へ生じる加速度であること等の理由で非常に不愉快になるのであろう。

## (2) 考察及び感想

- (a) 往復航とも出港後間もなく一度ずつ荒天に遭遇した他はほぼ平穏で、この様なことは 12 月としては珍らしいということであった。出港直後の不慣れな時であったため、船酔い等で満足な記録が取れない所があったのは残念であった。船の指示計の読み取り、波高、周期の観測等について出港前に船側にもよく相談しておくべきであった。
- (b) 全体として往航時には横ないし斜追波、復航時には斜向い波の状態が多い。この影響は各航海の平均速度、スリップ等に現われている。但し、これは必ずしも一般的に言えることではなく、復航でも南に下って平穏な所を通過すれば平均速度は上るが、航走距離は大きくなるので、操船者としては平均速度のみを上げることは意味がないということであった。
- (c) うねりは周期 8～10 秒程度のものが多かったが、波長を直接目視することは困難であった。また非常に荒れた場合うねりが比較的弱い場合はうねりと風浪とを区別することが難かしかった。
- (d) 往航時 T.N.O. SO-6 で、一見横揺れ及び上下加速度が急激に減少しているのは、速度を低下させ針路を変えて、波との出会い角及び出金周期を変えたことによる効果が現われたものである。コンテナ船ではコンテナの損傷を防ぐことが至上命令があるので、この様な「波から逃げる」操船は荒天時には絶え間なく行なわれているということである。
- (e) 往航時は全体を通じて横揺れ角が大きく、横加速度が上下加速度と例等の大きさに、 yaw は ±10° と同程度になっている。
- (f) 復航時には横揺れは少なくなり、周期が長いので、船上では殆んど横揺れだけしかしていない様な感じがするが、横揺れ角は往航時の横揺れの大きい時と同程度に過ぎないことがわかる。 yaw は計測できなかつたが、非常に少ない様であった。
- (g) 船の横傾斜計の指度と計測した最大振巾との関係を別に整理して調べてみると、傾斜計の指度が 10° 以上では約 0.8 倍、 10° 以下では 0.6 倍程度が実際の傾斜角になると考えて良い様である。
- (h) 減揺水槽の比較では記録の上ではやや効果が現われているが、船上では振巾の減少は感じられなかった。実験時の横

揺最大振巾は $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ で、この程度の横揺角では乗組員にとって「揺れ方が素直でなくなる」ことの方が問題にされている様に思われた。注水途中の自由水効果による異常な横傾斜は不慣れな我々にも明らかに感じられる程のものであり、これらの心理的な不安感が、時には減揺水槽に対する不信感にもつながるのではないかと思われた。

(i) 船に弱い便乗者としての感じでは、現在の船は居住性の面でまだ改良の余地があるのではないかと思う。或る程度の動揺は仕方がないとしても、振動は主機の種類によっては殆ど無くすることができるわけであるから、たとえばディーゼルエンジンでもこれがもっと少なくなる様にして安眠できる様にはならないものだろうか。そういう意味では、「船とはこういうものだ」という乗組員の慣れとプロ意識に甘えて我々が改善を怠っているという様なことはないだろうか、という疑問を持った。

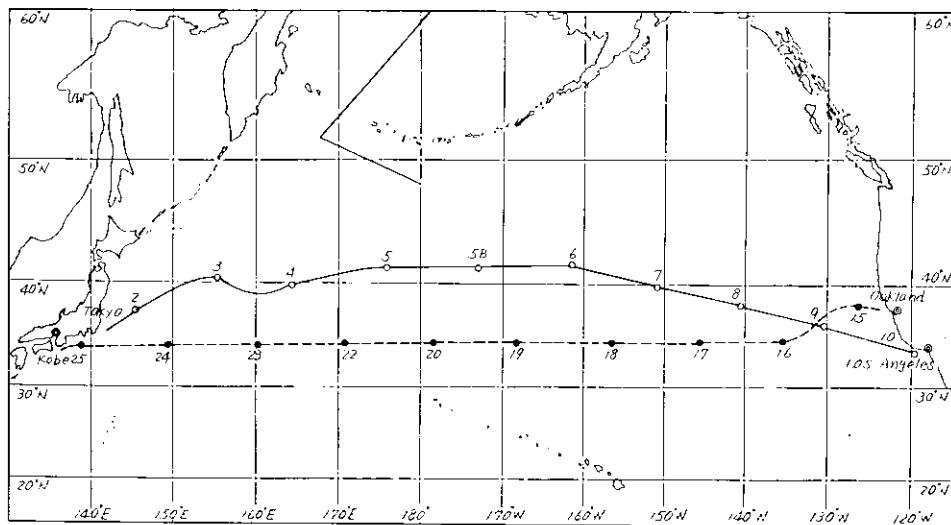


図 3.3.2-1 Noon Position of Ship (in Dec. 1970)

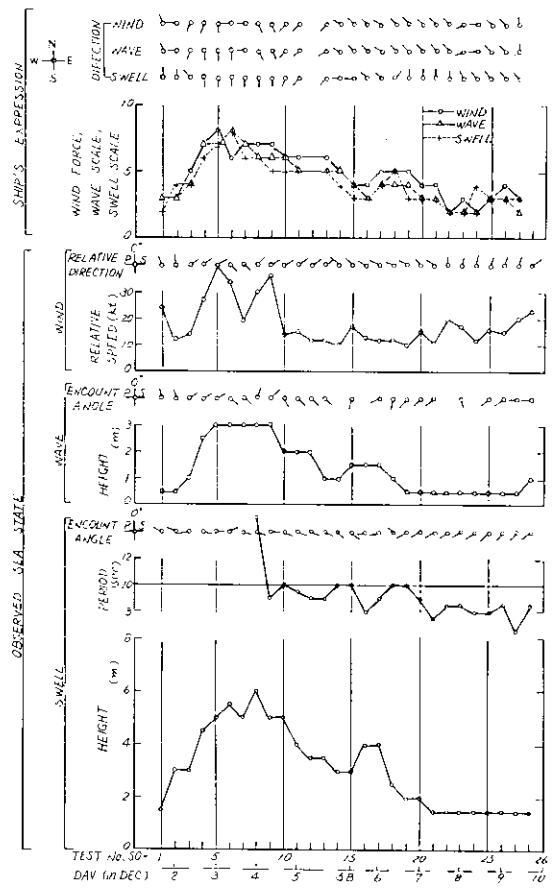


図 3.3.2-2(a) Sea State at Outward Voyage

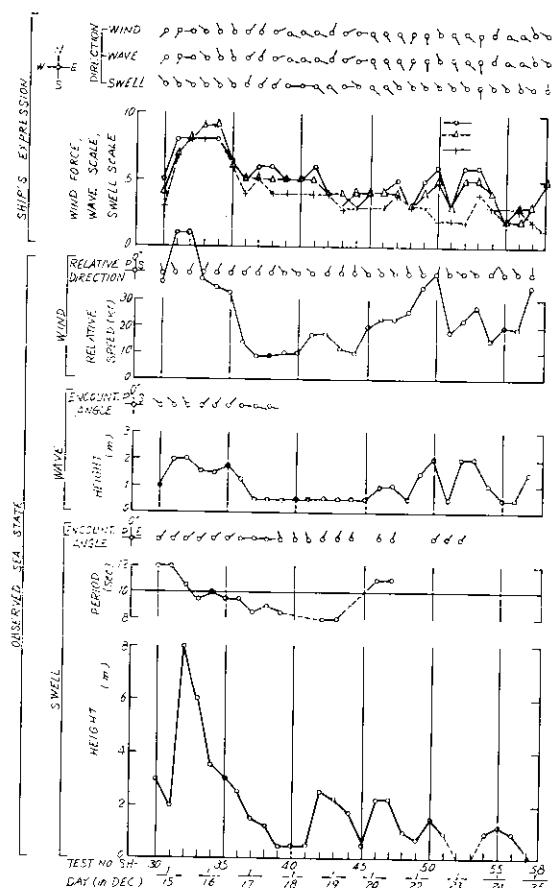


図 3.3.2-2(b) Sea State at Homeward Voyage

表3.3.2-1 一航海統計

Voy. No. 9725 M.V. "あめりか丸"

Team 船研(S)

(SHEET III)

From \_\_\_\_\_ Toward \_\_\_\_\_

Exp. No.		往航		復航	
	港 日 付	東京 → ロスアンゼルス 1971.12.1, 19:00	12.10, 16:00	オークランド → 神戸 12:14, 22:45	12.26, 07:15
1	航進時間	227h 45m		246h 30m	
2	航進距離(NM)	4,975		5,182	
3	平均速力(Kt)	21.84		21.02	
4	航海時間	9d-14h 00m		10d-9h 30m	
5	航海距離(NM)	4,987		5,208	
6	shift時間	2h 15m		3h 00m	
7	shift距離(NM)	12		26	
		(出港時)	(入港時)	(出港時)	(入港時)
8	前部(m)	8.40	7.45	9.40	8.25
9	奥 後部(m)	9.00	8.90	9.50	9.45
10	中央, 左舷				
11	水 " , 右舷				
12	平均(m)	8.70	8.175	9.45	8.85
13	排水量(KT)	21,100	20,292※	23,380	22,150※
14	排水量の差(KT)	— 808※		— 1,230※	
15	G.O.M.(m)	0.78	0.66※	0.96	0.60※
16	G.O.M.の差(m)	— 0.12※		— 0.36※	
17	燃 A重油(KT)	27490	24487	22593	187.11
18	料 B重油(KT)	2,155.33	1,388.88	1,845.91	967.02
19	清 水(KT)	405.0	306.0	261.0	132.0
20	消 費 量	A重油(KT)	30.03		38.82
21	C重油(KT)	766.45		878.89	
22	清 水(KT)	99.0		122.0	
23	合 計(KT)	895.5		1,046.7	
24	大 概 距 離(NM)	4,839		4,817	
25	航 程 係 数(2/24)	1.028		1.076	
26	アンブローリングタンク	一部使用		使用せず	

※は推定値

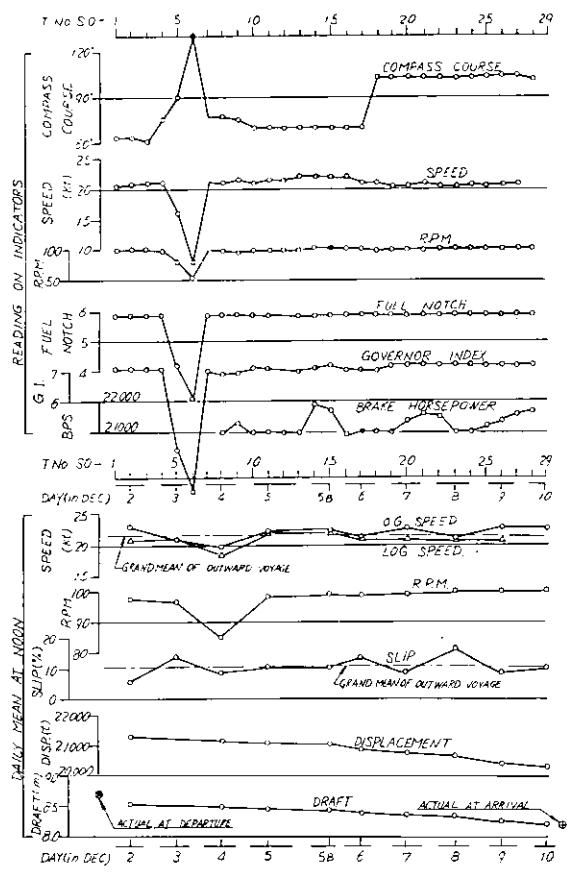


FIG 3.3.2 - 3(a) Ship's Condition at  
Outward Voyage

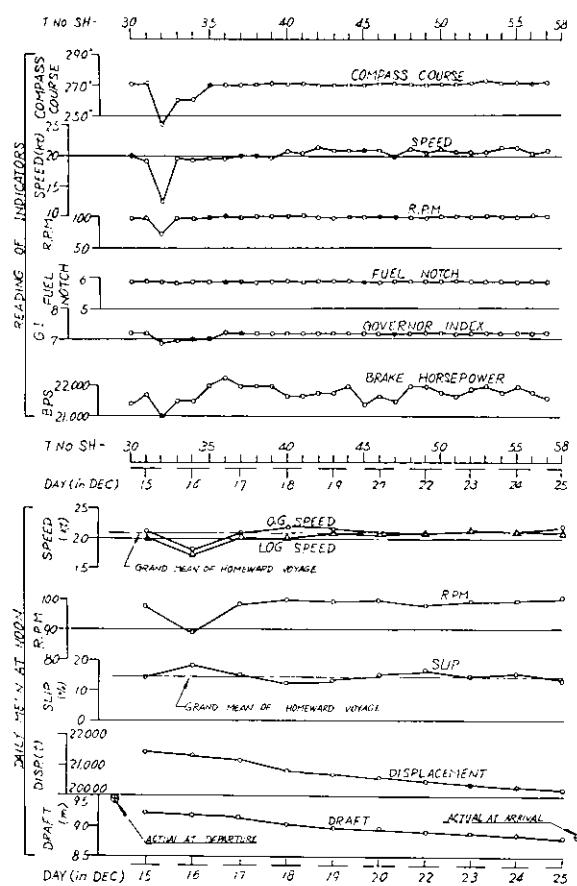


FIG 3.3.2 - 3(b) Ship's Condition at  
Homeward Voyage

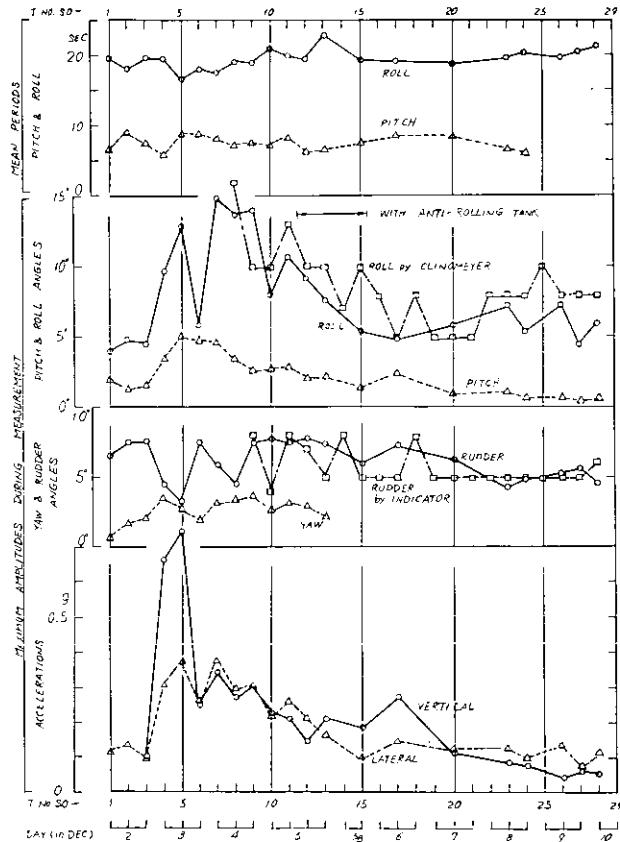


FIG 3.3.2 - 4(a) Measured Oscillations etc.  
at Outward Voyage

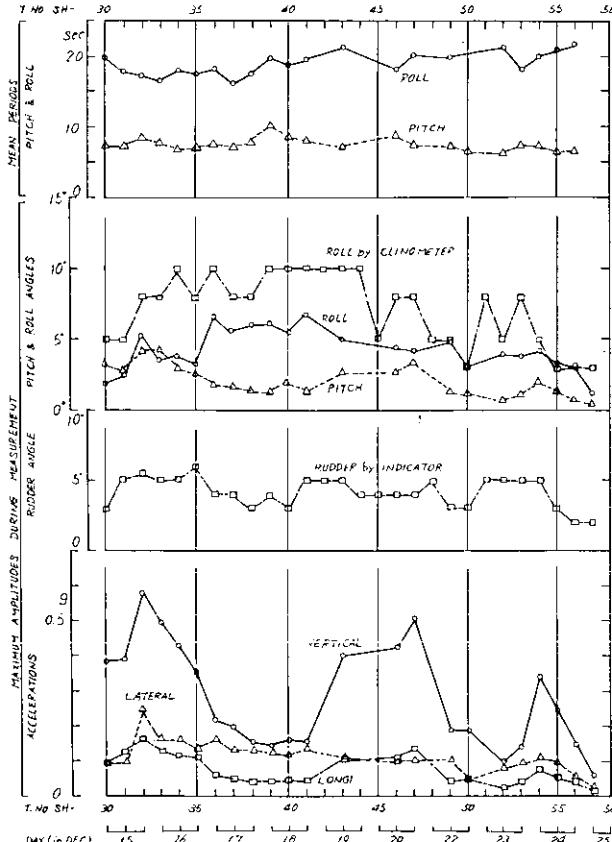
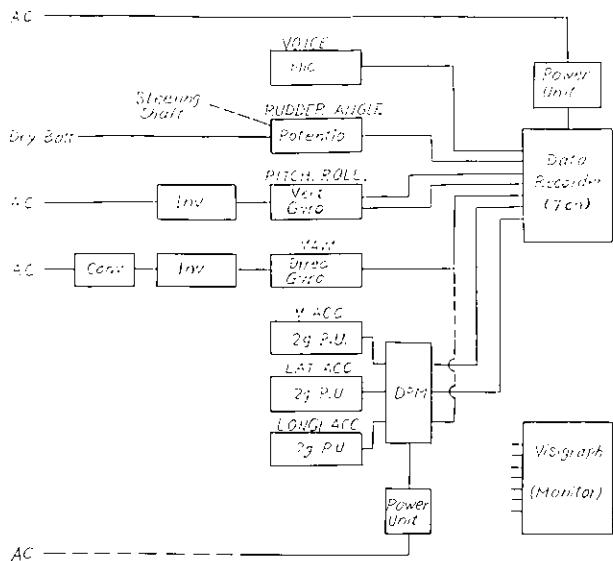


FIG 3.3.2 - 4(b) Measured Oscillations, etc.  
at Homeward Voyage



### 3.3.2 - 5 Setup of Instruments

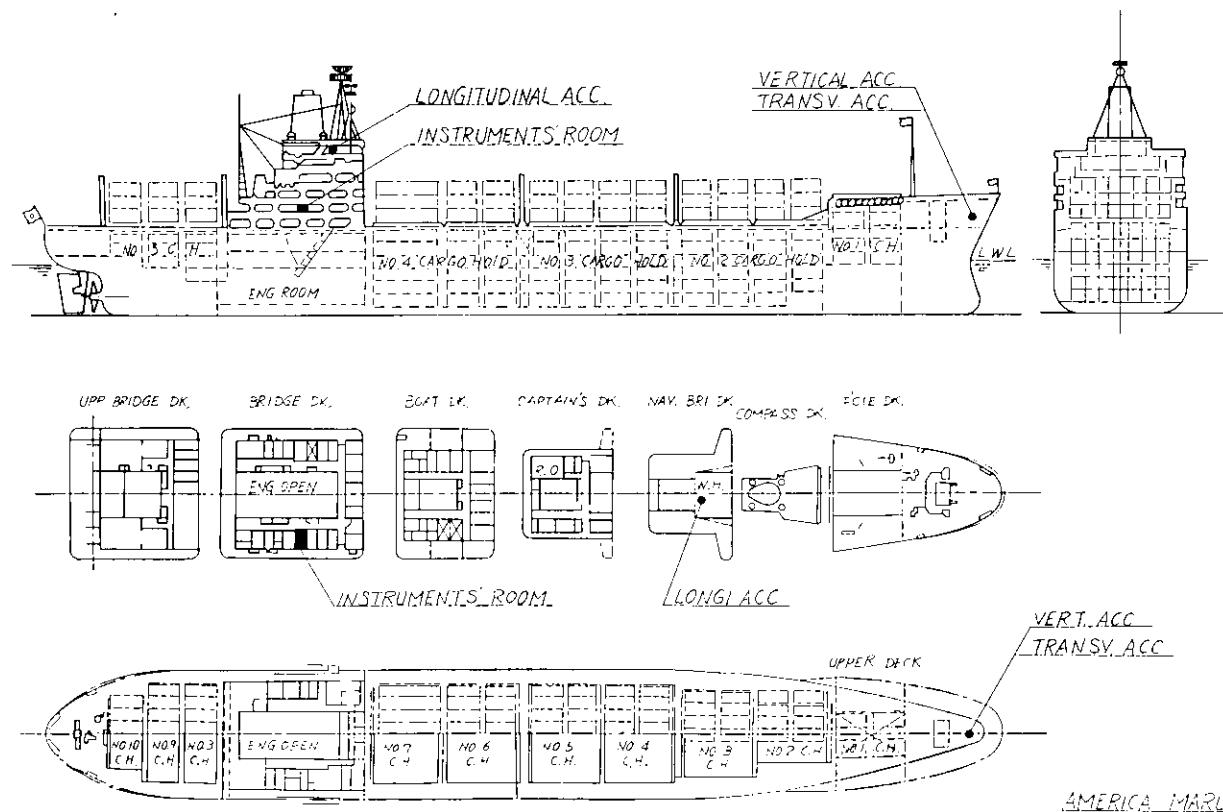


图3.3.2-6 General Arrangement of Ship and Position of Instruments.

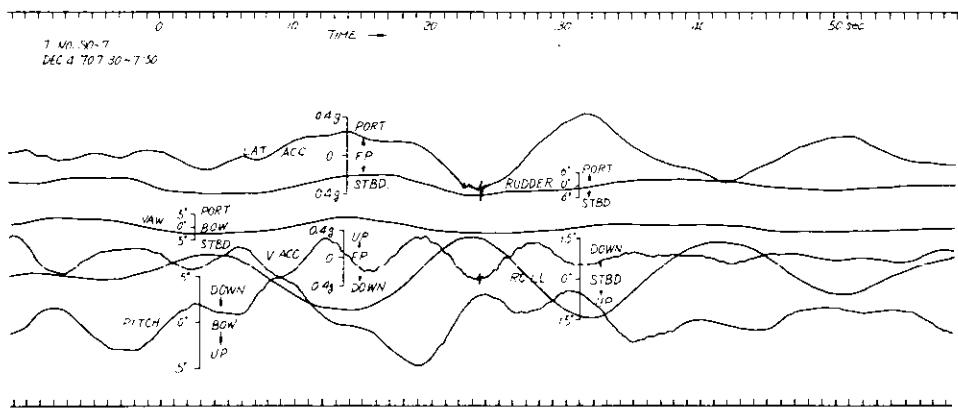


図 3.3.2-7 A Part of Records  
at Heavy Rolling and Pitching

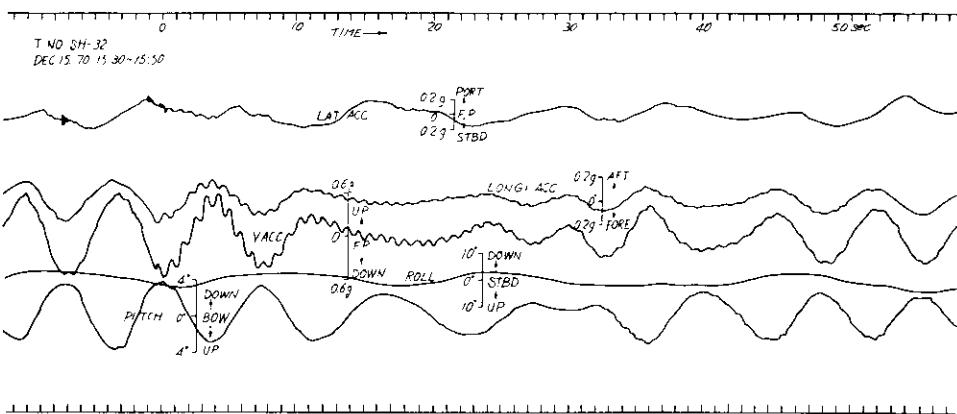


図 3.3.2-8 Example Record including  
Longitudinal Vibration

### 3.3.3 阪大・府大チーム (GOLDEN GATE BRIDGE, 川崎汽船)

#### (1) 結果の概要

(a) 第25次航海総計の特性を表3.3.3-1に示す。北太平洋では、年間を通じて、風、波とともに西に偏しており、従って往航では追手、復航では向い風(波)の状態で航走することが多い。この往復航の差が(往復航で船の状態に差はあるが)、スリップ、平均速力等に現われている。又、往復航の排水量、GMの差は積荷の内容が異なるために起つたものである。

(b) 図3.3.3-1に航路を示す。往航では、風、うねりともに追手の場合が多く、船体動揺は横揺が主で、全般に軽度で穏やかな航海であった。海水打込みは全く起らず、従って船速低下も認められなかった。追風を受けて23Ktを越す場合さえみられた。復航では、向い波の状態が多く、縦揺が非常に顕著で、殆んど毎日スプレーが上がり、その度に軽度のShudderを記録した。1月2日の午後よりうねりが高くなり始めて、1月4日には、風、うねりともに正面から到来する時化に遭遇した。4日の午前10時40分に20°P変針して、危険な状態を避けた。これらの事情は図中の正午位置に現われている。約2日間に亘る時化のために、大きな被害ではないが、船体各部に及んだ損傷は大体次の通りである。

- 1) Fore Deck 下の Pillar の座屈
- 2) 予備 Anchor 取付けボルトの欠損
- 3) 荷役灯破損
- 4) 前檣灯破損

これらの被害は、海水打込みによるものであり、海水打込みが、減速、変針の最大要因であるとの船長の意見に全く同意である。

- (c) 図 3.3.3 - 2 (e), (b) 及び (c) は、気象、海象の変化の様子を、又図 3.3.3 - 3 (a), (b) は、船の状態を、図 3.3.3 - 4 (a), (b) は計測結果の大略を、夫々往復航に分けて、自付、実験番号ベースに示す。気象および海象は年前と年後で余り大きい変化はみられなかったので、平均的な値を図示した。往航は概して穏やかであり、又復航では、1月4日の時化が特徴的であるのが分る。船の状態も、1日の中の平均値を示した。往航では、Fuel Hatch, RPM, Slip, Speed 等、殆んど変化がない。復航では1月4日の時化のために、上記の各値は1月5日に結果として現われている。時化で来ると、*long*による船速よりも0.0の船速の方が低い値を示している。図中のGMの変化はChief Officerが毎日の正午の値を推定計算されたものである。図3.3.3 - 4 (a), (b) は、計測結果を示しているが、往航では、余りに穏やかなため、計測を休んだ日もあるが、全体の傾向には影響ないと考える。往航では横揺が卓越しており、縦揺は非常に小さく、時々スプレーが上がる程度であった。確って、船首の上下加速度も0.5gを越すことは殆んどなかった。横揺が主であっても、その周期が長いため、船首の左右加速度は最大0.25g位である。これに比べて復航では、縦揺が非常に大きく、特に1月4日には、駆逐面前の波のために横揺よりも大きな振幅を示している。この時の加速度も非常に大きく、最大で2gの衝撃波を記録した。又、1月2日の所にある、縦揺、船首上下加速度のピークは、うねりだけによるものである。このことから、縦揺および船首上下加速度、海水打込み等の諸現象には、風波よりもうねりが支配的であり、Beaufort Scale 6 に依る海象の表現に問題があることを示している。
- (d) 図3.3.3 - 5 に計測装置のブロック図を、又、図3.3.3 - 6 に計測装置の設置位置を示す。船首に設置した加速度計からのCable は、川崎汽船および川崎重工の御厚意により 2nd Deck の Side Passage に設置し、水密隔壁には小孔をあけて貫通ピースを設置した。データレコーダーが4チャンネルであるため、4つの加速度を切換えスイッチで任意に選べるようにしたが、『GOLDEN GATE BRIDGE』の船橋部の振動は非常に小さかったことと、復航では縦揺が優勢であったことより、船橋部の加速度は数回の計測しか行なわなかった。
- (e) 図3.3.3 - 7 および図3.3.3 - 8 に夫々往航時および復航時の計測の一例をアナログ記録の形で示す。この図からも、往航では横揺、復航では縦揺が優勢であることが窺える。図3.3.3 - 8 にはShudderの様子が非常によく現われている。この2節振動の周期は約0.87秒であり、船首の1回の衝撃で約5.0～6.0秒持続する。但し人体には2.0～3.0秒しか感じられない。縦揺は、所謂ビート現象を呈すことから、船速の変化を少ないとすれば、うねりも狭帯域であることが窺える。Deck上にコンテナを積載するため、風によるHullの上に起し易い、大きい時には、7～8度傾けたまま航行するようである。

## (2) 体験航海の感想

- (a) 今回の体験航海で体験、計測、観測した事柄より得られたことを次に掲げてみる。
- 1) 横揺は、海水打込み、船速低下の主たる要因とはならない。
  - 2) 前方から到来するうねりは非常に強い周波数帯をもっており、このうねりの波長が船長の約1.5倍位まで短かくなると、縦揺が非常に激しくなる。これに向い風が加わると、海水打込みが度々起つて危険となり、同時に船速低下(Nominal Speed Loss)も顕著となる。横風の場合も同様にうねりに突遇するとおりや船舶障害である。
  - 3) 従来の海象の表現法は適切でない場合がある。即ち、天候がよくて、風がなくても、うねりが正面から襲来すれば、海水打込み、Shudderが度々発生する。低気圧の動きに注目して、うねりをもっと知る必要がある。
- (b) 航海中、船長はじめ乗組員の人達(甲板部の人達が多い)と色々の話題で意見の交換を行なった。所謂「船乗り」との対話を通じて特に強かった要望を次に掲げておく。
- 1) 船首からの海水打込みによる船体およびコンテナーの損傷が心配である。船首の取り扱い上、Bowchock等を高くし、Flareをきつくして欲しい。

表3.3.3-1(a) 一航海統計(往航)

Voy. No. 25 Outward

M.S. "GOLDEN GATE BRIDGE"

Tokyo  
(DEC. 17 '70)→ Los Angeles  
(DEC. 26 '70)

阪大府大チーム

1	船首吃水	発航時 (M)	8.33	21	積算燃費	主機 (KL)	860.9
2		到着時 (M)	7.35	22		補機 (KL)	14.8
3		平均 (M)	7.84	23		合計 (KL)	875.7
4	後部吃水	発航時 (M)	9.50	24	燃料比重	主機 (TON/KL)	0.9427
5		到着時 (M)	9.18	25		補機 (TON/KL)	0.8503
6		平均 (M)	9.34	26	燃料熱量	主機 (Kcal/gr)	10.42
7	平均吃水	発航時 (M)	8.92	27		補機 (Kcal/gr)	10.86
8		到着時 (M)	8.27	28	積算燃費	主機 (TON)	811.6
9		平均 (M)	8.60	29		補機 (TON)	12.6
10	トリム (船長)	発航時 (M) (%)	1.17 (0.67)	30		合計 (TON)	824.2
11		到着時 (M) (%)	1.83 (1.04)	31		積算回転数 (rev)	1,473,730
12		平均 (M) (%)	1.50 (0.86)	32		スリップ (%)	12.0
13	排水量 (満載排水量)	発航時 (KT) (%)	22,792 (91.8)	33	平均速力	LOG (Kts)	21.15
14		到着時 (KT) (%)	20,692 (83.3)	34		OOG (Kts)	21.86
15		平均 (KT) (%)	21,742 (87.6)	35	平均燃費	(KL/DAY)	87.6
16	G.O.M	発航時 (M)	1.37	36		(TON/DAY)	82.4
17		到着時 (M)	0.90	37	平均回転数 (RPM)		108.1
18		平均 (M)	1.14	38	平均過給機回転数 (RPM)		7,930
19	積算航進時間 (hr)		229 hr 00m	39	最終出渠年月日		1-19-1970
20	積算航走路離(N.M.)		4,966	40	出渠後日数 (DAY)		360

表3.3.3-1(b) 一航路統計(復航)

Voy. No. 25 Homeward      M. S. "GOLDEN GATE BRIDGE"

Oakland		TOKYO	
(DEC. 30, 70)		(JAN. 11, 71)	

阪大府大チ一2

1		発航時 (M)	9.51	21		主機 (KL)	9.64.4
2	船首吃水	到着時 (M)	9.13	22	積算燃費	補機 (KL)	24.6
3		平均 (M)	9.32	23		合計 (KL)	98.90
4		発航時 (M)	9.70	24		主機 (TON/KL)	0.9427
5	後部吃水	到着時 (M)	9.42	25	燃料比重	補機 (TON/KL)	0.8503
6		平均 (M)	9.56	26		主機 (Kcal/G)	10.42
7		発航時 (M)	9.61	27	燃料熱量	補機 (Kcal/G)	10.86
8	平均吃水	到着時 (M)	9.28	28		主機 (TON)	90.21
9		平均 (M)	9.45	29	積算燃費	補機 (TON)	20.9
10	トリム	発航時 (M) (%)	0.19 (0.11)	30		合計 (TON)	93.00
11	(トリム) 船長	到着時 (M) (%)	0.29 (0.17)	31	積算回転数 (rev)		1,590,550
12		平均 (M) (%)	0.24 (0.14)	32	スリップ (%)		16.2
13	排水量	発航時 (KT) (%)	253.62 (10.20)	33		LOG (Kts)	20.46
14	排水量 満載排水量	到着時 (KT) (%)	242.83 (9.78)	34	平均速力	OG (Kts)	20.46
15		平均 (KT) (%)	248.23 (10.00)	35		(EL/DAY)	98.9
16		発航時 (M)	0.72	36	平均燃費	(TON/TWY)	9.30
17	G.O.M	到着時 (M)	0.62	37	平均回転数 (RPM)		106.2
18		平均 (M)	0.67	38	平均過給機回転数 (RPM)		7900
19	積算航進時間 (hr)	254hr 45m	39	最終出渠年月日			1-19-1970
20	積算航走路離 (NM)	5,136	40	出渠後日数 (DAY)			360

- 2) G.M. が小さ過ぎの傾向がある。大きく傾斜したときにはやはり危険を感じる。  
 3) 救命設備が旧態依然としている。現在の救命ボートは荒海上では却って危険なため使用不可能である。  
 4) 実船試験の試みには大いに賛成する。造船技術者はもっと船および波を知るべきである。

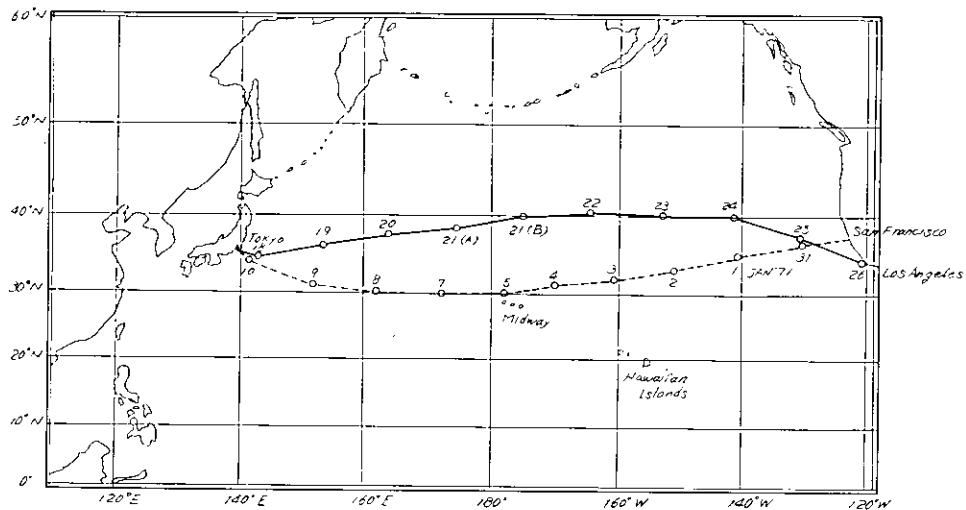


図 3.3.3-1 Noon Positions of Ship

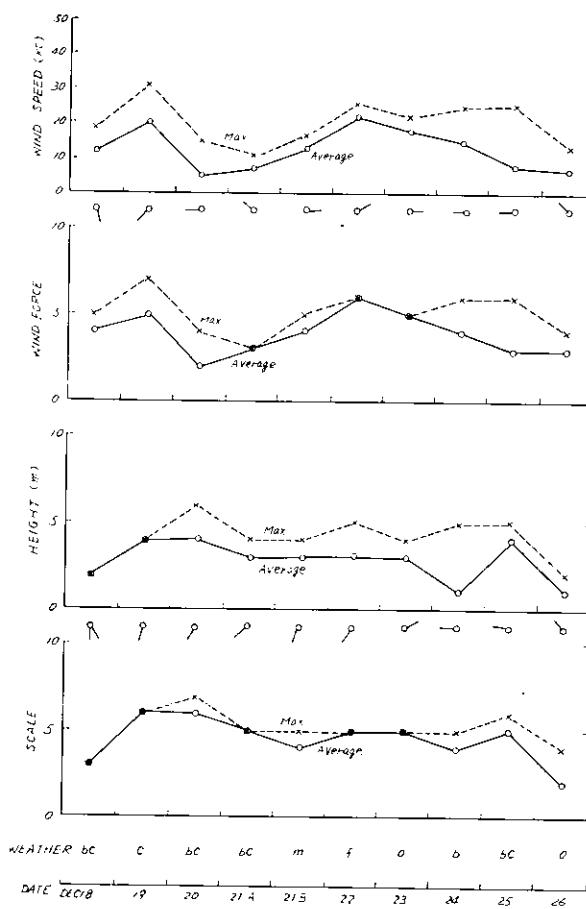


図 3.3.3-2(a) Environmental Condition at Outward Voyage

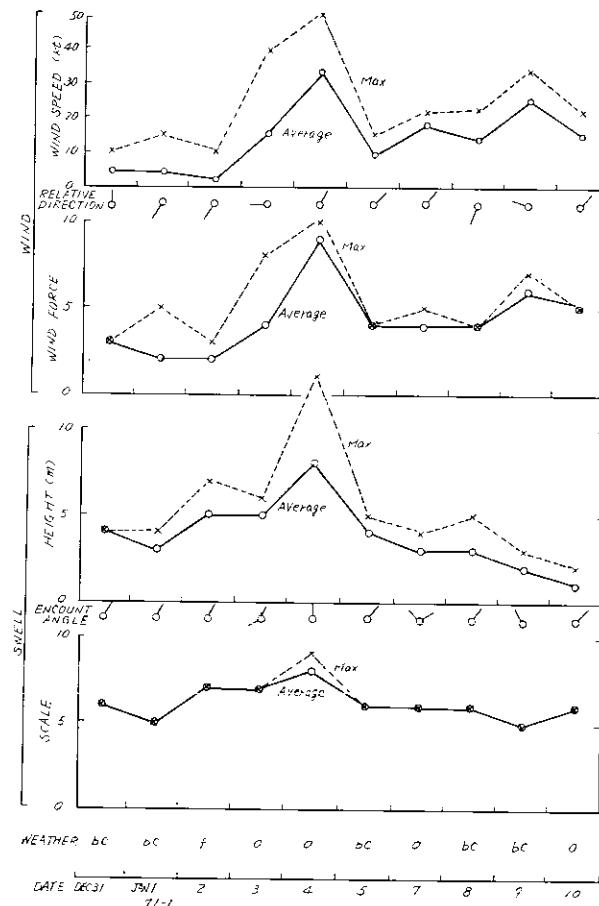


図 3.3.3-2(b) Environmental Condition at Homeward Voyage

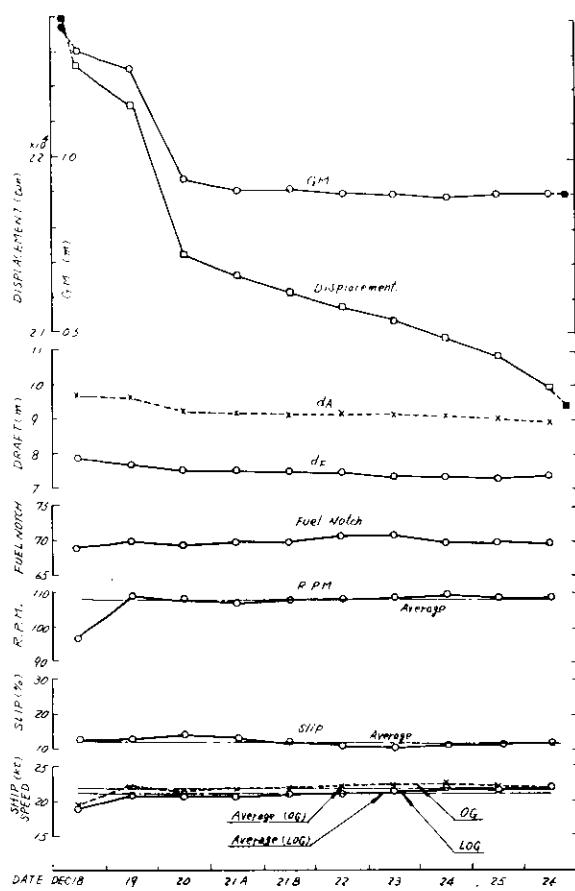


Figure 3.3.3 - 3(a) Ships Condition at Outward Voyage

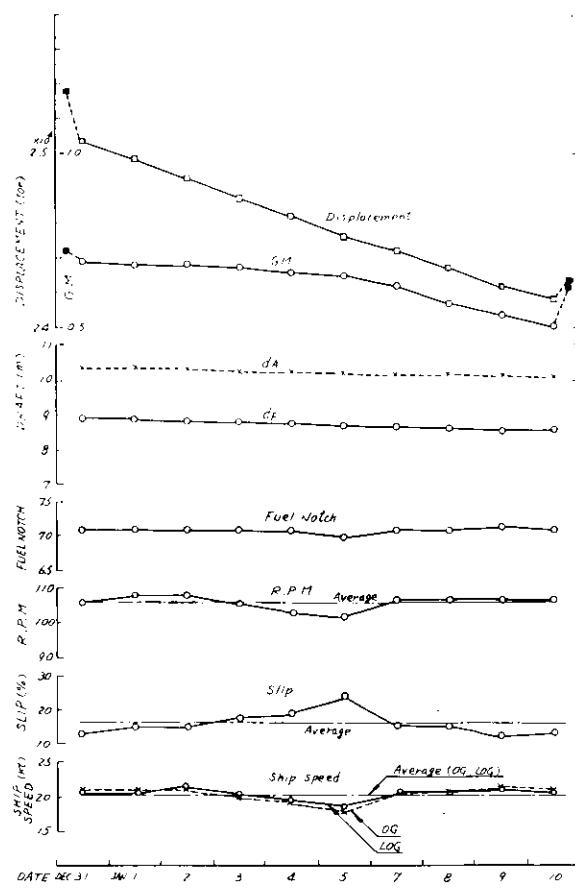


Figure 3.3.3 - 3(b) Ships Condition at Homeward Voyage

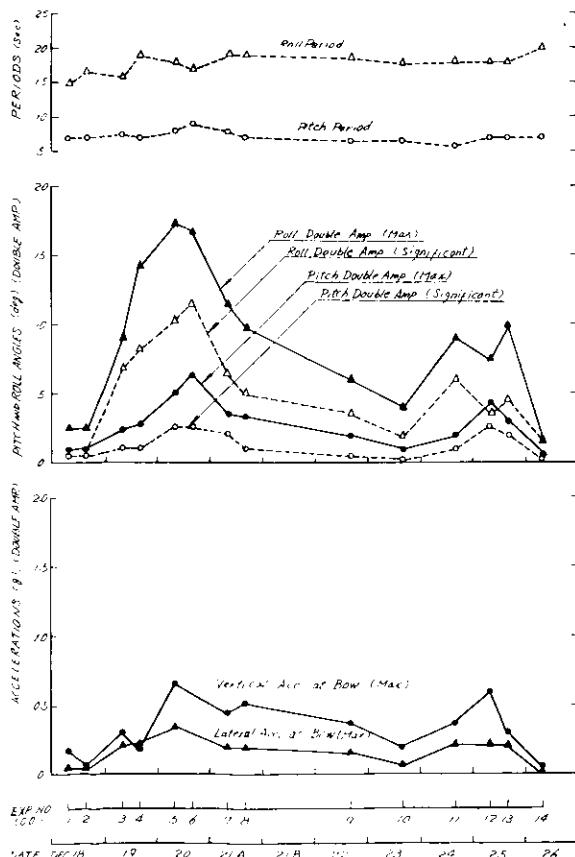


Figure 3.3.3 - 4(a) Measured Oscillations, etc., at Outward Voyage.

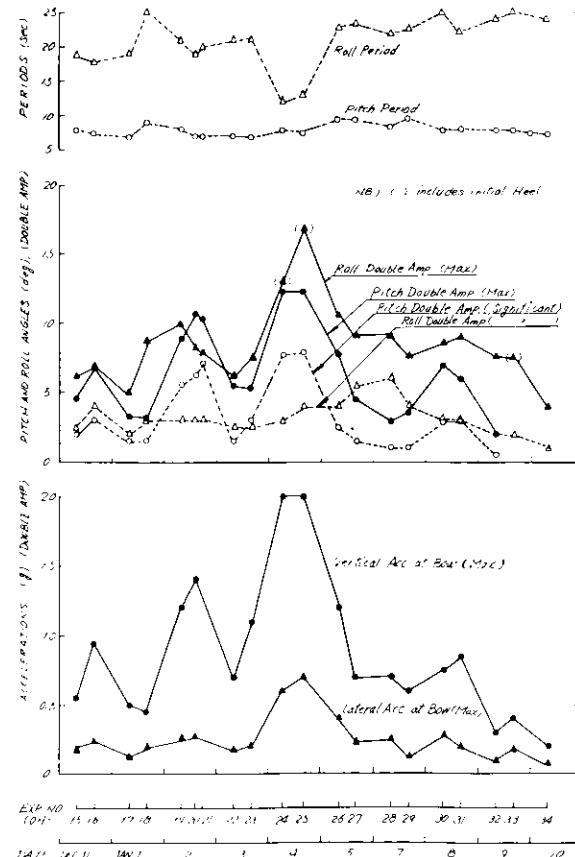


Figure 3.3.3 - 4(b) Measured Oscillations, etc., at Homeward Voyage.

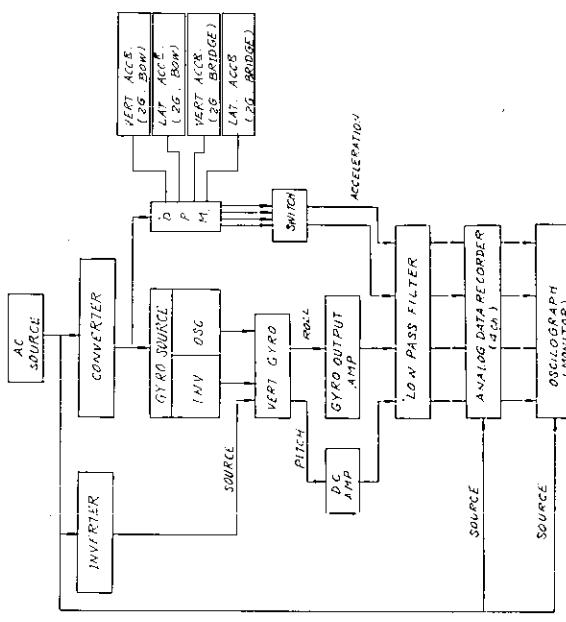
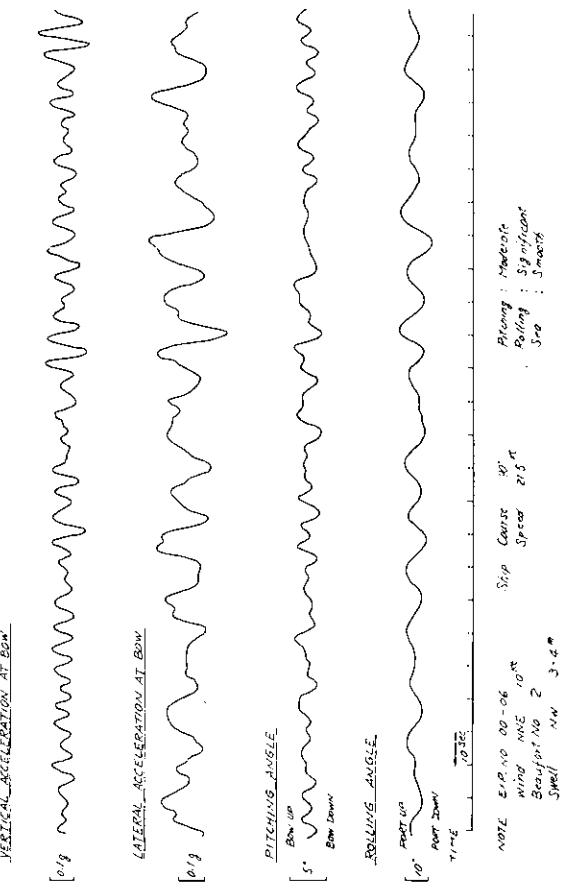
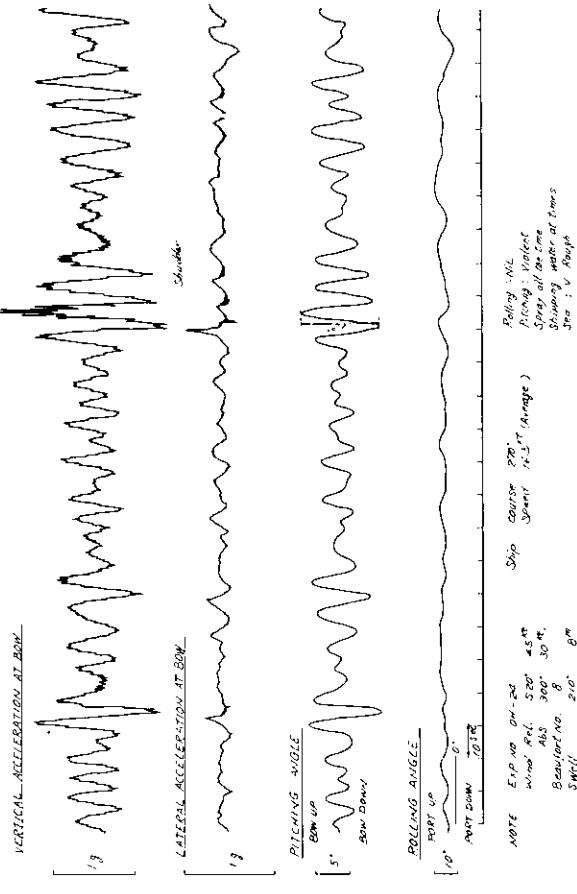


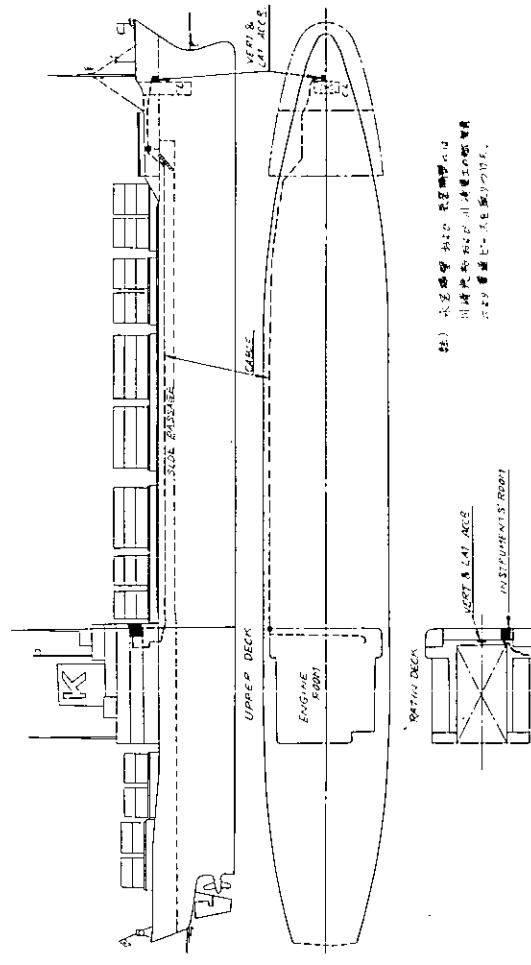
FIG. 3.3-5 BLOCK DIAGRAM OF MEASURING SYSTEM.



### **☒ 3.3.3-7 An Example of Records at Outward Voyage**



### **3.3-5 BLOCK DIAGRAM OF MEASURING SYSTEM.**



### 图 3.3.6 Position of Instruments



THE JOURNAL OF CLIMATE

## 3.3.4 三菱重工チーム（箱根丸、日本郵船）

### (1) 航海の概括

(a) 航海の大半がBeaufort Scale 7～10という冬期北太平洋としても相当に厳しい航海であった。

特に1月1日に遭遇した嵐の中ではNo. 15 Rowのアンテナ締付金具が破損し、甲板部全員が激しい波のしぶきを浴びながら数時間にわたる危険な作業に従事した。

その間、船長は終始陣頭指揮に立ち、船速を5 Kn(舵の効く最低速力)に落し、常に船を波立てて(舵を手動とする。), Rollingによる大傾斜を防いだ。その為、遂には針路が逆の方向となった。図3.3.4-1参照。

このような荒天は船長の25年にわたる船上生活でも僅かに2回との事である。

1月1日夕刻より1月3<sup>B</sup>日※迄は、追波、追風を受けて航走したが、大きな横揺れが続いた。この時の波浪の状況を写真3.3.4-1に示す。横揺れによりベッドの中では体が転がり、床の上に置いた道具類が動く音、ロッカーの中でハンガーがロッカーの壁にあたる音、ガバナー作動時給油ポンプより生ずるけたたましい絶叫等で殆んど不眠の日が続いた。

その間のRolling Angleは計測した値では片振巾10°～14°程度であるが、1度だけクリノメーターが振切れたケースがあった。クリノメーターで40°程度まで読んだ。

1月5、6日、1月15、16日、1月20、21日に遭遇した嵐は迎波、迎風の為Pitchingが大きく、激しいしぶきを船に吹き上げ、速力を意識的に下げて航走した。Pitching Angleは片振巾3°～5°、船首部における上下加速度は片振幅0.5～0.6 gに達した。船にしぶきを吹上げる際にHouseが衝撃的に前後にゆすられるが、田舎のバスが悪路を走る感じに似ている。その際には船部加速度中に片振巾0.03 g、周期1秒程度の上下振動が記録された。この衝撃は、1月20日から1月21日の夜が最もひどく、約45分毎に生ずる衝撃によって全乗組員は寝つく事が出来ず、まんじりともせず夜明けをむかえた。

なお本船の操船方針は、船に青波を上げないという事だそうであり、危険と判断するとすぐ回転数を落した。最低速力は1月1日を除くと10 Kn程度である。

又、嵐を避ける為に航路を、往航約33°N、復航約30°Nと相當に南に下げた。

(b) 表3.3.4-1に航海総計表を示す。

図3.3.4-1に航海図を示す。

平均速力は往航2.07 Kn、復航2.04 Knと好海象時(Slight or Moderate)での2.3 Kn程度の速力に比べてかなり低い値となっており、相当な難航であった事が示されている。

往航では、当初37°～38°N程度を進む予定であったが、1月1日～3<sup>B</sup>日にかけての激しい時化の為に航路を変更し32°～33°N程度迄南下した。

復航では、海象が悪いと判断し、ハワイ諸島とマッドウェーの中間25°N程度迄南下する予定であったが、途中米本土とハワイとのほぼ中間140°W附近で海象良好との見通しをつけて北に変針し、往路とあまり変わらない緯度迄北上したが、その後の海象悪化により次第に南下し、1月20～21日には29°Nまで下った。

(c) 計測は1日3回の定時観測(8°, 12°, 16°)とし、計測時間は約20分とした。

計測の分担は、1人がブリッジでの船内計器による気象の観測、海象の目測、及び機関室関係のデータの収録を行ない、他の1人が搭載計器による船体運動の計測、及び計器類の保守を担当した。

(d) 波の観測は、当初は不慣れの為もあり、仲々難しかったが、慣れてしまふと観測値は乗組員がLog Bookに記入している値と殆んど変わなくなつた。但し1月1日の海象は当方はHigh又はVery Highとしたのに對し、船側ではPhenomenalと記録していた。

なお、観測結果はこれまでの観測データやITTC-1930等とはほぼComparableであった。

※1月3日に自付変更線を通過したので、この前後を3<sup>B</sup>日および5<sup>B</sup>日と呼称する。

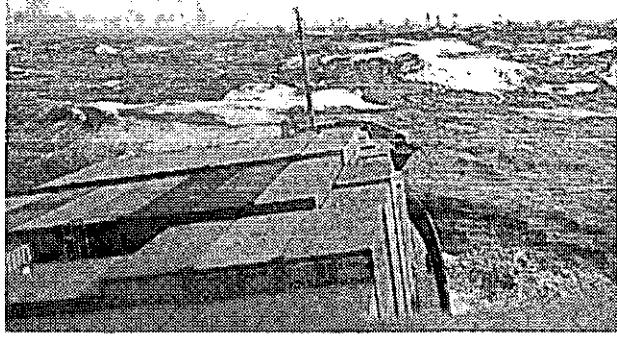
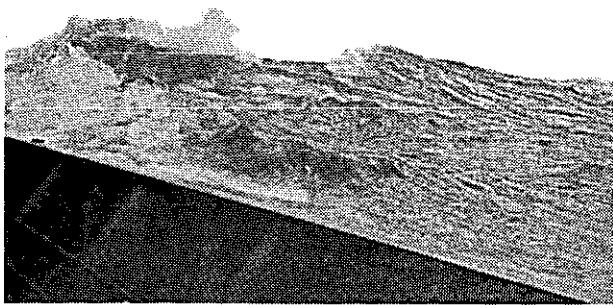


写真3.3.4-1 箱根丸(第1次)波浪状況(1月2日12時追波中を21Knで航走)

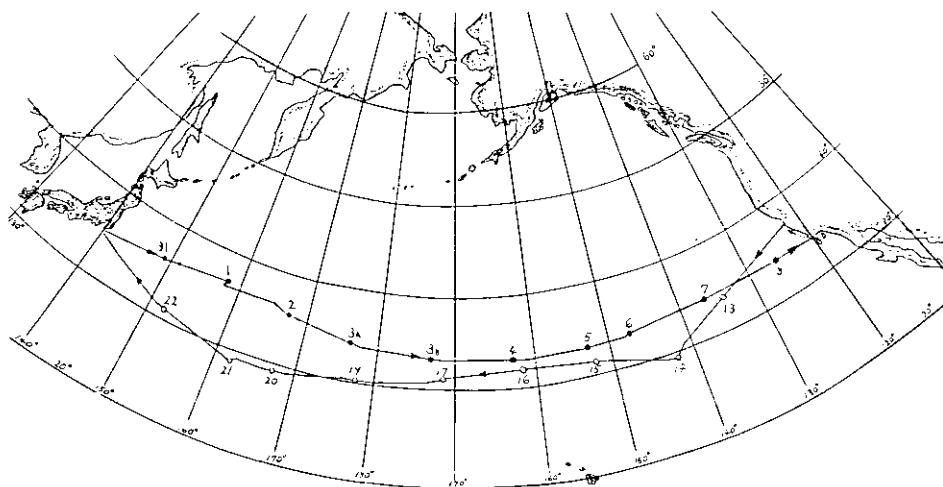


図3.3.4-1 27th VOYAGE OF CONTAINER SHIP  
HAKONE MARU

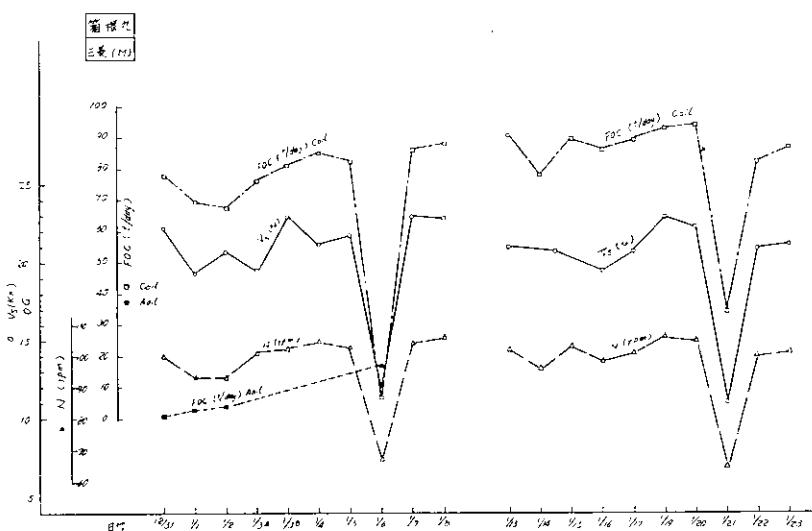


図3.3.4-2 速力及び回転数等

(e) 機関室関係のデータとしてはプロペラ回転数、シリンダハンドルノッチ、ターボチャージャー回転数及び燃料消費量等を収録した。図3.3.4-2に1日平均対地速力及びプロペラ回転数、1日の燃費を示す。

速力、回転数及び燃費の関係は比較的良好に対応した関係を示している。

なお、シリンダハンドルノッチは通常一定であるが、海象が悪化すると適宜下げてプロペラ回転数を落していた。

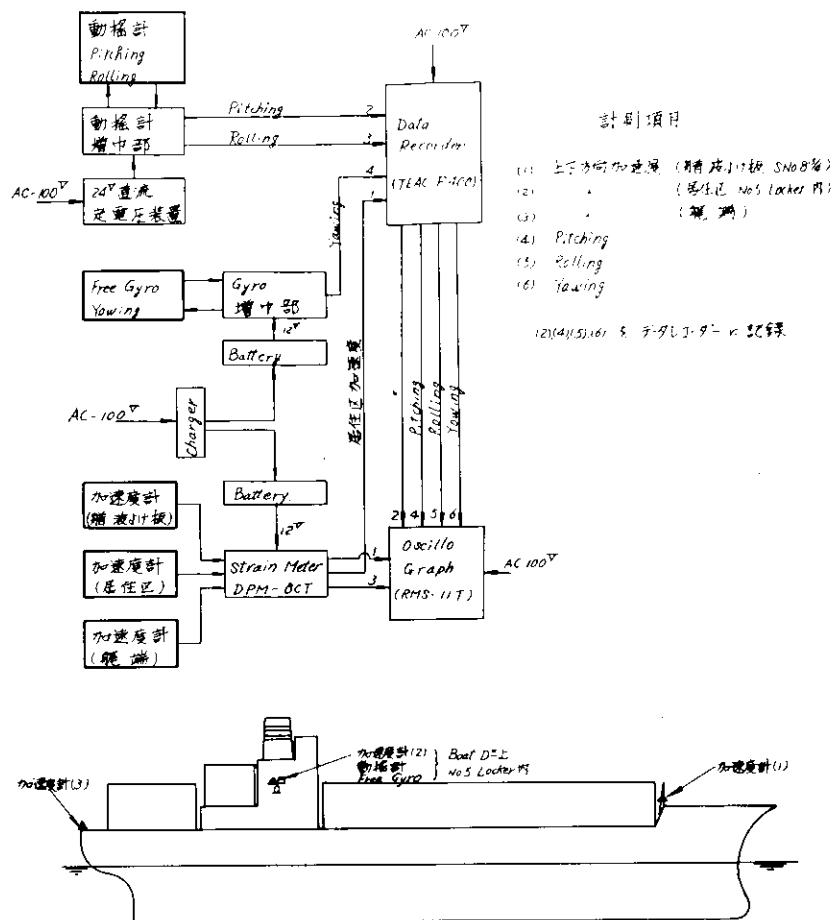


図3.3.4-3 計器ブロックダイヤグラム及び取付位置

### 計測室内の計測器配置状況

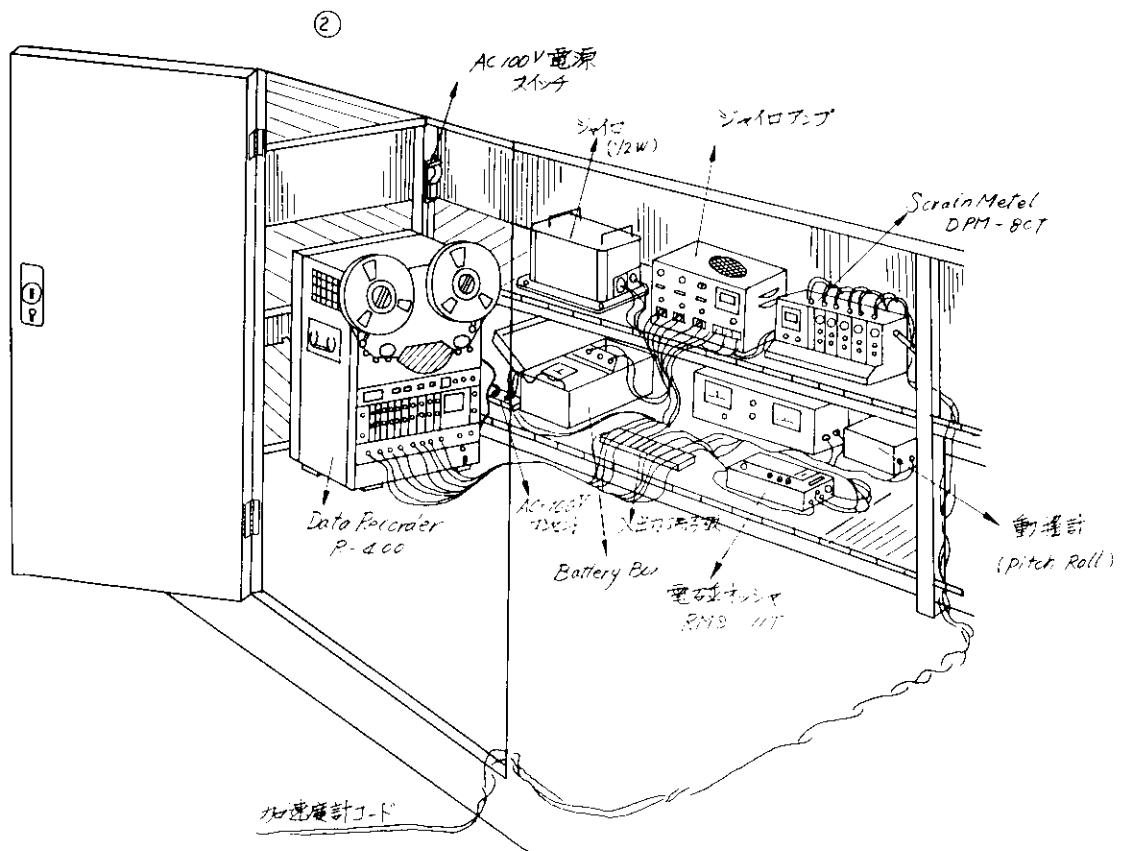


図3.3.4-4 計測室内状況

表 3.3.4-1 航海統計表

Voy. No. 27

M.V 箱根丸

Team 三菱重(II) (M)

	往航		復航	
	東京	→ Los Angeles	Los Angeles → Oak Land	→ 東京
総 時 間	10d - 11h - 54m		16d - 08h - 30m	
港 内 停 泊 時 間	0		4d - 00h - 36m	
プロペラ作動時 間	10d - 10h - 50m		12d - 07h - 54m	
機 関 "	10d - 11h - 54m		12d - 10h - 30m	
プロペラ総回転数	1,472,930		1,736,860	
平 均 回 転 数	97.8 rpm		97.8 rpm	
航進距離及び平均速力				
プロペラピッチより	5,562.1 N.M	22.2 Kn	6,558.7 N.M	22.2 Kn
Log	5,138 N.M	20.5 Kn	6,002 N.M	20.3 Kn
O.G.	5,201 N.M	20.7 Kn	6,025 N.M	20.4 Kn
Slip	7.6%		8.5%	
出 入 港	東 京	Los Angeles	Oak Land	東 京
" 時 (現地)	4.5 - 12 - 30 - 12°00'	4.6 - 1 - 9 - 6°00'	4.6 - 1 - 12 - 6°00'	4.6 - 1 - 24 - 8°20'
吃 水 (前部)	7.81 m	7.73 m	8.23 m	8.14 m
" (後部)	9.17 m	8.67 m	9.71 m	9.00 m
" (平均)	8.53 m	8.20 m	9.02 m	8.57 m
ト リ ム	1.36 m	0.94 m	1.48 m	1.28 m
排 水 量	21,625 t	20,655 t※	23,148 t	22,141 t※
排 水 量 の 差	960 t※		1,007 t※	
G.M.	1.38 m※	1.19 m※	1.60 m※	1.28 m※
G.M. の 差	- 0.19 m		- 0.32 m	
燃 料 油	2,010 t - 774 t※	1,236 t※	1,144 t - 841 t※	3,03 t※
ディーゼル油	230 t - 36 t※	194 t※	147 t - 31 t※	116 t※
清 水	299 t - 60 t※	239 t※	299 t - 85 t※	214 t※
バ ラ フ ト 水	3,534 t - 90 t※	3,344 t※	3,536 t 0	3,536 t※
コンテナ重量及び個数	6,852 t	789 個	9,342 t	596 個
アンチローリングタンク	使 用 せ ず		使 用 せ ず	

※ は予想値

(f) 計器類は全てポートデッキ上の No.5 Locker 内に収め、計測時間に担当者がその中に計器を作動させた。計測項目は船首（波よけ板の裏側 S. No. 8 $\frac{3}{4}$ ），居住区（Boat Bay 上 No.5 Locker S. No. 2 $\frac{1}{2}$ ）及び船尾（上甲板船尾端 旗竿の隣り）の三箇所における上下方向加速度，Pitching Angle, Rolling Angle 及び Yawing Angle の六項目である。

図 3.3.4-3, 及び 4 に計測装置のブロックタイヤグラム、設置場所及び設置状況等を示す。

なお船首尾部の加速度計はシリコンオイルを満した容器内におさめ、クランプによって船体に直接取付けた。クランプがすぐに錆びつく為、かなり強固に船体に固定し、長期にわたる悪条件によく耐えた。

データレコーダー (4 ch) に居住区加速度 (1ch), Pitching Angle (2ch), Rolling Angle (3ch) 及び Yawing Angle (4ch) を記録し、更にオシログラフ (6ch) に上記 4 種の他に船、舵の加速度を記録した。

オシログラフ記録例を図 3.3.4-5 に示す。

問題点としては、配置に考慮を払う余地がなく、止むを得ず計測器を低位置に置いた為、動搖の激しい時は相当に苦しい姿勢となった。又激しい横揺により、体をデータレコーダーに打つけ、レコーダーの Count を狂わせた事もあった。

45-1-21-12°0'0"~12°2'0" の記録

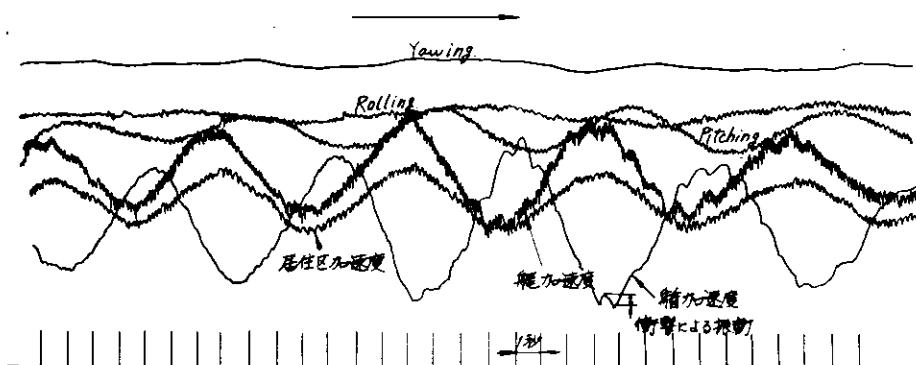


図 3.3.4-5 オシログラム記録例

(g) 船上でオシログラフより読み取った計測値（平均値、最大値）を日付ベースにプロットした図を図 3.3.4-6, 7 に示す。

なお、動搖の激しい船上では、詳細な解析は不可能な為、ほぼ平均値、最大値と思われる値を山勘で読み取った。詳細計算は電算機による統計解析にゆずる。

記録によると、一般に Rolling の大きい場合（最大振巾 14.3°）は Pitching が小さく、Pitching が大きい場合（最大振巾 5.7°）は Rolling が小さい。

又、Yawing は斜追波を受けると大きく（1月 2～3 日にかけては Auto-Pilot の追従不可能の警報が鳴り続けであった。）、迎波あるいは横波ではごく小さな値である。

上下方向加速度は、一般に船首で大きく（最大振巾 0.6 g），次に船尾、居住区の順に小さくなる。

なお、船首の値に比べて船尾は約  $\frac{2}{3}$ 、居住区は  $\frac{1}{2}$  程度である。

この記録では Phenomenal と記録された 1 月 1 日の値が他に比べてあまり大きくなかった、これは速力を 5 Kn に落して船首を波に立て、船体動搖を極力小さくしようとした結果である。

(h) 連航はまず出港時に大略の航路を設定し、航走途中で海象良好とみれば北方に変針して距離をつめ、海象が悪いとみれば南の静かな海域に下がる。

嵐に突入した場合、迎波状態では船首に背波を上げない事をモットーとし、船首の様子を見ながら適宜プロペラ回転数を下げ速力を落す。

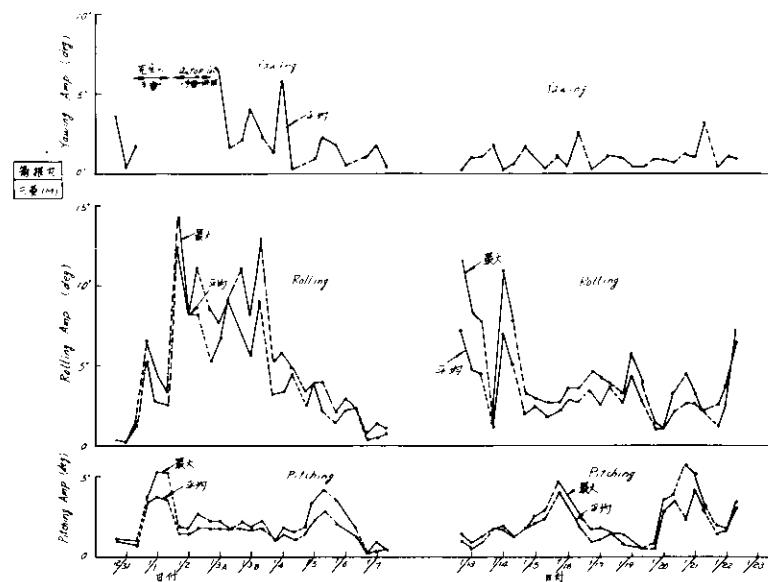


図 3.3.4-6 船体運動記録(片振巾)

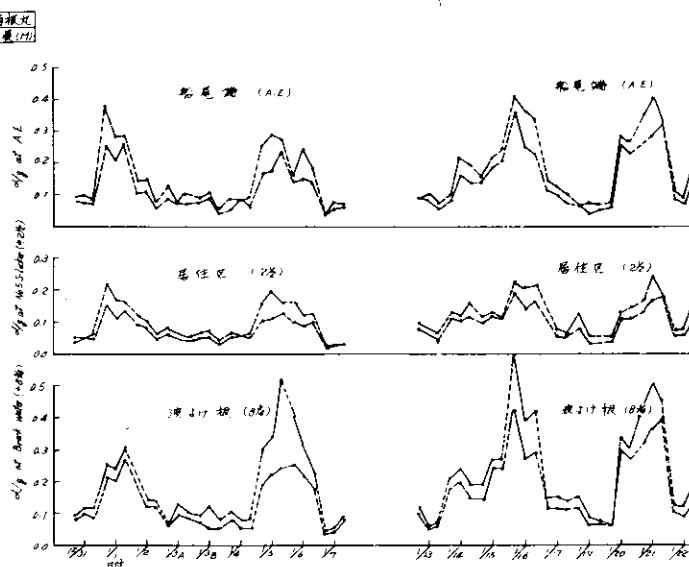


図 3.3.4-7 上下加速記録(片振巾)

又、追波の場合には、斜追波状態での大きな Rolling を避ける為に、波を真うしろから受けるように針路を保つ。

更に嵐が激しくなり航走が危険と判断した場合には、速力を舵の効く最低速力(5 Kn)に落し、舵を手動に切換え、波に船首を立てて嵐の去るのを待つ。

なお、距離は短いが、海象の悪い高緯度を低速で進む場合と、距離は長いが、静かな低緯度を高速で走る場合とを比べると、若干前者の方が時間的には有利であるが、船体やコンテナの損傷も考えて、Case by Caseに航路を決めているとの事である。

(i) コンテナ船システムに対する乗組員の評判は相当に悪く、大部分の人々が昔の旧式貨物船の乗船を望んでいた。

その理由としては、スケジュールがきつく、停泊時間が短い。人員が削減されて仕事がきつく、且つ危険になった。

特に甲板部へのしわよせがひどく、荒天時作業中波にさらわれる事故が跡をたたないとの事等をあげていた。

又、船内に広いレクリエーション用のスペースが欲しいとの声が多くあった。

(j) 実船計測に対しては、一応歓迎の意を表しながらも、波の問題は船と共に昔から存在した問題であるにもかかわらず、

今頃騒いでいるのは何事か、又過去に実施された実船試験から、一体何が得られたのか等、一般に厳しい態度であった。

この点については、研究者、設計者及び運航サイドの人々の話し合う場の必要性を痛感する。

### 3.3.5 ジャパン・エース観測結果（石橋・三井チーム）

#### (1) 結果の概要

- (a) 図3.3.5-1に航路を示す。往航、復航で各1回時化にあった外は海上平穏であった。往航の時化は出港日の夜（11月27日）に低気圧の中に突入したため、予定の針路を変更して北緯30度まで南下した。復航の時化の時（12月15日）は変針せず、予定の航路を航海した。
- (b) 表3.3.5-1に一航海総計、図3.3.5-2に一日の平均の船速、回転数、燃費（主機、C重油）、および図3.3.5-3に積付図を示す。

11月27日の時化の時は、変針と同時に变速も併用しているが、復航の時は变速もしていない。往航に比べて復航の平均速力が低いのは気象、海象によるものであると考える。

燃費については、往航に比べて復航は大であるが、表3.3.5-1に示すごとく、排水量の差がかなりあるので（約3200KT），このことを考慮する必要がある。

図3.3.5-3の積付図において、Bay No.4, 8, 12が極端に重量が軽くなっているのは、No.4, 6, 8のハッチカバー上に40ft型コンテナが搭載され、このコンテナの重量がBay No.5, 9, 13の重量に含まれていて、Bay No.4, 8, 12はホールド内のコンテナ重量だけだからである。

#### (c) 計測項目は

- ① 船体運動（ピッチ、ロール、ヨー）
- ② 加速度（上下、左右、前後）
- ③ 船体縦曲げ応力

である。

計測位置および計測装置のブロックダイヤグラムを図3.3.5-4および図3.3.5-5に示す。

計測は1日3回（8:30～9:00, 12:30～13:00, 16:30～17:00）の定時計測を実施した。1回の計測時間は約30分である。

#### (d) 図3.3.5-6(a)～(j)に計測結果を示す。

図中の点は電磁オッショロで記録したものを見取った概略値である。図3.3.5-7に電磁オッショロで記録した例を示す。

- ① ローリングは往航の方が復航に比して大きく、ピッチングは逆になっているが、海象から考えて納得できる傾向である。
- ② ピッチングの周期は往航、復航ともに7～8sec程度である。一方、ローリングの周期は往航で17～19sec、復航で18～20sec程度で、復航の方が長くなっているが、表3.3.5-1に示すことく、GOMが往航時1.07m→0.87mに比べて、復航時0.86m→0.66mの方が小さくなっているためであろう。
- ③ 上下方向の加速度はピッチングと同じ傾向を示し、①に述べたピッチングと同様、往航に比べて復航の方が大きくなっている。最大値（両振巾）は往航で0.80g、復航で0.86gである。（以下ここで述べる最大値とは計測中の最大の値である。）
- ④ 左右方向の加速度は往航、復航ともに同じ程度の大きさである。最大値（両振巾）は往航で0.40g、復航で0.36gである。
- ⑤ 前後方向の加速度は往航に比べて復航の方が幾分大きくなっているような傾向であるが、後で述べるShudderの発生頻度から考へて、往航より復航の方が加速度が大きくなっているような感じであった。  
最大値（両振巾）は往航で0.71g、復航で0.80gである。
- ⑥ 船体縦曲げ応力は上甲板に1個所歪ゲージを取付けただけであるので問題があるが、往航時の最大値（両振巾）は $3.15 \frac{kg}{mm}$ （2節振動による応力 $0.51 \frac{kg}{mm}$ を含む）、復航で $7.88 \frac{kg}{mm}$ （2節振動による応力 $3.15 \frac{kg}{mm}$ を含む）である。
- ⑦ 船首sprayは往航にくらべて復航の方が多く発生した。直向いおよび斜め向い方向の波浪の時は、船首にFoil Sprayより高くsprayが飛び上がり、風の方向によってはホイールハウスの前面の窓まで達していた。しかし青波は全然上がらなかった。これは本船のフリーボートが大であるためであろう。しかし船首部のプレートに凹凸が認められることから、船首部にはかなりの水圧が作用される。なお船首sprayの状況は16ミリカメラで撮影してある。

(1) 船首に大きな Spray が上がっている時の上甲板の縦曲げ応力の電磁オッショの記録の一例を図 3.3.5-8 に示す。縦曲げモーメントによる船体縦曲げ応力の上に、かなり大きい振動応力が重畠している。この振動応力の振動数は約 660 pm である。本船の公試運転時の振動計測結果によると、2 節上下振動数は 62 ~ 680 pm であるので、この振動応力は上下振動によって生じているものと考える。振動応力は復航で多く現らわれている。

(2) 船首が大きな Swell に突入した時には、非常に高い Spray が船首部に上がると同時に、Cabin Deck で計測している我々は、ビルの中で地震にあった時のように前後（サージ方向）に約 20 ~ 30 sec 激しくゆきぶられる。これは、いわゆる Shudder であると思うが、非常に生理的に不快で、乗組員に聞いても長く Shudder が継続すると不安感をいたくらしい。乗組員の話では、Shudder はコンテナ船に特有のものではないが、一般の貨物船の場合には少し速力を落し 10 Kts 程度にすればうまく波にのり Shudder は防げる。コンテナ船は運航スケジュールの関係上、コンテナに危険のない限り Shudder を起しても走り続けることが多い。しかし Shudder が 1 ~ 2 日以上、長く続く場合は、变速および変針の両方を実施するとのことであった。

上に述べたように Shudder が発生するとブリッジがゆきぶられるが、この時の周期は、船首の振動の周期と一致している。このことから、ブリッジの振動は 2 節上下振動によって生じているものと考える。

## (2) 感想

- (a) 航路は船長が天気図、波浪図を見ながら定め、時化に会いそうな場合は進路を南に向けて回避する。復航時は夏期満載吃水まで荷物を積んでいるので北緯 35° より北には出られない。今回の復航は我々が計測しているし、また復航時の荷物は単価が低いので荒天でも変針しなかったという船長の話である。
- (b) ヨーイングが予想した以上に大きく、少し荒れてくると舵角 ± 10°（オートパイロットの最大舵角）位を絶えずとり続ける。この際手動に切換えて舵中央にしたが、すぐに船が横を向いてしまい、ヨーイング外力の大きいことがうかがえる。今回は舵角の測定は行わなかったが、波浪中の直進性についても研究する必要があると思われる。
- (c) コンテナ船はコンテナを Deck 上に 3 段積みにすることが多く、他の船型にくらべて風圧面積が大きく、風の影響を受けやすい。風の方向によっては -2 ~ -3° ヒールして一日中航走している時もあり、操船上問題があるようである。コンテナ船のように、風圧面積の大きい船の操船についても研究する必要があると考える。
- (d) 本船は入渠後約 10 ヶ月経っているが、往航、復航とも平均速力が 21 Kts を超え、コンテナ船は外板汚損による速力低下が他の船に比較して小さいようである。停泊期間が短いのも一原因であろう。

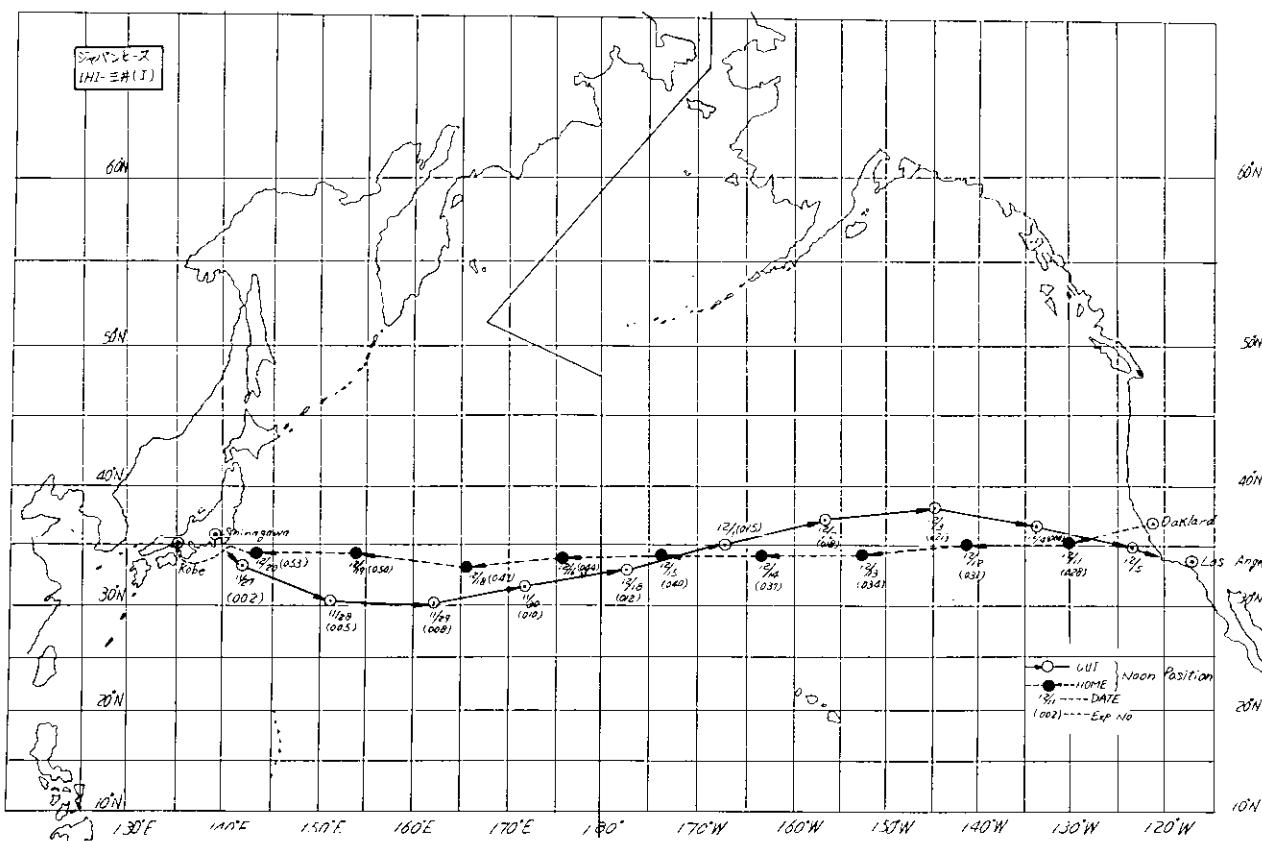


図 3.3.5-1 Sailing Route  
-128-

表3.3.5-1 一航海統計

Voy. No. 96-24, M.V. マジャパン エース,

Team THI - 三井(I)

(SHEET III)

From

Toward

Exp. No.	往 級		復 航	
	品 川 → ロスアンゼルス 1970.11.26 19.00		オークランド → 神 戸 12.10 16.00	
1 航 進 時 間	9d-16h-36m		9d-21h-12m	
2 航 進 距 離	5,226		5,146	
3 平 均 速 力	22.47		21.69	
4 航 海 時 間	9d-22h-55m		10d-01h-10m	
5 航 海 距 離	5,281		5,187	
6 Shift 時 間				
7 Shift 距 離				
	(出 港 時)	(入 港 時)	(出 港 時)	(入 港 時)
8 吃 水 前 部	8m-15	8m-10	9m-44	9m-20
9 吃 水 後 部	9m-55	9m-00	10m-26	9m-64
10 吃 水 中 央, 左 舷				
11 吃 水 # 右 舷				
12 吃 水 平 均	8m-85	8m-55	9m-85	9m-42
13 排 水 量	22,682KT	21,753KT	25,864KT	24,479KT
14 排 水 量 の 差	- 929KT		- 1,385KT	
15 G.O. 量	1m-07	0m-87	0m-86	0m-66
16 G.O.M. の 差	- 0m-20		- 0m-20	
17 燃 料 A 重 油	247.2KT	192.8KT	192.8	136.6
18 燃 料 C 重 油	2,345.8KT	1,398.6KT	2,002.1	1,016.7
19 清 水	636.0KT	406.0KT	611.0	399.0
20 消 費 量 A 重 油	54.4KT		56.2KT	
21 消 費 量 C 重 油	947.2KT		985.4KT	
22 消 費 量 清 水	230.0KT		212.0KT	
23 消 費 量 合 計	1,231.6KT		1,253.6KT	
24 大 圏 距 離	4,839		4,817	
25 緩 鋼 係 敷 (% <sub>24</sub> )	1.080		1.068	
26 アンチローリングタンク	使 用 せ ず		使 用 せ ず	

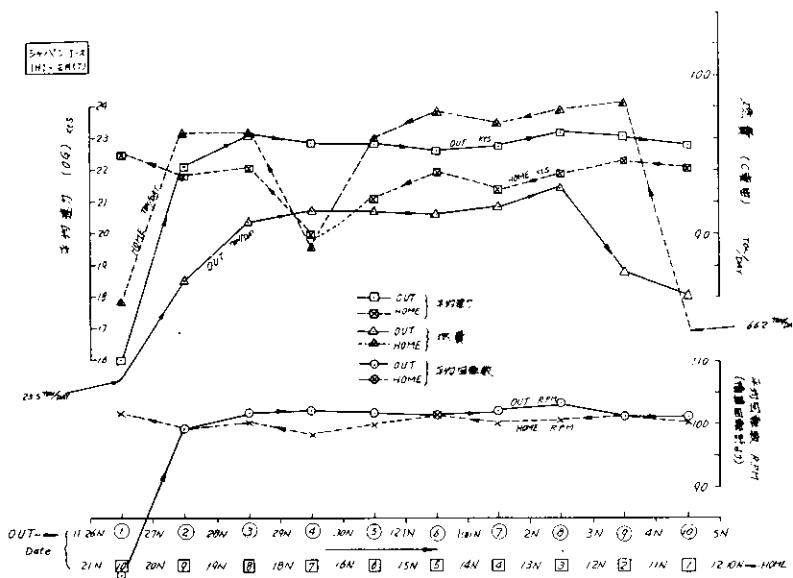


図3.3.5-2 一日平均の速力、回転数、燃費（主機 C 重油）

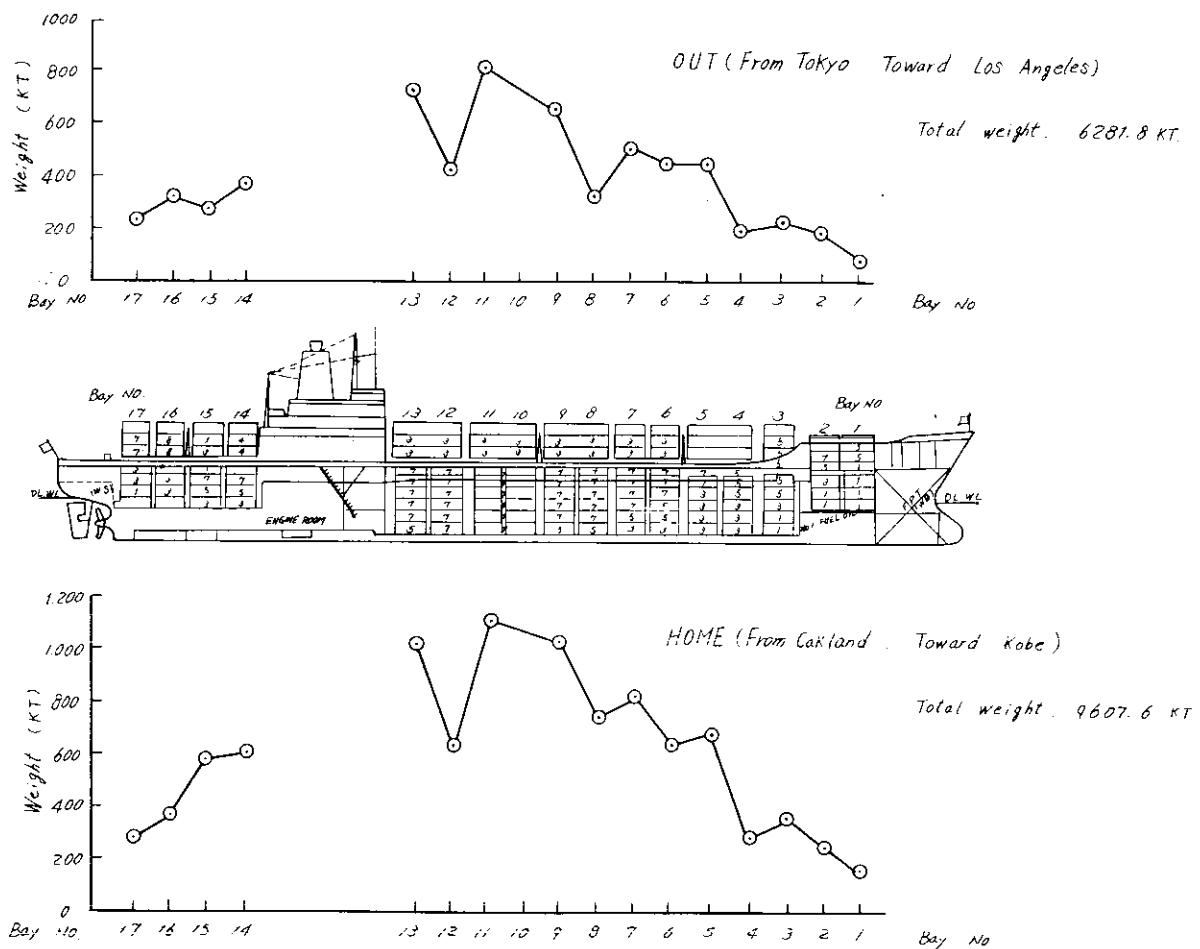


図3.3.5-3 Container Loading Condition

シバヤエース  
1H1・三井(I)

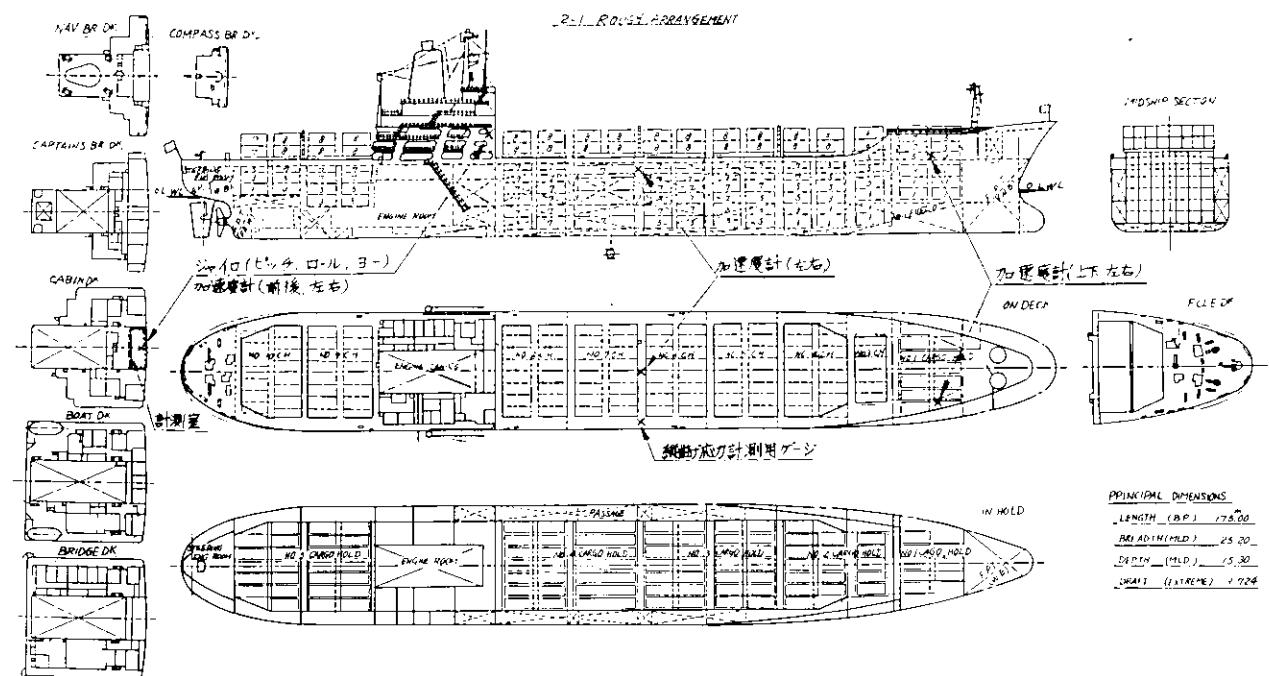


图 3.3.5—4 Position of Measure Points

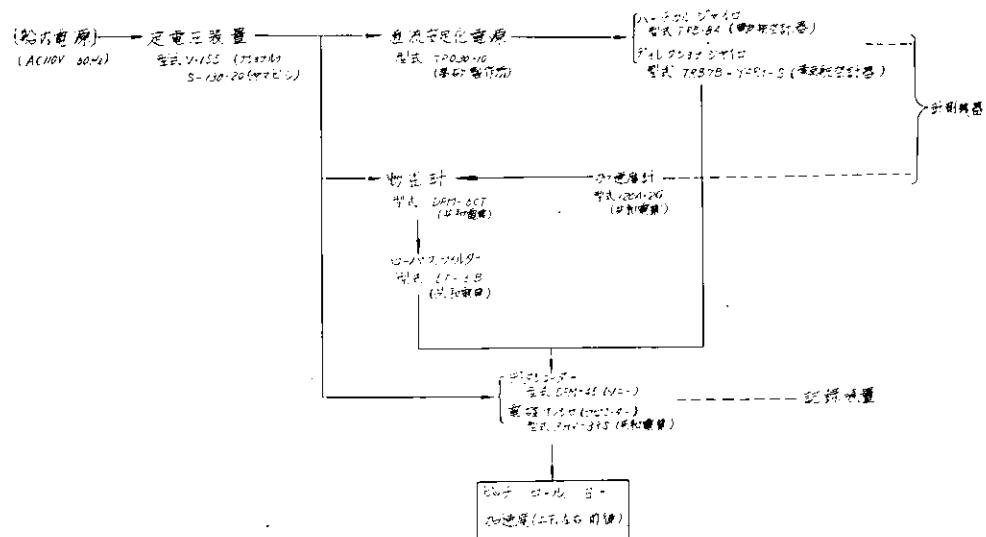


図3.3.5-5 計測装置のブロックダイヤグラム

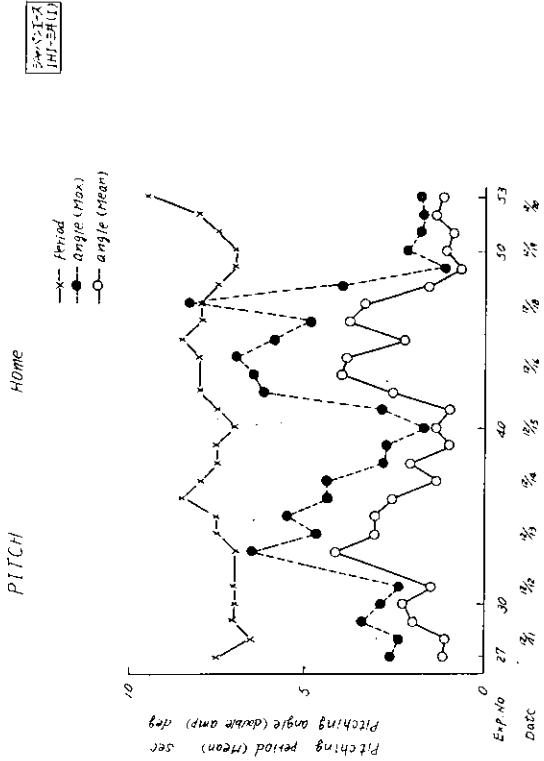


図 3.3.5-6 (a)

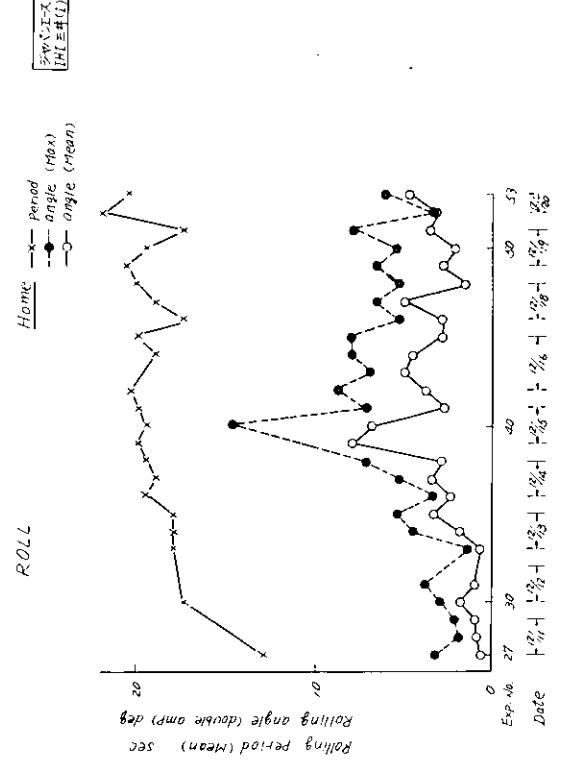


図 3.3.5-6 (b)

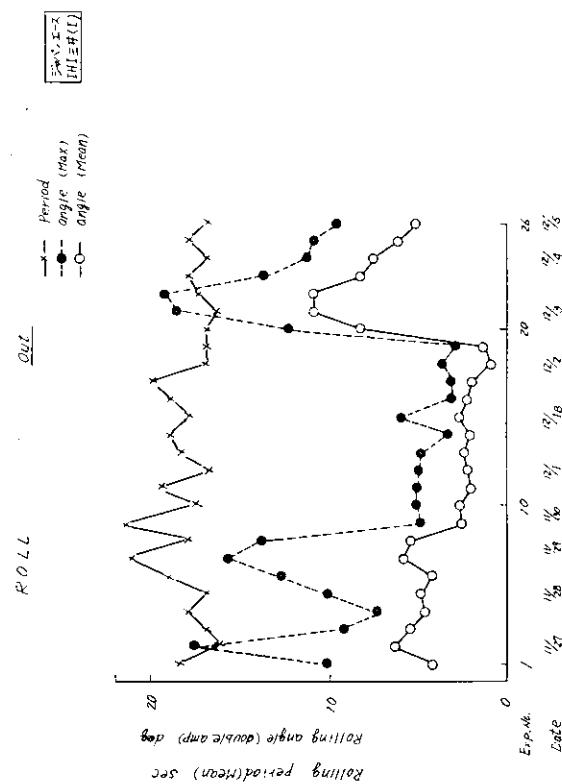


図 3.3.5-6 (c)

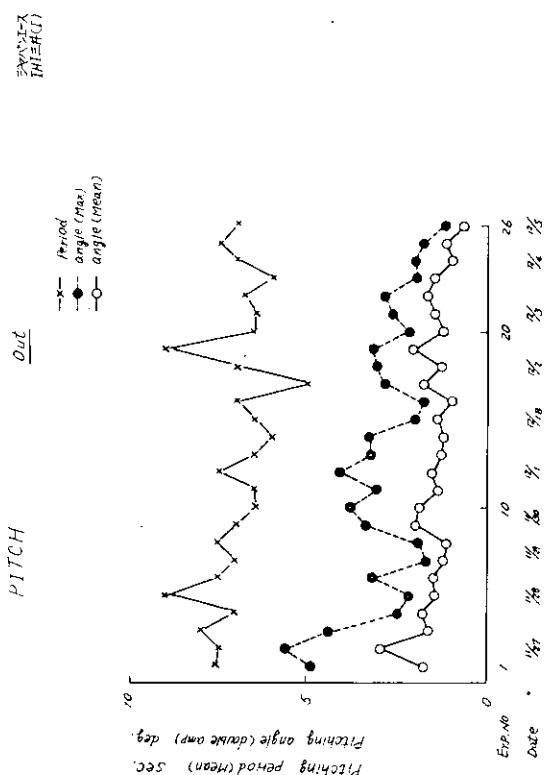


図 3.3.5-6 (d)

Fig. 3.5-6 (f)

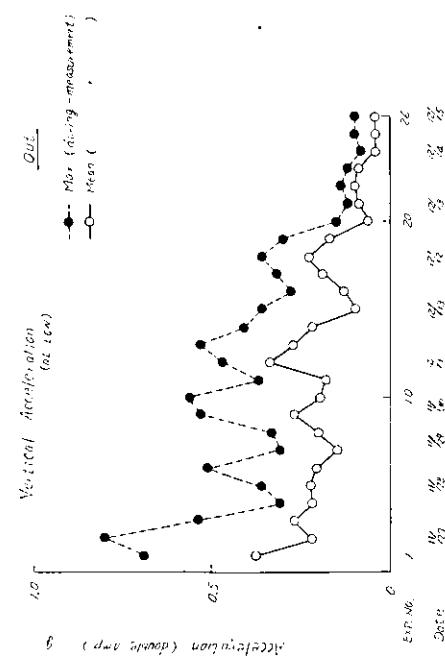


Fig. 3.5 - 6 (θ)

Fig. 3.5-6 (g)



Fig. 3.5 - 6 (θ)

Fig. 3.5-6 (h)

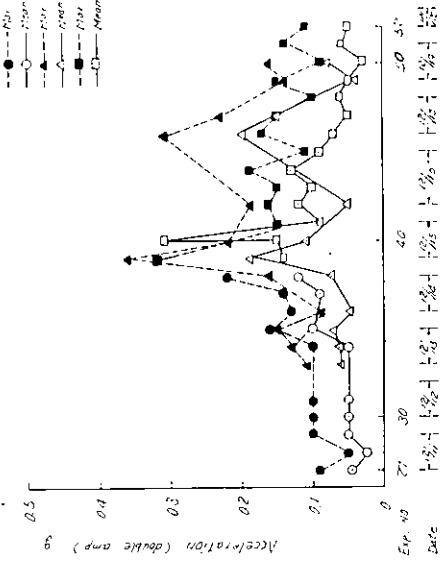


Fig. 3.5 - 6 (θ)

Fig. 3.5-6 (i)

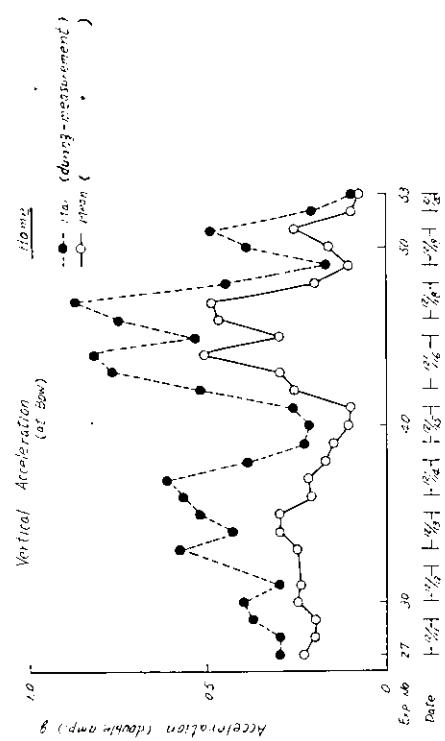


Fig. 3.5 - 6 (θ)

Fig. 3.5-6 (j)



Fig. 3.5 - 6 (θ)

Fig. 3.5-6 (k)

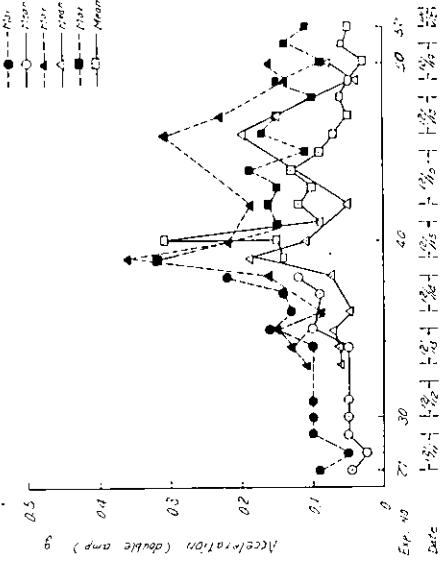


Fig. 3.5 - 6 (θ)

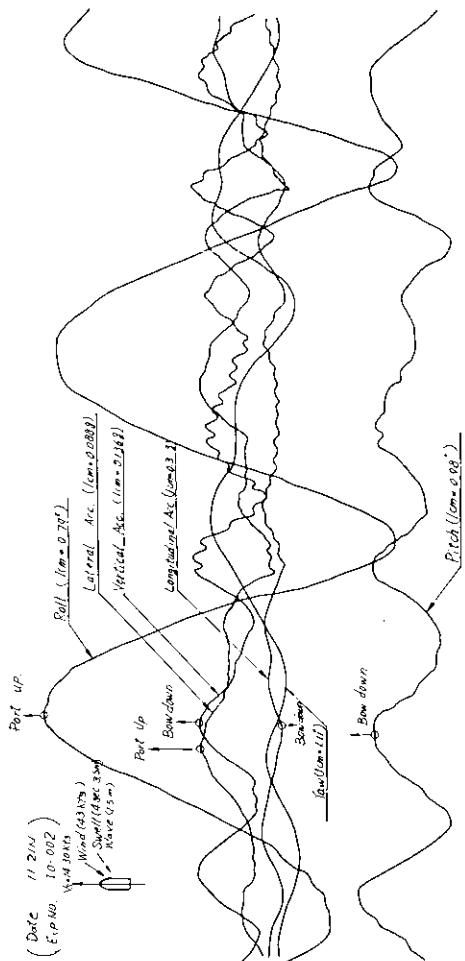
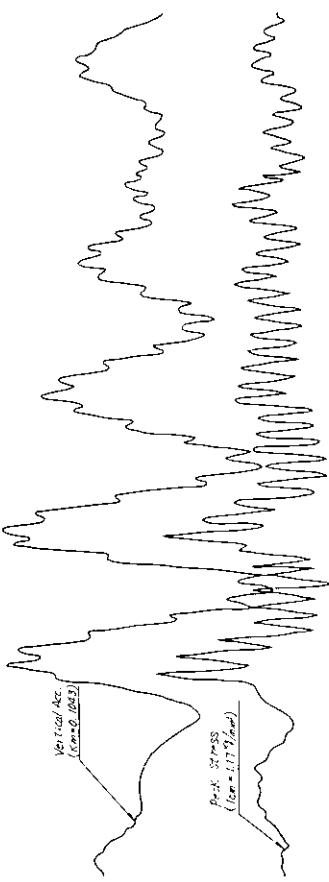
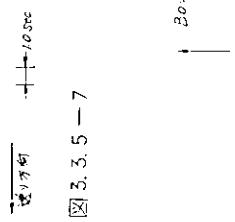
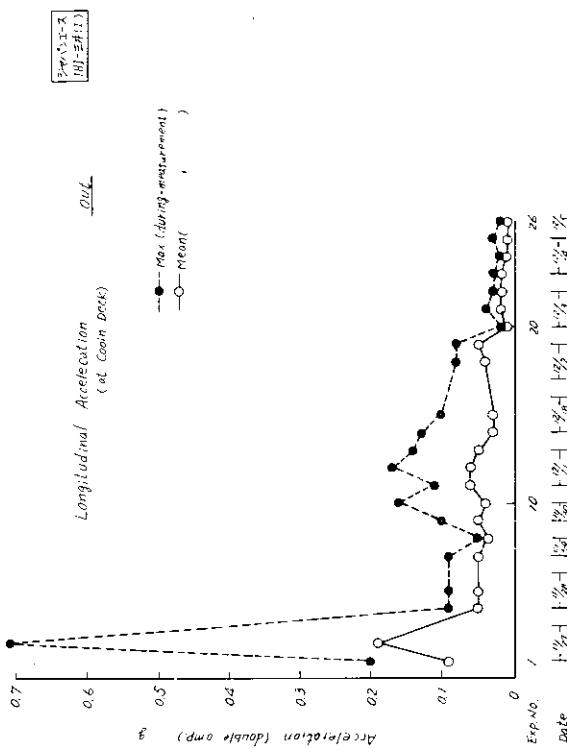


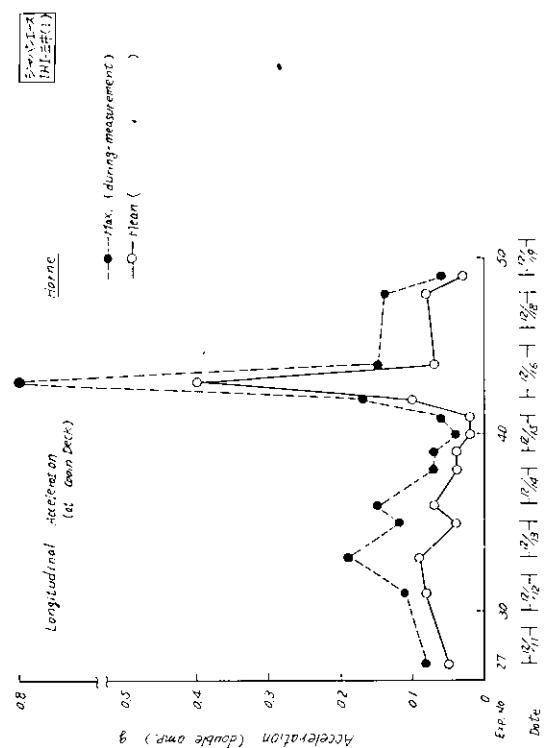
図3.3.5-7



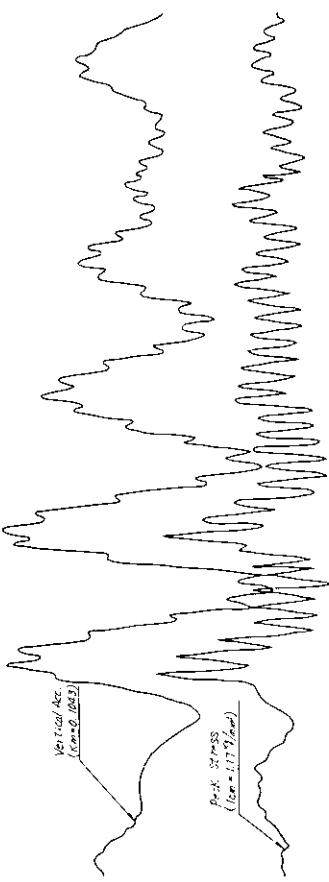
卷之六



四三五—六(上)



533



०७८

### 3.3.6 横浜国大 チーム ( 榛名丸, 昭和海運 )

#### (1) 結果の概要

- (a) 一航海総計の特性を表 3.3.6-1 に示した。復航は往航に比し、平均速力が低く、航程係数も大であり、難航であったことが明白に示されている。
- (b) 図 3.3.6-1 に航路を示した。往航では出港日の夜にシケに遇い、予定航路を一時変更したが、ほぼ  $38^{\circ} \text{N}$  の距等 囲航路をその後とった事がわかる。復航ではほぼ  $4^{\circ} \text{N}$  の距等 囲航路で航海する予定であったが 2 月 3 日から 4 日にかけてのシケで変針および減速を余儀なくされ、 $3^{\circ} \text{N}$  まで下がった。以後はほぼ  $1.5^{\circ} \text{N}$  の距等 囲航路を航海した。
- (c) 図 3.3.6-2 に一日平均の船速、回転数、燃費(主機、C 重油)を示す。往航では主機ハンドル・ノッチは航海中一定(6.15)に保持されていたので、海象に基因する速度変動を示すものと云える。一日平均の船速は最低 2.162 kts 最高 2.349 kts であり、全航海平均は 2.245 kts となっており、相当な高速で一航海走り抜いたことがわかる。回転数、および燃費と船速の大小関係は定性的にうなづける傾向を示している。復航のシケの日(2月3日~4日)には大きく減速したことが示されている。この日には上述のように変針も併用している。復航は往航に比し燃費が大であるが排水量の差が約 3,500 t あることに注意せねばなるまい。復航では主機ハンドル・ノッチは往航よりやや大きめの一定値(6.3)に 2 月 3 日、4 日、6 日を除き保持されていた。ハンドル・ノッチ一定時の船速の 1 日平均の最高値は 2.252 kts、最低値は 2.004 kts であり、その差は約 2.5 kts である。往航は約 2.0 kts であることを考えると、常用出力航海時における海象による船速低下量は大約 2 ~ 2.5 kts 程度であると言えよう。これ以上の船速低下をもたらす海象では運動が大となり(青波、シャワーなどを含めて)、意識的に船速を下げることになる。ここでいう船速は平均値であることに注意したい。Log の指針は一寸シケてくると 2 kts 位は簡単に変動する。
- (d) 図 3.3.6-3 には計測装置のブロックダイヤグラム、設置位置、設置状況を示した。本船ではすべての計測器材がナビゲーション・ブリッヂデッキに設置された。

データ・レコーダはアナログ型 4 ch のものである。1, 2 ch にはバアティカル・ジャイロによるピッチ角、ロール角を常時記録させ、3 ch, 4 ch には左右両舷の上下加速度と船体中心線上に設置したサーボおよびスウェーの水平加速度を切換えて記録するようにしておいたが、本航海ではロールが異常に小であったので特別の場合を除き、3 ch にサーボ、4 ch にスウェーの加速度を記録した。加速度記録は振動を拾うのが常であるが、フィルターを通して記録を行なっている。必要な場合には解析時に全 ch にフィルターを同時にかけ位相特性を保持するように考へている。モニター記録上では拾った振動のため判別不能になるようなことはなかった。

計測記録装置を図示のようにホイール・ハウス内に置かせてもらったので、船内当直との連絡が密にでき、また各種航海計器の読み取りにも便であった。特に船および海の状態を計測時に同時に目視あるいは撮影できることは最大の利点である。データレコーダ(FM 方式)には無線送信時に干渉があった。これは無線室に近いために起った現象であると思われるが、今後注意する必要がある。一部の計測器に電源電圧 100 V を越えては困るものがあったので、スライダックを通して電源電圧を 100 V にして使用した。なお、精密に解析した結果が出ないと不明であるが、特に電源に AVR を設置しなくとも、各計測器に内蔵されている AVR で充分なように思われる。

記録用磁気テープにはすべて較正電圧を始めに記録した。そのため、精密なデジタル基準電圧発生器およびデジタルボルトメーターを使用している。

- (e) 図 3.3.6-4, 5 にはピッチ角、ロール角のアナログ再生記録から得られた最高両振幅、平均両振幅(アナログ記録上にヤマカンで平均と思われる線を引く)を全実験について示した。

計測時間は約 20 分としたので、ピッチは約 200 山、ロールは約 100 山程度の描れ数が得られている。Rayleigh 分布の係数を使用し、図の平均値は Rayleigh 分布の平均値、最高値は  $1/100$  あるいは  $1/200$  最大期待値に対応すると仮定するとその比は 1 : 約 2.5 となるが、この値はほぼ妥当な値であることが示されている。

本航海ではロールが小なることが目立つに反し、ピッチが大であったことがわかる。ロールの大きさは船速にあまり影響を与えていないに反し、ピッチはある値以上になると船速を下げざるを得なくなると共に小角度でもそれなりの船速低下をまねくことが、船速の抑制値と比較してみるとわかる。なおピッチの表現は「うねり」であって風浪ではない。全面白波の場合でもピッチが極めて小なる場合があった。すなわち本船のように長い船では波高が高くても短い波に対しては弱いが、波高が低くても波長の長い波には弱い。この意味から最適航路の選定に関して「うねり」

の予報精度が問題になるが、うねりは天気図からは推測しがたいので問題がある。また、現実にはあきらかな2万向うねりの場合も見られた。このような場合の船体運動は完全不規則波の場合に比し、流体力学的にあるいは実験的に取扱い易いはずであるから、今後の研究課題として面白いと思われる。海の波のスペクトラム的処理に関しては発達過程および完全発達時までを考えている場合が多いが、減衰期の波すなわち「うねり」に変化して行く場合の取扱いを上記のうねりの予測の問題と関連して、より工学的に処理する方法が必要のように思われた。

ピッチの最高値両振幅で1°なる値は計測員にとって実感としても相当な値であるが、乗組員の全体的な意見としては本航海は冬期航海としてはまれにみる平穏な航海であるとのことであった。

(f) Anti Rolling Tank (A.R.T.と略す)は効力が小である。重心位置の関係で使用できないことが多い、というのがA.R.T.に関する一般的な評価であり、従って使用しないで航海することが多いのが実状であるが、本航海では往航に常時使用を試みてもらった。この点に関して特に謝意を表しておきたい。復航では重心の関係から使用していない。航海中に図3.3.6-4.5に示されているように、A.R.T.の試験を往復航とも各1回行なっている。A.R.T.の注排水直前に計測し、注排水完了直後に直ちに計測し、海況変化による影響を避けている。効果は図に見られる通りに確かにロール角は減少しているようである。立会った乗組員も「そう言わればきくようだね」との感想であった。しかし「このようなナギに近い場合にきかなくてもよいから、大シケの時にきくようにしてくれ」というのが乗組員の卒直な要望のようであった。

(g) 図3.3.6-6には計測記録の代表例としてピッチが特に大であった場合のアナログ記録を示した。また写真3.3.6-1にはほぼこの記録に対応する場合の船首被波状況を示す。

写真は連続写真になっているが、上の写真で波をはね飛ばし、(船首で波をすくっていない、したがって背波はほとんど上がらない)中、下の写真のように雨あるいは霧のような「しぶき」がコンテナー上面全面を濡らし、ホール・ハウスの窓に吹きそそぐ、日光の状態によっては瞬時にじが出て直ぐ消える。といったところが一般的な外界状況である。一方、ほぼ写真(上)の状態でシャダーが始まる。図3.3.6-6に記入しておいたようにサージ加速度に高周波のほぼ一定周期の振動(約1Hz)が重畠する、その時ブリッヂは大地震で高い建物がゆれるように前後にユサユサと震れる。Shudder:身震いとコンサイス英和辞典には出ているが、正に船が怖気づいて身震いしているような感じがする。Shudderは震動と訳されているようであるが、地震のように震れ動くと解釈すると実感が出る。本船の乗組員の話によると、主機関も前後にゆれ動くとの事である。Shudderは衝撃の強さによって異なるが30sec程度続く、図3.3.6-6の例では続いてシャダーが起つことが示されている。記録例を見て、シャダーの水平加速度振幅(ホールハウス内)を0.05g、周波数を1Hzとすると前後に±12mmの変位をしていることになるが、実感ではホール・ハウス内で両振幅で10cm程度の震れがあるよう感じ、気持のよいものではない。ちなみにサージ加速度振幅は最大±0.2g程度であるから、周期を8secとすると、サージ速度振幅は±1.5m/sec(±3kts)となり、指針の変動幅と大まかに一致する。またサージ変位は±12mmとなるが、船長175mに対してはありえそうな値である。

記録を見るとシャダーはピッチ角が大なる時に起るとは限らない。図3.3.6-6では船首が上昇中水平近くでシャダーが始まっている。シャダーは船長方向の衝撃水圧に主因があるとすれば、波との水平相対速度がある限界値を超えたときに起ると推察される。そうだとすれば船速がシャダーの発生に一義的にきいてきて、荒天中の意識的な船速低下はシャダー発生の防止に大いに役立つことになる。船体運動の理論計算値を見ても、船速低下はピッチ角の減少にはあまり役立たないので、実際の操船を見ているとシケてくると減速するのはシャダー防止が主因であるように思われた。本船にはホールハウスの天井に点鐘がついている。現状では鐘で時刻を知らせることはないので、本来の目的のためには無用の品となっているのであるが乗船初期に乗組員はこれはシケを知らせてくれるとの話をしてくれた。船乗りは話が上手であるから半信半疑で聞いていたが、この鐘がシャダーによってカンカンカンと実際に鳴るのである。そうすると船長がホール・ハウスに上って来て、海況、被波状況を見て操船の判断を下す

す。点鐘転じて文字通り警鐘の役をなしていた。本航海では経験していないが、大角度ロールではカーンカーンと低い音でなる由である。

本船に設置されているピッチのクリノ・メーターはロールに使用されているのと同一型式のものであるが、ここに示した試験例の場合、その最高値指針は±2°を示した。この値は加速度の大きさを示すと解釈すると鐘と同様に役立つか、ピッチ角を指示する計器としては不合格である。

今回の航海では往復航ともロールが小であったので、逆に目立ったのかも知れないが、シャターの有無が減速、変針の自安になっているように思われた。シャターが難航になってくると一番最初に起るからである。フリーボードが大であるため青波はほとんど上がらない。またスラミング、レーシングもホイール・ハウス内で感ずる程ではない。レーシングはエンジン・ルーム内ではよくわかる程起っていたとの事であるが。それに反し、シャターは派手に水しぶきを上げると同時にユサユサと震れるのであるから、操船者に非常に目立つと同時に、容易に起きるからである。フリーボードが大であることおよび強度のフレアは確かに青波を防止し、本船の航海性能を高めているが、逆にシャターの発生にも結びついているようである。またピッチ角、ロール角は実際の操船には直接結びついていないようと思われる所以、各種の加速度などのように実用航海術に結びつけて考えられる量に対する検討が必要であろう。

(h) 被波はブリッヂより前部の甲板上のみに上る場合が大部分であるので、計測コンテナーはブリッヂより後部の甲板の中央に積載すればよい。この位置であれば荒天時でも出入可能である。搭載計測器およびラック架に対する防振対策は重要である。また、コンテナーの荷役作業は迅速であるから、計測コンテナーへの結線は簡単で確実なものとせねばならない。

## (2) 感想など

### (a) 海象について

海の波は不規則であるとして最近は方向特性も含めた短波頂波のエネルギー・スペクトラムなどが使用され、海洋波の特性も説明つくされたかの如き感じを持つこと也有ったが、20日間も海面のみを見て暮してみると、たしかに最近の理論は海の波の一面をよく説明してくれるが、決して全部を説明し得るものではないの感を深くした。

### (b) 波の測定あるいは観測について

波高あるいは波周期の測定は船舶気象観測指針にでている方法では観測不能に近い、特に大型船の高い船橋上からの波高の目視には熟達者による値にも問題が多い。このためか、一般乗組員の波高観測の熱意は少ないようと思われた。造船の研究者が考へているような精度の高い波高計でなく、簡易型の波高計を船に設置することが急務のような気がする。

### (c) 最適航路について

本船では波浪予報(アメリカ側)および推進航路の受信は取り止めていた。その理由は本船が高速のため波浪予報が遅れること、あまり当たらないことなどである。また入港前にシケた海面に出会った場合にはスケジュールを守るために大きく針路を変更することが出来ないことも理由になっているようである。

乗ってみた実感としても、本船が高速のためか海象が予想以上に急速に変化する。したがって波浪予報などは乗組員の誰かのような細いオーダーでは当らないであろうと推察した。本船では過去の本航路の月別に分類した実績航路から出港時には予定航路を決めておき、シケに会ったときは小変針と小減速を併用し試行錯誤法で操船しているようであった。

### (d) 操船法について

操船上の前提条件はコンテナーが損害しないことを第一とし、主機に過負荷を与えないことが次に来ているようであった。したがって船体のピッチ、ロール角そのものはあまり問題にしていない。

以上の条件につながる現象としてシャター、レーシングが問題になる。また横博の大角度ローリングは行動、食

事の自由を奪うものとして問題になる。

(e) 減搖および船酔について

本船は斜め追い波時にローリングが大になる、ピッティングが大である、の2点が運動に対する乗組員の評価であった。乗組員は1年以内には転船するので、この船のピッティングには最初の一、二航海は参ったという人が多かつた。総じて船乗りはローリングには慣れているらしい。船酔はプロである船乗りの口にすべきことではない事のようである。また、我々でも覚悟して3航海も続けて乗れば酔はなくなるのではないかと感じた。要するに減搖は貨物船では最後に出る問題で、転覆さえしなければよいとの極端な意見も多かった。その裏には構造上の欠陥船は絶対に困るとの強い意見が伺がわれた。

(f) 船内生活について

約30人の乗組員が完全に個室におさまっており、航海中は当直にあたる者が14人もいるので、船内をプラプラしていて人に会うことは滅多にない。IMO船になりさらに減員されるとこの傾向はさらにひどくなる。人間生活の場としての船内を考えると、居住区および当直場所の設計に新しい考え方を注入すべき時期に来ているように思われる。このためには職制の改革なども必要になり困難な問題を内蔵しているようである。現在の船内生活の設備は近代化され文化生活の典型に浴していることは事実であるが、一方で非人間的な生活を強いられているような気がしないでもない。

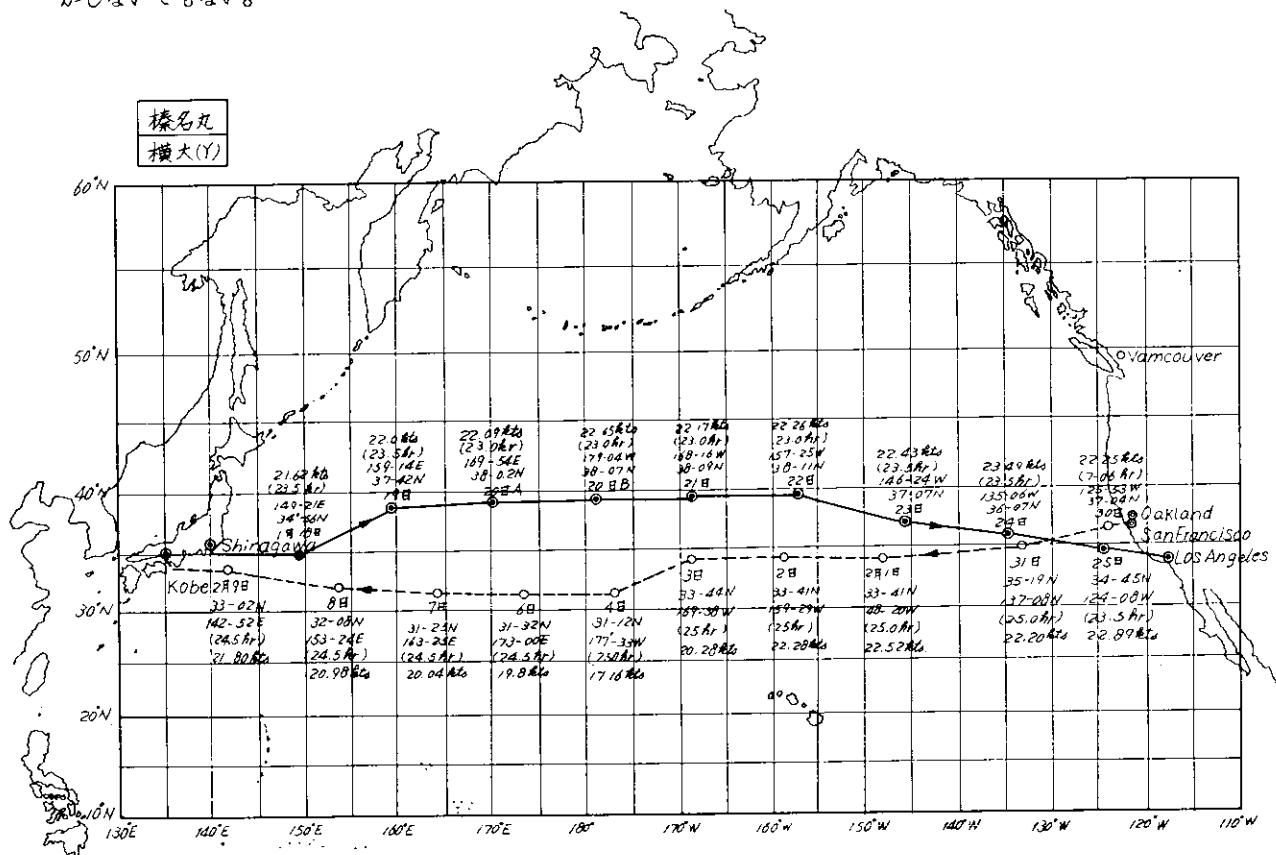


図3.3.6-1 航路図

表 3.3.6-1 一航海統計  
VOY. No. 27, M.V. 桜名丸 From 横須賀 (Y)

	往 航		復 航	
	島 川 → ロスアンセルス 1971.1.17. 10:00	1.26.	オークランド → 神戸 1971.1.30. 03:00	1971.2.10
1 航進時間	222h-00m		251h-36m	
2 航進距離	4983 N.M.		5245 N.M.	
3 平均速力	22.45 kts		20.85 kts	
4 航進時間	9d-09h-20m		10d-14h-40m	
5 航海距離	5021 N.M.		5274 N.M.	
6 Shift時間	3h-20m		3h-0.4m	
7 Shift距離	38 N.M.		29 N.M.	
	(出港時)	(入港時)	(出港時)	(入港時)
8 吃水 前部	7m-73 8-16	7m-92 7-84	8m-79 9-34	8m-67 8-87
9 后部	8-59	7-75	9-89	8-98
10 中央, 左舷	8-16 8-12	7-69 7-79	8-86 9-25	8-63 8-78
11 水 # 右舷	8-08	7-88	9-64	8-92
12 平均	8-16	7-84	9-34	8-87
13 排水量	20,477 KT	19,541 KT※	24,027 KT	22,885 KT※
14 排水量の差		-936 KT※		-1,142 KT※
15 G.M.	1.45 m	1.27 m※	1.17 m	0.82 m※
16 G.M.の差		-0.18 m※		-0.35 m※
17 燃料 A重油	224.0 KT	186.4 KT	173.3 KT	133.9 KT
18 C重油	202.07 KT	120.73 KT	175.16 KT	80.93 KT
19 清水	424 KT	325 KT	495 KT	367 KT
20 消費 A重油		37.6 KT		39.4 KT
21 C重油		.813.4 KT		942.3 KT
22 清水		99.0 KT		128.0 KT
23 合計		950.0 KT		1,109.7 KT
24 大圏距離		4839 N.M.		4817 N.M.
25 航程係数((2)/(24))		1.030		1.089
26 アンチローリングタンク	使 用		使 用せず	

※は出港時の予想値

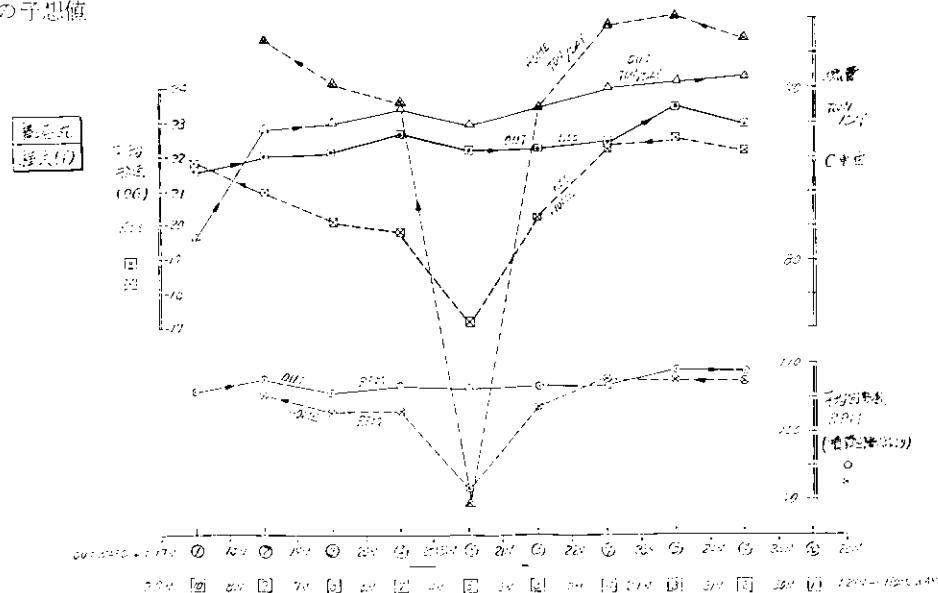
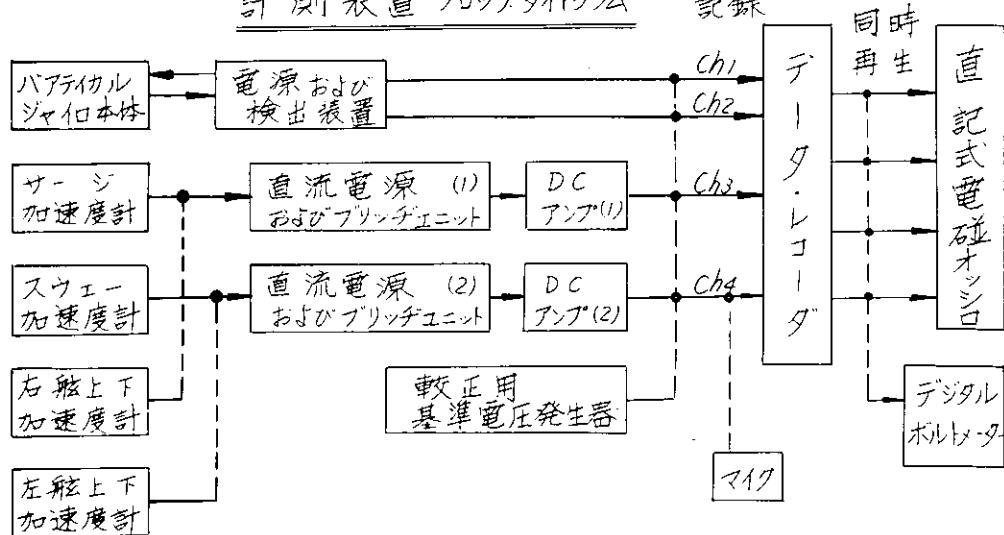
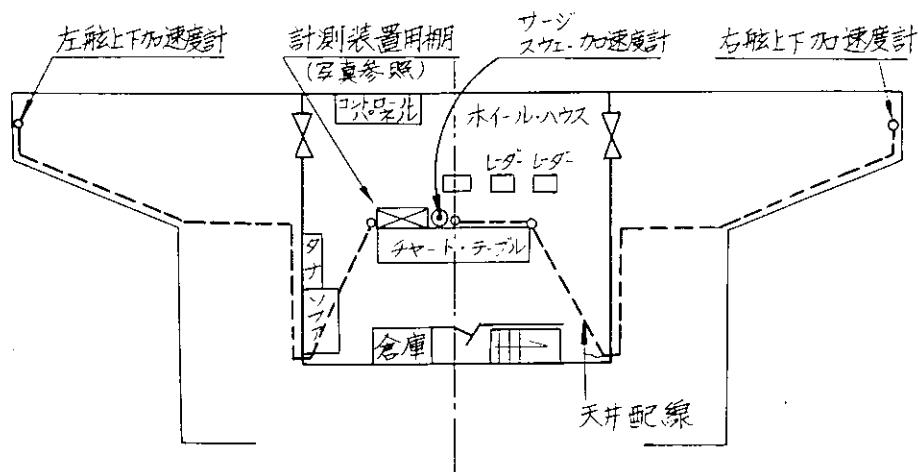


図 3.3.6-2  
-139-

## 計測装置 ブロックダイヤグラム



## 計測装置 設置位置 (ナビゲーション・ブリッジ)



## 計測装置 設置状況 (写真)

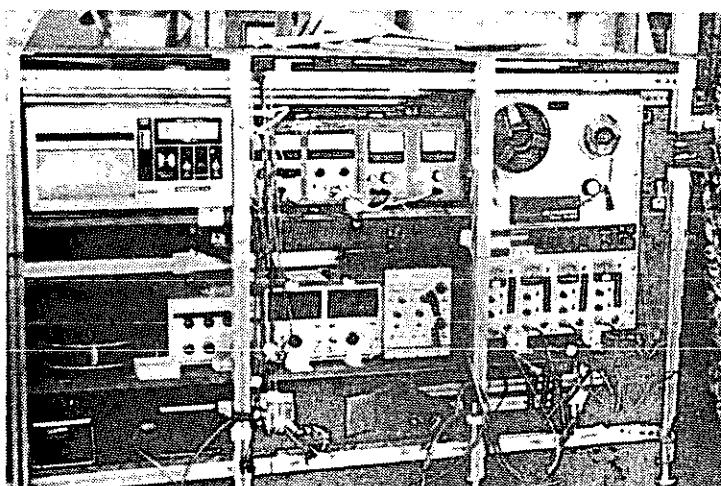


図3.3.6-3



図3.3.6-1 (横行進)

図3.3.6-6に相当する場合の車輪駆動  
(車間距離不等問題)

横行進  
横大(1)

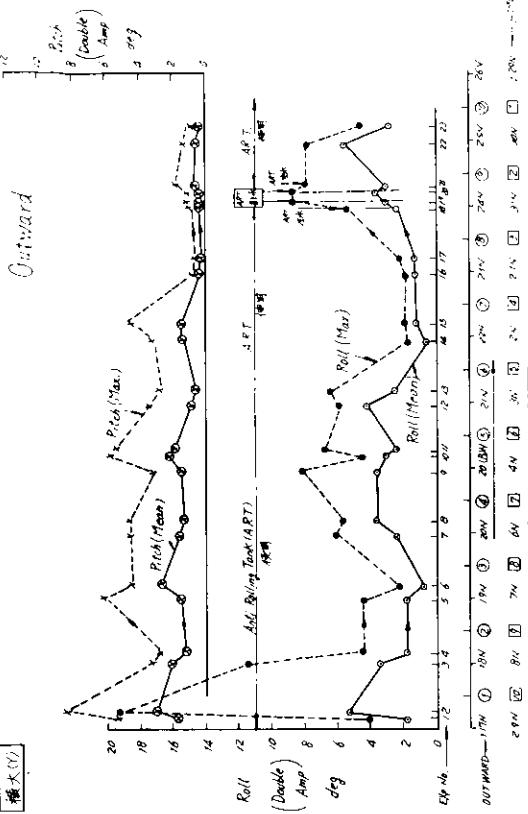


図3.3.6-4

横行進  
横大(1)

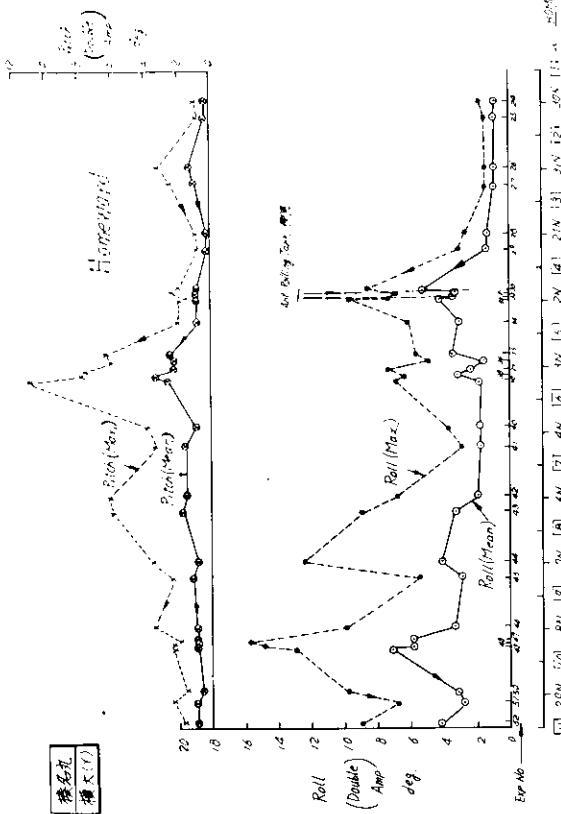


図3.3.6-5

図3.3.6-6に相当する場合の車輪駆動  
(車間距離不等問題)

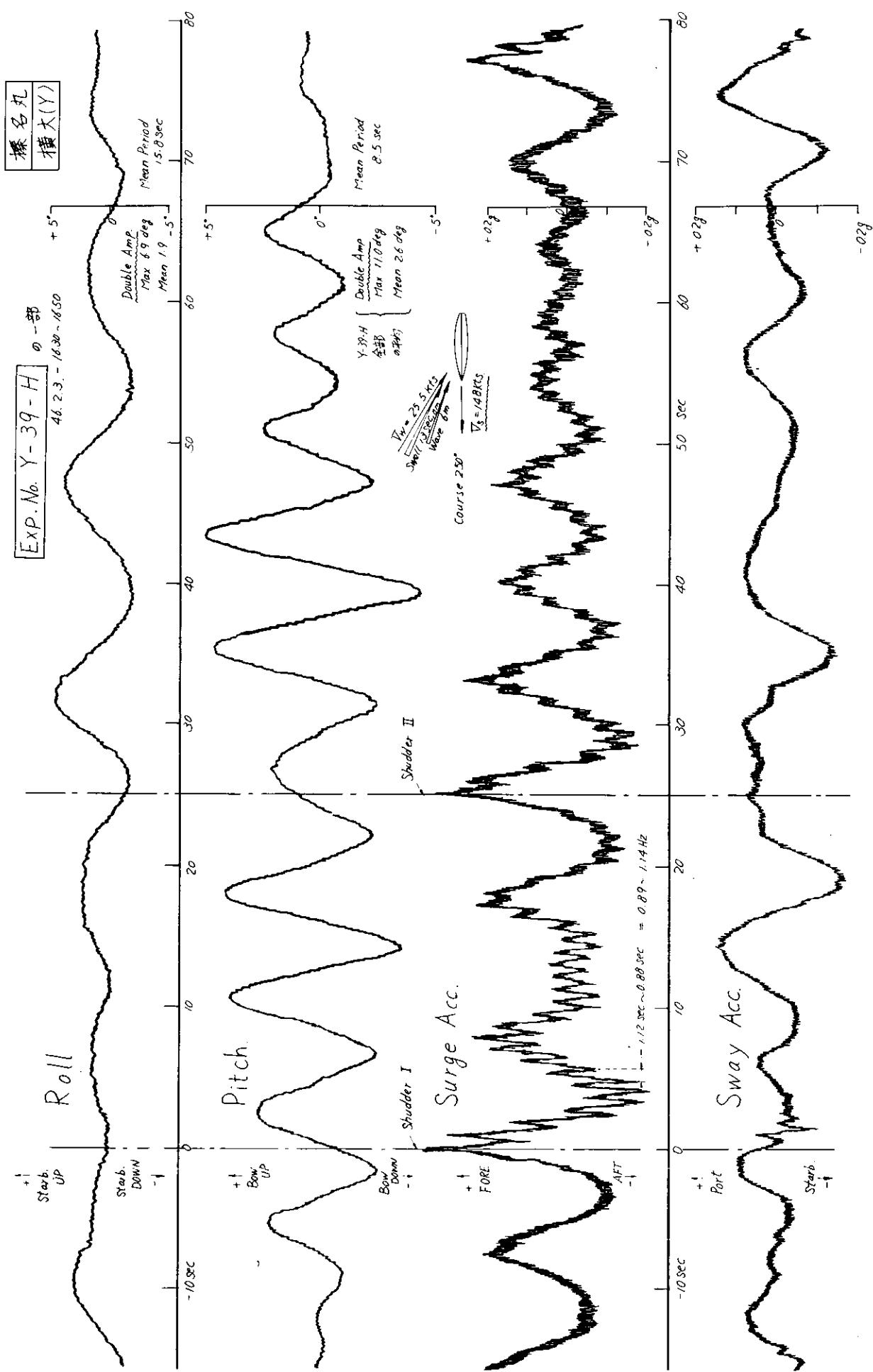


図 3.3.6-6

### 3.3.7 住重・钢管チーム（あめりか丸二次 商船三井）

#### (1) 結果の概要

- (a) 一航海総計の特性を表 3.3.7-1 に示した。平均速力が 2.0 ノット以下となり往復航共難航であった。
- (b) 図 3.3.7-1 に航路を示した。往航では 1 月 1 日～4 日にかけて、復航では 14 日～16 日に荒天に遭遇した。この為往航では約 34°N、復航では約 30°N まで南下した。
- (c) 図 3.3.7-2(a), (b), 3(a), (b), 4(a), (b)に観測及び計測した結果を示した。(a)は往航、(b)は復航の記録である。3.3.7-2(a), (b)はコンパスコース、船速、プロペラ回転数、主機、ハンドルノッチ、ガバナー・インデックス (G.I.)、制動馬力 (B.H.P.) 及びスリップを示した。このうちコンパス・コース G.I. 及び B.H.P. は正午計測の値であり、その他は一日の平均値を示している。図 3.3.7-3(a), (b)は目視観測による海象等の記録である。図 3.3.7-4(a), (b)は船のピッチ、ロール、加速度 (上下、左右、前後) をビシグラフの記録から読みとり、その最大値 (片振幅) を示したものである。
- (d) 図 3.3.7-5 に計測装置のブロック・ダイヤグラムを、図 3.3.7-6 に計測室及び加速度計の取付位置を示した。データ・レコーダーはアナログ型 4CH のものである。1,2 CH にはバーチカル・ジャイロによるピッチ角、ロール角、3,4 CH には FP 附近の船体中心線上に設置された上下、左右、加速度を記録させた。又ビシグラフには上記の他ホイール・ハウス入口付近に設置した前後加速度も記録した。計測時間は原則として 1 日 2 回、船内時間で 11:30～12:00 16:00～16:30 に 1 回約 20 分間計測した。ただ海象悪く船体運動が小さいと思われたときには一日一回とした。又特殊な海象状態時には臨時計測を実施した。
- (e) 図 3.3.7-7, 8, 9 にビシグラフの記録の例を示した。図 3.3.7-7 はロール角最大を記録したときのもの、図 3.3.7-8 はピッチ角最大を記録したときのものピッティングのみが異常に大きく、しかも周期が 2.2 ～ 2.3 秒と長いのは船体がうねりに乗った為である。図 3.3.7-9 は上下加速度が最大のときのもの、復航にはこの図の様な衝撃に伴う船体振動が頻繁に発生した。本航で記録した運動・海象等の最大値は次の通りである。

ピッチ角最大	6.2° ( 片振幅 )
ロール "	19.9° ( " )
加速度最大 上下 ( FP )	0.79G ( " )
左右 ( FP )	0.57G ( " )
前後 ( BRIDGE )	0.27G ( " )
風力階級最大	10
風 波	9
うねり	8

- (f) 往航の横揺れの激しかった 1 月 2 日の午後 5 時から Anti-Rolling Tank (A.R.T.) を使用した。このときの船体横揺れ周期が約 1.8 秒で A.R.T. の設計基準状態に殆んど一致するため、その効果が期待されたが直前の定期計測 (16:00) のロールと比較して何となく効果があったらしい程度しか窮屈なかったが精密に解析した結果が出ないと効果の程は不明である。

- (g) 図 3.3.7-10 に夏期から冬期に亘るシーマーシン (S.M.) と平均船速及び平均吃水の一例を示した。シーマーシンは主機の燃料消費量を用いて以下の方法により求めた片航の値である。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{片航の平均燃料消費量} \cdots \cdots \cdot F (\text{KT/day}) \\ // \text{ 平均吃水 } \cdots \cdots d (\text{m}) \\ // \text{ 平均船速 } \cdots \cdots V_S (\text{kn}) \end{array} \right.$$

$$\text{燃費} = 15.7 \text{ gr/m}^2/\text{ps} (= 3.77 \text{ kg/day/ps})$$

$$S.M = \frac{P - P_o}{P_o} \times 100 \%$$

但し  $P = F / 3.77 \times 10^3$   
 $P_o = \text{平水中の馬力曲線より } d, v_s \text{ に対して読みとる}$

図より復航のシーマージンが殆んど往航より大きくなることが判る。復航の吃水が往航に比して 0.5 m 以上深いこと復航に多く遭遇するピッキングによる馬力増加が大きい事などが原因していると思われる。

- (h) 図 3.3.7-11 に片航の平均排水量、毎日の馬力指示計による BHP を用いてアドミラルティ係数 ( $C_{adm}$ ) を求め、これとプロペラ回転数を船速ベースで示した。RPM はほぼ一定でも  $C_{adm}$  の値は著しく相異し、船速の増加と共に整齊曲線で増加している。ハンドルノッチ 5.9 ~ 6.0 の場合  $C_{adm}$  船速 RPM の範囲は往航ではそれぞれ 3.25 ~ 3.91, 2.1.0 ~ 2.2.5, 9.3.6 ~ 10.0.7、復航では 2.6.0 ~ 3.8.0, 1.8.5 ~ 2.1.5, 9.3.1 ~ 9.9.8 に及んでおり航海中の環境条件の変化が窺える。
- (i) 図 3.3.7-12 にピッチ、ロール、上下加速度の実測値と長波頂不規則波中の理論値を比較した。実測中の海象等はうねり波高 = 5 m、波と船との出合角度  $\alpha = 18^\circ$  (向波)、波の出合周期 = 10 ~ 12 秒、船速 = 14.5 kn である。実測中の任意の時刻を選んで、その附近の記録 (ビジグラフ) の山谷から求めたものであるがたまたまピッチ角は理論値と計測値が一致している。
- (j) 図 3.3.7-13(a), (b) にコンテナーの積付け状態を示した。コンテナー 1 個当たりの重量等は下記の通りである。

	コンテナーサイズ	個 数	重 量 (トン)	平均重 壓(トン)	全重量 (トン)	発航時の吃水 (m)
往 航	20'	540	4472.6	8.4	6183	8.49
	40'	134	1710.1	13.1		
	空	10	44.5			
復 航	20'	515	7136.9	14.2	9781	9.52
	40'	118	2571.1	25.0		
	空	26	73.0			

## (2) 考察及び感想

- (a) 我々の乗船した 26 次航は就航以来の最低平均船速を記録したことからも判るように往復航共激しい海象に遭遇した。連続 3 ~ 4 日もシケルことは珍らしいとのことである。動搖の程度を船の位置でみると往航では日本 ~ 18°E 附近、復航では米国 ~ 16°W 附近で苛酷であった。
- (b) 往復航共青波が甲板上へ上ることは一度も経験しなかった。“青波を受けければコンテナーが破損することは目に見える”と言つて青波に対しては神経質に警戒しておりその危険があれば転針、減速する。しかし、シブキに対してはあまり気にしておらず、復航ではコンテナーへの 100% のシブキを含め殆んど毎日記録された。船で上ったシブキが船橋まで達することがある。
- (c) 復航には波浪衝撃を多く経験した。Shock に続き船体が前後にユサユサ揺れる Shudder が約 40 秒位続くことがある。Bridge が 2 節振動を起しその周期が短いため非常に不愉快であった。
- (d) 減速の原因としてはプロペラ・レーシングの場合が多かった様に思う。プロペラ回転数の変動は常用回転数の場合で約 20 rpm に達したこともあり、このため主機の保護の面で危険回転数以下に回転数を下げ減速する。
- (e) 片航の平均吃水に対応する平水中の馬力と馬力指示計の BHP とからシーマージンを計算すると復航の最大で 104% の場合があった。
- (f) 予想したより足の早い低気圧に追いつかれた往航時の動搖の激しかった 1 月 1 日の真夜中頃恐怖を感じて Bed から抜け出し船橋へ上ったことがある。こんなに船が揺れているのに Bridge では一体何をしているのだろうかと憤りを感じながら上って行ったものである。暗い海面を凝視し二方向から来るうねりを見分けながら船速を下げ、この大きなうねりを後方から受けそれに乗るように細かく転針を指示する船長の姿を見たときには誠に申し分けな

い気持になった。このときの波高が15mはあったという。檣の中でBridgeから遠くない所で波がしらが白く崩れる様を見たときには平水中の性能やM.C.Rの回転数とか海上試運転で何ノットでたとか言うことの大切さよりも何より先づ第一に「強い船」を造ることを痛切に感じた。

(g) 「S R 106超自動化システムの適応検討会」ではDW20万トンタンカーの乗員を9名とする検討案があるが、我々の短期間の経験ではあったが、潤いのある人間的な船内生活を送れるということは特に長期に亘る航海時には基本的に大切なことであると感じた。

表 3.3.7-1 一航海総計  
Voy. No. 0126 M.V. AMERICA MARU

		往航	復航
	港 日付	東京 → ロサンゼルス 1970.12.30 12:00 1971.1.9 11:00	オークランド → 東京 1971.1.13 16:15 1971.1.25 10:45
1	航進時間	252h30m	262h15m
2	航進距離 (N.M)	5067	5065
3	平均速力 (kn)	20.07	19.28
4	航海時間	10d16h00m	11d01h30m
5	航海距離 (N.M)	5102	5093
6	平均速力 (kn)	19.93	19.19
7	SHIFT時間	3h30m	2h30m
8	SHIFT距離 (N.M)	35	26
9	プロペラ総回転数	1384040 rpm	1481320 rpm
10	" 平均回転数	91.4 rpm	94.1 rpm
11	スリップ (%)	12.51	18.37
12	SEA MARGIN (%)	6.273	6.039
	(出港時) (入港時)	(出港時) (入港時)	
13	吃水 前部 (m)	7.80	7.50
14	後部 (m)	9.18	9.00
15	水 平 均 (m)	8.49	8.25
16	排水量 (K.T)	20996 20500 ※	24412 23412 ※
17	排水量の差 (K.T)	-496 ※	-1000 ※
18	GOM (m)	0.87	0.84
19	GOMの差 (m)	-0.03	-0.15
20	消費主機 (K.T)	767.22	878.69
21	補機 (K.T)	28.58	42.15
22	清 水 (K.T)	104 ('71.1.1~1.9)	110 ('71.1.14~1.24 1.22除く)
23	コンテナ個数・重量	674 個 6183KT	633 個 9781KT
24	大 圏 距 離 (N.M)	4,839	
25	航 程 係 数 (2/24)	1.047	
26	アンチローリングタンク	一部使用	使用せず

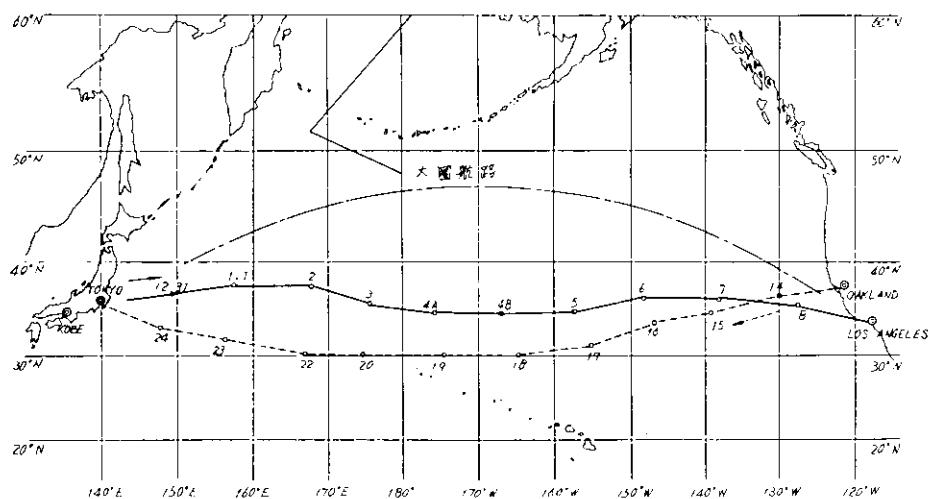


図 3.3.7-1 Noon Position of Ship

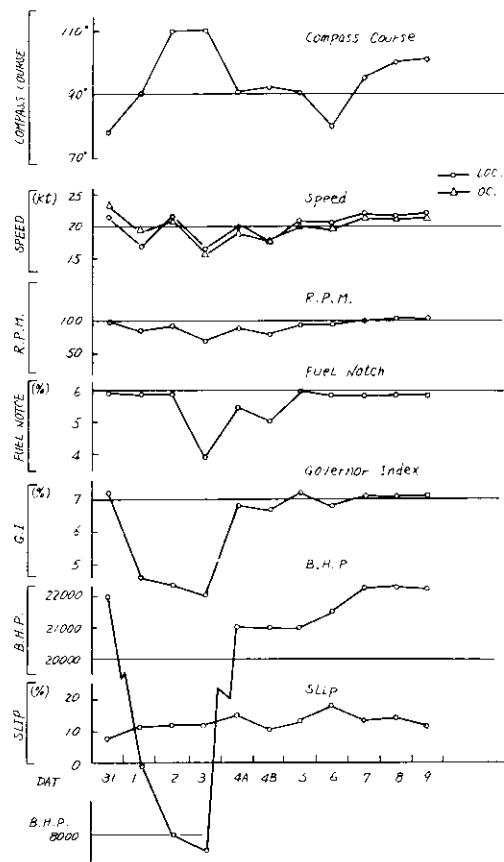


図 3.3.7-2(a) Ship's Condition at outward Voyage

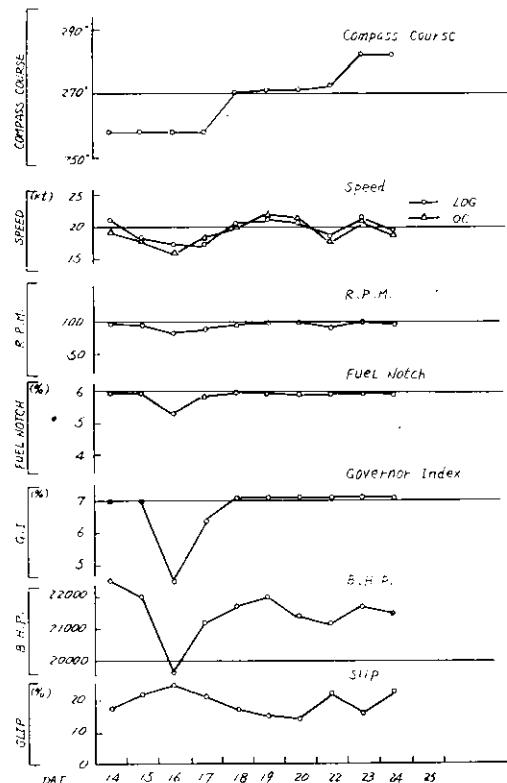


図 3.3.7-2(b) Ship's Condition at Homeward Voyage

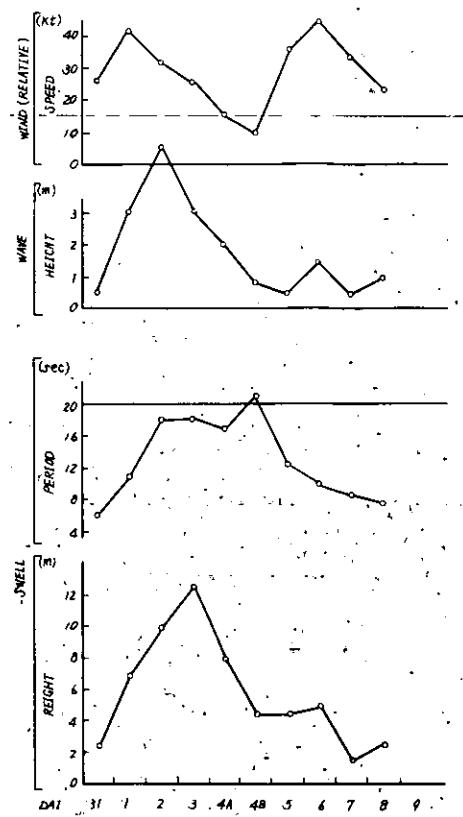


FIG. 3.3.7 - 3 (a) Sea State at Outward Voyage

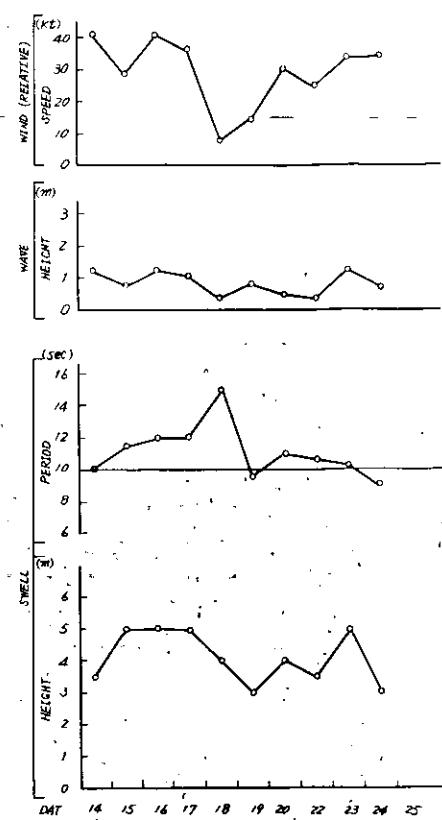


FIG. 3.3.7 - 3 (b) Sea State at Homeward Voyage

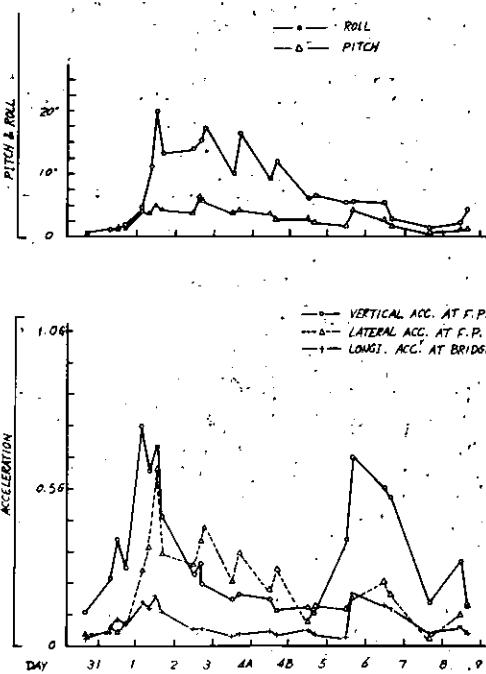


FIG. 3.3.7 - 4 (a) Measured Oscillations etc. at outward

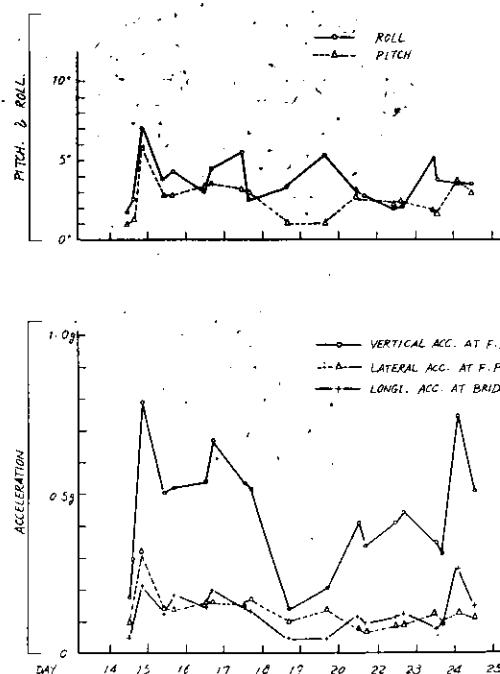


FIG. 3.3.7 - 4 (b) Measured Oscillation etc. at Homeward

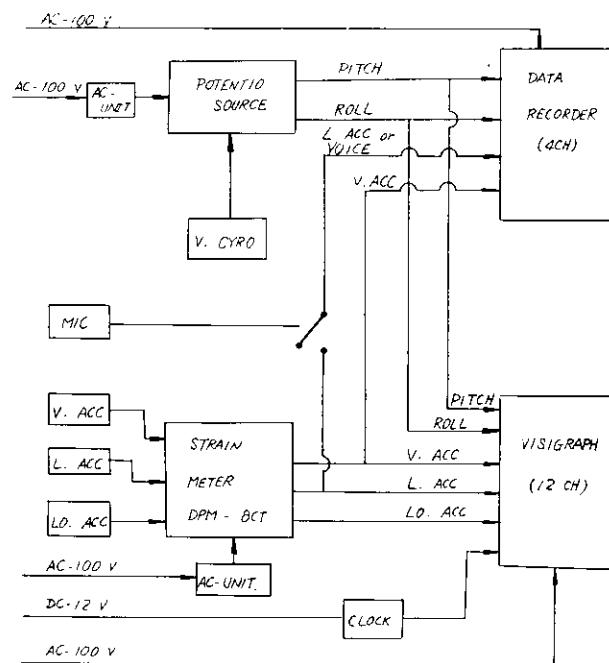


図 3.3.7-5 BLOCK DIAGRAM.

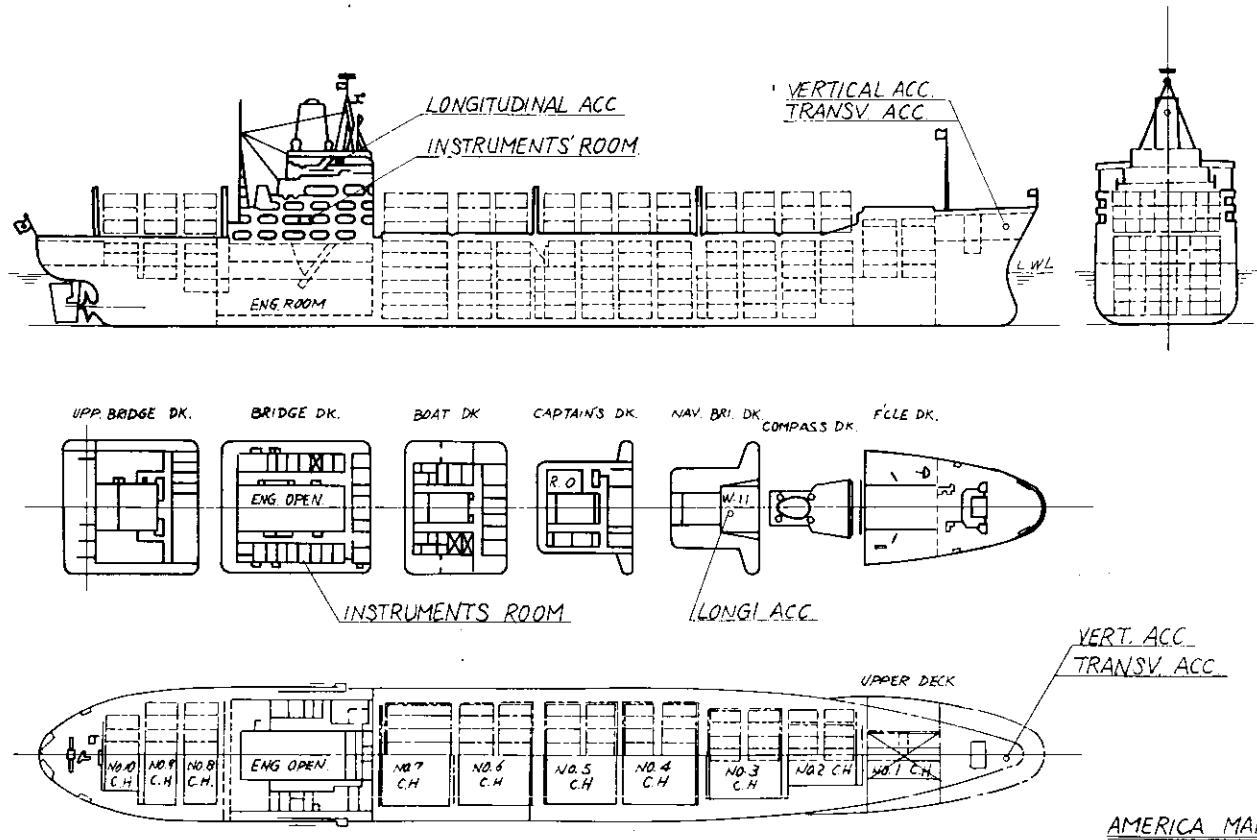


図 3.3.7-6 POSITION OF MEASURE POINTS.

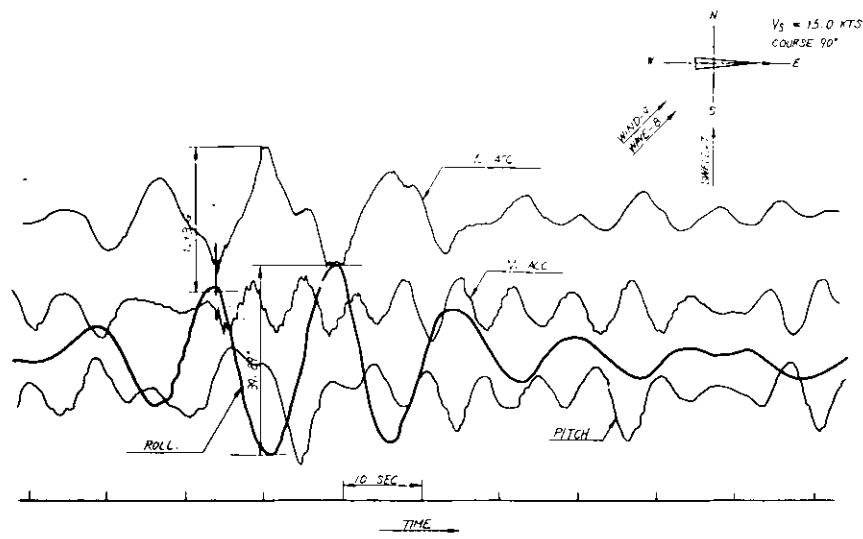


図3.3.7-7 A PART OF RECORDS AT HEVY ROLLING  
(46. 1. 1. 12:00)

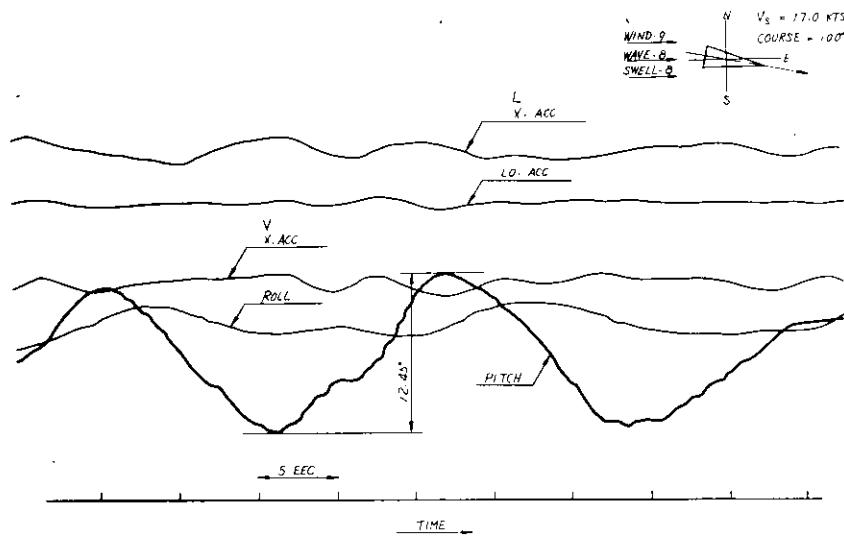


図3.3.7-8 A PART OF RECORDS AT HEAVY PITCHING  
(46. 1. 2. 16:00)

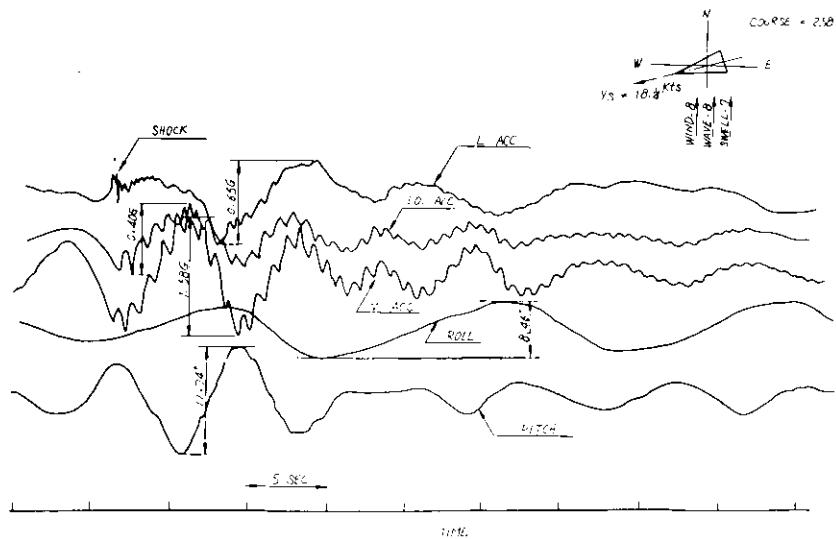


図3.3.7-9 EXAMPLE RECORD OF TWO-NODAL VIBRATION

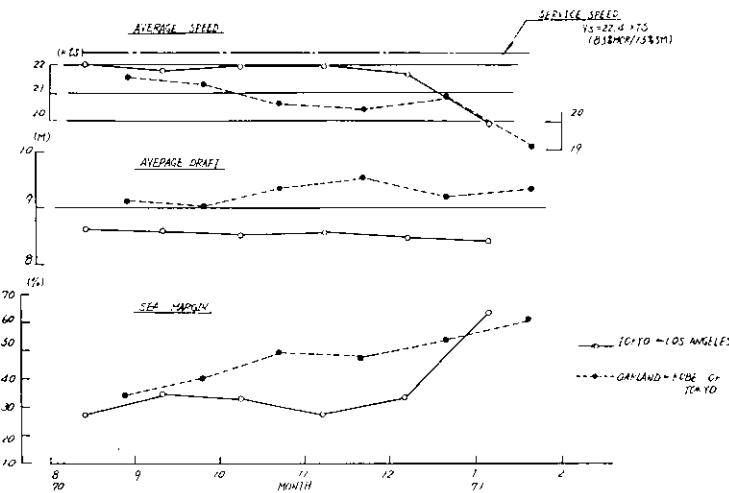


図3.3.7-10 Sea Margin etc. in Aug. 1970~Feb. 1971

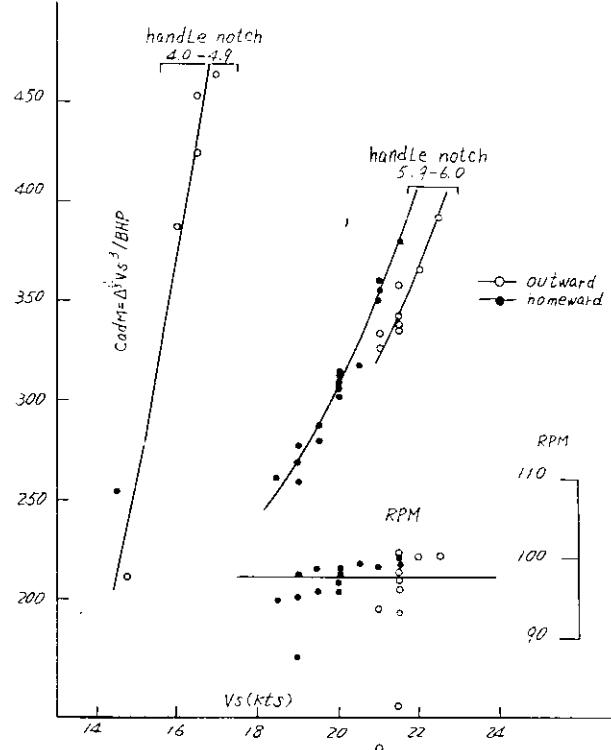


図3.3.7-11 Cadm, RPM us Ship Speed

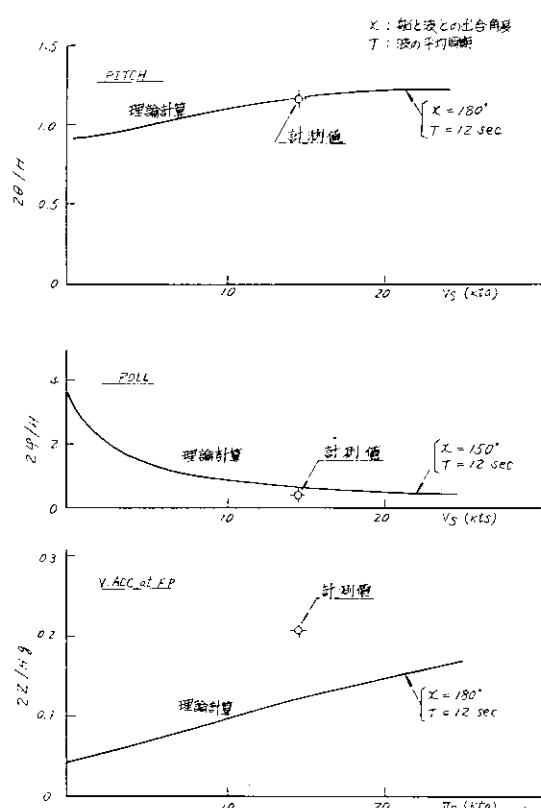


図3.3.7-12 Measured Pith, Roll & V.Acc at F.P. in Comparison with the Theoretical Values in Long-Crested Irregular waves.

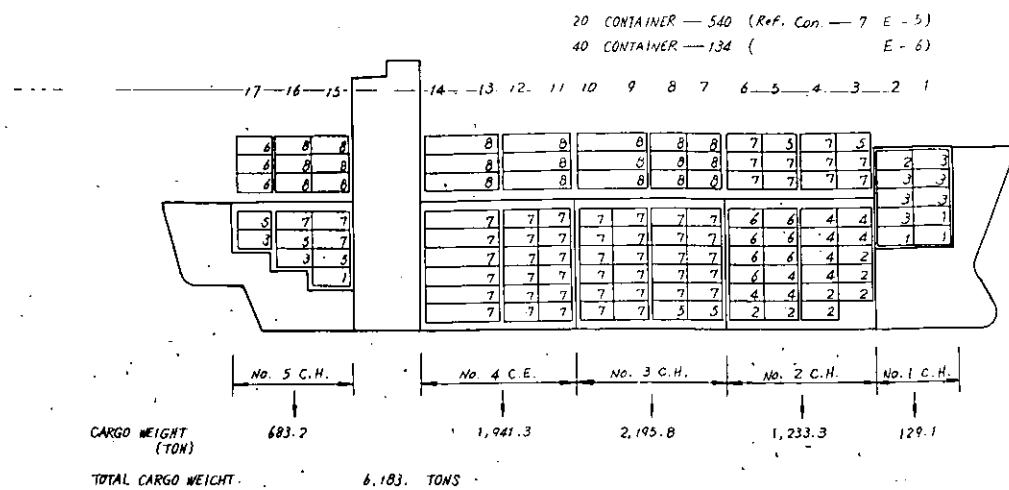


図 3.3.7-13(a) CONTAINER STOWING ARRANGEMENT

TOKYO → LOS ANGELES

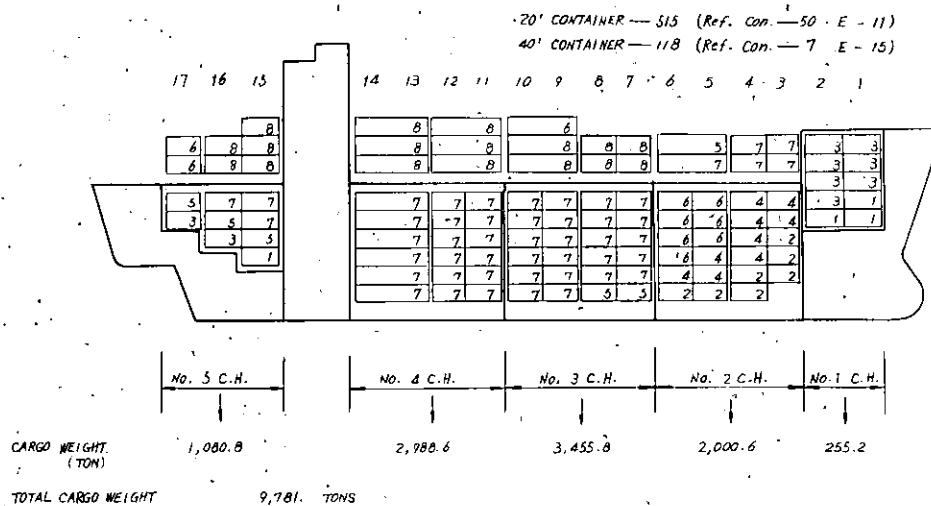


図 3.3.7-13(b) CONTAINER STOWING ARRANGEMENT

OAKLAND → TOKYO

### 3.3.8 川崎重工チーム (ごうるでんげいとぶりゅう, 川崎汽船)

#### (1) 概要

##### (a) 航海経過

昭和46年1月21日	神戸出港
22日	名古屋入港 同出港
23日	品川入港
25日	品川出港
〔往航 計測期間〕	
2月 3日	ロサンゼルス入港
5日	ロサンゼルス出港
6日	オークランド入港
9日	オークランド出港
〔復航 計測期間〕	
21日	神戸入港

##### (b) 第26次航(今航)総計

表3.3.8-1に第26次航総計をしめす。復航は往航に比べ吃水が約1.5m深く、排水量で約4000t増へているため Port to Port 平均速度は往航の2.201ktに比べ2.050ktと約1.5kt低下している。又航程についてみれば往航よりもはるか南に下ったコースを探ったため大圈コースより大巾にすれば往航よりも約10%長くなっている。

##### (c) 航路

図3.3.8-1に往航及び復航路をしめす。往航では品川出港後1月28日迄は北海道付近の低気圧を避けて略東に進路をとりその後大圈コースに近い航路を探っている。

復航ではオークランド出港後、かなり南よりにコースをとり、以後北緯35度～45度付近を次々に東進していく低気圧(980mb程度)のため2月13日より18日迄は北緯27度あたりを西進した。特に2月17日午後には本船の北に986mbの低気圧があり、これより南西に伸びる前線に遭遇したため今航最大の時化となり度々変針を余儀なくされた。

##### (d) 計測

###### ① 計測項目

図3.3.8-2～3に計測機器の配置及びブロックダイヤグラムを又表3.3.8-2に計測項目をしめす。

計測はすべてアナログ検出記録方式とした。船加速度検出のためのStrain Meter及びU.gaugeをF'cle内に設置した外、計測及び記録機器はすべて計測室(部員甲板上予備員室)に設置した。Strain Meterについては、最初、計測室に設置したがInput codeが長いことによると思われるBalanceの不安定のため止むなくF'cle内に置くこととした。なお本船はUpper deck下の両sideに船倉の通風ダクトをかねた2nd Deck通路がEng.RMよりF'cle内迄通じておりこの通路に配線すると共にStrain Meterのスイッチオンオフの際の通路として利用出来便利であった。

Yaw Angle, Helm Angle, Ship speed, Propeller rpmの4項目以外は表3.3.8-2にしめすように特に計器を積み込んだが上記4項目については本船の各々の航海計器より信号を分岐し図3.3.8-3のダイヤグラムにしめすように計測記録を行なった。このための発信器側の容量検討の結果gyroはW/H上の特設見張室のrepeaterを断つことにより、又舵角の方は出入港時に使用するwingのportable repeaterを断つことにより信号の分岐を行なった。図3.3.8-4にビデグラフ記録例をしめす。

なお、表 3.3.8-2 の計測項目の他海気象の観測等を行なった。風向、風速については Bridge の風向風速計によつたが波浪、うねりに関しては目測を行なつた。特にうねりについてはレーダ映像の撮影を行なつた。うねりの観測は慣れてくると比較的容易であったがそれでも 2 方向以上から来る場合や発達段階にある場合は観測に困難を感じた。

## ② 計測時間

計測は毎日、午前及午後の 2 回行ない、且つ夫々前半、後半に分けて行なつた。時間は略次の時間帯とした。

午前	前半	10:00~10:30
	後半	10:30~11:00
午後	前半	13:00~13:30
	後半	13:30~14:00

夫々の前半では船体動揺を主体とし、データレコーダにはロール、ピッチ、駆加速度を記録し、後半では操縦性その他を主体として任意の 4 計測項目をデータレコーダに記録した。

任意の計測項目の pick up にはロックダイヤグラムにしめす D.R input selector を用意していだため容易に行ない得た。

なお上記計測時間中データレコーダの他にビデオグラフに全項目の連続記録を行なつた。

## (e) 計測及び観測結果概略

### ① ロール、ピッチ等

図 3.3.8-5 に各計測時に於けるロール及びピッチ角の最大及び平均値をしめす。概して今航は平穏な日が続いた。まず往航についてみるとピッチ角は品川出港後 30 日迄は Max 全巾で 4~6 度程度に一定しているがロール角は Max 全巾 14 度より次第に減少し 28 日には 4.5 度に迄減少している。このロール角の減少はこの項の海気象観測結果(表 3.3.8-3)と照らし併せてみると容易にうなづける。すなわち、うねりの方向は横方向(階級 7)より次第に前方方向(階級 6)に変化してきている。ロサンゼルス入港前の 2 月 2 日には図で明らかのように今航最大のローリングを経験した。この時はうねりの階級が 6~7 で斜浪波であったことによる。一方この時のピッチ角は Max 全巾 4 度で左程大きくはない。

復航では南よりのコースを選んだため、殆んど向波の状態であったにもかかわらずピッチ角は往航と略同じで 6 度前後である。

ただ 2 月 17 日にはうねり階級 8, E.F. 10 の時化に遭遇した。この時は向波の状態であったためピッキングが激しく今航最大のピッキング( Max 全巾 13 度)を経験した。この時のローリング角も比較的大きく Max 全巾 1.5 度を記録している。又この日には激しい Shudder 現象が発生し約 0.8~4 sec の周期で House が前後にゆるゆるまるで何か Vibrator 上に乗っているような印象をうけた。 Photo ではこの時上下方向に同様な振動を感じており船全体が 2 部振動を起しているものと推定される。

Shudder が激しくなると海水打込みを啓戻して、この日には度々変針すると共に主機回転数も重油使用限界の 90 rpm 遂 down した。Speed の低下は比較的少く 1.5~1.6 kt に落ちた程度である。又船体運動に伴う主機 rpm の変動は 1.5~2.0 %にも達し、ピッキング周期に一致している。

海水打込みの例を写真 3.3.8-1 に示す。

### ② 平均速度、rpm 等

図 3.3.8-6 に毎日の平均速度、rpm 及び燃料消費量の変化をしめす。

復航は往航に比べ吃水が約 1.5 m 程増加し従って排水量が 4000 ton が増加したため平均船速、rpm が低下している。すなわち船速は往航平均の 2.20 kt より約 1.5 kt 落ちて 2.05 kt、又 rpm は 1~2 rpm 低くなっている。一方燃料消費は逆に復航の方が往航に比べ約 6 モリカタ程度増加している。

復航の2月18日に於ける各量の低下は2月17日午後より夜半にかけての時化のため回転数をdownさせたことによる。

## (2) 感想及び雑

(a) レーダによるうねりの観測及び写真撮影を行なった。写真の方は当然のことながら余り大きくなく且つ甚しく不規則なうねりの場合には良好なものは得られなかつたが卓越したうねりの場合には方向、波長共かなり明瞭に観察され、定量的にもかなり正確な値が得られるようであり、目視によって観察した周期から推定した波長とも実用上十分の精度で一致した。

正確な波高がわからなくともうねりの方向及び周期がわかれば船速を変化させて出会い周期を変へたり、針路変更を行なうことによって大きな船体運動を減少させることが出来る。このような場合、レーダによる波の観測が特に目視のきかない夜間に利用価値が大きいものであると考へられる。

現在のレーダは波浪観測用のものではないが今後波浪観測を目的としたレーダの開発というのも価値あるものであるという感を強くした。

## (b) 操縦性について

① Yawing は斜向波状態(うねり5~6度)で 2~2.5度程度であるが2月17日の斜向波(うねり7~8)でB.F数が10程度になると Yawing 振巾は±5度以上に迄大きくなる。

Yawing の状況を見ていると明らかにうねりにより起されるという感じがする。太平洋の真ん中で2回程舵輪を振ってみたが比較的おだやかな日でもうねりでYawing が生じ、不慣れと相まってオートパイロット以上にYawing 巾を小さくすることは困難であった。C/O の話では一般貨物船に比べても特にYawing が大きいという程のこともないそうである。(図3.3.8-7参照)

② 航海中オートパイロットの Weather Adjust, Helm Adjust 及 Checking rudder adjust つまみを夫々変化させて船体運動の計測を行なつたが、各つまみの目盛は夫々5 range 程あっても実用上は略1定値に決まってしまうようである。例えばつまみを小さい方へまわすと操舵周期が非常に小さくなってしまふ。操舵機に負担がかかりすぎたり逆に大きい方へまわすと異常にYawing が大きくなったりして実用的でなくなってしまう。本船では

Weather adj = 1.5~3

Helm adj = 2~3 (殆んど2)

Ch.R.adj = 3

で特にHelm adj 及び Ch.R.adj は常に一定値としている。

③ Quarter Master の話を聞いてみると Tanker に比べて操船しやすいという意見と逆に操船しにくいという両意見があった。しやすいという意見は操舵に対する Response が早いというものであり、しにくいという意見は外乱に対して敏感すぎ (Time constant が小?) るというものである。

## (c) レーシングについて

本船は吃水が深いためレーシングは殆んど起きないということであり今航でも事実起らなかつた。又実際問題として時化が激しくなると海水打込みによるコンテナ損傷を避けるためレーシングが起る前に変針したり回転を落したりする。

レーシングを起きない迄も今航の回転数変動は通常で5%程度であったが先にも述べたように2月17日の大時化の時には15~20%程度に迄達した。(図3.3.8-8~9参照)

## (d) その他

① 船酔に関しては唯單に揺れに強い弱いという表現はともかく人によって夫々不得意な周期範囲をもっておりかなり個人差がある。我々のチームの場合一人はPitching に不快を感じ又他の一人はrolling に不快を

感じた。又なれも大きな要素があり比較的おだやかであった往航に船酔を感じたにもかかわらず復航ではかなり時化た時でも殆んど船酔は感じなかった。

又はっきりした船酔を感じなくとも海上に比べると作業意欲、注意力等の点でかなり劣るものがあり今回のような実船実験に際しては作業手順、記入要領等周到な準備はぜひ共必要であると思われた。

② 前航で stem 左舷側前面わずかな凹損を生じ、又ボリバー丸やカリコルニヤ丸の事故等あったためか、乗組員が強度に関して異常な関心をもっており再三強度に関する質問をうけた。事実強烈な Shudder 現象が起った時等大丈夫かなという気がしたものである。

③ 今回の乗船実験については計測、観測もさることながら、それらを通じて得た乗組員の方々との交流も印象深いものであった。技術屋が物をつくる時うっかりすれば、そこに人間の存在を忘れがちではなかろうか。約一ヶ月生活をともにし、真近に仕事に接し、又直接の会話を通して、そこに働く人達の心情を理解し得たし、又我々技術屋に対する大きな期待の声もきいた。話題は耐航性はもちろん、船体強度、救命設備にも及んだ。技術屋は自分達の作ったものが最終的にどのように人間とかかわりあっているかをぜひ共理解すべきであり、そのような理解に立ってよりすぐれたものを作ることが本当の使命ではないかと思った。

最後に今回の乗船実習に際し、終始お世話頂いた川崎汽船工務部及び「ごうるでんげいとぶりっじ」乗組員の方々に心より感謝する次第である。

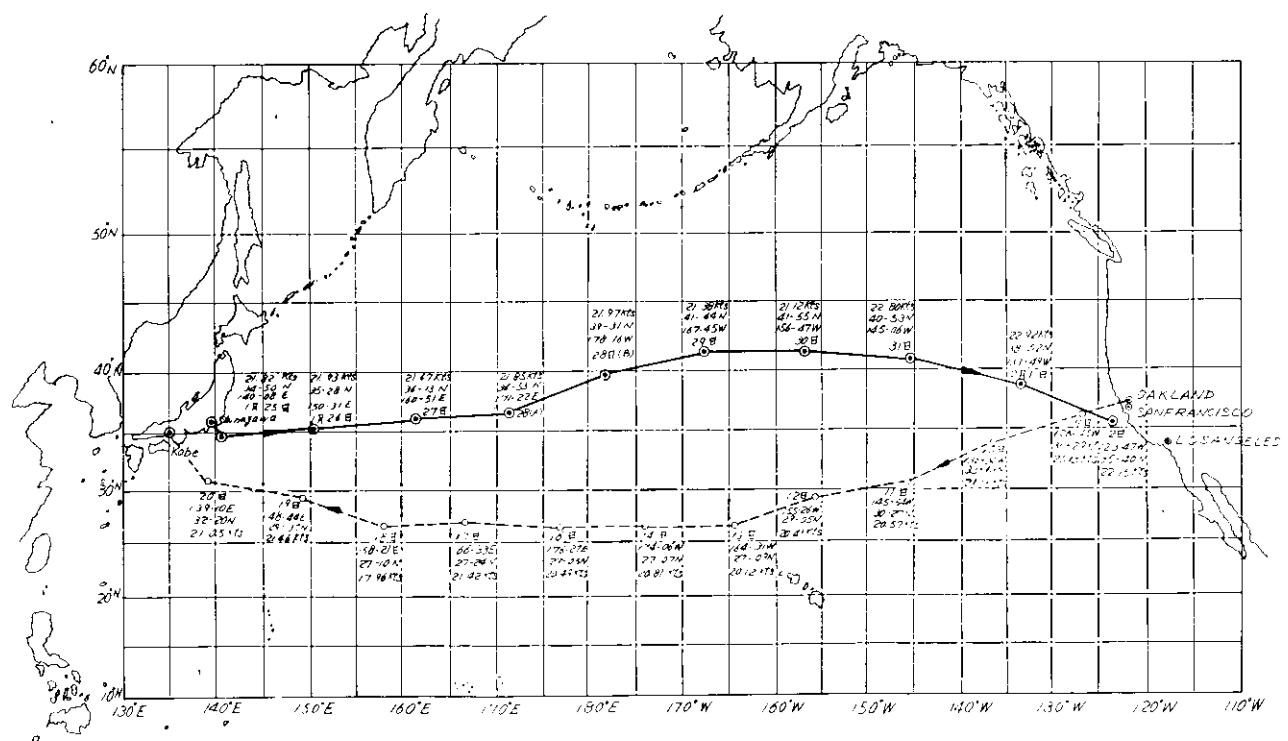


図 3.3.8-1 SAILING ROUTE (# 26 th VOY)

表 3.3.8-1 一航海総計

Voy. No. 26 M.V. ごうるでんげいとぶりっじ

Team KHI

			往 航	復 航
			東京 → ロスアンジェルス 1971.1.25.8:10 1971.2.3.2:00	オーカーランド → 神戸 1971.2.9.2:00 1971.2.21.2:20
1	航 進 時 間		226h15m	271h17m
2	航 進 距 離		4980	5563
3	平 均 速 力		22.01	20.50
4	航 海 時 間		9d11h55m	11d8h10m
5	航 海 距 離			
6	Shift 時 間		1h40m	0h53m
7	Shift 距 離			
			(出 港 時) (入 港 時)	(出 港 時) (入 港 時)
8	前 部		7.92(26日) 7.9.0	9.0.3 9.5.0
9	吃 後 部		9.2.4 8.7.5	10.7.8 9.6.9
10	中 央 左 級			
11	水 右 級			
12	平 均		8.5.8 8.3.2.5	9.9.0.5 9.5.9.5
13	排 水 量		22383.3 20964	26105 25230
14	排 水 量 の 差		-1419.3	-875
15	G M		1.14 1.07	0.65 0.40
16	G M の 差		0.07	0.15
17	燃 A 重 油			
18	料 C 重 油		2389.0 1618.0	1480.0 480.0
19	清 水		354 239	221 65
20	消 A 重 油			
21	費 C 重 油		771.0	1000.0
22	清 水		115.0	156.0
23	合 計		886.0	1156.0
24	大 圏 距 離		4839N.M	4817N.M
25	航 程 係 数		1.029	1.155
26	アンチローリングタンク		使用せず	使用せず

表3.3.8-2 計測項目

計測項目	計測方法	備考
Yaw Angle	本船GYRO → Synchro Motor = Potentio Meter Unit	
Helm Angle	本船舵角発信器 → Synchro Motor = Potentio M.U.	
Ship Speed	本船Press. Log → S.M = P.M Unit	
Prop. RPM	本船Tacho Gene.	
Yaw Rate	Rate Gyro	
Pitch Ang.	Vertical Gyro	
Roll Ang.	Vertical Gyro	
Acc. X	Strain Meter & U GAUGE	U GAUGE = 2 G AT F'CLE
Acc. Y	"	"
Acc. Z	"	"

## 記録器

DATA RECORDER	TEAC R-200 4CH
VISIGRAPH	横河電機 12CH

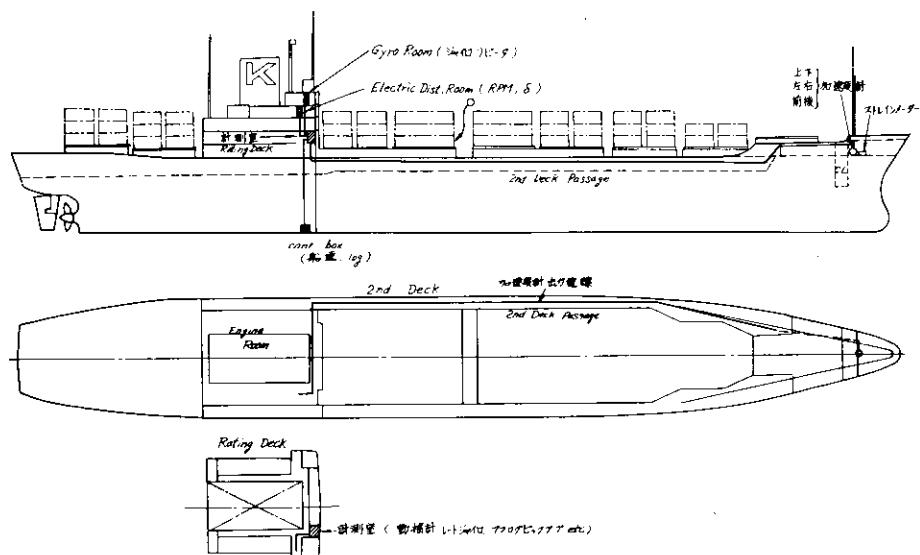


図 3.3.8-2 計器取付位置

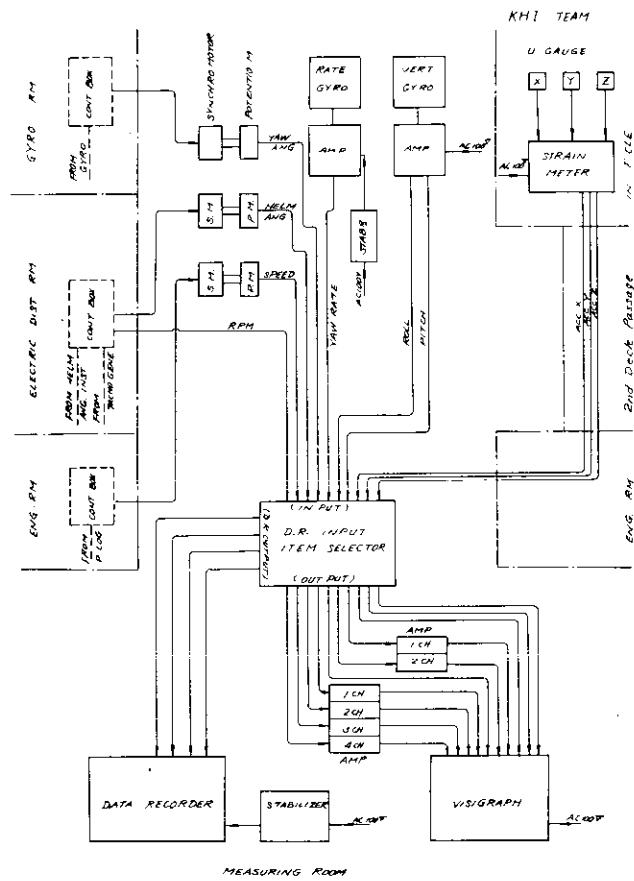


図 3.3.8-3 計測装置 BLOCK DIAGRAM

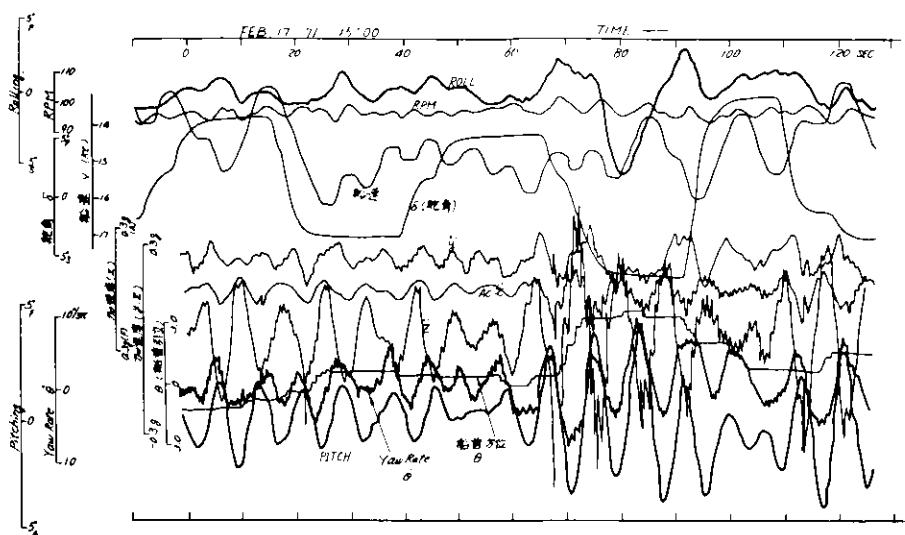


図 3.3.8-4 計測記録例

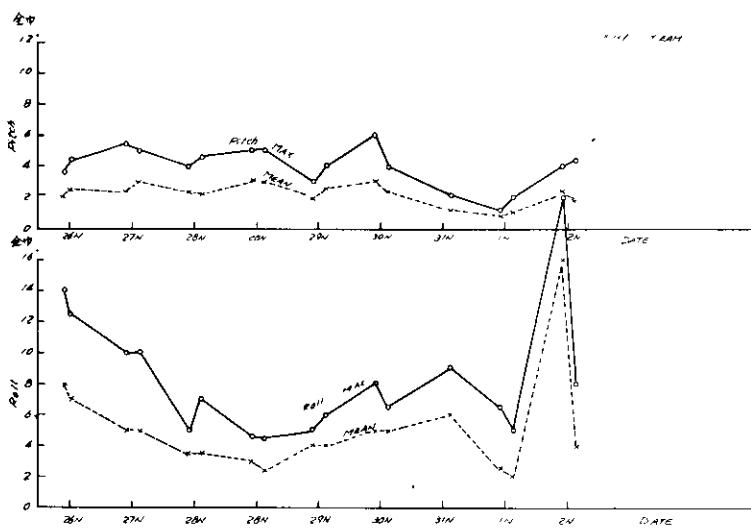


図 3.3.8-5(a) OUTWARD

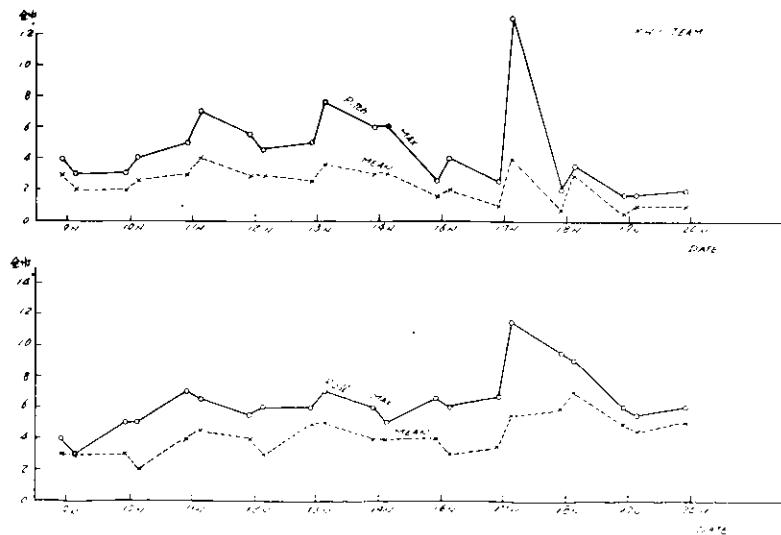


図 3.3.8-5(b) HOMeward

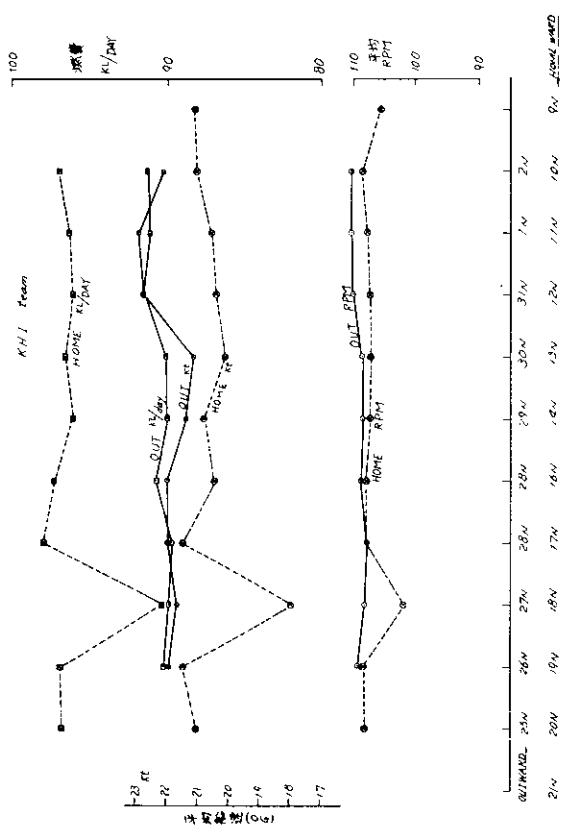


図 3.3.8-6

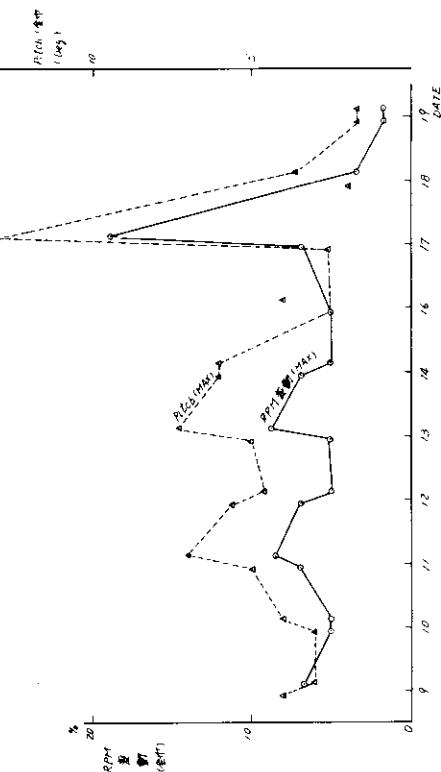


図 3.3.8-8 RPM 変動量(復航)



図 3.3.8-7 YAW Angle (復航)

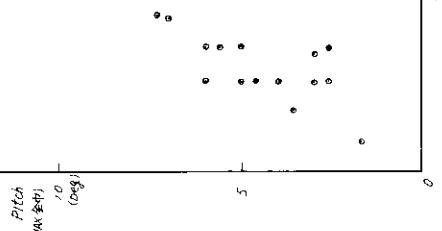


図 3.3.8-9 RPM の変動量と Pitch の関係(復航)

表 3.3.8-3 (a)

Golden Gate Bridge      26 次航      Tokyo 港 → Los Angeles 港  
 (46年1月25日)      (46年2月3日)

(SHEET N) 1日平均(前日正午~当日正午)			KHI 組				
1 月 日	1月26日	1月27日	1月28日(A)	1月28日(B)			
2 実験番号	KO-001~KO-002	KO-003~KO-004	KO-005~KO-006	KO-007~KO-008			
3 D E 正午位置	35°28'N 150°31'E	36°13'N 160°51'E	36°53'N 171°22'E	39°31'N 178°16'W			
4 航走距離	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	502	489	487	486		
5 平均速力	D O G (Kts) E O G (Kts)	511	505	509	514		
6	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	21.55	20.99	20.90	20.77		
7	D O G (Kts) E O G (Kts)	21.93	21.67	21.85	21.97		
8	E 主機ハンドル位置(%)	69	70	70	70		
9	M 機燃料(KL/DAY) 消費量	90.2	89.9	89.1	90.7		
10	" (TON/DAY)						
11	G 関平均回転数(RPM)	109.0	108.1	107.7	108.5		
12	D スリップ(%) E	12.4	12.8	11.6	11.8		
13	清水消費量(TON/DAY)	19	9	10	11		
14	天気	雨	雨	くもり、晴	晴		
		平均 最大	平均 最大	平均 最大	平均 最大		
15	F 風向						
16	F 風力階級	6	8	6	7	8 5 5	
17	W 波浪方向						
18	W 階級	6	8	6	8	4 5	
19	W うねり方向						
20	W 階級	5	7	6	7	6 6	
21	B 船体動摇	B	B	B C±2.7°	B C±2.5°	B C±2.5°	
22	B	B	C 8°	B	C 7°	A C 5.5°	A B
23	Y	W					
24	H	—	B				
25	S	U	E	I			
26	S	—	Z	J			
27	海水打込及びしぶき	A		C		C	B
28	衝撃						
29	コンテナー、船体損傷						
30	変針						
31	減速	A		A		A	A
32	船酔	C		B		B	B
33	備考	pitch 5°以上 4 3 2 1	E D C B A	Roll 20°以上 15 10 5 3	E D C B A		

(注) 21~32はA:ほとんどなし, B:少ないとある, C:相当ある, D:ややはげしい,  
E:非常にけつじの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)

表3.3.8-3(b)

Golden Gate Bridge      2 6 次航      Tokyo 港 → Los Angeles 港  
 (46年1月25日)      (46年2月3日)

(SHEET N) 1日平均(前日正午~当日正午) KH I 組

1	月 日	1月29日	1月30日	1月31日	2月1日
2	実験番号	K0-009~K0-010	K0-011~K0-012	K0-014~	K0-015~K0-016
3	D E 正午位置	41°44'N 167°45'W	41°55'N 156°47'W	40°53'N 145°06'W	38°52'N 133°49'W
4	航走距離	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	497	506	529
5	平均速力	D O G (Kts) E O G (Kts)	497	491	530
6	機関	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	21.38	21.76	22.75
7		D O G (Kts) E O G (Kts)	21.38	21.12	22.80
8		E 主機ハンドル位置(%)	70	70	70
9		E 燃料(KL/DAY) 消費量	90.0	90.1	91.6
10		" (TON/DAY)			
11		D 平均回転数(RPM) E	108.2	108.4	110.0
12		D スリップ(%) E	14.0	15.1	9.7
13		清水消費量(TON/DAY)	9	9	16
14	天気	くもり、雨	晴	晴	晴
		平均	最大	平均	最大
15	風向				
16	風力階級				
17	風浪方向				
18	波浪階級				
19	うねり方向				
20	階級				
21	ピッヂ	B	C±2.5°	B	C±3.0°
22	ロール	A	A	A	B
23	ヨウ				
24	ヒープ				
25	スウェイ				
26	サイジ				
27	海水打込及びしぶき	C	C	A	A
28	衝撃				
29	コンテナー、船体損傷				
30	変針				
31	減速	A	A	A	A
32	船酔	B	A	A	A
33	備考				

[注] 21~32はA:ほとんどなし, B:少ないがある, C:相当ある, D:ややはげしい,  
E:非常にはげしいの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)

表 3.3.8-3(c)

Golden Gate Bridge      26 次航      Tokyo 港  $\rightarrow$  Los Angeles 港  
 (46年1月25日)      (46年2月3日)

(SHEET IV) 1日平均(前日正午～当日正午)      K H I 組

1	月 日	2月2日							
2	実験番号	KO-017~KO-018	~	~	~	~	~	~	~
3	D E 正午位置	35°~40°N. 123°~47°W							
4	航走距離	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	531						
5	平均速力	D O G (Kts) E O G (Kts)	516						
6		D LOG (Kts) E LOG (Kts)	22.79						
7		D O G (Kts) E O G (Kts)	22.15						
8		E 主機ハンドル位置(%)	70						
9	機関	E 燃料(KL/DAY) " (TON/DAY)	91.4						
10		D 平均回転数(RPM)	110.2						
11		D スリップ(%)	12.7						
12		D 清水消費量(TON/DAY)							
13	天気	晴							
14			平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
15	風向								
16	風力階級								
17									
18	波浪	方向							
19		階級							
20									
21	ビーチ	B	C±2.0°						
22	船体動搖	ロール	C 5.5°	D 15°					
23		ヨウ							
24		ヒープ							
25		スウェイ							
26		サージ							
27	海水打込及びしぶき	B							
28	衝撃								
29	コンテナー、船体損傷								
30	空針								
31	減速	A							
32	船酔	A							
33	備考								

[注] 21~32はA:ほとんどなし, B:少ないがある, C:相当ある, D:ややはげしい,  
E:非常にはげしいの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)

表3.3.8-3(d)

Golden Gate Bridge      26 次航      →      Oakland 港 (46年2月9日)      →      Kobe 港 (46年2月21日)

(SHEET N) 1日平均(前日正午~当日正午)      K H I 組

1	月 日	2月9日	2月10日	2月11日	2月12日	
2	実験番号	KH-019~KH-020	KH-021~KH-022	KH-023~KH-024	KH-025~KH-026	
3	D E 正午位置	36°29'N 126°45'W	33°13'N 136°30'W	30°27'N 145°54'W	29°05'N 155°26'W	
4	航走距離	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	/	514	502	
5	D E	D O G (Kts)	225	519	507	
6	平均速力	D LOG (Kts) E LOG (Kts)	/	20.85	20.37	
7	D E	D O G (Kts)	21.13	21.05	20.57	
8	機関	E 主機ハンドル位置(%)	71	71	71	
9		E 燃料(KL/DAY) 消費量	8~N 19.5 N~16 16.6	97.0	96.3	96.1
10		" (TON/DAY)				
11	D 平均回転数(RPM) E	105.5	108.7	107.7	107.2	
12	D E	スリップ(%)	12.8	15.6	17.0	
13	清水消費量(TON/DAY)	8	10	11	17	
14	天気	晴	晴、くもり	晴	くもり	
		平均	最大	平均	最大	
15	風	風向				
16		風力階級	3	4	3	5
17	波	風浪方向				
18		階級	3	4	3	5
19	うねり	方向				
20		階級	4	5	4	5
21	船体動揺	ピッチ	B	B	B	
22		ロール	A	B	A	A
23		ヨウ	C±2.5°		C±2.3°	
24		ヒープ				
25		スウェイ				
26		サージ	A	B	A	B
27	海水打込及びしぶき	B		A	B	
28	衝撃					
29	コンテナー、船体損傷					
30	変針					
31	減速	A		A	A	
32	船酔	A		A	A	
33	備考					

[注] 21~32はA:ほとんどなし, B:少ないがある, C:相当ある, D:ややはげしい,  
E:非常にはげしいの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)

表3.3.8-3(6)

Golden Gate Bridge		26 次航		Oakland 港		⇒		Kobe 港	
				(46年2月9日)				(46年2月21日)	
(SHEET N)		1日平均(前日正午～当日正午)				KHI 組			
1	月 日	2月13日		2月14日		2月16日		2月17日	
2	実験番号	KH-027~KH-028		KH-029~KH-030		KH-031~KH-032		KH-033~KH-034	
3	D E 正午位置	27-09N 164-31W		27-07N 174-06W		27-05N 176-27E		27-24N 166-33E	
4	航走距離	D E LOG (Kts)	486		495		504		502
5	平均速力	D E LOG (Kts)	495		512		505		529
6	D E LOG (Kts)	19.76		20.12		20.45		20.32	
7	D E LOG (Kts)	20.12		20.81		20.49		21.47	
8	機関	E 主機ハンドル位置(%)	71		71		71		68
9		E 燃料消費量(KL/DAY)	96.6		96.1		97.3		97.9
10		" (TON/DAY)							
11		D 平均回転数(RPM)	107.2		107.2		107.8		107.8
12		D E スリップ(%)	15.5		18.3		17.6		13.4
13		清水消費量(TON/DAY)	18		16		16		16
14	天気	くもり	くもり		晴、くもり、雨		晴		
			平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
15	風	風向							
16		風力階級							
17		風浪							
18	波	階級							
19		うねり							
20		階級							
21	ビーツ	B	D±2.5°	B	D±3.8°	A	C±3.0°	B	D±3.9°
22	船体動	ル	A	B	B	A	B	B	C 5.2°
23		ヨウ	C±2.5°		C±2.9°		C±2.3°		C±3.0°
24		ヒープ							
25	揺	スウェイ							
26		サイジ	A	A	B	D0.25g	A	C0.2g	A
27	海水打込及びしぶき		B		C		B		B
28	衝撃								
29	コンテナー、船体損傷								
30	変針								
31	減速		A		A		A		A
32	船齢		A		A		A		A
33	備考								

[注] 2.1～3.2はA:ほとんどなし、B:少ないのである、C:相当ある、D:ややはげしい、E:非常にはげしいの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)

表 3.3.8-3(f)

Golden Gate Bridge

2 6 次航

O a k l a n d 港

(46年2月9日)

## Kobe 港

( 46 年 2 月 21 日 )

( SHEET N )

1 日平均(前日正午~当日正午)

# K H I 組

[注] 21~32はA:ほとんどなし,B:少ないがある,C:相当ある,D:ややはげしい,E:非常にはげしいの5段階で表わす。(C以上では定量的表現を併記する。)



写真 3.3.8-1 ごうるでんげいとぶりっじ(第2次)海水打込み状況

### 3.3.9 箱根丸観測結果（第2次）（東大チーム）

#### (1) 結果の概要

(a) 一航海統計の特性を表 3.3.9-1 に示した。

復航は往航に比し、航進時間が大であり、平均速力が低く、航程係数も大であり、難航であったことが明白に示されている。

(b) 図 3.3.9-1 に航路を示した。往航では斜追波によるローリングが大きく、ラッシングに支障をきたす恐れがあったことと、北側の低気圧を回避するために、北緯 3° まで下った。復航では超大型の低気圧を回避するために北緯 2.8 度まで下った。

(c) 図 3.3.9-2 に一日平均の船速、回転数、燃費（主機、C 重油）を示す。往航では主機ハンドルノッチは航海中一定（6.6）に保持されていた。一日平均の船速は最低 2.2.3 kts、最高 2.3.4 kts であり、往航の平均値は 2.2.9 kts であった。往航の全航海中の風向およびうねりの方向は、ほとんどの場合斜後方より受けるかたちであった。復航では時化に出会った 2 回目を除いては、主機のハンドルノッチは一定（6.7）で往航に比べて一目盛高くなっている。

ハンドルノッチ一定時の船速の一日平均の最高は 2.2.0 kts であり、最低は 2.0.4 kts であった。また、復航の平均値は 1.9.9 kts であった。時化に出会った日には、2 月 18 日のはとんど丸一日間というものは、舵の効きが保たれる最低の速度約 7 kts であった。このときの主機の回転数は 5.5 rpm であった。復航の場合は全航海中の風向、うねりの方向はほとんど斜前方からのものであった。往航では、一日平均の船速の最大値と最小値の差は約 1 kt であり、復航のそれは約 1.5 kts であった。

往航と復航では平均船速に明らかな差異がみられる。時化に出会った日を除いても同じ傾向がみられる。これらの原因としては、波浪中の抵抗増加、風圧抵抗、さらには、往航と復航では排水量にして約 3400 トン、吃水にして約 1 m 復航の方が大きいが、このことからくる抵抗増加などが考えられる。しかし今回の資料からだけではそれぞれの原因の船速への寄与分は不明である。2 月 21～22 日にかけて、主機の回転数ならびに燃費が急に下がっているが、これは向波で数回の Shudder を起したため、減速したことによるものである。

(d) 計測装置のブロックダイアグラム及び位置、設置状況等は三菱チーム（3.3.4）と同一である。但し、居室での加速度は前後方向のものを計測した。また、ヨーイングは途中から装置が不調になったため、殆んど計測していない。結局計測した項目は、ピッテ角、ロール角、船首・船尾の上下方向加速度、中央居室の前後方向の加速度の五項目である。

(e) 図 3.3.9-3 はピッテ角、ロール角の最高両振幅と平均両振幅を示したものである。往航では主にロール角が大きく、最大片振幅で 1.2.5 度あった。また、計測時間外でクリノメーターの指示であるが最大片振幅で約 3.0 度であった。その他の動揺は少なかった。これに対して復航は主にピッテ角、ヒープ量が大きかった。記録上の最大片振

幅は5.75度あった。復航でのロール角は小さかった。

往航ではジャイロによるロール角とクリノメーターの値の比較検討をおこなった。その結果、クリノメーターの指示で片振幅10度以下の場合、クリノメーターから真のロール角を求めるることは困難であるが、10度を越える大角度横揺の場合には、真のロール角は、クリノメーターの値の約7割であった。

(f) 図3.3.9-4は代表例として復航でShudderを生じた場合の記録を示した。Shudderを生じるとブリッジは前後にユサユサと揺れる。その周期は約0.9秒であった。この振動はブリッジを片持架と考えた場合の固有振動数のように思えるが、この時の船首、船尾の振動をみると全く同じ周期を示している。このことから船体の二節振動によって、ブリッジの振動も誘起されているとも考えられる。この図からはあまりはっきりとは分らないが、他の記録をみると、船首、船尾の加速度記録に180度以上の位相差がはっきりとみられる。このことからコンテナ船がサギング、ホギングの状態にあることがうかがえる。

## (2) 感想その他

(a) 耐航性に関する用語のうち、操船者と研究者で違ったものがいくつかあった。

(研究者)	(操船者)
耐航性	堪航性
スラミング	パンティング
シャダー	ノッキング

(b) 2月9日午前6時頃、ロサンゼルス港外でアンカーを入れて霧のはれるのを待っている間に地震を経験した。

海面は特別波立つわけでもないのに、軽いShudderを受けたような感じであった。

(c) 前述のように、クリノメーターの精度を調べた結果、ブリッジ内のクリノメーターは真のロール角より大きい値を示すことが分った。クリノメーターの角度で10度を越す場合には、真の値は、クリノメーターの値の約7割である。

(d) 横揺周期を測って、横揺周期曲線からGMを推定する方法がある。この場合、横揺周期が固有周期になっている必要がある。ところで今回の航海で、同じ日の午前と午後にそれぞれ約20分間横揺周期を計測し、その頻度分布をとってみた。このときの海象及びGMは、午前と午後で殆んど違いは無かったと考えられる。しかし頻度は明らかに違った形をとっていた。固有周期とおぼしきところと、波との出会い周期と思われるところの頻度が高くなっていたり、しかも波との出会い周期の頻度が一番高くなっていた。これらの傾向は午前、午後の場合共にみられた。このことから、測られた横揺周期の平均をとっても、本船の固有周期とは異ったものとなることが分る。さらに、午前と午後では固有周期と思われる値も1秒近く違いがあった。従って約20分間の計測から得られた頻度分布を用いてもGMの推定は困難であったといえる。このことから、5~6回の横揺周期の測定からGMを推定する方法は成り立たない場合のあることが分った。

(e) 本船の船長が、本船が減速あるいは転進を与儀なくされる場合の目安としているものは、波高6m、風力階級8であった。

(f) 夜間に時代に出会った場合には、レーダにより波長ならびに波の方向は分るが、現在のところ波高を知る方法がないために、数回のShudderを起して初めて減速するという具合であった。

(g) 実船実験に参加して特に操船者側と研究者側の意志の疎通の必要性を痛感した。

表 3.3.9-1 一航路總計

Voy. No. 26

M.V. 箱根丸

Team 東方(T)

			往 航		復 航	
			品 川 → ロスアンゼルス 1971.1.31.10.30		オークランド → 神 戸 2.13.3:00	
1	航 進 時 間		9日12時18分		11日11時00分	
2	航 進 距 離		5223		5481	
3	平 均 速 力		22.9		19.9	
4	航 海 時 間					
5	航 海 距 離					
6	Shift 時 間					
7	Shift 距 離					
			(出 港 時)	(入 港 時)	(出 港 時)	(入 港 時)
8	吃 水	前 部	7m85	7m77	9m41	9m20
9		後 部	9.05	8.55	10.07	9.22
10	中 央 左 舵					
11	右 舵					
12	平 均		8.45	8.16	9.74	9.21
13	排 水 量		21302KT	20266KT	24755KT	23542KT
14	排 水 量 の 差		1036KT		1213KT	
15	G M		1.29M	1.16M	1.07M	0.81M
16	G M の 差		-0.13M		-0.26M	
17	燃 料	A 重 油	205KT	179KT	167KT	123KT
18		C 重 油	2065KT	1192KT	1750KT	770KT
19	清 水		449KT	310KT	489KT	300KT
20	消 費 量	A 重 油	24.0KT		44.0KT	
21		C 重 油	873.0KT		980.0KT	
22		清 水	139.0KT		189.0KT	
23		合 計	1036.0KT		1213.0KT	
24	大 圏 距 離		4839N.M.		4817N.M.	
25	航 程 係 数 (2/24)		1.082		1.137	
26	アンチローリングタンク		使用せず		使用せず	

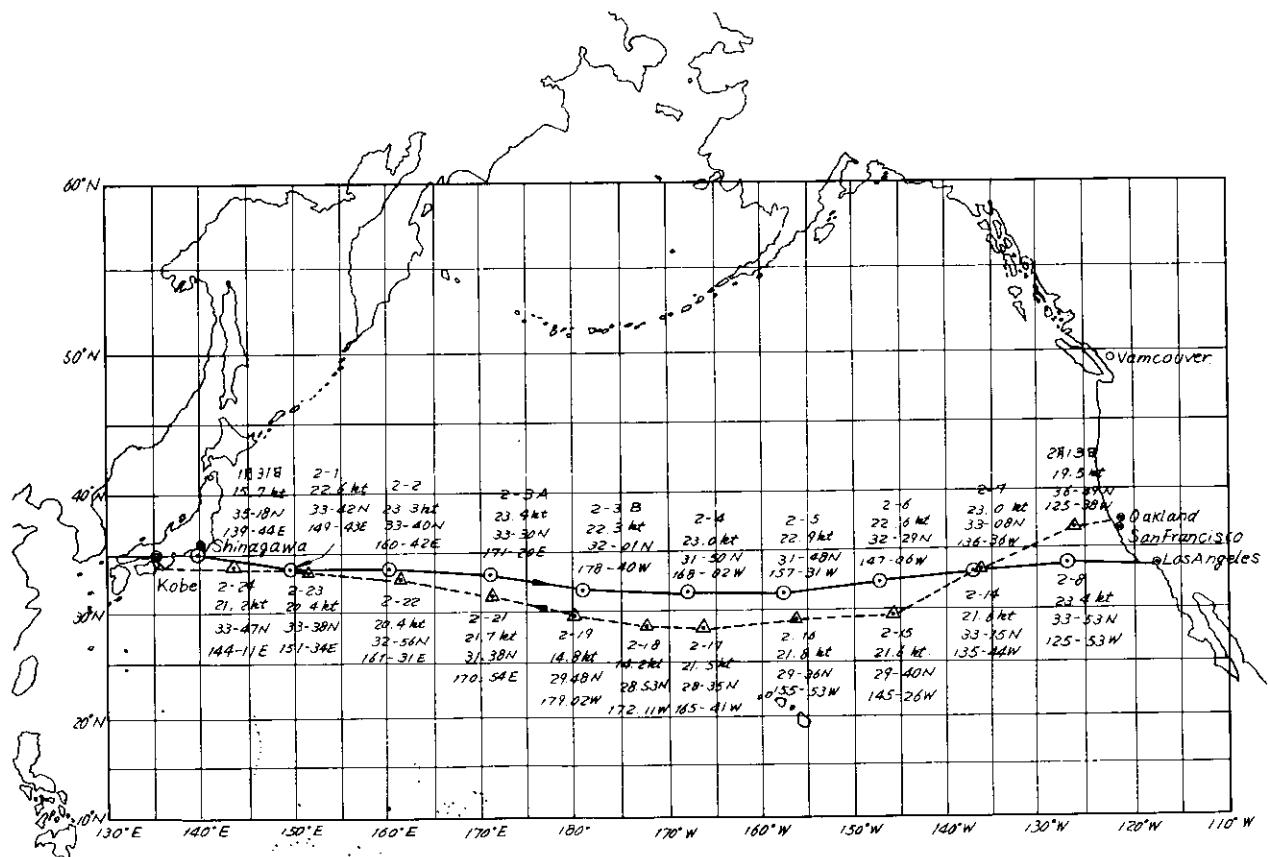


図 3.3.9-1 航 路

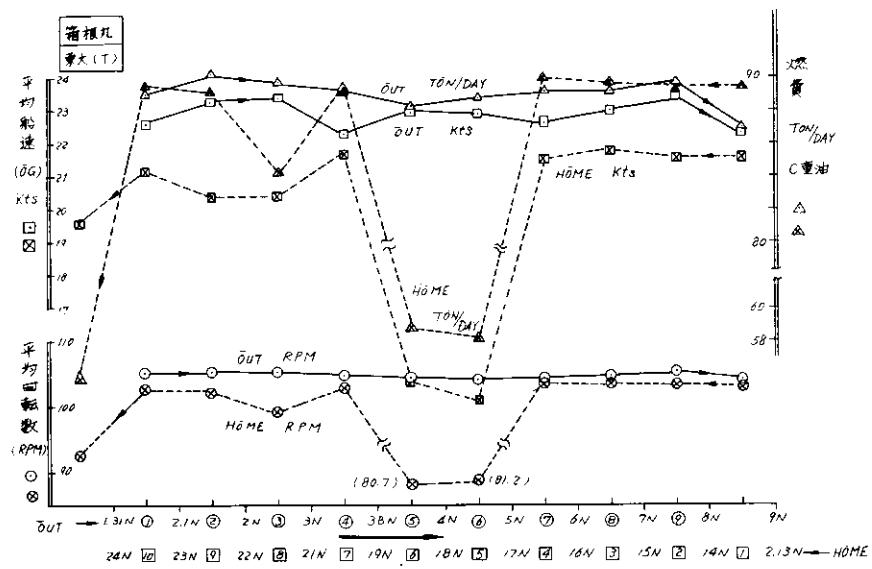


図 3.3.9-2

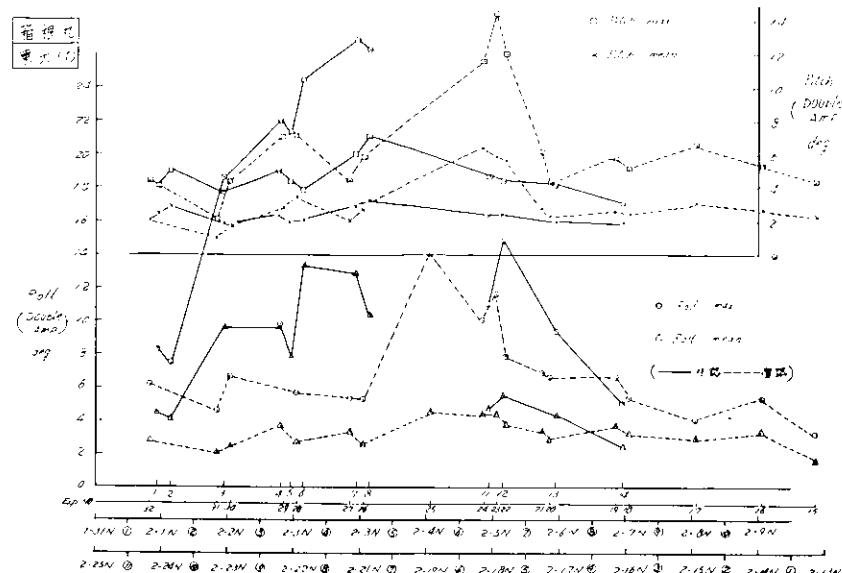


図 3.3.9-3

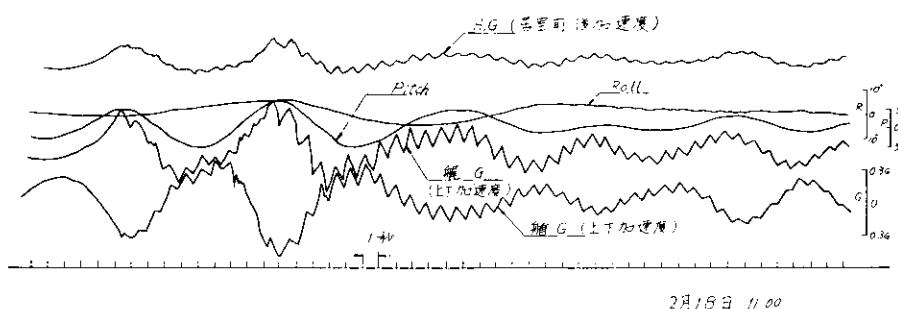


図 3.3.9-4

### 3.4 概括

各乗船チームの報告に見られるように、本年度の実船観測は所期の目的を達成し得た。以下に成果を概括して列記する。

- (1) 前年度報告（研究資料No.110）の第1章である運航実態調査の裏付けとなる定量的な計測記録を収集することができた。すなわち、E-S-W航路のコンテナー船の冬季航海時に著しい、シャグーの尖波を示す多数の計測結果を得た。また、冬季航海でも青波の打込みは少なく、したがって波に基づくコンテナーの損傷はまれであることが判った。
- (2) 荒海中の減速と変針はシャグー、プロペラレーシング、青波、横揺れを回避するために行われることが多い。
- (3) 一航海平均の船速は冬季航海でも2.0 ktsを下ることは少く、海象による平均船速との影響は小である。
- (4) 発達期の風波のような短波頂波中では波高が高くても船体運動は小であるに反し、『うねり』のような波長が大なる波の中では敏感に揺れる傾向にあることが認められた。この事と関連して『うねり』の予報を検討することが望まれる。
- (5) アンチ・ローリングタンクの作動効果を確認する試験を実施し、定量的に解析可能なデータを得た。
- (6) 合計9往復航海、400回以上の計測記録を得ることができた。同型船について、同一季節の間に、このような多数の実船計測をした例はなく、今後の研究におおいに寄与するものと思われる。
- (7) 計測コンテナーの中に搭載する計測器の環境条件に関するデータを得ることができ、また計測コンテナーはブリッジ後方の甲板上に搭載すれば充分な実用性を持つことが判った。

以上のように多数の貴重な記録は次年度に予定されている統計的数据解析およびそれらの総括によって真価を発揮することになる。なお、多数の若い耐候性に関する研究者が荒天時の航海を体験し得た事は、間接的ではあるが本年度研究の特

筆すべき成果の一つである。

ここにあらためて御協力いただいた海運6社および各船の乗組員に対して心から謝意を表する。

## あとがき

本研究は昭和44年度より3年計画で実施されているが本年度はその第2年目として、上記のような研究が行なわれた。その結果、理論計算および模型試験により、高速貨物船やコンテナ船の実際海面における船体応答を推定しうる資料が得られるとともに、このような船型の運動特性がかなり明確にされた。また多数のチームによるコンテナ船実船観測により、運航実態を昨年度の調査結果よりさらに具体的に把握することができた。

この研究は次年度以降も継続されるが、本研究部会としては、理論計算をさらに発展させることにより、耐航性に関する諸要素の短期分布および長期分布を推定する資料を求めるとともに、実際就航海面における速度低下、操船法や最適航路設定等の問題に関して検討を加えることとし、本年度の実船観測で得られた記録の統計的解析、波浪観測を含む本格的な実船試験、また現在建造されつつある2軸超高速コンテナ船の耐航性能に関する模型試験や、船体に働く変動圧、波浪中における抵抗増加、推進性能等に関する基礎的模型試験は、昭和46年度より新しく発足する第125研究部会に引きつがれて実施される予定である。