

第 1 1 2 研究部会

機関およびプロペラの起振力と 船体振動の応答に関する研究

報 告 書

[その3 高馬力船の船尾構造に関する研究]

昭和48年3月

社 団 法 人
日 本 造 船 研 究 協 会

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和47年度補助事業「船舶の構造・性能に関する基礎的研究」の一部として日本造船研究協会が第112研究部会第5小委員会においてとりまとめたものである。

本研究の委員は次のとおりである。

第112研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	熊井豊二（九州大学）	
委員	安東重美（三井造船）	飯塚晴彦（三菱重工業）
	植田靖夫（船舶技術研究所）	梅崎一夫（三菱重工業）
	榎本圭助（三井造船）	大浦啓義（佐世保重工業）
	大高勝夫（三菱重工業）	大坪昇（日立造船）
	岡田弘昭（佐野安船渠）	金沢武（東京大学）
	川上肇（川崎重工業）	川上益男（広島大学）
	河津威信（住友重機械工業）	河本達郎（三菱重工業）
	熊倉靖（石川島播磨重工業）	小泉磐夫（金沢大学）
	小林三蔵（名村造船）	後藤寿穂（日立造船）
	関内実（三井造船）	高橋通雄（神戸製鋼所）
	高橋肇（船舶技術研究所）	田村暢重（川崎重工業）
	辻寿一（大阪造船所）	辻川吉郎（日立造船）
	富田治（佐世保重工業）	安江義忠（川崎重工業）
	野沢登（函館ドック）	葉山真治（東京大学）
	原野二郎（三井造船）	日高正孝（日本海事協会）
	広渡智雪（日立造船）	福田安助（日本鋼管）
	藤井克哉（石川島播磨重工業）	藤井正規（白杵鉄工所）
	星野次郎（日本海事協会）	高橋紘一（住友重機械工業）
	松浦義一（大阪大学）	松村治雄（日本鋼管）
	真砂宏（大阪商船三井船舶）	宮本哲陽（石川島播磨重工業）
	村松省吾（三保造船所）	本岡隆雄（三菱重工業）
	森川卓（日本船主協会）	山口富夫（三菱重工業）
	山越道郎（九州大学）	山本善之（東京大学）
	吉田真（石川島播磨重工業）	渡辺昭二（昭和海運）
	渡辺昌建（三菱重工業）	

第1小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

主査	熊井豊二（九州大学）	
委員	安東重美（三井造船）	飯塚晴彦（三菱重工業）
	梅崎一夫（三菱重工業）	榎本圭助（三井造船）

大 浦 啓 義 (佐世保重工業)	大 高 勝 夫 (三菱重工業)
金 沢 武 (東京大学)	川 上 肇 (川崎重工業)
川 上 益 男 (広島大学)	河 本 達 郎 (三菱重工業)
熊 倉 靖 (石川島播磨重工業)	関 内 実 (三井造船)
高 橋 肇 (船舶技術研究所)	辻 川 吉 郎 (日立造船)
松 岡 孝 典 (三菱重工業)	安 江 義 忠 (川崎重工業)
日 高 正 孝 (日本海事協会)	広 渡 智 雪 (日立造船)
藤 井 克 哉 (石川島播磨重工業)	藤 居 正 規 (白杵鉄工所)
高 橋 紘 一 (住友重機械工業)	松 浦 義 一 (大阪大学)
松 村 治 雄 (日本鋼管)	宮 本 哲 陽 (石川島播磨重工業)
山 越 道 郎 (九州大学)	山 崎 隆 介 (九州大学)
山 本 善 之 (東京大学)	渡 辺 昌 建 (三菱重工業)

第2小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

主 査	小 泉 磐 夫 (金沢大学)	
委 員	植 田 靖 夫 (船舶技術研究所)	梅 崎 一 夫 (三菱重工業)
	川 上 益 男 (広島大学)	河 津 威 信 (住友重機械工業)
	後 藤 寿 穂 (日立造船)	富 田 治 (佐世保重工業)
	葉 山 真 治 (東京大学)	原 野 二 郎 (三井造船)
	福 田 安 助 (日本鋼管)	藤 盛 豊 介 (川崎重工業)
	星 野 次 郎 (日本海事協会)	南 方 潤 三 (神戸製鋼所)
	本 岡 隆 雄 (三菱重工業)	吉 田 真 (石川島播磨重工業)

第3小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

主 査	川 上 益 男 (広島大学)	
委 員	植 田 靖 夫 (船舶技術研究所)	梅 崎 一 夫 (三菱重工業)
	榎 本 圭 助 (三井造船)	大 高 勝 夫 (三菱重工業)
	越 智 義 夫 (石川島播磨重工業)	川 上 肇 (川崎重工業)
	河 津 威 信 (住友重機械工業)	熊 井 豊 二 (九州大学)
	熊 倉 靖 (石川島播磨重工業)	小 泉 磐 夫 (金沢大学)
	後 藤 寿 穂 (日立造船)	関 内 実 (三井造船)
	富 田 治 (佐世保重工業)	安 江 義 忠 (川崎重工業)
	葉 山 真 治 (東京大学)	原 野 二 郎 (三井造船)
	広 渡 智 雪 (日立造船)	福 田 安 助 (日本鋼管)
	藤 井 克 哉 (石川島播磨重工業)	藤 盛 豊 介 (川崎重工業)
	星 野 次 郎 (日本海事協会)	高 橋 紘 一 (住友重機械工業)
	松 村 治 雄 (日本鋼管)	本 岡 隆 雄 (三菱重工業)
	山 口 富 夫 (三菱重工業)	山 越 道 郎 (九州大学)

山 本 善 之 (東 京 大 学) 吉 田 真 (石川島播磨重工業)

第 4 小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

主 査	金 沢 武 (東 京 大 学)	
委 員	新 井 淳 一 (日本海事協会)	植 田 靖 夫 (船舶技術研究所)
	梅 崎 一 夫 (三 菱 重 工 業)	大 浦 啓 義 (佐世保重工業)
	大 高 勝 夫 (三 菱 重 工 業)	川 原 隆 (日 本 郵 船)
	神 田 寛 (海上労働科学研究所)	後 藤 大 三 (石川島播磨重工業)
	白 木 万 博 (三 菱 重 工 業)	尾 川 宣 之 (日 本 鋼 管)
	玉 木 一 三 (三 井 造 船)	中 野 有 朋 (石川島播磨重工業)
	安 江 義 忠 (川 崎 重 工 業)	難 波 精 一 郎 (大 阪 大 学)
	葉 山 真 治 (東 京 大 学)	原 野 二 郎 (三 井 造 船)
	日 高 正 孝 (日本海事協会)	広 渡 智 雪 (日 立 造 船)
	福 田 安 助 (日 本 鋼 管)	藤 井 克 哉 (石川島播磨重工業)
	高 橋 紘 一 (住友重機械工業)	三 輪 俊 輔 (労働衛生研究所)
	本 岡 隆 雄 (三 菱 重 工 業)	

第 5 小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

主 査	大 江 卓 二 (日本船用機器開発協会)	
委 員	石 井 和 也 (運 輸 省)	白 石 博 祥 (運 輸 省)
	工 藤 莊 一 (水 産 庁)	渡 辺 義 夫 (水 産 庁)
	川 上 益 男 (広 島 大 学)	熊 井 豊 二 (九 州 大 学)
	葉 山 真 治 (東 京 大 学)	山 越 道 郎 (九 州 大 学)
	山 本 善 之 (東 京 大 学)	植 田 靖 夫 (船舶技術研究所)
	高 橋 肇 (船舶技術研究所)	土 屋 孟 (水 産 庁)
	日 高 正 孝 (日本海事協会)	星 野 次 郎 (日本海事協会)
	榎 本 圭 助 (三 井 造 船)	香 川 洸 二 (三 菱 重 工 業)
	川 上 肇 (川 崎 重 工 業)	永 井 冽 (石川島播磨重工業)
	林 和 男 (日 本 鋼 管)	広 渡 智 雪 (日 立 造 船)
	藤 井 克 哉 (石川島播磨重工業)	南 真 和 (三 井 造 船)
	磯 貝 信 (三 保 造 船 所)	梅 木 春 見 (山西造船鉄工所)
	奥 山 孝 志 (日本中型造船工業会)	小 林 鉄 男 (林 兼 造 船)
	鈴 木 勝 (波 止 浜 造 船)	高 橋 長 生 (幸 陽 船 渠)
	三 村 進 (金 指 造 船 所)	神 田 耕 作 (神 田 造 船 所)
	中 野 早 苗 (赤 坂 鉄 工 所)	板 沢 俊 夫 (か も め プ ロ ベ ラ)
	久 米 領 平 (新 潟 鉄 工 所)	孝 橋 謙 一 (阪神内燃機工業)
	滝 上 満 (富士ディーゼル)	

目 次

緒 言	1
1. 損傷実態調査	2
1.1 まえがき	2
1.2 調査方法	2
1.3 調査結果	2
1.4 むすび	2
2. 実船計則	3 3
2.1 試験船の要目	3 3
2.2 試験方法	3 3
2.2.1 起振試験	3 3
2.2.2 航走試験	3 3
2.3 計測機器	3 3
2.3.1 起振機	3 3
2.3.2 加速度計	3 3
2.3.3 ストレインテレータ	3 4
2.3.4 基本周波パルス発生器	3 4
2.3.5 データレコーダ	3 4
2.3.6 ビジグラフ	3 4
2.4 データ処理装置	3 4
2.4.1 自動振動分析器	3 5
2.4.2 トラッキング信号発生器	3 6
2.4.3 X Yレコーダ	3 6
2.4.4 バンドパスフィルタ	3 6
2.5 解析方法	3 6
2.5.1 R P Mトラッキング	3 6
2.5.2 レシオスイープ	3 7
2.5.3 解析結果の表示方法	3 7
2.6 第1船第15興北丸の解析結果	3 9
2.6.1 試験方法	4 4
2.6.2 試験時の載荷状況	4 4
2.6.3 解析結果	4 4
2.7 第2船フェリーながとの解析結果	5 4
2.7.1 試験方法	6 0
2.7.2 試験時の載荷状況	6 0
2.7.3 解析結果	6 0

2.8 第3 船フェリー-あるばとろすの解析結果	7 5
2.8.1 試験方法	7 9
2.8.2 試験時の載荷状況	8 0
2.8.3 解析結果	8 0
2.9 第4 船第15 幸漁丸の解析結果	9 3
2.9.1 試験方法	9 6
2.9.2 試験時の載荷状況	9 6
2.9.3 解析結果	9 7
2.10 船尾水圧変動の計測	1 0 6
2.10.1 目 的	1 0 6
2.10.2 計測方法および解析	1 0 6
2.10.3 計測結果ならびに若干の考察	1 0 7
2.10.4 むすび	1 0 8
2.11 試験結果に対する考察	1 1 4
2.11.1 固有振動数および固有振動モード	1 1 4
2.11.2 航走中の振幅	1 1 5
2.11.3 起振力次数と振動応答	1 1 5
2.11.4 起振力と減衰	1 1 6
2.11.5 船体振動の非定常性	1 1 6
2.11.6 軸系アラインメント	1 1 8
2.12 結 び	1 1 8
2.12.1 カーフェリー	1 1 8
2.12.2 まくろはえ縄漁船	1 2 0
2.12.3 北洋トロール船	1 2 0
2.12.4 軸系アラインメント	1 2 0

近年、漁船、カーフェリーなどについては、推進機関の高馬力化の傾向が著しく、これらの船舶には高馬力化の影響と思われる船尾構造部材の疲労破壊、および船尾管軸受の異状磨耗およびプロペラ軸の折損などの損傷が生じ始めている。

これらの損傷は、船の大きさと推進馬力の関係が急変したため、従来の使用実績から経験的に求められた船尾構造および推進軸系などの設計法、工作法に適合しなくなったことに原因するように考えられる。

それゆえ、この種船舶について船尾構造軸系などに生じた損傷を調査するとともに、船尾振動応答を実船については握し、損傷の直接原因を解明し、早急に対策を講ずる必要を生じた。

昭和47年度は、前記の目的に対する具体方策として、下記2項目の調査研究を行なった。

(1) 損傷の実態調査

(2) 下記の漁船およびカーフェリーについて船体の起振試験、および航走試験を行ない船尾部の振動を計測し船体固有振動および振動応答を求める。

漁 船	{	可変ピッチプロペラ付	1 隻
(直結機関)		固定ピッチプロペラ付	1 隻
カーフェリー	{	可変ピッチプロペラ付	1 隻
(減速機関)		固定ピッチプロペラ付	1 隻

1. 損傷実態調査

1.1 まえがき

船尾構造部材の損傷、船尾軸受の異常磨耗およびプロペラ軸の折損などの損傷事故の発生が増加しつつあるが、これら損害事故の実態が把握されていないので、実態調査を行なった。

1.2 調査方法

調査の方法としては、表 1.2.1 の「船尾部事故実態調査表」を作成し、(社) 中型造船工業会を通じ、加盟造船所に1部送付し、回答を求める方法をとった。

(隻数の多いところは各社でコピーをとってもらうこととした)

1.3 調査結果

回答のあったものの中から、プロペラボスの締付け力不足によるプロペラ軸の折損等明らかに工事と思われるものを除いたものを表 1.3.1 のとおりまとめた。

1.4 むすび

予期していたより損傷の事例が少なかったがこれは Q/T の小さいものの調査もれのためと思われる。実態調査の結果から得られたデータをもとに今後行なう予定の水槽試験の船型を決定する場合の参考とする。

表 1.2.1 船尾部事故実態調査表

1. 一般事項

調 査 年 月 日		調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名		用 途	
船 体 要 目	W/T	G/T	$L_{pp} \times B \times D \times d_f \times C_b$
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	
主 機 関	メカ 製 型式 型	$Ps \times$	rpm 基 軸
プロペラ種類等	CPP、FPP 材 質	プロペラ回転数×方向	$rpm \times$ 右、左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積化 × ×	プロペラ軸径×長さ	
船尾軸受	種 類	リグナムバイタ、オイルバス式、カッタレス、その他	
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐	排水口 有 無
ロープガード	有 無	事故までの使用期間	
船尾寸法（単位%）			
同型船記入欄			
船 名	建 造 年 月 日	用 途	主機メカ-及び型式
			プロペラ×直径×翼数×回転数 の 種 類

2. 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

該当するものに○印をつけるとともに図1又は図2に位置、寸法を記入して下さい。

- イ. 軸が折損した
- ロ. 軸にクラックが発生した
- ハ. 軸受材が異状磨耗した
- ニ. スリーブが異状磨耗した

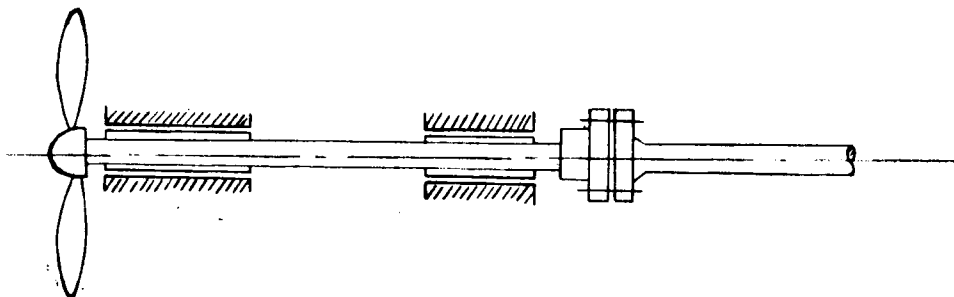
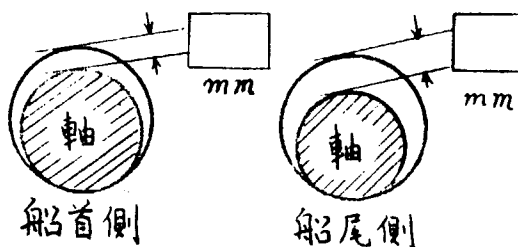
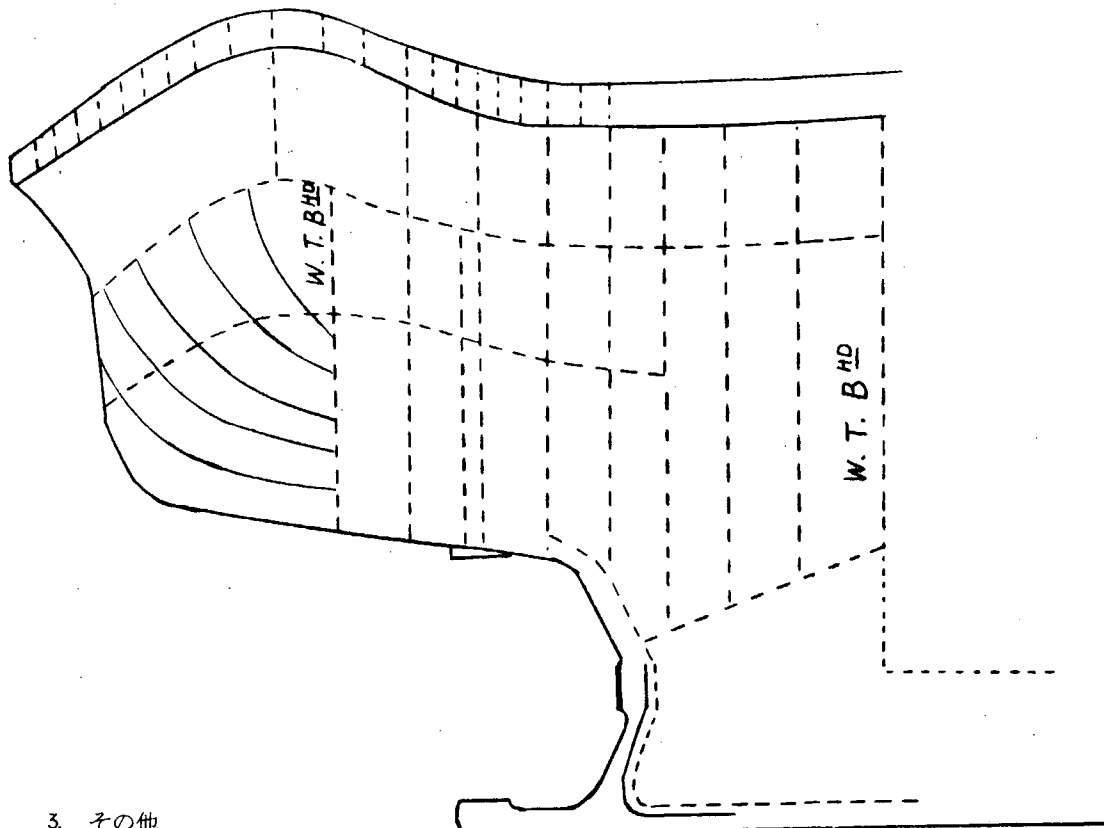


図-1

(2) 船体関係

クラック発生位置、クラック長さ等を図に記入して下さい。



3. その他

事故原因の推定、事故後とった処置、その他

お気づきの事項がありましたら記載願います。

船尾部事故実態調査表記入要領

1. 船主船名は記号でもさしつかえないが、後で詳細調査を依頼するかもしれませんので、この点に留意しておいて下さい。
 2. 用途欄には漁船底曳網、漁船鮪延縄、貨物船等記入すること。
 3. 船体要目欄には重量トン、総トン数、長さ、巾、深さ、喫水、方形係数を記入して下さい。
 4. 建造造船所名は中造工、小船工の決めた記号でもさしつかえない。
 5. 主機関の欄にはメ-カ-名、メカ型式、馬力、回転数、台数、軸数を記入すること。
 6. プロペラ種類等、可変ピッチの場合はC.P.P固定ピッチの場合はF.P.Pに○印を付すこと。
 7. プロペラの回転方向は船尾から船首方向をみたものを記入のこと。
 8. 事故までの使用期間とは前回の定期的検査時から事故発見までの期間とする。軸受材の取替えの場合は前回取替えた時期から再取替えまでの期間をいう。
 9. 事故原因の推定、事故後とった処置、その他お気づきの点がありましたら記入願います。
- 注1. 事故とは、プロペラ軸系の折損、クラック、軸受材の異状磨耗及び外板にクラックの発生したものをいう。
- 注2. 同型船とは同一線図により建造されたものをいう。
- 注3. 昭和40年以降のものについて記載して下さい。

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (a)

1. 一般事項

調 査 年 月 日		調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名	A 丸	用 途	油 タ ン カ ー
船 体 要 目	$\begin{matrix} W/T & 381 & G/T & Lpp & B & D & df & Cb \\ & & & 33.75 \times 8.60 \times 4.00 \times & & & & \times \end{matrix}$		
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	昭和37年1月
主 機 関	メカ- 型式 製 型 330ps × r.p.m ¹ 基 1軸		
プロペラ種類等	C.P.P、F.P.P 材 質	プロペラ回転数×方向	r.p.m 右、左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積比 × ×	プロペラ軸径×長さ	
船 尾 軸 受	種 類	リグナムバイタ、オイルバス式、カッタレス、その他	
	給 水 方 法	独立ポンプ、主材冷却水から分岐	排 水 口 有 無
ロ ー プ ガ ー ド		有 無	事故までの使用期間
船尾寸法		(記述なし)	
同型船記入欄 : なし			

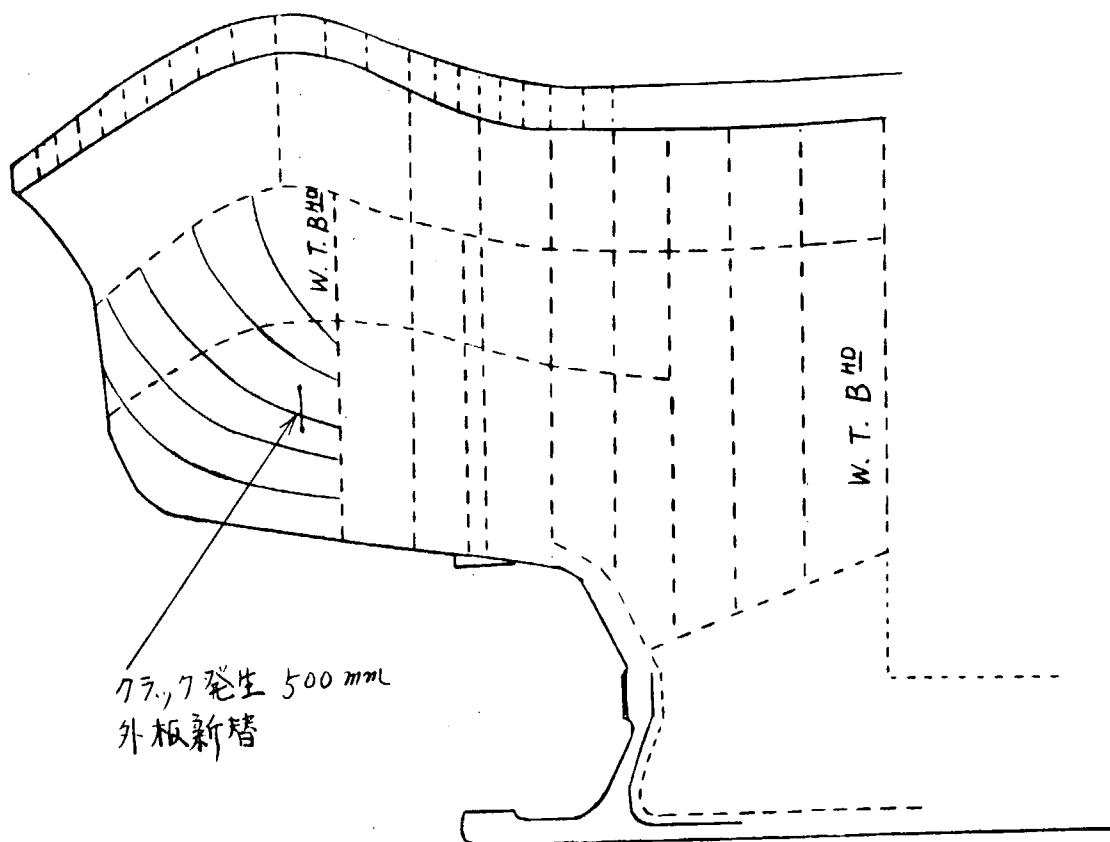
2 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

事故なし

(2) 船体関係

クラック発生位置、クラック長さ等を下図に示す。



3. その他

特記事項なし

表 1. 3. 1 船尾部事故実態調査結果・(b)

1. 一般事項

調 査 年 月 日		調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名		用 途	旅客船兼自動車渡船
船 体 要 目		$\frac{W}{T} 289 \quad \frac{G}{T} \quad \frac{L_{pp}}{3800} \times \frac{B}{840} \times \frac{D}{300} \times \frac{d_f}{\quad} \times \frac{C_b}{\quad}$	
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	昭和39年3月
主 機 関		メーカー 型式 阪神 製 26 RASH 型 700 ps × r.p.m 1基 1軸	
プロペラ種類等		CPP、FPP 材質	プロペラ回転数×方向 r.p.m × 右、左
プロペラ形状等		直径(%)翼数展開面積比 × ×	プロペラ軸径×長さ
船 尾 軸 受	種 類	リグナムバイタ、オイルバス式、カットレス、その他	
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐	排水口 有 無
ロ ー プ ガ ー ド		有 / 無	事故までの使用期間
船尾寸法		(記述なし)	
同型船記入欄：なし			

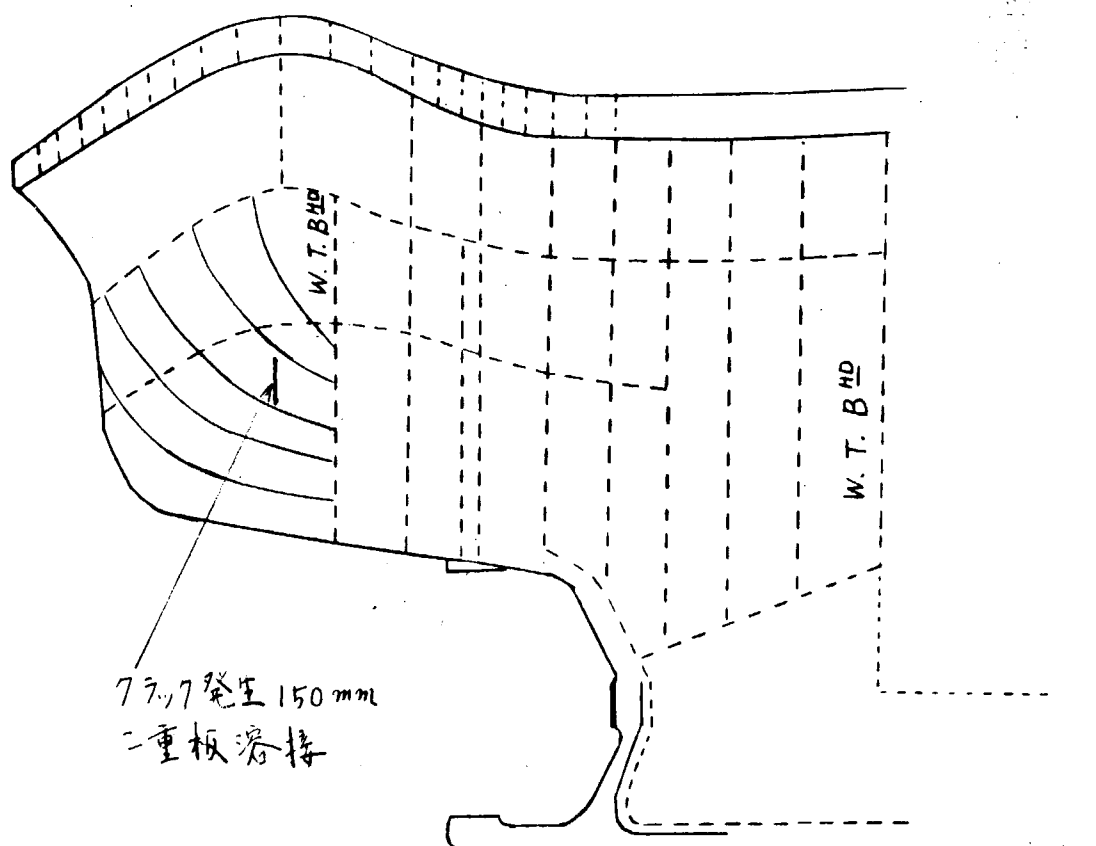
2. 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

事故なし

(2) 船体関係

クラック発生位置、クラック長さ等を下図に示す。



3. その他

特記事項なし

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (c)

1. 一般事項

調 査 年 月 日		調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名		C 丸	用 途 旅客船兼自動車渡船
船 体 要 目		$\frac{W}{T} \quad \frac{G}{T} \quad L_{pp} \quad B \quad D \quad df \quad C_b$ $\times \quad \times \quad \times \quad \times$	
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	昭和44年2月
主 機 関		メーカー 型式 ダイハツ 製 6DSM-26 型 1200PsX r.p.m 基 軸	
プロペラ種類等		C P P、F P P 材質	プロペラ回転数×方向 r.p.m 右、左
プロペラ形状等		直径(%)翼数展開面積比 $\times \quad \times$	プロペラ軸径×長さ
船 尾 軸 受	種 類	リグナムバイタ、オイルバス式、カッターレス、その他	
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐	排水口 有 無
ロ ー プ ガ ー ド		有 無	事故までの使用期間
船尾寸法		(記述なし)	
同型船記入欄：なし			

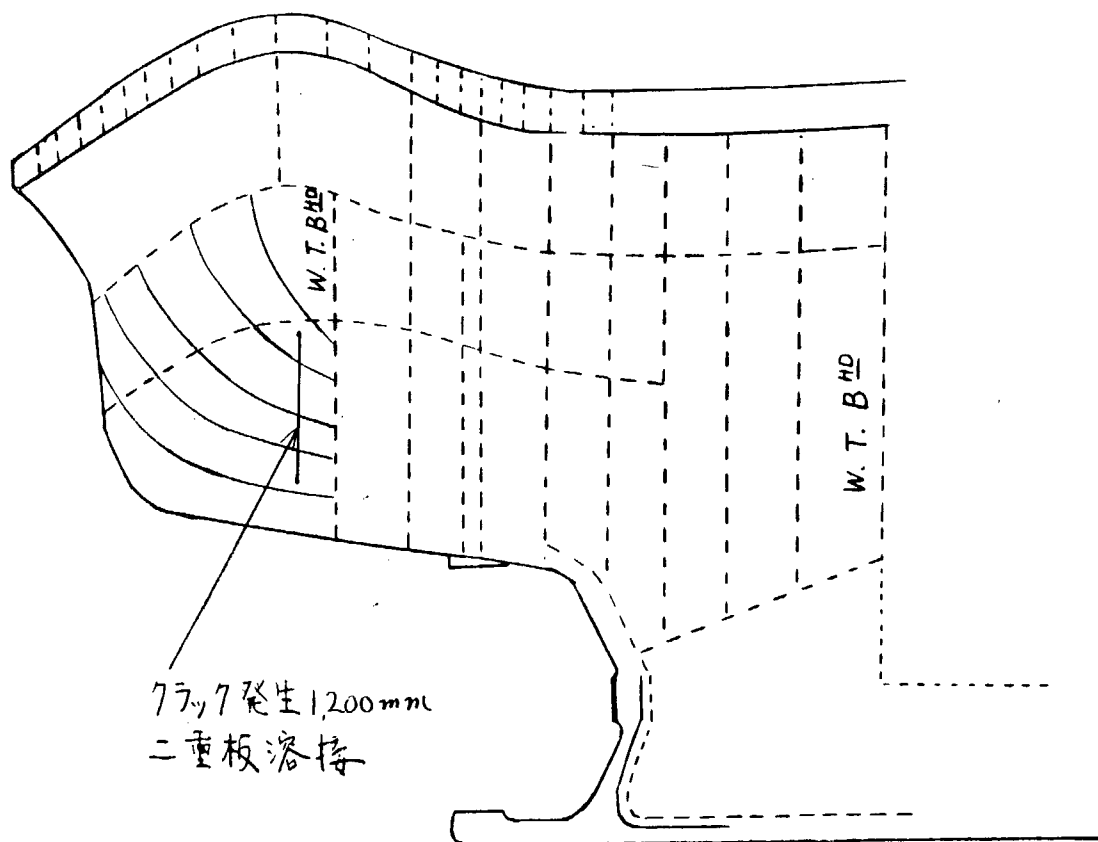
2 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

事故なし

(2) 船体関係

クラック発生位置、クラック長さ等を下図に示す。



3 その他

特記事項なし

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (d)

1.一般事項

調 査 年 月 日		調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名		用 途	
船 体 要 目		$\frac{W}{T} 289 \frac{G}{T} \quad \frac{L_{pp}}{2800} \times \frac{B}{8.40} \times \frac{D}{3.00} \times \frac{d_f}{x} \times C_b$	
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	昭和39年2月
主 機 関		メーカー 型式 阪神 26RASH 型	
プロペラ種類等		700Ps×	r.p.m 1基 1軸
プロペラ形状等		プロペラ回転数×方向	r.p.m×右、左
プロペラ形状等		直径(%)翼数展開面積比 × ×	プロペラ軸径×長さ
船 尾 軸 受	種 類	リグナムバイタ、オイルバス式、カッターレス、その他	
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐	排水口 有 無
ロ - ブ ガ - ド		有 無	事故までの使用期間
船尾寸法		(記述なし)	
同型船記入欄：なし			

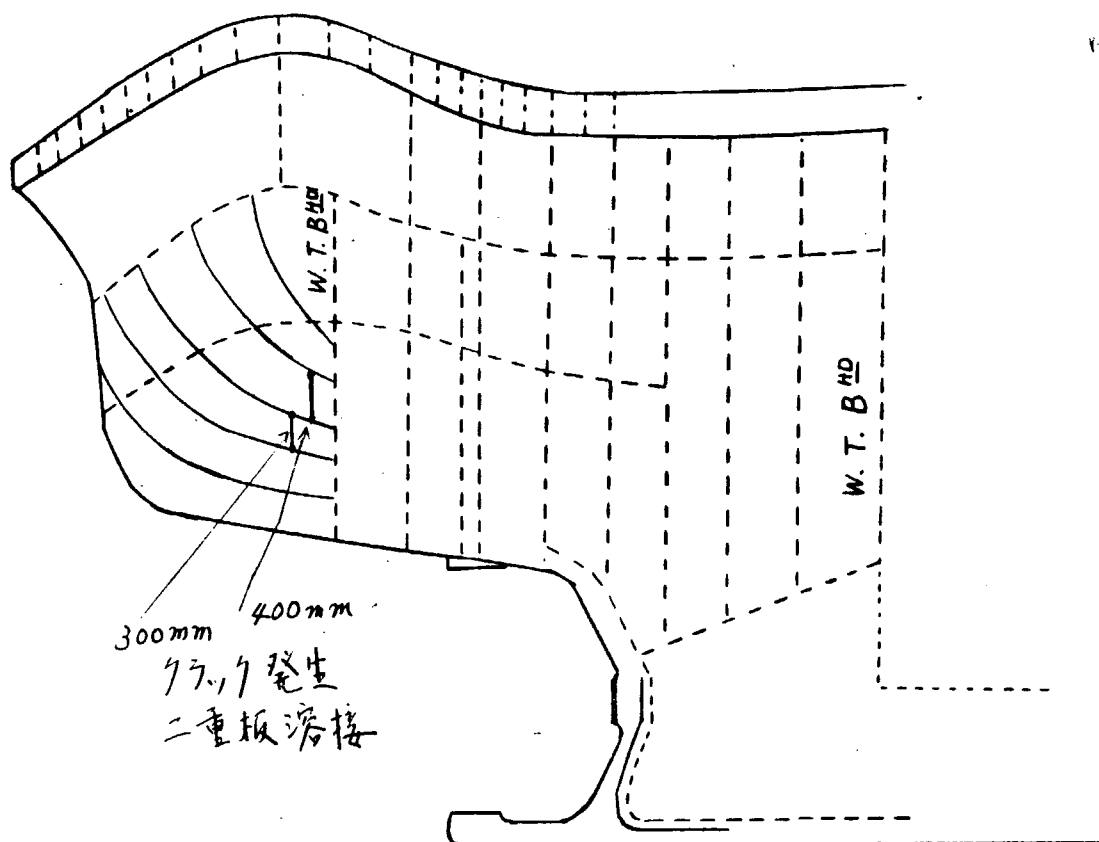
2 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

事故なし

(2) 船体関係

クラック発生位置、クラック長さ等を下図に示す。



3 その他

特記事項なし

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (c)

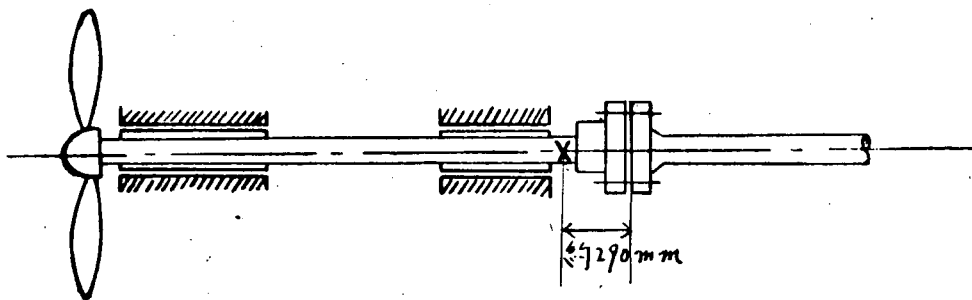
1. 一般事項

調 査 年 月 日		4 7 - 2 - 2 6	調 査 者 氏 名		
船 主 名			船 籍 地		
船 名		E 丸	用 途		貨物船（石炭）
船 体 要 目		$\frac{W}{T} 310 \quad \frac{G}{T}$ $\frac{L_{pp}}{36} \times \frac{B}{7.2} \times \frac{D}{3.6} \times \frac{d_f}{3.3} \times \frac{Cb}{}$			
建 造 造 船 所 名			竣 工 年 月 日		昭和33年4月
主 機 関		メーカー 型式 住吉 製 S 6 T B 型 290Ps × r.p.m 1基 1軸			
プロペラ種類等		GPP、FPP 材質	プロペラ回転数×方向		r.p.m × 右、左
船 尾 軸 受	種 類	リグナムバイタ、オイルバス式、カットレス、その他			
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐			排水口 有 無
ロ - プ ガ - ド		有 無	事故までの使用期間		約2ケ年
船尾寸法		(記述なし)			
同型船記入欄：なし					

2 事故の状況

(1) 軸系関係 (プロペラ軸、中間軸)

下図のとおり軸にクラックが発生した。(×印)



(2) 船体関係

事故なし

3 その他

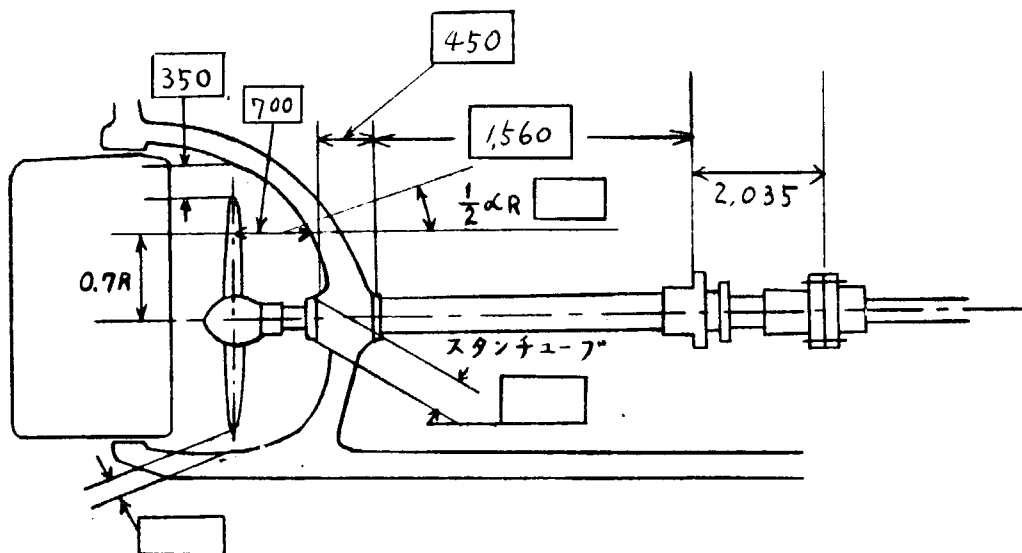
特記事項なし

表 1. 3. 1 船尾部事故実態調査結果 (f)

1. 一般事項

調 査 年 月 日			調 査 者 氏 名		
船 主 名			船 籍 地		
船 名	F 丸		用 途		
船 体 要 目	W/T 3 4 9 G/T L_{pp} B D df Cb 4 4.0 0 × 8.7 0 × 3.9 0 × 3.4 5 × 0.7 1 1				
建 造 造 船 所 名			竣 工 年 月 日		
主 機 関	メーカー 神発 製 6 EMCSS 型 1 6 0 0 Ps × 2 8 0 r.p.m 1 基 1 軸				
プロペラ種類等	CPP、FPP 材質		プロペラ回転数×方向	r.p.m × (右) 左	
プロペラ形状等	直径(%)異数展開面積比 2.5 0 0 × 3 × 0.4 6		プロペラ軸系×長さ	× 5, 1 4 5	
船尾軸受	種 類	(リグナムバイタ) オイルバス式、カッタレス、その他			
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐		排水口	有 無
ロープガード	(有) 無		事故までの使用期間	1 年 7 ヶ 月	

船尾寸法(単位%)



同型船記入欄：なし

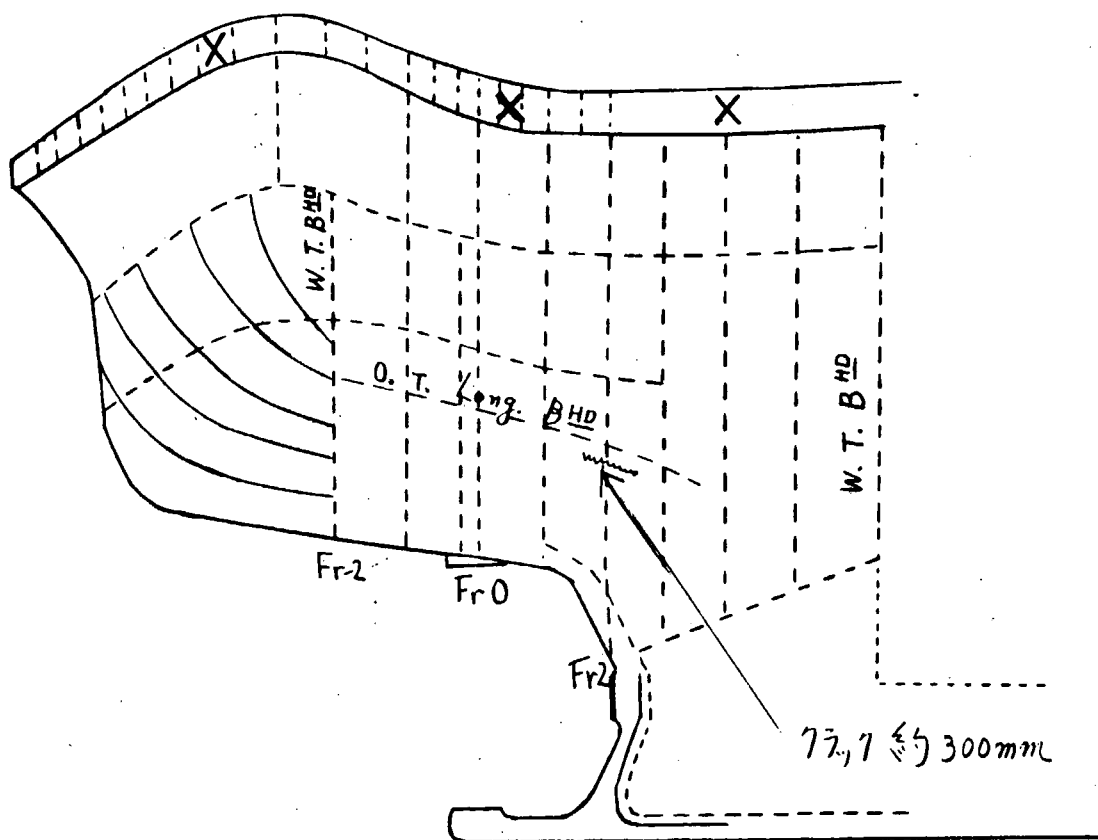
2 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

事故なし

(2) 船体関係

クラック発生位置、クラック長さ等を下図に示す。



3 その他

特記事項なし

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (g)

1. 一般事項

調 査 年 月 日	昭和46年8月7日	調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名	G 丸	用 途	鮪延縄漁船
船 体 要 目	$\frac{W}{T} 279 \quad \frac{G}{T} \quad \frac{L_{pp}}{4} 0.54 \times \frac{B}{7.60} \times \frac{D}{3.45} \times \frac{d_f}{\quad} \times \frac{C_b}{\quad}$		
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	
主 機 関	メーカー 型式 ニイガタ 製 6M28HS 型 750Ps × 380 r.p.m 基 軸		
プロペラ種類等	☒ CPP、 ☐ FPP 材質	プロペラ回転数×方向	380 r.p.m × ☒ 右、 ☐ 左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積比 1810 × 3 × 0.40	プロペラ軸径×長さ	
船尾軸受	種 類	☒ リグナムバイタ、 ☐ オイルバス式、 ☐ カットレス、その他	
	給 水 方 法	独立ポンプ、 ☒ 主機冷却水から分岐	排水口 ☒ 有 ☐ 無
ロ ー プ ガ ー ド	☒ 有 ☐ 無	事故までの使用期間	10ヶ月
船尾寸法	(記述なし)		
同型船記入欄：なし			

2 事故の状況

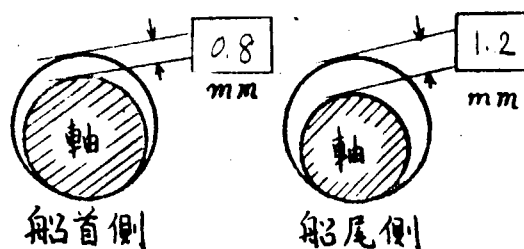
(1) 軸系関係 (プロペラ軸、中間軸)

右図のとおりスリーブが異状磨耗した。

本船は44年12月中検時、プロペラ軸スリーブに電蝕進行が認められたので、プロペラ軸カッブリング側に防蝕カーボンブラシを新設した。

45年10月入渠後、プロペラ軸スリーブに異状磨耗(約12%)が見られたので、前後共スリーブ新替した。(その時C.P.Pブレードバランス調

整行う)46年10月定検の為入渠した時に再度スリーブの異状磨耗が発生し(約14%)ていたので、前後共スリーブを取替えた。



(2) 船体関係

事故なし

3 その他

特記事項なし

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (h)

1. 一般事項

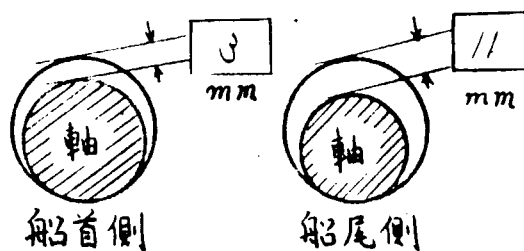
調 査 年 月 日	S 4 5 - 1 1 - 9	調 査 者 氏 名	
船 主 名		船 籍 地	
船 名	H 丸	用 途	鮪延縄漁船
船 体 要 目	W/T 3 1 4 Q/T $\frac{Lpp}{46.10} \times \frac{B}{8.00} \times \frac{D}{3.60} \times \frac{df}{\times} \times \frac{Cb}{\times}$		
建 造 造 船 所 名		竣 工 年 月 日	
主 機 関	メーカー 型式 ニイガタ 製 6M28BMS 型 9 5 0 Ps $\times$ 3 8 0 r.p.m - 1 基 - 1 軸		
プロペラ種類等	(C P P) F P P 材質	プロペラ回転数 $\times$ 方向	3 8 0 r.p.m $\times$ (右) 左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積比 1 9 5 0 $\times$ 4 $\times$	プロペラ軸径 $\times$ 長さ	
船 尾 軸 受	種 類	(リグナムバイタ、オイルバス式、カッタレス、その他)	
	給 水 方 法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐	排水口 (有) 無
ロ ー プ ガ ー ド		(有) 無	事故までの使用期間 2 年間 (主機運転時間 1 万 3, 0 0 0 時間)
船 尾 寸 法		(記述なし)	
同型船記入欄：なし			

2 事故の状況

(1) 軸系関係(プロペラ軸、中間軸)

右図のとおり軸受材が異状磨耗した。

操業中本船はロープガイド側から、再々縄の巻込みがあり、この為に冷却水が十分に流れなかったのが、異状磨耗の原因と思われる。



(2) 船体関係

事故なし

3 その他

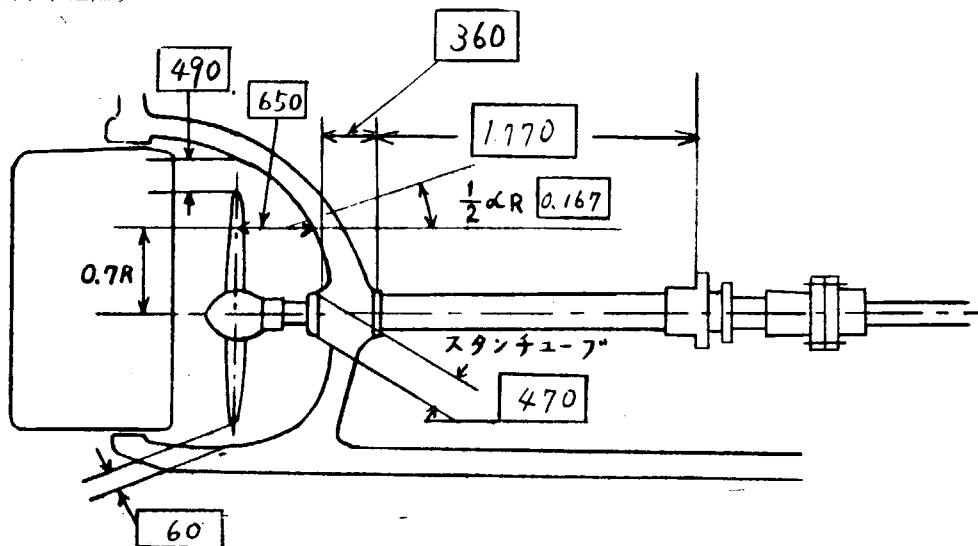
特記事項なし

表 1. 3. 1 船尾部事故実態調査結果 (i)

1. 一般事項

調査年月日		調査者氏名	
船主名		船籍地	
船名	I 丸	用途	鮪延縄
船体要目	$\frac{L_{pp}}{W_T} 253 \quad \frac{B}{G_T} 3810 \times \frac{D}{7.50} \times \frac{df}{3.35} \times \frac{Cb}{3.00} \times 0.676$		
建造造船所名		竣工年月日	39-4
主機関	メーカー型式 IHI 製 6V-29142 型 700Ps × 350r.p.m 1基 1軸		
プロペラ種類等	CPP、FPP 材質	プロペラ回転数×方向	350r.p.m × 右、左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積比 × ×	プロペラ軸径×長さ	355φ? × 4330
船尾軸受	種類 (リ) グナムバイタ オイルバス式、カッタレス、その他 給水方法 独立ポンプ、主機冷却水から分岐 排水口 (有) 無		
ロープガード	(有) 無	事故までの使用期間	2.5年

船尾寸法(単位%)



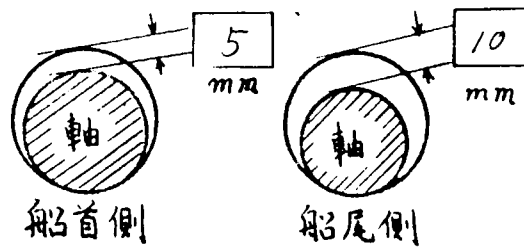
同型船記入欄

船名	建造年月日	用途	主機メーカー 及び 型式	プロペラの種類×直径×翼数×回転数
1.	42-7	鮪延縄	赤坂鉄工 6DH27SS	FPP×1850 × 390
2.	42-3		" TM6SS	" × 1880×4×360
3.	42-6		" TM6SS	" × 1880×4×360
4.	42-10		ニイガタ 6M28HS	CPP×1810×3×380
5.	41-6		赤坂鉄工 TM6SS	FPP×1880×4×360

2 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

軸が折損した。その時の軸の磨耗状況は下図の通り



(2) 船体関係

事故なし

3 その他

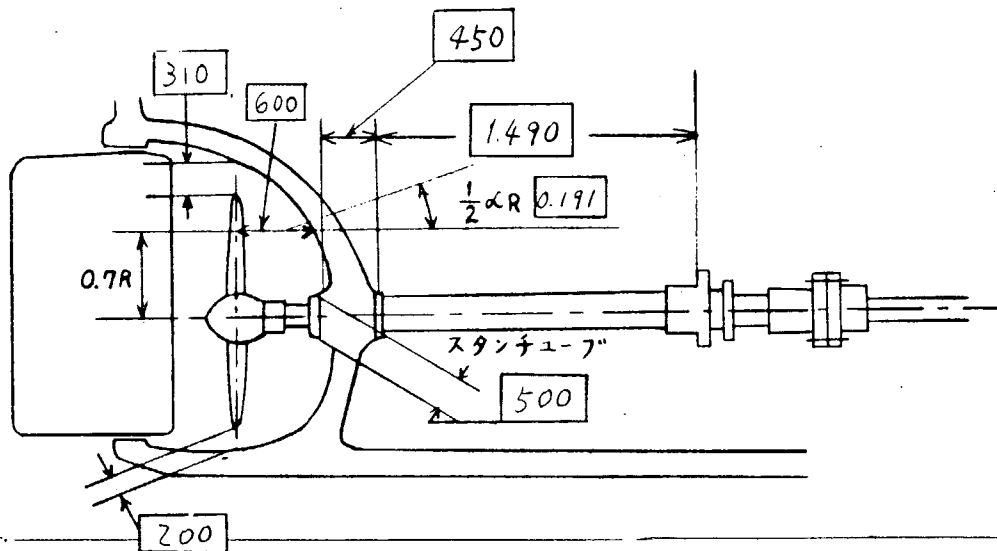
特記事項なし

表 1. 3. 1 船尾事故実態調査結果 (j)

1. 一般事項

調 査 年 月 日			調 査 者 氏 名		
船 主 名			船 籍 地		
船 名	J 丸	用 途	鮪延縄		
船 体 要 目	W/T 402 G/T L_{pp} B D df Cb 48.55×8.20×3.80×3.25×0.722				
建 造 造 船 所 名			竣 工 年 月 日	S 4 2 - 3	
主 機 関	メーカー 型式 ニイガタ 製 6M37HS 型 1300Ps ×310r.p.m 1基 1軸				
プロペラ種類等	☒ CPP、 ☐ FPP 材質 A1BC		プロペラ回転数×方向	310r.p.m ×右、左	
プロペラ形状等	直径(%) 翼数展開面積比 2200×3×0.5		プロペラ軸径×長さ	220φ×3317.5	
船尾軸受	種 類	☒ リグナムバイタ オイルバス式、カッタレス、その他			
	給 水 方 法	独立ポンプ、 ☒ 主機冷却水から分岐		排 水 口	☒ 有 ☐ 無
ロ ー プ ガ ー ド	☒ 有 ☐ 無		事故までの使用期間	1年3ヶ月	

船尾寸法(単位%)



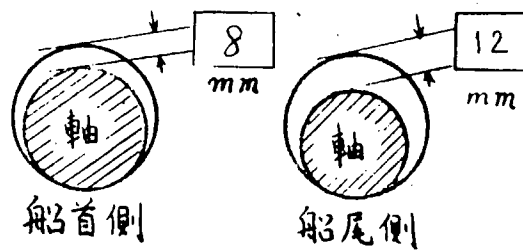
同型船記入欄

船 名	建 軍 年 月 日	用 途	主 機 メ カ ー 及 び 型 式	プロペラの種類×直径×翼数×回転数
1. 丸	42-5	鮪延縄	ニイガタ 6M37AHS	CPP×2200×3×310
2. 丸	42-7	"	" "	" " " "
3. 丸	44-3	"	" "	" " " "

2 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

軸が折損した。その時の軸の磨耗量は下図のとおり。



(2) 船体関係

事故なし

3 その他

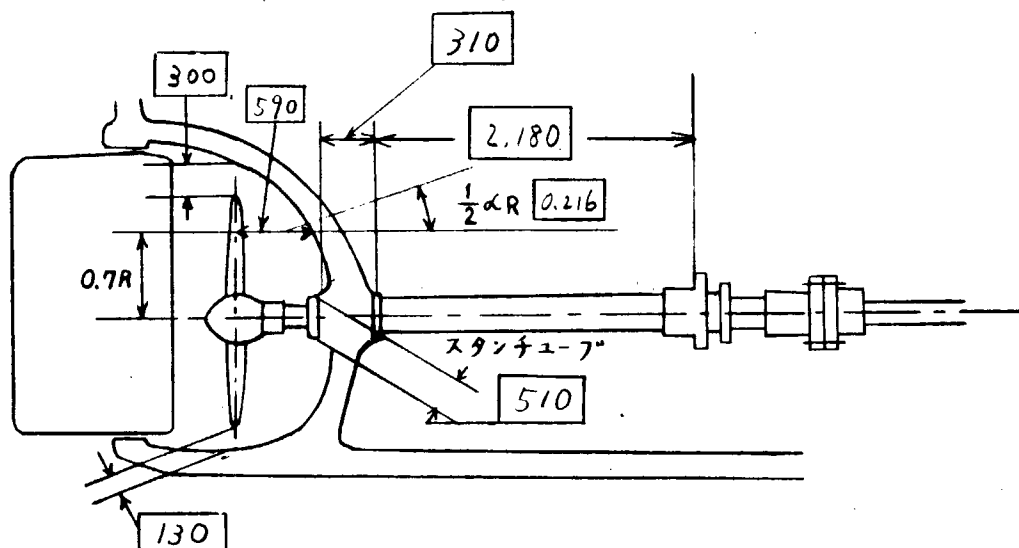
特記事項なし

表 1.3.1 船尾部事故実態調査結果 (k)

1. 一般事項

調査年月日		調査者氏名	
船主名		船籍地	
船名	K 丸	用途	練習船
船体要目	$\frac{W}{T}$ 223 $\frac{G}{T}$ 3300 $\frac{L_{pp}}$ 660 $\frac{B}{D}$ 330 $\frac{df}{Cb}$ 280 $\frac{C}{b}$ 0.70		
建造造船所名		竣工年月日	S30-3
主機関	メーカー 赤坂製 型式 TS-6 型 450Ps × 330 r.p.m 1基 1軸		
プロペラ種類等	CPP、FPP 材質	プロペラ回転数×方向	330 r.p.m × (右) 左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積比 1,800×3×0.36	プロペラ軸径×長さ	158φ×2670
船尾軸受	種類 (リグナムバイタ、オイルバス式、カットレス、その他) 給水方法 独立ポンプ、主機冷却水から分岐 排水口 (有) 無		
ロープガード	(有) 無	事故までの使用期間	データーなし

船尾寸法(単位%)



同型船記入欄：なし

2 事故の状況

(1) 軸系関係

軸が折損したか詳細データなし

(2) 船体関係

事故なし

3 その他

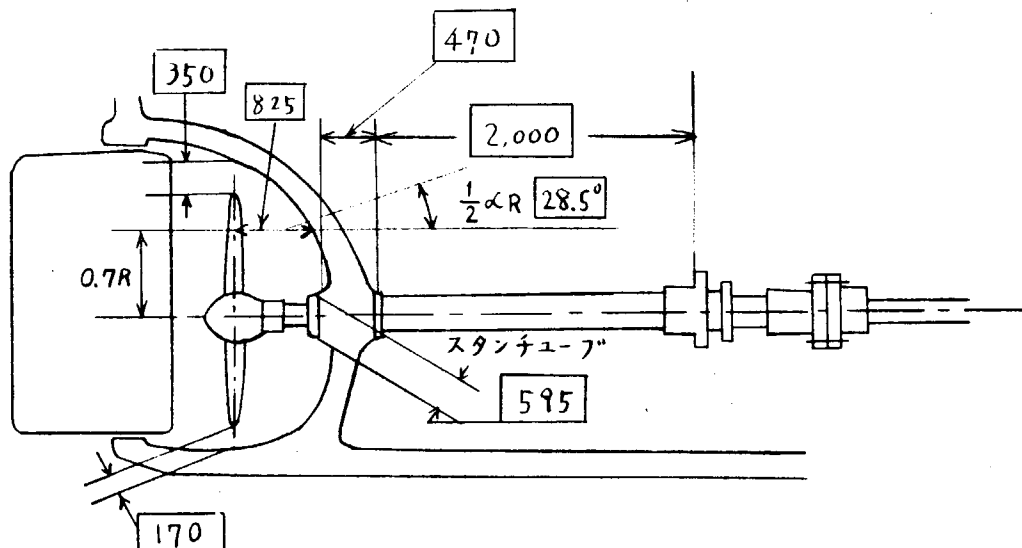
特記事項なし

表 1. 3. 1 船尾部事故実態調査結果 (1)

1. 一般事項

調査年月日	S 4 7 - 7 - 2 0	調査者氏名	
船主名		船籍地	
船名	L 丸	用途	トロール
船体要目	W/T 3 4 9 G/T L_{pp} B D df Cb 5 4.4 × 9.0 × 5.8 8 × ×		
建造造船所名		竣工年月日	
主機関	メーカー 型式 赤坂製 AH 4 0 型 2 5 0 0 Ps 2 9 0 r.p.m 1 基 1 軸		
プロペラ種類等	☒ CPP ☐ FPP 材質 HBS C ₂	プロペラ回転数×方向	2 9 0 r.p.m × 右、左
プロペラ形状等	直径(%)翼数展開面積比 2 6 0 0 × 3 × 0.4 9 2	プロペラ軸径×長さ	2 5 0 φ × 3 6 8 0
船尾軸受	種類	☒ リグナムバイタ オイルバス式、カッタレス、その他	
	給水方法	独立ポンプ ☒ 主機冷却水から分岐	排水口 有 無
ロープガード	☒ 有 無	事故までの使用期間	2, 9 6 4 時間

船尾寸法(単位%)



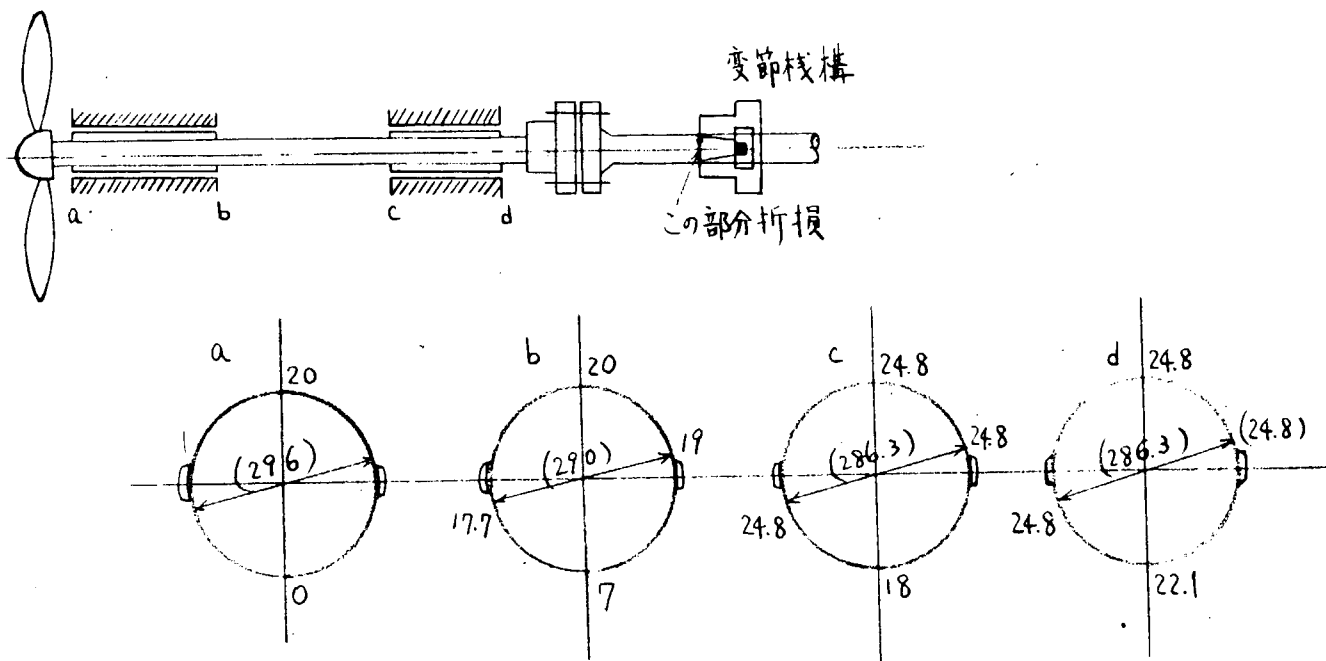
同型 船記入欄

船名	建造年月日	用途	主機メーカー及び型式	プロペラの種類×直径×翼数×回転数
1.	4 6. 8	トロール	赤坂 AH 4 0	CPP × 2 6 0 0 × 3 × 2 9 0
2.	4 6. 1 0	"	ニイガタ 6 MA 4 0 X	CPP × 2 6 0 0 × 3 × 3 1 0
他 1 0 隻 姉妹船多数				

2 事故の状況

(1) 軸系関係 (プロペラ軸、中間軸)

下図に示すように軸が折損した。



(2) 船体関係

事故なし

3 その他

事故原因の推定、事故後とった処置その他気付いた事項を次に記す。

- (i) リグナムバイタの異状磨耗による折損であることは明らかであるが、その異状磨耗の原因は、いろいろな推論以上の決定的なものが見出せなかった。
- (ii) 同型船、同類船が多数あるが、このような事故を起こしたのは初めてである。
- (iii) 復旧後、7ヶ月経過し、その間入港の度に点検しているが全く異状はない。

(iv) 船尾関係修理統計及馬力の変遷

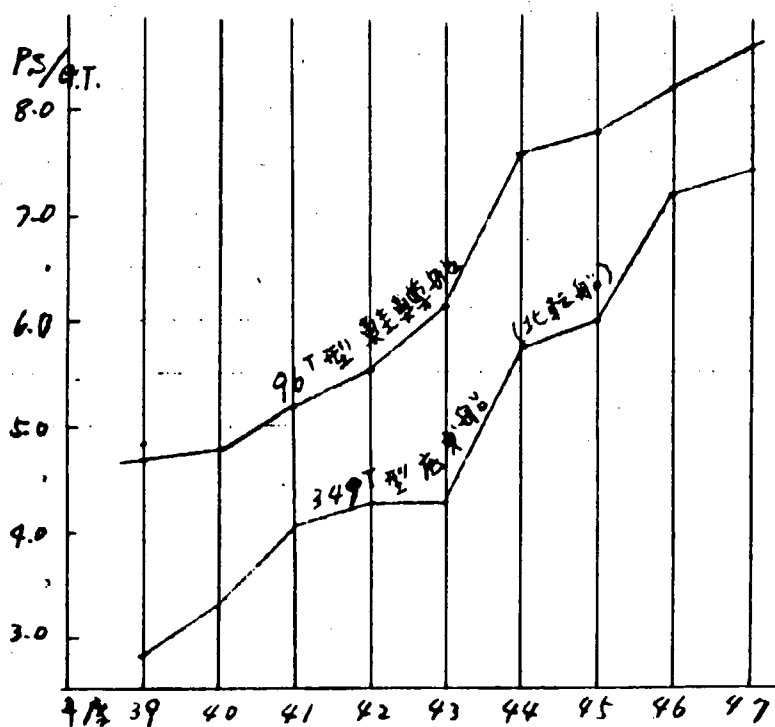
年 度	リグナムバイター 交 換	底 曳	鮪	鮭 鱒	そ の 他	検 査 時 行 っ た も の
40年	45	0	24	3	18	32
41年	33	1	15	2	15	26
42年	17	1	8	5	3	10
43年	31	8	9	9	5	24
44年	25	7	7	8	3	13
45年	46	15	10	9	12	30
46年	55	16	11	12	16	24
計	252	48	84	48	72	159

年 度	シャフトの異状	内交換するもの	底 曳	鮪	鮭 鱒	そ の 他	検 査 時 行 っ た も の
40年	16	0	0	8	0	8	12
41年	15	1	0	9	2	4	10
42年	16	0	2	8	2	4	11
43年	27	0	8	7	5	7	22
44年	22	0	11	4	2	5	13
45年	43	1	15	9	11	8	28
46年	54	4	29	8	9	8	30
計	193	6	65	53	31	44	126

年 度	船体亀裂	舵 箱	外 板	その他	浮上修理	底 曳	鮪	鮭 鱒	その他	検 査 時 行 っ た も の
40年	3	1	0	2	2	0	1	0	2	0
41年	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
42年	3	1	0	2	2	2	0	1	0	0
43年	6	2	0	4	4	5	0	1	0	0
44年	11	3	1	7	6	11	0	0	0	1
45年	23	4	3	16	12	15	1	7	0	4
46年	30	7	2	21	11	27	1	1	1	6
計	77	18	6	53	38	61	3	10	3	11

年 度	2件以上の異 状が同時にあ ったもの	底 曳	鮪	鮭 鰯	そ の 他	検 査 時 行 っ た も の
40年	12	0	7	0	5	9
41年	9	0	4	1	4	5
42年	9	1	5	1	2	7
43年	21	7	7	5	2	17
44年	13	7	4	1	1	9
45年	33	12	9	7	5	24
46年	38	16	7	9	6	21
計	135	43	43	24	25	82

1. 45年度より急激に船尾トラブルの発生が増加した。これは44年より著しく機関馬力が増加したためと思われる。
2. 底曳のトラブル増加が目立つのに引換え、鮪が減っているのは主として建造、修理船の増減によるものである。
3. 鮭鰯も裏作鮪のものにトラブル発生が比較的多い。



鮭鰯漁船及底曳船のPS/GT
の変遷

(349型底曳は40年度以降
降オッターロール化が行な
われ急激に建造数が増した)

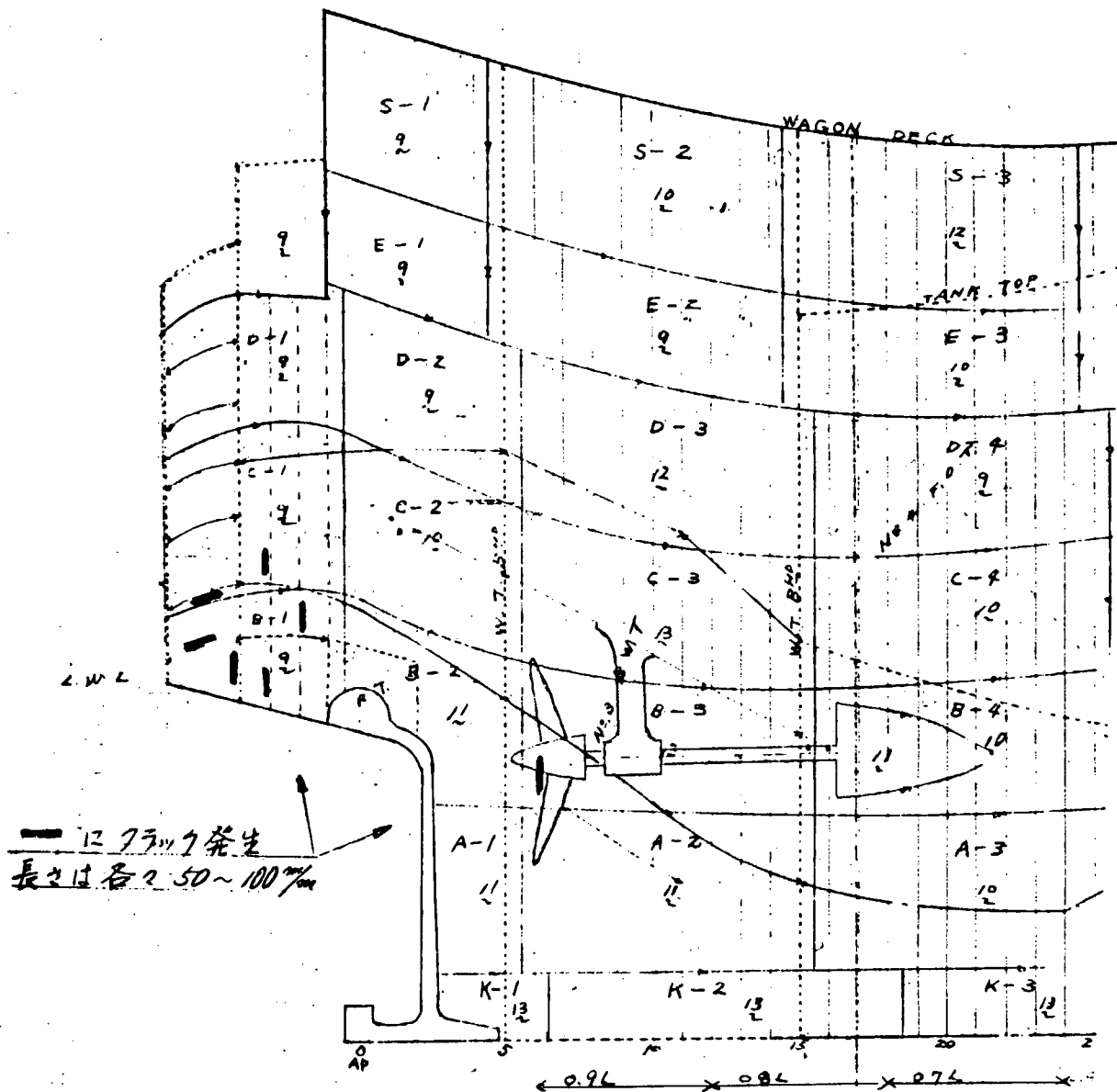
表 1・3・1 船尾部事故実態調査結果 (m)

1. 一般事項

調査年月日	42-5	調査者氏名	
船主名		船籍地	
船名	M 丸	用途	旅客兼自動車渡船
船体要目	$\frac{W}{T} 886 \quad \frac{G}{T} 54.00 \quad LPP \times B \quad 11.3 \times D \quad 4.00 \times d_f \quad 2.90 \times C_b \quad 0.65$		
建造造船所名		竣工年月日	41-4
主機関	メーカー型式型 1050 PS $\times$ 330 r. p. m 2基2軸 阪神製 Z6 WSH		
プロペラ種類等	CPP (FPF) 材質 HBSC	プロペラ回転数 $\times$ 方向	330 r. p. m $\times$ ⑤ 左
プロペラ形状等	直径(%) 翼数 展開面積化 $\times \quad \times$	プロペラ軸径 $\times$ 長さ	220 ϕ $\times$ 6960
船尾軸受	種類	① グナムバイタ、 オイルバス式、 カットレス、 その他	
	給水方法	独立ポンプ、主機冷却水から分岐	排水口 有 無
ロープガード	有 無	事故までの 使用期間	
船尾寸法	(記述なし)		
同型船記入欄：なし			

2. 事故の状況

- (1) 軸受関係 事故なし
- (2) 船体関係 下図の如くクラック発生(昭、41年10月頃から昭、42年4月頃)



3. その他

(1) 事故原因の推定

プロペラの回転により翼にはねられた水流が外板に当り振動を起す為生じた一種の疲労破壊と考える。

(2) 事故後とった処置

下図の如く二重張りとしたら以後は止った。

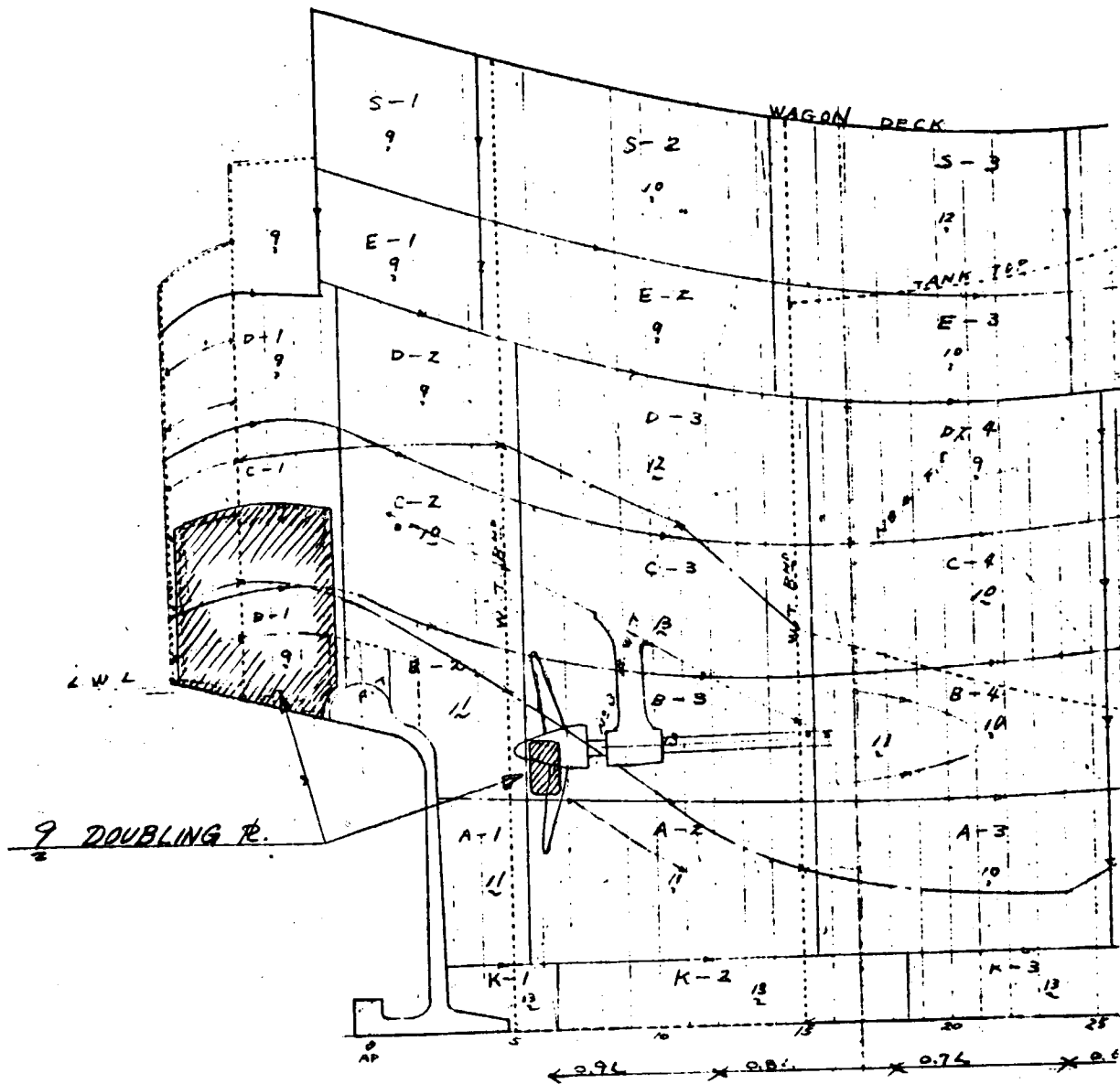


表 1・3・1 船尾部事故実態調査結果 (n)

1. 一般事項

調査年月日		調査者氏名	
船主名		船籍地	
船名	N 丸	用途	遠洋底曳網漁船
船体要目	$\frac{W}{T} 299 \frac{G}{T} 37.60 \frac{L_{pp} \times B \times D}{8.10 \times 3.89 \times 3.50} \times \frac{df}{0.703} \times C_b$		
建造造船所名		竣工年月日	
主機関	メーカー製 型式 型 1250 PS × 550 r. p. m 1基 1軸 ニイガタ 6MG31X		
プロペラ種類等	(CPP)、FPP 材質 MnBr	プロペラ回転数 × 方向	252.8 r. p. m × ⑤・左
プロペラ形状等	直径(%) 異数 展開面積比 2400 × 3 × 0.5	プロペラ軸径 × 長さ	
船尾軸受	種類 (リグナムバイタ) オイルバス式、カッタレス、その他		
	給水方法	排水口	有 ⑤
ロープガード	有 ⑤	事故までの 使用期間	

船尾寸法 (単位 Ⅸ)

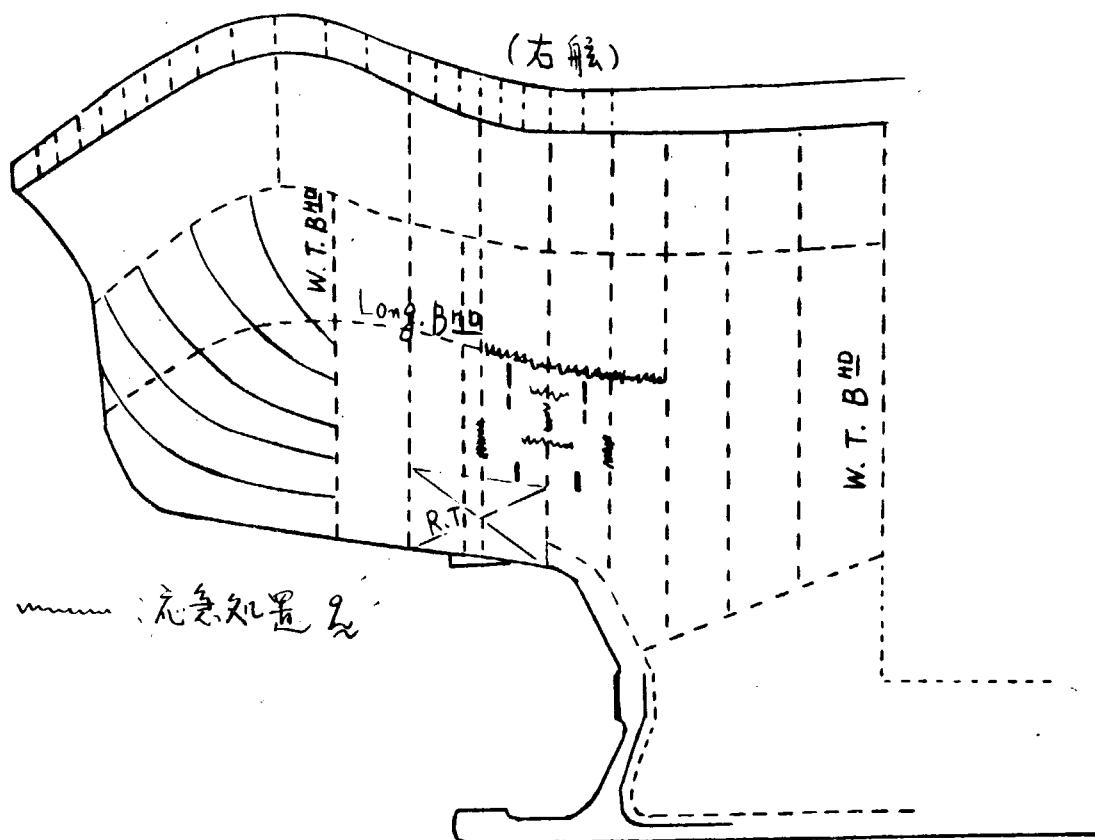
同型船記入欄：なし

2. 事故の状況

(1) 軸系関係（プロペラ軸、中間軸）

事故なし

(2) 船体関係 クラック発生位置、クラック長さ等を下図に示す。



3. その他

原因ははっきり分らないが、プロペラによるサーフェスフォースによるものと考えられる。

応急処置として、

- ① 外板亀裂個所の熔接肉盛
- ② セメント充填 100～150
- ③ サイドキールソン 65×65×6A F0～F2 各舷に各2条増設
- ④ 300×250×9 BKT新設

2. 実 船 計 測

2.1 試験船の要目

試験船は、349 総屯型北洋トロール漁船、6,600 総屯型旅客船兼自動車航走船、7,000 総屯型自動車航走客船、および404 総屯型まぐろはえ縄漁船の4隻であり、以下順に第1船ないし第4船と呼ぶ。

試験船の要目は、後節の試験結果の項にそれぞれ記載する。

2.2 試験方法

試験は大別して起振試験と航走試験に大別される。

2.2.1 起振試験

つぎの試験装置の項で述べる1 ton 起振機を、船尾 A. P. 付近の上甲板に設置し、加速度ピックアップを船尾部を主体として船体各部に取付け、200～2400 cpm の範囲で正弦波形起振力に対する応答を計測した。

2.2.2 航走試験

起振試験に引続き、海上運転時に船体各部に加速度ピックアップを軸系にストレインテレータを取り付け、プロペラの回転数を変化させて、プロペラから生ずる Surface Force、Bearing Force などの多重重畳波起振力に対する振動応答を計測した。なお、可変ピッチプロペラ付の船については回転数を一定として翼角を変化させる条件での計測も実施した。

各船に対する試験の詳細は計測結果の項で詳述する。

2.3 計測機器

2.3.1 起振機

伊藤精機 KK 製 EX-50 型

不平衡重錘を可変速電動機によって回転させて起振力を得る形式であり、不平衡錘偏心モーメントは0～50 Kg-cm の間連続可変である。なお、起振力はつぎの算式にて求められる。

$$F = \frac{(2\pi f)^2}{g} \cdot M \quad \dots \dots \text{Kg}$$

ここに、 f : 毎秒の起振周波数 g : 重力の加速度 980 cm/sec^2

M : 不平衡モーメント-Kg

2.3.2 加速度計

a) 国際機械振動研究所製 VM-4122 12チャンネル

チタン酸ジルコン酸鉛の圧電素子を用いた加速度ピックアップと加速度、速度、変位のいずれかの出力を有する増幅器からなりたって加速度計測の場合には

周波数範囲 0.1～50 Hz

振幅範囲 フルスケール 1 gal～1,000 gal この間10 db

アッテネーター 5段

b) 共和電業製 120 A-5 H 5チャンネル

増幅器としては、三栄測器製 6 L 4 を使用し

周波数範囲 DC～150 Hz (ローパスフィルターにより80 Hz以上Cut)

振幅範囲 フルスケール 25 gal ~ 3,000 gal 連続可変

c) 明石製作所製 サーボ加速度ピックアップ V401-BT 3チャンネル

圧電素子にサーボ増幅器を組み込んだ加速度計であり、船体の動揺を消去するためハイパスフィルター (Cut Off 2 Hz、自作) と三栄測器製直流アンプ 6L5 と組合せて使用した。

周波数範囲 DC ~ 250 Hz (ハイパスフィルターにより 2 Hz 以下 Cut)

振幅範囲 フルスケール 1 gal ~ 3,000 gal 連続可変

2.3.3 ストレインテレメーター

ブリモKK製 ST410 2台 6チャンネル

この形式のテレメーターには高インピーダンス出力がないため、ビジグラフ用の低インピーダンス出力を直流アンプ 6L5 によって増幅し、データーレコーダ入力とした。

2.3.4 基本周期パルス発生器

明石製作所製 光電式パルス発生器 2台

起振機および中間軸の回転数を正確に求めるため、光電式のパルス発生器を使用した。

2.3.5 データーレコーダー

ティアックKK製 R-270 14チャンネル

テープ速度 15 ips、 7.5 ips、 3.75 ips

S-N比 (rms) 47 dB、 45 dB、 42 dB

周波数特性 DC ~ 5 KHz、DC ~ 2.5 KHz、DC ~ 1.25 KHz

入 力 ±1 V ~ ±20 V 連続可変 (100 KΩ 不平衡)

出 力 ±1 V ~ ±5 V " (600 Ω)

2.3.6 ビジグラフ

三栄測器製 FR-102 3台 36チャンネル

ガルバノメータ G100C、 G300、 G500

なお、データーレコーダーのチャンネル数が不足するため6点の切換ボックスを自作し、20チャンネルの記録を可能とした。また、各種加速度ピックアップと増幅器を結ぶコードは、変換端子をつけて、中間コードはすべての機器に流用しうるようにするとともに、市販のコードリールに10m、20m、50mの長さを単位として捲取り、船内の準備作業の省力化を計った。

2.4 データー処置装置

振動応答を解析するには、記録を調和解析して多重重畳波をいくつかの正弦波に分離して表示する必要がある。従来の実船振動計測のデーター処理には長期間を要するのが通例であった。しかし今回の研究のように、損傷防止対策を早急に樹立することを目的とする場合には、速やかにデーター処理を終了することが要求される。

データー処理を高速化するには、第1にデーターを人力読取りの必要のない状態で収録することが必要であり、そのために、データーレコーダーを用いてアナログ量のままのデーターを保存した。電氣的に変換されて保存されたデーターを調和解析するには、A-D変換してコンピューター処理する方法とアナログ的にバンドパスフィルターによって周波数分析する方法とがあり、コンピューター処理は、対象とする現象の周期性が確実に完全に定常的な場合にはフーリエ解析が逆変換も可能なもっとも正確な方法であり、対象とする現象が非定常的な場合には、高速フーリエ変換と呼ばれる周波数成分分析が用いられる。最近の一般的な傾向として、

動的現象の解析には高速フーリエ変換（F. F. T と呼ばれる）が主流となっている。

本研究においても計画の当初は F. F. T 解析を予定していたが、種々検討の結果アナログ的な周波数分析が A-D 変換を必要としない、解析結果が直ちにグラフ表示され、直視的な判断が解析しながら可能である、装置の価格がコンピューターシステムに比して 1/100 程度である、解析精度はコンピューター方式より劣るが、工業的には十分である、などの諸点を考慮してアナログ処理装置を用いることとした。

使用した処理解析装置のブロック図を図 2.4.1 に、その仕様をつぎに示す。

2.4.1 自動振動分析器

分析器は図 2.4.1 に示すように、トラッキングフィルター 2 台と、演算操作器 2 チャンネルを主体として構成されている（明石製作所製 A V A - 4 ）。

分析周波数	5 ~ 20 KHz
分析バンド幅	5 Hz
電圧入力	フルスケール 10 mV ~ 3.16 V この間 10 dB 4 ステップ
出力（2 チャンネル）	Lin 比例（加振力、加速度） Log 比例（＃、＃） 積分値 log 比例（速度） 二重積分 Log 比例（変位） パワースペクトル密度比例

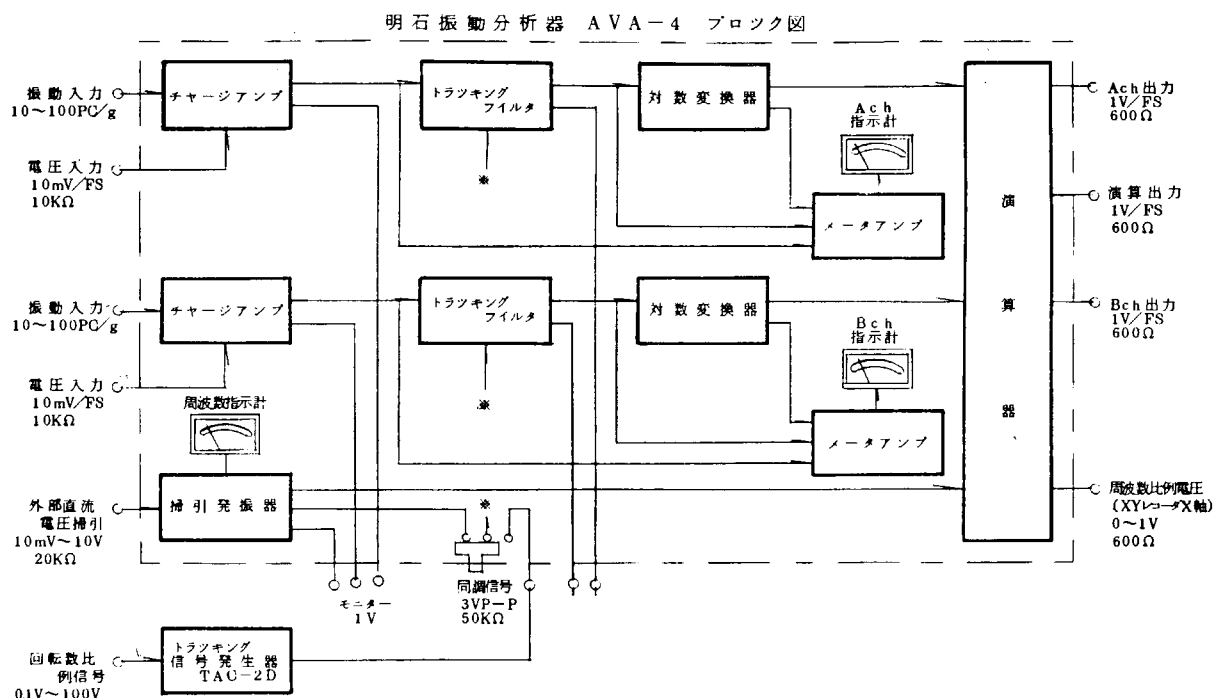


図 2.4.1 明石振動分析器 A V A - 4 ブロック図

演算出力 $\text{Log} (F/V)$ 比例 (機械インピーダンス)
 $\text{Log} (V/F)$ 比例 (モビリティ)
 $\text{Log} (X/F)$ 比例 (ダイナミックコンプライアンス)
 $\text{Log } B_{ch}/A_{ch}$ 比例 (ゲイン、伝達率)

周波数比例出力 Lin 、 Log 比例

自動掃引時間 0.1分～99.9分
 選 択 度 60 dB 低下バンド幅 / 3 dB 低下バンド幅
 シェープファクター : 5
 ダイナミックレンジ 60 dB
 応 答 時 間 1 sec / 60 dB

2.4.2 トラッキング信号発生器

回転数に比例したパルス信号を受けて回転数に比例した周波数の正弦波を瞬時に発生する (明石製作所)

製 T A C - 2 D

入 力 1. 回転数比例電圧 0.1～100 V peak
 2. 掃引発振器よりの入力電圧 3 V peak
 出 力 1. 入力1の周波数に比例した周波数の正弦波
 2. 入力1の周波数に比例した直流電圧
 3. 入力2の周波数 / 入力1の周波数の比に比例した直流電圧

$\frac{\text{出力1の周波数}}{\text{入力1の周波数}}$ 0.01～9.99 連続

$\frac{\text{入力2の周波数}}{\text{入力1の周波数}}$ 9.999、99.99、999.9、9999 4ステップ

周波数比表示 4桁 デジタルカウンタ

周波数表示 5桁 "

出力2、出力3の応答時間 1回転 (入力信号) の時間 + 0.5 msec

2.4.3 X Yレコーダー

横河電機 K K 製 3078

2.4.4 バンドパスフィルター

N F回路ブロック K K 製 F V - 603 T 18 dB / OCT
 2 Hz～2 KHz 連続可変

2.5 解 析 方 法

2.5.1 R P M ト ラ ッ キ ン グ

起振機、または中間軸の1回転に対応するパルスをデーターレコーダに記録し、これを再生してトラッキング信号発生器の入力1に投入するとともに、加速度の信号記録の再生を自動振動分析装置のA・B両チャンネルに投入し基本周波数 (起振機または中間軸の回転数) に対する1次成分を連続的に分析し、X軸に基本周波数の比例電圧を Y_1 、 Y_2 軸にA・Bチャンネルの分析出力 (振幅の対数比例電圧) をそれぞれ与えて、X Yレコーダーに直記させる。

図 2.5.1(a) は第1船第15興北丸の起振試験についての解析例を示し、この場合には起振機の増速を急

に行なっているため階段状の波形となっており、振幅ピークは正確に読取り難い。図 2.5.2(b)は第 4 船第 5 幸漁丸の起振試験の解析例を示し、この場合には起振機の回転数変化が分析器に应答するように緩やかに行なっており、整った応答波形が示されている。

なお、分析器の周波数帯減は 5 Hz 以上であるため、分解能を向上するためデーターレコーダーの記録時のテープ速度は 3.75 ips とし、再生時には 7.5 ips、または 15 ips としている。この方法で解析するには入力データを連続的变化の状態 で収録することが必要であり、テープレコーダーの速度変換比が大きくとれば極めて単時間(1分程度)で解析しうる。

2.5.2 レシオスイープ

基本周波数が一定の場合に、基本波をトラッキング信号発生器の入力 1 に加え、自動振動分析器の掃引発振器よりの入力を信号発生器の入力 2 に加え、掃引周波数と基本周波数の比(次数)をデジタル表示しながら、それに比例する直流出力を XY レコーダーの X 軸に与える。自動振動分析器には現象を A、B チャンネルに与えて周波数分析を行ない、周波数成分が対数比例の直流電圧として、XY レコーダーの Y₁、Y₂ に与えられる。図 2.5.2 は、レシオスイープによって第 4 船第 5 幸漁丸の航走試験時の加速度データーを処理した結果を一例として示す。この場合にも最低の周波数を分析器の下限に合わすため、データーレコーダーの再生送度を 2 倍にして 4.65 Hz (279 rpm) の主軸回転数における現象を 9.3 Hz とし て解析している。レシオスイープの場合、1 次から 17 次まで処理する時間として 1 分程度が必要であるが、実船航走試験の場合、再生時の 1/2 のテープ速度で記録するため、船速整定状態の記録は 1 分程度となる場合が多く、図の例においても 1 次から 17 次までの処理時間(Single Sweep Time、図中 S. S. T と略記する)は 0.5 分になっている。そのため、次数成分のピークと次数目盛とは 0.2 次程度の誤差を生じている。この分析方法の特徴は、フーリエ解析のように基本周波数に対する整数倍の次数を表示する方法と異なり、掃引次数範囲の実数倍の次数成分を示すことであり、云いかえれば基本周期について周期性のない現象波形(船体振動の航走中の波形は多くの場合非周期的である)についても処理可能である。しかし一方では次数成分についての位相を示し得ないのが最大の欠点であり解析結果を逆変換してもとの現象波形に合成することは不可能である。

2.5.3 解析結果の表示方法

a) 起振試験

起振試験の場合には、図 2.5.1(a)または図 2.5.1(b)のような解析結果から、ピーク値とその周波数を読みとり、船体各部の計測点について共通して現われるピークを共振モードおよび共振周波数と考えた。その場合、低次の船体振動については、各計測点のピークの周波数はほぼ一致するが、高次になるにつれて、数多くのピークが現われ、計測点ごとにその周波数が僅かずつ異なる傾向が顕著になっている。それゆえ、解析結果を表示する方法としては、各計測点それぞれについてすべてのピークとなる周波数を書き出し、全計測点についてピーク周波数の分布を求めていくつかの群の中心を見出し、これを共振周波数とする方法をとっている。

起振試験の目的は共振周波数を求めるとともに、その周波数における加速度振幅と位相とを求めて振動モードを表示することであり、加速度振幅は図 2.5.1(a)、(b)などの解析図から直読できるが、位相はこの解析方法では求められない。それゆえ位相はビジュグラフの波形から目視で読み取っている。この場合の問題点は、ビジュグラフ上の波形の振れ幅が大きく、起振機以外の振動源による加速度成分(ノイズ)が少なければ正確に読み取ることができるが、カーフェリーのように船体が大きく、かつ補機が動いている状態で起振試験を行なわなければならなかった船については、起振機の応答がノイズに埋れて位相が判別できない場合も少なくなかった。

第15興北丸	100
起振 V	3.75 ips
7 G、8 R	0.3 sec
6~22 Hz	RPM

ch、7 上甲板左舷端 FrNo. 46、1次
ch、8 上甲板左舷端 FrNo. 31、1次

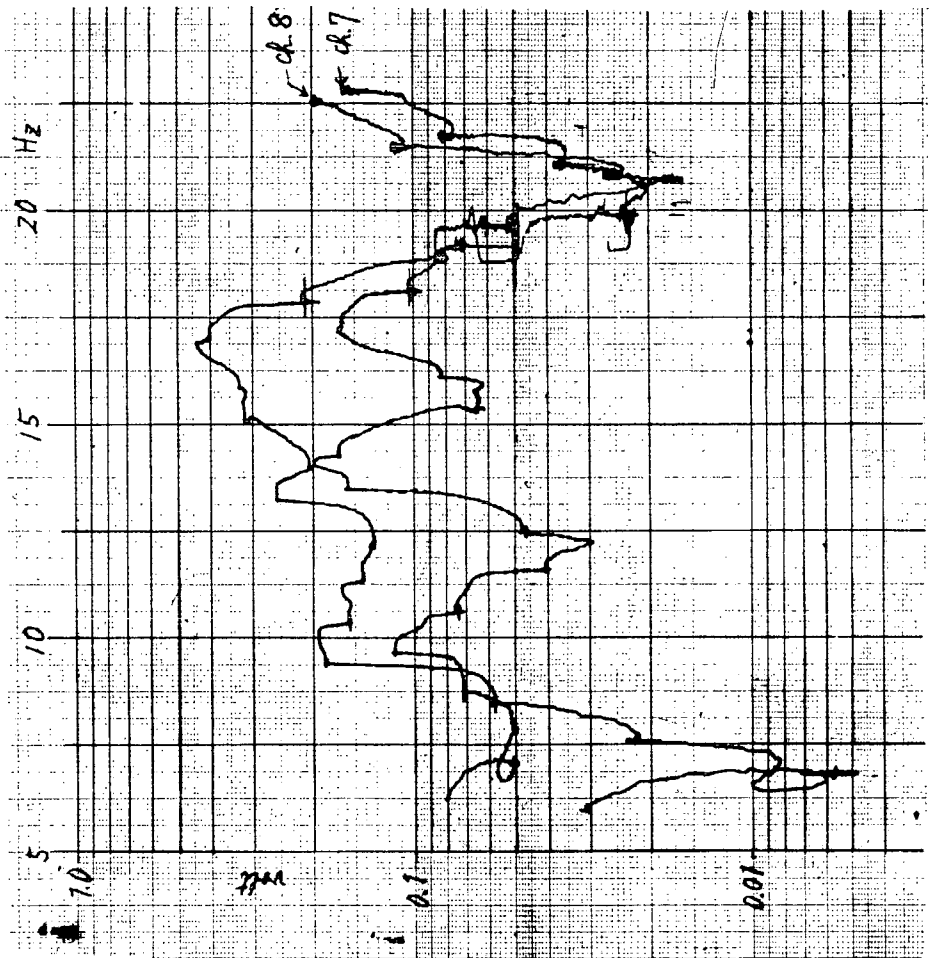


図 2.5.1(a) 第15興北丸起振試験 (RPM Tracking)

船名	第5幸漁	感度	100
実験番号	10	送り速度	3.75 ips
計測点	2 G 3 R	T. O.	0.3
周波数	2.5~23	S. S. T.	R. P. M.

ch、2 Bridge Deck
(FrNo.1) 1次
ch、3 Upper Deck
(FrNo.15) 1次

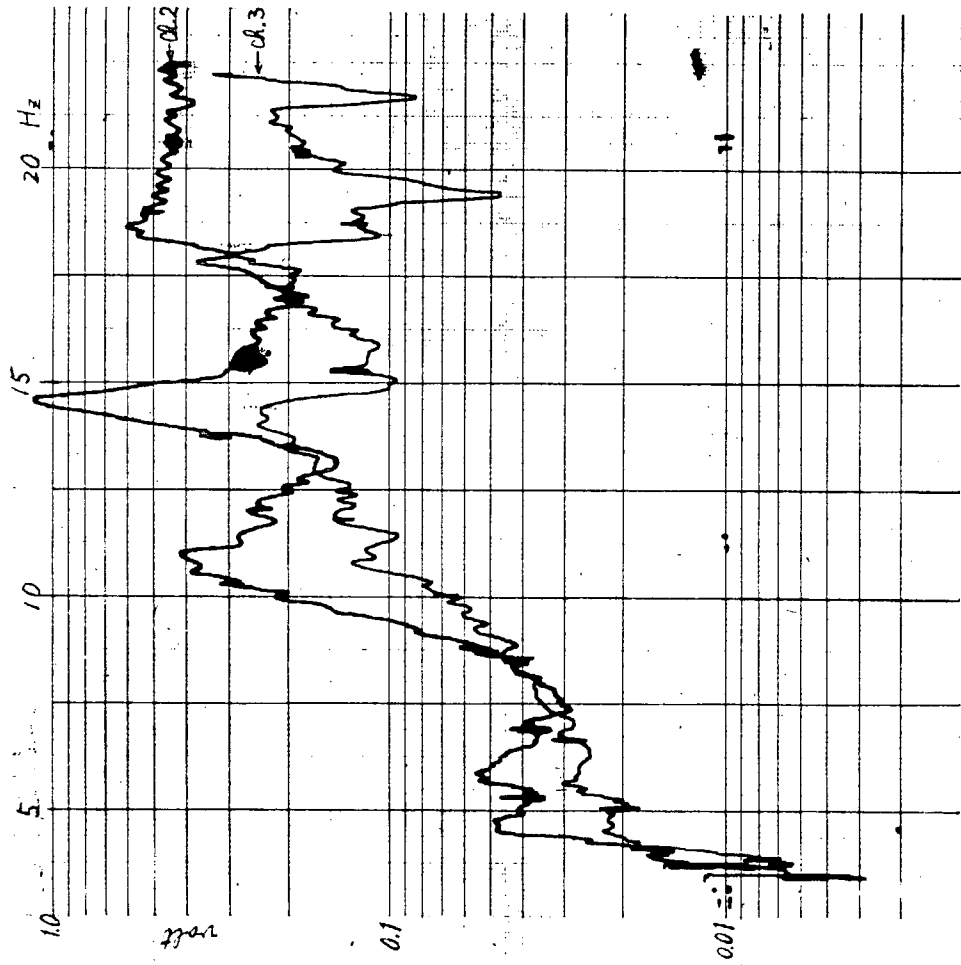


図 2.5.1(b) 第5幸漁丸起振試験 V方向

船 名	第5幸漁丸	感 度	100
実験番号	16-15	送り速度	7.5ips
計測点	2G3R	T. C.	0.3 sec
周波数	9.3 Hz	S. S. T.	0.5min

ch. 2 Upper Deck
Fr No-3 H 方向
ch. 3 Upper Deck
Fr. No. 15 V 方向

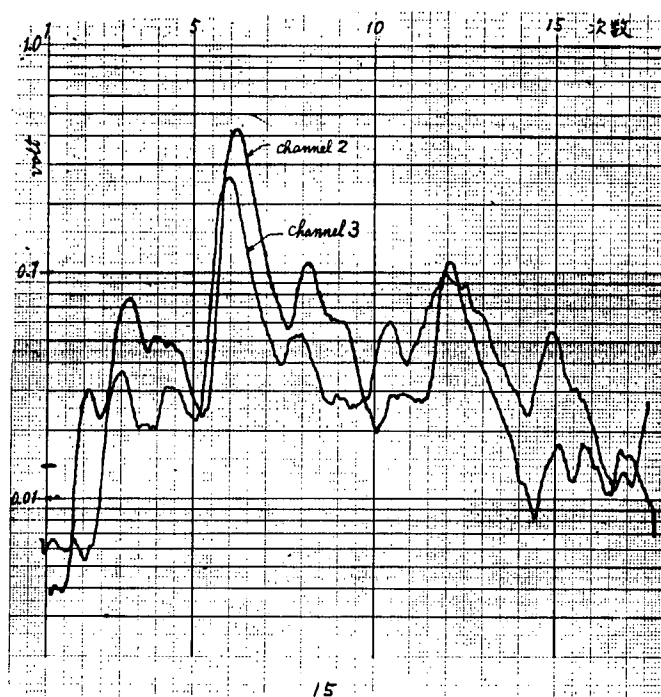


図 2.5.2 第5幸漁丸航走試験 (Ratio Sweep)

つぎに加速度振幅の表示方法は、今回の試験に用いた起振機が偏心重錘型であるため、起振力は回転数の自乗に比例して増加していることを考え、加速度振幅の計測値を起振力 1,000 Kg の場合に換算している。船体振動のように減衰作用の強い振動システムについて起振力と加速度振幅が比例すると云う保証はないが、加速度振幅 A を起振力 F で割った値、 A/F は Dynamic Intennance と呼ばれ対象部の振動応答を普遍的に評価する物理量として用いられているため、起振試験の応答は A/F ($F = 1,000 \text{ Kg}$) として表示している。

b) 航走試験

航走試験の場合は、図 2.5.2 に示すようなレシオスイープによってデータを解析し、1 次～16 次の間でピークとなる次数を摘出し次数とピーク値を読み取っている。船体振動の起振力としては、プロペラ羽根 Z の整数倍の次数成分が現われることが知られているため、その次数については解析波形上でピークのあるなしにかかわらず読み取るとともに $1.5mZ$ (m は整数) の次数にも成分振幅が大きいことが解析図から判明したため、第2船以降では $1.5mZ$ 次も読取り点として付加した。また、減速機付の主機を搭載する船については、主軸の回転に対する次数を i 、主機関から生ずる起振力は減速比を R として、主機関の回転に対する次数 j は

$$i = jR$$

となり、一般に整数次にならないが、解析図において振幅ピークで R 次および $2R$ 次に相当する成分についてはできるだけ読み取っている。

航走試験の解析結果は、上に述べた次数成分振幅の読み取り値を、主軸回転数を X 軸にとって、船速整定条件ごとにプロットする方法で表示している。なお、前に述べたように、レシオスイープによる航走試験解析結果は位相を求め得ないため、航走中の振動モードを求めることは不可能であり、ビジュグラフで位相を判別することもできなかった。

2.6 第1船第15興北丸の解析結果

第1船第15興北丸についての主要目、計測器の取付位置、データー解析結果をつぎに示す。

表 2.6.1	第 15 興北丸主要目
表 2.6.2	加速度ピックアップおよびひずみゲージ取付位置
表 2.6.3	計測器結線
図 2.6.1	第 15 興北丸計測点配置図
図 2.6.2	第 15 興北丸起振試験上下振動モード (a)、(b)
図 2.6.3	第 15 興北丸起振試験水平振動モード (a)、(b)
図 2.6.4	第 15 興北丸航走試験回転数変化 (a)~(f)
図 2.6.5	第 15 興北丸航走試験 C P P 角変化 (a)~(f) (曳網中を含む)
図 2.6.6	第 15 興北丸キャンベルチャート (a)、(b)
図 2.6.7(a)	第 15 興北丸航走試験軸ねじり応力、軸馬力
図 2.6.7(b)	第 15 興北丸航走試験軸曲げ応力

表 2.6.1 第 15 興北丸主要目

船 主	㈱ 北海道漁業工社	
漁 業 種 類	遠 洋 底 び き 網 漁 業	
全 長	5 5.5 0 m	
幅	9.0 0 m	
深 さ	5.7 5 m (3.6 0 m)	
総 屯 数	3 4 9.1 4 t	
速 力	1 4.4 kt	
主 機 関	赤 阪	A H 4 0
シ リ ン ダ 数	6	
シ リ ン ダ 直 径	4 0 0 mm	
ス ト ロ ー ク	6 0 0 mm	
出 力	2,6 0 0 ps	
回 転 数	2 9 0 rpm	
ブ ロ ペ ラ	か も め	C P C - 8 0
直 径	2,7 0 0 mm	
翼 数	3	
ブ ロ ペ ラ 軸	ゴ ム 捲 (2 6 0 ϕ、1 1 0 ϕ 中空孔)	
機 関 付 中 間 軸	3 1 0 ϕ	
造 船 所	山 西 造 船	

表 2.6.2 加速度ピックアップおよびひずみゲージ取付位置

計測点 No	取付部名称	取 付 位 置			加速計の種類、取付方向	
		前 後	左 右	上 下	起振機試験	航 走 試 験
1	スタンチュープ Bhd	Fr 8	CL 上	軸上380	IMV1-1、VorH	IMV1-1V、1-2H
2	機関二重底	Fr 24.5	CLより2200	二重底上	" 1-2、VorH	IMV2-5V、2-6H
3	機 関 頂 部	機関中央	CLより左600	頂 部	" 1-3、VorH	IMV1-3V、1-4H
4	機関二重底	Fr 14	CLより左1950	二重底上 450	" 1-4、VorH	
5	起 振 機	AP	CL 上	起振台上	" 1-5、VorH	
6	船首倉庫	Fr 89	CL 上	船楼甲板	" 1-6、VorH	
7	上甲板①	Fr 47	左舷側	上甲板	IMV2-1、VorH	
8	上甲板②	Fr 31	同 上	同 上	" 2-2、VorH	
9	上甲板③	Fr 20	同 上	同 上	" 2-3、VorH	
10	船尾タンク	Fr 3	CLより左300	F.O タンク床	" 2-4、VorH	IMV2-1V、2-2H
11	ブリッジ	Fr 66	CLより左2200	船首楼	" 2-5、VorH	IMV2-3V、2-4H
12	中 間 軸	Fr 9	CL 上	軸 上	" 2-6、VorH	
13	船尾門形上部	Fr -3	CL 上	門形上	共和A-1、AorH	共和 A-4
14	主マスト上	Fr 20	CLより左300	通路床	" A-2、AorH	
15	ブリッジ後門形	Fr 61	CLより左300	頂 部	" A-3、AorH	共和 A-3
16	レーダーマスト	Fr 67	CL 上	上層床	" A-4、AorH	
17	ブリッジ後門形	Fr 65	CL 上	操舵室上	" A-5、VorH	共和 A-5
18	船尾漁具倉	Fr 0	CLより左1750	上甲板		IMV1-5V、1-6H
19	漁具庫内①	Fr 0				ひずみゲージ
20	同 上 ②	"				同 上
21	船尾タンク内①	Fr 3	CL 上	軸 上		同 上
22	同 上 ②	"	"	"		同 上
23	中間軸曲げ	Fr 13	"	"		テレメーター 1-1 曲げ応力
24	同上ねじり	"	"	"		" 1-3 ねじり応力
25	プロペラ軸 フランジ	Fr 9	"	"		" 2-1 曲げ応力
26	同 上	"	"	"		" 2-2 曲げ応力
27	回転マーク				起 振 機	主 軸
28	Timeマーク					

注 VorH 起振方向と合わせ垂直または水平

AorH 垂直起振は前後方向、水平起振は左右方向

表 2.6.3 計 測 器 結 線

					データーレコーダチャンネル														ビ ジ グラフ				
					起振機	航走	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
I M V	1-1	H	スタンチューブ	Bhd	スタンチューブ	○															A-3		
		L	Bhd																				
	1-2	H	機室底前	左舷	Bhd	○															A-4		
		L	左舷																				
	1-3	H	機関	頂部	機関部	○															A-5		
		L	頂部																				
1-4	H	機室底後	左舷	機関部	○																A-6		
	L	左舷																					
1-5	H	起振機		上甲板	○																A-7		
	L																						
1-6	H	船首庫	F P	漁具倉	○																A-8		
	L																						
I M V	2-1	H	左舷	F I. 46	船尾							○									A-9		
		L	F I. 46																				
	2-2	H	左舷	F、No. 31	タンク内									○							A-10		
		L	F、No. 31																				
	2-3	H	左舷	F、No. 20	ブリッジ											○					B-9		
		L	F、No. 20																				
2-4	H	船尾タンク	内	ブリッジ												○					B-10		
	L	内																					
2-5	H	ブリッジ		機関室													○				C-3		
	L																						
2-6	H	中間軸		左舷側														○				C-4	
	L																						
F M 40M	1	H			中間軸曲げ					6 L 2 P											○	B-3	
		L																					
	2	H			不良					6 L 2 P												B-4	
		L																					
3	H				中間軸トルク					A-100										○		B-5	
		L																					
F M 44M	1				プロペラ軸曲げ															B		B-6	
	2				" "															○		B-7	
	3					不良																B-8	
6 L 4	1		船尾門形上		主マスト															B		C-5	
	2		主マスト		ひずみゲージ															○		C-6	
	3		ブリッジ後門形	(前後)																	○	C-7	
	4	H	レーダーマスト		ブリッジ																		
		L			門形																		
	5	H	ブリッジ後門																		○		C-8
		L	形の基部																				
6	H	いずみゲージ		ひずみ (APタンク)																	○		C-9
		L		ゲージ																			C-10

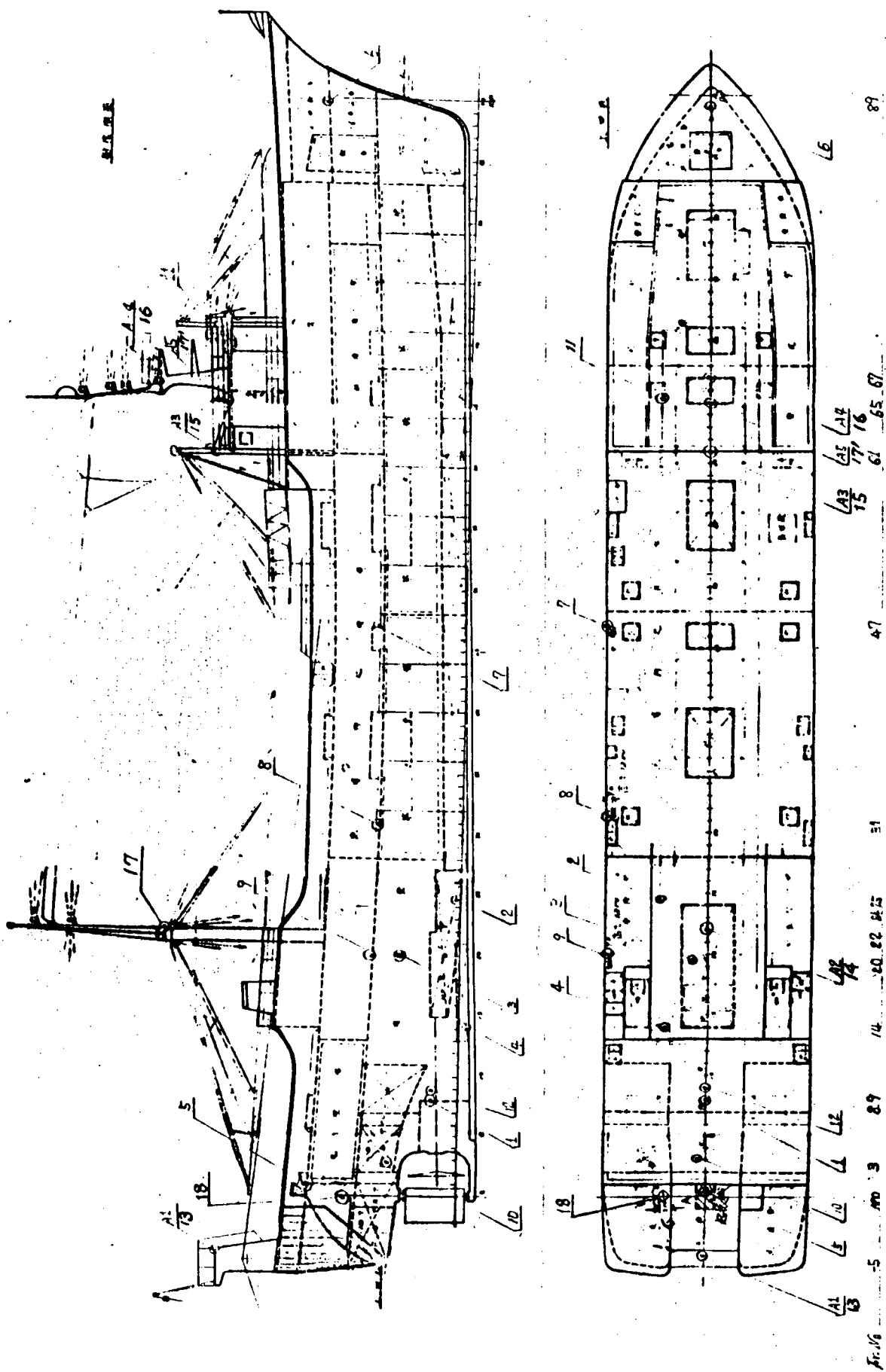


図 2. 6. 1 第 15 興北丸計測点配置図

2.6.1 試験方法

a) 起振機試験

8月1日 1500～1800 山西造船岸壁(陸上電源)

(1) 垂直起振試験

不均合鍾角度を 45° (50Kg-cm)として200cpm～1250cpmの間を50cpmごとに計測、つぎに不均合鍾角度を 150° (14Kg-cm)に変え、1200～2500cpmの間を50cpmごとに計測した。

(2) 水平起振試験

不均合鍾を 150° (14Kg-cm)として1200～2500cpmの間を50cpmごとに計測し、つぎに不均合鍾を 45° (50Kg-cm)として、200～1250cpmの間を50cpmごとに計測した。

b) 軸径アラインメント計測

8月2日 2200～2300 門脇岸壁

主機をターニングし、中間軸およびプロペラ軸フランジでテレメーターによって測定した曲げ応力を記録し主軸1/8回転ごとにパルスを付記した。

c) 操業試験時の計測

8月3日 0600～1800 金華山沖

曳網中および網揚げ中の状態で計測を行なった。

d) 航走試験

8月3日 2100～2300 石巻港外

(1) 翼角一定試験、翼角を 18° に保ち140rpmから10rpmごとに290rpmまで、各回転数で3～5分間航走し計測した。

(2) 回転数一定試験、回転数を270rpmに保ち、翼角を 0° から 2° ごとに 18° まで各角度で3分間航走し計測した。

e) 後進試験

軸回転数270rpmで翼角を 18° から -12° に変化し、前進速力12.4ktより船体停止まで記録をとった。

ハンドル操作 $18^{\circ} \rightarrow (6\text{sec}) \rightarrow 0^{\circ} \rightarrow (18\text{sec}) \rightarrow -12^{\circ}$

船速 $12.4\text{kt} \rightarrow (80\text{sec}) \rightarrow 0\text{kt}$

2.6.2 試験時の載荷状況

8月1日 起振試験

吃水 船首1.380m、船尾4.425m、平均2.902m

排水量 700ton

Cb 0.660

8月3日 航走試験

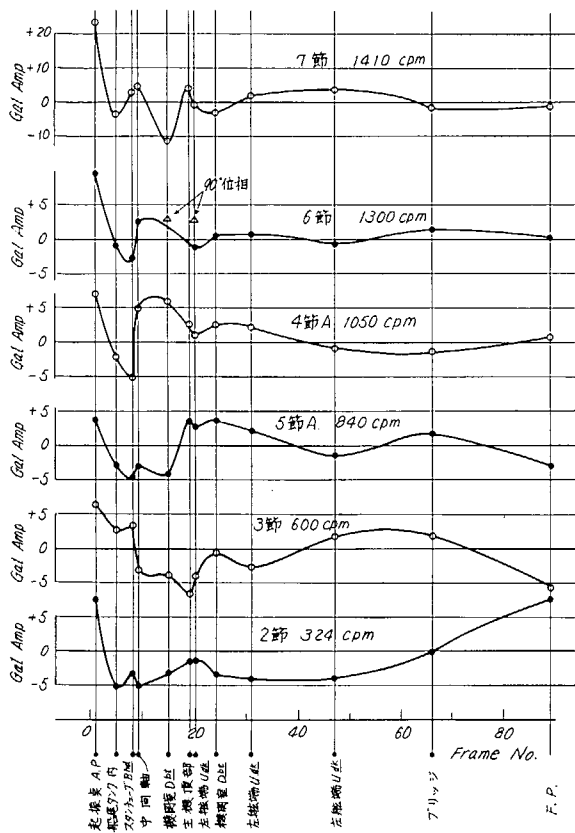
吃水 船首2.509m、船尾4.033m、平均3.271m

排水量 925ton

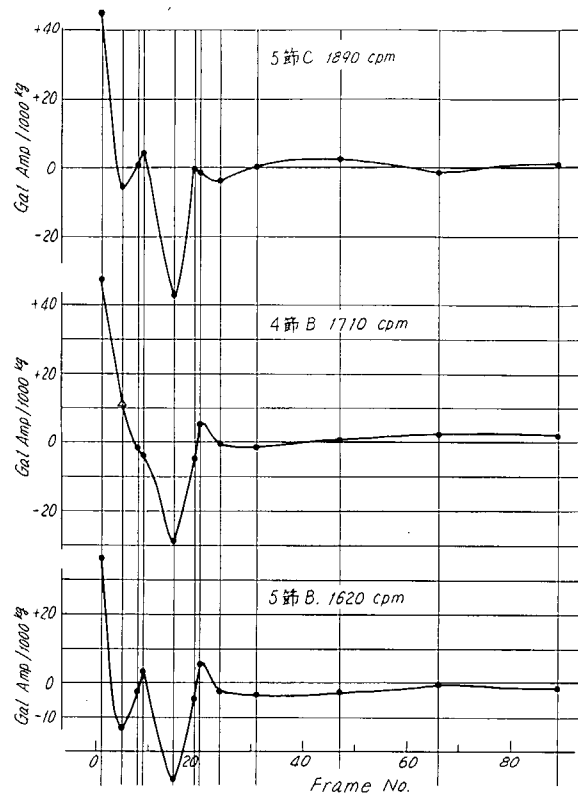
Cb 0.695

2.6.3 解析結果

解析結果を図2.6.2～図2.6.7に示す。

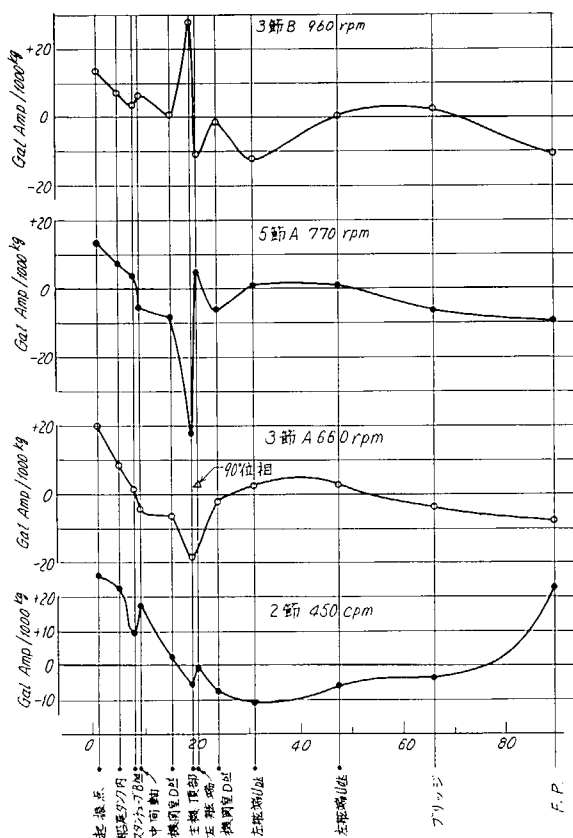


(a)

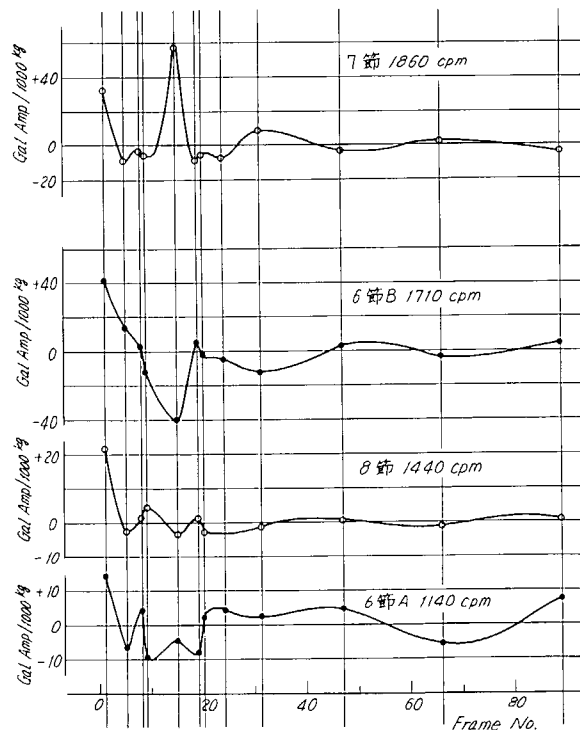


(b)

図 2. 6. 2 起振試験垂直振動モード (Gal/1000kg)

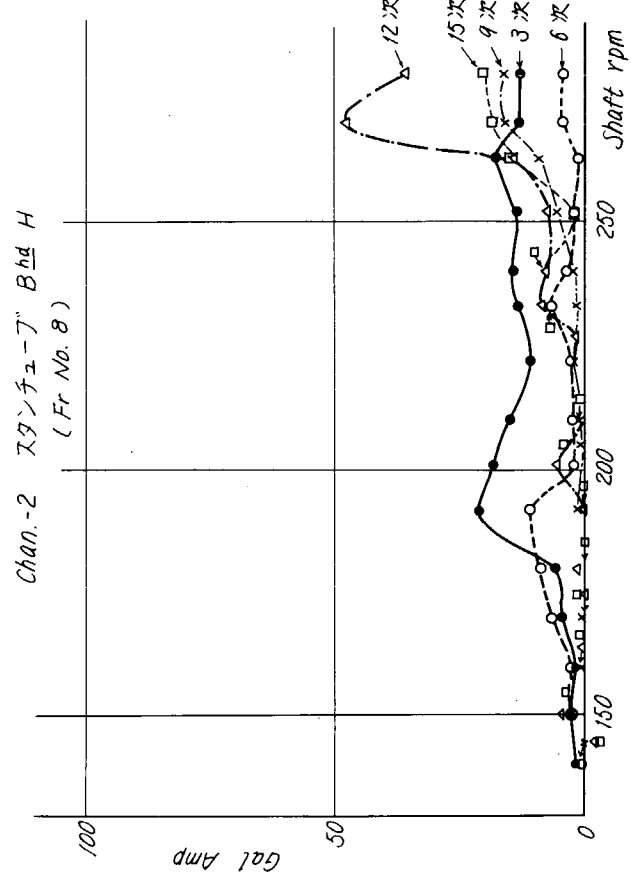
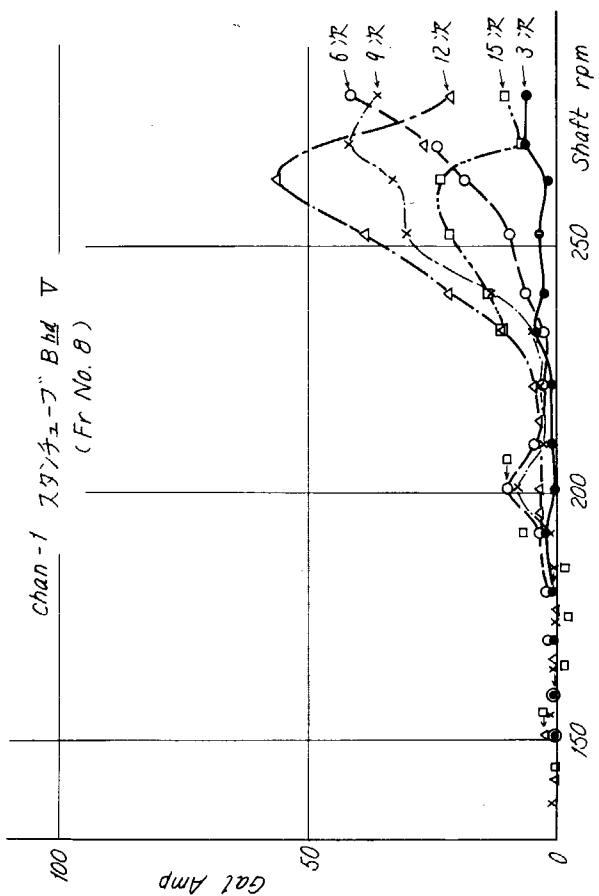


(a)

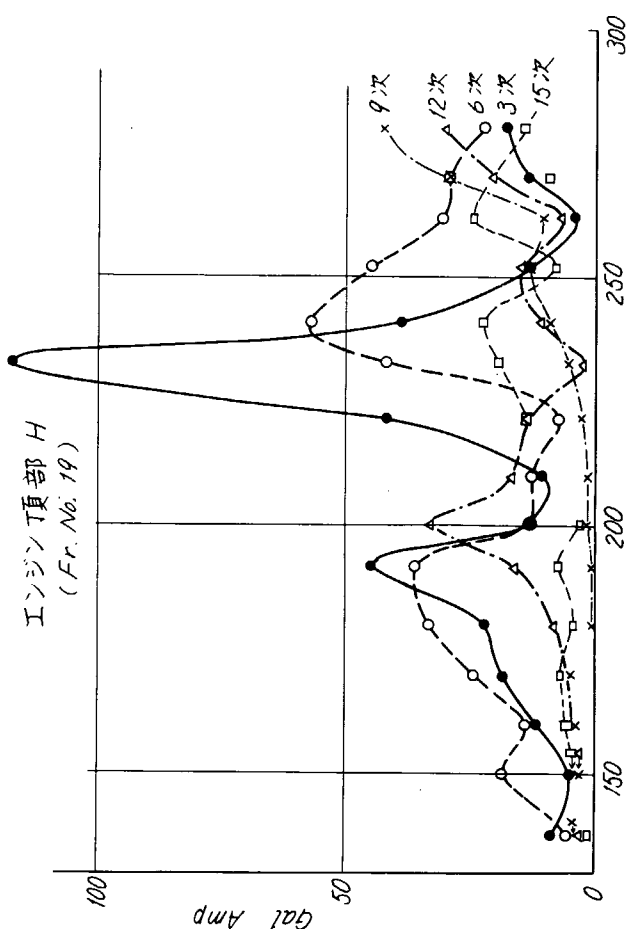
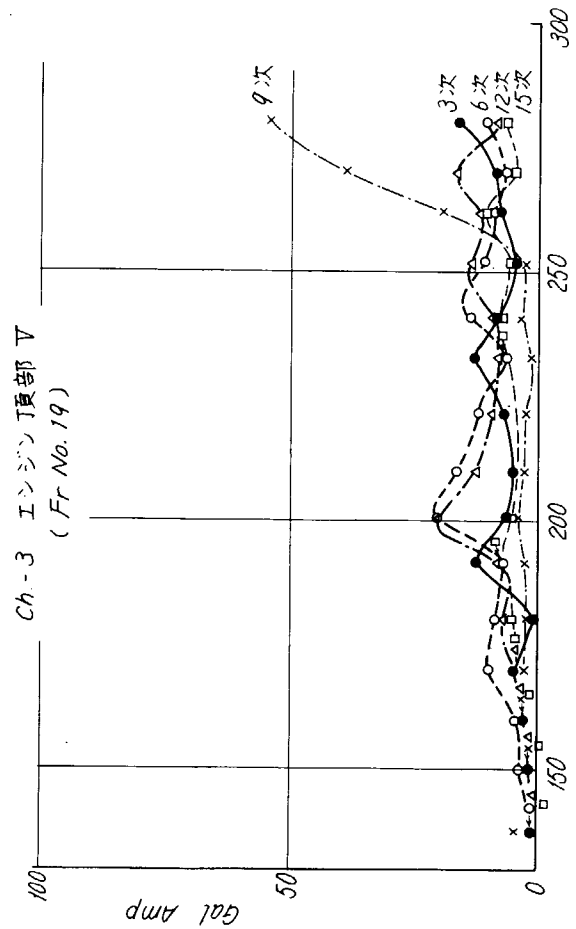


(b)

図 2. 6. 3 起振試験水平振動モード (Gal/1000kg)

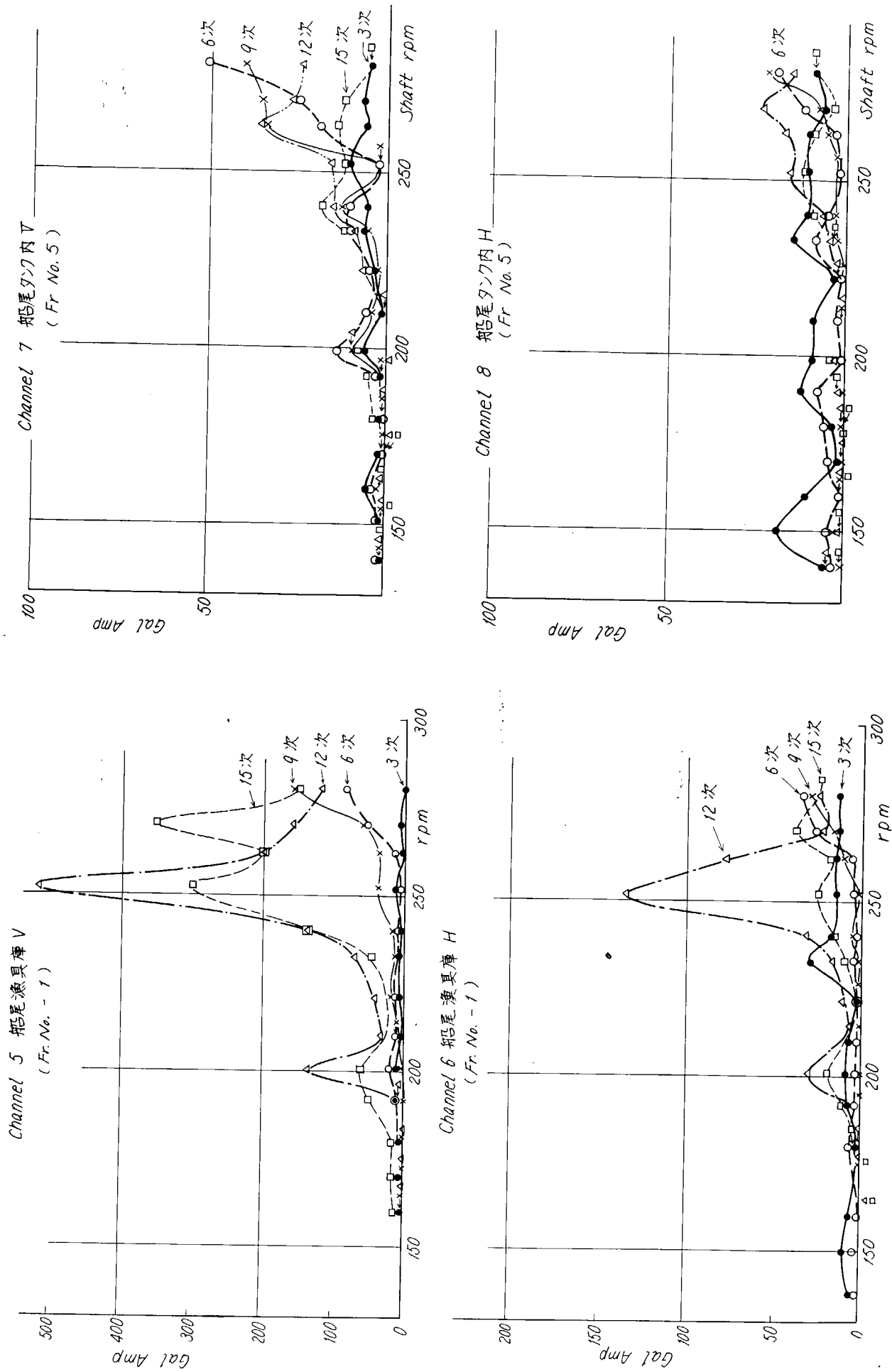


(a)



(b)

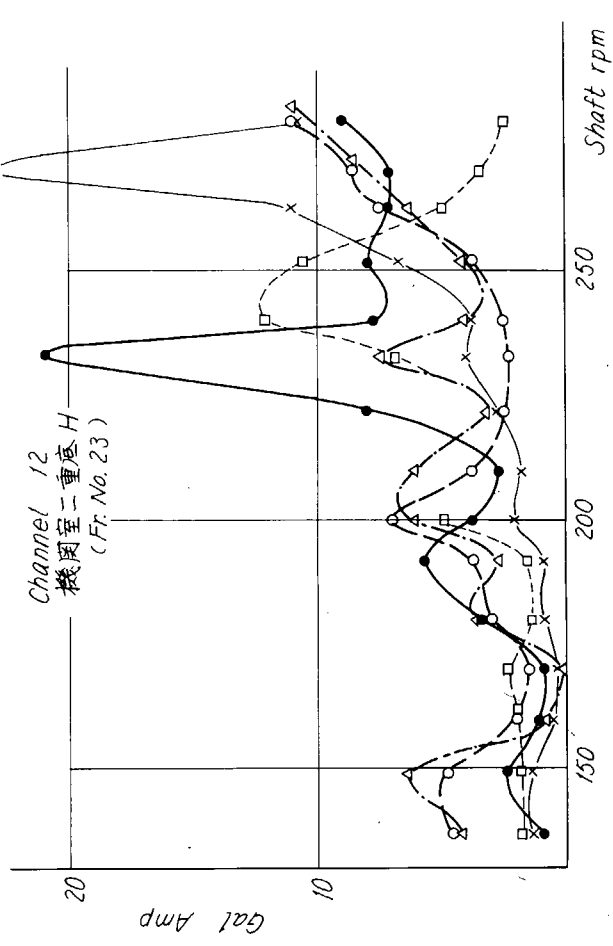
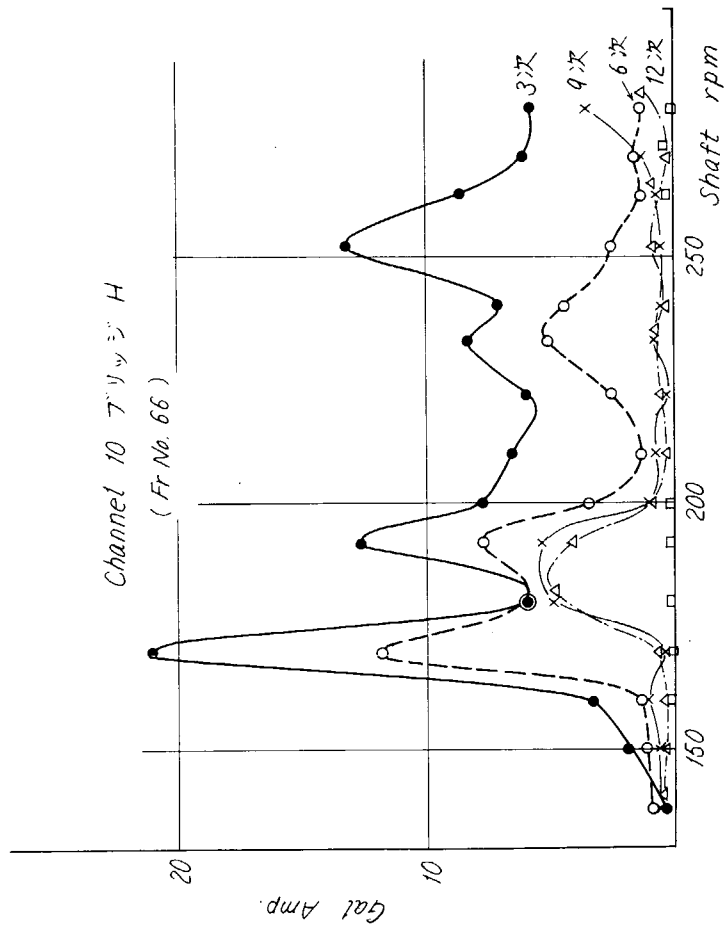
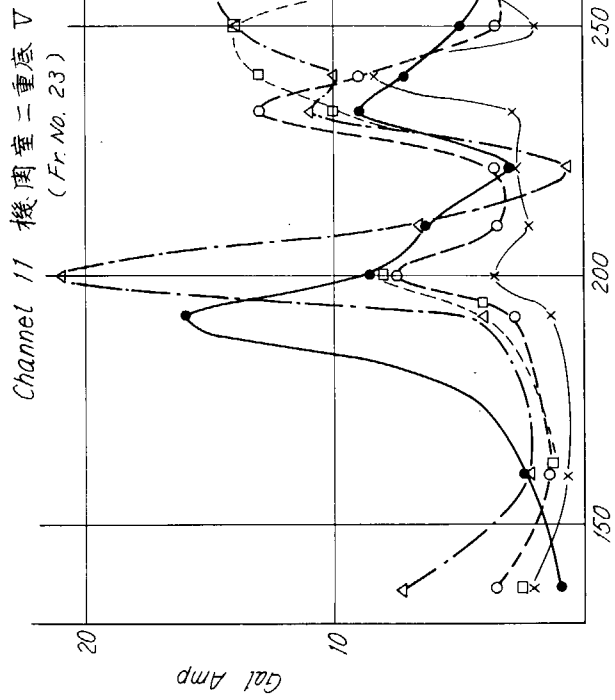
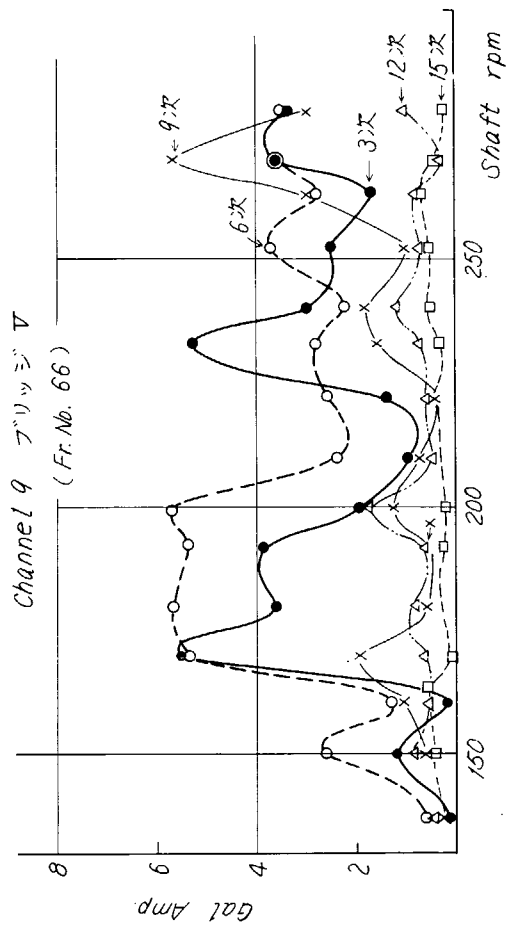
図 2. 6. 4 航走試験 回転数変化 (opp18°)



(c)

図 2. 6. 4 航走試験 回転数変化 (epp18°)

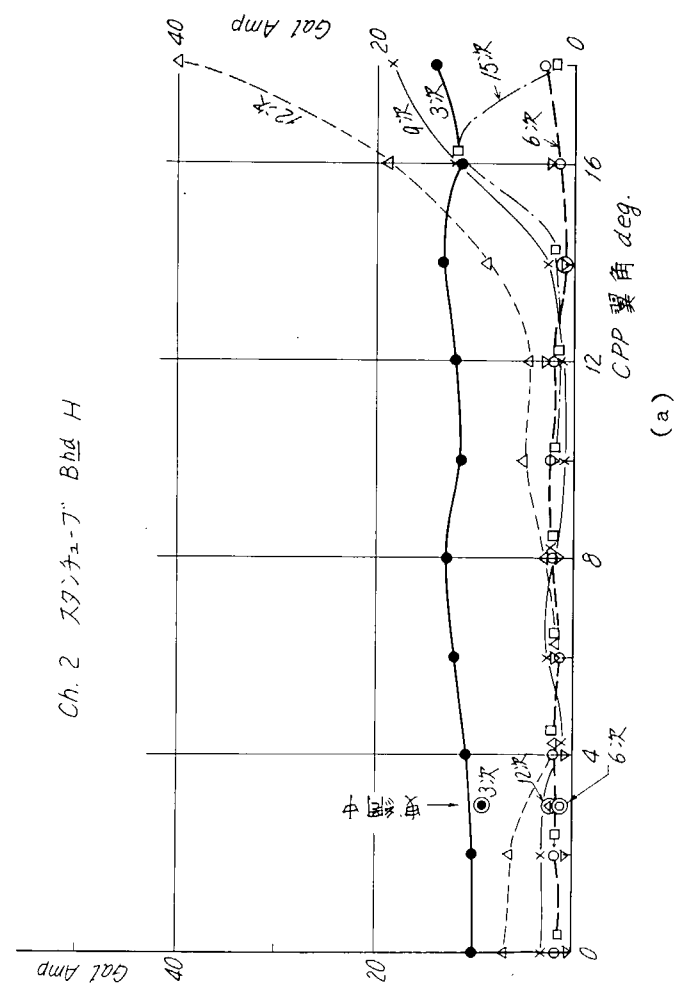
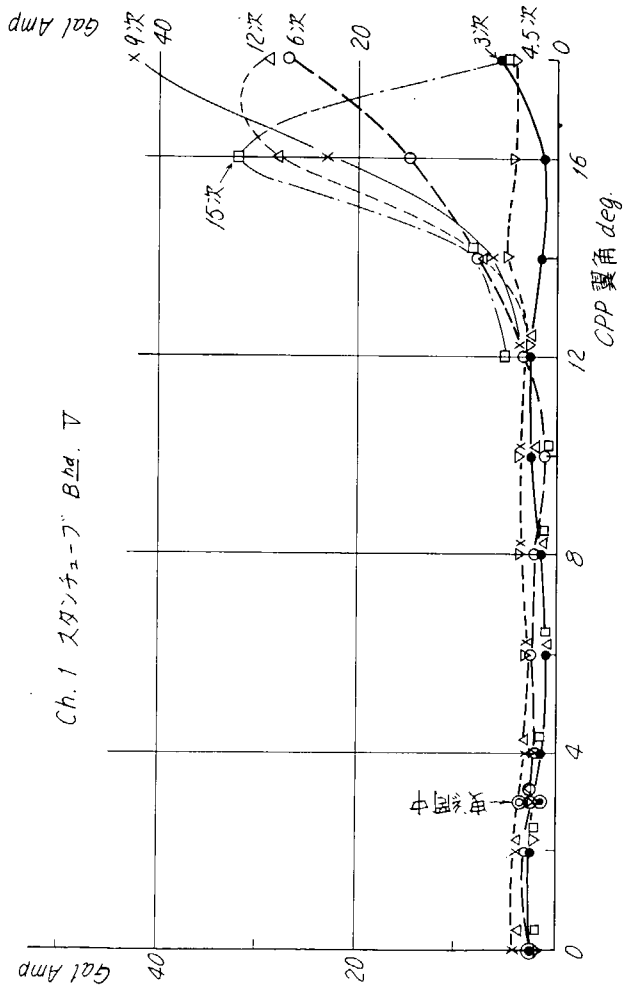
(d)



(e)

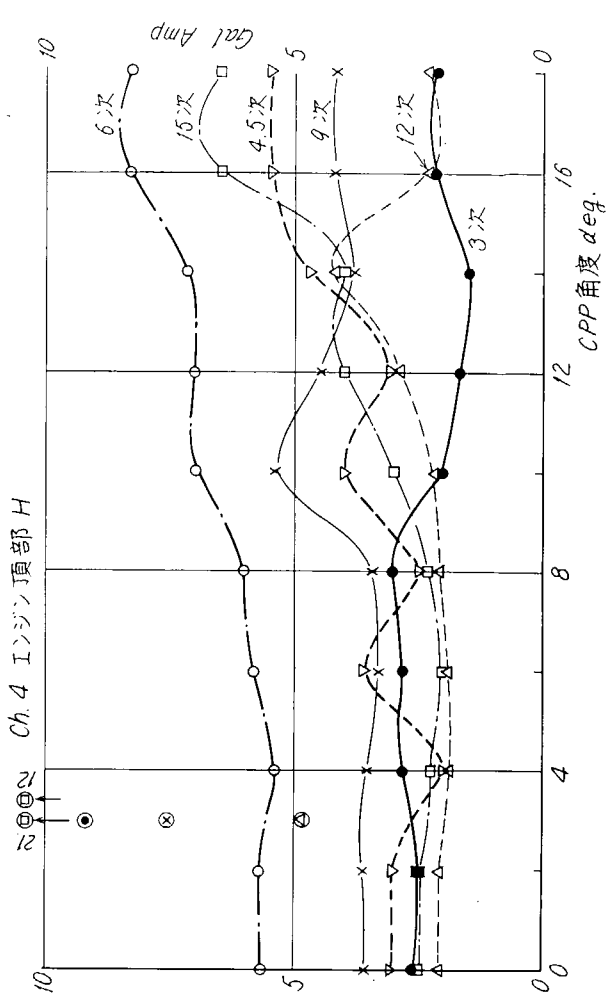
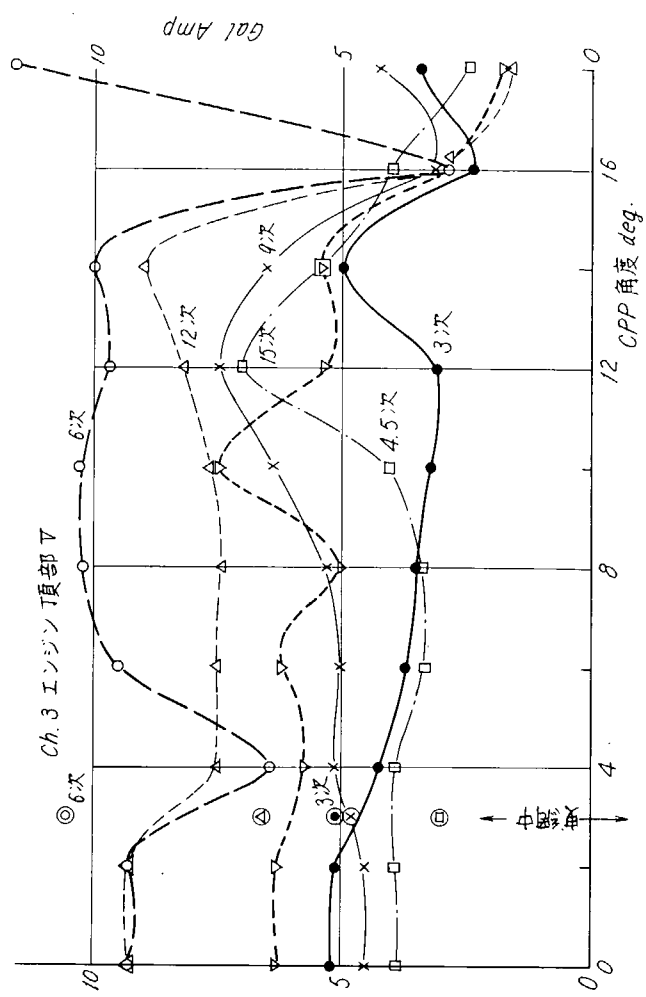
(f)

図 2. 6. 4 航走試験 回転数変化 (cpp18°)



(a)

図 2. 6. 5 航走試験 ○ p p 角変化 (270rpm)



(b)

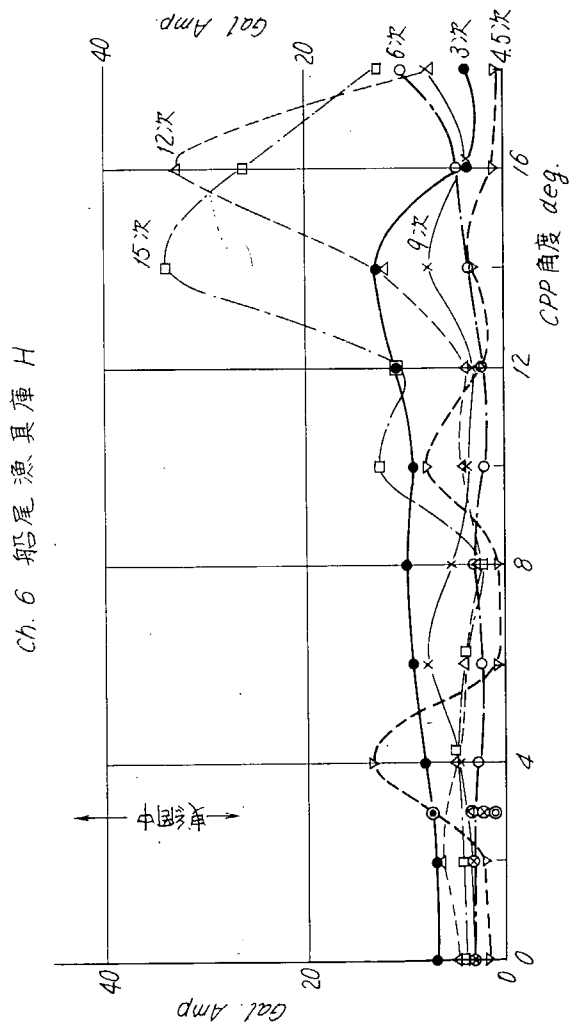
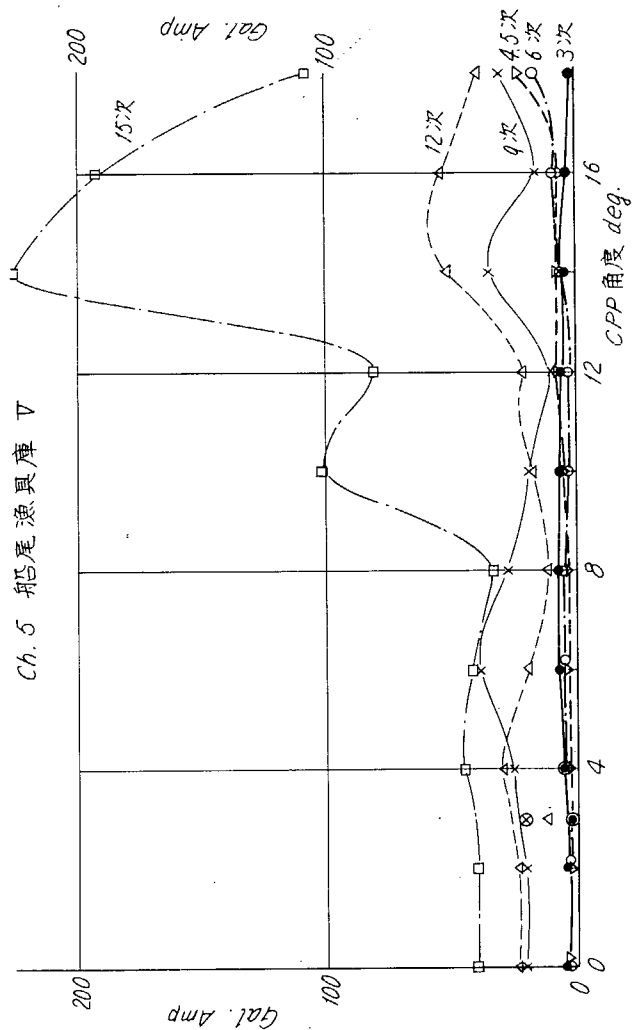
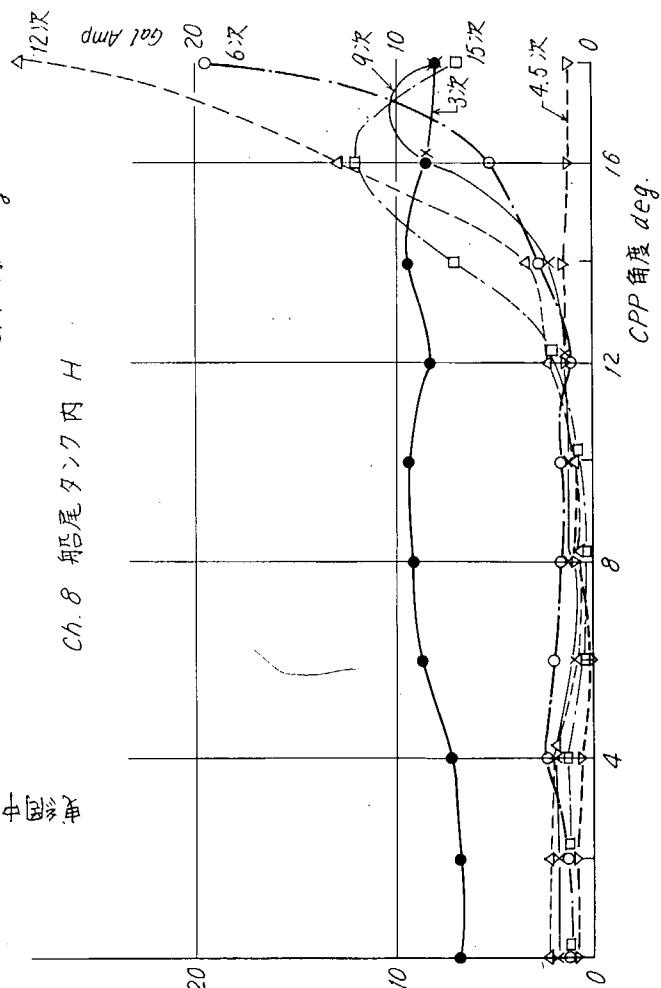
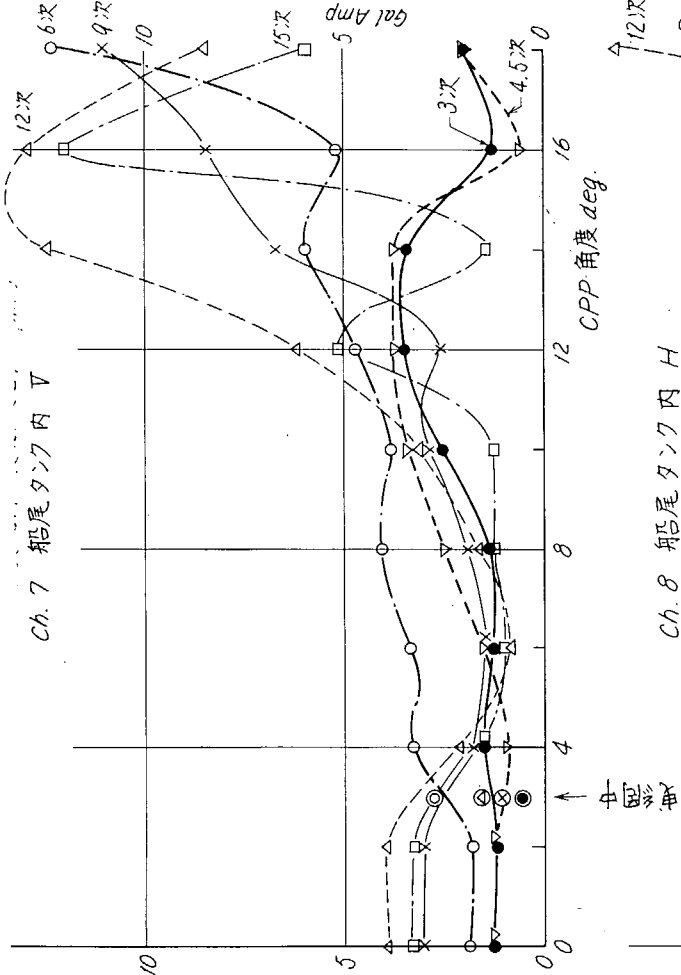
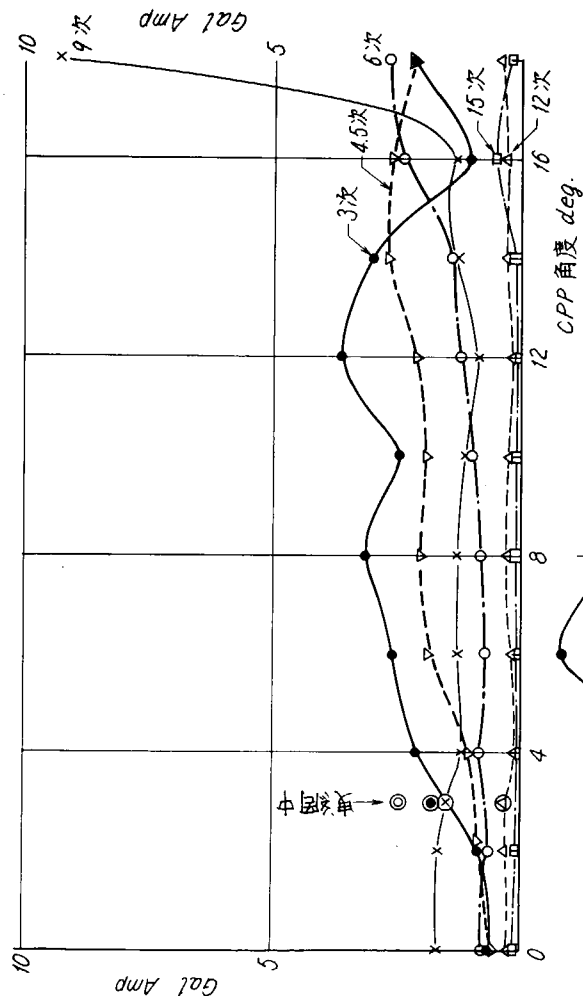
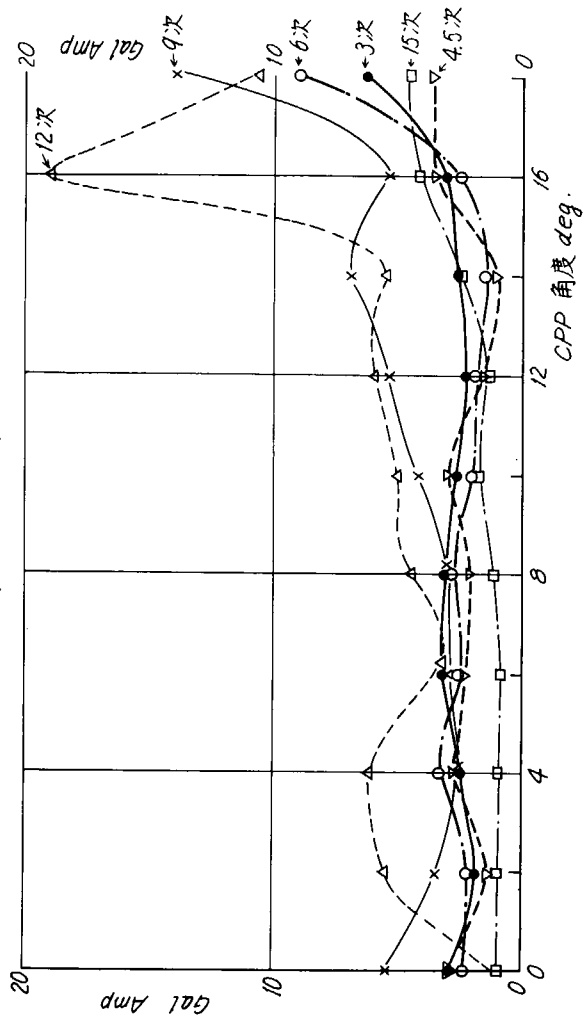


図 2. 6. 5 航走試験 cpp角変化 (270rpm)

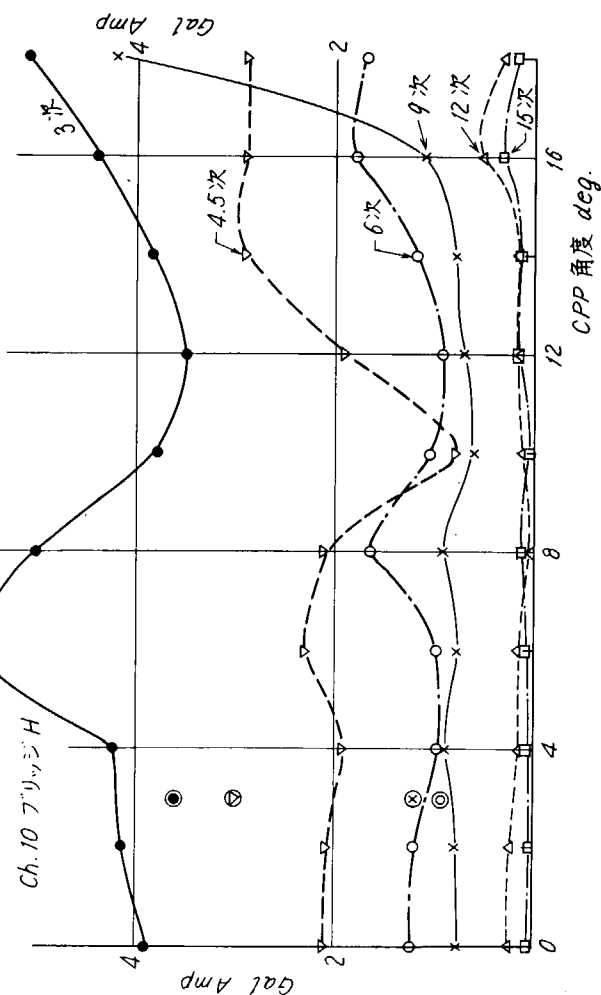
Ch. 9 フリッジ, V



Ch. 11 機関室二重底 V



Ch. 10 フリッジ H



Ch. 12 機関室二重底 H

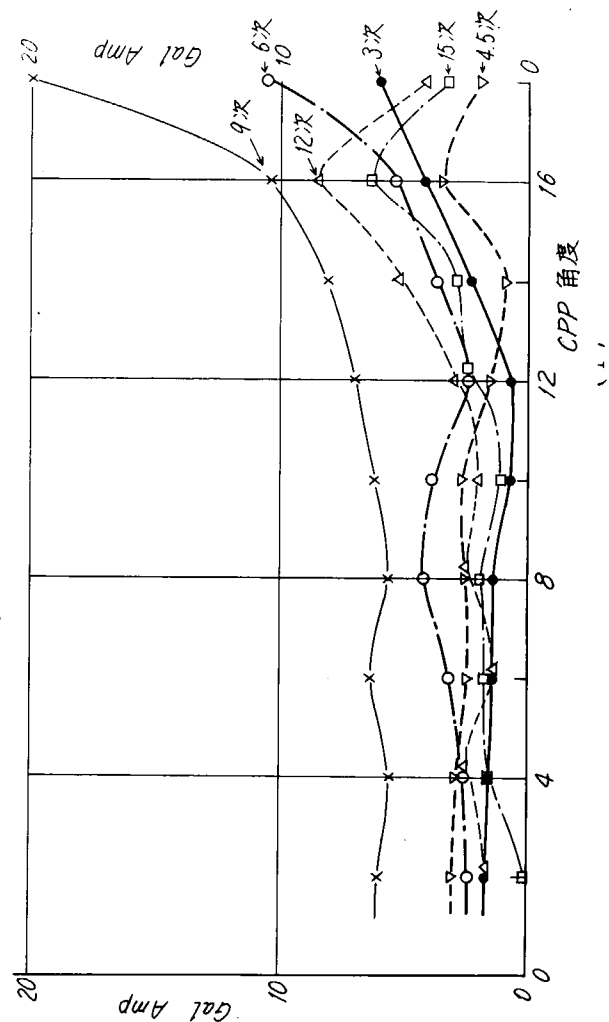
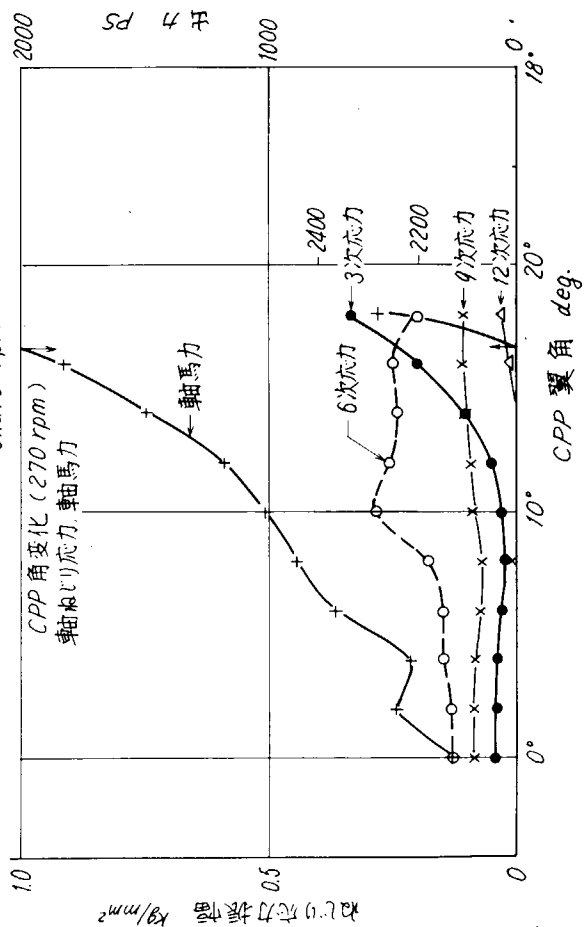
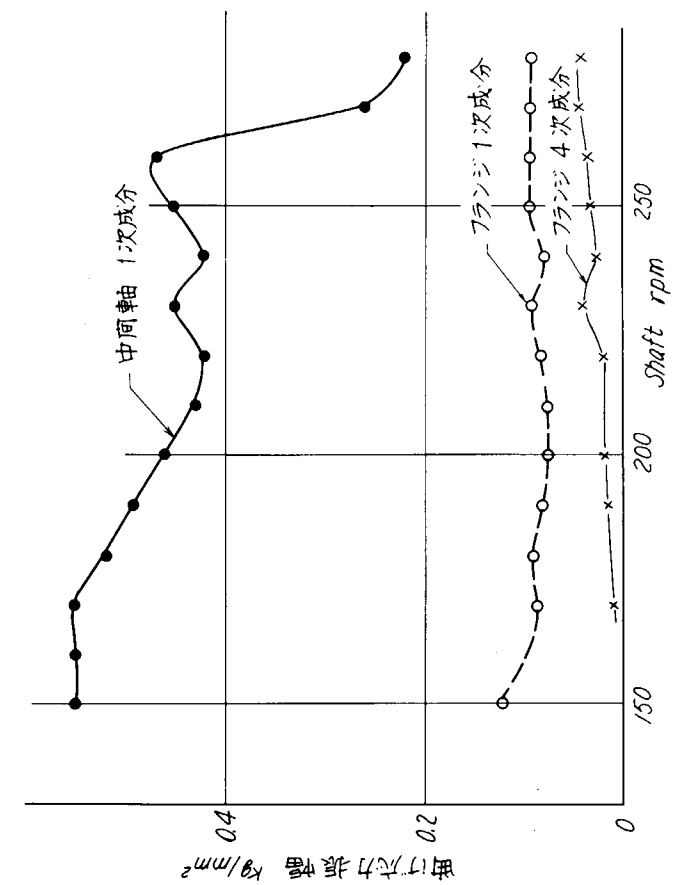


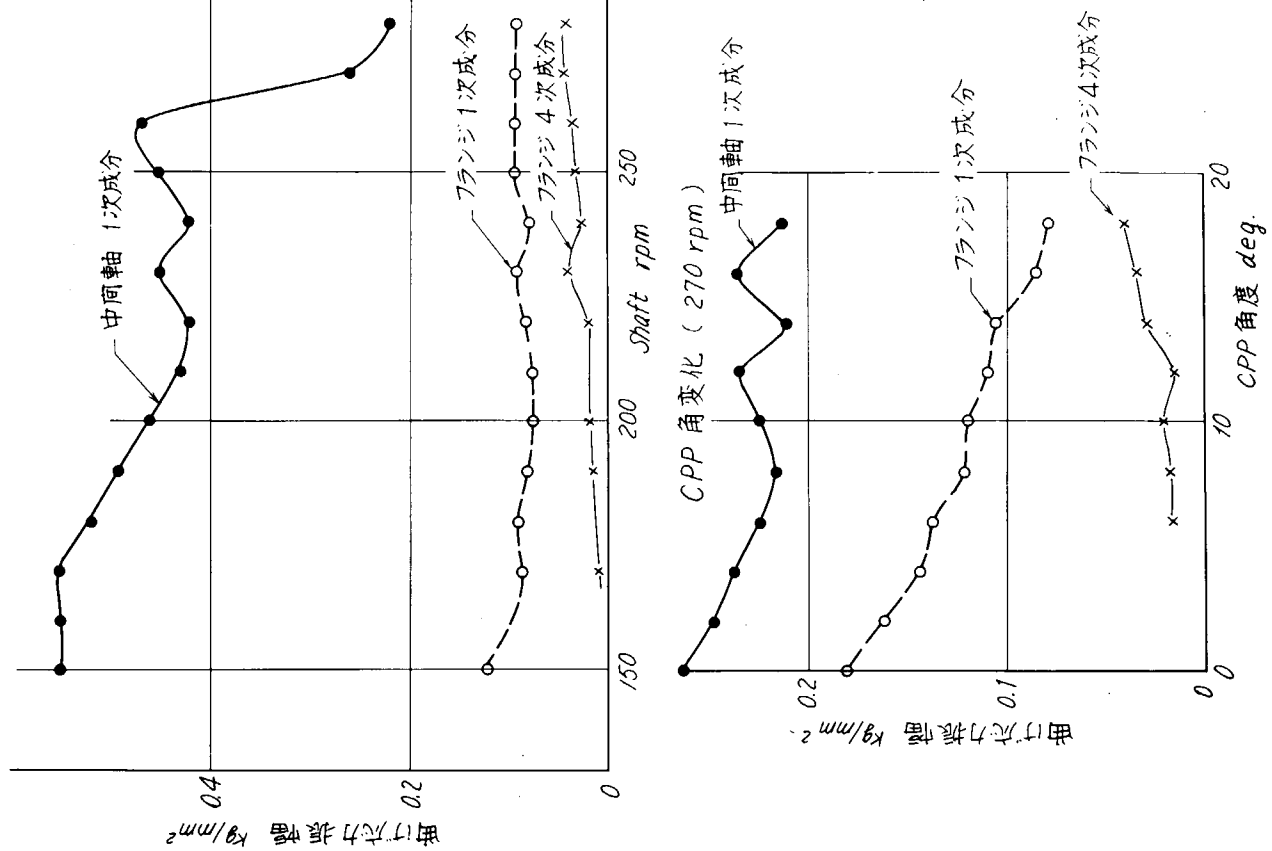
図 2. 6. 5 航走試験 c p p 角変化 (270rpm)

(e)



(a)

図 2. 6. 7 航走試験 回転数変化 (cpp18°)



(b)

2.7 第2船 フェリーながとの解析結果

第2船フェリーながとについての主要目、計測器の取付位置、データー解析結果をつぎに示す。

- 表 2.7.1 フェリーながと主要目
- 表 2.7.2 加速度ピックアップおよびひずみゲージ取付位置
- 表 2.7.3 記録器配線
- 図 2.7.1 フェリーながと計測点配置図 (a)、(b)、(c)
- 図 2.7.2 起振試験上下振動モード (a)、(b)、(c)
- 図 2.7.3 起振試験水平振動モード (a)、(b)
- 図 2.7.4 航走試験 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)
- 図 2.7.5 航走試験 軸馬力、曲げ応力、ねじり応力 (a)、(b)、(c)
- 図 2.7.6 振動計測結果 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)
- 図 2.7.7 振動計測結果 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)
- 図 2.7.8 キャンベルチャート (a)、(b)、(c)

表 2.7.1 フェリーながと主要目

船	主	阪 九 フェリー KK
船	種	旅 客 船 兼 自 動 車 航 走 船
全	長	1 4 1.0 0 m (L p p)
全	幅	2 2.8 0 m (B)
深	さ	7.3 0 m (D)
純	屯 数	6, 6 0 0 t
速	力	2 3.6 kt
主	機 関	三 菱 M A N V 8 V 4 0 / 5 4 × 2
シ	リ シ ダ 数	1 6 × 2
シリンダ直径 × ストロク		4 0 0 mm × 5 4 0 mm
出	力	8, 9 0 0 × 2
回	転 数	4 3 0 / 2 4 0 (主 機 / 主 軸)
ブ ロ ペ ラ		5 翼 1 体 型 (か も め ブ ロ ペ ラ)
直 径 × ピ ッ チ		3, 3 5 0 × 3, 2 5 0 mm
舵		中 央 1 舵
ブ ロ ペ ラ 軸		ゴ ム 捲 (中 間 軸 3 4 0 ϕ mm)
減 速 機 、 軸 継 手		一 段 減 速 は す ば 歯 車 、 ヒ ル セ ン 継 手
軸	回 転	船 尾 より 見 て 右 舷 軸 時 計 方 向 、 左 舷 軸 反 時 計 方 向
造	船 所	神 田 造 船 川 尻 工 場

表 2.7.2 加速度ピックアップおよびひずみゲージ取付位置

計測点 番 号	取付部名称	前 後	取 付 位 置		加 速 度 計 の 種 類、取 付 方 向	
			左 右	上 下	起 振 機 試 験	航 走 試 験
1	右 舷 機	Fr. 88	吸気管上	同 左	共 和 A-1. VorH	共 和. A-1 H
2	二 重 底	Fr. 88	右舷機右	二重底	" . A-2. VorH	" A-2 V
3	二 重 底	Fr. 88	ビラー付根	二重底	" . A-3. VorH	" A-3 V
4	Web フレーム	Fr. 88	肋 骨 上	同 左	" . A-4. 斜	" A-4 斜
5	同 上	Fr. 88	右 舷 側	E section deckの上	" . A-5. H	" A-5 H
6	船尾端 "W"deck	Fr. -3	C L 上	W deck	IMV. 1-1. VorH	IMV. 1-1V. 2-3H
7	Fr. 38. "W"deck	Fr. 38	右 舷 側	W deck	IMV. 1-2. VorH	IMV. 1-2V. 2-4H
8	Fr. 74. "	Fr. 74	E. O. 内	W deck	IMV. 1-3. VorH	IMV. 1-3V. 2-5H
9	Fr. 89. "	Fr. 89	右 舷 側	W deck	IMV. 1-4. VorH	IMV. 1-4V. 2-6H
10	Fr. 100. "	Fr. 100	右 舷 側	W deck	IMV. 1-5. VorH	
11	Fr. 89. "	Fr. 89	C L と 右 側 の 中 間	W deck	IMV. 1-6. VorH	
12	Fr. 89. "	Fr. 89	C L 上	W deck	IMV. 2-1. VorH	IMV. 2-1V. 1-5H
13	Fr. 200. " (FP)	Fr. 200	C L 上	W deck	IMV. 2-2. VorH	IMV. 2-2V. 1-6H
14	船尾端 "C"deck	Fr. -6	C L 上	* C deck	IMV. 2-3. VorH	
15	Fr. 38. "C"deck	Fr. 38	右 舷 側	C deck	IMV. 2-4. VorH	
16	Fr. 74. "C"deck	Fr. 74	右 舷 側	C deck	IMV. 2-5. VorH	
17	Fr. 89. "C"deck	Fr. 89	右 舷 側	C deck	IMV. 2-6. VorH	
18	6 と 同 じ	Fr. -3	C L 上	W deck	共 和. (広大) V	共 和. V
19	Fr. 89. "C"deck	Fr. 89	C L と 右 側 の 中 間	C deck	" . (") V	" V
20	Fr. 89. "C"deck	Fr. 89	C L 上	C deck	" . (") "	" "
23	Fr. 108. "Pr"deck	Fr. 108	右 舷 端	Prom Dk	" . (") "	" "
24	Fr. 108. "Pr"deck	"	C L と 右 端 の 中 間	Prom Dk	" . (") "	" "
25	Fr. 108. "Pr"deck	"	C L 上	prom Dk	" . (") "	" "
26・27	Fr. 178. Cp deck	Fr. 178 180	C L 上	Comp Dk	" . (") V. (") H	" V. H
28	右 軸 曲 げ 応 力	Fr. 42.5	右 軸 上			テレメータ 40MC-1
29	右 軸 ト ル ク	"	"			テレメータ 40MC-3
30	左 軸 ト ル ク	"	"			テレメータ 44MC-1
31	左 軸 曲 げ	"	"			テレメータ 44MC-2
32	Shaft Bkt 上 応 力	Fr. 13.5	右 舷 側			
33	Void Sp. 外 板 応 力	Fr. 13.5	第5ノセル 中央			
34	"	"	第6 " "			
35	Steering Rm 外 板 応 力	Fr. 7.5	第8 " "			
36	"	"	第9 " "			
37	右軸回転マーク					
38	左軸回転マーク					
39	タイムマーク					

* 注 "W"deck Wagon Deck : "C"deck Car Deck
 "Pr"deck Promnard Deck

表 2.7.3 記 録 器 配 線

ピ ッ ク ア ッ プ 加 速 度 計	取 付 位 置		デ-タレコーダ チャンネル	A ビジ グラフ ガルバ% A	B ビジ グラフ ガルバ% B	C ビジ グラフ ガルバ% C
	起振試験	航走試験				
共 和 A-1.6 L4-2	右機上部①	機関上部①	8 B			5
" A-2.6 L4-3	二 重 底②	二 重 底②	9 B			6
" A-3.6 L4-4	二 重 底③	二 重 底③	10 B			7
" A-4.6 L4-5	ウエブ フレーム④	ウエブフレーム④	11 B			8
" A-5.6 L4-6	肋 骨⑤	肋 骨⑤	12 B			9
I M V 1-1	W. D⑥ 艀端	⑥ V	1	3		
1-2	" ⑦ F 38	⑦ V	2	4		
1-3	" ⑧ F 74	⑧ V	3	5		
1-4	" ⑨ F 89	⑨ V	4	6		
1-5	" ⑩ F 100	⑩ H	5	7		
1-6	" ⑪ F 89	⑪ H	6	8		
2-1	" ⑫ F 89	⑫ V	7	9		
2-2	" ⑬ F 210	⑬ V	8 A	10		
2-3	C. D⑭ 艀端	⑭ H	9 A		3	
2-4	" ⑮ F 38	⑮ H	10 A		4	
2-5	" ⑯ F 74	⑯ H	11 A			3
2-6	" ⑰ F 89	⑰ H	12 A			4
	DCAMP					
40 M C -1		右軸スラスト			5	
-2	6P2L-1	右 軸 曲 げ	13		6	
-3	6P2L-2	右軸トルク	14 A		7	
44 M C -1		左軸スラスト			8	
-2	A20B	左 軸 曲 げ	14 B		9	
-3		左軸トルク			10	
回 転 マ ー ク	起 振 機	右 舷 機		1	1	1
		左 舷 機		2	2	2
T i m e マ ー ク				12	12	12
速 力 試 験 時						
ひ ず み ゲ ー ジ A	6 L 4 - 2		8 B			5
" B	- 3		9 B			6
" C	- 4		10 B			7
" D	- 5		11 B			8
" E	- 6		12 B			9

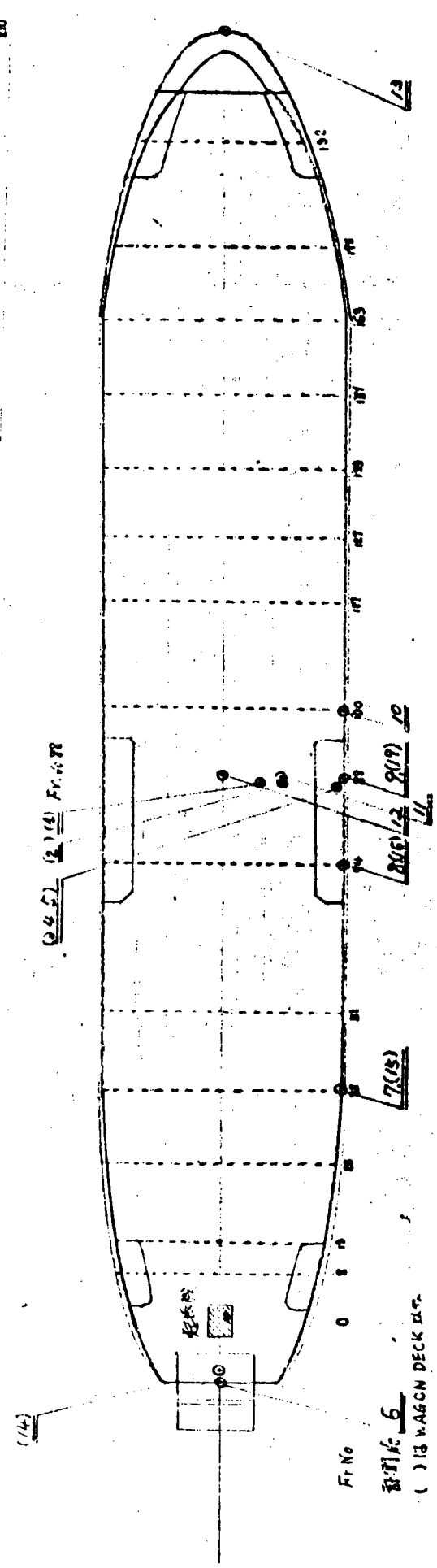
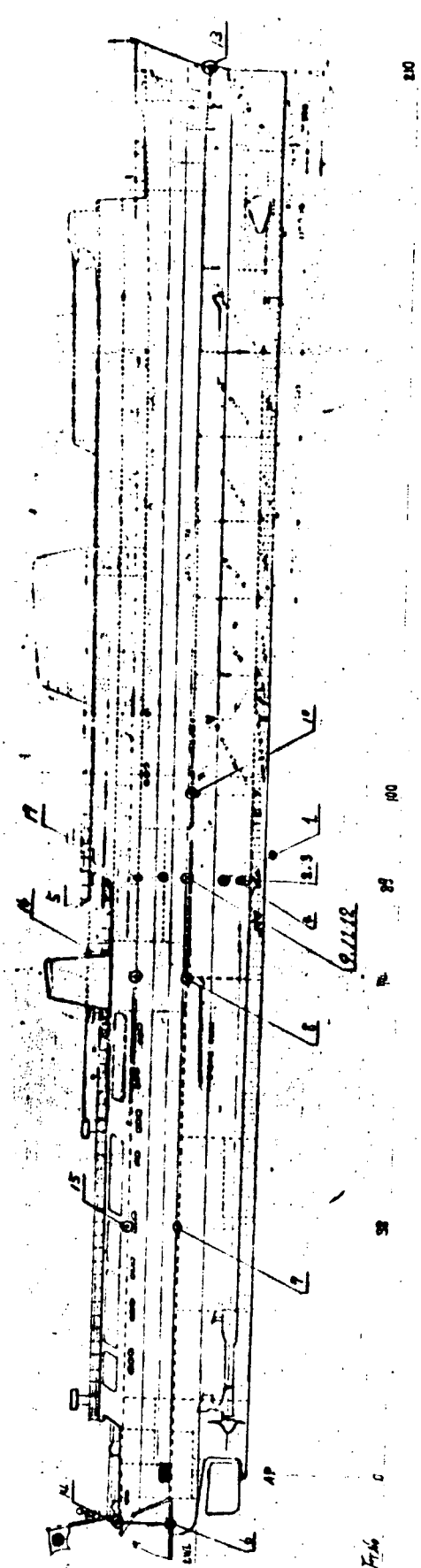


図 2. 7. 1 フェリーながと計測点配置図 (a)

- ①~⑭: NK 計測点
 ⑮~⑳: 広大計測点
 ○: 垂直加速度
 ⊗: 矢印方向加速度

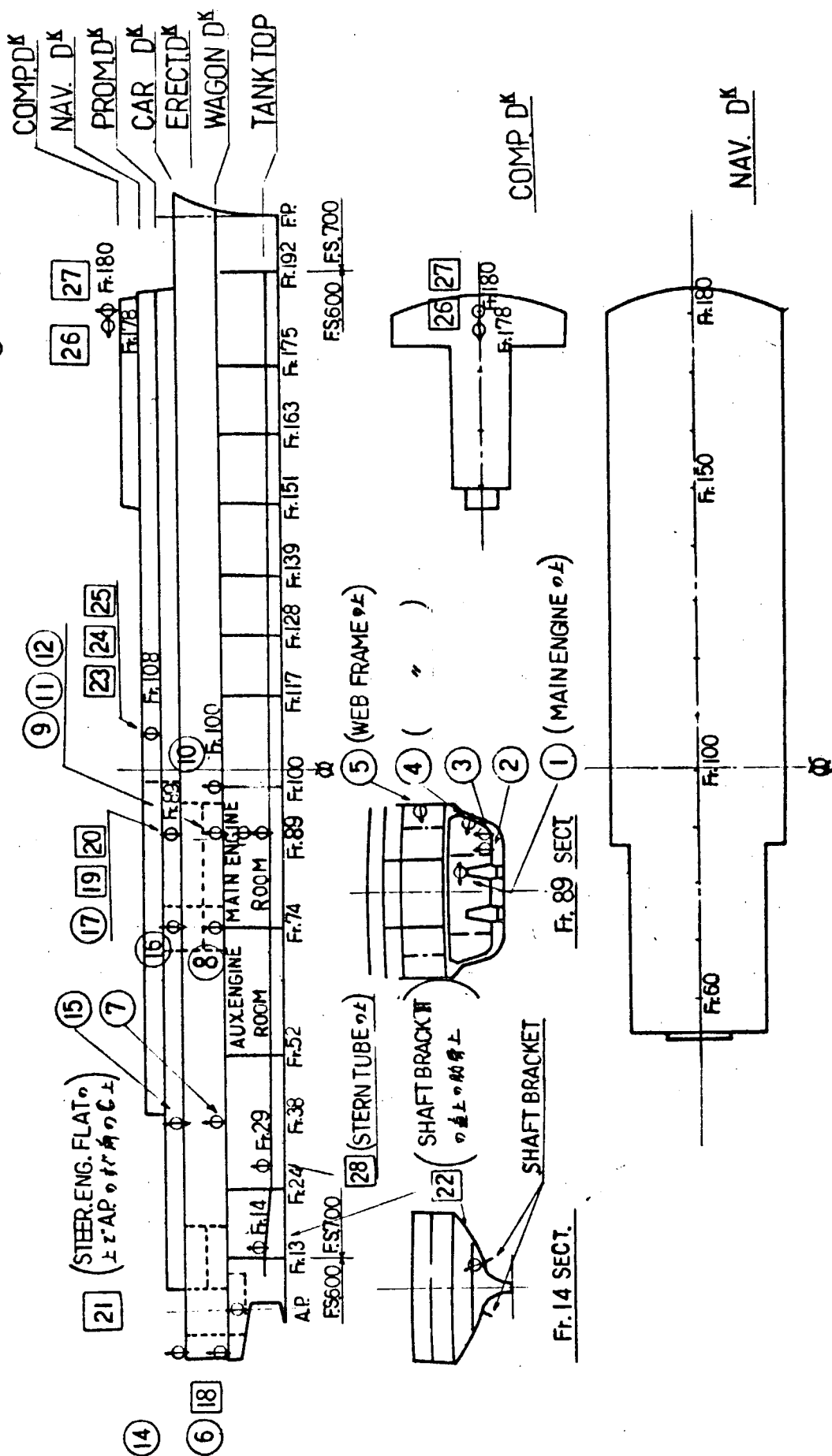


図 2. 7. 1 フェリーながと計測点配置図

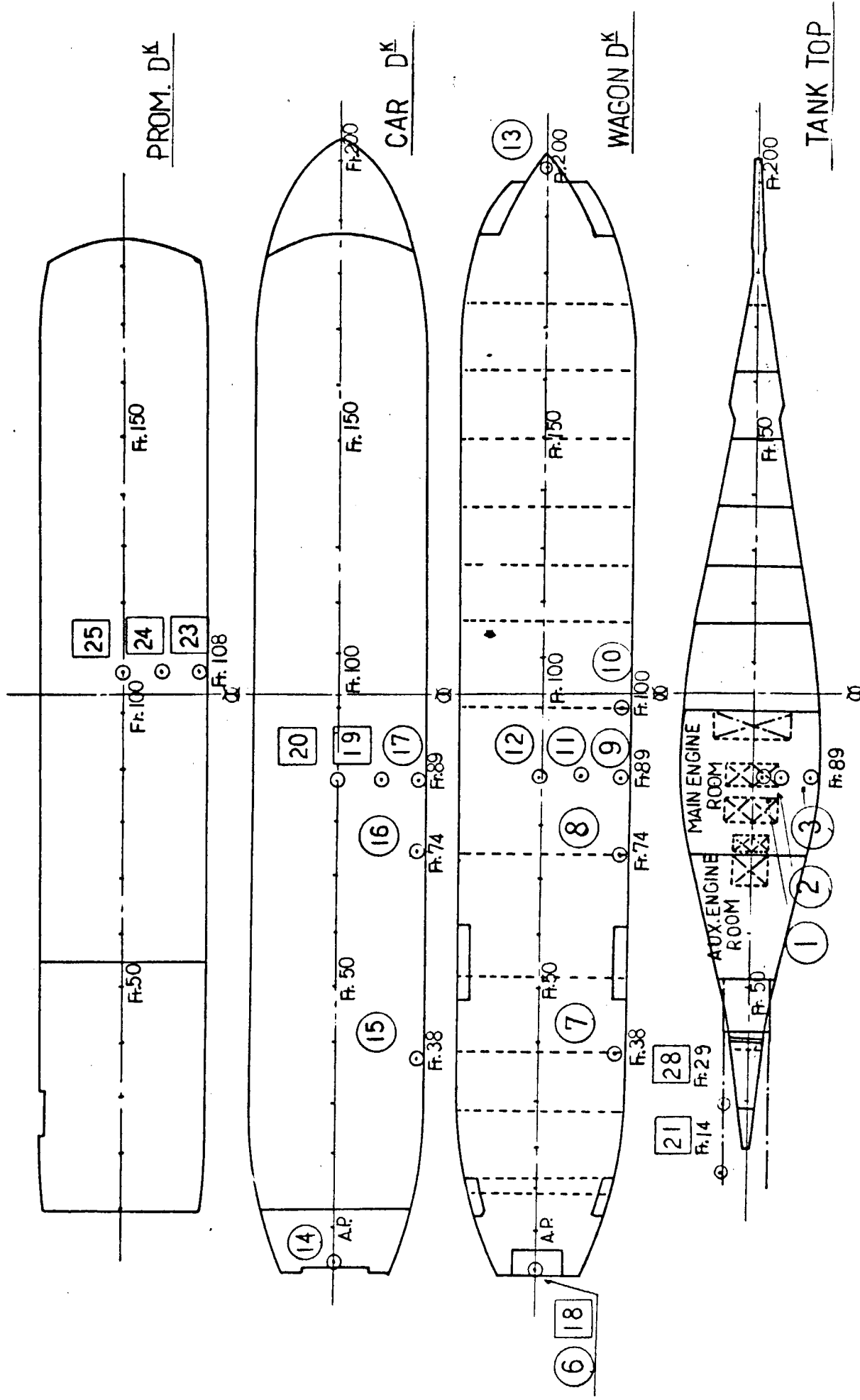


図 2. 7. 1 フェリーながと計測点配置図 (c)

2.7.1 試験方法

a) 起振機試験

8月11日 2100 ~ 8月12日 0200 平郡島沖(船内電源)

(1) 垂直起振試験

不均合鍾を 45° (50Kg-cm)にセットし、150rpm~1350rpmを50rpmごとに計測、つぎに不均合鍾を 150° (14Kg-cm)として1300rpm~2500rpmの間を50rpmごとに計測した。

(2) 水平起振試験

不均合鍾を 150° (14Kg-cm)として1300~2500rpmを50rpmごとに測定し、つぎに不均合鍾を 45° (50Kg-cm)として150~1350rpm間を50rpmごとに計測した。

b) 軸系アラインメント試験

8月12日 0200~0400 平郡島沖

左右両軸のFrNo 42.5、FrNo 57、FrNo 74の位置に曲げ応力検出用ひずみゲージを取付けテレメーターおよび動的ひずみゲージを用いて軸をターニングさせながら計測した。なお $\frac{1}{8}$ 回転ごとにパルスを記入している。

c) 航走試験

(1) 速力漸増試験

8月11日 0800~1012 川尻沖—長島沖間

左右主機を116、140、160……この間20rpmごと……380、400、414、420、432、440、452にて回転し、それぞれ2~3分間整定航走して計測した。

(2) 続航試験中の客室振動計測

8月11日 1530~1700 長島沖

左右主機432rpmにて続航試験中、客室12個所について、上下、水平、前後の三方向について、IMV 1-6 ピックアップを移動して計測した。

d) アンカー試験

8月11日 2000 長島沖

右舷アンカー落下の際に計測した。

e) 後進試験

8月11日 1508

前後進試験時に計測した。

2.7.2 試験時の載荷状況

8月11日 起振試験

吃水 船首3.625m、船尾4.375m、中央4.055m

排水量 5,799.53 ton

Cb 0.496

8月11日~12日

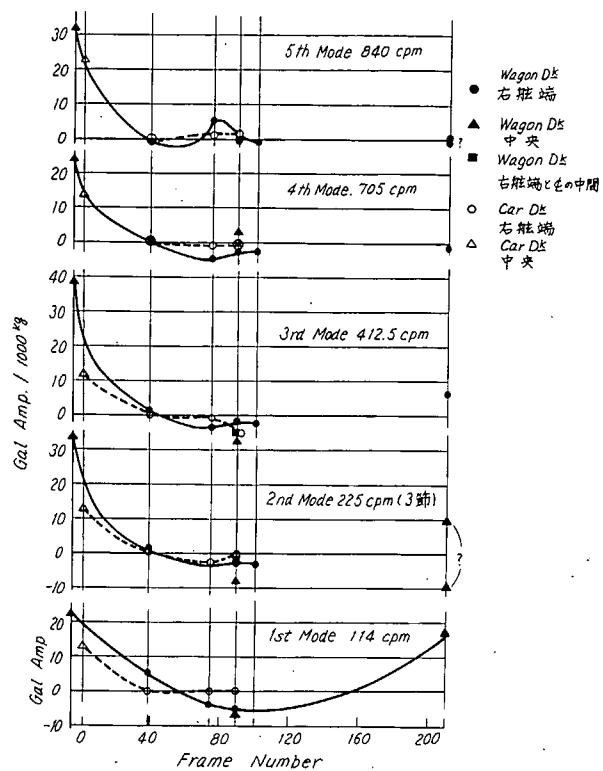
吃水 船首3.625m、船尾4.375m、中央4.055m

排水量 5,799.53 ton

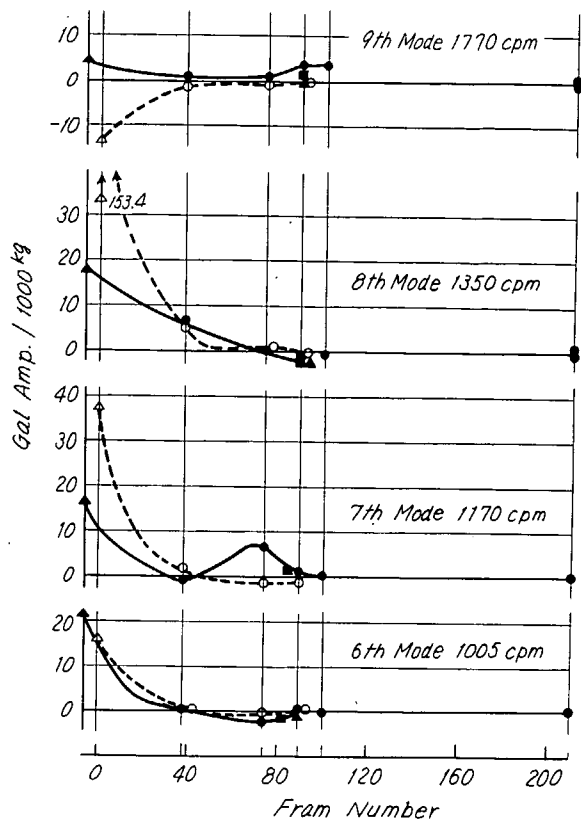
Cb 0.496

2.7.3 解析結果

解析結果を図2.7.2~図2.7.8に示す。



(a)



(b)

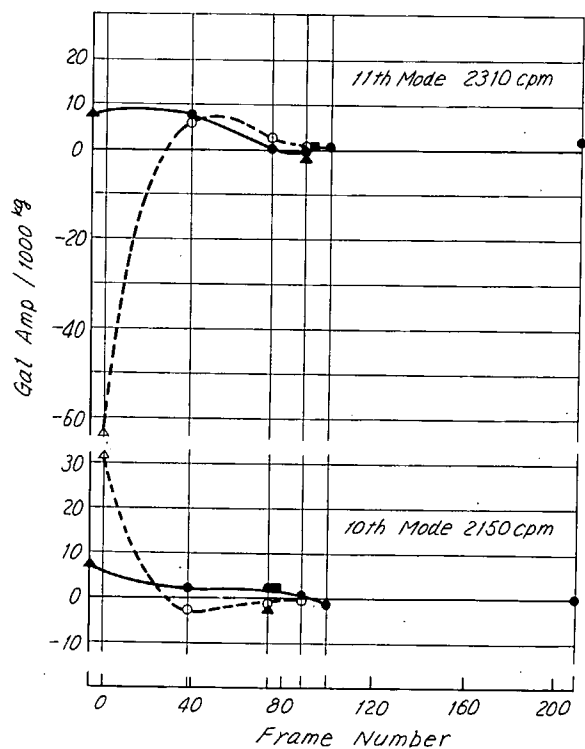
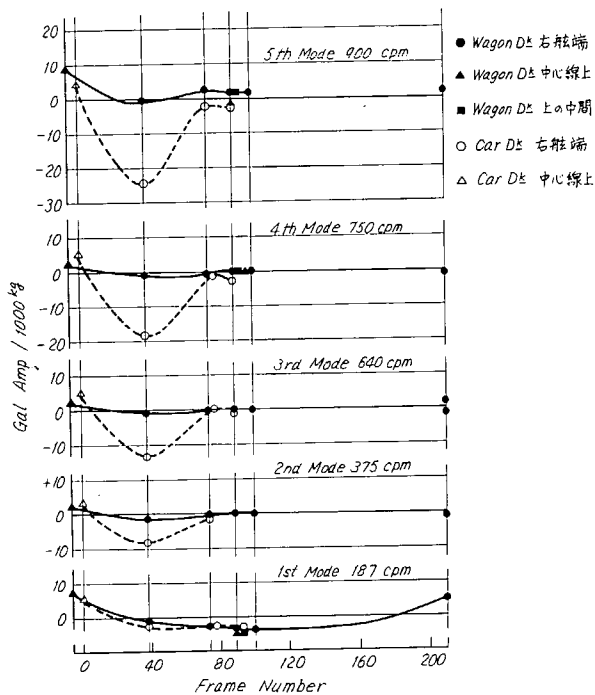
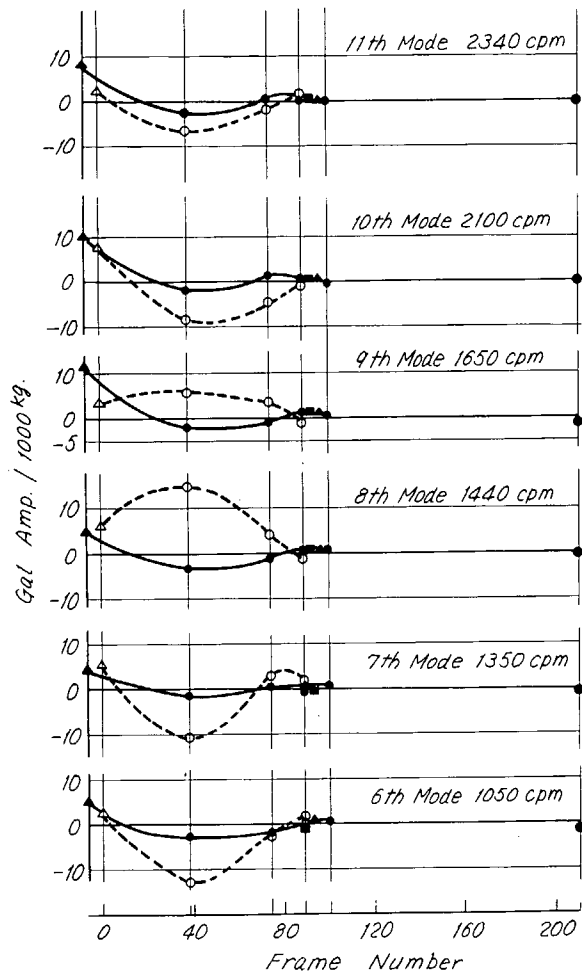


図 2. 7. 2 フェリーながと起振試験
V 方向振動モード

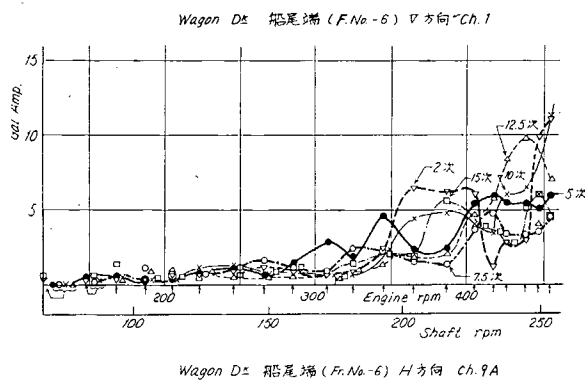


(a)



(b)

図 2. 7. 3 フェリーながと起振試験 H 方向振動モード



Wagon D's 船尾端 (Fr. No. -6) H 方向 ch. 9A

リド線新線 データがない。

(a)

図 2. 7. 4 フェリーながと航走試験

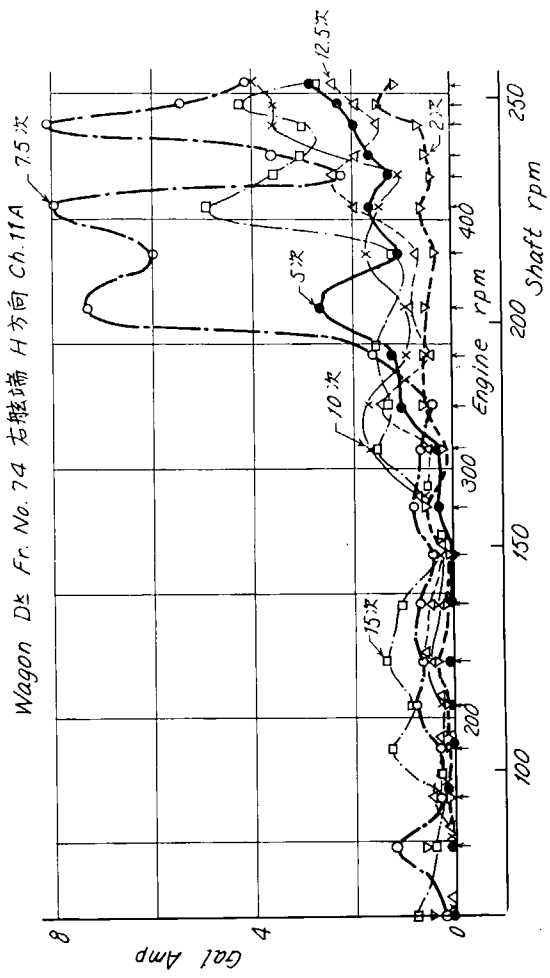
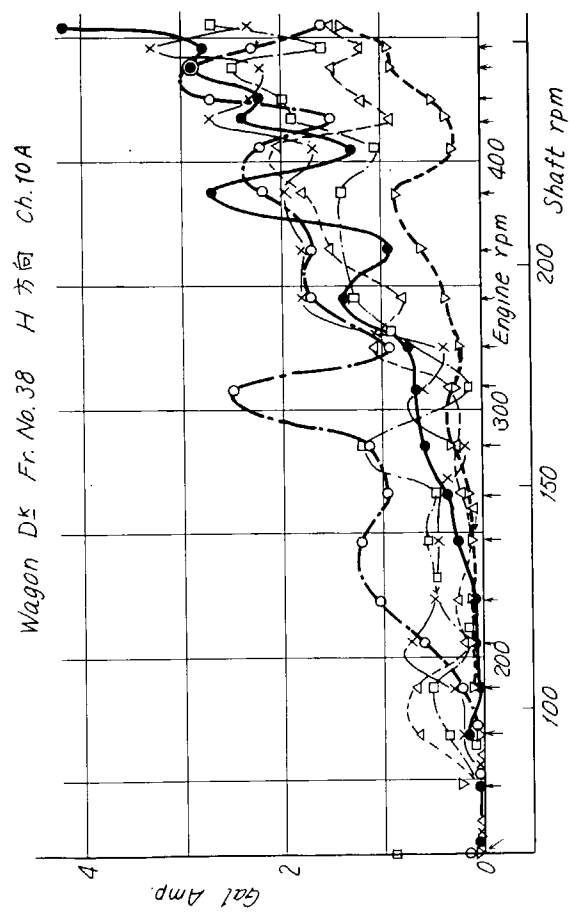
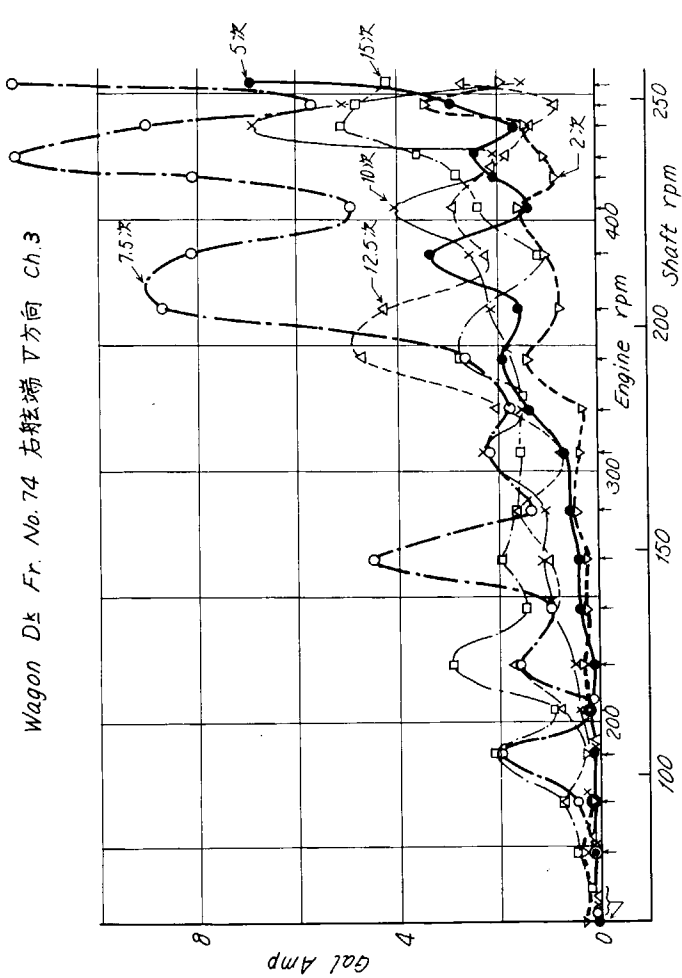
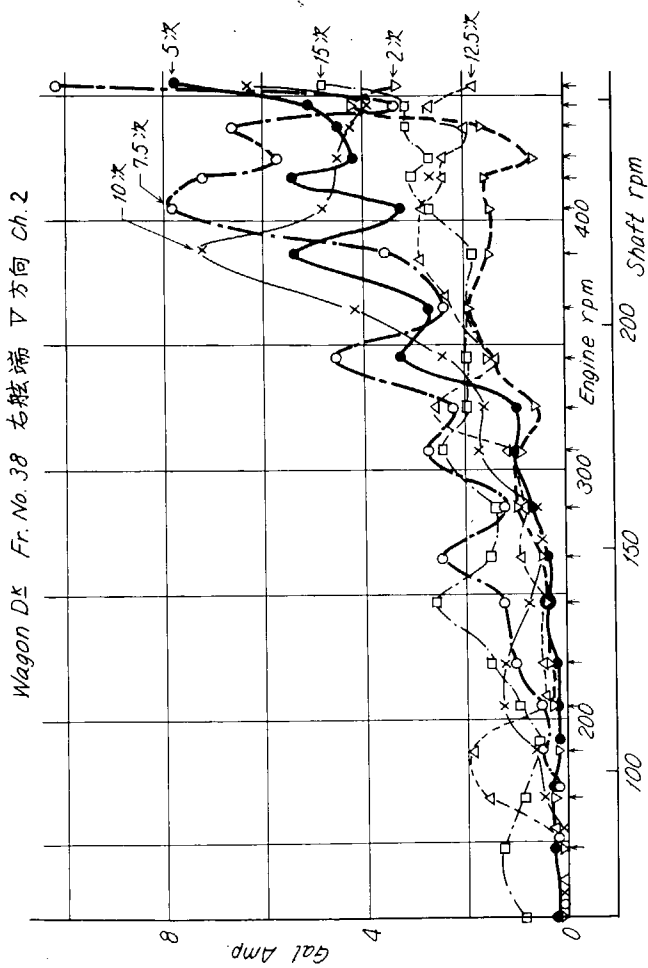
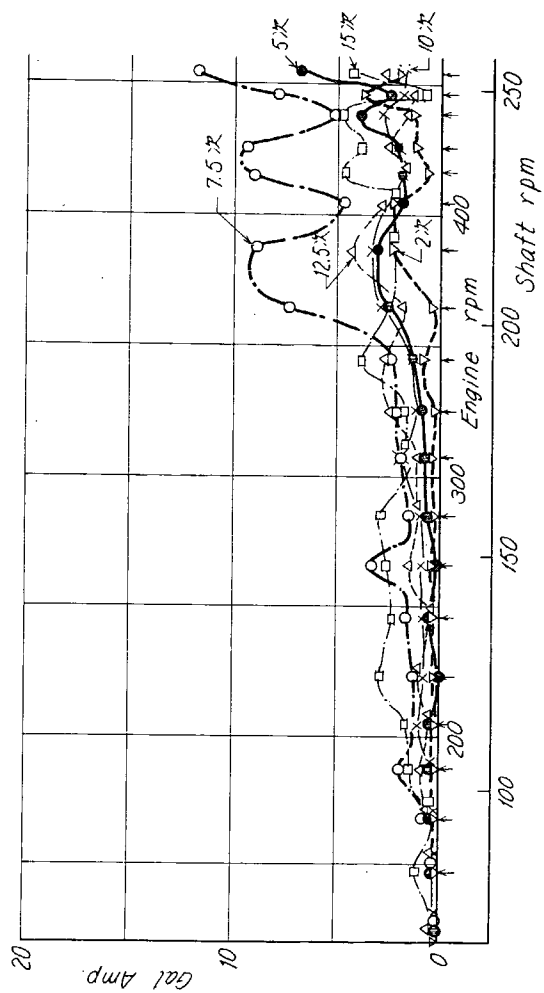


図 2. 7. 4 フェリーなかと航走試験

(b)

(c)

Wagon D₅ Fr. No. 89. 右舷端 ▽ 方向 Ch. 4



Wagon D₅ Fr. No. 89. 右舷端, H 方向 Ch. 12 A

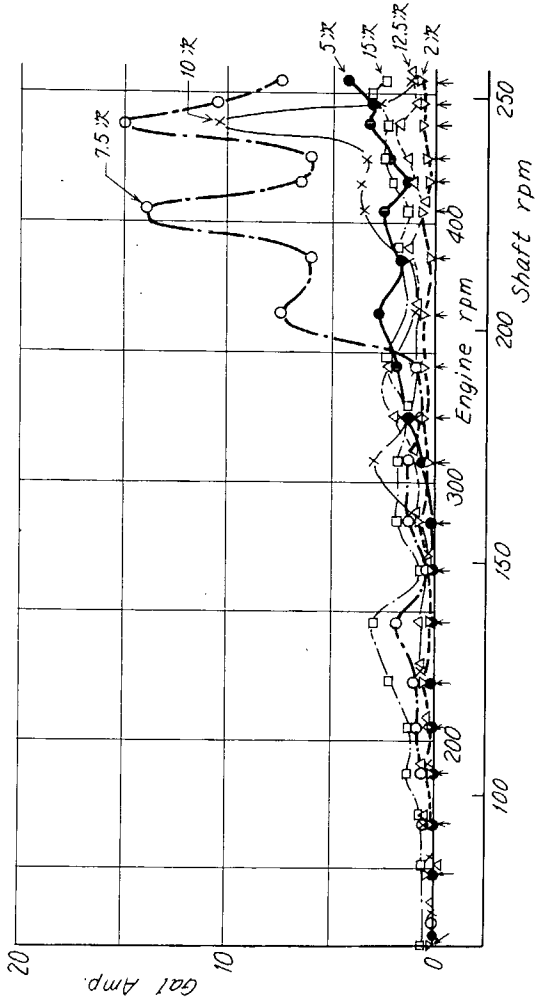
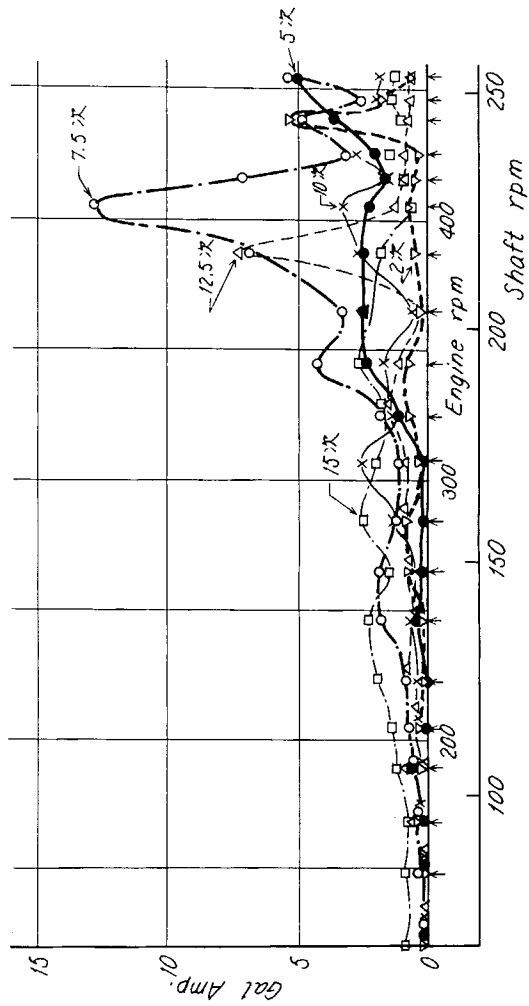


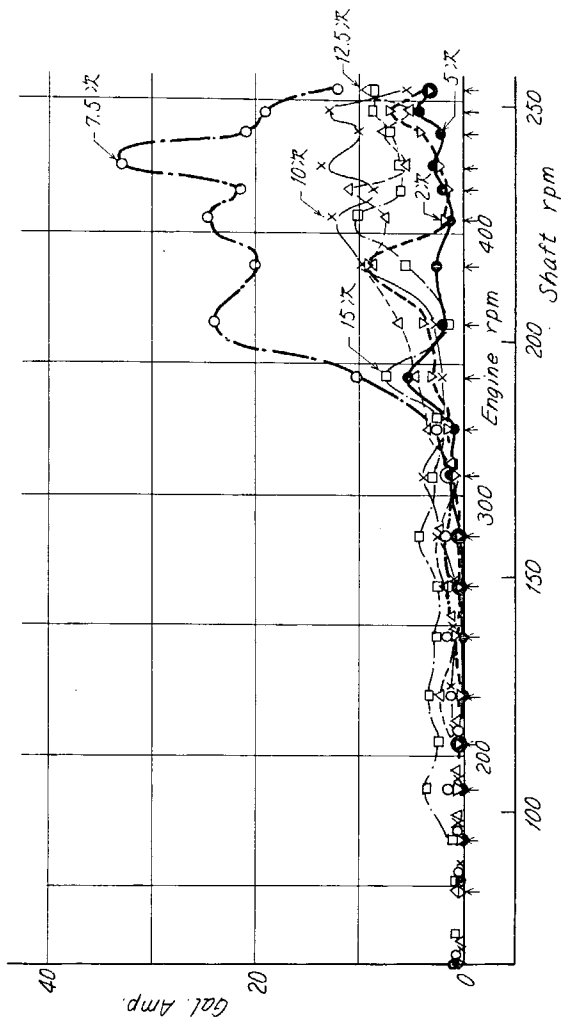
図 2. 7. 4 フェリーナと航走試験

(ウ)

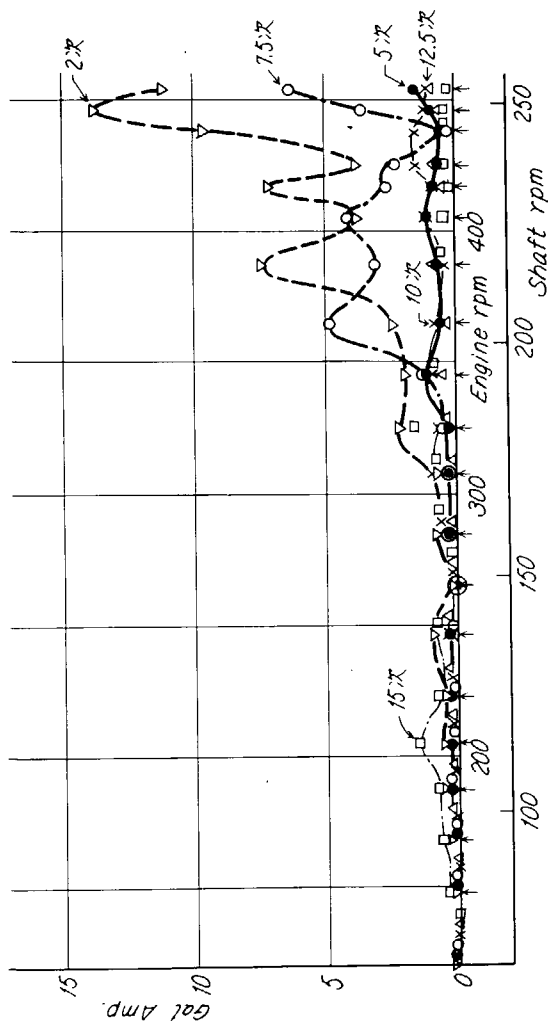
Wagon D₅ Fr. No. 89 中央, H 方向 Ch. 5



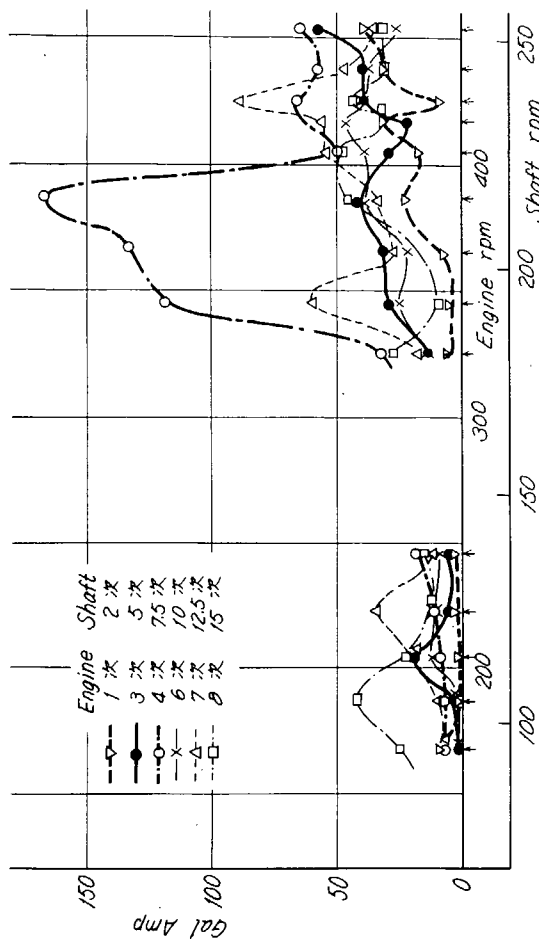
Wagon D₅ Fr. No. 89 中央 ▽ 方向 Ch. 7



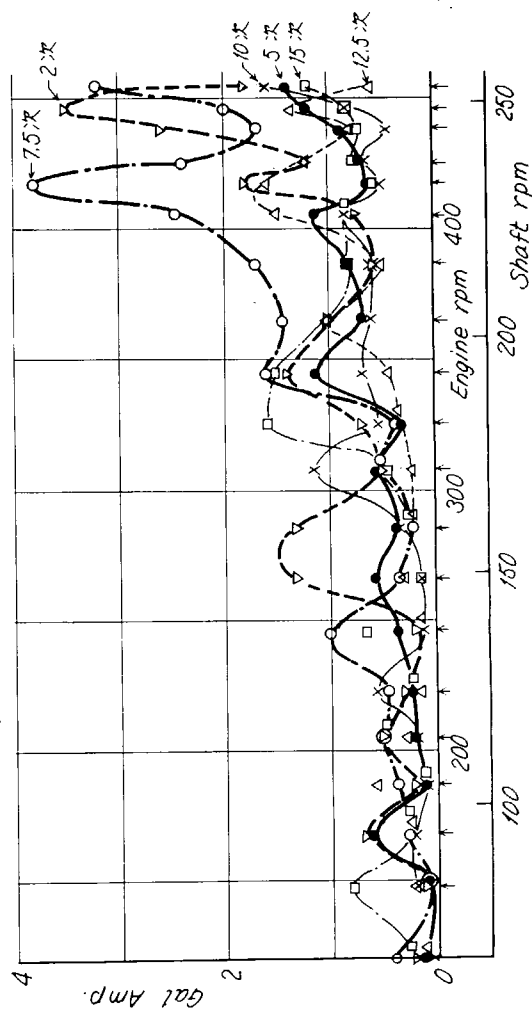
Wagon D₅ 船首端, 中央 Fr.No. 200, V 方向 Ch. 8A



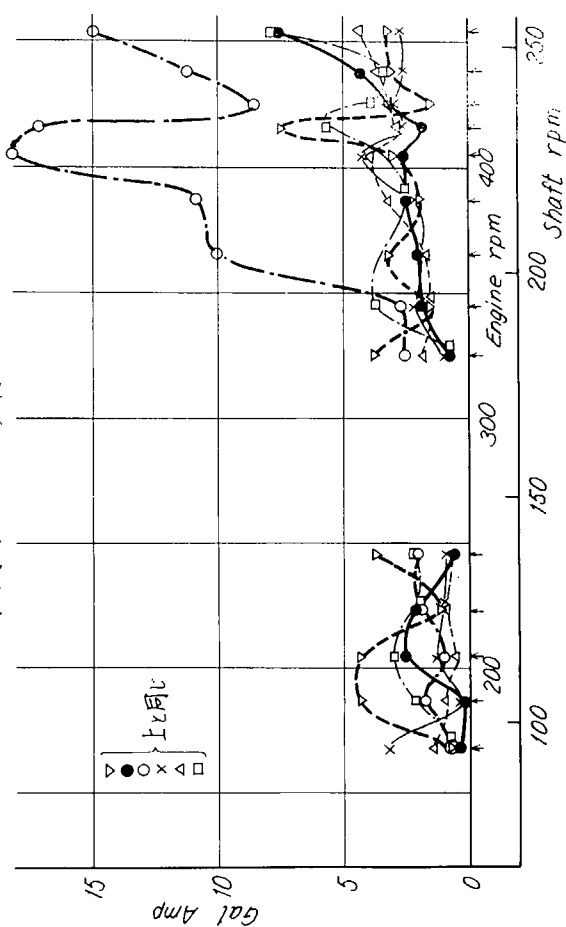
右舷主機 吸気管 H 方向 (Fr.No. 88) Ch. 8B



Wagon D₅ 船首端, 中央 Fr.No. 200, H 方向 Ch. 6



右舷機関室二重底肋骨 45°方向 (Fr.No. 88) Ch. 11B

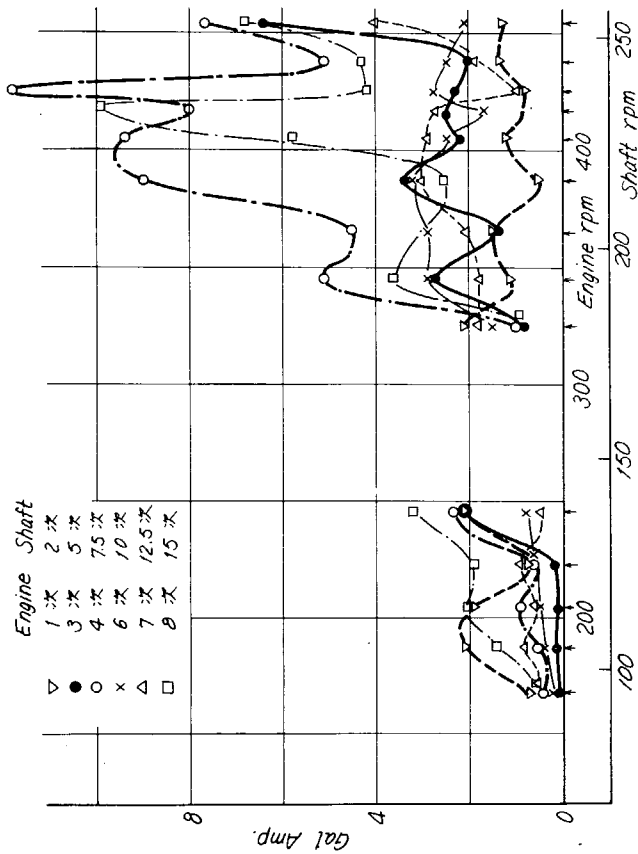


(f)

(g)

図 2. 7. 4 フェリー一ながと航走試験

(a) 機関室右舷側 助滑 Fr. No. 88 H 方向 Ch. 12B



右舷軸出力、曲げ応力 Ch. 13

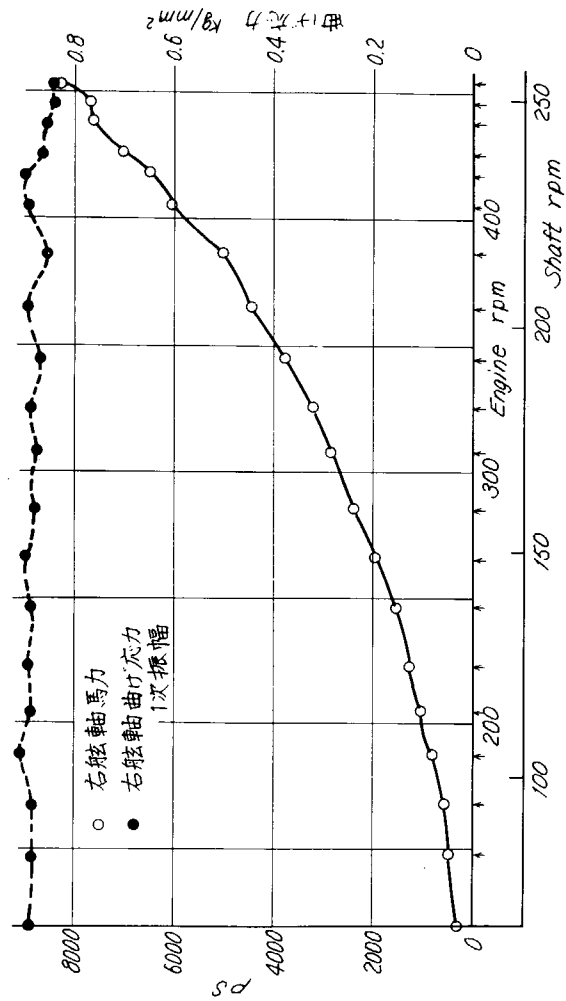


図 2. 7. 4 フェリーながと航走試験

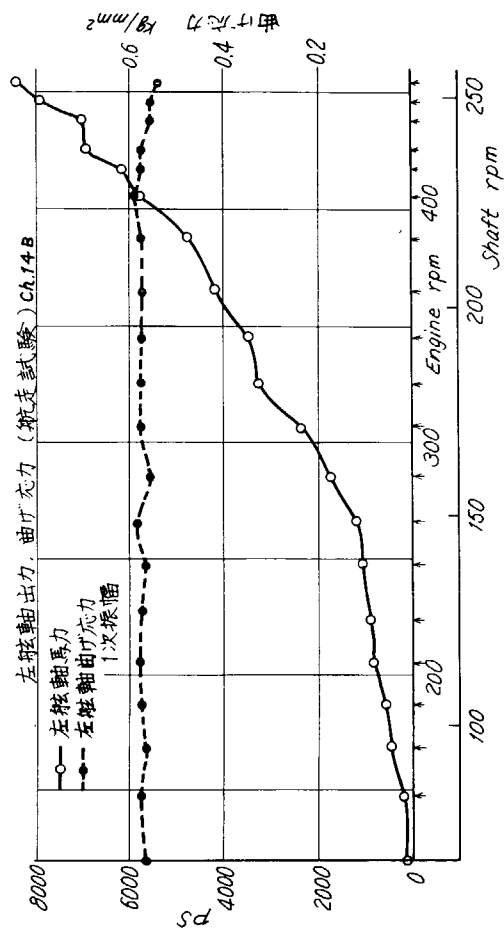
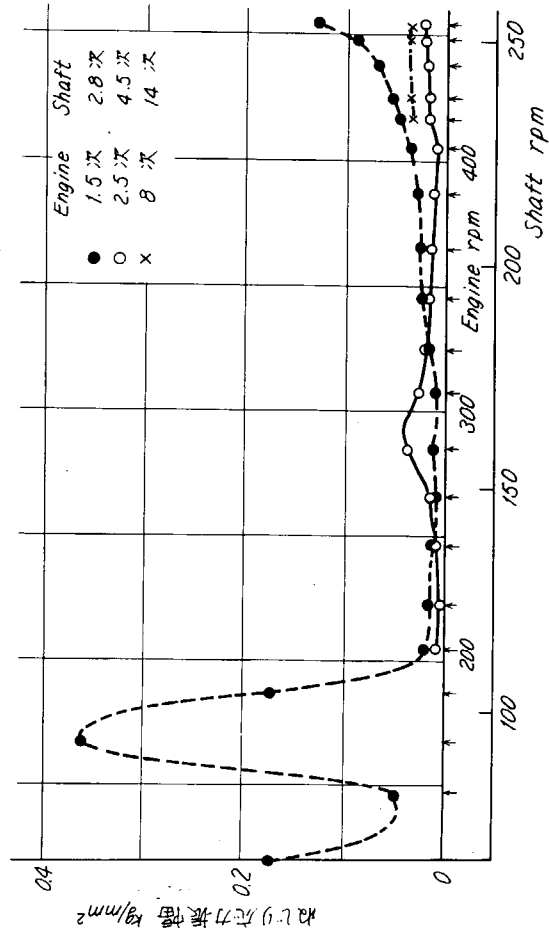


図 2. 7. 5 フェリーながと航走試験、軸馬力、曲げ応力、ねじり応力

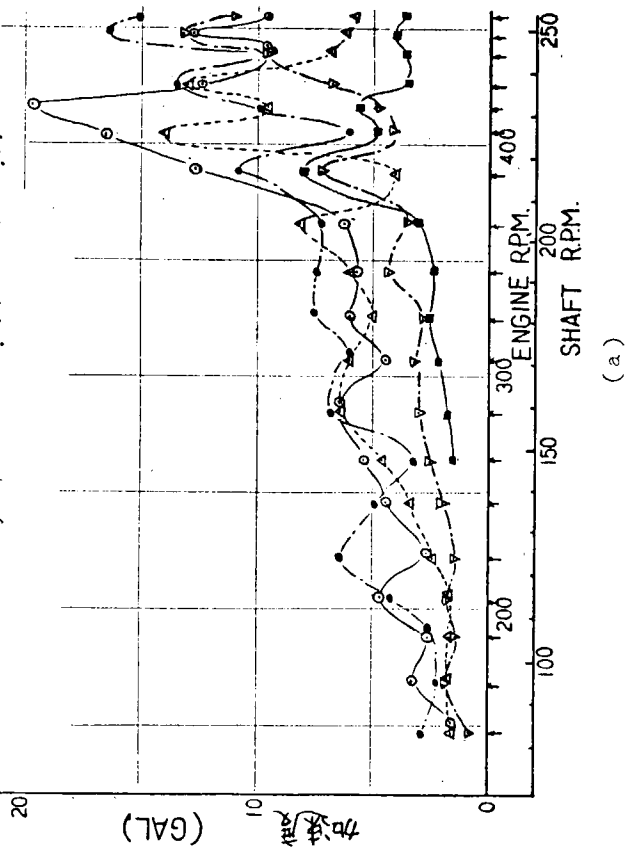
右舷軸、ねじり応力成分振幅 Ch. 14A



Magin D* 船尾端 (Fr.No.-6) V方向 No.18
(計器故障)

- 1 次 (Shaftの回転数に相当する次数)
- 2 次
 - 5 次
 - 8 次
 - 10 次
 - 16 次

Car D* 右舷側 4 次 (Fr.No.89) V方向 No.19



Car D* 中央 (Fr.No.89) V方向 No.20

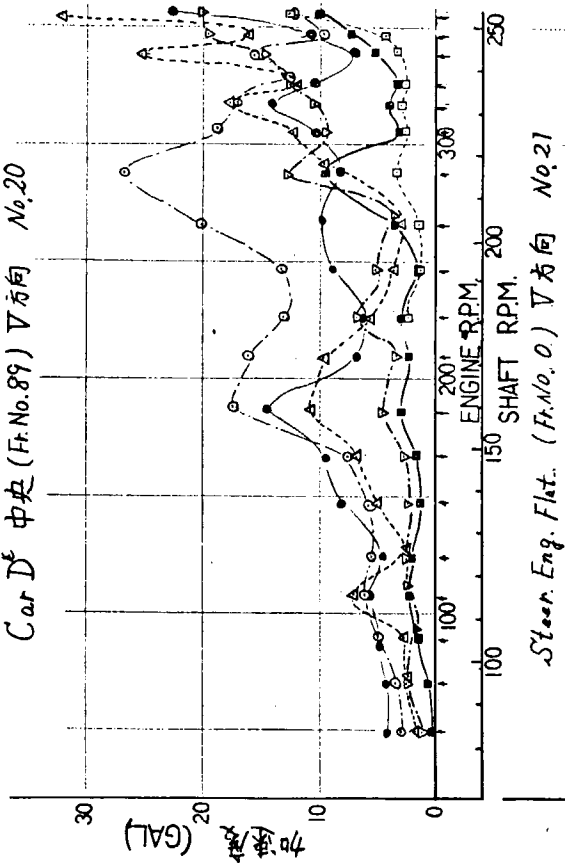
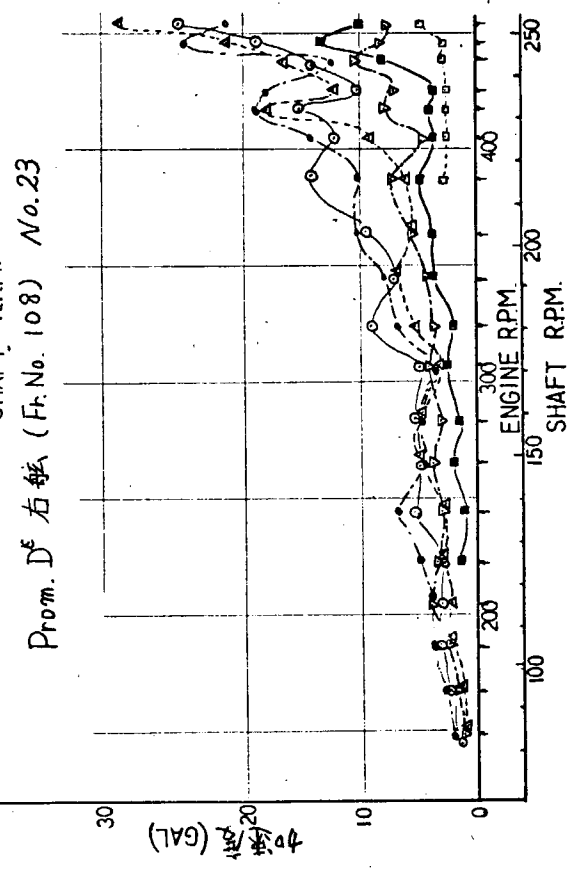
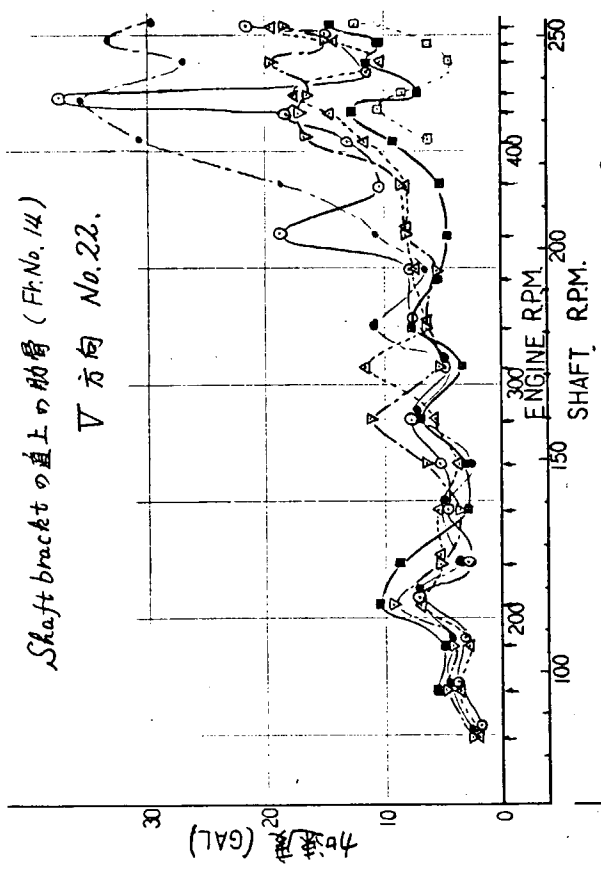
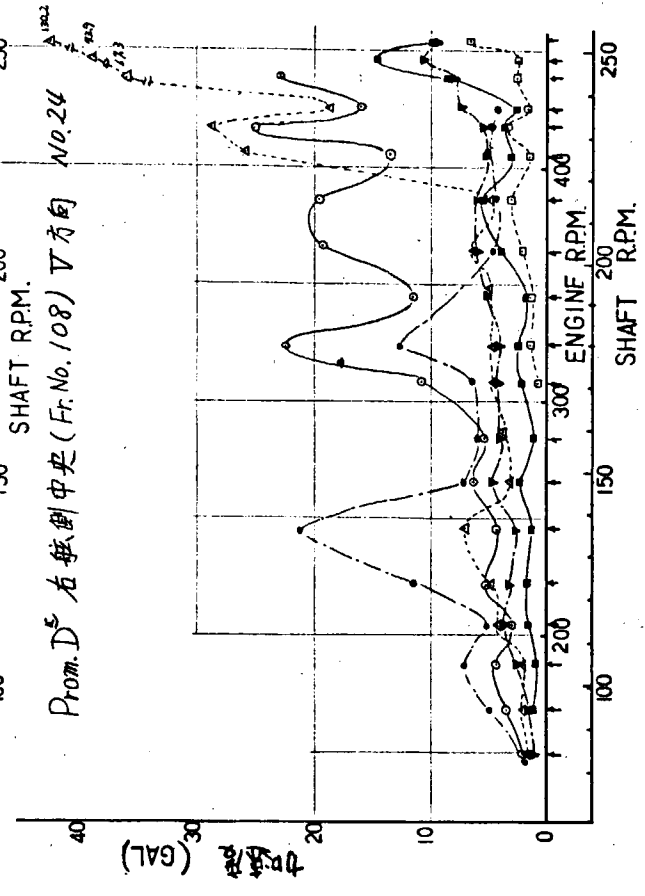
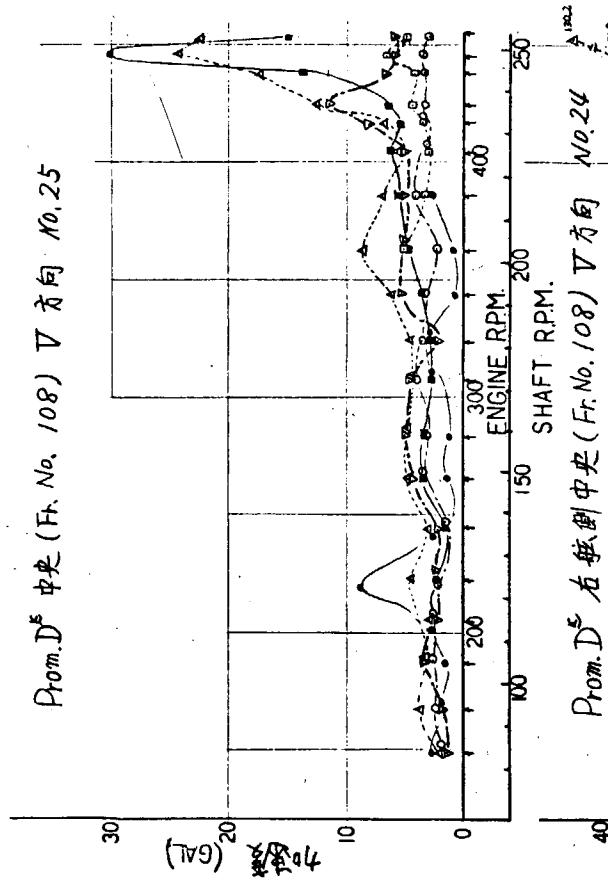


図 2.7.6 振動計測結果 (プロペラ軸の回転数ベース)

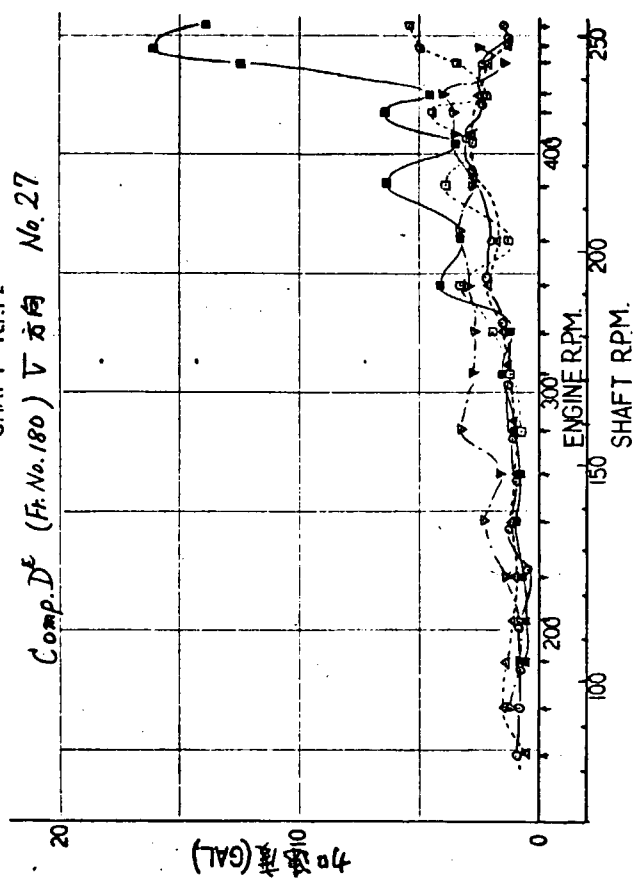
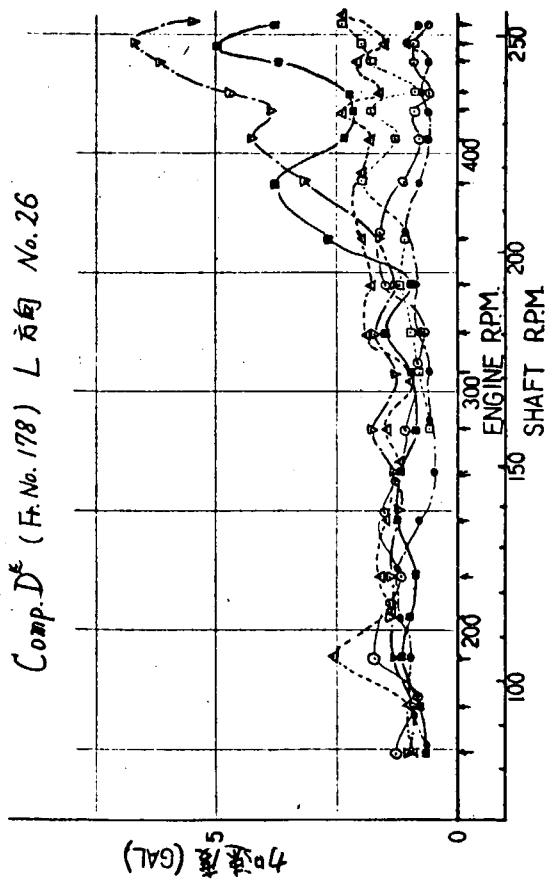


(c)

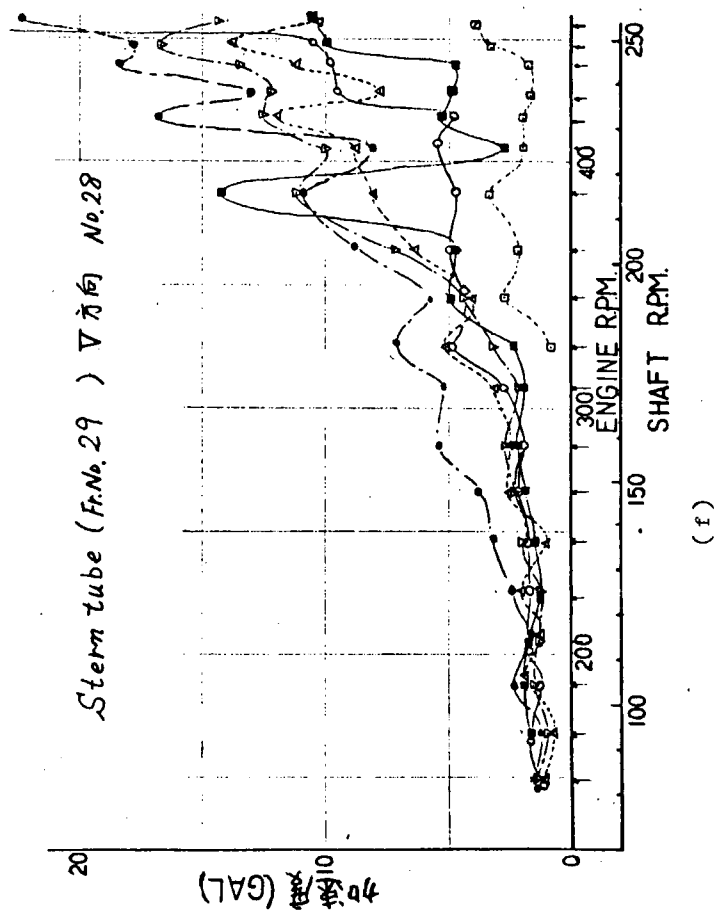


(d)

図 2. 7. 6 振動計測結果 (プロペラ軸の回転数ベース)

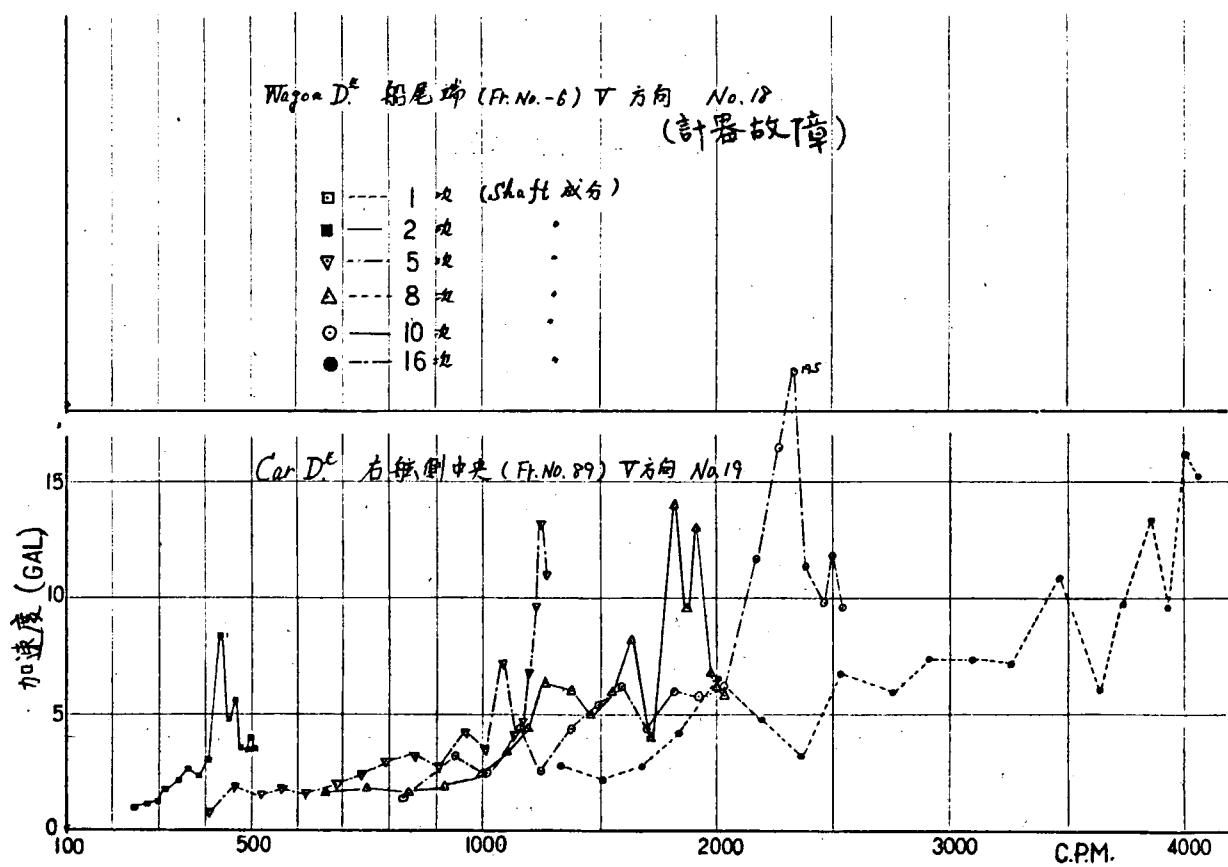


(e)

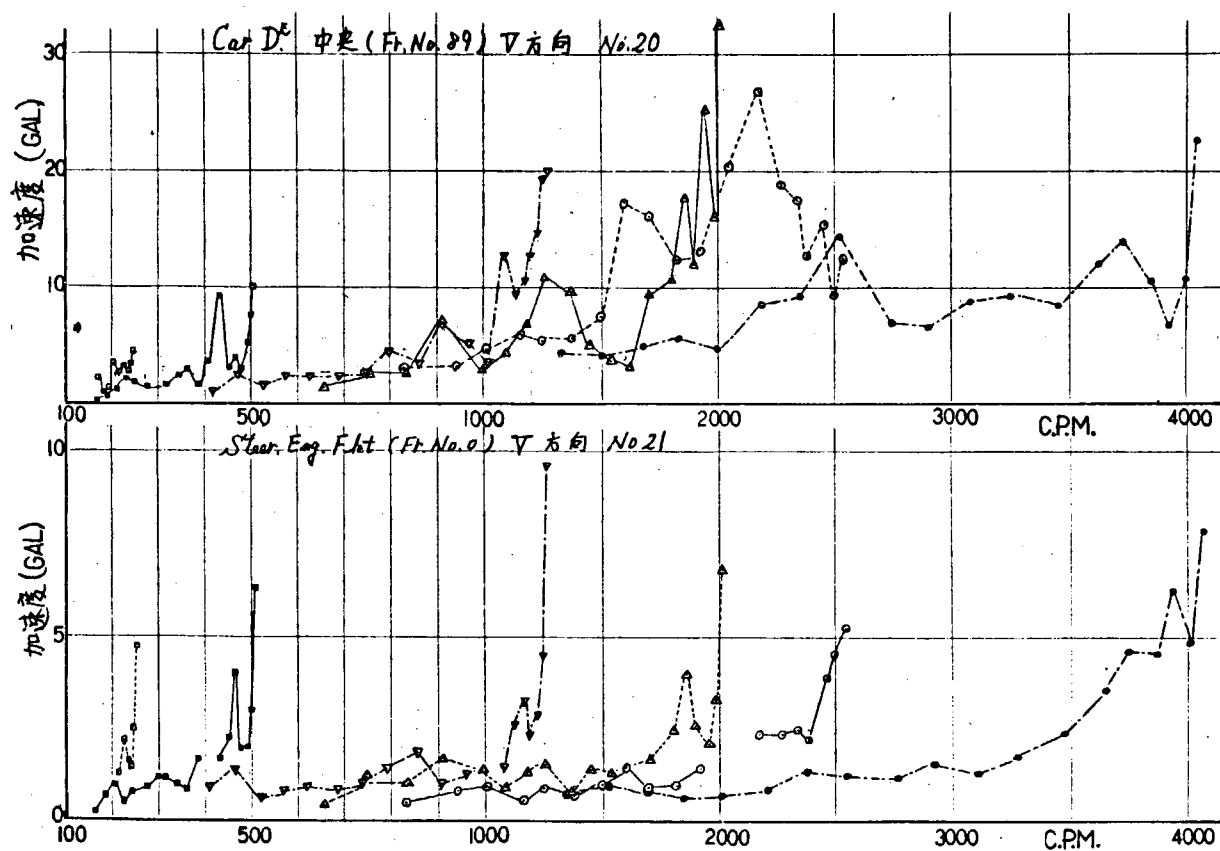


(f)

図 2. 7. 6 振動計測結果 (プロペラ軸の回転数ベース)

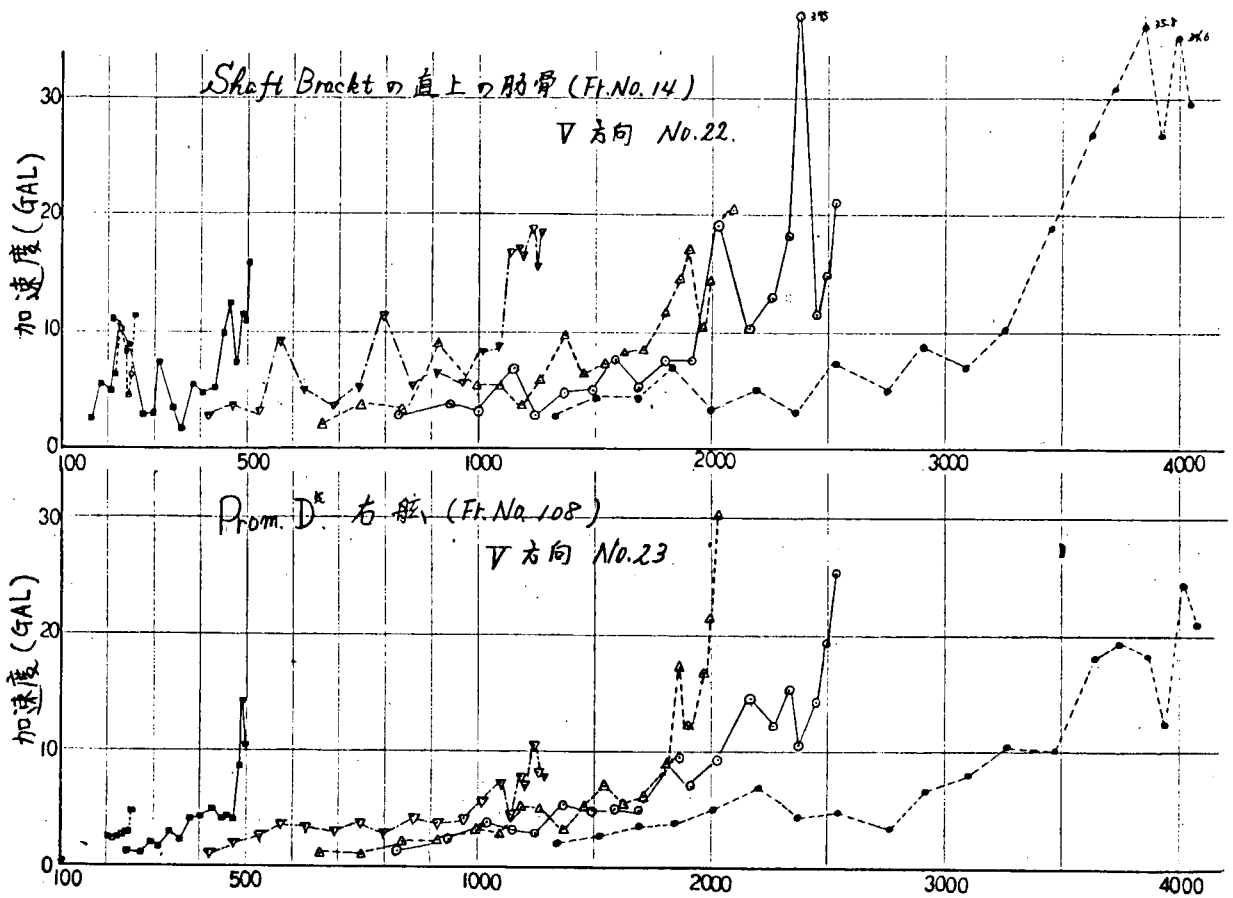


(a)

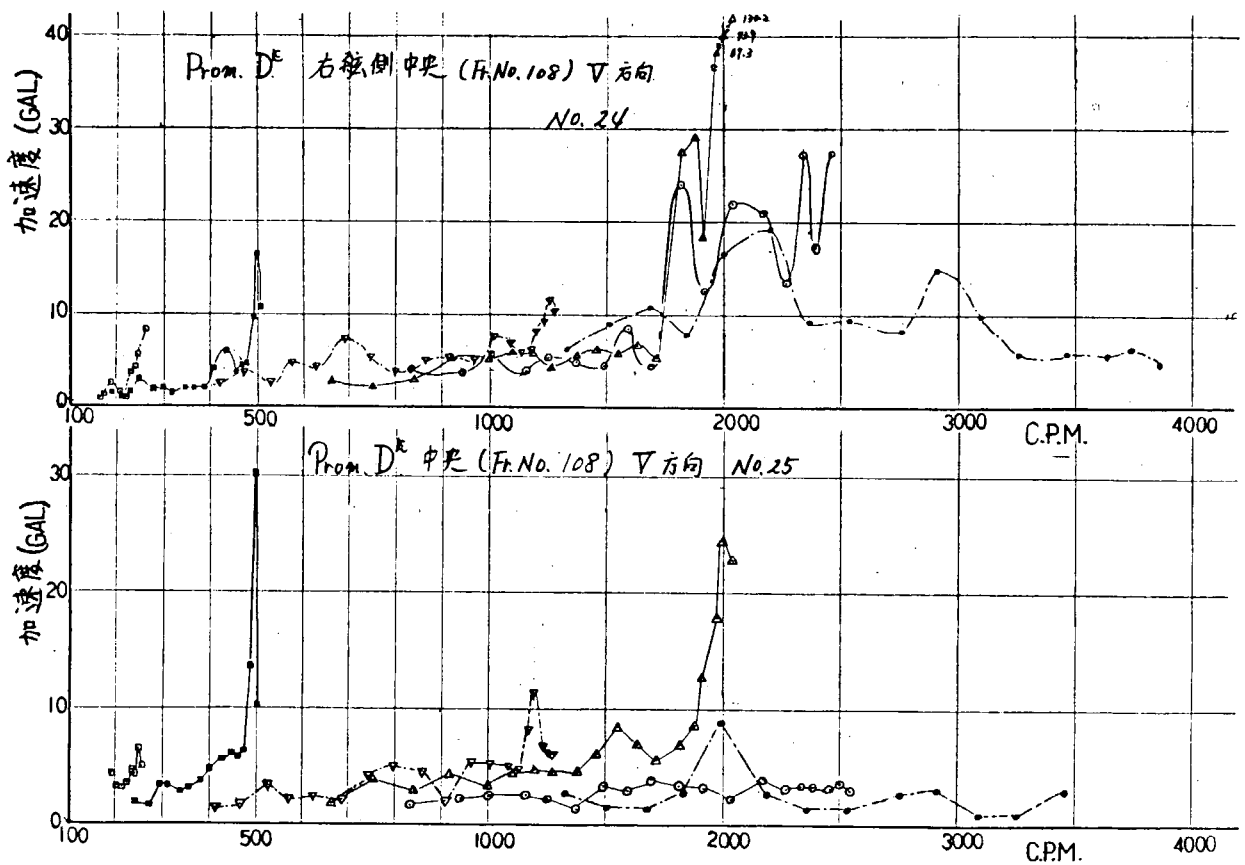


(b)

図 2. 7. 7 振動計測結果 (振動数ベース)

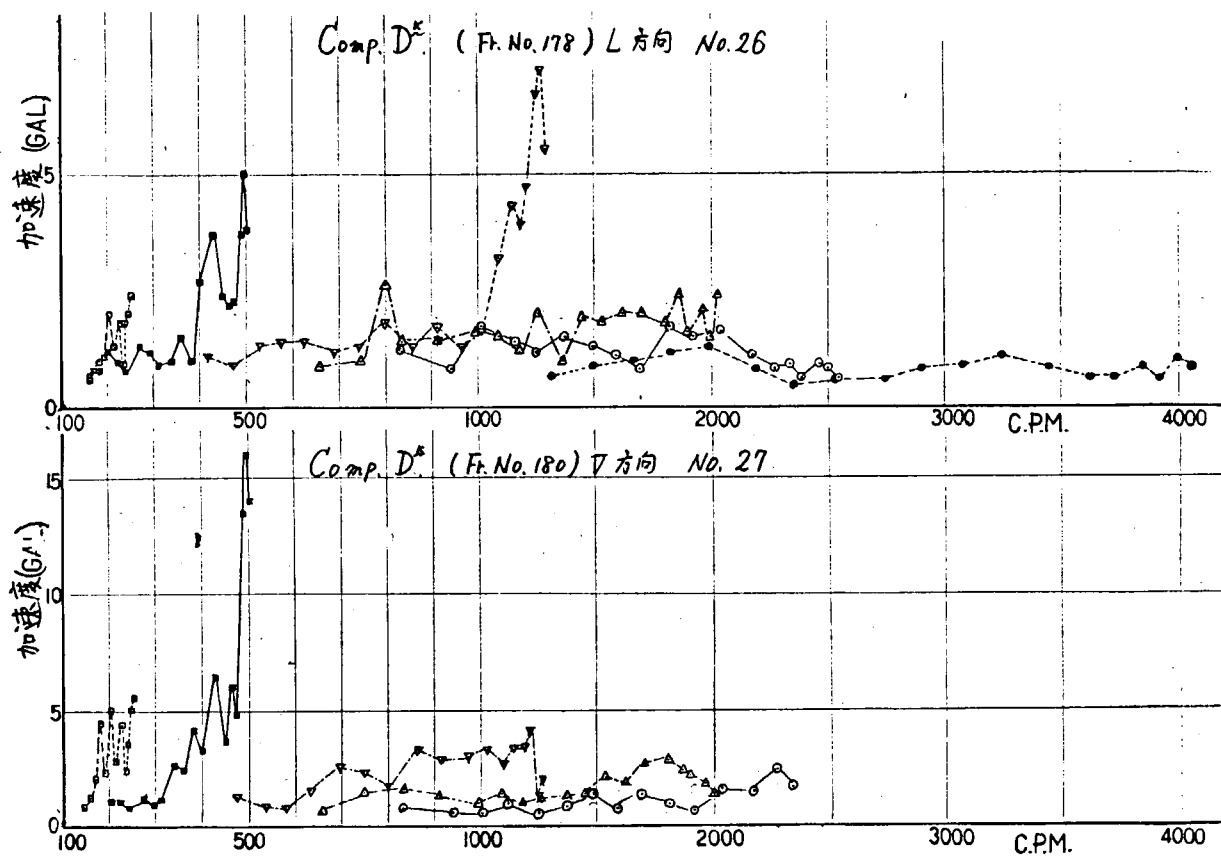


(c)

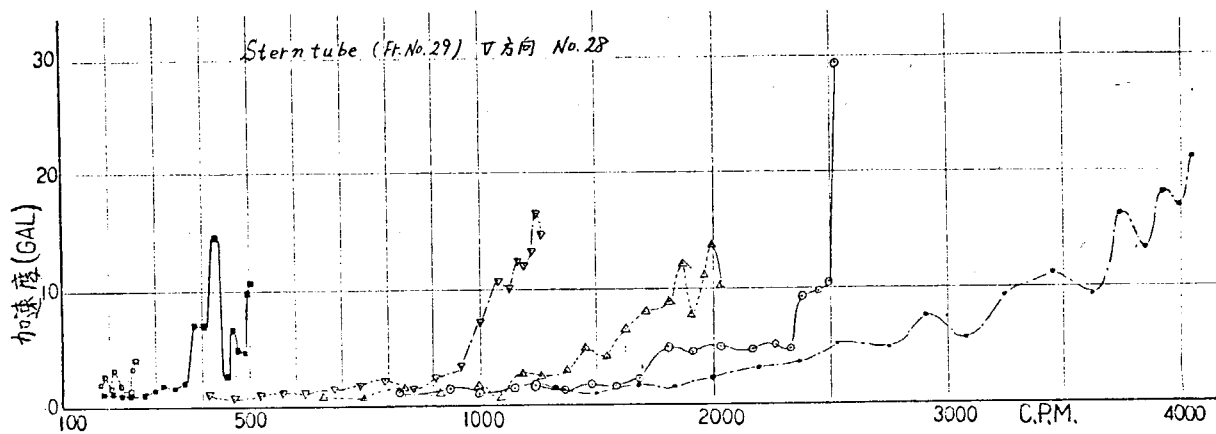


(d)

図 2. 7. 7 振動計測結果 (振動数ベース)

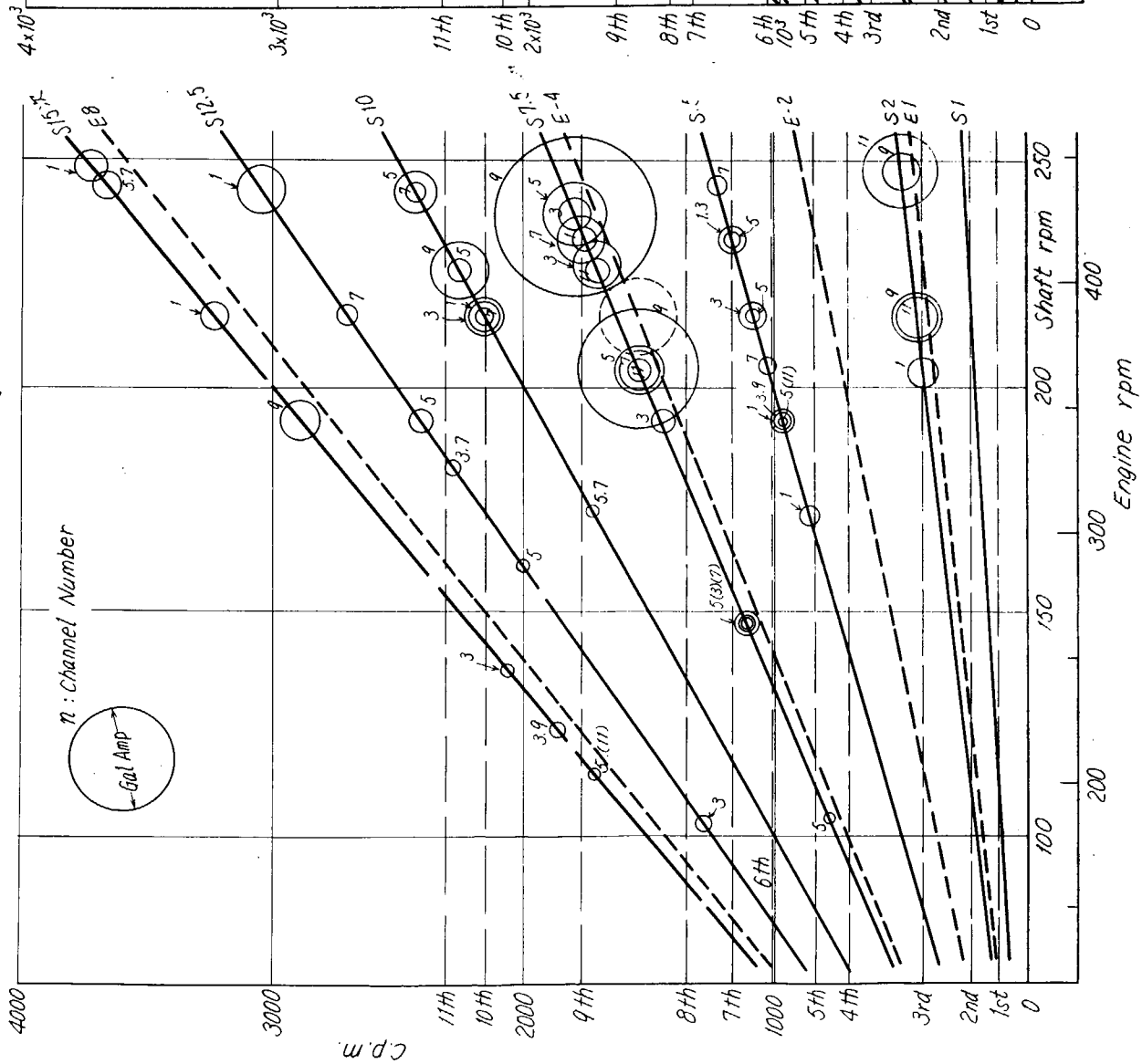


(e)

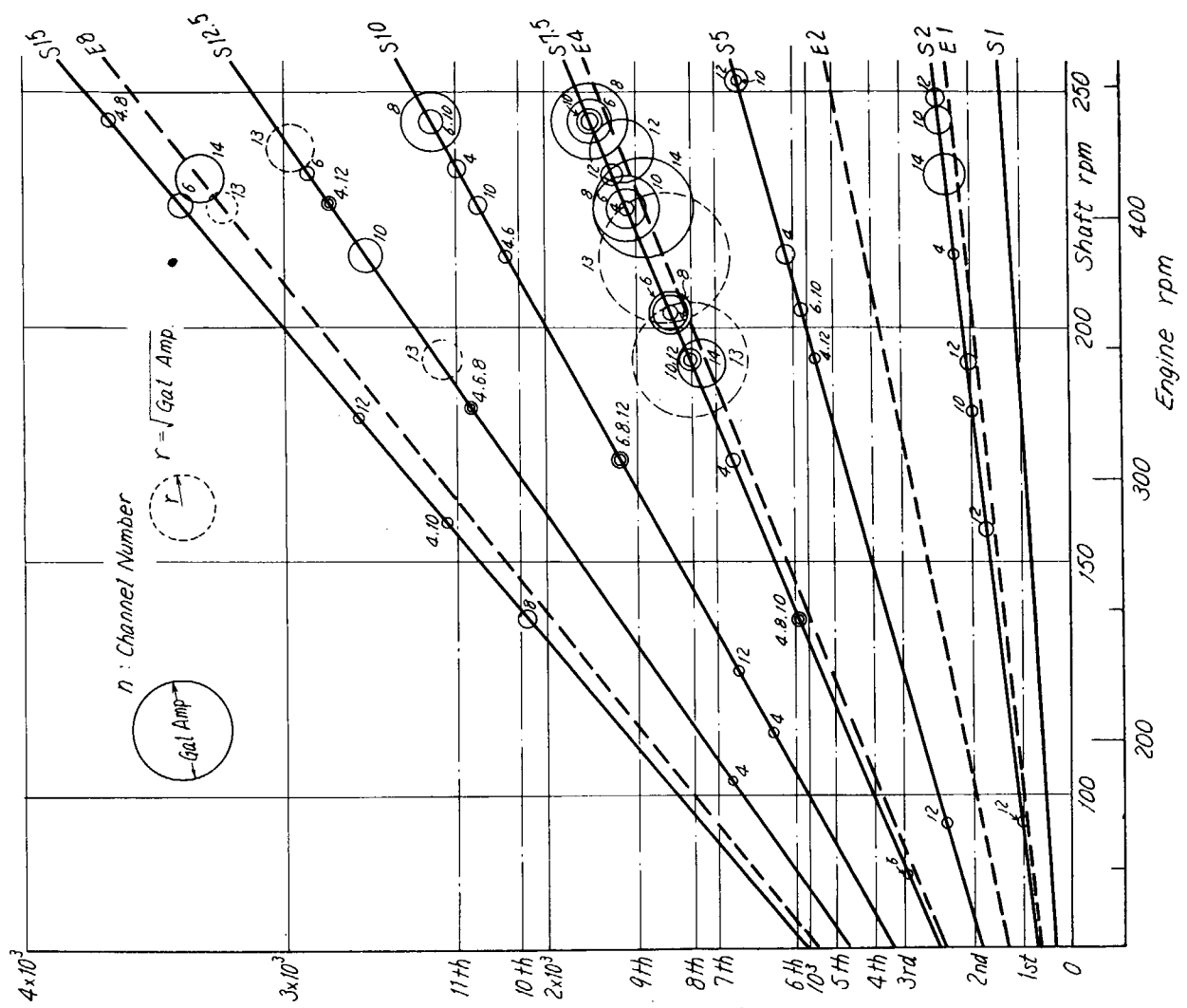


(f)

図 2. 7. 7 振動計測結果 (振動数ベース)

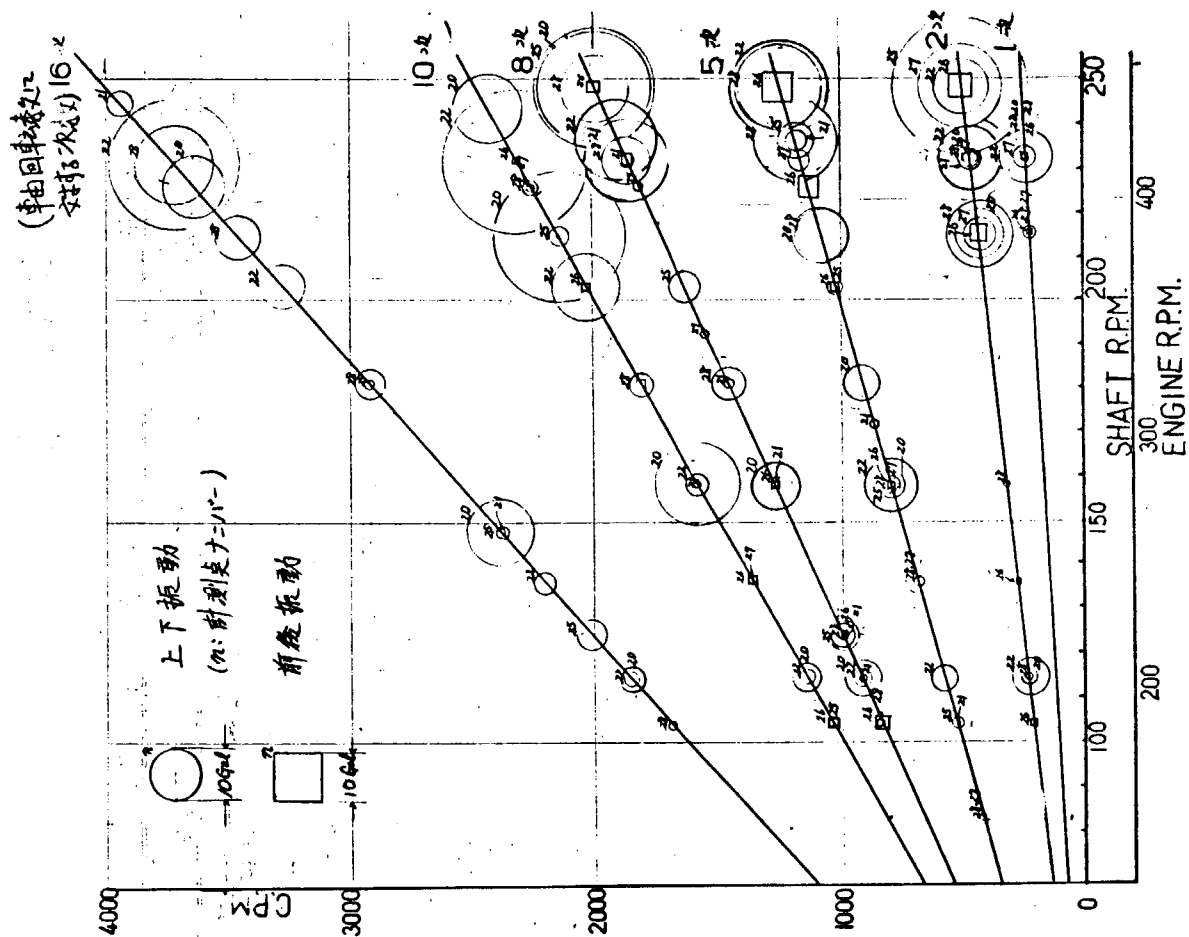


(a) 上下振動



(b) 水平振動

図 2. 7. 8 フェリーながとキャンベルチャート



(c)

図 2. 7. 8 フェリーながとキャンベルチャート

2.8 第3船 フェリーあるばとろすの解析結果

第3船フェリーあるばとろすについての主要目、計測器の取付位置、データー解析結果をつぎに示す。

- 表 2.8.1 フェリーあるばとろす主要目
- 表 2.8.2 加速度ピックアップおよびひずみゲージ取付位置
- 表 2.8.3 記録器配線
- 図 2.8.1 フェリーあるばとろす計測点配置図
- 図 2.8.2 起振試験上下振動モード (a)、(b)、(c)
- 図 2.8.3 起振試験水平振動モード (a)、(b)、(c)
- 図 2.8.4 航走試験回転数変化 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)、(i)
- 図 2.8.5 航走試験 CPP 翼角変化 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)
- 図 2.8.6 航走試験軸馬力、スラスト、ねじ応力、曲げ応力 (a)、(b)、(c)
- 図 2.8.7 キャンベルチャート (a)、(b)

表 2.8.1 フェリーあるばとろす主要目

船	主	オーシャンフェリー KK
船	種	7000 総 吨 型 自動車 航 送 客 船
全	長	127.00 Lpp m
全	幅	23.40 m (22.00 LWL)
深	さ	7.30 D m (5.20 d)
純	吨	7000 t
速	力	23.0 kn
主	機	IHI 18PC2V×2
シ	リ	18×2
ン	ダ	
ダ	数	
シ	リ	400×460 mm
ン	ダ	
ダ	数	
シ	リ	9,400×2
ン	ダ	
ダ	数	520 rpm/190 rpm (主機/主軸)
シ	リ	350 mm (110 mm)
ン	ダ	
ダ	数	
シ	リ	4 翼 可 変 ピ ッ チ (三 菱 重 工)
ン	ダ	
ダ	数	3,850 mm×変節翼角 55°
シ	リ	
ン	ダ	左 右 2 舵
ダ	数	
シ	リ	ゴ ム 捲、 リ グ ナ ム バ イ タ
ン	ダ	
ダ	数	一 段 減 速 は す ば 歯 車、ガ イ ス リ ン ガ ー 継 手
シ	リ	船 尾 より 見 て 右 舷 軸 反 時 計 方 向、左 舷 機 時 計 方 向
ン	ダ	
ダ	数	波 止 浜 造 船

表 2.8.2 加速度ピックアップおよびひずみゲージ取付位置

計測点 番 号	取付部名称	取 付 位 置			加速度計の種類、取付方向		
		前 後	左 右	上 下	№1起振試験	№2起振試験	航 走 試 験
1	右軸 ブラケット上	Fr 9	ブラケット上	ウェブフレーム	* S-1VS-2H	同 左	S-1V. S-2H
2	右 舷 機	Fr 70	吸 気 管 横	同 上	S-3 VorH	S-3 VorH	S-3H
3	二重底中心より	Fr 70	2 と 4 の 中 間	二 重 底 上	* A-1 VorH	A-1 VorH	A-1V
4	二重底外より	Fr 70	ウェブフレーム	同 上	A-2 VorH	A-2 VorH	A-2V
5	船尾船 D Dk	Fr-6	C L 上	D Dk	* M2-2VorH	M2-2VorH	M1-1V. 1-2H
6	Fr 30 D Dk	Fr 30	右 舷 端	D Dk		M2-3	M1-3V. 1-4H
7	Fr 57 D Dk	Fr 57	右 舷 端	D Dk	M2-3VorH		M1-5V
8	Fr 84 D Dk	Fr 84	右 舷 端	D Dk	M2-1VorH		M2-1VM2-2H
9	Fr 84 D Dk	Fr 84	C L 上	D Dk		M2-1VorH	M2-3VM2-4H
10	Fr 132 D Dk	Fr 132	右 舷 端	D Dk		M2-5VorH	M1-6V
11	船首端 Dk F. P.	Fr 197	C L 上	D Dk	M2-5VorH		M2-5V. 2-6H
12	Fr No-6C Dk	Fr-6	C L 上	C Dk	M2-4VorH		A-5V
13	Fr No 30C Dk	Fr 30	右 舷 端	C Dk		M2-4VorH	
14	Fr 80 C Dk	Fr 80	右 舷 端	C Dk		M2-6VorH	
15	Fr 84 C Dk	Fr 84	C L 上	C Dk			
16	Fr 132 C Dk	Fr 132	右 舷 端	C Dk	A-3VorH	A-3 VorH	
17	Fr 132 NAV Dk	Fr 132	右 舷 端	NAV、Br Dk	A-4VA-5H	A-4VA-5H	A-4V
18	Fr 168 NAV Dk	Fr 168	右 舷 端	NAV、Br Dk	M2-6VorH		
19	右舷軸スラスト	Fr 33	軸 上				テレメーター 40MC-1
20	" 曲 げ	"	"				" 40MC-2
21	" ねじり	"	"				" 40MC-3
22	左舷軸スラスト	"	"				テレメーター 44MC-1
23	" 曲 げ	"	"				" 44MC-2
24	" ねじり	"	"				" 44MC-3
25	ひずみゲージ①	Fr 9	No5 Void	ウェブフレーム			DPM 6G-1
26	" ②	"	"	"			" -2
27	" ③	Fr 7	"	ウエブ板			" -3
28	" ④	"	"	"			" -4
29	" ⑤	"	"	"			" -5
30	" ⑥	"	"	"			" -6
31	右軸回転マーク						
32	左軸回転マーク						
33	タイムマーク						

注 加速度ピックアップ S 明石サーボ加速度 P. U. V401BT

A 共和 120A-5H

M 国際振動 VP-4122

表2.8.3 フェリーあるばとろす記録器配線

加速度計		取 付 位 置		D. R ファン ネル	ビ ジ グ ラ フ				D C Amp
		起 振 試 験	航 走 試 験		A	B	C	D	
I M V	1-1	Dデッキ Fr № 6	Dデッキ Fr № 6V	4	6				
	1-2	Cデッキ Fr № 6	Dデッキ Fr № 6H	5	7				
	1-3	Dデッキ Fr № 30	Dデッキ Fr № 30V	6	8				
	1-4	Cデッキ Fr № 30	Dデッキ Fr № 30H	7	9				
	1-5	Dデッキ Fr № 57	Dデッキ Fr № 57V	8A	10				
	1-6	Dデッキ Fr № 132	Dデッキ Fr № 132V	9A	11				
	2-1	Dデッキ Fr № 84	Dデッキ Fr № 84V	10A		9			
	2-2	Cデッキ Fr № 84	Dデッキ Fr № 84H	11A		10			
	2-3	Dデッキ Fr № 84	Dデッキ Fr № 84V	12A			3		
	2-4	Cデッキ Fr № 84	Dデッキ Fr № 84H	14A			4		
	2-5	Dデッキ Fr № 197	Dデッキ Fr № 197V	8B			5		
	2-6	ブリッジ Fr № 168	Dデッキ Fr № 197H	9B			6		
共 和 加速度 (6L4)	A-1	E. R 二重底 F. 70	E. R 二重底 F. 70V				7		
	A-2	E. R フレーム F. 70	E. R フレーム F. 70V				8		
	A-3	Cデッキ F. № 132	Cデッキ F. № 132V				9		
	A-4	ブリッジ F. № 132V	ブリッジ F. № 132V	10B			10		
	A-5	ブリッジ F. № 132H	"C" Dk F. № -6V	11B			11		
明 石 加速度	S-1	ボイド № 5 Fr № 9V	ボイド № 5 Fr № 9V	1	3				6L5-1
	S-2	ボイド № 5 Fr № 9H	ボイド № 5 Fr № 9H	2	4				6L5-2
	S-3	右舷機頂部	右舷機頂部 H	3	5				6L5-3
テレメ ーター 40MC	1	右舷軸スラスト	Fr № 33 付近	12B		3			6L5-4
	2	" 曲 げ	"	13		4			6L2P-1
	3	" ね じ り	"	14B		5			6L2P-2
テレメ ーター 44MC	1	左舷軸スラスト	"			6			
	2	" 曲 げ	"			7			
	3	" ね じ り	"			8			
共 和 ひずみ ゲージ (DPM -6G)	G-1		Fr № 9 ブラケット上					1	
	G-2		"					2	
	G-3		Fr № 7 ウェブフレーム板					-3	
	G-4		"					4	
	G-5		"					5	
	G-6		"					6	
右舷軸REVマーク			明石光電式		1	1	1		
左舷軸 "			磁石式		2	2	2		
TIME マーク			電接時計		12	12	12	7	
				R 270	FR 101 ATT付	FR 101	FR 101 ATT付	PR 101	

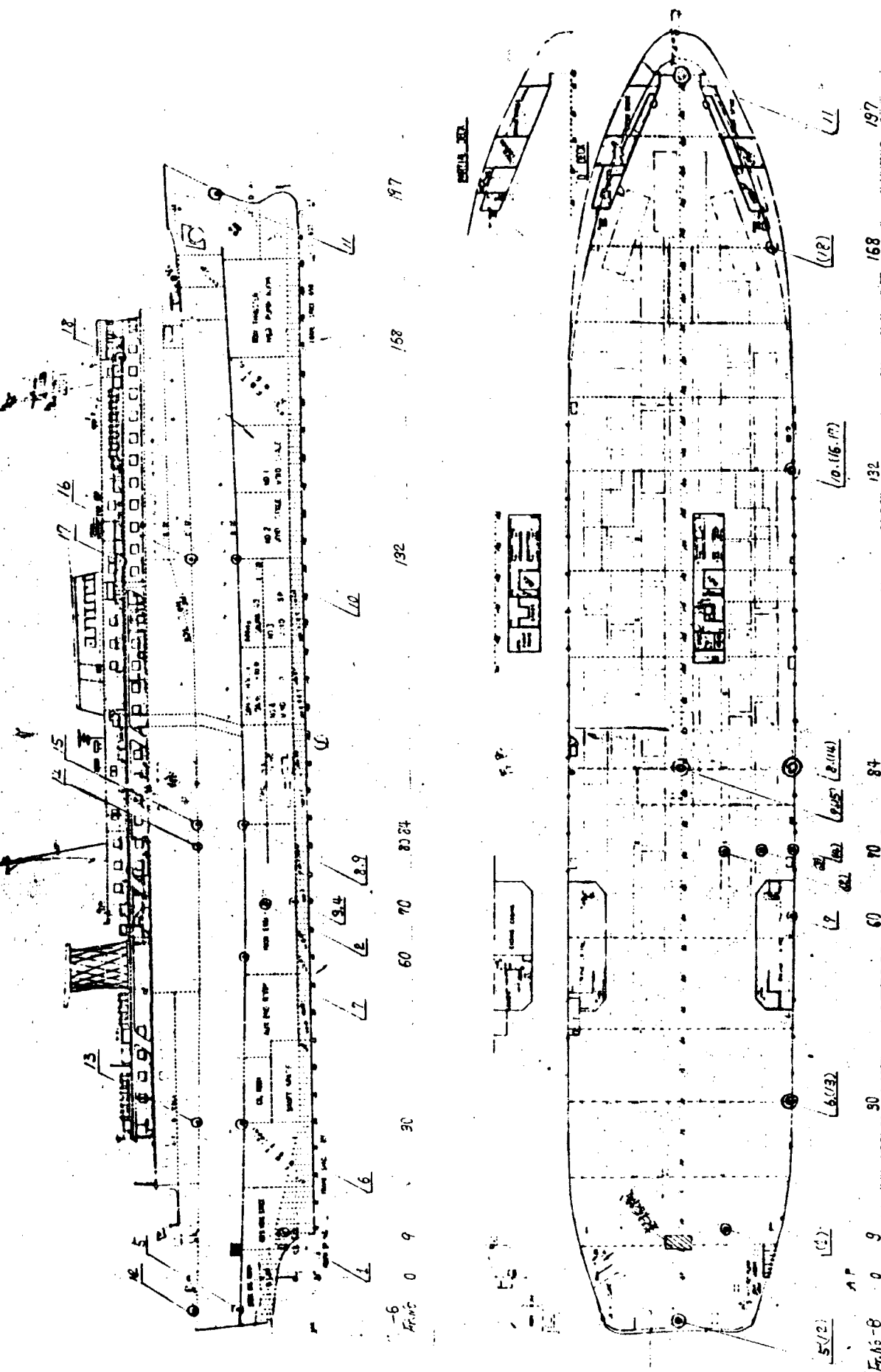


図 2. 8. 1 フェリーあるばとろす計測点配置図

2.8.1 試験方法

a) 起振器試験

9月8日 2000 ~ 9月9日 0200 津島沖(船内電源)

IMV振動計のうち1台6チャンネルが故障したため、ピックアップ取付位置を変更し、2回に別けて行なった。

(1) 垂直起振試験

不均合錘を $45^{\circ}(50\text{Kg-cm})$ にセットし、 $250\text{rpm} \sim 1300\text{rpm}$ の間を 50rpm ごとに測定し、ついで不均合錘を $150^{\circ}(14\text{Kg-cm})$ に変えて $1300\text{rpm} \sim 2500\text{rpm}$ の間を 50rpm ごとに測定した。

(2) 水平起振試験

不均合錘を $150^{\circ}(14\text{Kg-cm})$ にセットし $1300 \sim 2500\text{rpm}$ の間を 50rpm ごとに測定し、ついで不均合錘を $45^{\circ}(50\text{Kg-cm})$ として $250 \sim 1300\text{rpm}$ の間を 50rpm ごとに測定した。

b) 軸心アラインメント試験

9月15日 1100 ~ 1200 津島沖

左右両軸のFr₁₆₃₃および44付近に曲げ応力用ひずみゲージを取り付け、テレメーターおよび動的ひずみ計によって、主軸一回転中の曲げ応力変化を計測し、 $\frac{1}{8}$ 回転ごとにパルスを付記した。

c) 航走試験

(1) 翼角一定、回転数変化試験

9月14日 1700 ~ 1740 松山沖

翼角を 28.6° で一定とし、左右主機を200、225、250、275、300、325、350、375、400、425、450、475、492、520 rpmにそれぞれ2~3分整定して計測した。

(2) 回転数一定、翼角変化試験

9月16日 0940 ~ 1020 津島沖

左右主機の回転数を492.4 rpmで一定とし、C_{pp}翼角を28.6、25.0、23.5、20、14.5、10、5、0度に4~5分間それぞれ整定して計測した。

(3) ねじり振動試験

9月10日 1000 ~ 1100

左右両舷機を140 rpm ~ 540 rpmの間20 rpmごとに回転数を連続的に変え計測を行なった。この間C_{pp}角 28° 一定。

(4) 前後進試験、操舵試験、速力試験

試運転方案に従ってそれぞれの状態で計測した。

(5) 速力試験中の客室振動計測

9月12日 1000 ~ 1600

左舷主機出力 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、85%、100%の各状態で速力試験直進中、船室14箇所について垂直方向、水平方向、前後方向の振動計測を、IMVピックアップ1-4および2-2を移動して行なった。

d) アンカーテスト

9月14日 1600~1630

投揚錨試験において両舷アンカー落下時の計測を行った。

2.8.2 試験時の載荷状況

9月8日 起振試験

吃水 船首3.875m、船尾5.040m、平均4.540m

排水量 6.060ton

Cb 0.479

9月14日 航走試験（翼角一定回転数変化）

吃水 船首3.925m、船尾5.030m、平均4.535m

排水量 6.065ton

Cb 0.470

9月16日 航走試験（翼角変化）

吃水 船首3.880m、船尾5.050m、平均4.560m

排水量 6.100ton

Cb 0.473

2.8.3 解析結果

解析結果を図2.8.2～図2.8.7に示す。

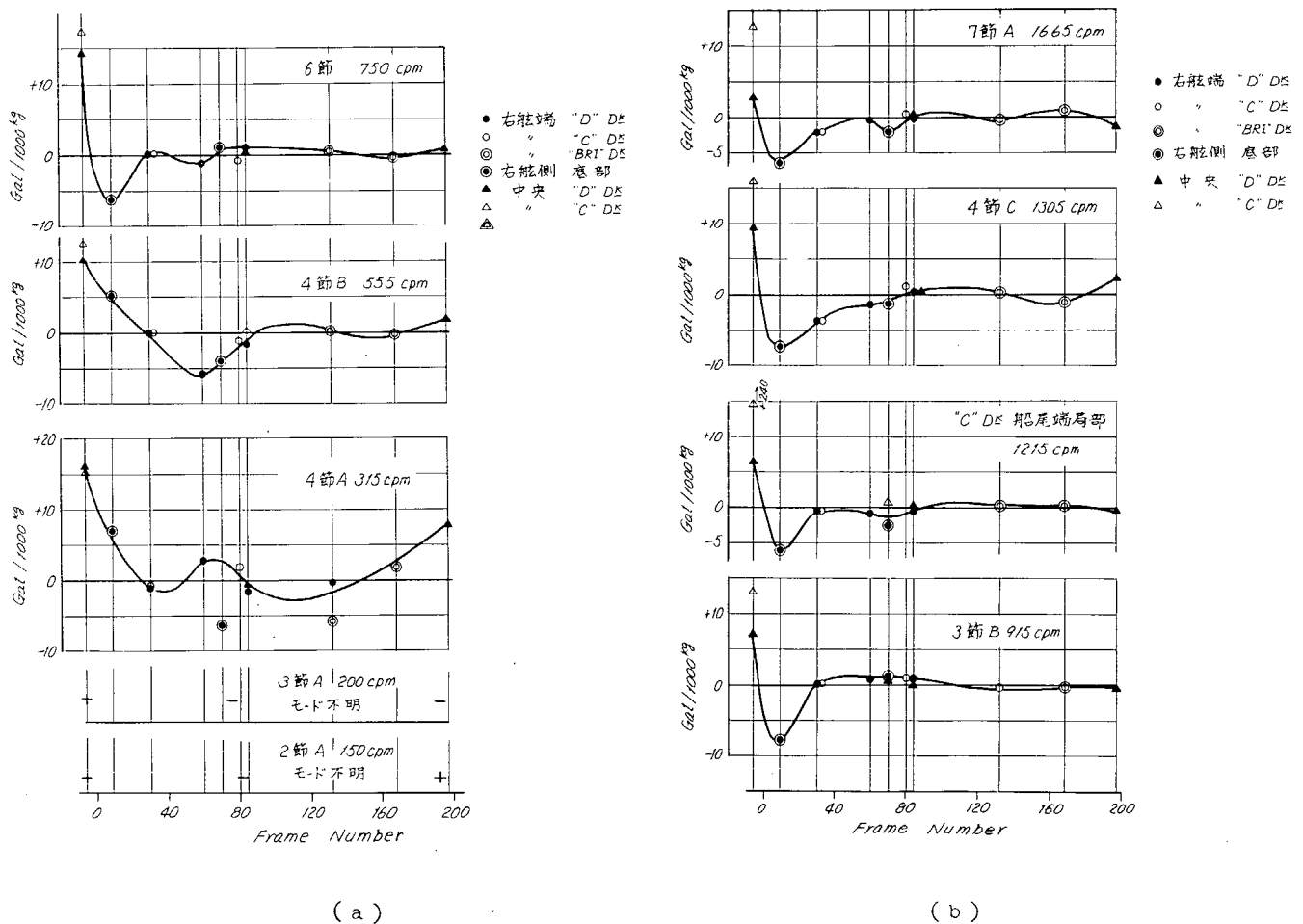


図2.8.2 フェリーあるばとろす起振試験V方向振動モード

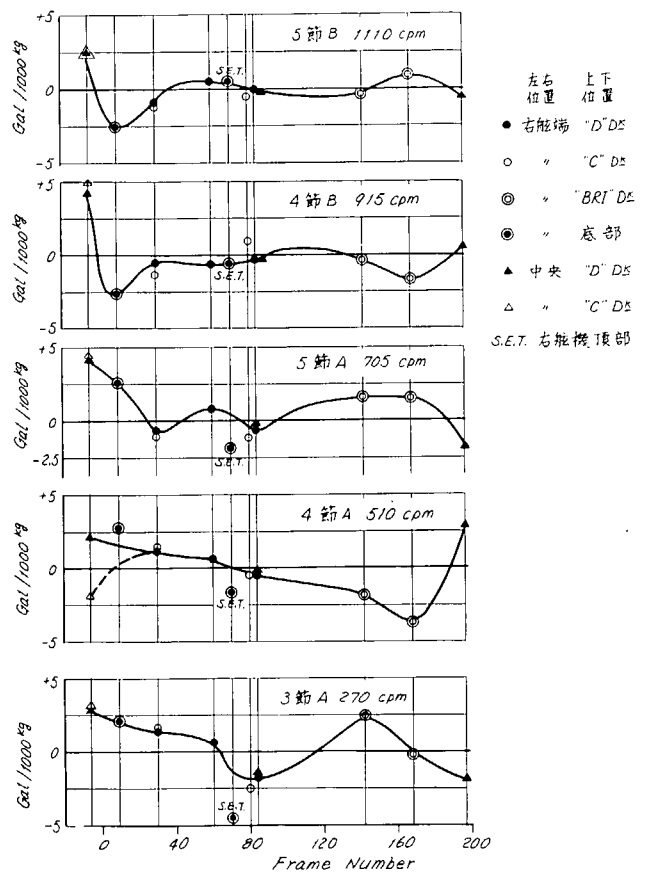
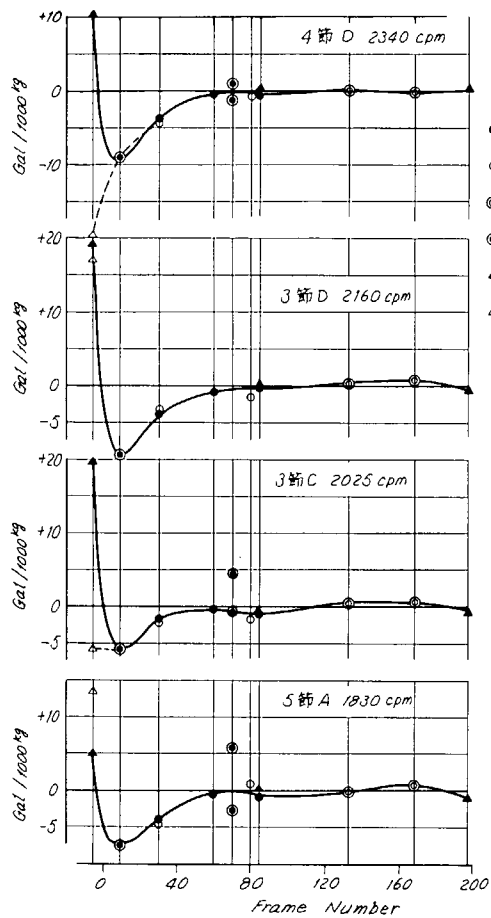


図 2. 8. 2 フェリーあるはとろす起振試験V方向振動モード

(a)

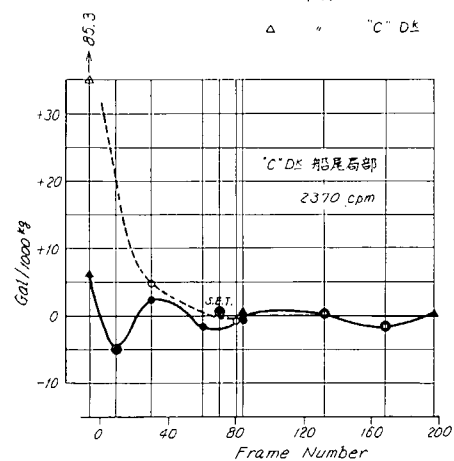
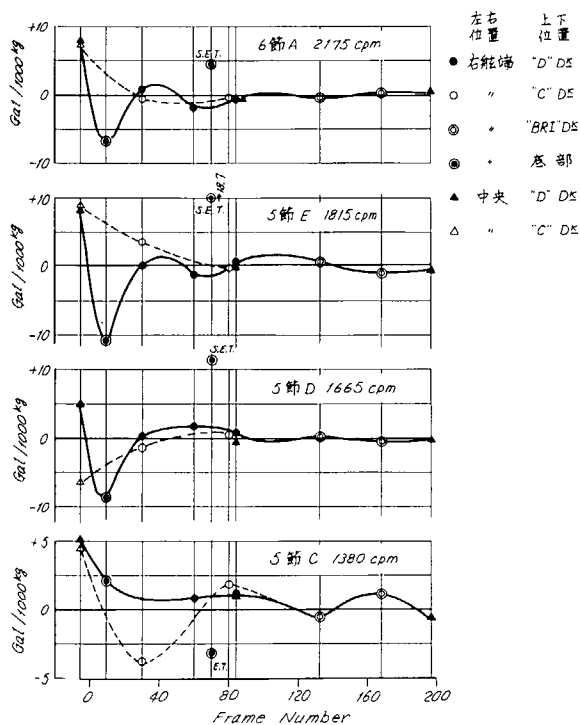
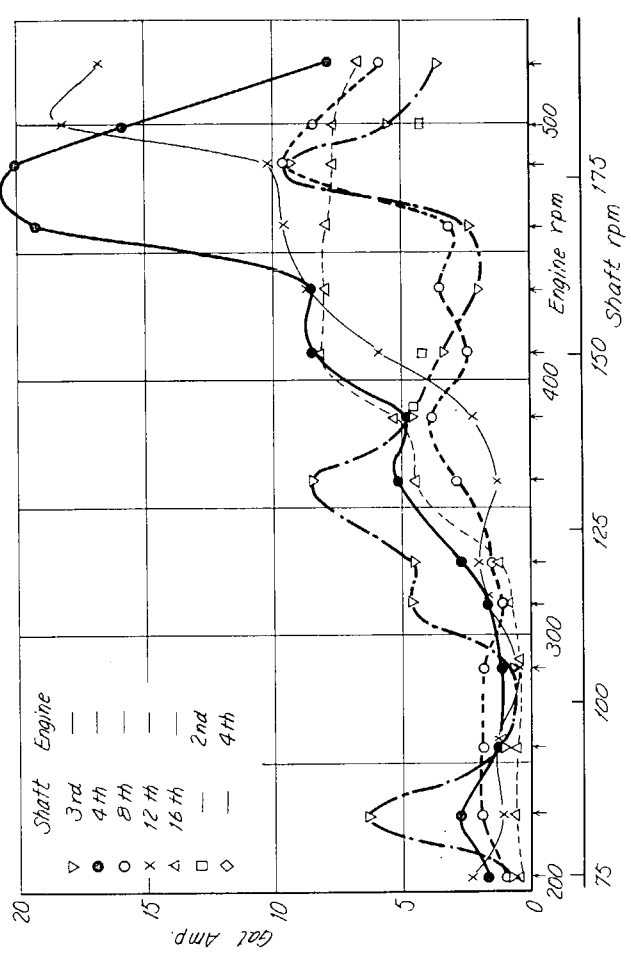


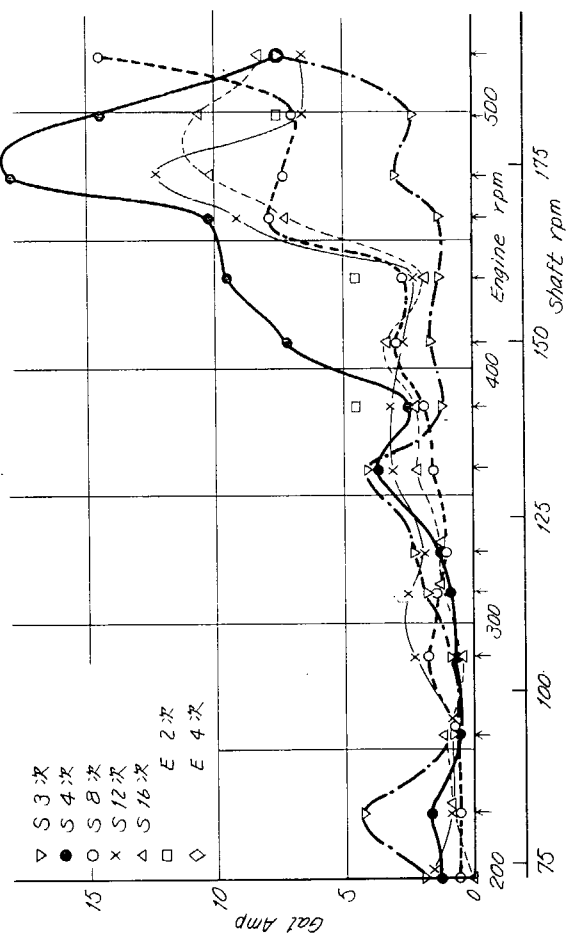
図 2. 8. 3 フェリーあるはとろす起振試験H方向振動モード

(c)

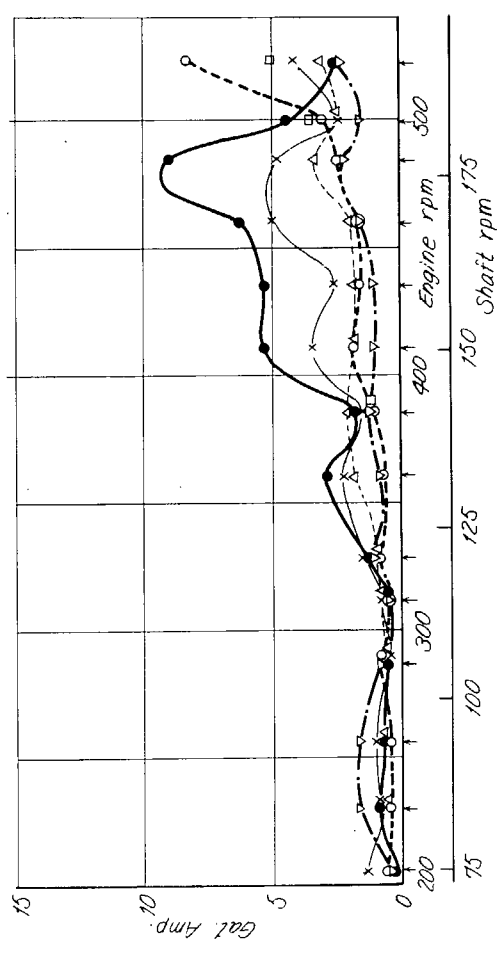
Ch. 4 D.D.S (Wagon). Fr. No. 6 船尾端, 中央 V 方向



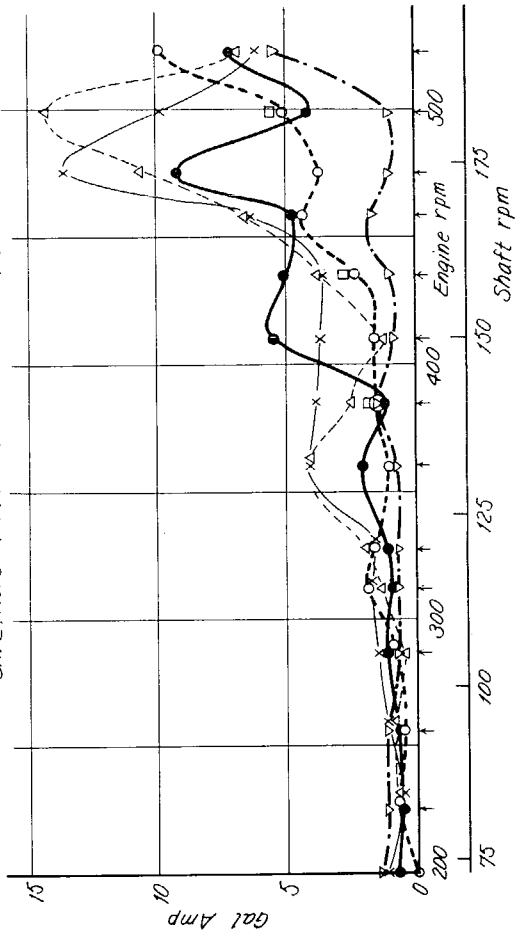
Ch. 1, No. 5 ボイド, 右舷スタンラケット付根, V 方向



Ch. 5 D.D.S (Wagon) Fr. No. 6 船尾端, 中央 H 方向



Ch. 2, No. 5 ボイド, 右舷スタンラケット付根, H 方向

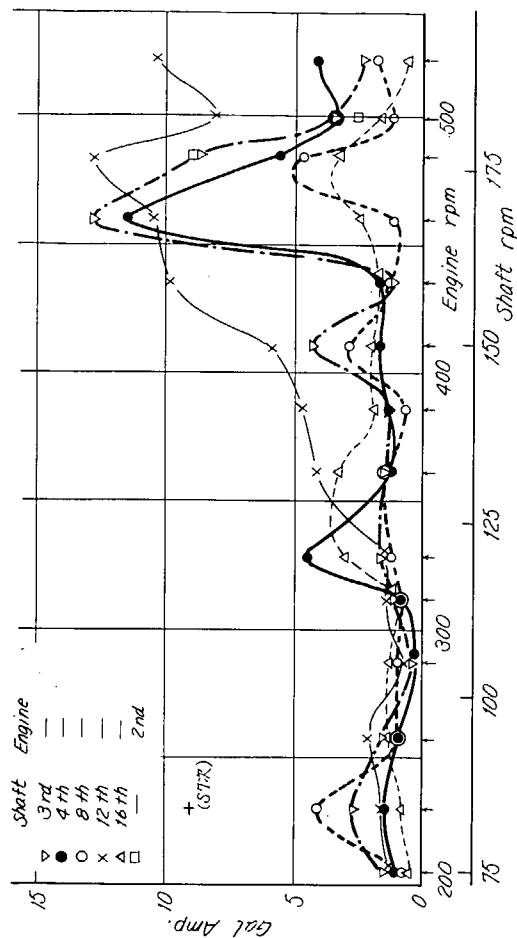


(a)

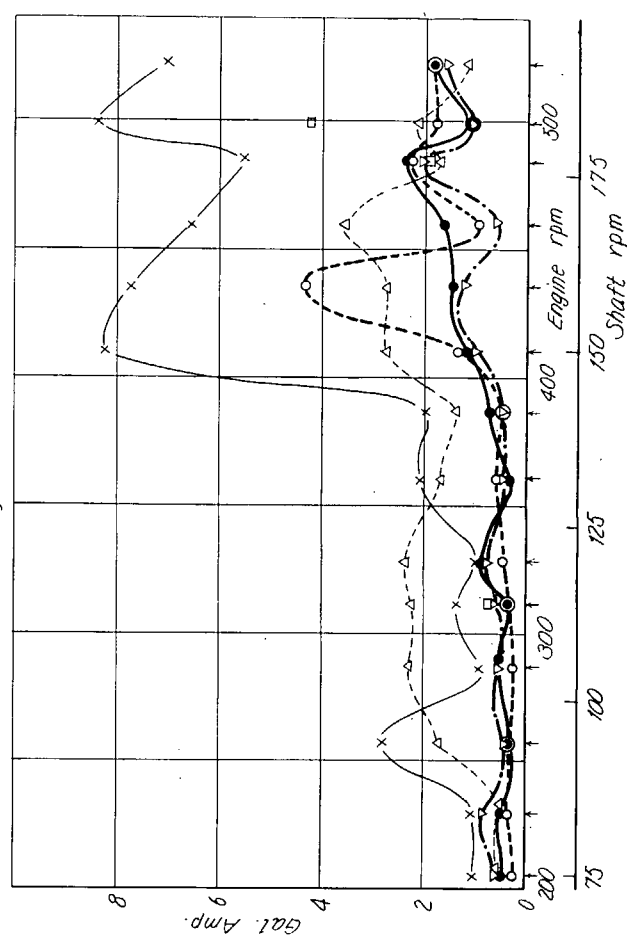
(b)

図 2. 8. 4 フェリーあるばとろす航走試験回転数変化 (c.p.p. 28.6°)

Ch. 10A 'D' D⁵ (Wagon) Fr. No. 84 右舷端 V 方向

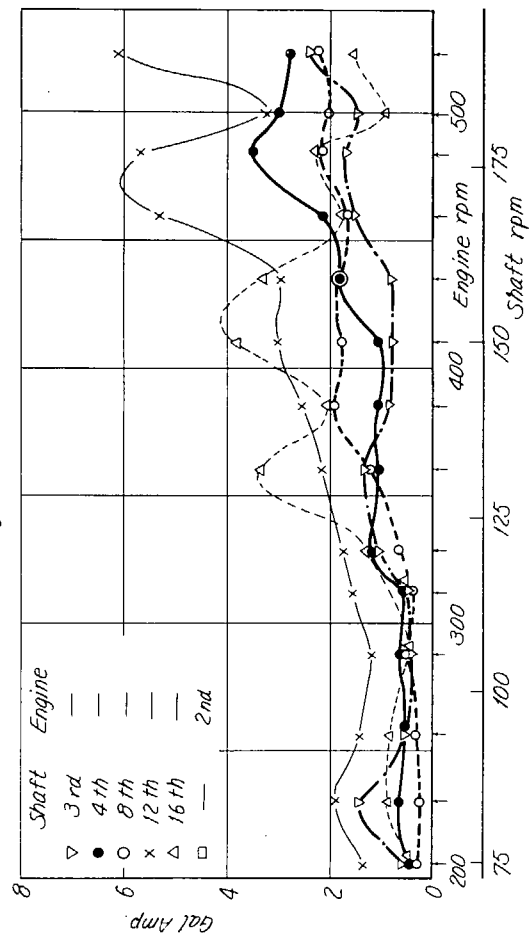


Ch. 11A 'D' D⁵ (Wagon) Fr. No. 84 右舷端 H 方向

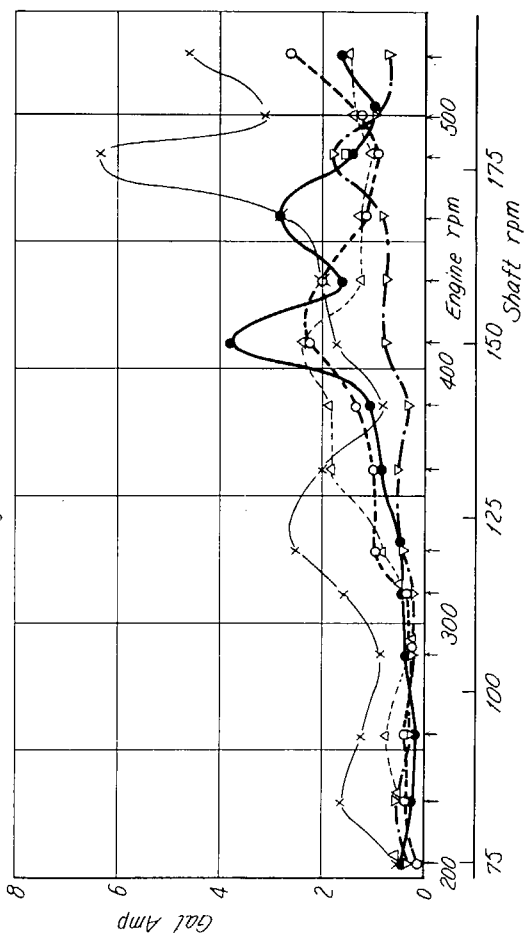


(d)

Ch. 6. D. D⁵ (Wagon) Fr. No. 30 右舷端 V 方向



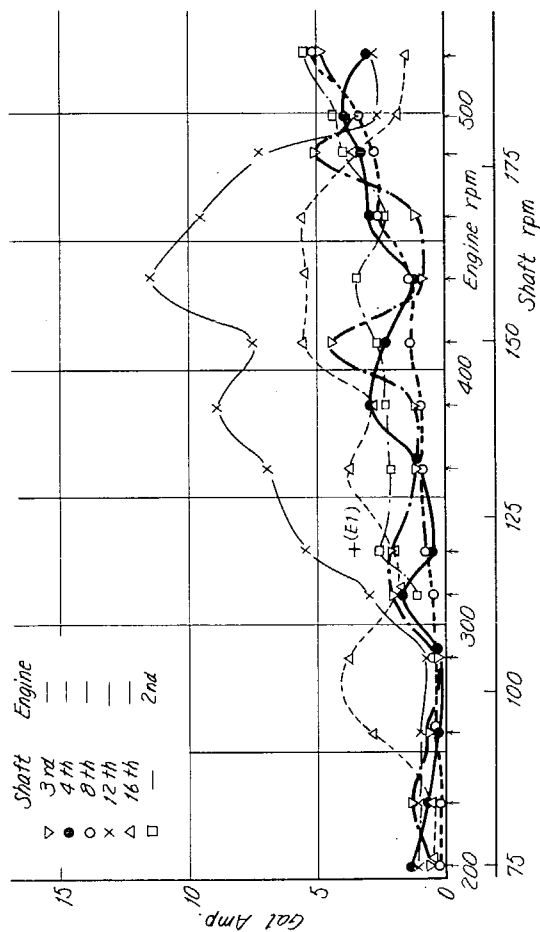
Ch. 7 D. D⁵ (Wagon) Fr. No. 30 右舷端 H 方向



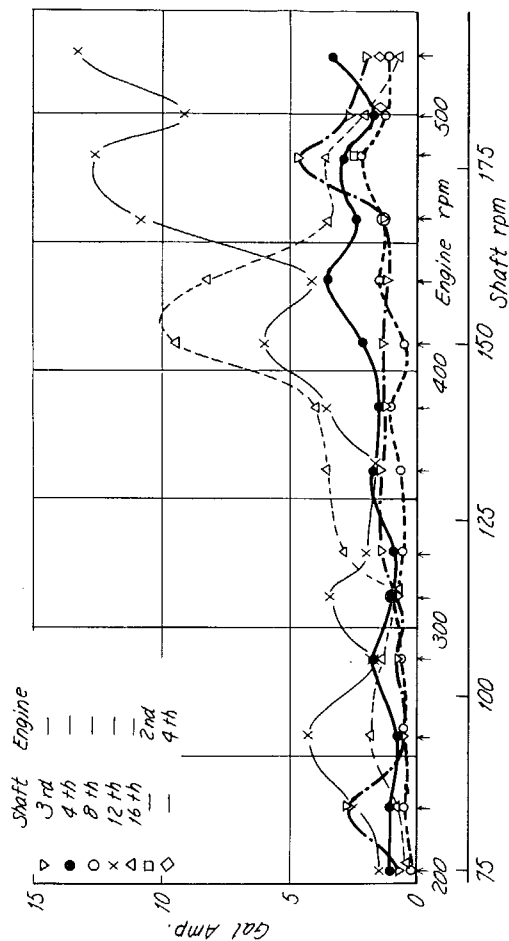
(c)

図 2. 8. 4 フェリーあるばとろす航走試験回転数変化 (opp 28.6°)

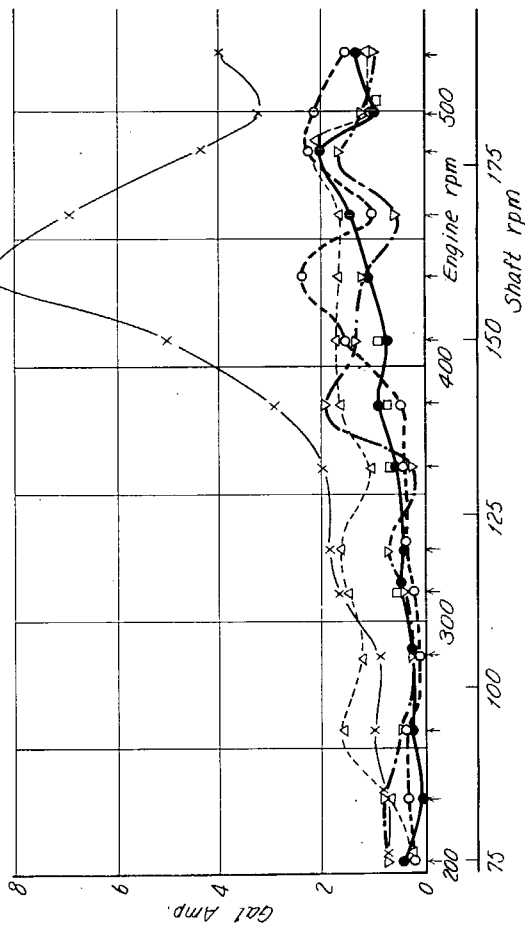
Ch. 12A. D'D'S (Wagon), Fr. No. 84 中央, V 方向



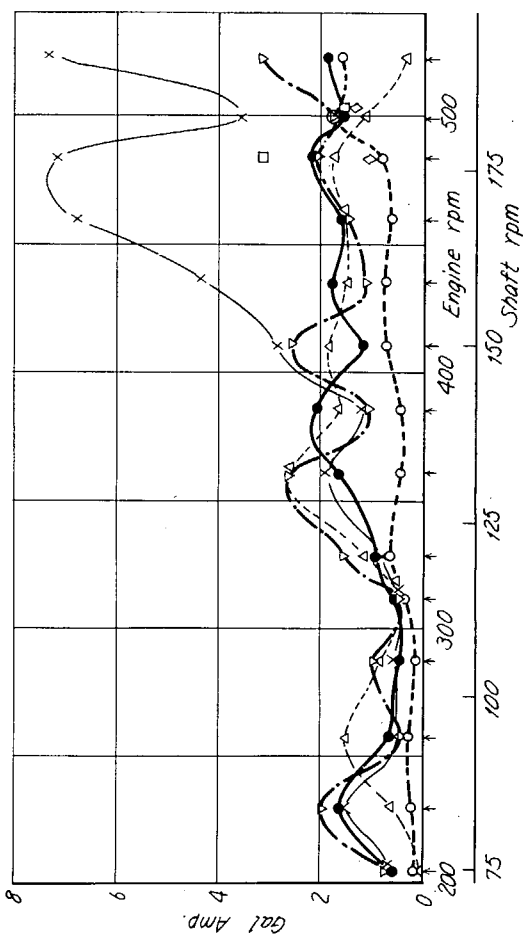
Ch. 8A. D'D'S (Wagon) Fr. No. 60 右舷端, V 方向



Ch. 14A. D'D'S (Wagon), Fr. No. 84 中央, H 方向



Ch. 9A. D'D'S (Wagon) Fr. No. 132. 右舷端, V 方向

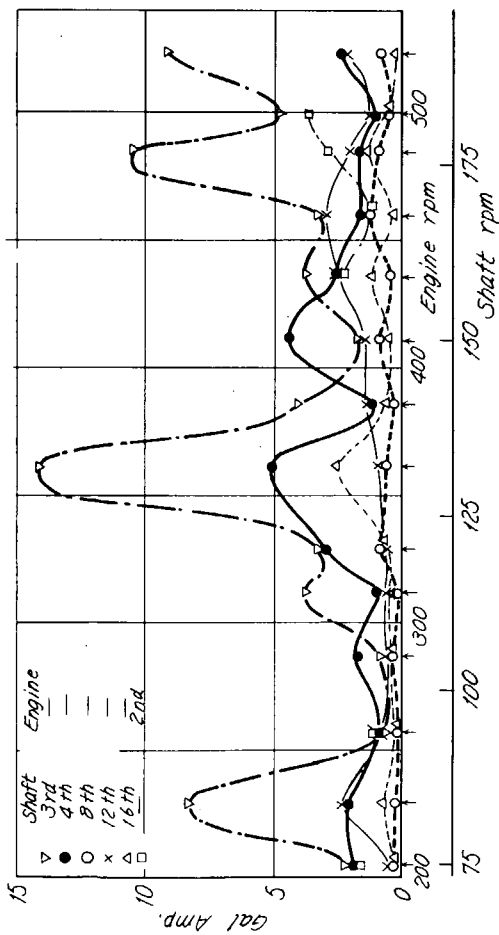


(e)

(f)

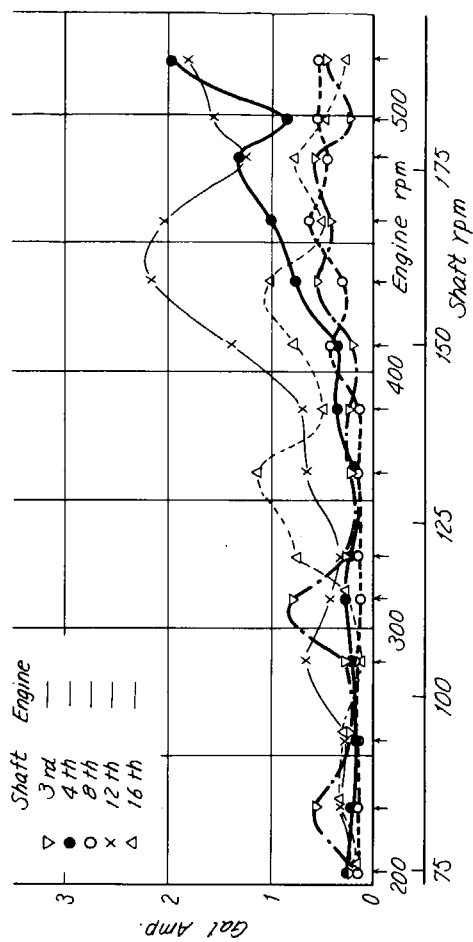
図 2. 8. 4 フェリーあるばとろす航走試験回転数変化 (opp 28.6°)

Ch. 8 B. "D" DS (Wagon). Fr. No. 197. (船首). 中央. V 方向



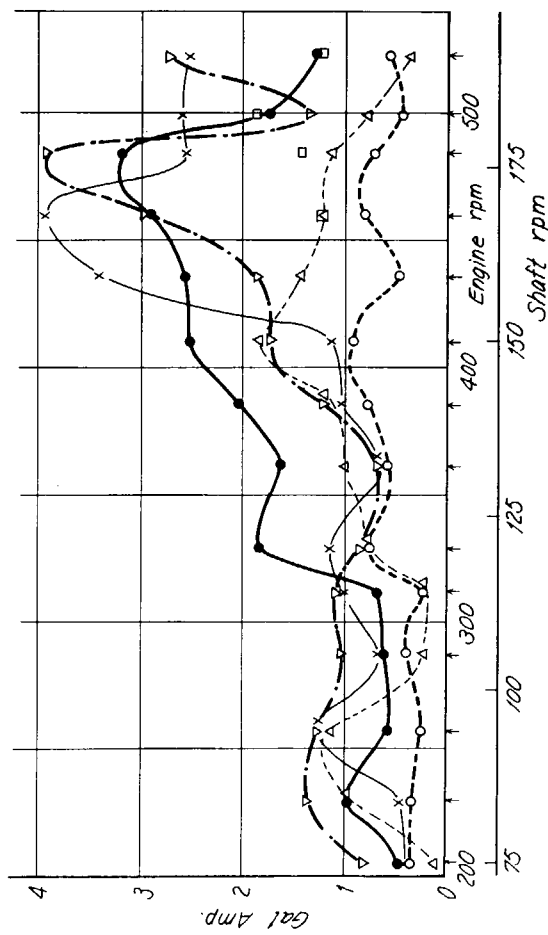
(g)

Ch. 10 B. NAV. BRI. DS Fr. No. 132 右舷端. V 方向



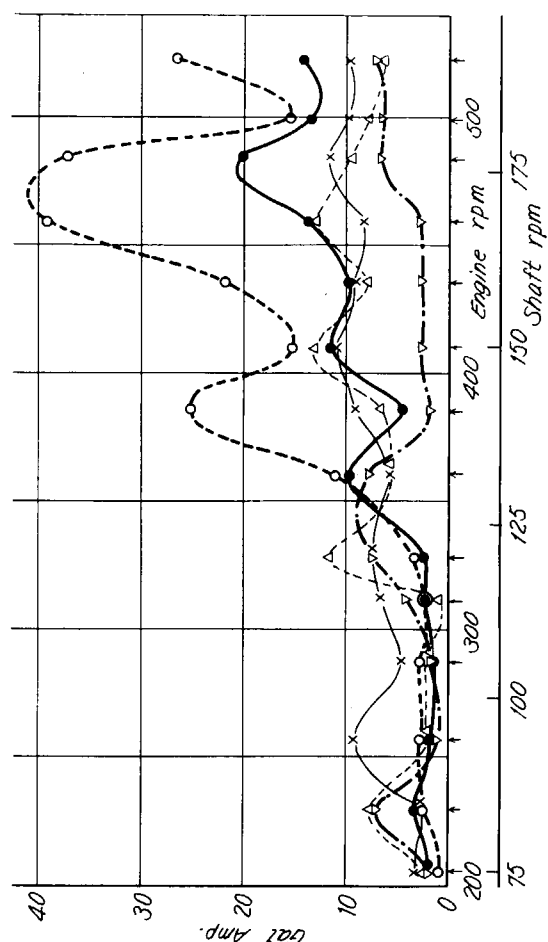
(h)

Ch. 9 B. "D" DS (Wagon) Fr. No. 197 (船首) 中央. H 方向



(g)

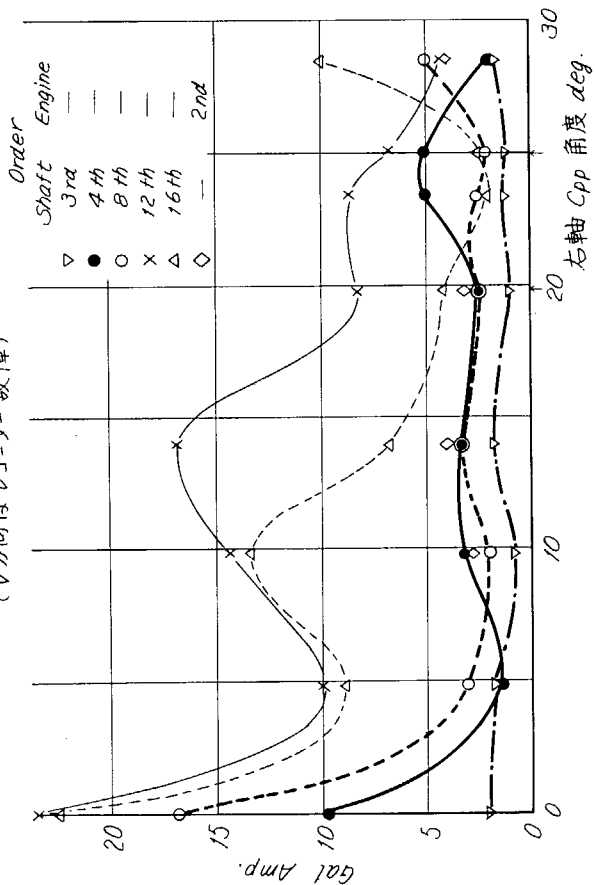
Ch. 11 B. C DS (Car) Fr. No. -6. 中央. V 方向



(h)

図 2. 8. 4 フェリーあるばとろす航走試験回転数変化 (opp 28.6°)

Ch. 2. No. 5 Void 内右軸アラクト付根 H方向
(V方向はレコ-デ-故障)



Ch. 3. 右舷主機、吸気管上, H方向

図 2. 8. 4 フェリーあるばとろす航走試験回転数変化
(cpp28.6°)

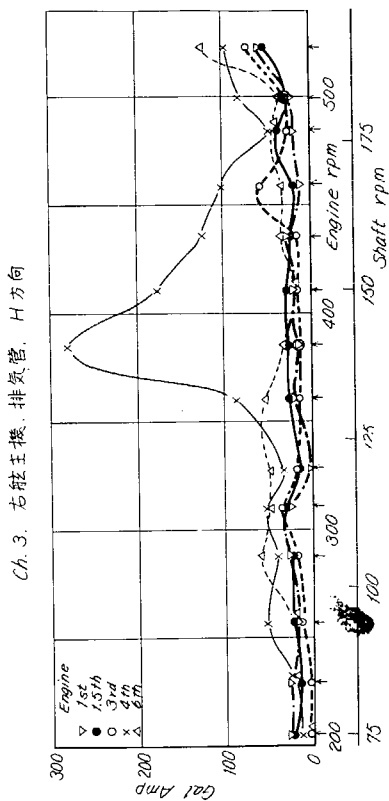
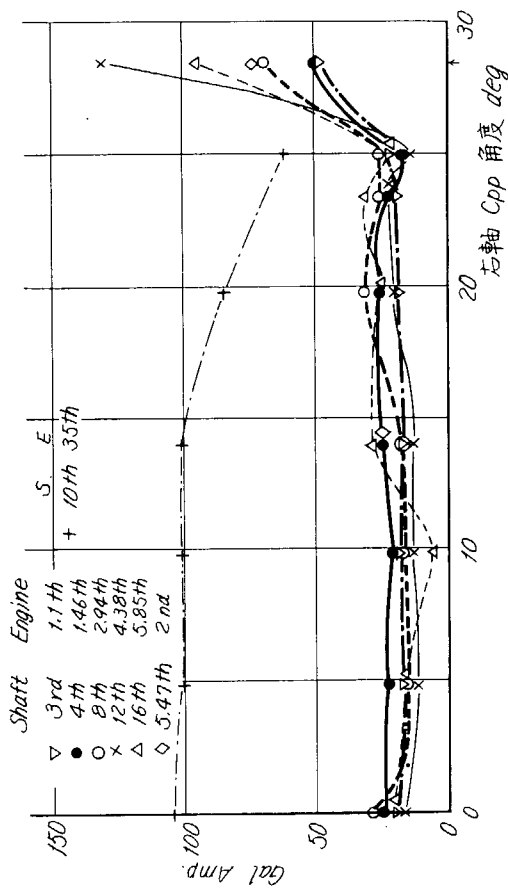
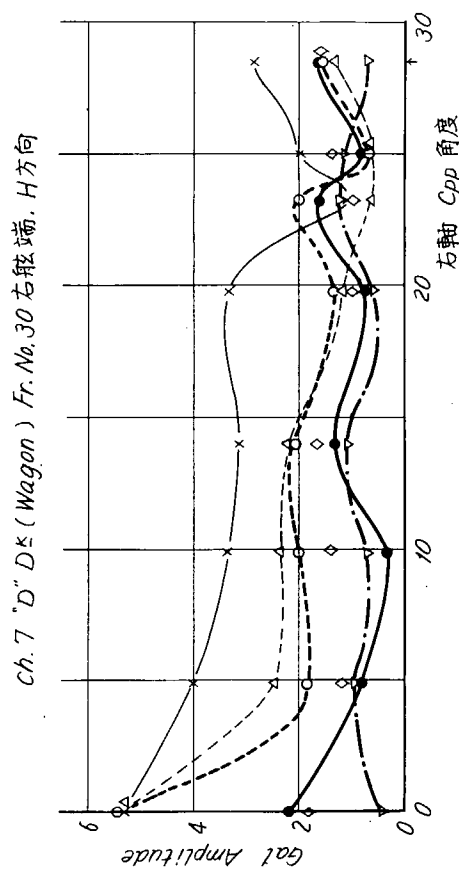
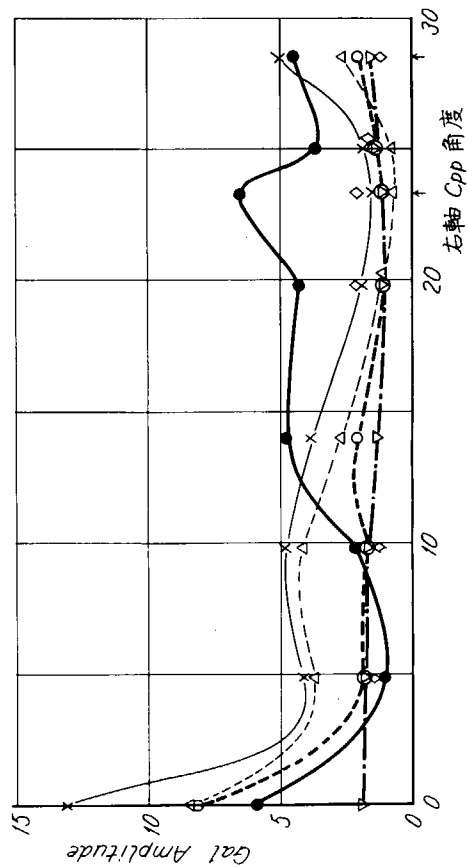
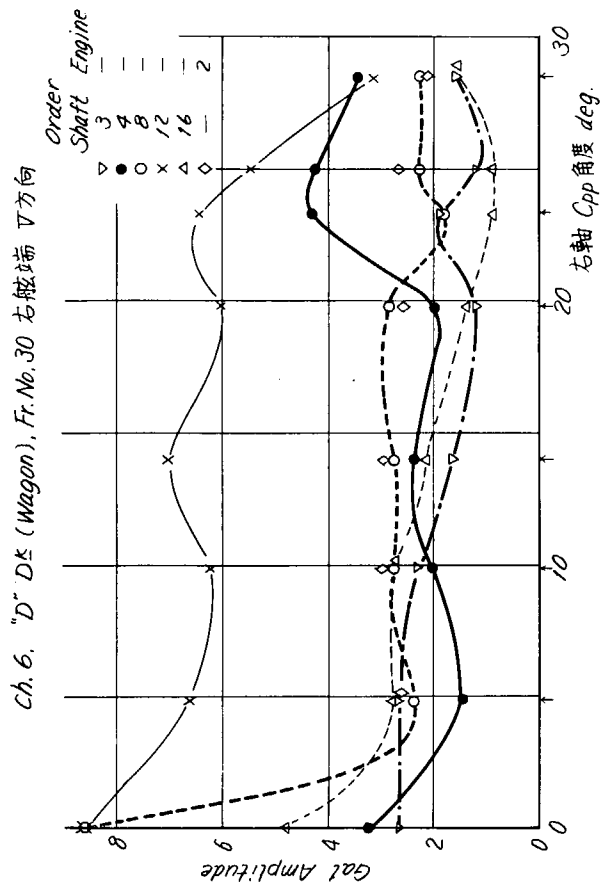
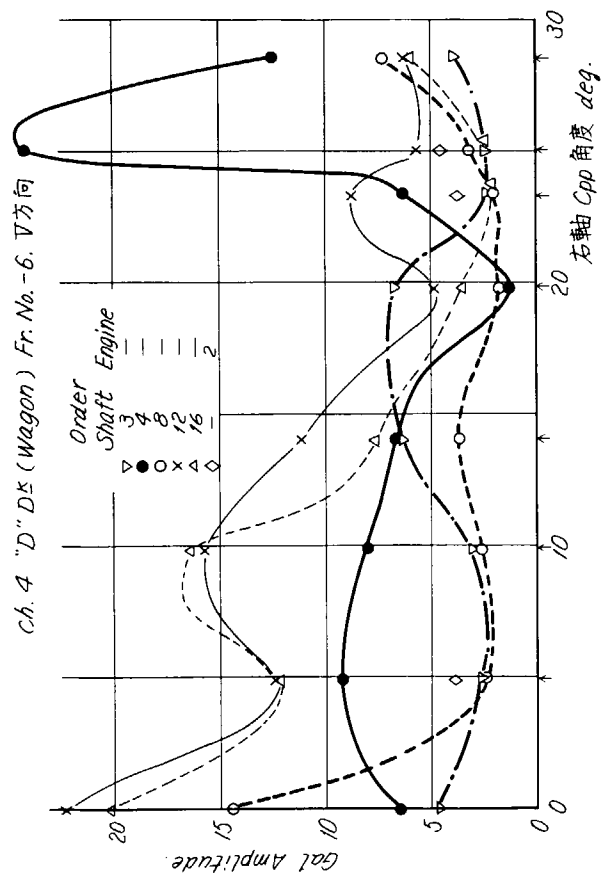


図 2. 8. 5 フェリーあるばとろす航走試験cpp翼角変化
(右舷機496.4rpm)



(a)

図 2. 8. 5 フェリーあるばとろす航走試験cpp翼角変化
(右舷機496.4rpm)

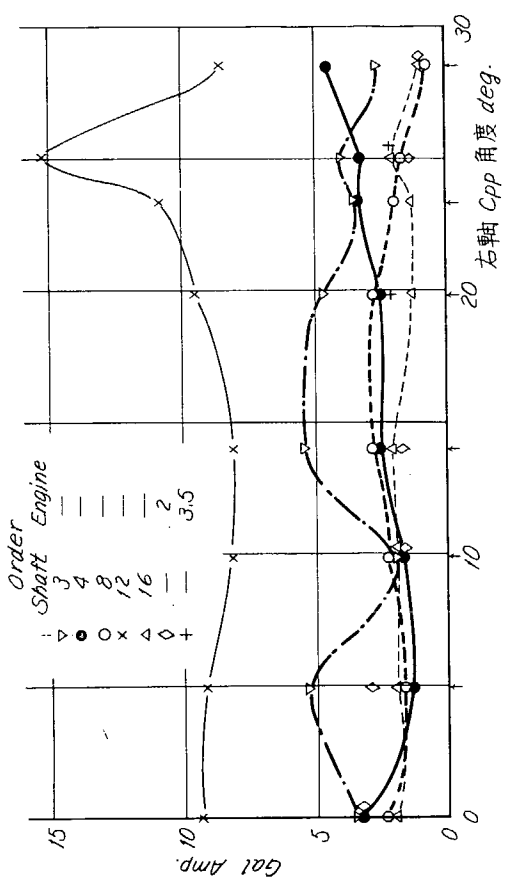


(b)

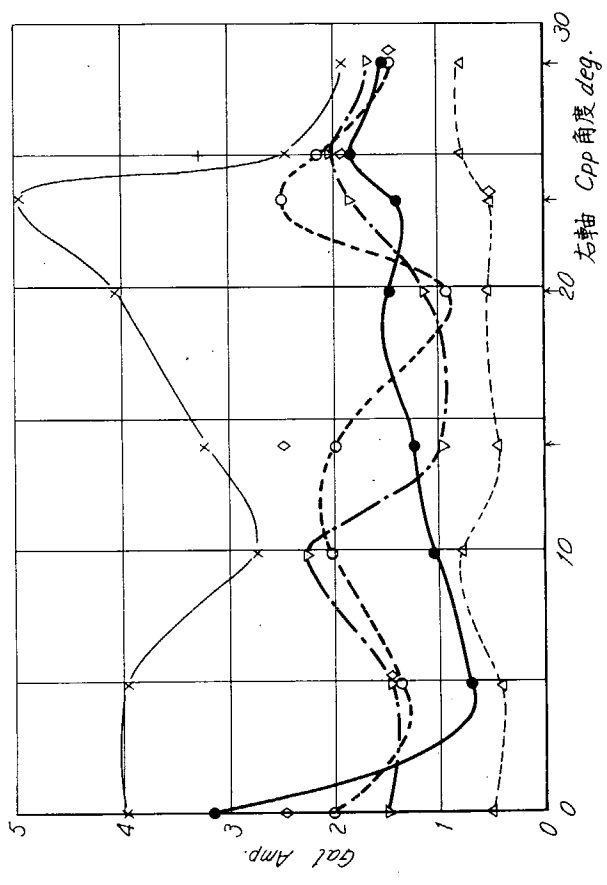
(c)

図 2. 8. 5 フェリーあるばとろす航走試験 c p p 翼角変化 (右舷機 496.4 rpm)

ch. 8A, "D" D.E. Fr. No. 60. 右舷端 V 方向

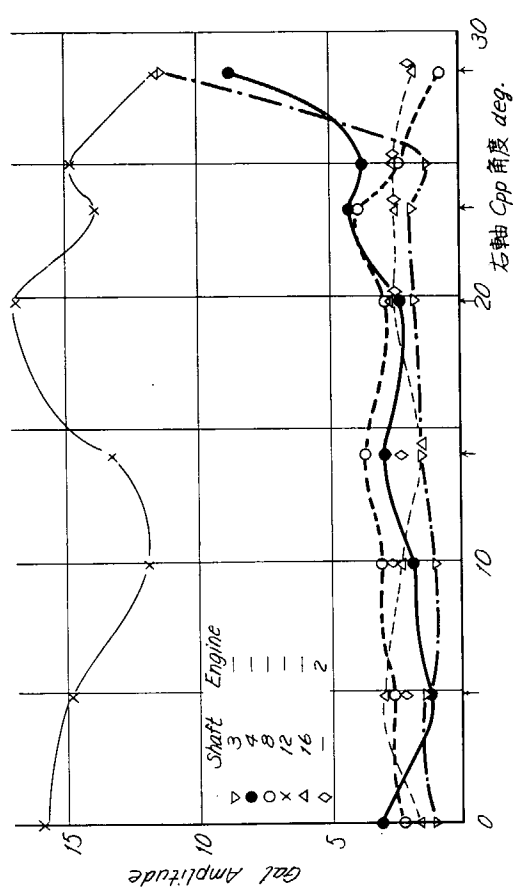


ch. 9A, "D" D.E. Fr. No. 132 右舷端 V 方向

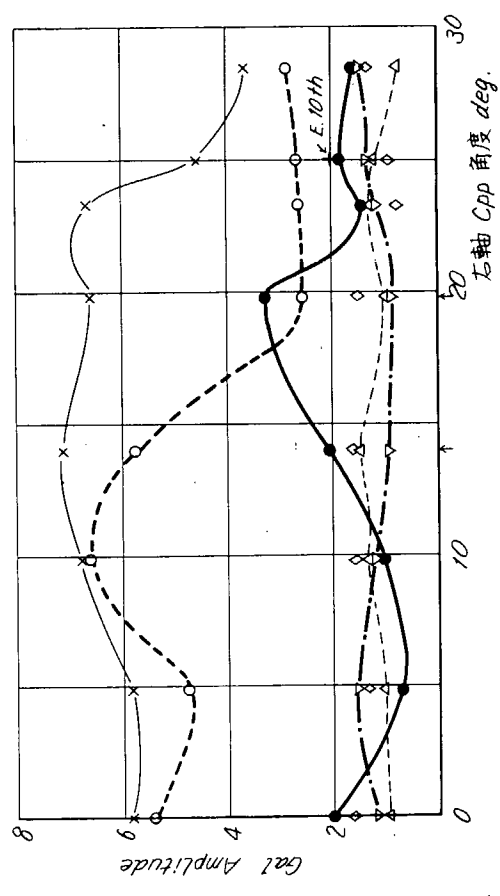


(d)

ch. 10A, "D" D.E. (Wagon) Fr. No. 84. 右舷端 V 方向



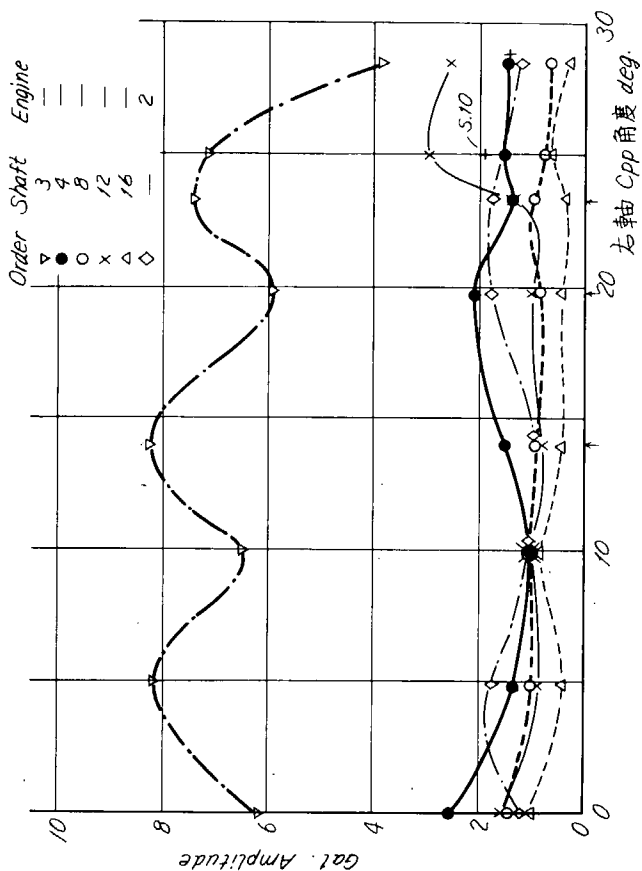
ch. 11A, "D" D.E. (Wagon) Fr. No. 84. 右舷端 H 方向



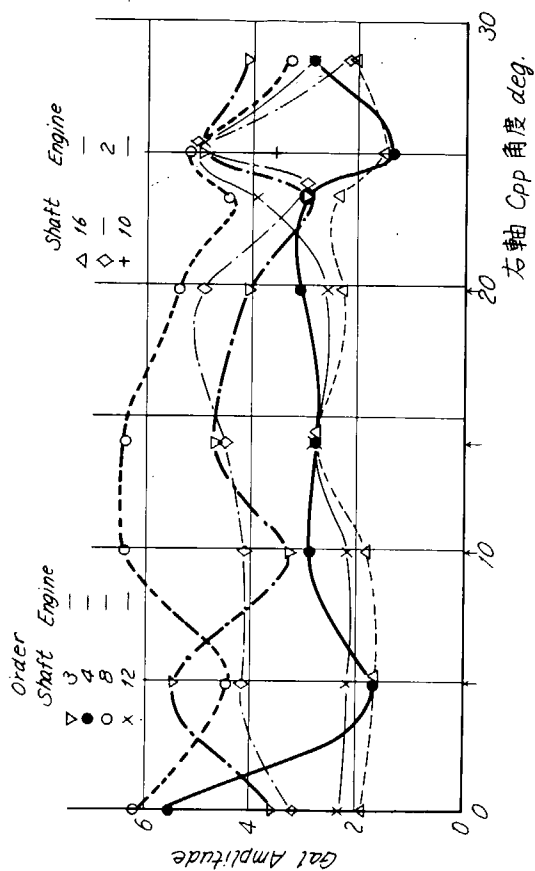
(e)

図 2. 8. 5 フェリーあるばとろす航走試験opp翼角変化(右舷機496.4rpm)

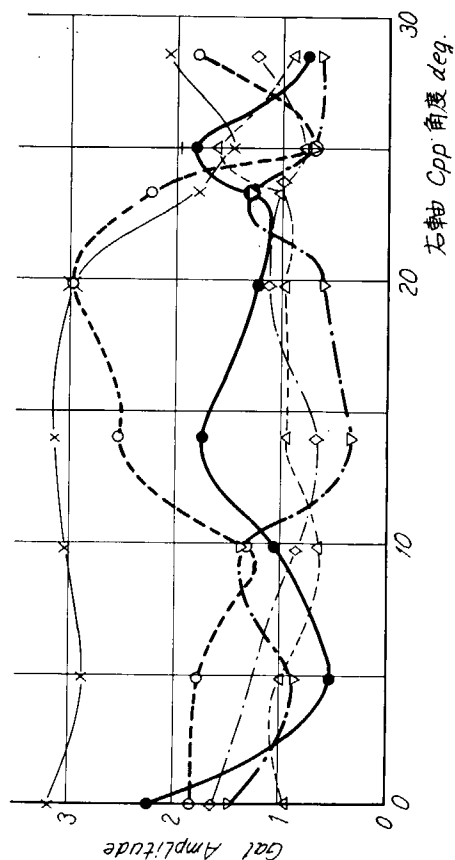
Ch. 8B, "D" D₂ (Wagon) Fr. No. 197, 中央, V 方向



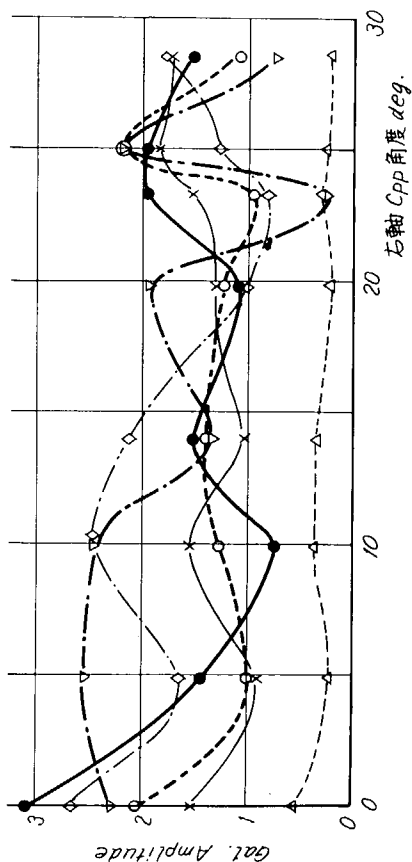
Ch. 12A, "D" D₂ (Wagon) Fr. No. 84, 中央, V 方向



Ch. 14A "D" D₂ (Wagon), Fr. No. 84 中央, H 方向



Ch. 9B, "D" D₂ (Wagon) Fr. No. 197, 中央, H 方向

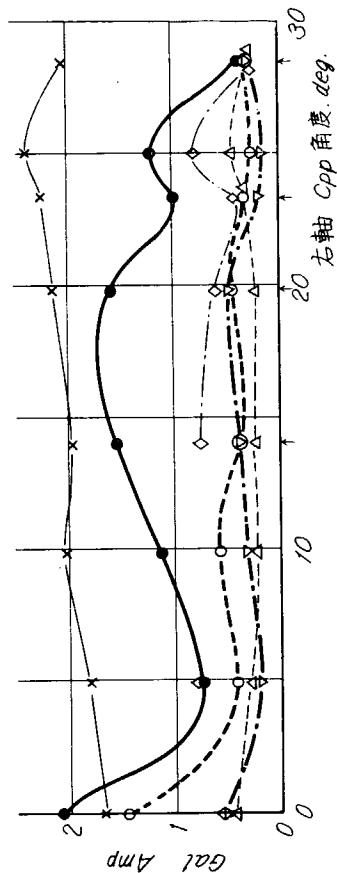


(f)

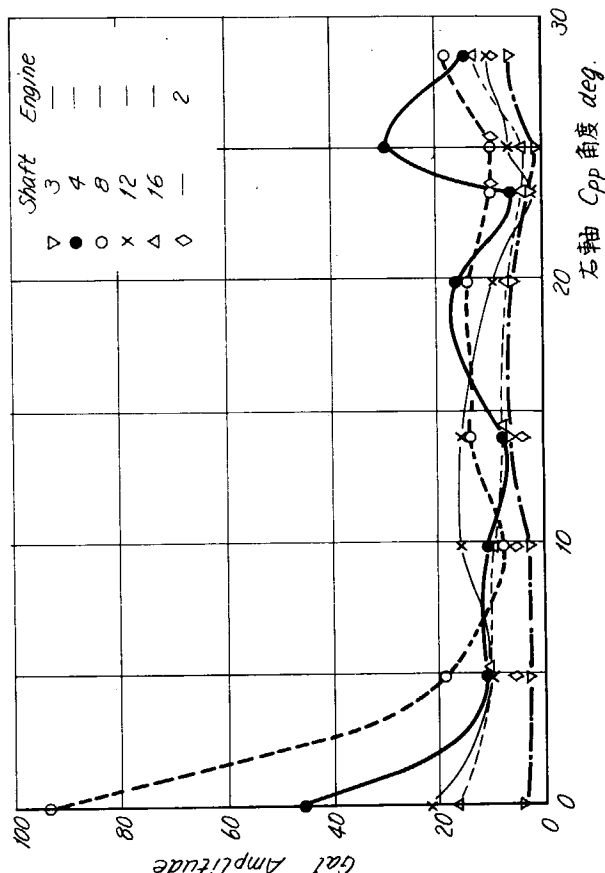
(g)

図 2. 8. 5 フェリー一あるばとろす航走試験 c p p 翼角変化 (右舷機 496.4 rpm)

Ch. 10 B. NAV. B.R.I. D.S., Fr. No. 132 右舷端, ▽方向



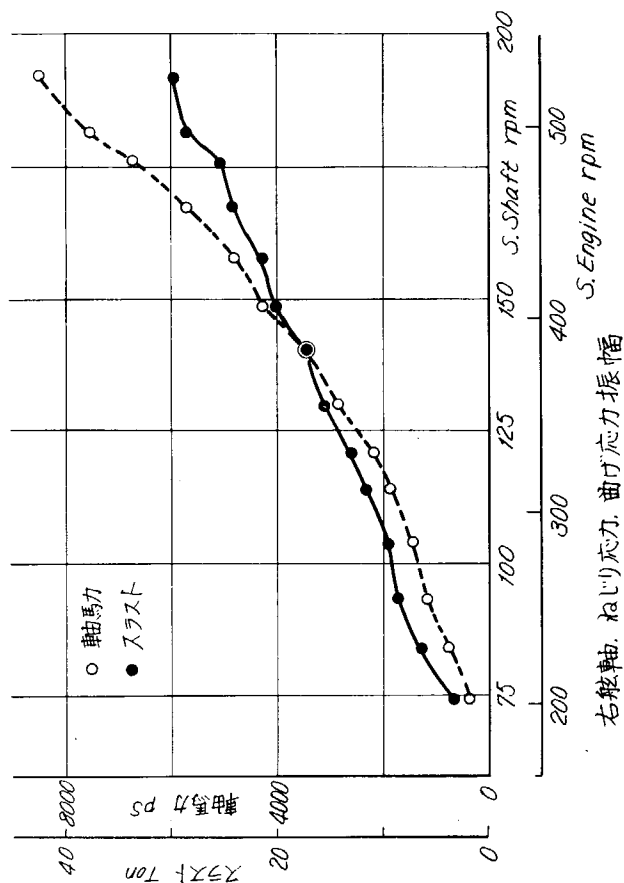
Ch. 11 B. "C" D.S. (Car), Fr. No. -6. 中央, ▽方向



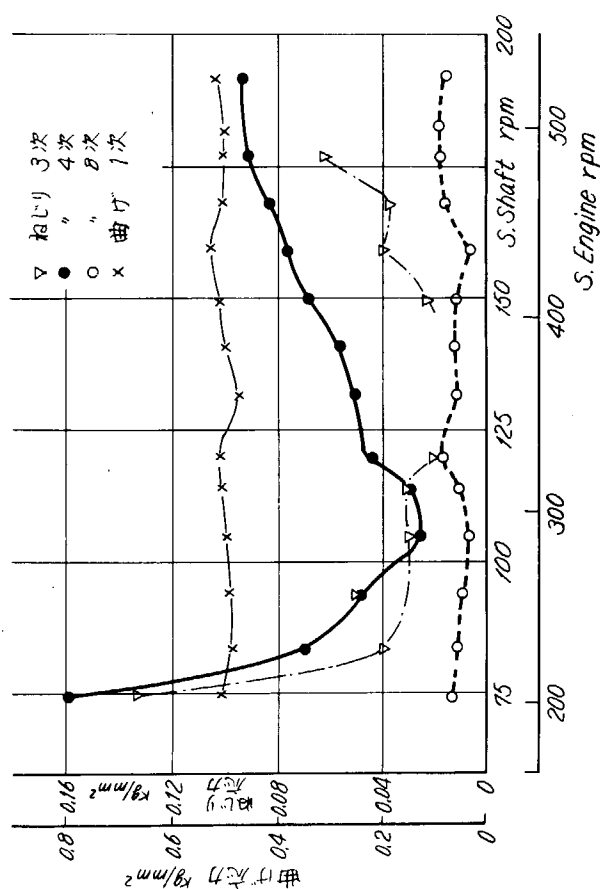
(h.)

図 2. 8. 5 フェリーあるばとろす航走試験 c p p 翼角変化
(右舷機 496.4 rpm)

右舷軸, 軸馬力, スラスト



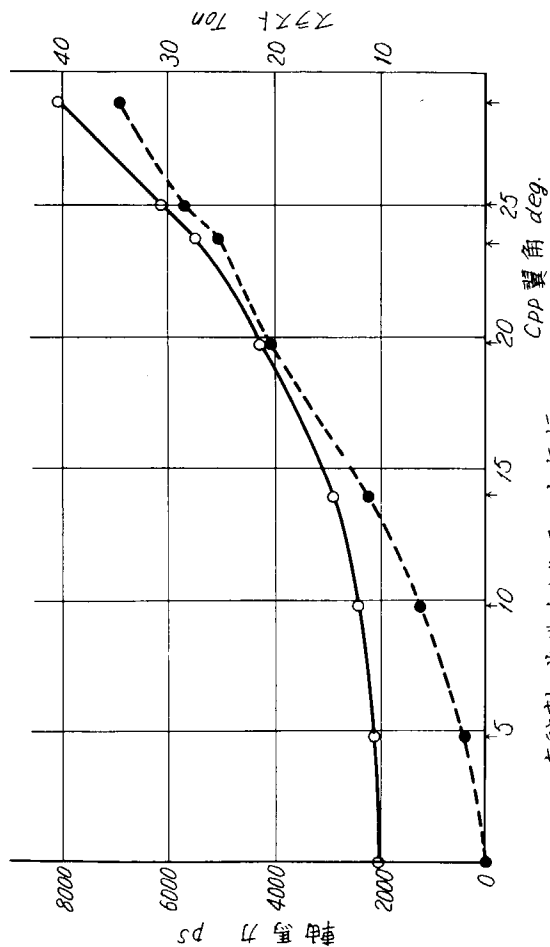
右舷軸, ねじり応力, 曲げ応力振幅



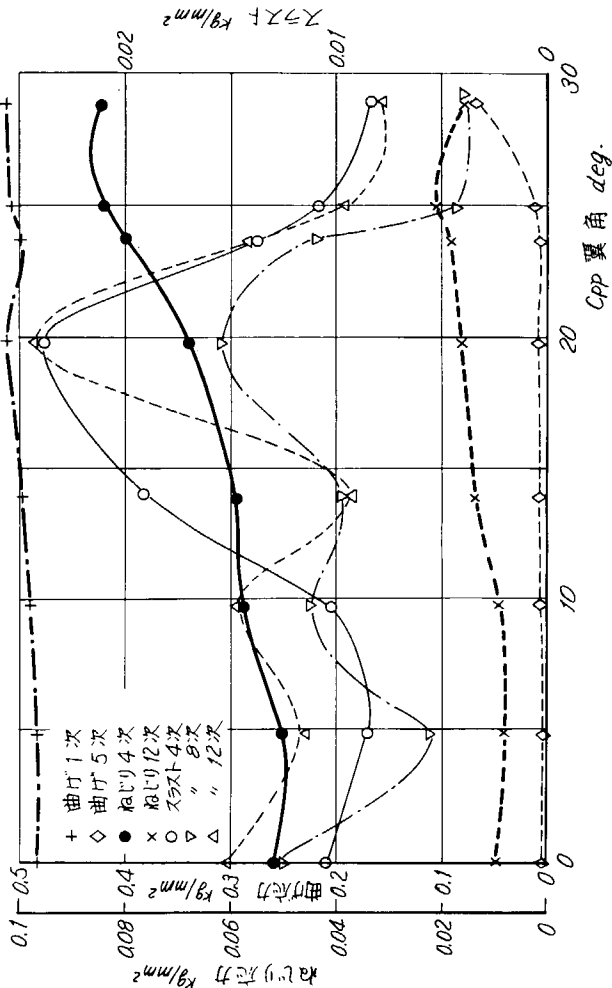
(a.)

図 2. 8. 6 フェリーあるばとろす航走試験

右舷軸、軸馬力、スラスト

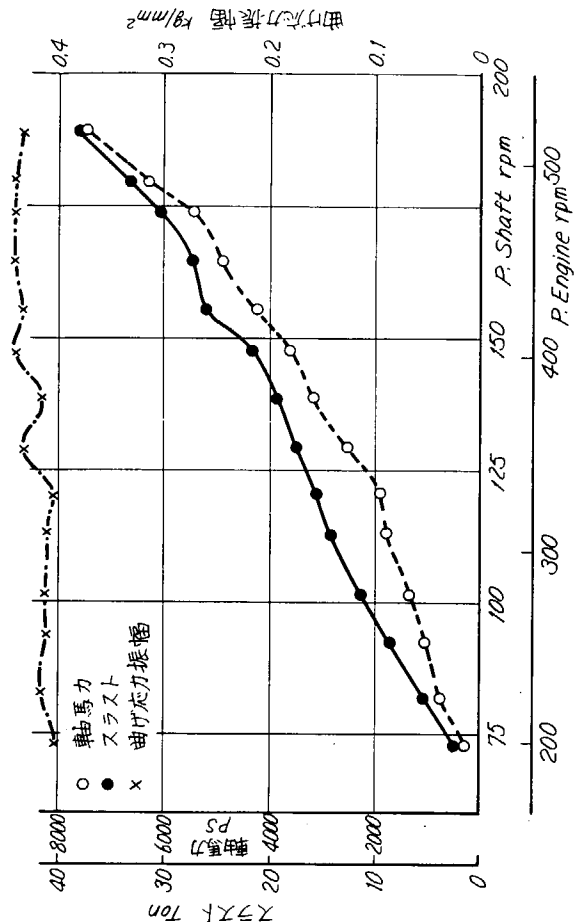


右舷軸、曲げ、ねじり、スラスト振幅



(b)

左舷軸、軸馬力、スラスト、曲げ応力振幅



フェリー あるいは 航行、左舷軸、軸馬力、スラスト、曲げ応力振幅

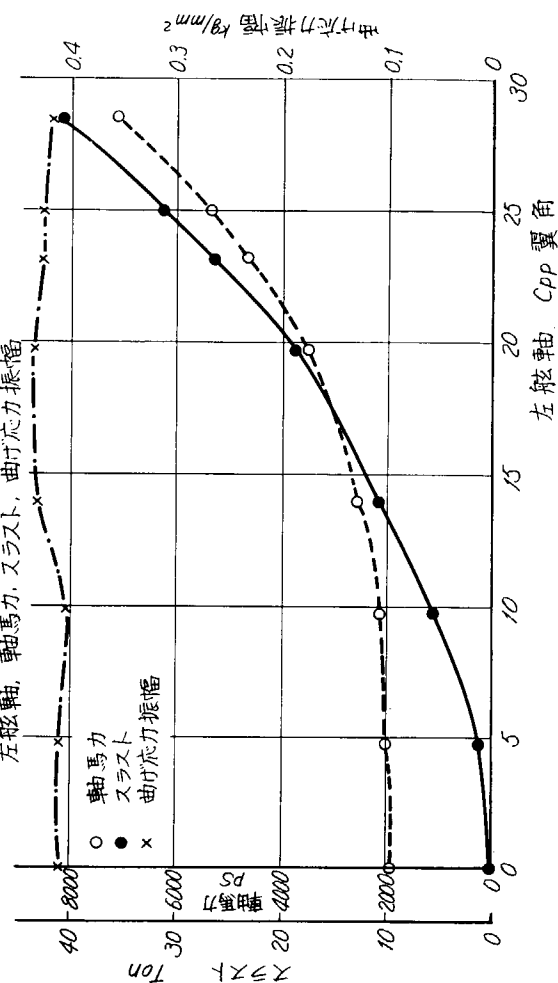


図 2. 8. 6 フェリーあるいは航行試験

2.9 第4船第5幸漁丸の解析結果

第4船第5幸漁丸についての主要目、計測器の取付位置、データーの解析結果をつぎに示す。

- 表 2.9.1 第5幸漁丸主要目
 表 2.9.2 振動ピックアップおよびひずみゲージ配置
 表 2.9.3 記録器配線
 図 2.9.1 第5幸漁丸計測点配置図
 図 2.9.2 起振試験上下振動モード (a)、(b)
 図 2.9.3 起振試験水平振動モード (a)、(b)、(c)
 図 2.9.4 航走試験 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)
 図 2.9.5 航走試験 軸馬力、スラスト、曲げ応力、ねじり応力、軸応力
 図 2.9.6 キャンベルチャート (a)、(b)

表 2.9.1 第5幸漁丸主要目

船主	荻 布 貞 雄 氏
漁業種類	まぐろはえ縄漁業
全長	49.50 m (Lpp)
幅	8.80 m (B)
深さ	4.05 m (D)、 3.50 m (d)
総屯数	404 t
速力	13.92 kt (公試運転)
主機関	阪神 6LU35
シリンダ数	6
シリンダ直径	350 mm
ストローク	550 mm
出力	1,600 ps (MCR)
回転数	320 rpm (MCR)
プロペラ	富士プロペラ
直径	2,260 mm
翼数	4 (一体型)
プロペラ軸	ゴム捲 第1種 215 ϕ mm
中間軸	200 ϕ mm
造船所	金指造船 貝島工場

表 2.9.2 第5 幸漁丸振動ピックアップ、ひずみゲージ配置

測点 番号	位 置			ピ ッ ク ア ッ プ の 機 番 、 方 向	
	前 後	左 右	上 下	起振機試験	航 走 試 験
1	Fr № 5	C L 上	スタンプッシュ上	S-1 (V) S-2 (H)	S-1 (V) S-2 (H)
2	Fr № 18	C L 上	主 機 上	S-3 (H)	S-3 (H)
3	Fr № 18	主機 左 側	二 重 底 上	A-1 (V)	A-1 (V)
4	Fr № 18	3.5 の 中 間	二 重 底 上	A-2 (V)	A-2 (V)
5	Fr № 18	左 舷 端	B kt 下 150 mm	A-3 (H)	A-3 (H)
6	Fr №-3	C L 上	Up. Dk 上	M1-1 (VorH)	M1-1 (V) M1-2 (H)
7	Fr № 15	左 舷 端	UP. Dk 上	M1-3 (VorH)	M1-3 (V) M1-4 (H)
8	Fr № 28	左 舷 端	Up. Dk 上	M1-5 (VorH)	M1-5 (V) M1-6 (H)
9	Fr № 38 (MID SHIP)	C L 上	Bridge Dk 上	M2-1 (VorH)	M2-1 (V) M2-2 (H)
10	Fr № 45	左 舷 端	Poop Dk 上	M2-3 (VorH)	M2-3 (V) M2-4 (H)
11	Fr № 65	左 舷 端	Up. Dk 上	A-4 (VorH)	A-4 (V) A-5 (H)
12	Fr № 86 (F.P は 90)	C L 上	Up. Dk 上	M2-5 (VorH)	M2-5 (V) M2-6 (H)
13	Fr № 1	C L 上	Bridge Dk 上	M1-2 (VorH)	
14	Fr № 15	C L 上	Bridge Dk 上	M1-4 (VorH)	
15	Fr № 28	C L 上	Bridge Dk 上	M1-6 (VorH)	
16	Fr № 33	C L 上	レーダーマスト上	M2-2 (VorH)	
17	Fr № 45	C L 上	Poop Dk 上	M2-4 (VorH)	
18	Fr № 51	左 舷 端	Up. Dk 上	A-5 (VorH)	
19	Fr № 9	C L 上	中 間 軸 上		40MC 1. スラスト テレメータ 2. 曲 げ 3. ねじり
20					ひずみゲージ
21					"
22					"
23					"
24					"

表 2. 9. 3 記 録 器 配 線

機 種 機 番		取 付 位 置		D R チャ ネル	ビ ジ グ ラ フ			D C ア ン プ 備 考
		起 振 試 験	航 走 試 験		A	B	C	
IMV	1-1	船尾端 Up Dk	船尾端 Up Dk V	14A	2			
	1-2	Fr № 1 Brg Dk	同 上 H	2	3			
	1-3	Fr № 15 Up Dk	Fr № 15 Up Dk V	3	4			
	1-4	Fr № 15 Brg Dk	同 上 H	4	5			
	1-5	Fr № 28 Up Dk	Fr № 28 Up Dk V	5	6			
	1-6	Fr № 28 Brg Dk	同 上 H	6	7			
	2-1	Fr № 38 Drg Dk	Fr № 38 Drg Dk V	7	8			
	2-2	Fr № 33 マスト上	同 上 H	8A	9			
	2-3	Fr № 45 Pp Dk	Fr № 45 Pp Dk V	9A	10			
	2-4	Fr № 45 Pp Dk 〇	同 上 H	10A	11			
	2-5	Fr № 86 Up Dk V	Fr № 86 Up Dk V	11A			2	
	2-6	同 上 H	同 上 H	12A			3	
共 和 加速度計 (6L4)	A-1	Fr № 18 二重底 V	同 左 V				4	11月9日
	A-2	Fr № 18 二重底 V	同 左 V				5	"
	A-3	Fr № 18 フレーム H	同 左 H				6	"
	A-4	Fr № 65 Up Dk	Fr № 65 Up Dk V				7	"
	A-5	Fr № 51 Up Dk	同 上 H				8	"
明 石 加速度計	S-1	A P T 内 V	同 左 V	8B		3 (廻)	9 (廻)	6L5-1
	S-2	A P T 内 H	同 左 H	9B		4 (廻)	10 (廻)	6L5-2
	S-3	主 機 上 H	同 左 H	10B		5 (廻)	11 (廻)	6L5-3
テレメータ 40MC	1	Fr № 9	中間軸スラスト	11B		6		6L5-4
	2	"	" 曲 げ	12B		7		6L2P-1
	3	"	" ねじり	14B		8		6L2P-2
ひずみ ゲージ (6L4)	1						(4)	11月6日
	2						(5)	"
	3						(6)	"
	4						(7)	"
	5						(8)	"
回 転 パ ル ス		起 振 機	主 軸	13	1	1	1	
タ イ ム マ ー ク				—	12	12	12	

2.9.1 試験方法

a) 起振機試験

11月7日 1100～1300 金指造船貝島工場岸壁（陸上電源、計測員以外退船）

(1) 垂直起振試験

不均合錘角度を 45° (50Kg-cm)として、 $200\text{cpm} \sim 1300\text{cpm}$ の間を連続的に漸増 (100cpm/min)し、 100cpm ごとに整定させ、データーレコーダ記録は連続してビシグラフ記録は整定ごとに採取した。つぎに不均合錘角度を 150° (14Kg-cm)に変え、 $1300 \sim 2500\text{cpm}$ の間を上と同様に計測した。

(2) 水平起振試験

不均合錘角度を 150° (14Kg-cm)とし、 $1300 \sim 2500\text{cpm}$ の間を垂直起振と同様に計測し、つぎに不均合錘角度を 45° (50Kg-cm)に変え $300 \sim 1300\text{cpm}$ の間を同様に計測した。

b) 航走試験

(1) 公試運転時の計測

11月6日 0900～1200 駿河湾（商船大一鎌岬）

公試運転速力試験時に、各点の振動および軸系のひずみ計測を行なった。

(2) 船尾振動実船試験時の計測

(イ) 11月9日 0900～1030 駿河湾（三保砂嘴沖）

船尾水圧計測のため、速力試験を行ない、公試運転時と同様な計測を行なった。

(ロ) 11月9日 1045～1300 駿河湾

船体各部の振動応答を求めるため、主機回転数を 120rpm から 330rpm までの間を 10rpm ごとに2分間整定させて振動、軸ひずみおよび船尾水圧変動を計測した。記録はデーターレコーダーは連続し、ビシグラフは整定時にそれぞれ採取している。

c) 前後進試験、旋回試験および投揚錨試験

11月6日 1230～1430

11月9日 1330～1500

(1) 前後進試験は前進クラッチ箆→クラッチ脱→機関逆転→クラッチ箆→クラッチ脱→機関正転→クラッチ箆を反復し、その間の振動、軸ひずみ、船尾水圧をそれぞれ計測した。

(2) 旋回試験は、Hard Starboard (35°)、Hard Port (35°)をそれぞれ行ない、船体が 360° 旋回する間に計測を行なった。

(3) 投揚錨試験は、左舷、右舷、両舷のアンカー落下をそれぞれ行ない、投下時の振動計測と、捲上げ時の振動計測とを実施した。

2.9.2 試験時の載荷状況

11月6日 公試運転

吃水 船首 0.20m 、船尾 4.09m 、平均 2.15m

排水量 546ton

Cb 0.610

11月9日 船尾振動実船試験

吃水 船首 4.01m 、船尾 0.96m 、平均 2.51m

排水量 686.2 ton

Cb 0.630

11月7日 起振試験

公試運転時と同じ状態

2.9.3 解析結果

解析結果を図2.9.2～図2.9.6に示す。

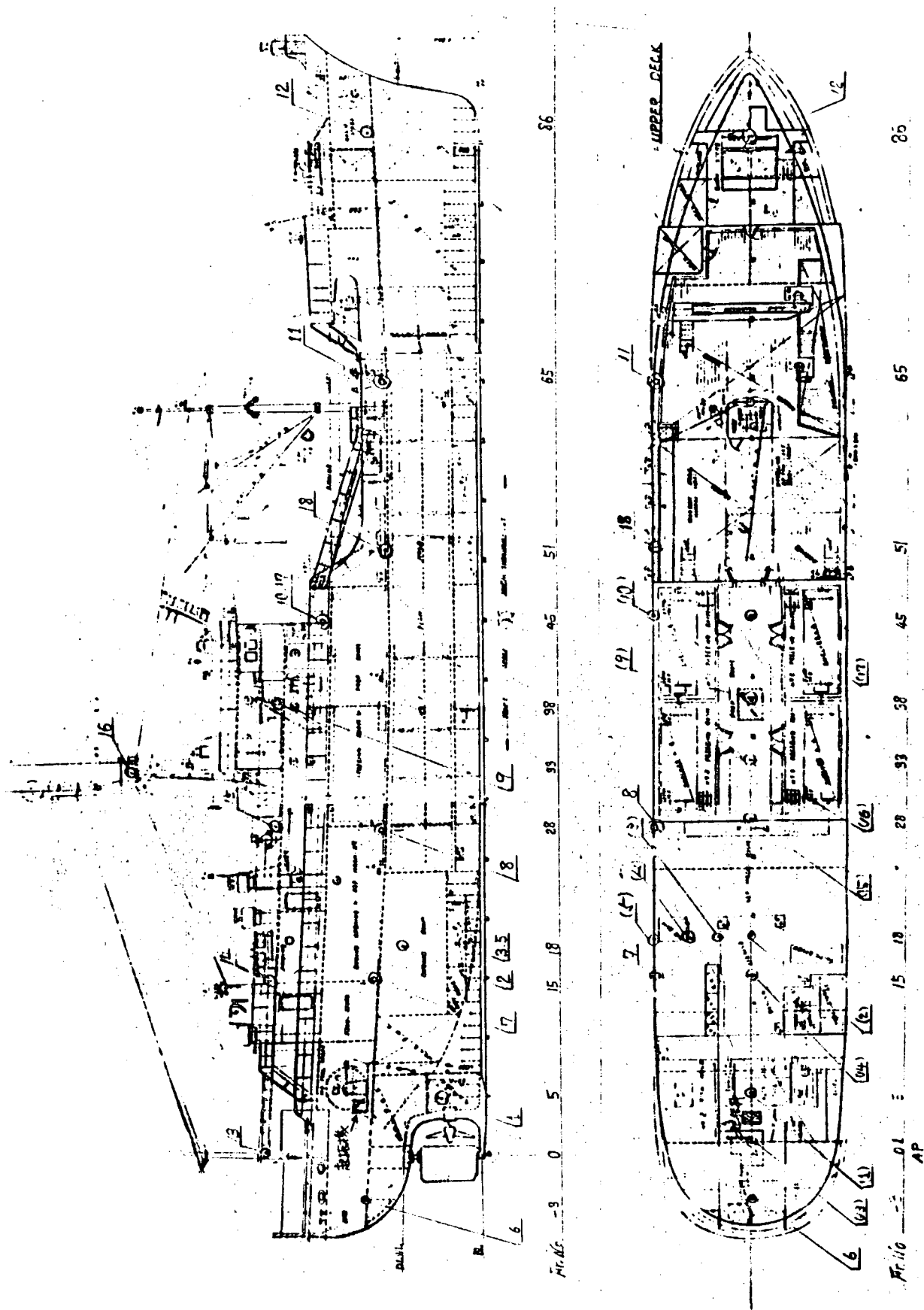
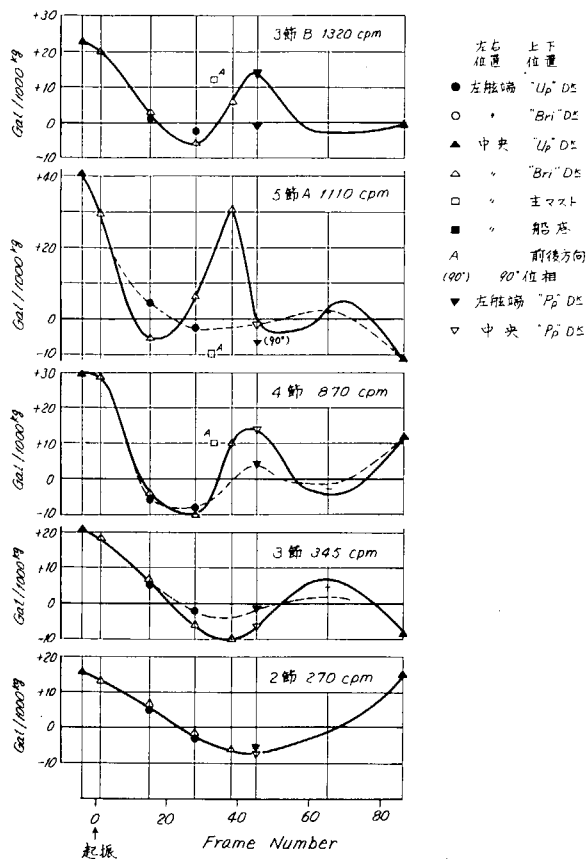
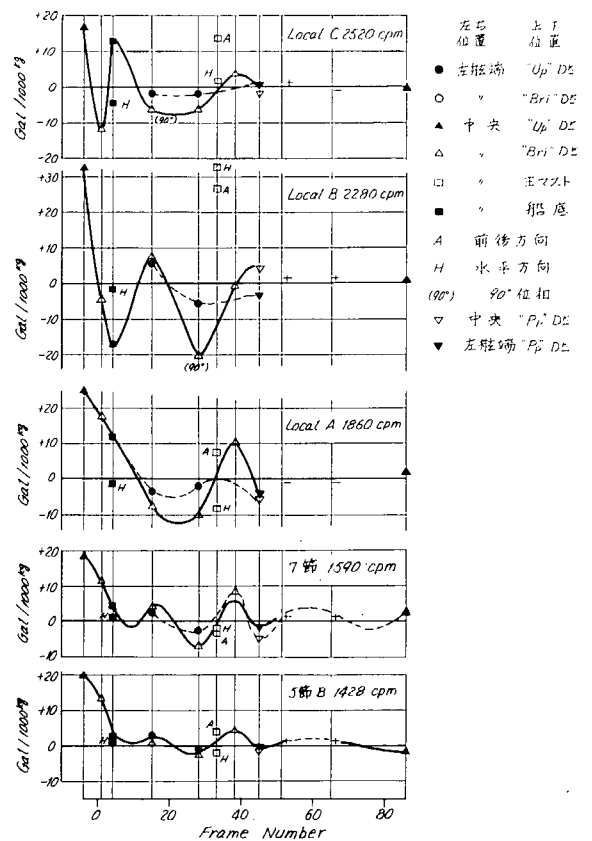


图 2. 9. 1 第 5 幸漁丸計測点配置図

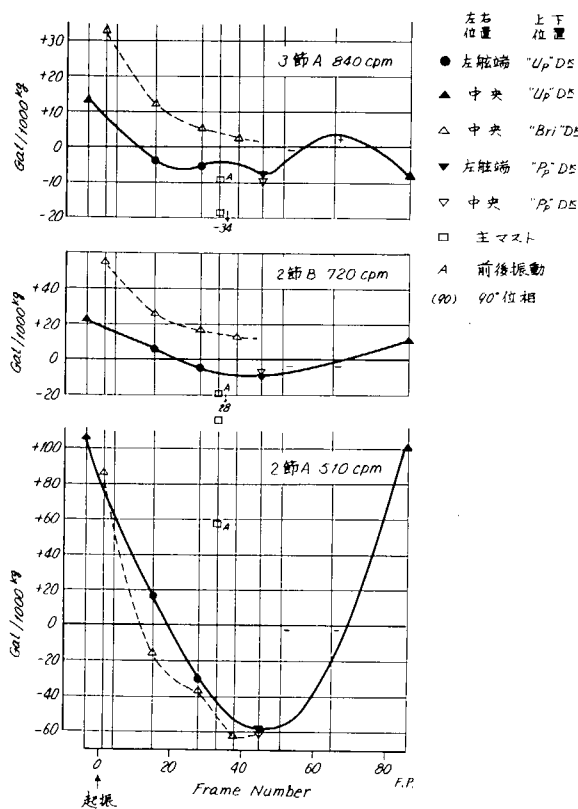


(a)

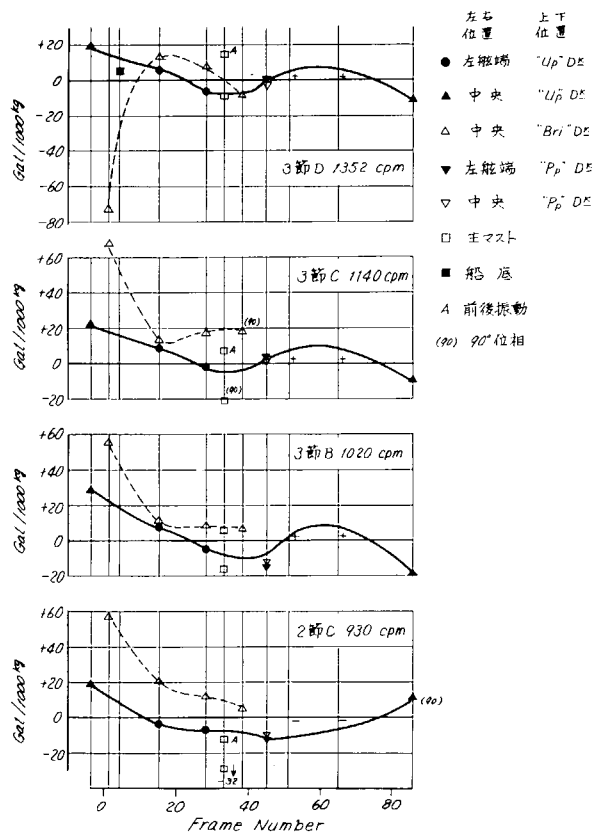


(b)

図 2.9.2 第5幸漁丸起振試験V方向振動モード

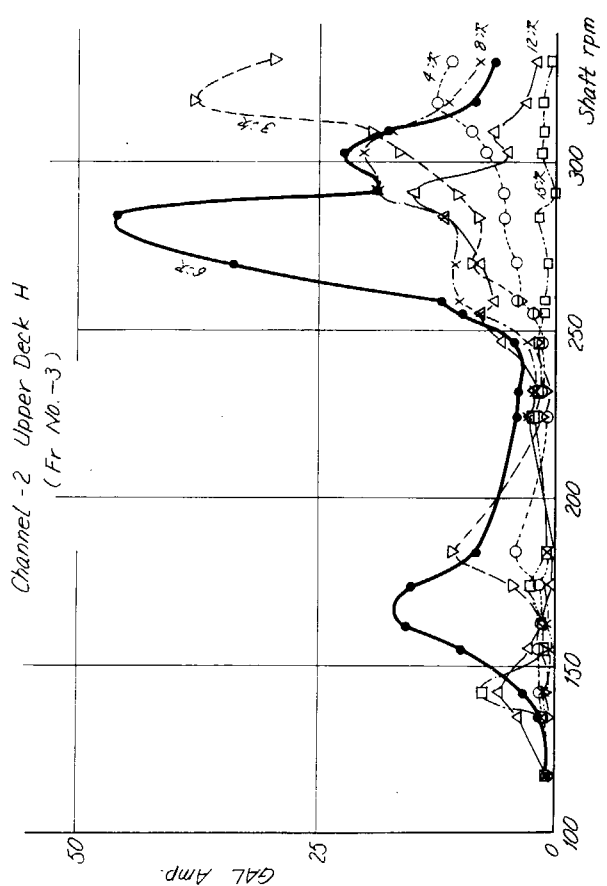
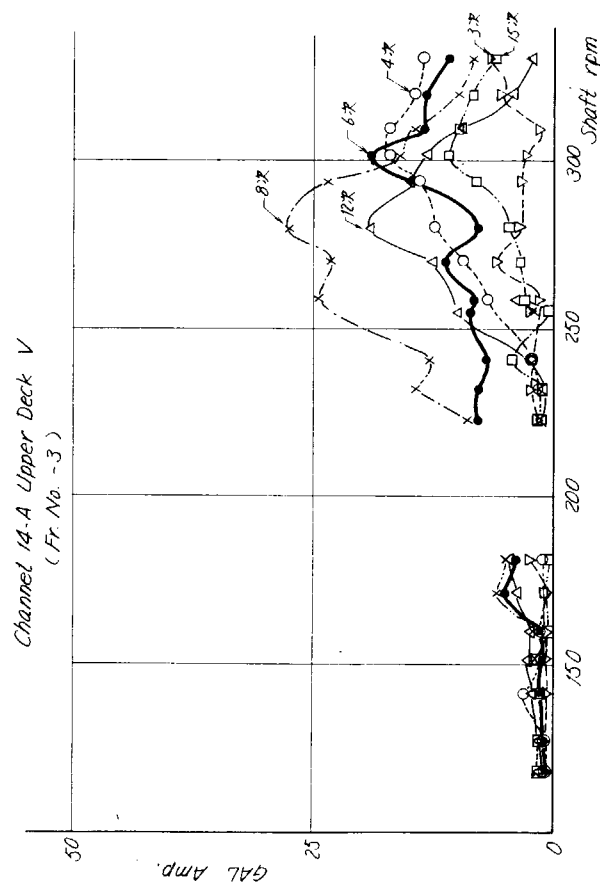


(a)

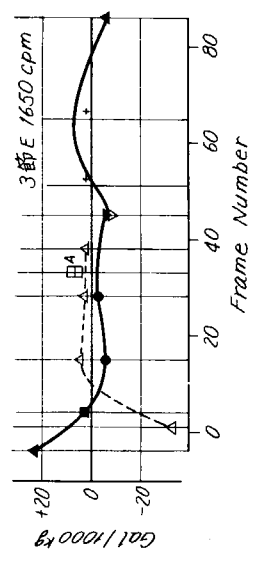
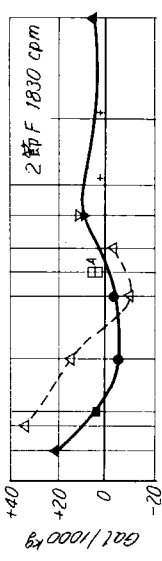
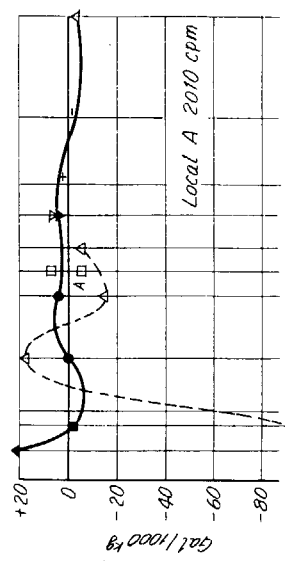
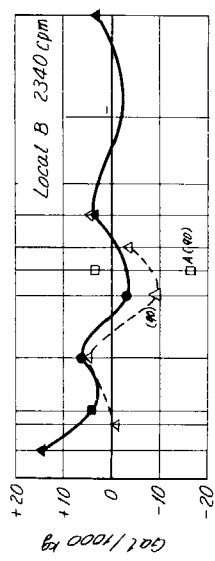


(b)

図 2.9.3 第5幸漁丸起振試験H方向振動モード



- 左右 上下 位置 位置
- 左舷端 "Up" DLS
 - ▲ 中央 "Up" DLS
 - △ 中央 "Bri" DLS
 - ▼ 左舷端 "Pp" DLS
 - ▽ 中央 "Pp" DLS
 - 主マスト
 - 中央 船底
 - △ 前後振動
 - (90) 90° 位相

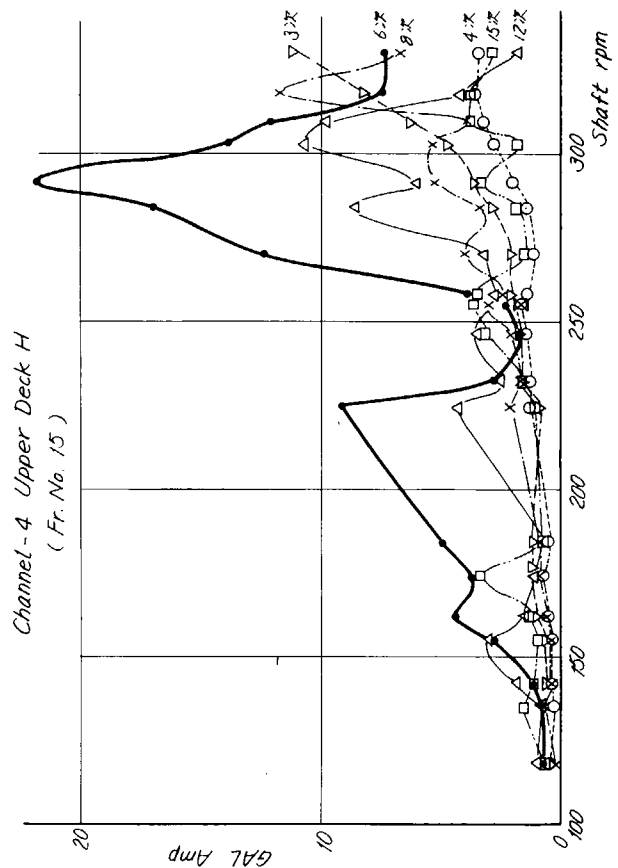
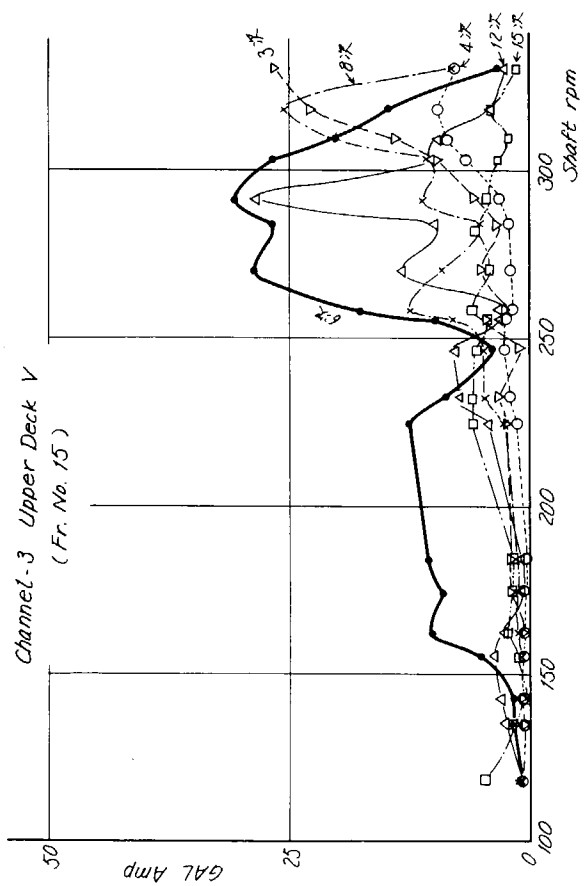


(c)

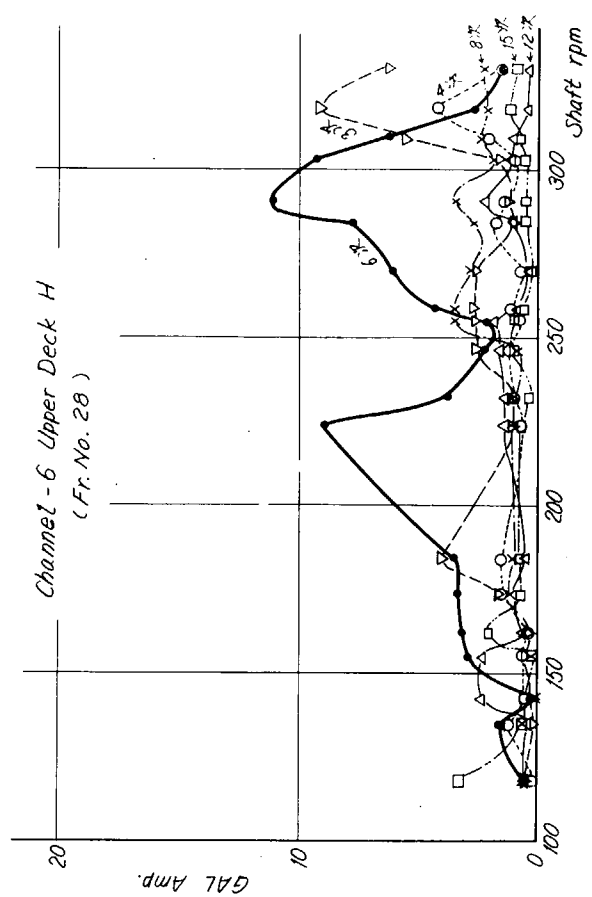
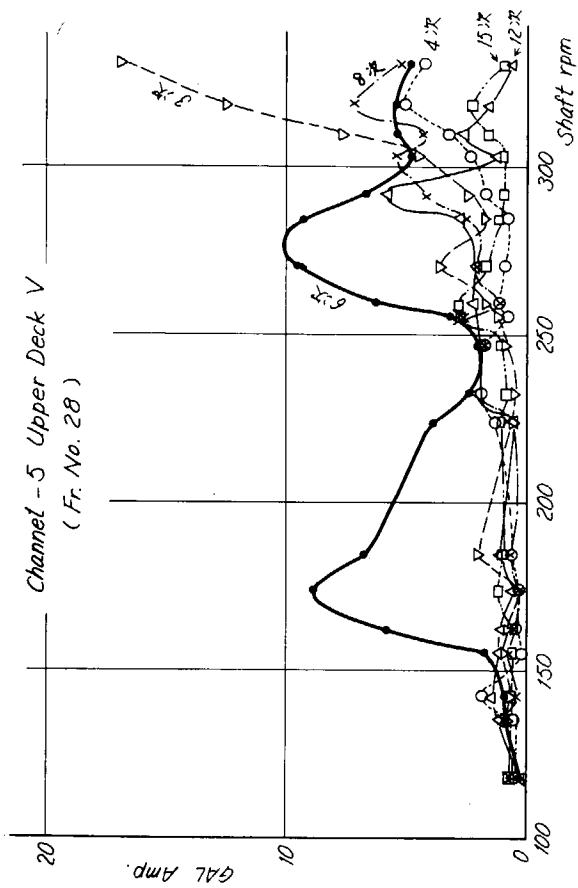
図 2. 9. 3 第 5 幸漁丸起振試験 H 方向振動モード

(a)

図 2. 9. 4 第 5 幸漁丸航走試験

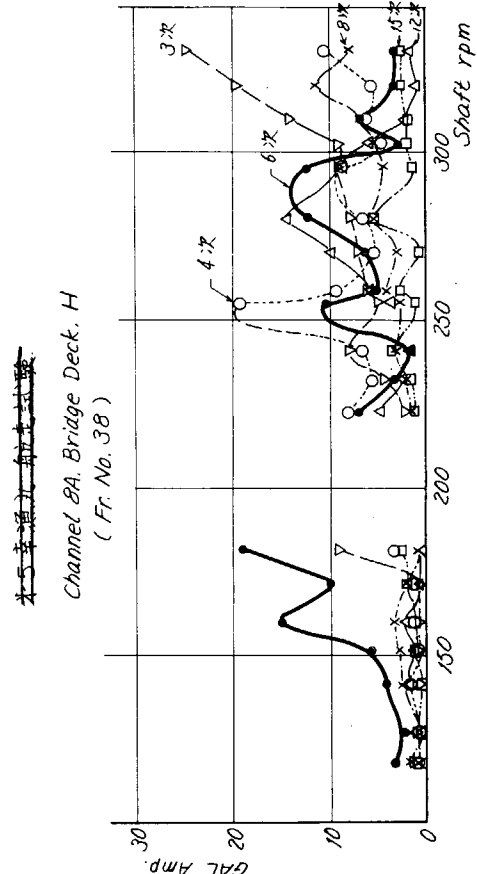
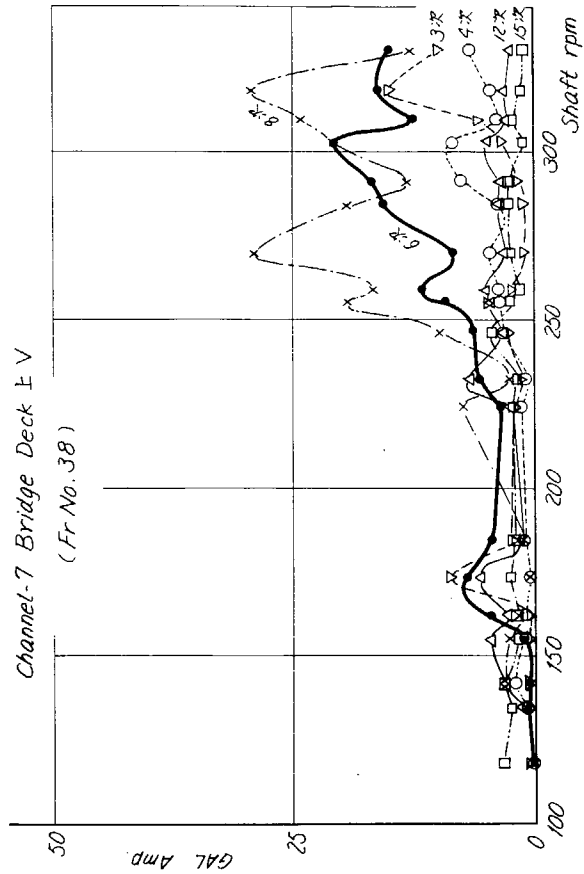


(a)

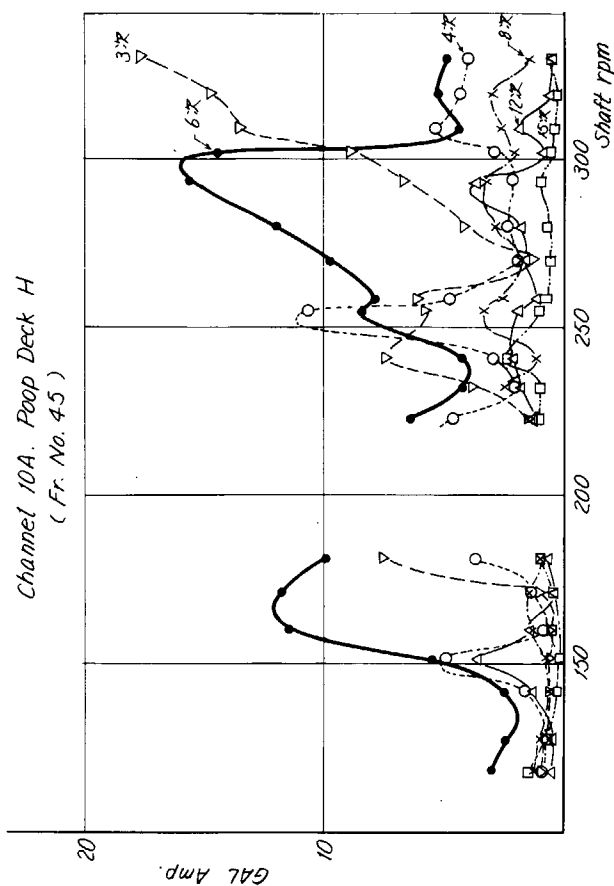
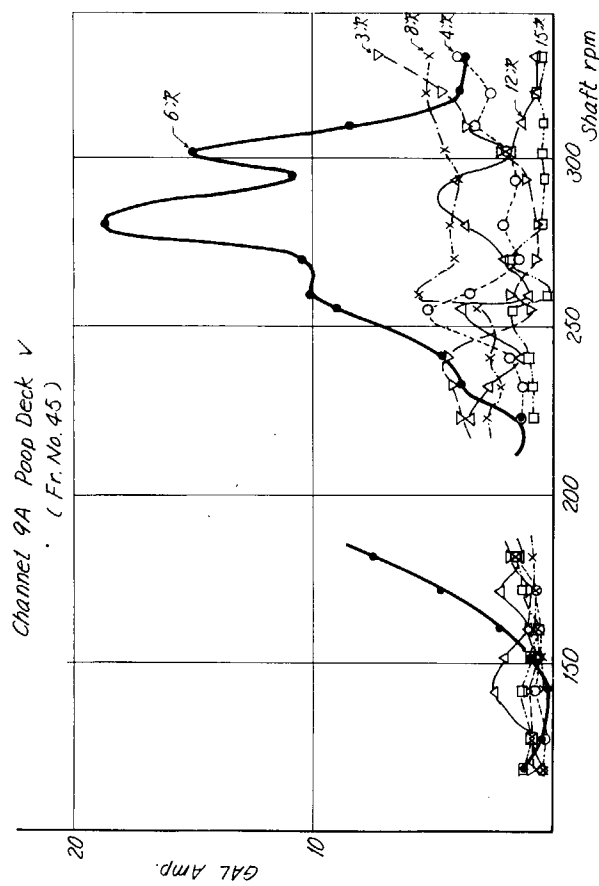


(b)

図 2. 9. 4 第 5 幸漁丸航走試験



(d)



(e)

図 2. 9. 4 第 5 幸漁丸航走試験

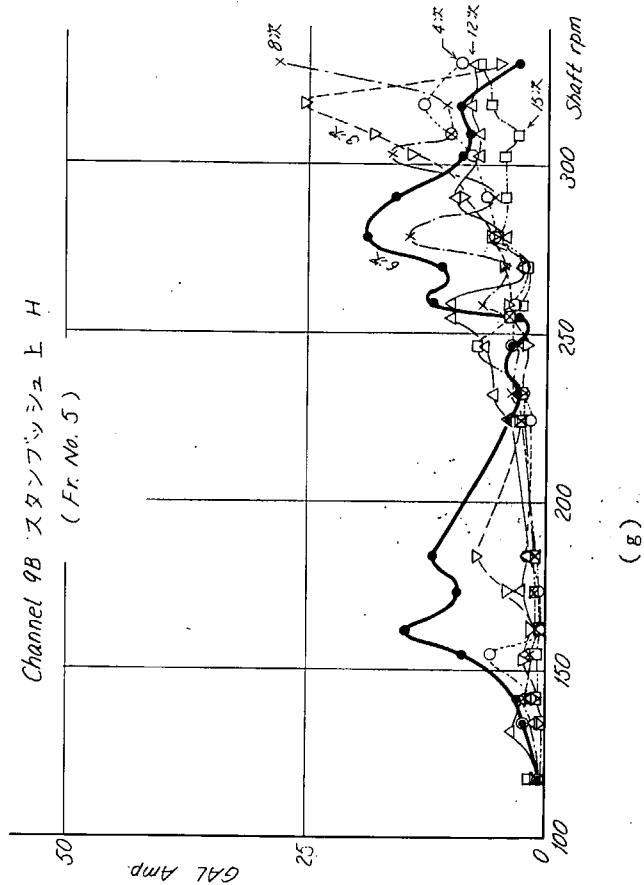
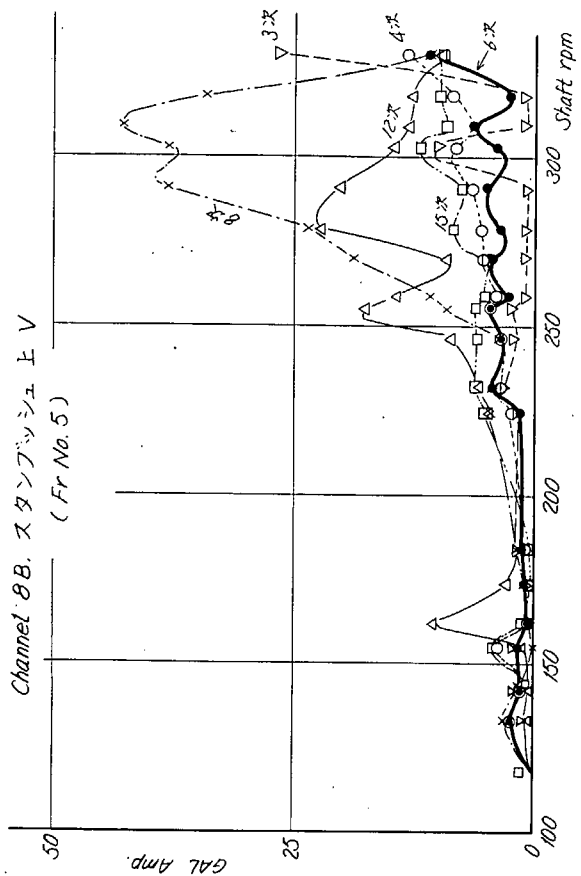
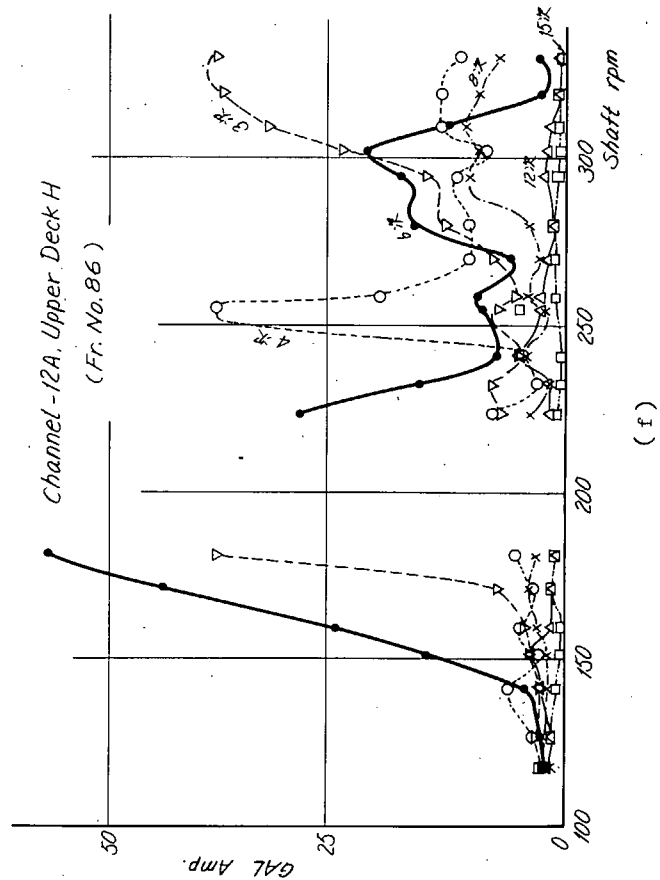
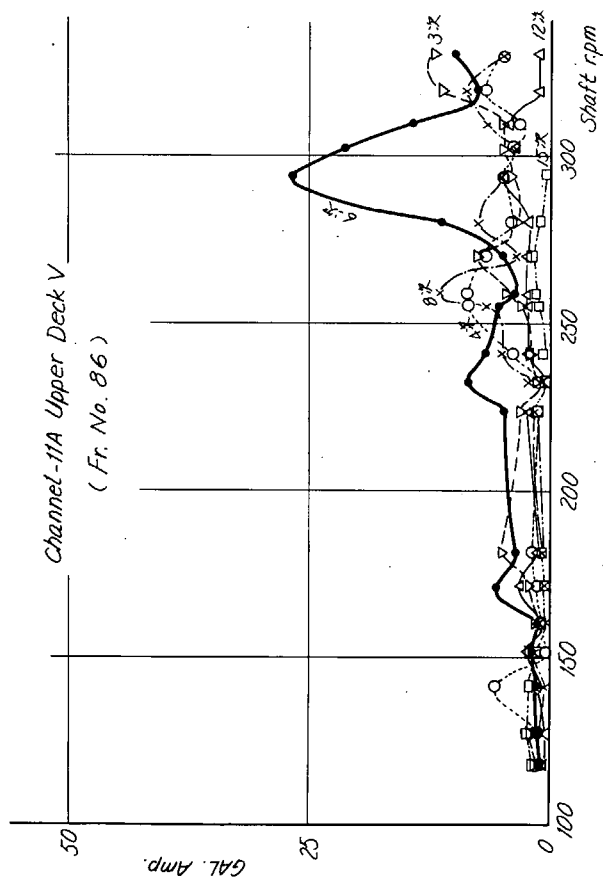
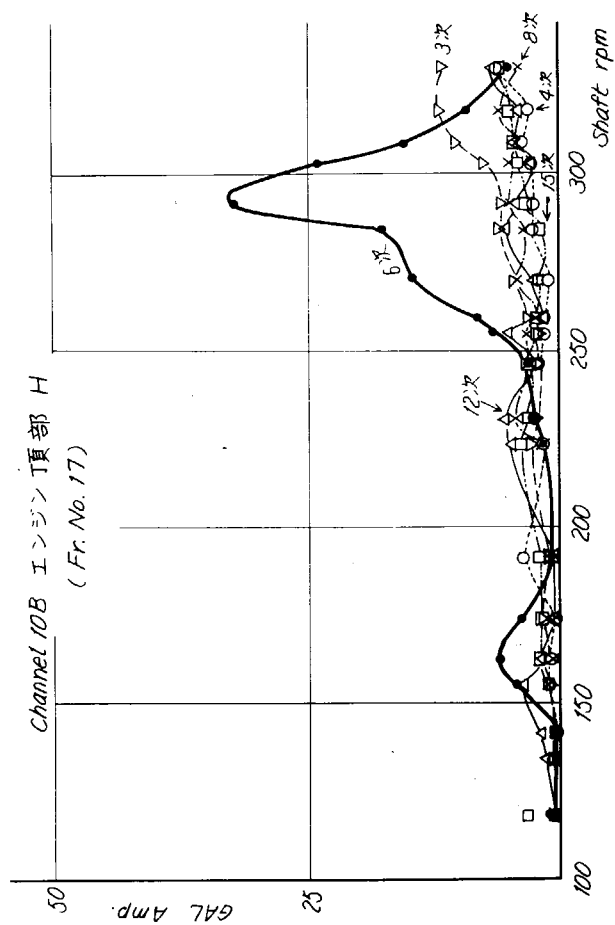
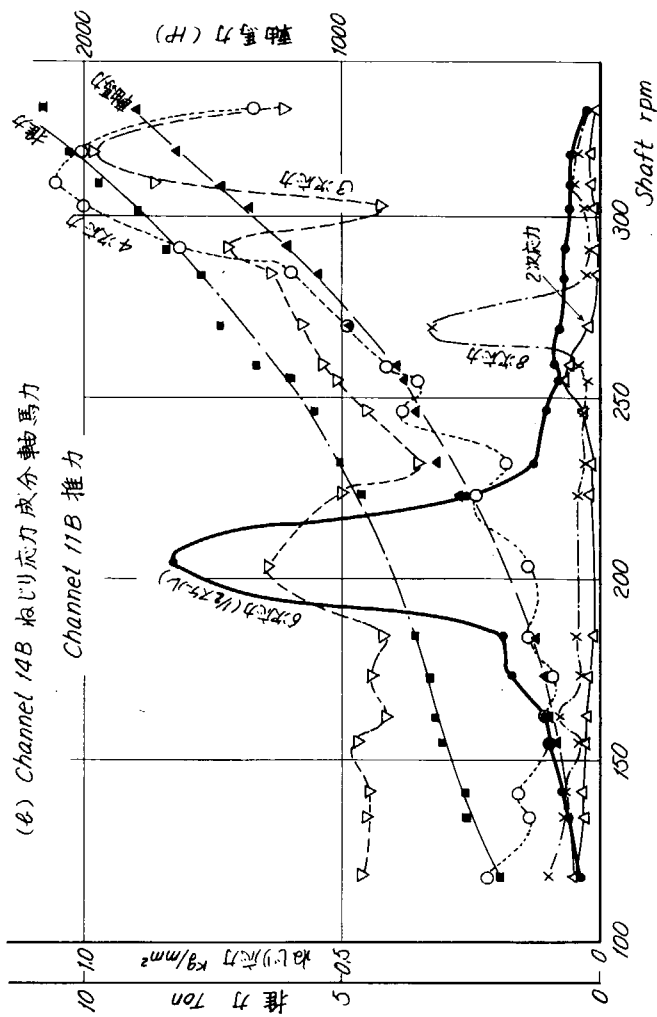
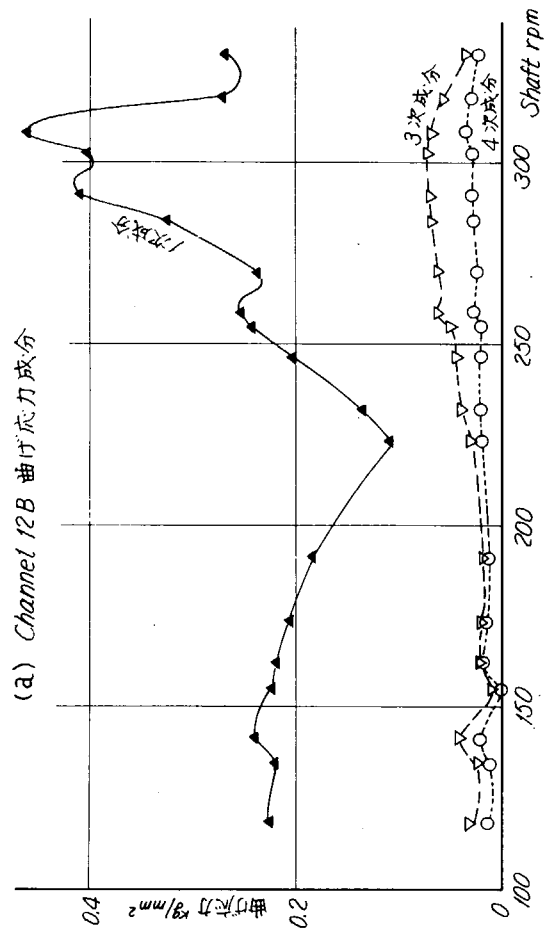


図 2. 9. 4 第 5 幸漁丸航走試験



(h)

図 2. 9. 4 第 5 幸漁丸航走試験

図 2. 9. 5 第 5 幸漁丸航走試験

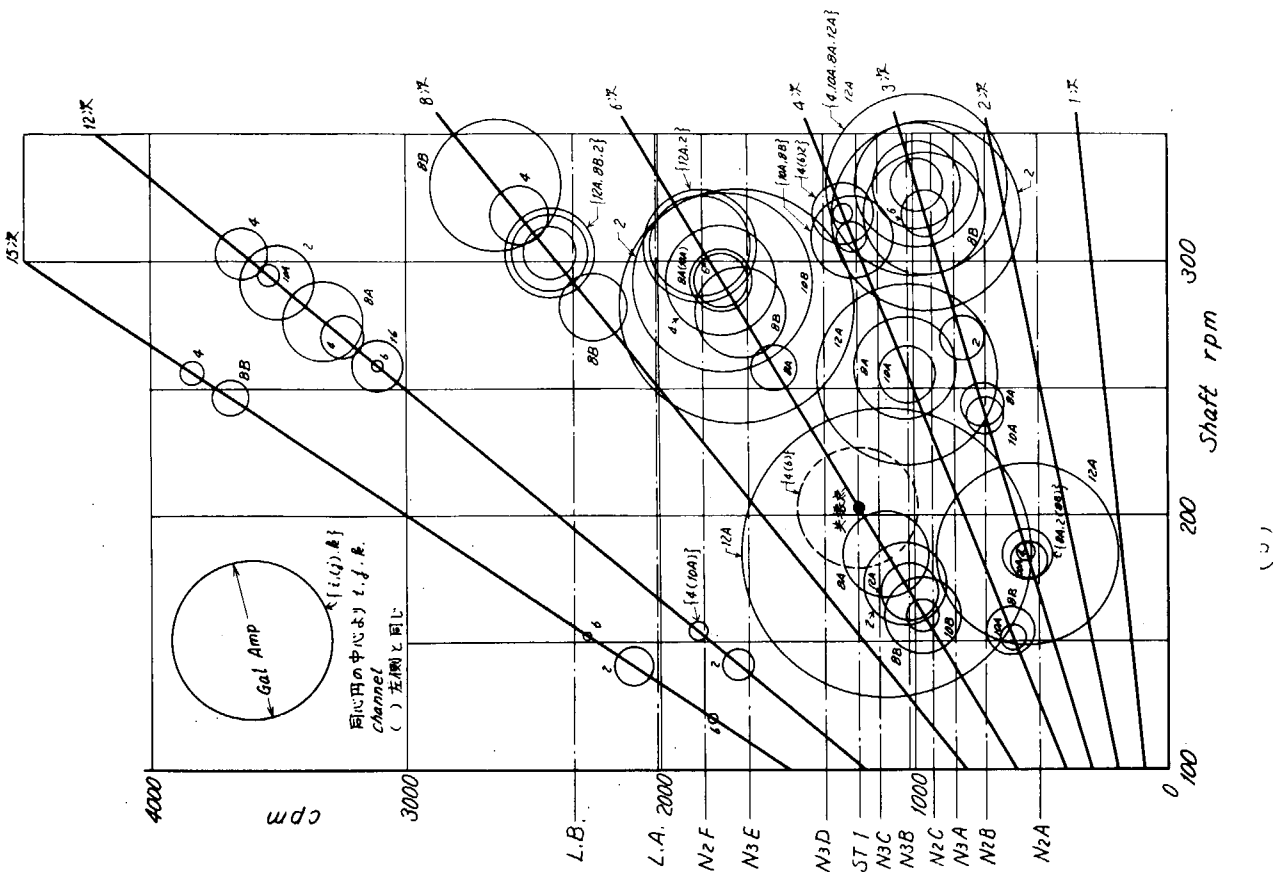
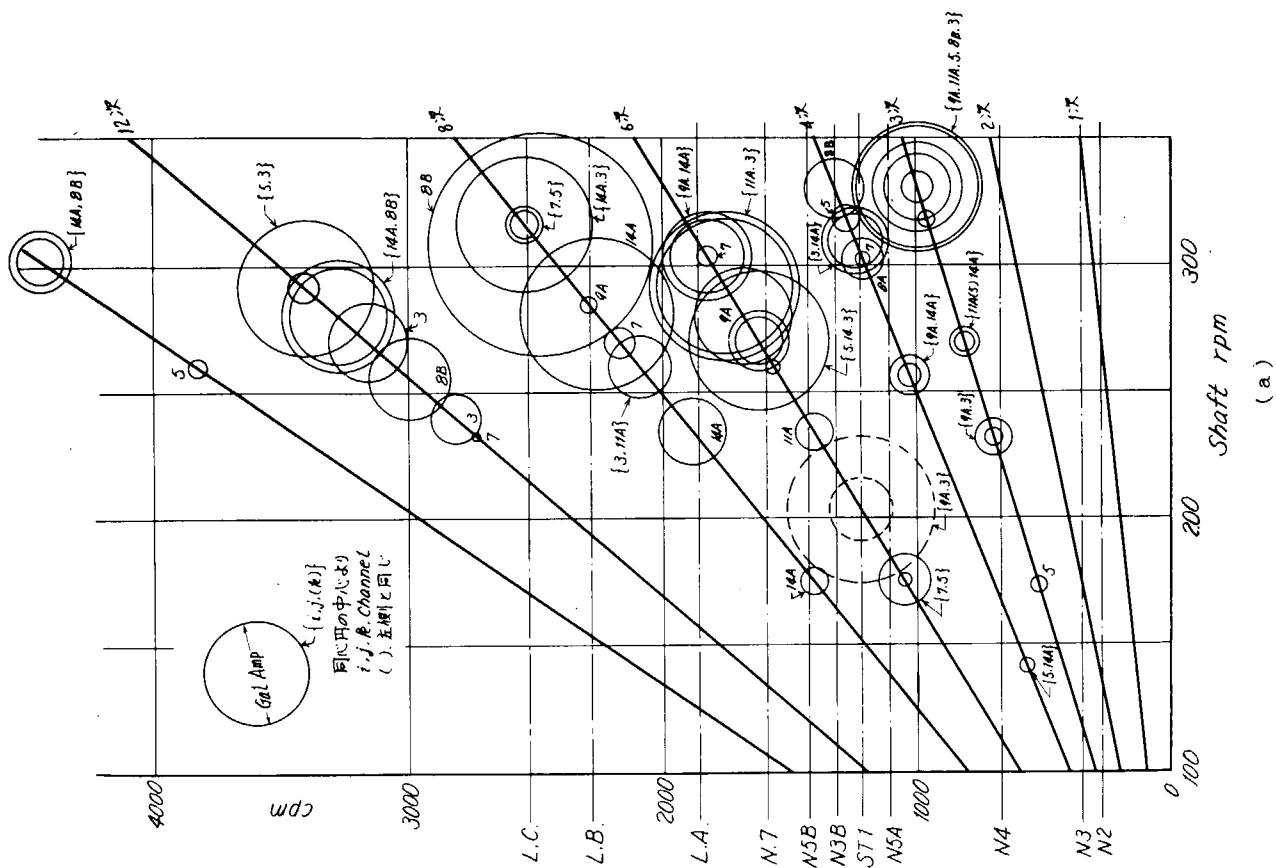


図 2.9.6 第5幸漁丸キヤンベルチャート

2.10 船尾水圧変動の計測

船尾においてプロペラが作動する場合、サーフェス・フォース (Surface Force) およびベアリング・フォース (Bearing Force) が発生し、船尾振動の一原因となっている。

サーフェス・フォースは流体を介して船尾まわりの外板に作用する水圧変動を積分することにより求められる。船尾における流れが均一であっても不均一であっても水圧変動についてはサーフェス・フォースは発生する。

ベアリング・フォース発生の主原因は、船尾における不均一流れによるものである。すなわちプロペラが1回転中に発生する推力 (スラスト) およびトルクが変動しその結果船尾管付近に振動が誘起される。一般にスラスト変動、トルク変動、スラスト変動より発生するモーメントまたトルク変動より発生する力 (フォース) を総称してベアリング・フォースと呼んでいる。ベアリング・フォース発生の主原因が船尾流れの不均一性によるものであるので、船尾形状等を改良して均一流れを得るようにすれば、ベアリング・フォースはほとんど発生しないはずである。

2.10.1 目 的

プロペラ上方の船尾形状が比較的 flat (平ら) な場合、模型船での船尾まわりの水圧変動は模型実験を行わずに精度よく推定しうる。しかし実船の場合の水圧変動を精度よく推定することはかなり困難である。模型船の場合には推定できて、実船では困難な主原因は、¹⁾ 実船ではプロペラ翼面上にキャビテーションが発生する^{2), 3), 4)} ためである。ではキャビテーションが発生すると水圧変動がどのようになるか? これに対して次のような結論が得られている。すなわち、i) 水圧変動の振幅が大きくなる ii) 水圧変動を積分してサーフェス・フォースを求める場合に位相が重要な役割をはたすが、この位相がキャビテーション発生により大幅に変化する。i) の現象については、はじめに参考文献 1) により明確にとらえられ、その後 2~3 の研究者により実験的に考察が加えられている。また ii) のような現象が起っていることは参考文献 5), 6), 7), で指摘されているが、その原因については参考文献 8) にて簡単な考察はじめて加えられているだけで、今後の研究課題として残されるであろう。

さて i) および ii) については、コンテナ船型の実船試験例は比較的多く、定量的にもかなり分りつつあるが、高馬力船 (たとえば漁船、カーフェリー船等) については資料が全然ないといってよい。したがって高馬力船について実船試験を行ない i) および ii) についての考察を行なうことは有意義と考え、実船の船尾まわりの水圧変動が計測された。

なお、ベアリング・フォースに関しての計測も重要と考えられるが、完全な計測を行なうには実験規模が大きくなる関係上行なわなかった。

2.10.2 計測方法および解析

水圧変動計測用圧力計 (以下水圧計と称する) としては半導体拡散ゲージ型 (容量 0.3 Kg/cm^3) と箔歪ゲージ型 (容量 2.0 Kg/cm^3) を併用したが、前者の方が出力感度、計測精度の面でかなり良い結果を示したので解析には拡散ゲージ型から得られたデータを採用した。

図 2.10.1 には水圧計取付位置を、図 2.10.2 には水圧計取付方法をそれぞれ示す。なお、水圧計⑤の近傍には加速度計をとりつけ外板振動をも計測した。

水圧変動は電磁オシログラフに記録させ、この波形について調和解析を行なった。水圧変動計測は次に示す試験状態について前述の船体振動計測と同時に進められた。

機関出力	回転数 (約)
$\frac{1}{4}$	220
$\frac{1}{2}$	254

$\frac{3}{4}$	2 9 1
$\frac{4}{4}$	3 2 0
Over Load	3 3 0
$\frac{4}{4}$	3 2 0 (3 5°右旋回)
"	3 2 0 (3 5°左旋回)

通増試験時

通減試験時

なお、外板振動の水圧計測におよぼす影響をしらべるために、起振機実験時にも水圧波形を記録させてみたが起振機の容量が小さいために波形として記録しうるまでにはいたらなかった。

2.10.3 計測結果ならびに若干の考察

計測記録の1例を図2.10.3に示す。

T. No. 15-10の場合について、フーリエ級数で近似した結果を図2.10.4に示す。図中縦軸の負号は外板が引下げられる場合、すなわち、水圧計に対して負圧の作用する場合をあらわしている。水圧変動波形は図2.10.4にみられるように $3 \times B.F.$ ($B.F.$ は blade frequency を意味し、翼数 $\times$ 回転数である)までの次数による近似で大体妥当であると考えられる。なお5回転長さをえらんだのは、波形の再現性をチェックするためであったが、図2.10.5によれば今回の実船試験では、1回転にたいする波形の再現性は良好であったといえる。なお図2.10.5中のRは、たとえば $R=3$ の場合は3回転分について調和解析を行なった結果を意味している。調和解析して求めた調和成分を各回転数ごとに図2.10.6に示す。全回転数をとおして、 $1 \times B.F.$ および $2 \times B.F.$ で大きい成分が発生している。また $N=292.6 \text{ rpm}$ の場合を除くその他の回転数ではところどころの次数でいく分大きい成分が現われている。 $N=292.6 \text{ rpm}$ の場合には $B.F.$ 、 $2 \times B.F.$ 、 $3 \times B.F.$ のまわりに大きな成分が分布している点に特徴がある。図2.10.7は $B.F.$ 、 $2 \times B.F.$ および $3 \times B.F.$ における各計測位置での成分(以下 $B.F.$ の1次成分、2次成分および3次成分とよぶことにする)の比較を示したものである。

図2.10.8には旋回時の水圧変動分布を示す。 35° 左旋回時は直進時の場合と似た分布状態を示しているが、 35° 右旋回の場合には成分の値もまた分布状態も直進時といくぶん異っている。

回転数と次数ごとの水圧変動成分との関係を図2.10.9に示す。1次および2次成分は回転数の増加とともに増加の傾向にある。3次成分は 290 rpm 付近にPeakが存在するような傾向が得られたが、これは複雑な高次船体振動や、また外板振動を考えた場合の測定精度の問題等が原因ではあるまいか。

船幅方向の水圧変動分布を図2.10.10に示す。縦軸は水圧変動のPeak to Peakの値である。船幅方向の分布の最大値が船体中心面上になく右舷側によっていることが分る。これは船尾伴流中で作動するプロペラの非定常応答おくれとこれにともなうキャビテーション現象の影響と考えられる。同図中には $N=320 \text{ rpm}$ に対する平板からの推定値(模型船による実験でもこれと同程度の分布線が得られるものと考えられる)が点線で示されている。実船計測で得られた値は最大値付近で平板よりの推定値の約4倍であるが、この原因の第1は実船にのみ発生するキャビテーション現象によるものであり、その他伴流分布の差、さらに実船外板振動の水圧計に及ぼす影響等があげられる。

図2.10.11には、回転数と水圧変動係数(K_p)との関係が示されている。低い回転数においては平板からの推定値と実船計測値とは比較的近い値を示しているが、回転数が増加するにつれて実船の場合は増大の傾向を示す。この主原因はキャビテーション現象によって説明しうる。なお、同図中の線は $N=292.6 \text{ rpm}$ の実験点をはずして引かれている。これは次のような理由にもとづいている。すなわち、

水圧計⑤の近傍にとりつけた加速度計の記録によると $N = 292.6 \text{ rpm}$ で非常に大きな振動が発生していることならびに $N = 292.6 \text{ rpm}$ の場合は図 2.10.6 の調和成分の分布において B. F. の 1 次、2 次および 3 次成分のみが優勢ではなく、それぞれの次数のまわりにかなりレベルの高い成分が存在していること等の理由により水圧計が外板振動の影響を受けていると考えられるので一応 $N = 292.6 \text{ rpm}$ の計測点を無視した（水圧計付近の振動計測を行ない、振動波形より水圧計への影響程度を算定する方法もあるが、今回はこれを行なわなかった）。

位相関係を図 2.10.12 に示す。同図中の平板の場合の点線（模型船の場合もほとんど平板の場合と同程度であると考えてよい）は、プロペラの generator line の延長線が水圧計と一致した場合にその水圧計の位置で負の Peak が発生することを表わしている。一方実船の場合は、平板あるいは模型船の場合とはかなり異なり、どの計測位置でも位相がほとんど変化していない結果を示している。位相に関するこの計測結果は非常に重要な意味をもっている。何故なら、実船のサーフェス・フォースを計算する際に、振幅としては実船計測結果を採用し、位相としては平板あるいは模型試験結果より得られた位相を使用した場合には大幅に過少なサーフェス・フォースを求めてしまう⁸⁾おそれがあるからである。

2.10.4 む す び

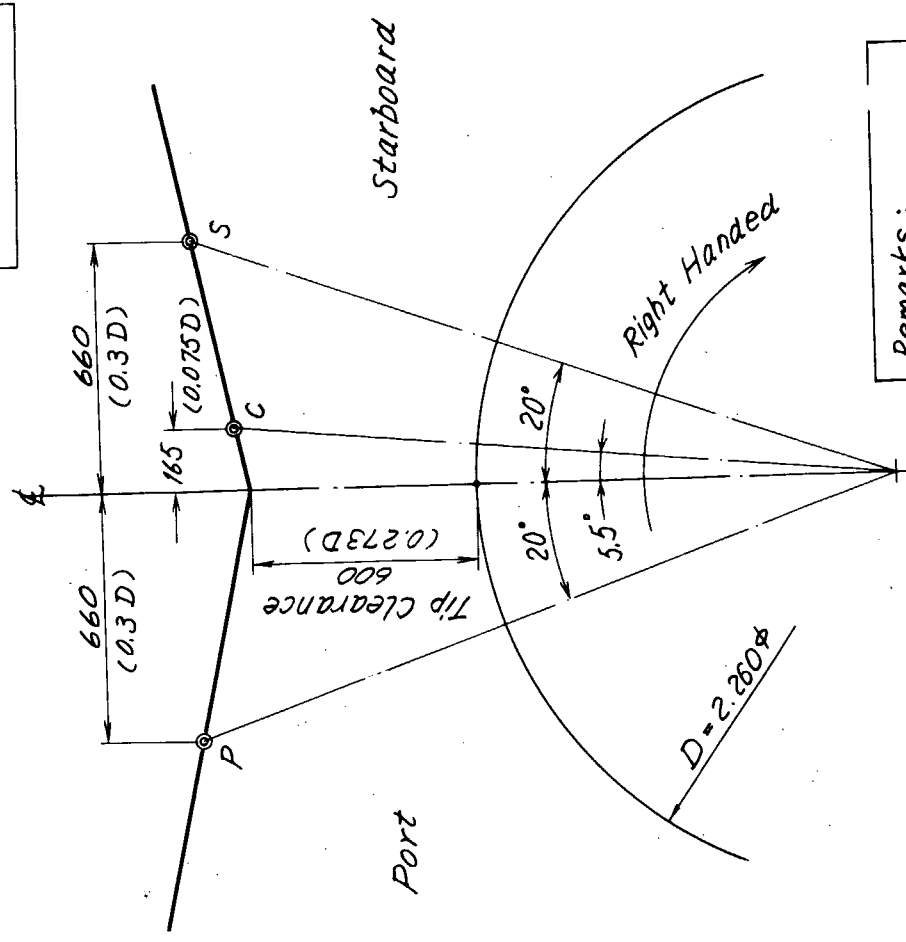
本水圧計測は当初の実験計画の中にはおりこまれていなかった。しかし船尾における振動源として、プロペラによって誘起される水圧変動も重要な要素であると考えられ、急遽船主ならびに造船所の理解と協力のもとに船尾水圧変動の計測が実行されるようになった。このような事情ならびに経過のために、計測点数では必ずしも十分ではなかったが、漁船についての水圧変動の実態をかなり把握することができたと思う。

参 考 文 献

- 1) Takahashi, H. & Ueda, T.: "An Experimental Investigation into the Effect of Cavitation on Fluctuating Pressures Around a Marine Propeller", 12th I. T. T. C. Proceedings (1969)
- 2) Van Manen, J. D.: "The Effect of Cavitation on the Interaction Between Propellers and Ship's Hull", I. U. T. A. M. Symposium on Non-Steady Flow of Water at High Speeds, Leningrad (1971)
- 3) Oossanen, P. van & der Kooy, J. van: "Vibratory Hull Forces Induced by Cavitating Propellers", Presented at the Spring Meeting of R. I. N. A. (1972)
- 4) Sjøtvedt, T.: "Propeller Induced Excitation Forces", Det Norske Veritas, Publication No. 74 (1971)
- 5) 高橋肇他: "プロペラ起振力に関する研究 (第 5 報) 起振力に関する模型および実船試験 I"、昭和 45 年度秋季 (第 16 回) 船舶技術研究所研究発表会講演概要 (1970. 11)
- 6) 高橋肇他: "コンテナ船のプロペラ起振力について"、西部造船会会報第 44 号 (昭和 47 年 8 月)
- 7) Takahashi, H.: "On Propeller Vibratory Forces of the Container Ship—Correlation Between Ship and Model, and the Effect of Flow Control Fin on Vibratory Forces—", Papers of Ship Research Institute, No. 44 (1973)

- 8) 高橋 肇 : " コンテナ船のプロペラ起振力の覚書 —— 主として船尾水圧変動の位相について —— "、
試験水槽委員会、第 1 部会第 2 5 回資料 (1972)

Section at
Propeller Disc



Remarks;
S, C and P are
Pressure Transducers
at each Position.

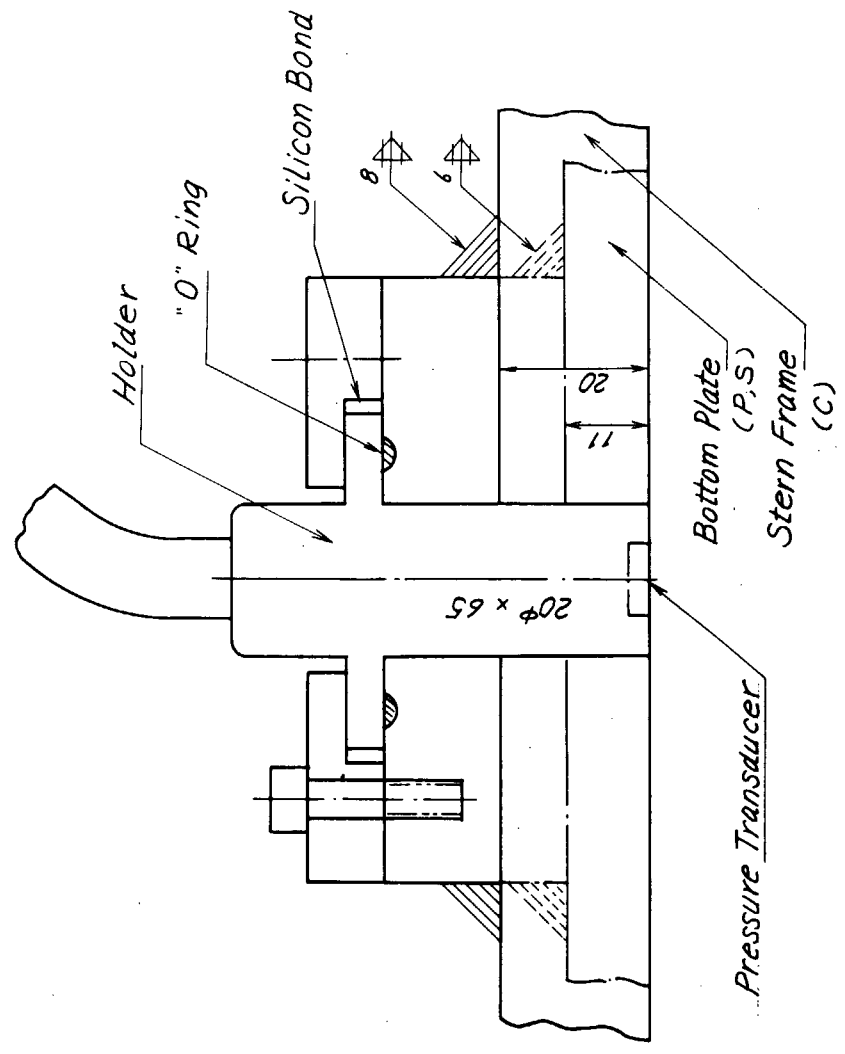


図 2. 1 0. 2 水圧計取付図

図 2. 1 0. 1 水圧計の配置

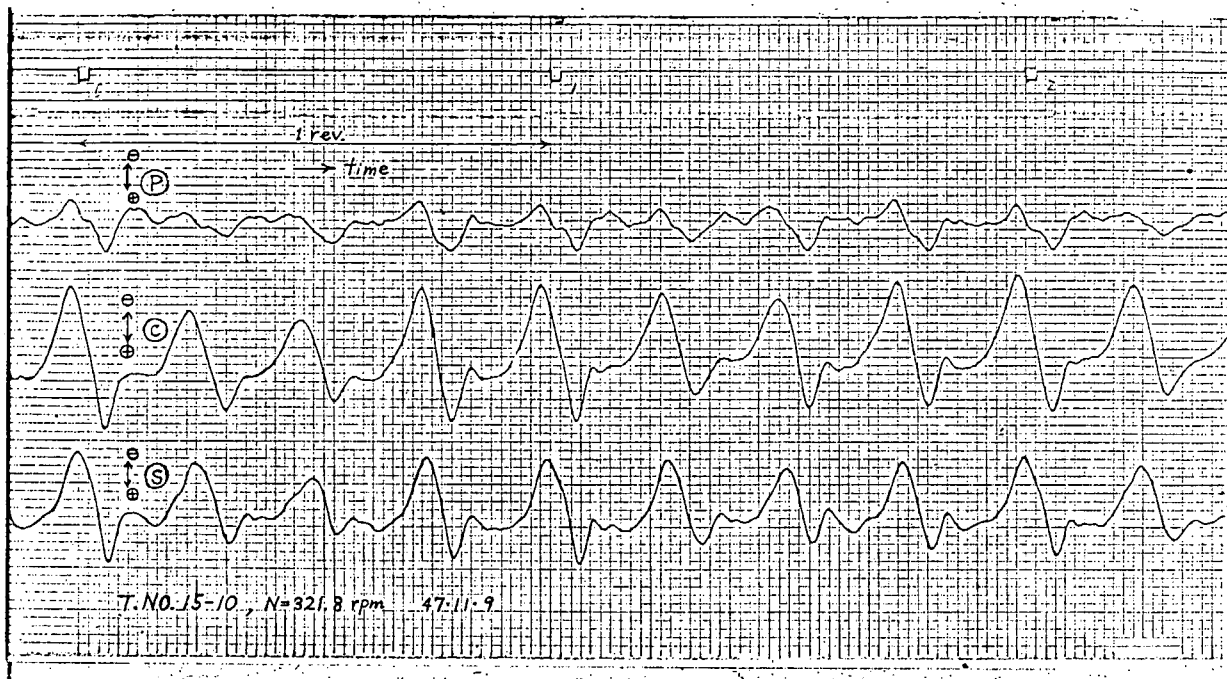


図 2. 1 0. 3 水圧変動波形の記録例

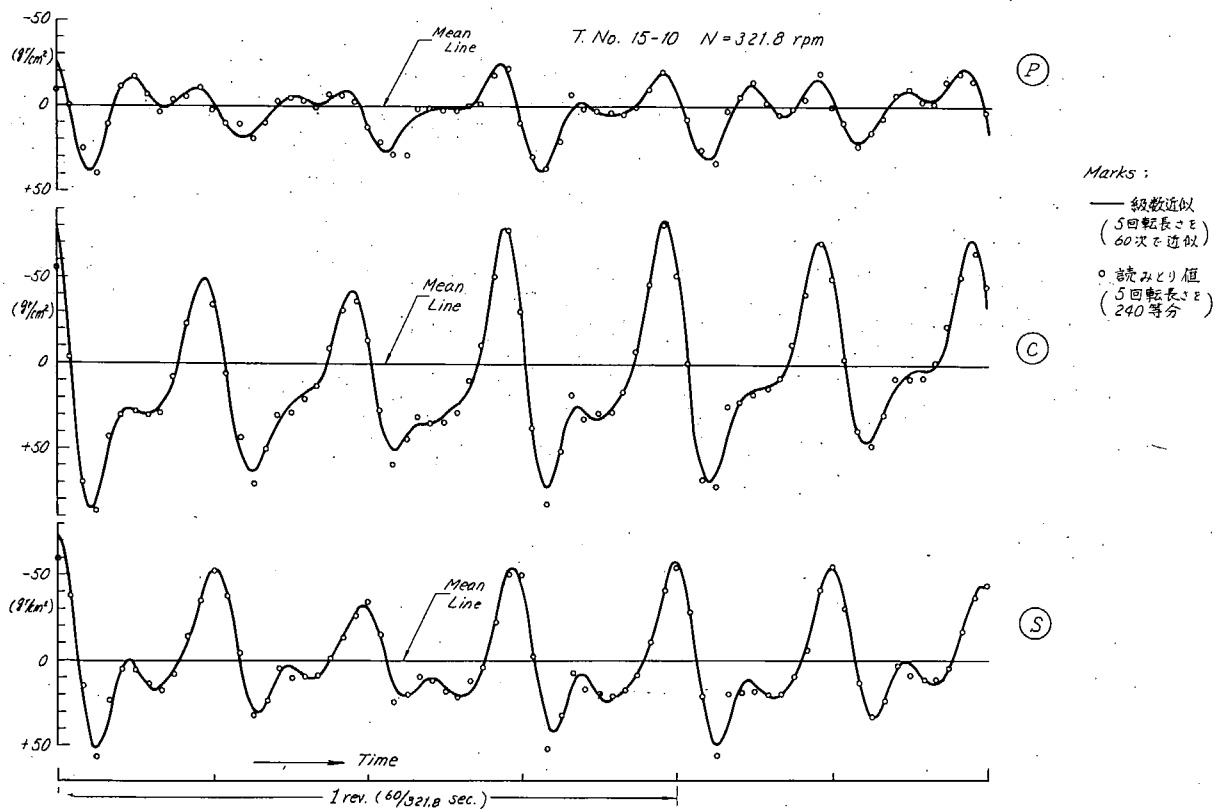


図 2. 1 0. 4 水圧変動波形のフーリエ級数近似

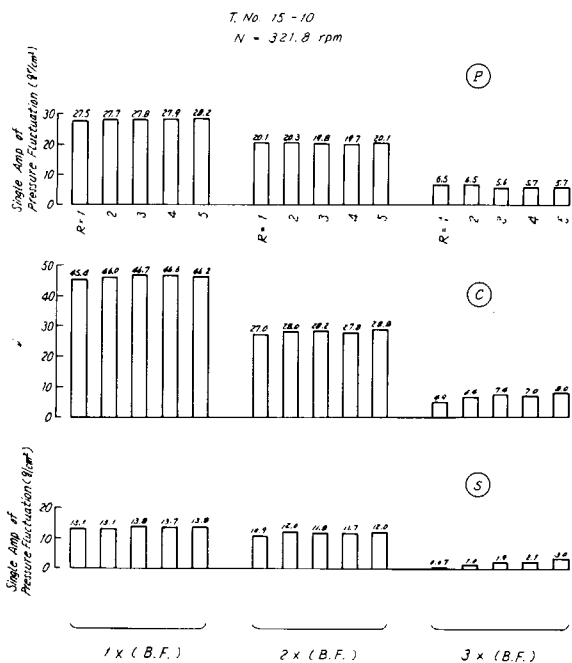


図 2. 1 0. 5 サンプル長さと収れん性の関係

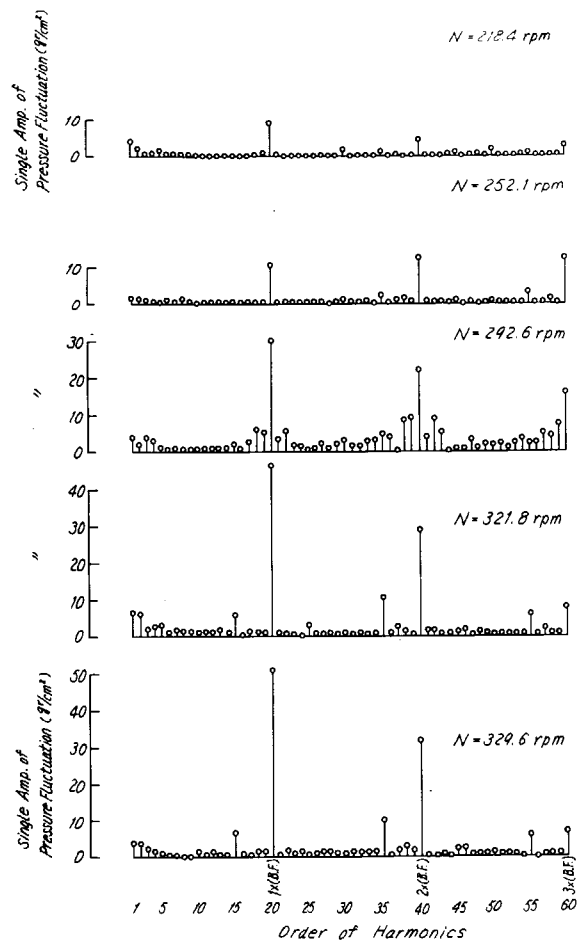


図 2. 1 0. 6 ③における水圧変動の調和成分 (5 回転分)

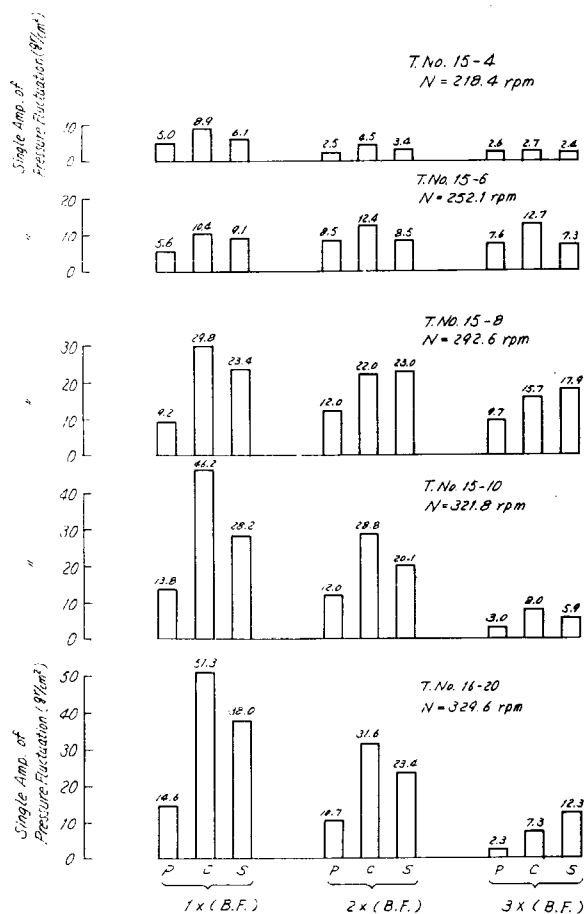


図 2. 1 0. 7 調和成分の比較

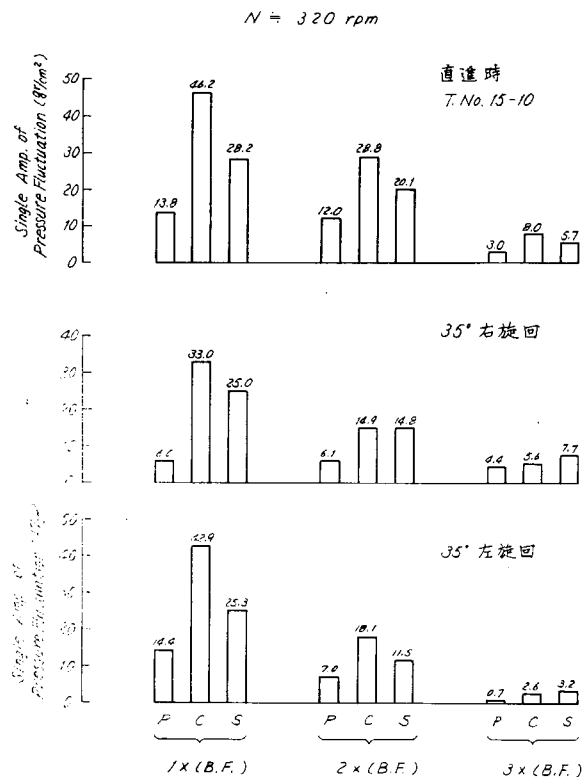


図 2. 1 0. 8 旋 回 影 響

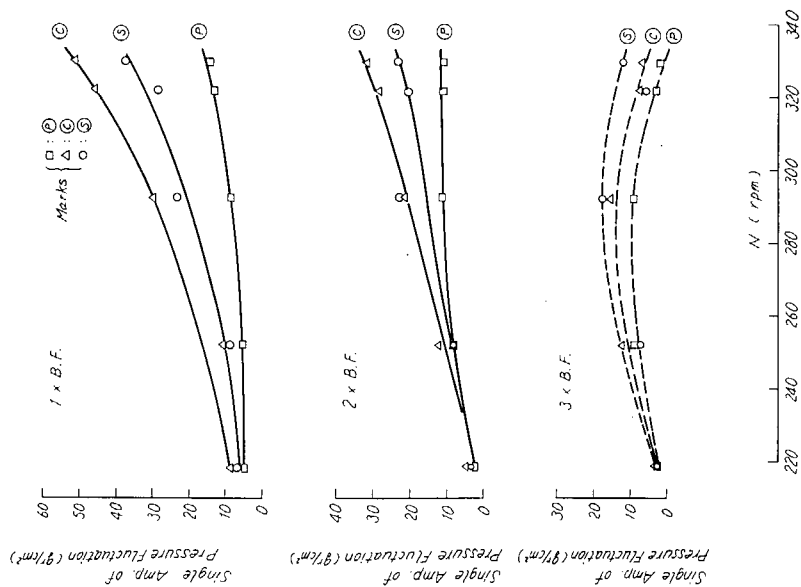


図 2.10.9 回転数と次数ごとの水圧変動成分との関係

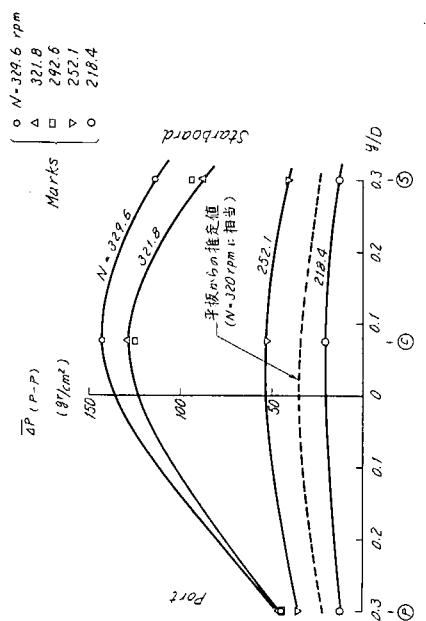


図 2.10.10 船幅方向の水圧変動の分布

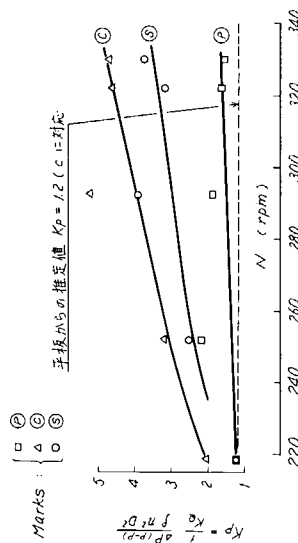


図 2.10.11 回転数と水圧変動係数 (k p) との関係

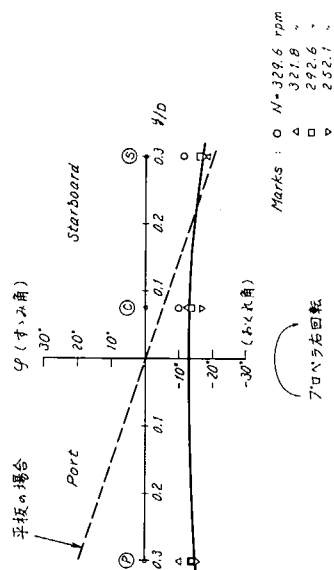


図 2.10.12 位相関係

2.11 試験結果に対する考察

供試験4隻の試験結果については、従来数多く実施されてきた中型ないし大型の貨物船、油槽油の船体振動計測結果と対比して漁船およびカーフェリーの特殊な船体構造が船体振動応答にどのような差異を及ぼすかと云う基礎的視野の考察と本研究の主目的である高馬力船の船尾構造および軸系の損傷に及ぼす船体振動の影響に関する考察とに大別して取り扱うことにする。これらの考察目的のうち前者の基礎的視野の問題については、次年度以降において船体ビーム振動の実験式との照合、特殊船型に対する船体ビーム振動計算法の確立などのようなかたちで基礎的研究の対象として取り上げ、本報告においては今回の試験結果と船尾構造および軸系の損傷の関連性を主題として考察を進める。

2.1.1.1 固有振動数および固有振動モード

今回の計測においては、起振機の容量不足、船体振動計測の経験に乏しいためのピックアップ配置の不備、解析手法とデーター採取法との不適合などの原因によって、船体ビーム振動についての固有振動数およびそのモードについて完全な結果は得られていない。しかし、各供試験船の船尾部の局部振動を含めた応答については、新しい知見が求められている。

a) 上下振動

各供試験船について、単位起振力によって生ずる各計測点の加速度振幅、すなわちダイナミックイナタンス (A/F) を通覧すると、低次のビーム振動については、北洋トロール船 (第1船第15興北丸) の A/F が小さく、他の三隻は同程度であり高次の局部振動については、フェリーあるばとろす (第3船) が最小で、フェリーながと (第2船) がやや大きく、北洋トロール船と、まぐろはえ縄船が大きくになっている。また、各部の振動モードは、4節以下の低次では、船体の同一横断面上ではほぼ同じ振幅を示すが、4節を起える次数においては船側部と船の中央とで逆位相となること、あるいは各デッキの位相が反転することなどが生じ、とくにカーフェリーの場合には上甲板 (Wagon Deck、または"Deck") と軽量車甲板 (Car Deck、"Deck") のモード差が著しく、船尾端の軽量車甲板において 1350 cpm (ながと)、1215 cpm (あるばとろす) にそれぞれ A/F が 0.15 Gal/Kg、0.24 Gal/Kg に達する固有振動がある。

b) 水平振動

水平方向のビーム振動は、カーフェリーの場合いずれも A/F は小さく、北洋トロール船がやや大で、まぐろはえ縄は極めて大きく、船体構造の影響が顕著に現われている。水平振動の場合には各甲板の振動位相が同一なモードは2節のみであり、3節以上では上甲板とその上の甲板とで振幅の相違が第一に生じ、高次になると振幅のみでなく位相の反転が現われる。また、主機関頂部の振動は上甲板ないしは船底部と違った挙動を示し、このクラスの中速機関においても、機関の首振り振動が生じていることがわかる。

c) 上下振動と水平振動の連成

今回の計測においては、加速度ピックアップは起振方向と一致させている場合が多いが、二三の計測点について起振方向と直角な振幅を計測している。それらの結果では、上下方向に起振した場合にも水平方向の振動が現われており、高次振動ほどその傾向が顕著となっている。また水平方向の起振は起振点が船体断面の剛性中心と一致していないため、上下方向振動の誘起は著しく、とくに船側端で顕著となる。これらの現象から、船体の上下振動と水平振動とは直交性がなく立体骨組としての応答を示すように思われる。

2.1 1.2 航走中の振幅

a) 上下振動

航走中の振動応答は、各船とも低次のビーム振動については微弱であり、1000 cpm から2000 cpm の間にカーフェリーではやや顕著な応答が見られ、漁船では2000 cpm ~ 4000 cpm の範囲に著しく強い応答が現われている。とくに北洋トロール船の船尾端の漁具庫には520 Gal (3000 cpm)、350 Gal (4000 cpm) のように極めて強い共振が見られた。一般的な傾向として、没水部に近い部材については高次振動の強い共振は見られず、上部に行くにつれて高次振動は顕著となっており、減衰効果は上部構造には及ばないようである。なお起振試験において顕著な振動が見られたカーフェリーの軽車輛甲板船尾端においては、フェリーあるばとろすについて40 Gal (1350 cpm) と云う他の部分に比して著しく大きい共振が見られた。

b) 水平振動

水平振動は各船とも低次から高次までほぼ様な振幅で生じており、北洋トロール船の船尾端漁具庫に上下振動と同じ周波数で130 Gal の連成と見られる共振が現われたことと、まぐろはえ縄船の船首部に軸系ねじり振動、船体振動の共振と見られる、60 gal (ねじり振動の共振点におけるピーク値は計測されていない) の振動が特異である。なお、まぐろはえ縄船の水平振動は他船に比して一般に大きく現われており、2節振動も3次の共振が見られている。しかしこの船の場合には2000 cpm 以上の振幅は比較的に小さい。低次の共振が大きく現われている点は、2.1 1.1の(b)で述べた A/F (ダイナミックイナータンス) が大きいことと符合しており、ダイナミックイナータンスによって航走状態の応答を予測できることを裏付けている。

2.1 1.3 起振力次数と振動応答

今回の供試船はいずれも中速直結機関、ないしは中速減速機関を搭載しており、一般の大型船よりもプロペラの回転速度が大きくなっている。そのため、ブレードフレクエンシー(プロペラ羽根数 Z の m 倍および $1.5m$ 倍、 m は整数) は船体の低次ビーム振動と共振しない範囲に上昇しており、各船のキャンベルチャートからも明らかである。そのかわり、ブレードフレクエンシーが船体振動の高次ビーム振動または局部振動の領域に入ったため、前にも述べたように1000 cpm ないし2000 cpm の範囲で強い振動応答を示している。

すなわち、カーフェリーについては、ながとの場合プロペラ羽根数5で、7.5次(MCRで1800cpm)あるばとろすで羽根数4に対し、4次、8次(それぞれMCRで760cpm、1520cpm)の共振が著しくなっている。これらの船はいずれも2機2軸であり、いわゆるブレードフレクエンシーの考え方も単軸船と異なっているかもしれないが、5翼の7.5次($1.5mZ$)が強く現われること、12.5次($2.5mZ$)も若干現われることは注目すべきである。しかし4翼のながとについては6次($1.5mZ$)と10次($2.5mZ$)は現われていない。また、これらの船はいずれも中速V型機関を減速しており機関と減速機の高弾性継手を装備しているため、ねじり振動の共振は全回転数範囲を通じて微細であって、船体振動に対する誘導も見られない。

つぎに、単軸で直結機関を装備する漁船については、3翼の北洋トロール船で、3次、4.5次、6次、9次、12次、15次のブレードフレクエンシーが共振を生じさせており、12次と15次が前にも述べたように激しい船尾振動を起している。なお、4.5次は翼角一定の回転数変化試験では読み取っていないが、回転数一定の翼角変化試験で読み取っており、3次と同程度の応答を示している。3翼の場合には、各次数の起振力の値そのものが大きいと云われているとともに、キャンベルチャートでも明らかなように

多くのブレードフレクエンシーが現われることも振動特性として極めて不利である。同じ単軸直結機関のまぐろはえ縄船の場合には4翼であり、4次、6次、8次、12次がブレードフレクエンシーとして現われており、上下振動では6次、8次、12次が、水平振動では4次、6次がそれぞれ顕著である。

一方、機関ねじり振動による誘導は、北洋トロール船およびまぐろはえ縄船とも6シリンダ直列機関であるため6次共振がMCR回転数のそれぞれ70%および63%にあり、顕著に現われるとともにMCRの140%および125%に3次があり、6次は両船とも顕著に3次の裾がはえ縄船にそれぞれ現われている。北洋トロール船の場合、ブレードフレクエンシーとしての3次ないし6次と、軸系ねじり振動として3次ないし6次の干渉が起りうるが、この船では相互が位相的に打消し合っているようであり、それほど顕著なものとなっていない。なお、軸系ねじり振動による船体振動の起振力は上下方向、水平方向のいずれにも発生するが、水平振動の方がダイナミックイナータンスが大きいいため、まぐろはえ縄船に見られるように、3次の応答は水平振動がより顕著になっている。

2.1.1.4 起振力と減衰

各船について示した起振試験結果から、ダイナミックイナータンスをメカニカルインピーダンス(F/V)またはダイナミックコンプライアンス(F/A 、イナータンスの逆数)に換算して減衰係数を求めること、および起振点が相違するため、その近傍では困難であるが、船の中央部あるいは船首部の振動応答(加速度振幅 A)を起振試験のダイナミックイナータンスで割って、船尾部の相当起振力成分を推定することも可能であるが、これらには若干の解析的な検索を要するためここでは起振部(航走中のサーフェイスフォースとベアリングフォースの和の作用部)の加速度成分振幅を示す。

図2.1.1.1(a)、(b)はそれぞれ起振部にもっとも近い、シャフトブラケット付根部(フェリーあるばとろす)およびスタンプッシュ部の上下方向(v)ならびに水平方向(h)の加速度を示す。2軸船の図2.1.1.1(a)の場合には船尾部のダイナミックイナータンスが大きいいためもあって、特定次数の成分が卓越することではなく、僅かに4次、8次のブレードフレクエンシーが平均値の1.5~3倍程度となっており、起振点近傍ではホワイトノイズ的な応答を示している。また、図2.1.1.1(b)の単軸船の場合にも、上下方向で4次、6次、7次、8次がやや大きく、水平方向では3次(軸系ねじり振動の誘導と思われる)が大きいほかにその $1/4$ 程度の振幅で6次、7次、8次、10次、11次、15次が現われており、2軸船と同様にホワイトノイズ的な傾向が強い。これらの図から考えると、サーフェイスフォースおよびベアリングフォースからなる起振力自体、特定の次数の成分が大きいものではなく、すべての次数成分が同程度に現われるもの(ホワイトノイズ形と通称する)と想像され、このような起振力スペクトルのなかでブレードフレクエンシーに相当するものは、位相変化が少ないため定常的に船体振動を誘起し、それ以外の次数のものは位相変化が大きいため時間的(あるいは船体に与えるエネルギーとして)に相殺し、船体振動を起さないのではないかと考える。

なお、これに類した現象は2軸船の航走中の船体振動にも見られ、これらの船では左右両軸の回転数が僅かに相違するため、サーフェイスフォースおよびベアリングフォースの周波数も若干ずれている。船体振動の利得曲線は一般にブロード(共振点を若干外れてもそれほど振幅は低下しない)であるため、周波数の偏差は無視できて位相のずれた起振力として船尾部に作用し、両軸の起振力の位相が合致したときには大きな振動が、相反したときには微弱な振動となり、ビート(うなり)状の振動応答となって、その周期は両軸の回転数差の逆数になるものと思われる。

2.1.1.5 船体振動の非定常性

上に述べたように船体振動の起振力は極めて微妙なものであるため、その応答も定常的ではない。図

船 名	あるばとろす	感 度	100
実験番号	27-14	送り速度	7.5 ips
計測点	1G 2R	T. C.	0.3 s
周波数	6.37	S. S. T.	0.5 m

№.5 ボイド内、右軸ブラケットと肋骨の
とりあい部
Ch. 1 V 方向
Ch. 2 H 方向

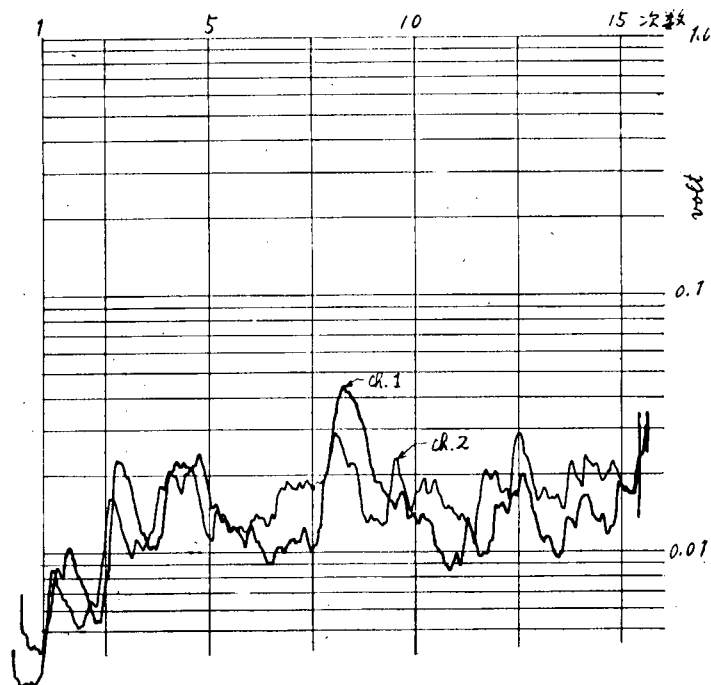


図 2. 11. 1 (a)
フェリーあるばとろす
航走試験 191.1 rpm

第 5 幸漁丸	100
16-20	7.5 ips
2G14AR	0.3 sec
11.0 Hz	0.5 min

Ch. 14A スタンチューブボスV方向
Ch. 2 スタンチューブボスH方向

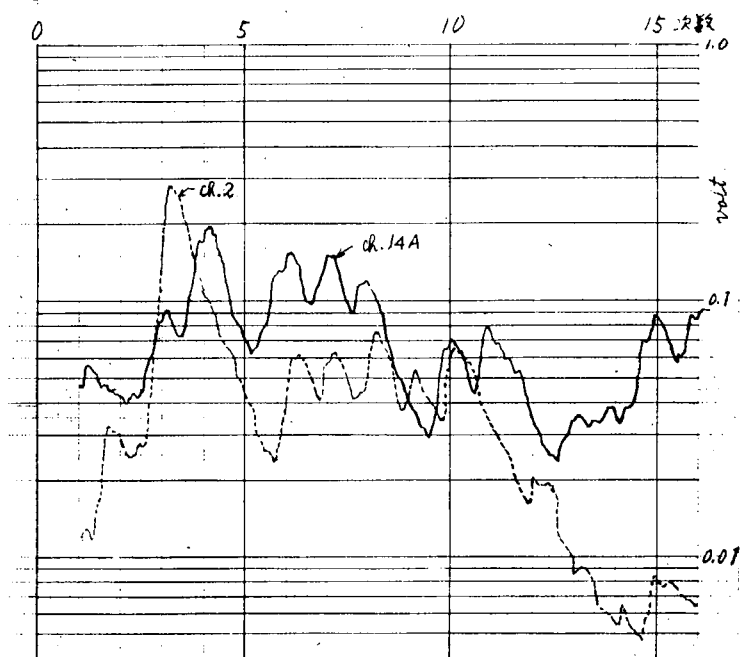


図 2. 11. 1 (b) 第 5 幸漁丸航走試験 330 rpm

2.1 1.2 は、まぐろはえ縄漁船第5 幸漁丸の航走試験時のデーターをRPMトラッキングで処理して3 次振幅を求めたものであり、上下に太い線を呈しているところが、回転整定の範囲である。ある回転数から次の回転数へ移るときに加速度振幅は増加することが多く、つぎの回転数に整定してから、船の走行状態が静定するまでの間に加速度振幅は大幅に変化する。図の例においても最大30 倍、平均的には約10 倍（最大値と最小値の比）程度変動する。その間の時間的経過は、回転数静定後次第に振幅が増し、数秒ないし数十秒でピークとなり、その後航走整定に近づくとともに次第に減少して最低値に近いところでやや安定した値を示す。図の例で、レンオスカープ処理した場合の振幅が黒丸（Channel 8）、白丸（Channel 9）である。このような傾向は4 次、6 次も同様であるが8 次、12 次、15 次については変動幅が極めて少なく、最大値と最小値の比は2～1.5 となっている。

このような非定常性の原因としては、増速時の船尾伴流分布の非定常的な変化によって、サーフェイスフォース、ベアリングフォースの位相が変化し、船体振動応答に微妙な影響を及ぼすものと想像される。船体振動応答の非定常性は、今後起振力を測定して加速度との関係を求めようとする場合にもっとも厄介な問題となり、両者の記録を完全に同期させるか、あるいは定常状態を得るような航走条件を確定するかのいずれかが必要である。また、船尾伴流分布の変化は転舵、風力、潮流ないしは船体の動揺によっても生ずると思われるため、これらとの関係をあらかじめ知ることも必要である。

一方、データ解析についても、定常的現象に適切なA-D変換後のフーリエ変換は船体振動の応答解析には問題があり、アナログ的な連続処理法が当を得たものと考えられる。

2.1 1.6 軸系アラインメント

各船の軸系については航走中の曲げ応力を測定するとともに、船体静止の状態での軸のターニングを行なって、軸上各測定点の曲げ応力を計測した。

図2.1 1.3は一括して測定結果を示し、船尾から見た右手系によって測定点（⊗印）の曲げモーメントを表示している。図において右舷向きの矢印は軸がホギング（上に凸）状態を曲っていることを、また左舷向きの矢印はホギング状態の曲りを意味する。なお、第15 興北丸の船尾側測定点のA、Bは互いに90°の位置にある。

これらの結果から、漁船はいずれも曲げモーメントが小さく、サギング状態のアラインメントであり、フェリーながとは中央の測定点付近で曲げモーメントの方向が反転して船内部最後端ではやや大きなホギング状態の曲げモーメントを示し、フェリーあるばとろすは、opp注油軸受の付近の測定点が最大で船内後端部とともにサギング状態の曲げモーメントとなっている。

このような結果から見て、単軸の場合にはアラインメント誤差は一般に少ないが、2 軸船の場合には軸系の芯出しに研究すべき点があるように思われる。

2.12 結 び

今年度の試験結果をとりまとめて、船尾構造および軸系の損傷に対する船体振動の影響と云う観点での結論はつぎの通りである。

2.1 2.1 カーフェリー

カーフェリーの船体振動は、ビーム振動および船尾局部振動とも微細であり、船尾構造ないしは軸系の損傷に影響することはない。ただし、軽車輛甲板の後端部および重車輛甲板の機関室頂部など支柱間隔が大きい甲板については、上下振動の強い共振が起る可能性がある。カーフェリーで今回の供試船となったものは、いずれも同形の第2ないし第3 船であり、第1 船に見られた強い共振を防止するよう、十分な

第5幸漁丸	100
17	3.75 ips
8 _A 9 _A R	0.3 sec
5~18HZ	R. P. M.

Fr № 38 "BRI" Deck 加速度 Ch. 8 A、3次
Fr № 45 "Pp" Deck 加速度 Ch. 9 A、3次

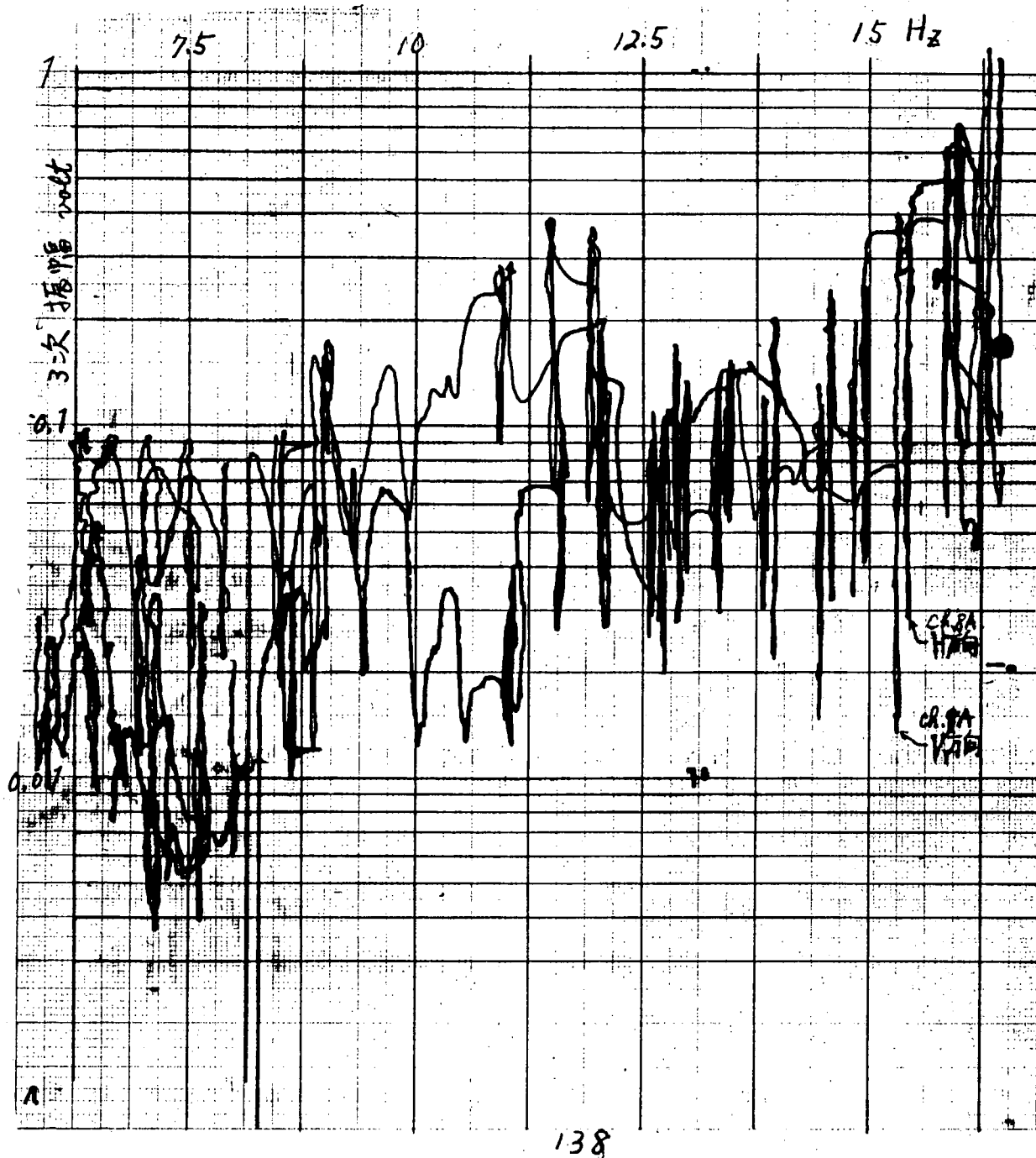


図 2. 11. 2 第5幸漁丸航走試験 (RPM Tracking)

才5興北丸

長門

あるはとろす

才5幸漁丸

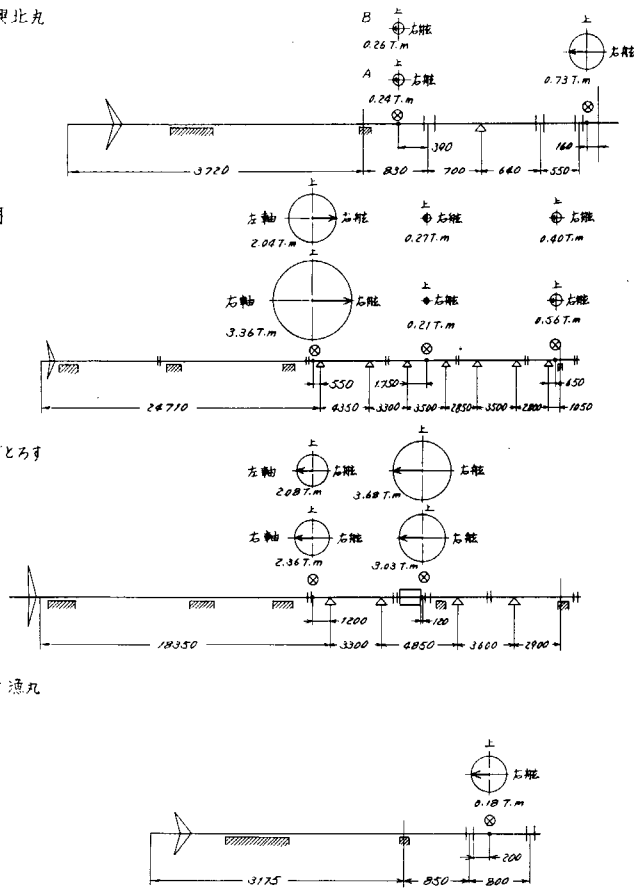


図 2. 1 1. 3 各船の軸系アラインメント

配慮がなされて、その効果が挙げたものと考えられる。

2. 1 2. 2 まぐろはえ縄漁船

まぐろはえ縄漁船はその構造上の特徴として、2 節水平振動が激しい共振を生ずるおそれがあり、3 翼のプロペラを用いて 3 次、4. 5 次、6 次がブレードフレクエンシーとなった場合には、船体構造に被害を及ぼす危険がある。しかし高次のビーム振動および船尾振動はカーフェリーに比較すればやや大きいのが直ちに損傷に結び付くとは考えられない。なお今回の試験船第 5 幸漁丸については、軸系ねじり振動の 6 次共振による船体の誘導振動が顕著であるとともに、3 次振動の裾が MCR 付近に現われて船体振動を誘導しており、4 翼プロペラの場合には減衰が小さいようであって、ねじり振動については不利である。

2. 1 2. 3 北洋トロール船

北洋トロール船の場合には低次の船体ビーム振動は微弱であるが、高次の船尾振動は極めて激しく、船尾の張出し部の漁具庫で 500 gal を超える振幅が計測されている。その原因としては過大な軸馬力を変換するために大きなプロペラがついており、キャビテーションを生じて高次の起振力が大きくなっているものと考えられる。ただし、操業試験の曳網時および揚網時には船体振動は軽微である。なお、北洋トロール船の船尾振動も船尾張出し部以外では 50 gal 程度であって、まぐろはえ縄よりやや大きい程度である。

2. 1 2. 4 軸系アラインメント

軸系のアラインメントは、直結機関の単軸の漁船についてはまったく問題はなく、芯出し技術は十分水準に達しているように思われる。ただし、2 機 2 軸で長い張出し軸受を有するカーフェリーについては、軸系にかなりの曲げモーメントが残存しており、芯出し技術について今後検討すべき問題を残している。

なお、本年度の試験研究結果から次年度以降に対象とすべき研究課題を摘出すれば、つぎのようなものである。

- a) さらに若干の漁船について実船振動試験を行ない、振動応答を実験的に確立する。
- b) 上記実船計測に際して、船尾水圧分布の測定およびプロペラ軸の船尾端部での曲げ応力測定を行ない、サーフェイフォースおよびベアリングフォースの普遍的算定法を誘導する。
- c) 船体ビーム振動および船尾局部振動について解析用の電算プログラム、または解析用のアナログシステムを開発する。
- d) 船尾軸受の異状磨耗について、2000～5000 cpm 程度の振動が付加された軸受試験を行ない、軸受面のキャビテーション発生条件と、それによるスリーブの浸蝕条件を把握する。